



Mestadditieven voor ammoniakemissiereductie uit rundveemest

Emma van Boxmeer & Nico Ogink

Rapport 1443



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Mestadditieven voor ammoniakemissiereductie uit rundveemest

Emma van Boxmeer & Nico Ogink

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, Kennisdeskvraag KD-2022-063.

Wageningen Livestock Research
Wageningen, oktober 2023

Rapport 1443

Het aantal mestadditieven om ammoniakemissies uit mest te reduceren groeit. Daarnaast worden verschillende onderzoeken gedaan naar de effecten van het toevoegen van een middel aan mest. Dit heeft geleid tot een kennisdeskvraag van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) naar een overzicht van de beschikbare mestadditieven die ammoniakemissies kunnen reduceren (KD-2022-063). In deze rapportage zijn de volgende mestadditieven nader omschreven: Multikraft EM, JH acidification NH₄⁺, SyreN, Active NS, Agri Minerals Fertilizer Additive, magnesiumchloride en verdunnen met water. Aan de hand van literatuur is bepaald in hoe verre deze middelen ammoniakemissies reduceren en welke eventuele neveneffecten dit middel met zich mee brengt. De middelen die ammoniakemissie reduceren zijn opgenomen in een concluderende en samenvattende tabel.

The number of manure additives to reduce ammonia emissions from manure is growing. In addition, multiple studies are being conducted to determine the effects of adding an additive to manure. This has led to a 'kennisdeskvraag' from the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality to make an overview of the available manure additives that reduce ammonia emissions from cattle manure (KD-2022-063). In this report, the following manure additives are described in more detail: Multikraft EM, JH acidification NH₄⁺, SyreN, Active NS, Agri Minerals Fertilizer Additive, magnesium chloride and dilution with water. Based on literature, it was determined to what extent these additives reduce ammonia emissions and what are possible side effects. The additives that reduce ammonia emissions from manure are included in a concluding and summarizing table.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/635331> 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, 2023

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

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

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

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

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doel	9
1.3 Aanpak	9
2 Mestadditieven	11
2.1 Biologische additieven	11
2.1.1 Multikraft EM	11
2.2 Chemische additieven	11
2.2.1 Aanzuren van mest	12
2.2.2 JH acidification NH ₄ ⁺ systeem	13
2.2.3 SyreN	14
2.3 Fysische additieven	15
2.3.1 Active NS	15
2.3.2 Agri Minerals Fertilizer Additive (AMFA) en stalsysteem No-Ch	16
2.4 Aanvullende additieven	16
2.4.1 Magnesiumchloride	16
2.4.2 Verdunnen met water	17
3 Conclusie	19
3.1 Kennisleemten	20
Literatuur	21

Woord vooraf

Medewerkers van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) kunnen via de Kennisdesk LNV kennisvragen indienen bij Wageningen University Research (WUR). In dit rapport wordt antwoord gegeven op een vraag die aan Wageningen Livestock Research (WLR) is gesteld over mestadditieven die ammoniakemissie uit rundveemest verminderen (KD-2022-063). Er is veel belangstelling naar de werking van mestadditieven, waardoor momenteel verschillende onderzoeken worden gedaan naar de werking van verschillende additieven. Dit rapport geeft een overzicht van de huidige stand van zaken.

De auteurs

Samenvatting

De interesse naar mestadditieven om ammoniakemissies uit mest te reduceren groeit. Er zijn veel verschillende mestadditieven op de Europese markt en producenten en leveranciers claimen vele positieve effecten van het toevoegen van hun additief aan mest. De betrouwbaarheid van deze claims en de door fabrikanten aangehaalde onderzoeken zijn meestal lastig op waarde te schatten. In 2020 heeft HAS Green Academy (voorheen HAS Hogeschool) geïnventariseerd welke additieven voor dierlijke mest op de Europese markt beschikbaar zijn en zijn de claims rondom deze additieven beoordeeld. Daarnaast lopen andere onderzoeken naar mestadditieven om werkingsprincipes te achterhalen en het effect op emissies te meten. Dit heeft geleid tot de vraag van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) aan de Kennisdesk LNV van Wageningen University & Research (WUR) naar een overzicht van de beschikbare mestadditieven die ammoniakemissies uit rundveemest kunnen reduceren (KD-2022-063).

In deze rapportage zijn de volgende mestadditieven nader omschreven: Multikraft EM, JH acidification NH₄⁺, SyreN, Active NS, Agri Minerals Fertilizer Additive, magnesiumchloride en verdunnen met water. Aan de hand van literatuur is bepaald in hoe verre deze middelen ammoniakemissies reduceren en welke eventuele neveneffecten dit middel met zich mee brengt. De middelen die ammoniakemissie reduceren zijn opgenomen in een concluderende en samenvattende tabel.

Uit deze concluderende tabel blijkt dat de middelen JH acidification NH₄⁺, SyreN, Active NS, magnesiumchloride en verdunnen met water ammoniakemissies uit mest kunnen verlagen. Wel hebben enkele middelen negatieve neveneffecten of zijn deze effecten nog niet onderzocht. Aanbevolen wordt om aanvullend onderzoek uit te voeren naar de onbekende neveneffecten. Daarnaast zijn er veel mestadditieven op de markt of in ontwikkeling, waarbij uiteenlopende claims over het effect van het toevoegen van het mestadditief aan mest worden geuit. Voordat een wetenschappelijk goed onderbouwde inschatting kan worden gemaakt over de potentie van een mestadditief om ammoniakemissie te reduceren, moet hier een duidelijk en plausibel werkingsprincipe aan ten grondslag liggen. Pas wanneer het werkingsprincipe duidelijk is, kan aanvullend (wetenschappelijk) onderzoek aantonen of het additief daadwerkelijk ammoniakemissies reduceert.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Door veranderende wet- en regelgeving groeit de interesse naar emissie reducerende maatregelen in de veehouderij, waaronder additieven die toegevoegd kunnen worden aan mest om de ammoniakemissies uit mest reduceren. Producenten en leveranciers claimen naast de ammoniakemissiereductie ook andere positieve eigenschappen, bijvoorbeeld een positief effect op gewasgroei, bodemkwaliteit, diergezondheid of geur. De betrouwbaarheid van deze claims en de door fabrikanten aangehaalde onderzoeken zijn meestal lastig op waarde te schatten.

In 2020 heeft HAS Green Academy (voorheen HAS Hogeschool) geïnventariseerd welke additieven voor dierlijke mest op de Europese markt beschikbaar zijn (HAS, 2020). Het doel was om kennis te vergaren over de additieven en te achterhalen in hoeverre de claims van de producten onderbouwd zijn. Het onderzoek is in drie fases uitgevoerd door middel van literatuuronderzoek, interviews en (online) enquêtes met leveranciers en producenten. Aanvullend zijn ook interviews gehouden met veehouders die mestadditieven gebruiken en experts op het gebied van microbiologie. In de rapportage zijn 31 mestadditieven omschreven en beoordeeld.

Parallel aan het onderzoek van HAS Green Academy en ook na de publicatie van het rapport, zijn aanvullende onderzoeken naar enkele mestadditieven gedaan om de werkingsprincipes te achterhalen en het effect op ammoniak- en broeikasgasemissies te meten. Op korte termijn is echter behoefte aan een overzicht van de beschikbare middelen en de potentie van deze middelen om ammoniakemissies uit rundveemest te reduceren. Dit heeft geleid tot de vraag van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) naar een overzicht van de beschikbare mestadditieven die potentieel ammoniakemissies uit rundveemest kunnen reduceren. Deze vraag (KD-2022-063) is gesteld aan de Kennisdesk LNV van Wageningen University & Research (WUR) en uitgevoerd door Wageningen Livestock Research (WLR).

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is het maken van een overzicht van de beschikbare mestadditieven die (potentieel) de ammoniakemissies uit rundveemest reduceren. Dit overzicht geeft een inzicht in mogelijk effectieve toevoegingen aan mest om ammoniakemissies uit de melkveehouderij te verminderen.

1.3 Aanpak

Om overzicht te krijgen van de beschikbare mestadditieven die (potentieel) ammoniakemissies uit mest reduceren is het onderzoek van HAS Green Academy als uitgangspunt gebruikt (HAS, 2020). HAS Green Academy heeft 31 additieven voor dierlijke mest beschreven die op de Europese markt beschikbaar zijn (HAS, 2020). Er zijn uitsluitend additieven beschreven die direct aan de mest worden toegediend in de opslag (mestkelder of externe opslag), over het oppervlak van de stalvloer of tijdens het uitrijden van de mest. Additieven die aan het voer of drinkwater worden toegevoegd zijn buiten beschouwing gelaten, evenals toevoeging van strooiselmateriaal. Van de 31 geïnventariseerde mestadditieven (Tabel 1) heeft HAS Green Academy verschillende parameters gescoord, waaronder emissiereductie van ammoniak. Bij 5 additieven (Multikraft EM, JH acidification NH₄⁺ systeem, SyreN, Active NS, AMFA) heeft HAS Green Academy onderbouwing gevonden voor de claim dat het additief ammoniakemissies reduceert. Deze additieven zijn daarom in de huidige rapportage opgenomen en het werkingsprincipe, de ammoniakreductie en eventuele neveneffecten zijn beschreven en besproken (Hoofdstuk 2.1, 2.2 en 2.3).

Na het verschijnen van de rapportage van HAS Green Academy zijn nog twee publicaties verschenen welke een aanvulling kunnen zijn op de resultaten uit de rapportage van HAS Green Academy. Monteny & Keuskamp (2022) hebben in 2022 een case-control onderzoek gedaan naar verschillende mestadditieven, namelijk No-Ch, BioAktiv MZ, SOP-lagoon en zwavelzuur. De resultaten met betrekking tot No-Ch en zwavelzuur zijn opgenomen in deze rapportage. Het toevoegen van BioAktiv en SOP-lagoon leidt niet tot verminderde ammoniakemissie (Monteny & Keuskamp, 2022) en daarom zijn deze middelen niet opgenomen in deze rapportage. Verder wordt momenteel onderzoek gedaan naar het toevoegen van magnesiumchloride aan drijfmest in de melkveehouderij en de eerste resultaten zijn perspectiefvol. Ook is recent een artikel verschenen over het effect van mest verdunnen met water. Aangezien magnesiumchloride niet in het rapport van HAS Green Academy is beschreven en zij het verdunnen van mest buiten beschouwing hebben gelaten, zijn deze middelen in Hoofdstuk 2.4 omschreven.

Tabel 1 *Biologische, chemische en fysische mestadditieven onderzocht door HAS Green Academy (HAS, 2020). Groen gekleurde additieven zijn ook opgenomen in het huidige onderzoek, omdat deze (potentieel) ammoniakemissies uit mest verminderen.*

Biologisch	Chemisch	Fysisch
Aero Activ	HARSØ slurry acidification system	Active NS
AgriMestMix	JH acidification NH4+ system	Agri Minerals Fertilizer Additive (AMFA)
Animal Life Plus – 'Spray'	Kydestoft slurry acidification system	Berkana
Bactériolit	ØRUM TF-12	BioHumat Mest
BioAktiv-MZ	SyreN	BVP-M
Biobac	PIADIN	Optizec-Zeolite
BioMest	Top Flow entec fl	Triune
Bio-Mix	Vizura	ZeoFarm Stable
Kopros		
Manure Pro		
MicroFerm & Pro-Mest		
Multikraft EM		
ProFerta		Toegevoegd n.a.v. recent onderzoek
ProGress		Magnesiumchloride
Slurry Kind Cattle & Pig		Verdunnen met water

2 Mestadditieven

2.1 Biologische additieven

2.1.1 Multikraft EM

Werkingsprincipe

Multikraft EM is een product met effectieve micro-organismen (EM) dat voor verschillende doeleinden wordt gebruikt; o.a. ter verbetering van waterkwaliteit, in het voer van varkens, koeien, paarden, geiten, schapen en pluimvee, het reinigen van huisdieren- en paardenvacht, behandeling van weides, maar ook bij reiniging van stallen en mestbehandeling. De leverancier claimt dat de effectieve micro-organismen het rottingsproces in mest voorkomen, waardoor het stalklimaat verbeterd, minder ammoniak uitgestoten wordt, geur verminderd en vliegen verdwijnen. De exacte werking van de effectieve micro-organismen in Multikraft EM staat echter nergens beschreven. Multikraft EM kan met een spoelsysteem over de mest worden gespoeld.

Ammoniakreductie

Op een Oostenrijks onderzoekscentrum is in 2003 onderzoek gedaan naar de werking van Multikraft EM bij runder- en varkensmest (Amon et al., 2004). De runderdrijfmest kwam van vaarzen van een zoogkoeienbedrijf en de varkensdrijfmest (verdund met regenwater) van vleesvarkens. De metingen zijn verricht aan vijf open mestopslagen van 12 m³, waarin 10 m³ runder- of varkensmest met of zonder Multikraft EM is toegevoegd. Aan de runderdrijfmest zijn circa 122 dagen ammoniak-, methaan- en lachgasemissies gemeten en aan de varkensdrijfmest is circa 95 dagen gemeten. Eenmalige toevoeging van 1 L Multikraft EM per m³ runderdrijfmest leidt in deze proefopstelling tot 20% minder ammoniakemissie. Toevoeging van Multikraft EM aan varkensdrijfmest had geen effect of zelfs negatief effect.

Het betreffende onderzoek van Amon et al. (2004) heeft één mestopslagtank met behandelde mest vergeleken met één opslagtank met onbehandelde mest (n=1) en het onderzoek is niet herhaald. Daardoor is het niet duidelijk of het gevonden effect daadwerkelijk wordt veroorzaakt door Multikraft EM of door variatie tussen de opslagtanks, omdat er geen herhalingen zijn uitgevoerd. Daarnaast is ook tijdens dit onderzoek niet duidelijk geworden wat het werkingsmechanisme van het toevoegmiddel is, en is in het onderzoek niet gemeten aan parameters die inzicht geven in een potentieel werkingsmechanisme. Het middel is enkel onderzocht in een open mestopslag, waarbij eenmalig mest en het toevoegmiddel zijn toegevoegd. In de praktijk wordt de meeste mest opgeslagen in de mestkelder onder de vloer, waarbij continue verse mest wordt toegevoegd.

Neveneffecten

Het is onbekend wat het effect van Multikraft EM op overige emissies is. Amon et al. (2004) heeft wel een verminderde lachgasemissie en een juist verhoogde methaanemissie gemeten, echter betreft dit wederom het niet herhaalbare onderzoek aan één opslagtank (n=1), waardoor niet geconcludeerd kan worden dat dit effect door Multikraft EM wordt veroorzaakt. Daarnaast is het ook onbekend of de toevoeging van Multikraft EM invloed heeft op bodemkwaliteit of geur.

Op basis van de huidige beschikbare (wetenschappelijke) kennis is er geen bewijs voor het werkingsmechanisme van Multikraft EM en kan niet worden aangetoond dat dit toevoegmiddel daadwerkelijk ammoniakemissie uit rundveemest reduceert. Daarom is dit middel niet opgenomen in de samenvattende tabel in Hoofdstuk 3.

2.2 Chemische additieven

Beide chemische additieven (JH acidification NH₄⁺ systeem en SyreN) hebben betrekking op het aanzuren van mest. In 2.2.1 wordt eerst het aanzuren van mest in het algemeen beschouwd. Daarna zal in 2.2.2

ingegaan worden op het aanzuren van mest in een mestopslag (JH acidification NH_4^+) en in 2.2.3 het aanzuren van mest tijdens het aanwenden van de mest op het land (SyreN).

2.2.1 Aanzuren van mest

Werkingsprincipe

Een kansrijke methode om ammoniakemissies uit (drijf)mest te reduceren is het aanzuren van de mest. Door het toevoegen van zuren, wordt de pH van de mest verlaagd. Hierdoor verschuift het evenwicht in de mest van ammoniak naar ammonium en kan er minder ammoniak emitteren (zie kader hieronder). Het aanzuren kan zowel in de stal, als tijdens het uitrijden gedaan worden.

Vorming van ammoniak

Ureum, wat voornamelijk aanwezig is in urine, wordt in waterig milieu omgezet in ammonium (NH_4^+). Het enzym urease, wat onder andere voorkomt in feces, maar ook op bevuilde oppervlakken, fungeert in deze reactie als katalysator. Ammonium in mest vormt een evenwicht met ammoniak (NH_3). Ammonium is niet vluchtig, maar ammoniak is wel vluchtig. Het evenwicht tussen ammonium en ammoniak wordt bepaald door de pH en temperatuur. Bij een constante temperatuur leidt verlaging van de pH tot het verschuiven van het evenwicht in de richting van ammonium, waardoor de ammoniakconcentratie in de mest verlaagd en minder ammoniak vervluchtigt (Sommer et al., 2006).

Ammoniakemissiereductie

Monteny & Keuskamp (2022) hebben in een pottenproef op laboratoriumschaal aangetoond dat aanzuren van rundveemest met zwavelzuur (concentratie 50%) tot een pH van 5 leidt tot 90% ammoniakemissiereductie. Fanguero et al. (2015) hebben in een literatuurstudie naar effecten van verschillende zuren op gasvormige emissies uit dierlijke mest gevonden dat bij gebruik van salpeterzuur de ammoniakemissie in de stal met 37% kan worden verminderd en bij gebruik van zwavelzuur met 50 – 70%. Een andere mogelijkheid is om drijfmest biologisch aan te zuren, waarbij micro-organismen fermenteerbare koolhydraten omzetten in azijnzuur en melkzuur. Wanneer de pH wordt verlaagd tot 6 kan hiermee de ammoniakemissie uit de stal met circa 50% verminderd worden (Bussink et al., 2014).

Neveneffecten

Naast reductie in ammoniakemissie, leidt aanzuren van mest in de opslag ook tot sterke methaan-emissiereductie tot wel 100% (Bussink et al., 2014; Puente-Rodríguez et al., 2022).

Recent hebben Puente-Rodríguez et al. (2022) kansen en belemmeringen voor de implementatie van systemen voor aanzuren van mest in Nederland geïdentificeerd, omdat tot op heden het aanzuren van mest in Nederland nog geen voet aan de grond heeft gekregen. Voor het aanzuren van de mest wordt voornamelijk zwavelzuur gebruikt, vanwege de lage prijs. Een van de belangrijkste argumenten voor het niet verder implementeren van deze maatregel betrof zorgen over mogelijke risico's op verzuring van de bodem en een verhoogde zwavelconcentratie in de mest, zwavelgiften en sulfaatconcentraties in grond- en oppervlaktewaters bij gebruik van zwavelhoudende meststoffen in de landbouw (CDM, 2014).

Jarenlang was de atmosferische depositie van zwaveldioxide (SO_2) de belangrijkste aanvoerpost van zwavel. Zwavel komt vrij bij verbranding van steenkool en olie. Doordat er vanaf de jaren tachtig van de vorige eeuw maatregelen zijn genomen, is de depositie van zwaveldioxide fors verlaagd (Elhert & Chardon, 2014). Het bemestingsadvies voor zwavel (S) hangt af van de hoeveelheid depositie in dat gebied (variërend van 3 – 8 kg S per ha), het zwavel-leverend vermogen van de bodem (uiteenlopend van 10 – 45 kg S per ha) en de zwavelbehoefte van het gewas (15 – 80 kg S per ha). Bij een zwaveloverschot wordt afgeraden om extra zwavel te bemesten, maar bij een tekort kan extra zwavel worden toegediend, variërend van 0 tot 55 kg S per ha. Bij grasland komen zwaveltekorten voornamelijk op zandgrond voor en wanneer de zwavelbalans lager is dan 70 kg wordt aanbevolen 15 – 40 kg S per ha toe te dienen. Voor snijmais ligt dit tussen 0 – 30 kg S per ha afhankelijk van de productie.

De benodigde dosering zwavelzuur om ammoniakemissie te verlagen is afhankelijk van de samenstelling van de mest, de gewenste zuurgraad en het moment van aanzuren in samenhang met het moment van uitrijden (Schils, 2016). Om rundveemest in de stal aan te zuren tot een pH van 5,5 wordt gemiddeld 5 kg sulfaat per ton toegevoegd, wat overeenkomt met 1,7 kg zwavel per ton. Bij een gebruiksnorm van 170 kg stikstof per

hectare neemt de zwavelaanvoer dan toe met 70 kg per ha. Hierdoor draagt aanzuren van dierlijke mest met zwavelzuur potentieel bij aan een aanzienlijke toename van de zwavelbelasting van de bodem. Dit zwaveloverschot kan leiden tot ongewenste stijging van de sulfaatconcentratie in het grond- en oppervlaktewater (Schils, 2016, Puente-Rodríguez et al., 2022).

Naar verwachting zal de zwaveldepositie blijven dalen (Puente-Rodríguez et al., 2022). Er blijven Nederlandse regio's waar een zwavelgift niet nodig is vanwege het hoge zwavelgehalte in de bodems. Voor andere Nederlandse regio's, voor gewassen met hoge zwavelbehoeften en op bepaalde momenten (begin van het groeiseizoen) kan het wel wenselijk zijn om met zwavel verrijkte mest te gebruiken. Daarnaast kan met zwavel verrijkte mest afgezet worden naar het buitenland, aangezien daar vaak een tekort aan zwavel is. Hiervoor dient de mest wel gehygiëniseerd of gekorrelt te worden. Bij het gebruik van andere zuren dan zwavelzuur verdwijnen de bodemkundige en landbouwkundige zorgen rondom een mogelijk overmaat aan zwavelgift, maar kunnen andere risico's ontstaan. Bijvoorbeeld het gebruik van salpeterzuur kan veiligheidsrisico's met zich meebrengen door vorming van nitreuze dampen. Daarom moet, ongeacht het gebruikte zuur, duidelijk zijn welk effect het heeft op mens, dier en milieu. Organische zuren lijken daarbij over het algemeen minder risicovol. Wel zijn organische zuren minder sterk, waardoor de hoeveelheid organisch zuur wat nodig is om dezelfde zuurgraad te bereiken groter is dan in het geval van anorganische zuren (zoals zwavelzuur). Bovendien zijn de kosten van organische zuren hoger dan van anorganische zuren. Biologisch aanzuren is zelfs twee keer zo duur als aanzuren met zwavelzuur (Melse et al., 2015).

Het aanzuren van mest op melkveebedrijven in Nederland is niet verboden, maar wordt ook niet gestimuleerd. Literatuur en ervaringen uit Denemarken laten zien dat aanzuren van mest effectief is in het integraal aanpakken van zowel methaan- als ammoniakemissies (Puente-Rodríguez et al., 2022). Het aanzuren van mest kan perspectiefvol zijn voor specifieke bedrijven of mestfracties, bijvoorbeeld grote bedrijven in de buurt van Natura2000 gebieden. Wel is het van belang dat geborgd wordt dat er niet meer zwavel wordt bemest dan wordt opgenomen door het gewas.

2.2.2 JH acidification NH₄⁺ systeem

Weringsprincipe

Eenmaal daags wordt de mest uit de stal gespoeld en in een externe tank gemengd met zwavelzuur (96%). Als een pH van 5,5 is behaald, gaat een deel van de aangezuurde mest terug de stal in en de overige aangezuurde mest wordt opgeslagen in een mestopslag. Het systeem om te roeren, pompen, zwavelzuur toevoegen en pH meten is volledig geautomatiseerd.

Ammoniakreductie

Het JH acidification NH₄⁺ systeem heeft in 2016 een VERA certificaat ontvangen, waarop aangegeven staat dat dit systeem 64% ammoniakemissie uit de stal reduceert (Beckert, 2016). Het JH acidification NH₄⁺ systeem is op twee verschillende varkensbedrijven getest. Op beide bedrijven is een vergelijkbaar case control experiment opgezet waarbij ammoniak- en geuremissies zijn gemeten (Leegaard Riis, 2014). Op beide bedrijven was de ammoniakemissie significant lager wanneer het JH acidification NH₄⁺ systeem werd gebruikt vergeleken met de controle afdelingen (63% en 66% reductie op resp. bedrijf A en B). Het systeem wordt ook toegepast in de melkveehouderij, echter is het onbekend in welke mate het JH acidification NH₄⁺ systeem ammoniakemissie uit rundveemest reduceert. Daarnaast is het onbekend wat eventuele emissies bij aanwenden van de behandelde mest zijn. Dit heeft in de melkveehouderij een grote invloed, aangezien een groot deel van de mest op (eigen) grasland wordt aangewend.

VERA certificaat

VERA staat voor Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production en het doel van VERA is het testen en verifiëren van technologieën die de duurzaamheid van de landbouw bevorderen. De testprotocollen zijn opgesteld door samenwerking tussen de Deense agentschap Milieubescherming, het Nederlandse Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, de Duitse Ministerie van Voeding en Landbouw en het Duitse omgevingsagentschap.

Neveneffecten

Geuremissie was bij de experimentele afdelingen op zowel bedrijf A als B lager vergeleken met de controle afdeling, echter was het verschil bij bedrijf B niet significant (Leegaard Riis, 2014). Hierdoor is er geen geurreductie aan het systeem toegekend (Beckert, 2016).

De dosering zwavelzuur hangt af van de pH van de mest, waardoor geen vaste dosering gebruikt wordt. In het experiment van Leegaard Riis (2014) werd op bedrijf A gemiddeld 7,1 kg zwavelzuur per afgeleverd varken gebruikt en op bedrijf B gemiddeld 5,8 kg. Daarnaast was gemiddeld 1,5 kWh per afgeleverd varken nodig om de installatie te laten draaien.

Het is niet specifiek aangetoond dat het JH acidification NH_4^+ systeem leidt tot lagere broeikasgasemissies, maar het is wel in andere onderzoeken aangetoond dat aanzuren van mest leidt tot verminderde methaanemissies (Puente-Rodríguez et al., 2022). Het is ook niet specifiek aangetoond of het JH acidification NH_4^+ systeem invloed heeft op bodemkwaliteit. Zoals beschreven in paragraaf 2.2.1 kan wel sulfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater plaatsvinden wanneer op grote schaal zwavel wordt bemest op gronden waar geen tekorten zijn.

2.2.3 SyreN

Werkingsprincipe

SyreN is een systeem dat mest aanzuurt met zwavelzuur (concentratie 96%) tijdens het uitrijden van de mest. Het systeem wordt bevestigd aan een tractor en de giertank die worden gebruikt bij het uitrijden van de mest. Voor op de trekker bevindt zich een zuur- en watertank, in de trekker een besturingspaneel en op de giertank een zuurinjector. In de zuurtank wordt het zuur opgeslagen en met het water uit de watertank kan het systeem na gebruik schoon gespoeld en geneutraliseerd worden. Een hydraulische pomp pompt het zwavelzuur van de zuurtank naar de achterkant van de giertank om aan de mest te worden toegevoegd. Een pH meter meet de pH van de (aangezuurde) mest en op basis hiervan wordt de dosering aangepast.

Ammoniakreductie

Het SyreN systeem heeft in 2012 een VERA certificaat ontvangen, waarop aangegeven staat dat dit systeem 49% ammoniakemissie reduceert (Engel, 2012). Het SyreN systeem is getest met rundveedrijfmest wat is aangewend met een sleepslangenmachine op grasland (zandleem) in Denemarken. Ammoniakemissies zijn gemeten op zes plots van 36 bij 36 meter. Op drie plots is aangezuurde rundveedrijfmest aangewend en op de andere drie plots onbehandelde rundveedrijfmest. Het experiment is twee keer uitgevoerd en vervolgens is tot zes dagen na toediening gemeten. De pH van de aangezuurde mest was gemiddeld 6.4, variërend tussen 6.1 en 6.5. Beide herhalingen lieten een verminderde ammoniakemissie zien en gemiddeld was de ammoniakemissie tijdens de aanwending van de aangezuurde mest 49% lager vergeleken met de onbehandelde mest. Huijsmans et al. (1994) geven bij aangezuurde mest met een pH van circa 5 wat is aangewend met een sleepslangenmachine zelfs een ammoniakemissiereductie van 90% ten opzichte van niet behandelde mest. Echter uit een bemestingsproef met een sleepvoetenmachine bleek maar een emissiereductie van 24% behaald te worden bij gebruik van 4 liter zwavelzuur per m^3 mest waarmee een pH van 5.2 tot 5.9 werd behaald (Huijsmans et al., 2015). Uit dit onderzoek bleek dat de ammoniakemissie bij aangezuurde mest later op gang komt, waarschijnlijk doordat de mest met ammonium nog onvoldoende door de bodem is opgenomen en de pH na het uitrijden van de mest snel weer stijgt. Bussink et al. (1994) geven aan dat de beoogde pH wel werd bereikt, maar als gevolg van de CO_2 emissie door blootstelling van de mest aan de atmosfeer, de pH snel oploopt. In Nederland wordt mest voornamelijk aangewend met een zodenbemester, maar het is onbekend wat de mogelijke ammoniakemissiereductie van het gebruik van het SyreN systeem in combinatie met andere aanwendmethoden is.

Neveneffecten

Geur is in het experiment van Engel (2012) bij vier plots gemeten 20 minuten na toediening van de mest. Er is geen significant verschil gevonden tussen de geur van de aangezuurde en onbehandelde mest.

Het is niet specifiek aangetoond dat het SyreN systeem leidt tot lagere broeikasgasemissies, maar het is wel in andere onderzoeken aangetoond dat aanzuren van mest leidt tot verminderde methaanemissies (Puente-Rodríguez et al., 2022). Het is ook niet specifiek aangetoond of het SyreN systeem invloed heeft op

bodemkwaliteit. Zoals beschreven in paragraaf 2.2.1 kan wel sulfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater plaatsvinden wanneer op grote schaal zwavel wordt bemest op gronden waar geen tekorten zijn.

2.3 Fysische additieven

2.3.1 Active NS

Werkingsprincipe

Active NS is een poeder dat bestaat uit drie natuurlijke kleimineralen. Het poeder kan aan een mestopslag worden toegevoegd, op de roosters worden gestrooid of met water worden gemengd en dan over de roosters worden gespreoid. Het additief zou het vermogen hebben om ionen uit te wisselen en daarmee bepaalde stoffen, waaronder ammoniak, te absorberen en daarmee vast te houden in de mest.

Ammoniakreductie

Van 2016 tot 2018 is onderzoek uitgevoerd door FORCE Technology, een technologisch adviesbedrijf, naar de werking van Active NS in een varkensstal (Oxbøl, 2017). Van dit onderzoek is echter alleen een notitie openbaar beschikbaar, waarin wordt verwezen naar een uitgebreider rapport over deze proef. Dit rapport is alleen in het Deens beschikbaar. De resultaten in de notitie laten zien dat in de periode van mei tot juni 2016 34% ammoniak emissie is gereduceerd vergeleken met de controle stal. In de periode van augustus tot oktober 2017 was dit 37%. De proef is voortgezet tot februari 2018, maar deze resultaten zijn niet gepubliceerd.

Als vervolg op de proef in Denemarken is in 2018 een proef opgezet in Spanje (Uald & Blázquez, 2019). Tijdens deze proef is 12 maanden gemeten in twee identieke varkensstallen, één stal waar Active NS aan de mest is toegevoegd en één controle stal met onbehandelde mest. Aanvullend is een laboratoriumproef gedaan om de aanbevolen dosering van 20 gram Active NS per kuub mest te valideren. Later zijn deze resultaten ook gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift (Uald-Lamkaddam et al., 2021). Uit de praktijkproef bleek dat door toevoeging van Active NS 17,6 – 38,3% ammoniakemissies gereduceerd werden vergeleken met de controle. De hoogste reductie (38,3%) werd behaald bij een dosering van 45 gr/m³. Uit de laboratoriumproef is gebleken dat de optimale dosering tussen 20 en 45 gr/m³ per maand ligt. Er zijn geen proeven uitgevoerd waarbij Active NS is toegevoegd aan rundveemest, waardoor het niet duidelijk is of dit middel even effectief is in de melkveehouderij.

Neveneffecten

Groeikracht BV, een adviesbureau op het gebied van ruwvoerteelt, heeft in 2019 een veldproef uitgevoerd op kleigrond in Zuid-Nederland (Groeikracht, 2020). Tijdens de proef zijn zes stroken gras bemest, waarvan vier stroken met rundveedrijfmest met Active NS en twee stroken met onbehandelde rundveedrijfmest. Op twee van de vier stroken die zijn bemest met rundveedrijfmest met Active NS is 20% minder kunstmest gebruikt. Het stikstofgehalte van de behandelde mest was hoger dan die van de onbehandelde mest. Het is alleen niet duidelijk of dit komt door de gebonden ammoniak of door het stikstofgehalte van het additief zelf. Ondanks het hogere stikstofgehalte van de behandelde mest, waren de grasopbrengst en kwaliteit niet significant verschillend. Wat wel opviel was dat bij de stroken waar minder kunstmest was gebruikt, de grasopbrengst en -kwaliteit op een vergelijkbaar niveau waren vergeleken met de stroken met volledige kunstmestgift zonder Active NS.

Oxbøl (2017) heeft tijdens de proef in twee varkensstallen (één met Active NS en één zonder toevoeging) ook geur gemeten. Uit de resultaten bleek dat in de stal met Active NS de geurconcentratie 19% lager was dan in de controle stal zonder toevoeging. Echter is het gevonden verschil niet statistisch betrouwbaar, omdat de afwijking van de meetmethode 30% was.

Het is onbekend wat het effect van toevoeging van Active NS aan de mest is op broeikasgasemissies en op de bodem.

2.3.2 Agri Minerals Fertilizer Additive (AMFA) en stalsysteem No-Ch

Werkingsprincipe

Agri Minerals Fertilizer Additive (AMFA) bestaat uit mineralen en zouten welke zijn opgelost in een vloeistof met een hoog zuurstofgehalte. Het is echter onbekend welke specifieke mineralen en zouten AMFA bevat, waardoor het werkingsprincipe niet bekend is. De dosering wordt afgestemd aan de hand van de samenstelling van de mest in de mestput. AMFA staat op de lijst met middelen die gebruikt mogen worden in de biologische productie (Skal inputlijst).

Ammoniakreductie

Ettema et al. (2020) hebben in een case-control pottenproef gemeten dat de ammoniakemissies uit de potten met AMFA-behandeling 21 – 30% minder was dan de emissie uit onbehandelde potten in de eerste vier dagen na toediening (geciteerd uit HAS, 2020). Deze publicatie is echter niet openbaar, waardoor de kwaliteit van het onderzoek niet gecontroleerd kan worden. De producent van AFMA levert ook een compleet stalsysteem, genaamd No-Ch. In dit systeem wordt een toevoegmiddel gecombineerd met een automatisch doseersysteem in een mestrobot en een emissiearm vloersysteem. Het is echter onbekend of het toevoegmiddel in het stalsysteem No-Ch hetzelfde middel als AFMA is, of dat een andere samenstelling wordt gebruikt. Monteny & Keuskamp (2022) hebben in een case-control pottenproef aangetoond dat het toevoegmiddel wat in het stalsysteem No-Ch wordt gebruikt 36% ammoniak en 18% methaan reduceert. Echter staat in deze rapportage vermeld dat het middel bestaat uit water met magnesium chloride ($MgCl_2$). Het huidige middel wat in het stalsysteem No-Ch wordt gebruikt bevat volgens de producent geen $MgCl_2$ (meer) in verband met de eigenschappen van chloride en het feit dat $MgCl_2$ niet biologisch is en No-Ch wel op de Skal input lijst zou staan. Toch is alleen het middel AMFA op de Skal inputlijst te vinden. Het is dus onduidelijk of het middel wat wordt gebruikt in het stalsysteem No-Ch vergelijkbaar is met het toevoegmiddel AMFA en wat de samenstelling van deze product(en) is. Daarom kunnen de hierboven beschreven reducties dus niet toegewezen worden aan de huidige AMFA/No-Ch additief, waardoor het onduidelijk is hoeveel ammoniakemissies het huidige AFMA/No-Ch additief kan reduceren.

Neveneffecten

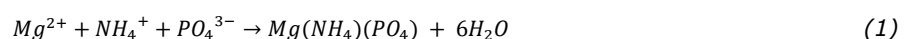
Monteny & Keuskamp (2022) hebben aangetoond dat het toevoegmiddel wat in het stalsysteem No-Ch wordt gebruikt 18% methaanemissies kan reduceren. Echter is hier wederom uitgegaan van een additief met $MgCl_2$, waardoor het niet duidelijk is of het huidige additief methaanemissies reduceert. Aangezien de samenstelling en het werkingsprincipe van AMFA/No-Ch niet duidelijk zijn en de onderzoeken zijn gedaan naar een additief met een andere samenstelling, is niet aangetoond dat het huidige AMFA/No-Ch een ammoniakemissie reducerende werking heeft. Daarom is dit middel niet opgenomen in de tabel in Hoofdstuk 3.

2.4 Aanvullende additieven

2.4.1 Magnesiumchloride

Werkingsprincipe

Toevoegen van magnesiumchloride ($MgCl_2$) aan mest leidt tot vorming van struviet (Vergelijking 1). Struviet is een complex van magnesium, fosfaat en ammonium. Door struvietvorming wordt ammonium vastgelegd, waardoor minder ammoniak kan emitteren.



Ammoniakreductie

Monteny (2021) heeft in opdracht van NedMag B.V. een case/control onderzoek gedaan naar het effect van toevoegen van $MgCl_2$ aan rundveedrijfmest op de ammoniak- en methaanemissies. Eveneens is onderzocht welke optimalisatiemogelijkheden er zijn bij toepassing in de praktijk. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat de ammoniakemissiereductie sterk afhankelijk is van de $MgCl_2$ dosering. De maximale emissiereductie die behaald kan worden op laboratoriumschaal is bijna 40% bij een dosering van 35 L $MgCl_2$ /m3 mest. Monteny & Keuskamp (2022) hebben in eenzelfde proef op laboratoriumschaal het

toevoegmiddel wat in het stalsysteem No-Ch wordt gebruikt getest, waarvan aangeduid wordt dat dit water met MgCl_2 betrof. Het additief van No-Ch gaf 37% ammoniakemissiereductie vergeleken met onbehandelde rundveedrijfmest. Zoals in paragraaf 2.3.2 staat beschreven bevat het middel wat in No-Ch wordt gebruikt inmiddels geen MgCl_2 meer en is de huidige samenstelling onbekend.

In 2021 is een pilotproef gestart op Dairy Campus in Leeuwarden om de emissiereductie van het toevoegen van MgCl_2 aan rundveedrijfmest in een semi-praktijksituatie te bepalen. Van Boxmeer et al. (2023) beschrijven de proefopzet en een deel van de (voorlopige) resultaten. Tijdens de proef is gebruik gemaakt van twee milieuafdelingen die ingericht zijn voor het doen van vergelijkende (case/control) metingen naar emissies. In twee fases is het effect van toediening van MgCl_2 in verschillende doseringen en frequenties op de ammoniakemissie gemeten. Uit de resultaten bleek dat eenmalig toedienen van MgCl_2 zoals gebruikelijk is in de praktijk en in pottenproeven, geen effect had op ammoniakemissie op stalniveau. Wel is emissiereductie waargenomen wanneer MgCl_2 dagelijks wordt toegediend en hiermee werd een gemiddelde ammoniakemissiereductie van circa 20% behaald. Daarnaast neemt de reductie in ammoniakemissie toe bij een toenemende hoeveelheid MgCl_2 en kan de reductie ook toenemen wanneer eenzelfde hoeveelheid MgCl_2 verdeeld wordt over meerdere toedieningsmomenten.

Neveneffecten

Mogelijk gaat magnesium een binding aan met organische carbonzuren zoals vluchtige vetzuren (Christensen & Sommer, 2013). Als deze binding leidt tot vastlegging van vluchtige vetzuren in mest, dan kan dit mogelijk de geurconcentratie in de stal verminderen. Er zijn echter nog geen geurmetingen gedaan na toevoeging van MgCl_2 aan mest, dus het is onbekend of deze toevoeging daadwerkelijk invloed heeft op geur.

De hoge dosering MgCl_2 die nodig is om emissiereductie in de stal te behalen leidt tot overbemesting van magnesium. Op lange termijn kan dit leiden tot schade aan de structuur van de bodem en kan magnesium kalium verdringen wat leidt tot verminderde gewasopbrengst (Van Boxmeer et al., 2023). Daarnaast kan het toedienen van extra chloride leiden tot overschrijding van de chloridenorm in grondwater (Van Boxmeer et al., 2023).

Op laboratoriumschaal is aangetoond dat toevoeging van MgCl_2 aan rundveemest leidt tot 28% minder methaanemissies vergeleken met rundveemest zonder toevoeging (Monteny & Keuskamp, 2022). Dit effect is nog niet op stalniveau aangetoond.

2.4.2 Verdunnen met water

Werkingsprincipe

Door het verdunnen van de mest met water wordt de ammoniakconcentratie in de mest verlaagd, waardoor ammoniakemissies worden vertraagd. Het verdunnen van mest door water direct in de kelder toe te voegen leidt tot minder kelderemissies, terwijl het spoelen van de roostervloer met water ook leidt tot minder ammoniakemissie van de vloer. Een nadeel van mest verdunnen met water is dat het mestvolume fors toeneemt, waardoor geïnvesteerd moet worden in extra mestopslag (van Dooren & Smits, 2007).

Ammoniakreductie

In de jaren 90 van de vorige eeuw zijn verschillende onderzoeken gedaan naar het effect van het gebruik van water in melkveestallen op ammoniakemissie en deze onderzoeken hebben, afhankelijk van de hoeveelheid water en de spoelfrequentie aangetoond dat de ammoniakemissie met 7 tot 72% kan worden gereduceerd (Kroodsma et al, 1993; Huis in 't Veld et al, 1993; Kant & Jagtenberg, 1995; Bleijenberg et al. (1994) geciteerd uit Dooren et al. (2022)). Ook in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) is een systeembeschrijving opgenomen waarbij de roostervloer wordt gespoeld met water (A1.2). Bij minimaal gebruik van 10 liter water per m^2 is de emissiefactor voor dit systeem 10,2 kg ammoniak (NH_3) per dierplaats per jaar, waardoor een reductie van 22% wordt behaald. De maatregel wordt momenteel nauwelijks toegepast doordat de emissiefactor in de huidige bijlage 1 van de Rav hoger is dan de maximale emissiewaarde die in het huidige Besluit emissiearme huisvesting staat. Daarnaast vraagt de toename in mestvolume door het gebruik van forse hoeveelheden water om extra investering in opslagcapaciteit.

Recent ontstond hernieuwde belangstelling voor het effect van gebruik van water op de ammoniakemissie uit melkveestallen door de behoefte aan extra maatregelen met een breed perspectief voor de melkveehouderij die relatief eenvoudig toe te passen zijn. Daarnaast is gebleken dat bij het uitrijden van met water verdunde drijfmest met sleepvoet ook emissiewinst te behalen valt (Huijsmans et al. 2017). Daarom is in twee opeenvolgende jaren (2018 en 2019) op Dairy Campus in Leeuwarden onderzoek gedaan naar het effect van gebruik van water op de ammoniakemissie in een melkveestal met roostervloer (Dooren et al., 2022). Tijdens de proef zijn drie behandelingen vergeleken, namelijk 1) spoelen van de roostervloer, 2) spoelen van de roostervloer met frequent schuiven van de roostervloer (1x per uur) en 3) toediening van water in de kelder bij start van een ronde in combinatie met frequent schuiven van de roostervloer (1x per uur). Tijdens behandelingen is respectievelijk 13, 13 en 8 liter water per m² per dag gebruikt. Resultaten laten zien dat gebruik van water de ammoniakemissie significant verlaagt, mits dit water regelmatig over de roostervloer wordt verspreid. De behaalde emissiereductie was 37% voor alleen spoelen en 40% voor spoelen en frequent schuiven. Dit effect nam in de loop van de tijd toe tot respectievelijk 53% en 52% tijdens de laatste drie weken van de behandelperiode. Het eenmalig toedienen van water in de kelder verlaagt de ammoniakemissie niet significant en zoals de resultaten van het onderzoek van Kroodsmas et al. (1993) ook lieten zien, draagt frequent schuiven van de roostervloer niet significant bij aan verdere emissiereductie als de vloer ook regelmatig gespoeld wordt met water.

Neveneffecten

Het is onbekend of het verdunnen van mest in de stal effect heeft op broeikasgasemissies, geur of bodem. Daarnaast kan (zoet)water in de toekomst een schaars goed worden, waardoor deze methode voor praktijksituaties nog verder uitgewerkt moet worden, bijvoorbeeld door gebruik van spoel- of regenwater.

3 Conclusie

Legenda
Positief effect aangetoond
Positief effect aangetoond, maar niet in de melkveehouderij, op stal/aanwend niveau of voor het specifieke additief
Geen effect aangetoond
Negatief effect aangetoond, maar niet voor het specifieke additief
Negatief effect aangetoond
Geen onderzoek beschikbaar

Uit Hoofdstuk 2 blijkt dat van een aantal mestadditieven (wetenschappelijk) is aangetoond dat ammoniakemissies gereduceerd kunnen worden en deze additieven zijn samengevat in Tabel 2. Daarnaast zijn in de tabel kort het werkingsmechanisme, de ammoniakemissiereductie en mogelijke neveneffecten weergegeven.

Tabel 2 *Het werkingsmechanisme, de ammoniakemissiereductie op stalniveau (tenzij anders aangegeven) en de mogelijke neveneffecten op broeikasgasemissies, bodem/gewas en geur van vijf mestadditieven waarvan (wetenschappelijk) is aangetoond dat het additief ammoniakemissies uit mest reduceert. De kleuren geven aan welk effect is aangetoond (positief/negatief/geen) en of dit voor de melkveehouderij onderzocht is (zie legenda rechts boven).*

Additief	Type	Werkingsprincipe	Dosering	Ammoniakreductie	Neveneffecten Broeikasgassen	Bodem / gewas	Geur
JHacidification NH4+ systeem	Chemisch	Zwavelzuur (96%) verlaagt de pH van de mest, waardoor het evenwicht naar NH ₄ ⁺ verschuift.	Afhankelijk van pH (automatisch)	64% reductie in varkenshouderij	Sterke vermindering methaanemissie	Sulfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater	Geen effect op geur in de varkenshouderij
				Reductie in melkveehouderij niet onderzocht	Niet onderzocht voor specifiek dit additief	Niet onderzocht voor specifiek dit additief	Effect in melkveehouderij niet onderzocht
SyreN	Chemisch	Zwavelzuur (96%) verlaagt de pH van de mest, waardoor het evenwicht naar NH ₄ ⁺ verschuift.	Afhankelijk van pH (automatisch)	49% reductie bij aanwending van rundveedrijfmest met sleepslang	Sterke vermindering methaanemissie	Sulfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater	Geen effect op geur
				Reductie met andere aanwendmethoden (zoals zodenbemester) niet onderzocht	Niet onderzocht voor specifiek dit additief	Niet onderzocht voor specifiek dit additief	
Active NS	Fysisch	Natuurlijke kleimineralen wisselen ionen uit, waardoor ammoniak wordt geabsorbeerd.	20 - 45 gram/m ³ mest	17 – 38% reductie in varkenshouderij	Niet onderzocht	Indicatie van gelijke gewasopbrengst bij minder kunstmestgebruik	Niet onderzocht
				Reductie in melkveehouderij niet aangetoond			
Magnesiumchloride oplossing	Fysisch	Magnesium bindt met fosfaat en ammonium tot struviet, waardoor minder ammoniak kan emitteren.	10 – 30 L/m ³ mest	40% op laboratoriumschaal	28% minder methaanemissie op laboratorium schaal	Risico op overbesteding magnesium en chloride	Niet onderzocht
				20% op stalniveau	Reductie op stalniveau niet onderzocht		
Verdunnen met water	Fysisch	Verdunnen van de mest daalt de ammoniak-concentratie, waardoor emissie wordt vertraagd.	10 liter/m ² vloeroppervlak	40% op stalniveau	Niet onderzocht	Niet onderzocht	Niet onderzocht

3.1 Kennisleemten

Uit de tabel blijkt dat:

- JH acidification NH_4^+ systeem leidt tot ammoniakreductie in de varkenshouderij. Ammoniakreductie en eventuele reductie van broeikasgasemissies in de melkveehouderij zijn bij gebruik van dit specifieke systeem niet onderzocht. Literatuur heeft wel aangetoond dat gebruik van zwavelzuur ammoniakemissies in de melkveehouderij kan reduceren. Mogelijk kan sulfaat uitspoelen. In de varkenshouderij is geen effect op geur aangetoond.
- SyreN tot ammoniakemissiereductie bij aanwending van runderdrijfmest met sleepslang leidt. Het is niet onderzocht of deze reductie ook behaald kan worden met andere aanwendmethoden, zoals met een zodenbemester. Reductie van andere emissies is niet onderzocht. Mogelijk kan sulfaat uitspoelen. Er is geen effect op geur aangetoond.
- Active NS ammoniakemissies in de varkenshouderij reduceert. Ammoniakreductie en eventuele reductie van broeikasgasemissies in de melkveehouderij zijn niet aangetoond. In de varkenshouderij is ook een reductie in geur aangetoond, maar dit is onbekend voor de melkveehouderij.
- Magnesiumchloride ammoniakemissie in de melkveehouderij reduceert. Daarnaast is op laboratoriumschaal aangetoond dat ook methaanemissies verminderen, echter is dit nog niet onderzocht op stalniveau. Gebruik van magnesiumchloride kan leiden tot overbemesting van magnesium en chloride, wat effect heeft op bodem-, gewas- en waterkwaliteit. Het effect op geur is niet onderzocht.
- Verdunnen met water leidt tot ammoniakemissiereductie in de stal (en onder bepaalde omstandigheden bij aanwenden). Het effect op broeikasgassen, bodem, gewas en geur is niet onderzocht.

Op het middel SyreN na zijn alle beschreven mestadditieven ontwikkeld om emissies uit de stal te verminderen. Vaak is niet onderzocht wat het effect van deze toevoeging aan de mest is op de emissies tijdens het aanwenden van de behandelde mest. Daarnaast bestaan er grote verschillen in emissie tussen mest van verschillende diersoorten en de manier waarop mest wordt aangewend. Het wil dus niet zeggen dat behandelde varkensmest die bovengronds wordt uitgereden dezelfde emissie geeft als rundveemest behandeld met hetzelfde additief wat met een zodenbemester is aangewend.

Aanbevolen wordt om aanvullende onderzoeken uit te voeren naar de kennisleemten om er zeker van te zijn dat deze mestadditieven het gewenste effect geven, zonder ongewenste neveneffecten op andere gebieden. Daarnaast zijn er veel mestadditieven op de markt of in ontwikkeling, waarbij uiteenlopende claims over het effect van het toevoegen van het mestadditief aan mest worden geuit. Voordat een wetenschappelijk goed onderbouwde inschatting kan worden gemaakt over de potentie van een mestadditief om ammoniakemissie te reduceren, moet hier een duidelijk en plausibel werkingsprincipe aan ten grondslag liggen. Pas wanneer het werkingsprincipe duidelijk is, kan aanvullend (wetenschappelijk) onderzoek aantonen of het additief daadwerkelijk ammoniakemissies reduceert.

Literatuur

- Amon, B., V. Kryvoruchko, T. Amon, G. Moitzi (2004) Ammonia, methane and nitrous oxide emissions during storage of cattle and pig slurry and influence of slurry additive "Effective Micro-Organisms (EM)", University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Oostenrijk, Wenen
- Beckert, I. (2016) Vera Verification Statement: JH Forsuring NH₄⁺, <https://www.vera-verification.eu/vera-verification/>, geraadpleegd op 08-02-2023
- Bussink, D.W. J.F.M. Huijsmans, J.J.M.H. Ketelaars (1994) Ammonia volatilization from nitric-acid-treated cattle slurry surface applied to grassland. Netherlands Journal of Agricultural Science 42(4). pp293-309. <https://doi.org/10.18174/njas.v42i4.590>
- Bussink, D.W., A.M.D. van Rotterdam-Los, I. Vermeij, H.J.C. van Dooren, S. Bokma, G.J. Ouwerkerk, H. van der Draai, W. Wenz (2014) Reducing NH₃ emissions from cattle slurry by (biological) acidification: experimental proof and practical feasibility. Nutrient Management Institute NMI, Wageningen, rapport 1422.N.12
- CDM. (2014). Advies "Bemesting met zwavelhoudende meststoffen". Wageningen. Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM).
- Christensen, M.L., S.G. Sommer (2013) Manure characterization and inorganic chemistry, Animal Manure – Treatment and Management, S.G. Sommer, M.L. Christensen, T. Schmidt, L.S. Jensen (red.), John Wiley & Sons Ltd.
- 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.
- Ehlert, P.A.I. en W.J. Chardon, 2014. Veranderingen van de zwavelbalans van de Nederlandse bodem. Beantwoording van een helpdeskvraag. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2516.
- Engel, P. (2012) Vera Verification Statement: SyreN, <https://www.vera-verification.eu/vera-verification/>, geraadpleegd op 21-03-2023
- Ettema, F., E. Lindeboom, M. Noordman, G.J. Monteny (2020) Pottenproef voor case/control-onderzoek naar de vermindering van de ammoniakemissie uit melkveemest door toepassing van een mest-additief van Agri Minerals. Meet ID B.V., Lemerleveld
- Fangueiro, D., M. Hjorth, F. Gioelli (2015) Acidification of animal slurry - a review, Journal of Environmental Management 149, pp 46-56, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.001>
- HAS (2020) Additieven voor dierlijke mest; een inventarisatie van additieven voor dierlijke mest en een validatie van de claims over deze producten. HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen, 's-Hertogenbosch
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol, H.A. van Schooten (2015) Toediening van aangezuurde mest met een sleepvoetenmachine op grasland; Ammoniakemissie en gewasopbrengst. Plant Research International, Wageningen UR, Rapport 629
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol, H.A. van Schooten, B.R. Verwijs (2017) Ammoniakemissie bij met water verdunde mest toegediend met een sleepvoetenmachine op grasland. Resultaten 2016- 2017. Wageningen Research, Rapport WPR-754. 35 p.
- Huis in 't Veld, J.W.H., W. Kroodsma, S. van Westereenen (1993) Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van de roosters, Rapport 93-1, IMAG-DLO, Wageningen, 23 p.
- Kant, P.P.H. en C.J. Jagtenberg (1995) Ammoniakemissie bij melkvee na spoelen roosters, Rapport 98, Proefstation voor de Rundvee-, Schapen- en Paardenhouderij (PR), Lelystad, 27 p
- Kroodsma, W., J.W.H. Huis in 't Veld, R. Scholtens (1993) Ammonia emission and its reduction from cubicle houses by flushing, Livestock Production Science, 35 (1993), pp.: 293-302
- Leegaard Riss, A. (2014) Vera test report: JH Forsuring NH₄⁺, Danisch Agriculture & Food Council, Pig Research Centre, Denemarken, Kopenhagen
- Melkvee (2020) Ruimte voor alternatieven emissiearme vloer; alternatief emissiearme vloer op komst, eerste mestadditief mag proefstalstatus aanvragen, Melkvee 2020-03, <https://www.melkvee.nl/>, geraadpleegd op 22-03-2023

-
- Melkveebedrijf.nl (2022) Veldproef met toevoegmiddel: 'Besparing op kunstmest en minder nitraatverlies', Melkveebedrijf, nieuws voor de melkveehouder, <https://www.melkveebedrijf.nl/>, geraadpleegd op 22-03-2023
- Melse, R.W., D.A.J. Starmans, N.W.M. Ogink. 2015. Aanzuursystemen voor rundveedrijfmest in stallen, Wageningen UR Livestock Research, Wageningen, rapport 898
- Oxbøl, A. (2017) Memorandum: Measurement of ammonia emission from two housing unit sections – test of Active NS, FORCE Technology, Brøndby, Denemarken
- Puente-Rodríguez, D. Gollenbeek, L.R., Verdoes, N. & Bos, A.P., 2022. Perspectief van het aanzuren van mest in Nederland om methaan- en ammoniakemissie te reduceren. Wageningen Livestock Research, Rapport 1375
- Schils, R. (2016). 30 vragen en antwoorden over zwavel. Alterra, Wageningen-UR. <https://doi.org/10.18174/392373>
- Sommer, S.G., G.Q. Zhang, A. Bannink, D. Chadwick, T. Misselbrook, R. Harrison, N.J. Hutchings, H. Menzi, G.J. Monteny, J.Q. Ni, O. Oenema, J. Webb (2006) Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy* 89
- Uald, I., E. Blázquez (2019) Measurement of ammonia emission in two housing unit sections – test of Active NS, BETA Technological Centre, Barcelona, Spanje
- Uald-Lamkaddam, I., E. Blázquez, L. Pelaz, L. Llenas, S. Ponsá, J. Colón, E. Vega, M. Mora (2021) Application of ion-exchange-based additive to control ammonia emissions in fattening pig barns with slatted floors, *Environmental Technology & Innovation* 22, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101481>
- Van Boxmeer, E.G.G., J.C. van Middelkoop, H.J.C. van Dooren, 2023. Toevoegen van magnesiumchloride (MgCl₂) aan runderdrijfmest; Huidige stand van zaken van onderzoek naar het effect van MgCl₂ in mest op emissies, bodem en gewas. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1428
- Van Dooren, H.J.C. en M.C.J. Smits (2007) Reductieopties voor ammoniak- en methaanemissie uit huisvesting voor melkvee. Rapport 80, Animal Sciences Group, Wageningen UR, Lelystad, 70 p.

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.

