kennistransfer en bedrijfsopleidingen

Additieven voor dierlijke mest

Een inventarisatie van additieven voor dierlijke mest en een validatie van de claims over deze producten

has hogeschool

kennistransfer en bedrijfsopleidingen

HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen
Onderwijsboulevard 221
Postbus 90108
5200 MA ’s-Hertogenbosch
Telefoon: (088) 890 36 37

Documenttitel:	Additieven voor dierlijke mest
Projectcode:	20400192
Opdrachtgever:	Provincie Noord-Brabant / Consortium Brabant Bemest Beter
Contactpersoon:	A. Vingerhoets
Projectleider:	Rob Bakker, afdeling Milieukunde HAS Hogeschool r.bakker@has.nl
Projectteam:	Sam Klijberg Mees Verhoeven Rémon Saaltink
Plaats:	‘s-Hertogenbosch
Datum:	11 september 2020

has hogeschool

kennistransfer en bedrijfsopleidingen

Voorwoord

Wij zijn dankbaar dat we ondanks de omstandigheden omtrent het Corona virus toch op een gezonde en goede manier ons (afstudeer)onderzoek hebben kunnen uitvoeren en afronden. In het bijzonder willen wij via deze weg onze projectbegeleiders Rob Bakker en Rémon Saaltink bedanken voor de samenwerking, hun flexibele werkwijze en de verkregen feedback. Daarnaast willen wij medestudenten Siri Hoffman en Yuki Cheung bedanken voor de samenwerking tijdens de onderzoeksperiode. Bovendien willen wij alle geïnterviewde mensen bedanken voor hun medewerking en gegeven input in dit onderzoek. Tot slot willen wij de betrokken personen van het consortium van 'Brabant Bemest Beter' bedanken voor deze opdracht en hen verder succes wensen met het programma.

Dit onderzoek is gefinancierd door de Provincie Noord-Brabant, in het kader van het programma "Brabant Bemest Beter".

hogeschool

kennistransfer en bedrijfsopleidingen

Samenvatting

Als onderdeel van het programma 'Brabant Bemest Beter' worden duurzame oplossingen gezocht om mest te verwerken, verwaarden en slim toe te passen. Een manier om dierlijke mest te valoriseren is het gebruik van additieven. De producenten maken uiteenlopende claims over de additieven, echter ontbreekt het vaak aan onderbouwing – zowel in literatuur als praktijk – om een betrouwbaar oordeel te vellen over de specifieke werking van additieven in dierlijke mest. Het doel van dit onderzoek is om kennis te vergaren over de additieven en te achterhalen in hoeverre de claims van de producenten onderbouwd zijn. Daartoe zijn 31 additieven geïnventariseerd, waarvan 15 biologische-, 8 chemische- en 8 fysische additieven. De betrouwbaarheid van de claims op deze additieven zijn onder de loep genomen door middel van literatuuronderzoek, enquêtes en interviews met producenten, gebruikers en experts. Daarnaast is de relevante wet- en regelgeving in kaart gebracht, de duurzaamheidswinst en de meetmethoden voor een vervolgonderzoek.

De biologische additieven bestaan uit mengsels van micro-organismen (met enzymen en/of mineralen) en claimen voornamelijk een reductie van NH_3-, CH_4- en geuremissie, betere nutriëntenopname door de plant en een verbeterde bodemkwaliteit. De chemische additieven bestaan uit vijf aanzuurmethoden en twee nitrificatieremmers. De meest voorkomende claims bij de aanzuurmethoden zijn reductie van NH_3 emissie en een betere nutriënten opname voor het gewas, voor nitrificatieremmers zijn dit emissiereductie van N_2O, minder NO_3^--uitspoeling en een betere nutriëntenopname voor het gewas. De fysische additieven werken op basis van ionen/fysische regulatie. De meest voorkomende claims bij de fysische additieven zijn reductie van NH_3-, CH_4- en geuremissie, minder nitraatuitspoeling, een betere opname van nutriënten door de plant en een verbeterde bodemkwaliteit.

Bij de meeste biologische additieven ontbreekt wetenschappelijk onderzoek die de werking en claims aantonen. Enkel bij één onderzocht biologisch additief is de werking op NH_3 en N_2O emissiereductie onafhankelijk aangetoond, de werking van de overige onderzochte biologische additieven is niet aangetoond of de resultaten zijn tegenstrijdig. Bij de aanzuurmethoden is bij twee methoden aangetoond dat ammoniakemissies significant gereduceerd worden. Echter wordt het aanzuren van dierlijke mest (met zwavelzuur) in Nederland niet erkend als ammoniakemissie verlagende techniek. Eén van de nitrificatieremmers is wetenschappelijk onderzocht waarbij de reductie van lachgas is aangetoond, echter is de reductie van nitraatuitspoeling niet onafhankelijk aangetoond. Voor één fysisch additief is de reductie van NH_3 en CH_4 d.m.v. wetenschappelijk onderzoek aangetoond. Bij twee andere fysische additieven, die bestaan uit zeoliet, is wetenschappelijk aangetoond dat de uitspoeling van NO_3^- minder wordt en een reductie van NH_3-en geuremissie behaald kan worden.

De potentie van biologische additieven is momenteel onduidelijk, vanwege de tegenstrijdige resultaten, of het ontbreken van informatie over de samenstelling en preciese werking. Twee aanzuurmethoden en drie fysische additieven, allen wetenschappelijk onderzocht, zijn daarentegen perspectiefvol. Aanbevolen wordt daarom om nader onderzoek te doen naar biologische- en fysische producten doormiddel van laboratoriumproeven. Daarnaast wordt aanbevolen om de aanzuurmethoden, in de stal en tijdens het uitrijden, te testen in een praktijkonderzoek. Door de vervolgonderzoeken wordt duidelijk welke additieven voor in dierlijke mest de ontwikkeling en verduurzaming van de agrofoodsector in provincie Noord-Brabant verder kunnen helpen.

has hogeschool

kennistransfer en bedrijfsopleidingen

Inhoudsopgave

Voorwoord .....

Samenvatting.....

Lijst met gebruikte Afkortingen..... 1

1. Inleiding 2

1.1. Doel 2

1.2. Afbakening..... 2

1.3. Onderzoeksvragen..... 3

2. Aanpak..... 4

3. Resultaten..... 8

3.1. Inventarisatie additieven..... 8

3.2. Processen in drijfmest na toevoeging additief..... 12

3.3. Matrix over claims en effecten van additieven 16

3.4. Ervaringen van agrariërs met additieven 21

3.5. Wet- en regelgeving 22

3.6. Meetmethoden en praktijkproeven..... 26

3.7. Potentiële duurzaamheidswinst..... 31

4. Discussie 33

5. Conclusies..... 37

6. Aanbevelingen..... 39

Bronnenlijst 40

Bijlage 1. Literatuurstudie biologische additieven 49

Bijlage 2. Literatuurstudie chemische additieven 65

Bijlage 3. Literatuurstudie fysische additieven 76

Bijlage 4. Enquête vragenlijst (niet geïnterviewde) producenten..... 84

Bijlage 5. Interviewvragen agrariërs..... 86

Bijlage 6. Interviewvragen inhoudelijke experts microbiologie 87

Bijlage 7. Achtergrondinformatie ammoniak- en broeikasgasemissies 88

Bijlage 8. Samenvatting processen die additieven teweegbrengen 90

Bijlage 9. Interviewverslagen producenten..... 97

Bijlage 10. Interviewverslagen agrariërs 119

Bijlage 13. Additieven voor in dierlijke mest verkrijgbaar in de Verenigde Staten..... 129

Lijst met gebruikte Afkortingen

In Tabel 1 worden alle veelvoorkomende afkortingen in het rapport kort toegelicht.

Tabel 1 Veelgebruikte afkortingen met bijbehorende verklaring

Afkorting	Verklaring
CH_4	Methaan
EM	Effectieve micro-organismen
H_2S	Waterstofsulfide of zwavelwaterstof
Mixen	Bedoeld het mixen van een drijfmestopslag, zoals een mestkelder of een mestsilo
N_20	Distikstofoxide, ook wel lachgas genoemd
NCM	Stichting Nederlands Centrum voor Mestverwaardiging
NH_3	Ammoniak
NH_4^+	Ammonium
NIOO-KNAW	Nederlands Instituut voor Ecologie, onderzoeksinstituut van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen
NO_3^-	Nitraat
Ppm	Parts per million
Proefstalstatus	Het laten bemeten van een nieuw stalsysteem bij 4 veehouderijen om een emissiefactor te bepalen, met de uiteindelijke doelstelling om opgenomen te worden in de Rav
Rav	Regeling ammoniak en veehouderij, onderdeel van Wet ammoniak veehouderij
Skal	Skal gecertificeerde middelen zijn getest volgens Europese standaarden en toegestaan om toe te passen in de biologische land- en tuinbouw
TAC-Rav	Technische Advies Commissie Regeling ammoniak en veehouderij
VERA	Verification of Environmental Technologies for Agricultural production
VU	Vrije Universiteit van Amsterdam
WUR	Wageningen University & Research
ZLTO	Zuidelijke Land- en Tuinbouw Organisatie

1. Inleiding

"Provincie Noord-Brabant wil in 2020 tot de meest innovatieve, duurzame en slimme agrofoodregio's van Europa behoren" (Provincie Noord-Brabant, z.d.). Zo wordt gestreefd naar "een agrofoodsector die voedsel produceert met respect voor natuur en milieu" (Provincie Noord-Brabant, z.d.); de verwerking en verwaarding van dierlijke mest speelt hierbij een belangrijke rol. Door meer dierlijke mest in de landbouw te gebruiken zou het kunstmestgebruik namelijk gereduceerd kunnen worden. Daarom hebben de provincie Noord-Brabant in samenwerking met Zuidelijke Land- en Tuinbouworganisatie (ZLTO), het Nederlands Centrum Mestverwaarding (NCM) en HAS Hogeschool (HAS) een consortium opgericht en is het programma 'Brabant Bemest Beter' gestart. Het doel van Brabant Bemest Beter is om in samenwerking tot duurzame oplossingen te komen om mest te verwerken en verwaarden, waarbij vooral technologische innovaties worden onderzocht (Landbouw en voedsel Brabant, z.d.).

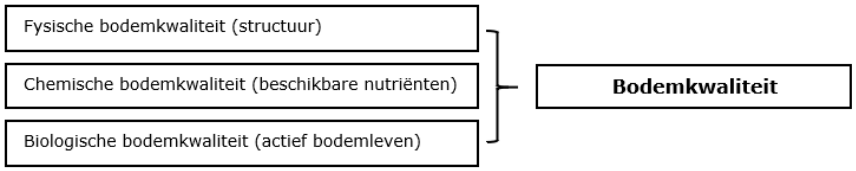
Een van de innovatieve methodes om dierlijke mest te verwaarden is het gebruik van additieven. Bij additieven kan doorgaans onderscheid worden gemaakt in biologische, chemische en fysische middelen die elk een ander type werking hebben. Deze producenten van additieven claimen dat 1) broeikasgassen-, ammoniak- en geuremissie uit dierlijke mest wordt verminderd, 2) de uitspoeling van nitraat naar grond- en oppervlaktewater wordt gereduceerd en 3) de mestkwaliteit van dierlijke mest wordt verhoogd wat ten goede komt aan de nutriëntenopname door het gewas en de bodemkwaliteit. Echter ontbreekt het vaak aan onderbouwing – zowel in literatuur als praktijk – om een betrouwbaar en onafhankelijk oordeel te vellen over de specifieke werking van additieven in dierlijke mest.

1.1. Doel

Het doel van dit onderzoek is om kennis te vergaren over de additieven en te achterhalen in hoeverre de claims van de producenten onderbouwd zijn. Daartoe wordt eerst geïnventariseerd welke biologische, chemische en fysische additieven voor dierlijke mest verkrijgbaar zijn op de Europese markt, hiervan worden de claims onder de loep genomen. Op basis van deze vergaarde informatie, wordt een advies uitgebracht aan het Brabant Bemest Beter consortium over welke additieven perspectiefvol zijn voor gebruik en het uitvoeren van een vervolgonderzoek naar de additieven voor toepassing in dierlijke mest.

1.2. Afbakening

In het onderzoek is gekeken naar chemische, biologische en fysische additieven die verkrijgbaar zijn in Europa. Alleen de additieven die claimen een effect te hebben op ammoniak (NH_3), methaan (CH_4), lachgas (N_2O), geur, bodemkwaliteit (volgens de parameters in Figuur 1), nitraat (NO_3^-) uitspoeling en nutriëntenopname door het gewas zijn meegenomen.



Figuur 1 De drie belangrijkste parameters van bodemkwaliteit

Daarnaast zijn uitsluitend additieven meegenomen die direct aan mest worden toegediend in de opslag (mestkelder en externe opslag), over het oppervlak van de stalvloer of vlak voor/tijdens het uitrijden van de mest. Additieven die aan het voer of drinkwater worden toegediend zijn buiten beschouwing gelaten, te meer omdat deze een ander werkingsprincipe hebben en te maken hebben met andere wet- en regelgeving dan additieven aan dierlijke mest. Ook zijn stal/box strooisels niet meegenomen, omdat deze niet dienen voor directe toevoeging aan mest maar veelal een ander

doeleinde hebben. Het toevoegen van water en beluchten van mest wordt tevens niet beschouwd als zijnde mestadditief en dus niet nader behandeld in onderhavig onderzoek.

1.3. Onderzoeksvragen

Voor het behalen van de doelstelling zijn een aantal onderzoeksvragen opgesteld:

1. Welke relevante (biologische, chemische en fysische) additieven voor dierlijke mest zijn verkrijgbaar in Europa?
2. Welke processen treden op in dierlijke mest na toevoeging van deze additieven?
3. Welke claims worden gedaan op het gebied van werkzaamheid van deze additieven door de producenten?
4. Wat zijn de ervaringen van agrariërs met additieven voor dierlijke mest?
5. Welke wet- en regelgeving is van toepassing op additieven voor dierlijke mest?
6. Welke meetmethoden en praktijkproeven dragen bij aan een beter begrip van de effecten van additieven voor dierlijke mest?
7. Welke duurzaamheidswinst kan in potentie behaald worden met een additief?

Bovenstaande onderzoeksvragen zijn uitgevoerd in drie onderzoeksfases: inventarisatie van additieven, validatie van de claims van producenten en kwalitatief literatuuronderzoek naar meetmethoden, praktijkproeven en potentiële duurzaamheidswinst. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerkingsverband met een ander project binnen Brabant Bemest Beter[1].

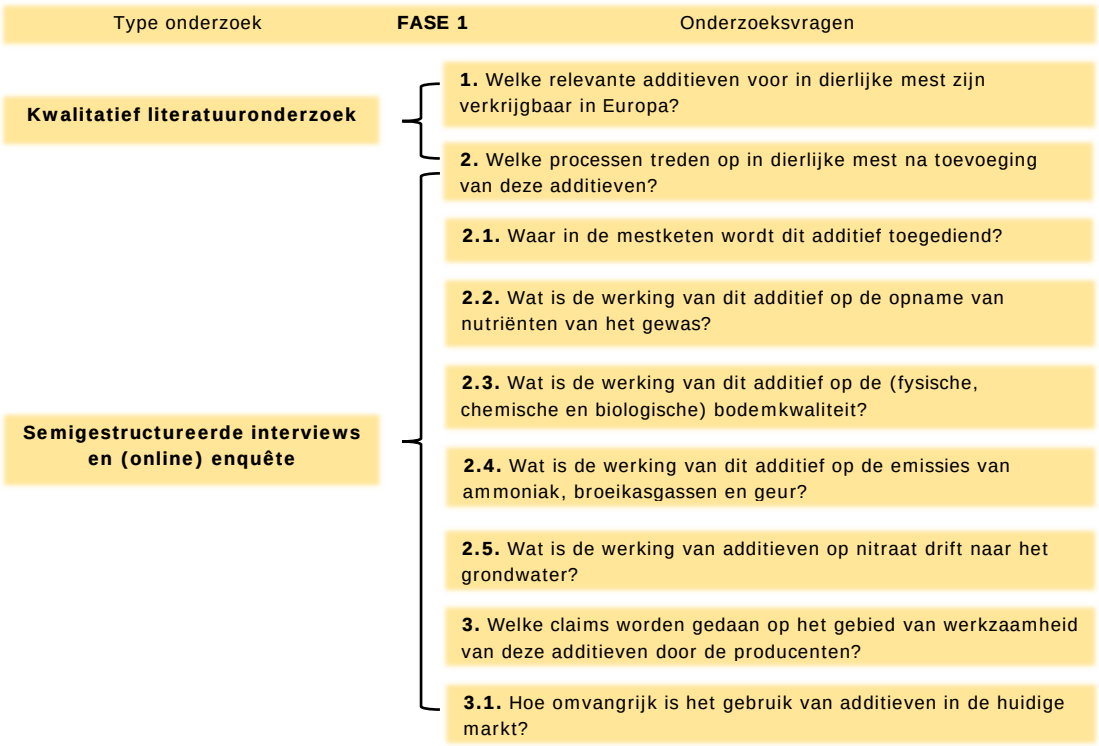
[1] Tijdens dit onderzoek is samengewerkt met studenten die het onderzoek “Meststoffengebruik in provincie Noord-Brabant” uitvoeren. Beide onderzoeken worden namelijk uitgevoerd voor dezelfde opdrachtgevers in een gelijk tijdsbestek.

2. Aanpak

In het onderstaande hoofdstuk wordt de algehele aanpak toegelicht die is gehanteerd gedurende de uitvoering van onderhavig onderzoek in de periode 16-03-2020 tot en met 10-07-2020. Het onderzoek was onderverdeeld in drie fases: de inventarisatie, de validatie en het literatuuronderzoek. De data verzamelingsmethodes en de methode van analyseren wordt per fase beschreven. Verder wordt de periode beschreven waarin de onderzoeksfase zich afspeelt.

Onderzoeksfase 1: Inventarisatie (vooronderzoek)

Tijdens onderzoeksfase 1 zijn antwoorden gezocht op onderzoeksvragen één tot en met drie door middel van literatuuronderzoek, interviews en enquêtes zoals te zien is in de schematische weergave van fase 1 in Figuur 2 hieronder. Acht interviews zijn afgenomen met producenten, de rest van de leveranciers zijn benaderd om een online enquête in te vullen. Op de enquête zijn 12 reacties verkregen van de 23 benaderde leveranciers, waardoor het respons aantal op 52% (afgerond) ligt. Deze onderzoeksfase is uitgevoerd in de periode van 16 maart 2020 tot en met 19 juni 2020. Om onderzoeksvraag twee te beantwoorden is deze verder opgedeeld in vijf deelvragen, onderzoeksvraag drie heeft aanvullend één deelvraag.



Figuur 2 Gebruikte methoden voor onderzoeksvragen 1 t/m 3

Inventarisatie additieven voor in dierlijke mest

Tijdens het inventariseren van relevante additieven (kwalitatief literatuuronderzoek) is gebruik gemaakt van verschillende zoekmachines: Google Scholar, WUR Library Search, ResearchGate en GreenI. GreenI is de online bibliotheek van de HAS Hogeschool. Op basis van de afbakening (hoofdstuk 1.2) is kritisch naar de gevonden additieven gekeken of deze onder de scope van dit onderzoek vielen en derhalve konden worden meegenomen in de inventarisatie.

Inventarisatie effect additieven op processen dierlijke mest

Naast het opstellen van een inventarisatie is via de literatuur (indien beschikbaar) onderzocht welke processen optreden na het toevoegen van een additief. Hierbij zijn de effecten van de toevoeging van een additief in mest op nutriënten opname door de plant, bodemkwaliteit, geur, ammoniak- en broeikasgasemissies en nitraatuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater in kaart gebracht. Ook is in deze fase onderzocht op welke locatie en op welk moment de additieven het meest geschikt zijn om toe te voegen aan de mest. Naast literatuuronderzoek zijn semigestructureerde interviews gehouden of is een (online) enquête toegestuurd naar producenten/leveranciers, zoals hieronder wordt beschreven.

Semigestructureerde interviews met producenten van additieven

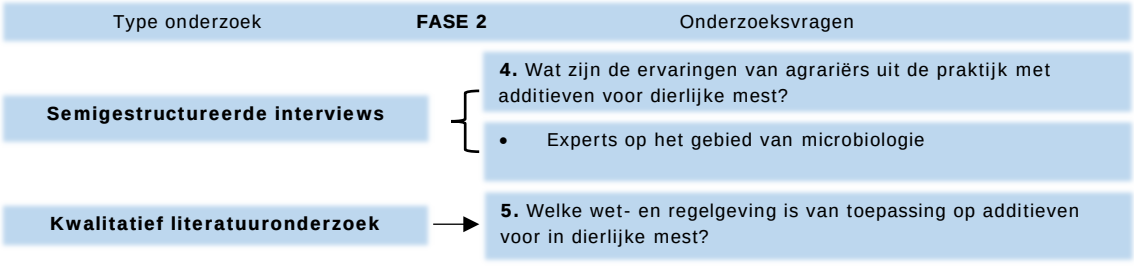
De claims van de producenten en/of leveranciers werden verkregen door middel van kwalitatief literatuuronderzoek (hierboven beschreven), semigestructureerde interviews of een enquête per mail. In Bijlage 4 staat de enquête die gebruikt is voor de interviews en die is opgestuurd naar de niet geïnterviewde leveranciers. Deze enquête bevat enkel open vragen en is onderverdeeld in een zestal onderwerpen namelijk: algemene informatie, praktisch gebruik, theoretische werking, effectiviteit en monitoring, (onafhankelijk) onderzoek en economische voordelen. De intentie vooraf was om alle interviews af te leggen in persoonlijk contact, maar dit was niet meer mogelijk vanwege het Corona (COVID-19) virus. De interviews werden via Microsoft Teams of Skype afgenomen door middel van videobellen.

Voor de analyse van de semigestructureerde interviews werd gebruik gemaakt van de kwalitatieve analyse zoals Verhoeven (2014) beschrijft. Het interview werd eerst aandachtig teruggeluisterd, vervolgens zijn alle relevante zaken die zijn besproken tijdens het interview opgenomen in het interviewverslag. Irrelevante zaken (zoals fragmenten die niks met het additief of desbetreffend bedrijf te maken hadden) zijn dus niet opgenomen in het interviewverslag. De gespreksverslagen zijn altijd naar de geïnterviewde gestuurd ter controle op (feitelijke) onjuistheden.

Om als laatst een inzicht te krijgen in wat de rol is van additieven in de huidige markt en hoe omvangrijk het gebruik is werd dit geïnventariseerd tijdens de interviews met de producenten en de enquêtes. Via de producenten werd getracht kwantitatieve cijfers op te halen over het aantal agrariërs waar deze ondernemers hun product aan verkopen. Vervolgens kan hieruit een indicatie worden geïnterpreteerd wat de rol is van additieven in de huidige markt.

Onderzoeksfase 2: Validatie

Tijdens onderzoeksfase twee werd gebruik gemaakt van de onderzoeksmethoden literatuuronderzoek en interviews. Met deze methodes werd getracht twee onderzoeksvragen te beantwoorden, zoals is weergeven in de schematische weergave van fase 2 in Figuur 3. Deze onderzoeksfase is uitgevoerd in de periode van 11 mei tot en met 12 juni 2020.



Figuur 3 Gebruikte methoden voor onderzoeksvragen 4 en 5

Semigestructureerde interviews met agrariërs (gebruikers van additieven)
Om ervaringen vanuit de praktijk op te halen en claims van producenten te toetsen werden agrariërs (die additieven gebruiken) benaderd voor een semigestructureerd interview. De enquête die hiervoor gebruikt werd is terug te vinden in Bijlage 5. Deze enquête is onderverdeeld in een zestal onderwerpen namelijk: bedrijfsbeschrijving, reden achter het gebruik, praktische zaken, achterliggende theorie, ervaringen en economische aspecten. De contactgegevens van deze agrariërs werden verkregen via producenten/leveranciers van additieven. Uiteindelijk zijn vijf agrariërs geïnterviewd. De manier van het analyseren van de interviews is hetzelfde als de manier zoals eerder besproken in fase 1 van de methode.

Semigestructureerde interviews met experts op het gebied van microbiologie
Over de micro-organismen mengsels is weinig literatuur gevonden die de achterliggende theoretische werking duidelijk beschreef. Verschillende claims van producenten toetsen bleek lastig, daarom is gekozen om twee semigestructureerde interviews af te nemen met experts op het gebied van microbiologie. De vragenlijst die voor deze interviews gebruikt werd is terug te vinden in Bijlage 6. Gekozen werd voor twee inhoudelijke experts van verschillende instanties (Wageningen University & Research en Vrije Universiteit van Amsterdam) zodat de uitspraken van deze experts ook aan elkaar getoetst konden worden, eventuele achterliggende (onbekende) belangen werden hierdoor vermeden. Bovendien konden bepaalde claims tweemaal worden getoetst.

Als laatste werd in deze fase de huidige en toekomstige wet- en regelgeving omtrent de verschillende soorten additieven voor in dierlijke mest geïnventariseerd. Deze informatie werd opgehaald via de wetten website van de Nederlandse overheid (overheid.wetten.nl), de Europese Unie (eur-lex.europa.eu) en Kenniscentrum Infomil (infomil.nl).

Gegevensbescherming van derden
De verkregen gegevens uit de afgenomen interviews met producenten/leveranciers en gebruikers (agrariërs) van additieven zijn met zorgvuldigheid door de onderzoekers behandeld. Deze gegevens zijn in het adviesrapport voor de opdrachtgevers anoniem verwerkt, zodat gegevens niet herleidbaar zijn naar een persoon. Na één jaar zullen de persoonsgegevens door de onderzoekers worden verwijderd, tenzij deze gegevens noodzakelijk langer bewaard moeten worden. De gegevensbescherming is gebaseerd op de Algemene Verordening Gegevensbescherming (Tevreden.nl, 2019).

Onderzoeksfase 3: Kwalitatief literatuuronderzoek

Tijdens onderzoeksfase drie werd opnieuw gebruik gemaakt van kwalitatief literatuuronderzoek waarmee antwoorden werden gezocht op de laatste twee onderzoeksvragen. De schematische weergave van fase drie is in Figuur 4 hieronder weergegeven. Deze onderzoeksfase werd uitgevoerd in de periode van 8 juni tot en met 26 juni.

Type onderzoek	FASE 3	Onderzoeksvragen
Kwalitatief literatuuronderzoek		**6.** Welke meetmethoden en praktijkproeven zouden bij kunnen dragen aan een beter begrip van de effecten van additieven in dierlijke mest?
		7. Welke duurzaamheidswinst kan in potentie behaald worden met een additief?

Figuur 4 Gebruikte methoden voor onderzoeksvragen 6 en 7

Meetmethoden en praktijkproeven

Ten eerste werd in de laatste fase in de literatuur gezocht naar meetmethoden en praktijkproeven om een beter begrip te krijgen van de effecten van het gebruik van additieven op twee parameters (ammoniak- en geuremissies) aan te kunnen tonen. Hierbij werd erop gelet dat het gebruik van deze meetmethoden en praktijkproeven toepasbaar zijn in de praktijk. Met toepasbaar in de praktijk wordt bedoeld dat een meetmethode (in een bedrijfssituatie) kan worden nagebootst.

Potentiële duurzaamheidswinst

Om de duurzaamheidswinst te bepalen die kan worden behaald met een additief voor dierlijke mest werd gebruik gemaakt van de eerder verkregen resultaten uit onderzoeksvragen één tot en met vijf. Het antwoord op deze onderzoeksvraag bestaat uit een beknopte kwalitatief analyse, waarin benoemd wordt op welke vlakken (economisch, ecologisch en maatschappelijk) een agrariër baat heeft bij het gebruik van een bepaald (type) additief.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk zullen de resultaten die tijdens het onderzoek zijn vergaard worden behandeld. In paragraaf 3.1 zullen de geïnventariseerde additieven worden weergegeven met algemene informatie zoals productnaam, bedrijfsnaam, land van herkomst, prijs en onder welke subgroep het additief valt. In paragraaf 3.2 zullen de processen worden besproken die de biologische, chemische en fysische additieven teweegbrengen. In paragraaf 3.3 worden drie matrixen van de biologische, chemische en fysische additieven behandeld. In deze matrixen worden de claims over deze additieven van de producenten weergegeven en afgezet tegenover het wetenschappelijks bewijs dat gevonden is om deze claims te kunnen staven.

3.1. Inventarisatie additieven

Gedurende het onderzoek zijn in totaal 31 Europese additieven geïnventariseerd die bestaan uit de categorieën biologische-, chemische- en fysische additieven. Hieronder wordt per categorie de inventarisatie van de gevonden additieven weergeven inclusief de naam van het product en de producent, subgroep, land van herkomst en de prijs van het additief.

Tijdens de inventarisatie is ook een scala aan additieven gevonden afkomstig uit de Verenigde Staten. Aangezien deze additieven buiten de afbakening van het onderzoek vallen zijn deze niet meegenomen in de onderstaande inventarisatie. Echter bestaat de mogelijkheid dat een aantal van deze additieven in de toekomst ook op de Europese markt verkrijgbaar zullen zijn. Daarom is een overzicht van deze additieven uit de VS gegeven in Bijlage 13.

Inventarisatie biologische additieven

In totaal zijn 15 biologische additieven gevonden waarvan de samenstelling bestaat uit micro-organismen. Een overzicht van deze additieven staat gegeven in Tabel 2 op de pagina hieronder. De subgroep per additief staat niet vermeld in Tabel 2 omdat al de additieven onder de subgroep micro-organismen vallen. Het land van herkomst staat vermeld met een voetnoot onder de Tabel. De informatie uit Tabel 2 is afkomstig uit de literatuurstudie (Bijlage 1) en interviews met producenten (Rinagro, Agriton, LLINQ en Novus-AgroEcology) uit Bijlage 9. In paragraaf 3.2. wordt uitgelegd wat micro-organismen mengsels zijn en wat de (geclaimde) werking is.

Tabel 2 Inventarisatie van biologische additieven

Productnaam	Producent	Prijs
Aero Activ[1]	LLINQ B.V.	€ 3.5/koe per maand
AgriMestMix[1]	Rinagro B.V.	€ 0.65/m^3 (drijfmest) € 1.25/m^3 (vaste mest)
Animal Life Plus – 'Spray'[1]	Animal Life Plus B.V.	Onbekend
Bactériolit[1]	Crehumus B.V.	Onbekend
BioAktiv-MZ[1]	Topturn Special Products	€ 18,50 per kg
Biobac[2]	Fontijn Inter	Onbekend
BioMest[1]	Hoogrendement B.V.	€ 0,26 / m^3 mest
Bio-Mix[1]	Innoresult	€ 0.15 - 0.6/m^3 mest
Kopros[3]	Novus-AgroEcology	€ 5.50 per maand
Manure Pro[4]	Lallemand Animal Nutrition	€8 per koe/jaar €1,60 per geit/jaar
MicroFerm & Pro-Mest[1]	E.M. Agriton B.V.	€ 375 (één pakket voor 25 weken voor 50 koeien)
Multikraft EM[5]	Multikraft	€ 3 per m^3 mest
ProFerta[1]	Synvital	Onbekend
ProGress[1]	Micro Nutritions BV	€0,60 per m^3 drijfmest
Slurry King Cattle & Pig[6]	Epizym Ltd	€ 60 per kg

[1] NL [2] BE [3] CH [4] CA [5] DE [6] GB

Inventarisatie chemische additieven

In totaal zijn acht chemische additieven gevonden, waarvan vijf aanzuurmethoden en drie nitrificatieremmers. Een overzicht van de gevonden chemische additieven staat gegeven in Tabel 3 op de pagina hieronder. Het land van herkomst staat vermeld met een voetnoot onder te Tabel. De informatie uit Tabel 3 is afkomstig uit de literatuurstudie (Bijlage 2) en interviews met producenten BioCover en BASF (Bijlage 9). In paragraaf 3.2. wordt uitgelegd wat aanzuurmethoden en nitrificatieremmers zijn en wat de (geclaimde) werking is. Tijdens de inventarisatie is één ureaseremmer gevonden, genaamd Limus van de producent BASF Agricultural Solutions. Uit het interview met BASF (Bijlage 9) bleek echter dat Limus alleen wordt toegepast op ureum bevattende meststoffen die niet van organische oorsprong zijn, Limus valt daarom buiten de afbakening van dit onderzoek en is niet meegenomen in de inventarisatie.

Tabel 3 Inventarisatie van chemische additieven

Productnaam	Producent	Subgroep	Prijs
HARSØ slurry acidification system[1]	HARSØ Maskiner A/S	Aanzuur methode	Onbekend
JHacidificationNH4+ system[1]	JH Agro A/S	Aanzuur methode	Onbekend
kyndestoft slurry acidification system[1]	Kyndestoft Maskinfabrik	Aanzuur methode	Onbekend
ØRUM TF-12[1]	Ørum Smeden	Aanzuur methode	Onbekend
PIADIN[2]	SKW Piesteritz	Nitrificatie remmer	Onbekend
SyreN[1]	BioCover A/S	Aanzuur methode	€ 27 per hectare (aanschaf van systeem)
Vizura[2]	BASF Agricultural Solutions	Nitrificatie remmer	Onbekend
Top Flow entec fl[3]	Agrifirm	Nitrificatie remmer	Onbekend

[1] DK [2] DE [3]NL

Inventarisatie fysische additieven

In totaal zijn acht fysische additieven gevonden op basis van ionen/fysische regulatie. In Bijlage 3 wordt toegelicht wat met deze groep additieven bedoeld wordt. Een overzicht van de gevonden fysische additieven staat gegeven in Tabel 4. De subgroep per additief staat niet vermeld in Tabel 4 omdat al de additieven onder de subgroep additieven op basis van ionen/fysische regulatie vallen. Het land van herkomst staat vermeld met een voetnoot onder te Tabel. De informatie uit Tabel 4 is afkomstig uit de literatuurstudie (Bijlage 3) en interviews met producenten (EMA Consultancy B.V. en Agri Minerals). In paragraaf 3.2. wordt per fysisch additief toegelicht wat de geclaimde werking is.

Tabel 4 Inventarisatie van fysische additieven

Productnaam	Producent	Prijs
Active NS[2]	FCSI ApS	€0,15 per m^3 drijfmest
AMFA[1]	AgriMinerals	€ 3 per m^3 mest
Berkana[1]	AgriVital International B.V.	€ 10 per kg
BioHumat Mest[1]	EMA Consultancy B.V.	€ 0,25 per m^3 mest
BVP-M[1]	Holland Green International	Onbekend
Optizec-Zeolite[1]	Beterland B.V.	Onbekend
Triune[1]	AgriBiotica (MS Schippers)	€ 539,06 (10 liter)
ZeoFarm Stable[1]	Zeolite Products	Onbekend

[1] NL [2] DK

Omvang van additieven gebruik in de huidige markt

Logischerwijs is het aantal afnemers van een additief verschillend. In Tabel 5 op de pagina hieronder worden de afnemers van biologische additieven weergegeven per additief. Later dit hoofdstuk wordt ook de omvang van het gebruik van chemische en fysische additieven behandeld. Van de 15 gevonden biologische additieven is bij acht additieven bekend hoeveel afnemers (agrariërs) het

product heeft. Dit betreft afnemers binnen Nederland en/of buitenland. Het aantal afnemers is verkregen uit interviews (Bijlage 9) en de literatuurstudie (Bijlage 1).

Tabel 5 Biologische additieven met het aantal afnemers per additief.

Productnaam	Producent	Aantal afnemers
Aero Activ	LLINQ B.V.	>10[1]
AgriMestMix	Rinagro B.V.	3000 tot 4000[2]
Animal Life Plus – 'Spray'	Animal Life Plus B.V.	Onbekend
Bactériolit	Crehumus B.V.	Onbekend
BioAktiv-MZ	Topturn Special Products	>1000[3]
Biobac	Fontijn Inter	Onbekend
BioMest	Hoogrendement B.V.	Ongeveer 75
Bio-Mix	Innoresult	Onbekend
Kopros	Bioma SA Novus-AgroEcology	700
Manure Pro	Lallemand Animal Nutrition	Tientallen
MicroFerm & Pro-Mest	E.M. Agriton B.V.	60 tot 70[4]
ProFerta	Synvital	Onbekend
ProGress	Micro Nutritions BV	Onbekend
Slurry King Cattle & Pig	Epizym Ltd	>250[5]

[1] Alleen in België
[2] In Nederland en Denemarken
[3] Internationaal
[4] Afnemers bestaan uit 60 tot 70 tussenhandelaren
[5] Alleen in Groot-Brittannië

Bij de geïnventariseerde chemische additieven is alleen van BioCover A/S bekend hoeveel aanzuursystemen zijn verkocht. In een interview (Bijlage 9) gaf het bedrijf aan momenteel 139 SyreN systemen te hebben verkocht in verschillende Europese landen (Denemarken, Frankrijk, Duitsland, Zweden, Estland, Letland en Finland). Van de overige vier producenten van aanzuur methoden is niet gevonden hoeveel systemen zijn verkocht. Volgens de Deense overheid wordt 20% van al de dierlijke mest in Denemarken aangezuurd voorafgaand van het uitrijden op het land (The Danish EPA, z.d.). Dit geeft een indicatie van de omvang van aanzuurmethoden die worden toegepast in Denemarken. In het interview met BASF Agricultural Solutions (Bijlage 9) gaf het bedrijf aan geen inzicht te hebben in de hoeveelheid agrariërs die gebruik maakt van de nitrificatieremmer Vizura. Dit is omdat BASF Agricultural Solutions Vizura alleen aan tussenhandelaren verkoopt en niet aan agrariërs zelf. Producent SKW Piesteritz gaf aan ook geen inzicht te hebben in het aantal agrariërs dat gebruik maakt van de nitrificatieremmer PIADIN vanwege dezelfde reden als BASF Agricultural Solutions (SKW Piesteritz, persoonlijke communicatie, 5 mei 2020).

Bij de gevonden fysische additieven is alleen van de additieven Berkana, AMFA en Active NS bekend over hoeveel wordt toegepast. De leverancier van Berkana (AgriVital International B.V.) schat dat ongeveer 50 klanten het additief afnemen, daarnaast wordt Berkana in samenwerking met een varkensbedrijf ook verkocht onder de naam 'DANU-M' (hier is geen aantal van bekend) (K. Langerak, persoonlijke communicatie, 8 mei 2020). Agri Minerals geeft in een interview (Bijlage 9) aan ongeveer 20 afnemers te hebben voor het additief AMFA. Volgens producent FCSI ApS wordt Active NS aan ongeveer 20% van de agrariërs in Denemarken verkocht (K.E. Molbech, persoonlijke communicatie, 1 juli 2020).

3.2. Processen in drijfmest na toevoeging additief

Processen biologische additieven

Eerst is getracht een beter begrip te krijgen van de achterliggende processen hoe ammoniak- en broeikasgasemissies uit de stal en tijdens het uitrijden van mest kunnen emitteren (Bijlage 7), zodat ook beter begrepen wordt hoe additieven hier een invloed op kunnen hebben. In Tabel 6 zijn de geïnventariseerde biologische additieven weergegeven met de bijbehorende samenstelling. Daarnaast worden de processen besproken die elk biologische additief teweegbrengt wanneer deze worden toegevoegd aan dierlijke mest. Belangrijk om te vermelden is dat dit proces wordt geclaimd door de producenten van de additieven. De biologische additieven, zijn (over het algemeen) op basis van het concept van 'effectieve micro-organismen' (Bijlage 1). In Bijlage 8 staat een uitgebreidere samenvatting van de processen die biologische additieven teweegbrengen.

Tabel 6 Processen die biologische additieven teweegbrengen

Additief	Samenstelling	Proces
Aero Activ	4 stammen bacteriën en nutriënten	De aerobe (toegevoegde) bacteriën worden dominant door het voordeel van de toegevoegde nutriënten, breken organisch stof af en nemen stikstof op als bacterieel eiwit. Omzettingsproducten van anaerobe bacteriën komen hierdoor niet vrij.
AgriMestMix	Micro-organismen en mineralen	De leefomgeving van de anaerobe microbiologie wordt ongunstig gemaakt door het middel, hierdoor worden de aerobe bacteriën dominant. Deze verteren het organisch materiaal en nemen stikstof op als bacterieel eiwit. Omzettingsproducten van anaerobe bacteriën komen hierdoor niet vrij.
Animal Life Plus – 'Spray'	6 bacterie stammen	Via een vernevelsysteem wordt een microbiologisch stalreinigingsvloeistof in de stal vernevelt die aan ammoniak, geur en fijnstof hecht en dit afbreekt.
Bactériolit	Schimmels, gisten en bacteriën	Versnelt het composteringsproces van mest en bindt ammoniak.
BioAktiv-MZ	Aerobe bacteriën op een draagstof van natriumchloride of calciumcarbonaat	Activering van de aerobe bacteriën waardoor de mest beter gaat composteren en omzettingsproducten minder vrijkomen.
BioMest	Melkzuurbacteriën, rietsuiker, mineralen en water	Bevordert het fermentatieproces van mest.
Biobac	Micro-organismen en voedingsbodem	Brengt een balans in de stikstof, koolstof en fosfor verhouding in de mest. Ammoniumhydroxide wordt omgezet in $N0_3^-$.
Bio-Mix	Micro-organismen	Versnelt het rijpingsproces en creëert een balans tussen de aerobe en anaerobe microbiologie in de mest.
Kopros	Bruinalgen, cyanobacteriën, bacteriën, schimmels met enzymen en voedingsbodem	De toegevoegde micro-organismen zorgen voor een omzetting van de mest doordat de aanwezige microbiologie wordt gestimuleerd. Deze microbiologie voedt zich op de mest en legt stikstof vast in microbieel eiwit.
Manure Pro	Bacteriestammen *Bacillus* & *Pediococcus*, i.c.m. enzymen	De toegevoegde bacteriën nemen nutriënten op zodat schadelijke bacteriën deze niet kunnen opnemen. De totale populatie melkzuurbacteriën gaat stijgen.
MicroFerm & Pro-Mest	Melkzuurbacteriën en gisten	De micro-organismen zorgen voor een anaeroob omzettingsproces (fermentatie) waardoor ammoniak gebonden wordt.
Multikraft EM	Micro-organismen	Rottingsprocessen in de mest worden gestopt.
ProFerta	Bacteriën en enzymen	Niet bekend
ProGress	Micro-organismen en mineralen	Zorgt voor een omzetting van het rottingsproces in de mest naar een rijpingsproces.
Slurry King Cattle & Pig	13 bacterie stammen, enzymen en andere (onbekende) biochemische stoffen	Het mengsel breekt moeilijk afbreekbare stoffen sneller af, hierdoor wordt ook de leefomgeving van methanogenen bacteriën afgebroken. Daarnaast bevat het mengsel ammoniak absorberende bacteriën waardoor ammoniak wordt afgevangen.

Processen chemische additieven

In Tabel 7 zijn de geïnventariseerde chemische additieven weergegeven met de bijbehorende samenstelling. Daarnaast worden de processen besproken die elk chemisch additief teweegbrengt wanneer deze worden toegevoegd aan dierlijke mest. Belangrijk om te vermelden is dat dit proces wordt geclaimd door de producenten van de additieven. Bij de aanzuurmethoden wordt alleen van SyreN het proces toegelicht, informatie over de processen van het JHacidificationNH4+-, HARSØ slurry acidification-, ØRUM TF-12- en kyndestoft slurry acidification systeem is namelijk schaars en omdat wordt aangenomen dat de processen van deze aanzuurmethoden overeenkomen met de processen bij SyreN (zolang bij al de methoden zwavelzuur wordt toegepast). In Bijlage 8 staat een uitgebreidere samenvatting van de processen die chemische additieven teweegbrengen.

Tabel 7 Processen die chemische additieven teweegbrengen

Additief	Samenstelling	Proces
SyreN	Zwavelzuur (96%)	Het zuur verlaagt de pH wat resulteert in een verschuiving in het evenwicht tussen ammoniak en ammonium in het voordeel van ammonium. Zwavelzuur zou een reactie aan gaan met ammoniak waardoor ammoniumsulfaat ontstaat.
PIADIN	1H-1,2,4 triazool en 3 methylpyrazol	PIADIN zou de nitrificerende bacteriën in de bodem afremmen waardoor de omzetting van ammonium-N in nitraat-N wordt vertraagd met zes tot tien weken. Daarnaast zou door gebrek aan nitraat ook de (onvolledige) denitrificatie afgeremd worden.
Top Flow entec fl	dimethylpyrazolfosfaat (DMPP)	Top Flow entec fl zou de omzetting van ammonium naar nitraat vertragen.
Vizura	dimethylpyrazolfosfaat (DMPP)	DMPP zou het aanrakingspunt van het enzym blokkeren in de bacterie die verantwoordelijk is voor de omzetting van ammonium in nitraat.

Processen fysische additieven

In Tabel 8 zijn de geïnventariseerde fysische additieven weergegeven met de bijbehorende samenstelling. Daarnaast worden de processen besproken die elk fysisch additief teweegbrengt wanneer deze worden toegevoegd aan dierlijke mest. Belangrijk om te vermelden is dat dit proces wordt geclaimd door de producenten van de additieven. In Bijlage 8 staat een uitgebreidere samenvatting van de processen die fysische additieven teweegbrengen.

Tabel 8 Processen die fysische additieven teweegbrengen

Additief	Samenstelling	Proces
Triune	polycarboxylaat zouten, water en monomeer resten	Triune heeft een negatief geladen oppervlak wat een binding aan zou gaan met het positief geladen ammonium, wat voorkomt dat ammonium wordt omgezet in andere stoffen.
Biohumat	Huminezuur verbindingen	Het huminezuur zou het anaerobe klimaat in mest opzetten in een aeroob klimaat. Huminezuren zouden ook kationen bevatten dat bindingen aan kan gaan met negatief geladen deeltjes.
BVP-M	Zout of krijt opgelost in (zuurstofrijk)water	BVP-M zou het anaerobe klimaat in mest opzetten in een aeroob klimaat. Het aerobe klimaat zou een algengroei in de mest bevorderen waardoor meer zuurstof in de mest wordt geproduceerd.
Berkana	Magnesiumsulfaat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)	Berkana zou de aanwezige aerobe bacteriën in de mest stimuleren.
Optizec-Zeolite	Zeoliet (clinoptiloliet)	Optizec-Zeolite heeft een negatief geladen oppervlak wat positief geladen kationen aantrekt.
AMFA	Mineralen en zouten opgelost in (zuurstofrijk)water	De mineralen in AMFA zouden een fysieke binding aangaan met de ammoniak in de mest.
Active NS	Natuurlijke kleimineralen	Active NS zou het vermogen hebben om positieve en negatieve ionen uit te wisselen en daarmee bepaalde stoffen te kunnen absorberen.
Zeofarm Stable	Clinoptiloliet (zeoliet)	Zeofarm Stable heeft een negatief geladen oppervlak waardoor het doormiddel van ionen-uitwisseling negatief geladen stoffen kan absorberen. Daarnaast wordt het absorptievermogen van het additief vergroot door de structuur met een groot oppervlak.

Expert reviews over micro-organismen mengsels

Om meer inzicht te vergaren in de achterliggende theoretische werking en processen van biologische additieven (micro-organismen mengsels) zijn interviews uitgevoerd met twee experts op gebied van microbiologie. Dit betreft prof. dr. de Boer van WUR en dr. Spanning van de VU. Hieronder worden de belangrijkste bevindingen van beide interviews behandeld.

Expert review W. de Boer

Als micro-organismen worden toegevoegd aan een bestaand ecosysteem is de kans volgens de Boer klein dat de toegevoegde micro-organismen zich kunnen vestigen. Door de gevestigde micro-organismen, die zijn aangepast aan de omstandigheden in de mest, worden de toegevoegde micro-organismen weggeconcurreerd. Micro-organismen moeten zijn aangepast aan de specifieke omstandigheden waaraan deze worden toegevoegd, indien het een vestigingskans wilt hebben. Volgens de Boer zou dat een haast ondenkbare situatie zijn. Het substraat en de leefomstandigheden bepalen wat er gebeurt, het toevoegen van micro-organismen verandert hier niks aan. Wanneer echter gemixt wordt is dit een ander verhaal omdat dit zuurstof in de mest brengt. Door het mixen zullen de aerobe micro-organismen het overnemen van de anaerobe micro-organismen, hier hoeven geen micro-organismen voor worden toegevoegd. Al met al denkt de Boer dat het toevoegen van micro-organismen geen kans van slagen heeft.

Expert review R. van Spanning

Van Spanning geeft aan geen inschatting te kunnen geven over of de toegevoegde micro-organismen kunnen handhaven in de nieuwe omgeving. In het verleden is het vaak tevergeefs geprobeerd om externe organismen in een bestaand ecosysteem toe te voegen, echter kan het soms goed gaan. De omstandigheden in de mest moeten voor de toegevoegde micro-organismen ideaal zijn, zoals ook wordt beaamt door de Boer. Van nature heeft mest een vrij complex microbieel gemeenschap waarbij iedere bacteriesoort een eigen taak heeft. Externe organismen die daaraan worden toegevoegd moeten in dat bestaande ecosysteem passen om een kans op overleven te hebben. Meer fundamenteel inzicht moet worden vergaard over welke organismen van nature in mest zitten en welke actief zijn. Van Spanning benoemt dat mixen nuttig is doordat zuurstof in (diepere lagen in) de mest terecht komt en zorgt voor een hogere zuurstofflux. Hierdoor kunnen aerobe micro-organismen hun werk doen, het is volgens van Spanning derhalve belangrijk om te weten of agrariërs de mest(kelder) vaker mixen sinds het gebruik van het additief. De positieve effecten zouden dan namelijk een gevolg kunnen zijn van het frequenter mixen.

Het feit dat soms voedingsbodems worden toegevoegd kan van Spanning zich goed voorstellen, dit zou de overlevingskans van de toegevoegde micro-organismen kunnen vergroten. In mest leven meer dan 1000 verschillende soorten bacteriën in een community die allemaal gespecialiseerd zijn in het afbreken van verschillende stoffen en interacties met elkaar aan gaan. Als het doel is om de ammoniakemissie te reduceren moeten de bacteriën worden geactiveerd die hier een invloed op hebben. Spanning geeft aan dat dit door middel van een praktijkproef onderzocht zou moeten worden. Al met al geeft van Spanning aan dat aan er veel haken en ogen aan het toevoegen van micro-organismen in mest zit. Volgens van Spanning kan de effectiviteit alleen worden vastgesteld door empirisch handelen, door middel van bijvoorbeeld het uitvoeren van een mesocosm experiment.

3.3. Matrix over claims en effecten van additieven

In deze paragraaf zijn drie matrixen weergegeven van respectievelijk biologische-, chemische- en fysische additieven (met de productnamen in de meest linkse kolom) en hun toegediende score op verschillende parameters. De onderzochte parameters zijn respectievelijk emissiereductie van ammoniak-, methaan- en lachgas, reductie van nitraat uitspoeling (naar het grond- en oppervlaktewater), reductie van geuremissie, verbeterde nutriënten opname door de plant en een verbetering van de bodemkwaliteit. In Tabel 9 is een legenda weergegeven waaruit kan worden opgemaakt wat de toegediende score op een parameter betekent. Het is goed om te benadrukken dat de beoordelingen die in de matrixen gedaan wordt is gebaseerd op beschikbaarheid en inhoud van bestaande onderzoeken: er is geen apart proefondervindelijk onderzoek naar effect van deze middelen gedaan door de schrijvers van dit rapport.

Tabel 9 Legenda matrixen

Score	Betekenis
0	De producent claimt dat het additief een effect heeft op deze parameter. Echter is dit niet door wetenschappelijk onderzoek onderbouwd.
	De producent claimt niet dat het additief een effect heeft op deze parameter.
+/-	De producent claimt dat het additief een effect heeft op deze parameter. Uit wetenschappelijk onderzoek komen tegenstrijdige resultaten naar voren.
-	De producent claimt dat het additief een effect heeft op deze parameter. Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt niet dat er onomstotelijk bewijs is dat er een effect is.
+	De producent claimt dat het additief een effect heeft op deze parameter. Uit wetenschappelijk onderzoek is het effect aangetoond.

Aanvullende toelichting matrixen

Een grijs vak met een nul (0) betekent dat geen wetenschappelijk onderzoek gevonden is in de literatuur dat de claim onderbouwd, zodoende kan hier dus geen score aan worden gegeven. Een wit vak (zonder invulling) betekent dat een producent van een additief niet claimt een werking te hebben op desbetreffende parameter. Een oranje vak met een plus min (+/-) teken betekent dat in de wetenschappelijke literatuur tegenstrijdige resultaten zijn gevonden. Hierbij is dus bij de ene publicatie geen effect aangetoond op een bepaalde parameter en bij een andere publicatie wel. Een geel vak met een minteken (-) betekent dat het additief is getest in de wetenschappelijke literatuur, waarbij geen effect is aangetoond op de geclaimde parameters. Een groen vak met een plus (+) teken betekent dat een additief een effect heeft aangetoond op een desbetreffende parameter in wetenschappelijk onderzoek.

Vermeld moet worden dat voor het opstellen van de matrixen expliciet is gekeken naar wetenschappelijke onderzoeken die de werking van een additief kan onderbouwen op de onderzochte parameter(s). Onderzoeken uitgevoerd door de producent/leverancier van het additief zelf zijn niet meegenomen. Tevens zijn onafhankelijke (niet wetenschappelijke) onderzoeken niet meegenomen, beide met de reden dat de betrouwbaarheid van de resultaten uit deze onderzoeken niet goed kan worden ingeschat.

Matrix biologische additieven

De matrix in Tabel 10 (zie volgende pagina) is gebaseerd op gevonden literatuur (Bijlage 1), enquêtes en informatie uit de interviews met producenten (Bijlage 9). Van twee van de additieven, AgriMestMix en Pro-Mest & MicroFerm, zijn tegenstrijdige resultaten over effecten gevonden. Het additief Multikraft heeft aangetoond een werking te hebben op de reductie van ammoniak- en lachgasemissie. In Bijlage 1 wordt nader toegelicht in welke literatuur de tegenstrijdigheden en aangetoonde effecten zijn gevonden. In de matrix is weergegeven dat alle producenten van micro-organismen mengsels claimen een effect te hebben op de ammoniakemissie. Daarnaast wordt regelmatig geclaimd dat het additief een werking heeft op de bodemkwaliteit, verbeterde opname van nutriënten door de plant en geuremissie, deze drie parameters zijn bij alle additieven echter nooit wetenschappelijk onderzocht, er ontbreekt vaak informatie of verwijzingen naar onderzoek. Tevens is weergegeven dat er voor geen micro-organismen mengsel geclaimd wordt dat er een effect is op lachgasemissie en nitraatuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater.

Tabel 10 Matrix: micro-organismen mengsels (al dan niet met enzymen) en hun effect op verschillende parameters. Beoordeling op basis van beschikbaarheid en inhoud van bestaande onafhankelijk onderzoeken. Grijs vak met 0 = verbetering wordt geclaimd, maar er is geen wetenschappelijk onderzoek beschikbaar. Geel vak met – geclaimd effect op de parameter is onderzocht maar niet aangetoond. Groen vak met +: geclaimd effect op de parameter is onderzocht en aangetoond. Oranje vak met +/- is tegenstrijdige resultaten uit wetenschappelijk onderzoek over effect. Leeg vak = verbetering op deze parameter wordt niet geclaimd.

Additief	NH_3	CH_4	N_20	NO_3^-	Geur	Opname[1]	Bodem[2]
Aero Activ	0	0			0		0
AgriMestMix	+/-	+/-			0	0	0
Animal Life Plus – 'Spray'	0				0		
Bactériolit	0				0	0	0
BioAktiv-MZ	0				0		0
Biobac	0				0		
BioMest	0				0	0	0
Bio-Mix	0					0	
Kopros	0	0			0	0	0
Manure Pro	0				0		
MicroFerm & Pro-Mest	+/-	0			0	0	
Multikraft	+		+		0		
ProFerta	0				0		
ProGress	0	0			0	0	0
Slurry King Cattle & Pig	0	0			0		

1= verbeterde opname van nutriënten door de plant. 2= verbeterde bodemkwaliteit.

Matrix chemische additieven

De matrix (Tabel 11) is gebaseerd op gevonden literatuur (Bijlage 2), enquêtes en informatie uit de interviews met producenten (Bijlage 9). Over vier van de zeven additieven is geen wetenschappelijke literatuur gevonden. Hierbij moet vermeld worden dat bij drie chemische additieven (aanzuurmethoden HARSØ, ØRUM TF-12 en kyndestoft) geen claim gevonden is. Aangezien de voornaamste doelstelling van het aanzuren het verlagen van de ammoniakemissie is, wordt aangenomen dat de fabrikant dit (minstens) zal claimen. De aanzuursystemen SyreN en JHacidificationNH4+ system hebben in wetenschappelijk onderzoek aangetoond een vermindering van ammoniakemissie teweeg te brengen. De nitrificatieremmer Vizura is onderzocht op de vermindering van nitraatuitspoeling maar heeft dit niet aangetoond. Echter heeft het additief wel aangetoond de lachgasemissie te kunnen reduceren. Enkele aanzuurmethoden en nitrificatieremmers claimen een effect te hebben op de nutriënten opname van de plant, hierover is echter geen wetenschappelijk onderzoek over gevonden.

Tabel 11 Matrix: chemische additieven en hun effect op verschillende parameters. Beoordeling op basis van beschikbaarheid en inhoud van bestaande onafhankelijk onderzoeken. Grijs vak met 0 = verbetering wordt geclaimd, maar er is geen wetenschappelijk onderzoek beschikbaar. Geel vak met – geclaimd effect op de parameter is onderzocht maar niet aangetoond. Groen vak met +: geclaimd effect op de parameter is onderzocht en aangetoond. Leeg vak = verbetering op deze parameter wordt niet geclaimd.

Additief	NH_3	CH_4	N_20		NO_3^-	Geur	Opname[1]	Bodem[2]
HARSØ slurry acidification system	0							
JHacidificationNH4+ system	+	0					0	
kyndestoft slurry acidification system	0							
ØRUM TF-12	0							
SyreN	+						0	
PIADIN			0		0		0	
Top Flow entec fl					0		0	
Vizura			+		-		0	

1= verbeterde opname van nutriënten door de plant. 2= verbeterde bodemkwaliteit.

Matrix fysische additieven

De matrix van fysische additieven (Tabel 12) is gebaseerd op gevonden literatuur (Bijlage 3), enquêtes en informatie uit de interviews met producenten uit Bijlage 9. Opvallend is dat het additief Active NS heeft aangetoond een werking te hebben op ammoniak- en geuremissiereductie, AMFA op ammoniak- en methaan-emissiereductie en het additief Optizec-Zeolite op de reductie van nitraat. Daarnaast is in de matrix te zien dat alle producenten van fysische additieven claimen een werking te hebben op de ammoniak- en geuremissie. In sommige gevallen wordt ook geclaimd dat een additief een effect heeft op de bodemkwaliteit en een verbeterde opname van nutriënten door de plant. Deze twee laatstgenoemde parameters, samen met geuremissie, is echter in geen enkel geval wetenschappelijk onderzocht. Verder zijn de claims uiteenlopender dan bij biologische en chemische additieven, vanwege de samenstellingen en processen die de fysische additieven teweegbrengen (paragraaf 3.2).

Tabel 12 Matrix: fysische additieven en hun effect op verschillende parameters. Beoordeling op basis van beschikbaarheid en inhoud van bestaande onafhankelijk onderzoeken. Grijs vak met 0 = verbetering wordt geclaimd, maar er is geen wetenschappelijk onderzoek beschikbaar. Groen vak met +: geclaimd effect op de parameter is onderzocht en aangetoond. Leeg vak = verbetering op deze parameter wordt niet geclaimd.

Additief	NH_3	CH_4	N_20	NO_3^-	Geur	Opname[1]	Bodem[2]
Active NS	+				+	0	
AMFA	+	+			0		0
Berkana	0				0		
BioHumat Mest	0			0	0	0	0
BVP-M	0	0	0		0		
Optizec-Zeolite	0			+	0	0	
Triune	0	0			0	0	
ZeoFarm Stable	0						0

1= verbeterde opname van nutriënten door de plant. 2= verbeterde bodemkwaliteit.

3.4. Ervaringen van agrariërs met additieven

In Tabel 13 is een matrix te zien van gebruikerservaringen met vijf verschillende additieven. De matrix is gebaseerd op de interviewverslagen van de agrariërs (Bijlage 10). Alle vakken zijn grijs gekleurd omdat een uitspraak van een agrariër niet onafhankelijk getoetst kan worden (in tegenstelling tot claims van producenten). Daarnaast zijn meerdere factoren van invloed op deze parameters, waardoor de positieve ervaring van een agrariër over een parameter niet altijd enkel en alleen toe te schrijven is aan het gebruik van een additief.

De parameter NH_3 betekent dat een agrariër minder last heeft van (de penetrante) ammoniakdampen in de stal en/of de mest meer stikstof bevatte (na mestanalyses). De parameter geur betekent dat een agrariër minder last heeft van onaangename geuren in de stal door het gebruik van een additief. De parameter homogener betekent dat de mest homogener is (minder korstvorming). De parameter “minder mixen“ betekent dat een agrariër aangaf dat door het gebruik van het additief de mestkelder minder gemixt hoeft te worden. De parameter ’’meer mixen’’ betekent dat een agrariër aangaf dat sinds het additief wordt toegepast de mestkelder meer gemixt wordt. De parameter prijs/kwaliteit gaat over de tevredenheid over de prijs/kwaliteit verhouding van het additief en of een agrariër de kosten zou terugverdienen. De parameter dienstverlening betekent dat het additief wordt toegediend door de producent en/of leverancier van het additief, dit is inbegrepen bij de prijs die voor het additief wordt betaald.

Tabel 13 Matrix: enkele additieven en hun effect op verschillende parameters. Grijs vak met + betekent dat een gebruiker positieve ervaringen op desbetreffende parameter. Grijs vak met een 0 betekent dat de gebruiker niet positief is over een parameter maar ook niet negatief. Een wit vak zonder teken betekent dat geen uitspraak wordt gedaan over de parameter.

Additief	NH_3	Geur	Homo-gener	Minder mixen	Meer mixen	Prijs/ kwaliteit	Dienst-verlening
AgriMestMix	+	+	+			0	
Pro-Mest & Microferm		+		+		+	
Aero Activ	+	+			+		+
Kopros	+	+	+				+
AMFA	+	0				+	+

Uit Tabel 13 blijkt dat de geïnterviewde agrariërs voornamelijk minder last ervaren van ammoniakdampen en onaangename geuren in de stal door het gebruik van een additief. Aangezien voor agrariërs die Aero Activ, Kopros en AMFA gebruiken het additief werd toegepast als dienstverlening door de leverancier en/of producent, waren geen bijkomende werkzaamheden nodig. Voor zowel het additief AgriMestMix en Pro-Mest & Microferm moesten de additieven worden verdund met water en vervolgens met een gieter over de roostervloeren worden aangebracht. Beide agrariërs ervaren dit als een prettig en eenvoudig proces.

3.5. Wet- en regelgeving

Aangezien alle mestadditieven in onderhavig rapport anders zijn qua samenstelling en werkingsmechanisme, vallen deze niet allen onder één bestaande (of toekomstige) wet- en regelgeving. In dit hoofdstuk wordt per subgroep de relevante (Europese en Nederlandse) wet- en regelgeving behandeld die van toepassing is. Hierbij wordt gekeken of het additief (en de bijbehorende techniek) is toegestaan voor gebruik in Nederland en welke voorschriften van toepassing zijn.

Aanzuurmethoden

Bij het aanzuren wordt door de fabrikanten gebruik gemaakt van zwavelzuur (H_2SO_4) met een concentratie van 50% of 96% met de uiteindelijke doelstelling om de pH van de mest omlaag te brengen naar een gewenste zuurgraad om de uitstoot van ammoniak te reduceren. Uitvoeringsbesluit 2017/302 (2017, 15 februari) van de Europese Commissie geeft aan dat aanzuren is toegestaan en is erkend als best beschikbare techniek (BBT) om ammoniakemissie uit drijfmestopslagen te verminderen bij varkensstallen. Daarnaast is het aanzuren van mest bij het uitrijden van drijfmest ook erkend als BBT.

Echter, uit artikel 2 lid 1 Regeling ammoniak en veehouderij blijkt dat het aanzuren van drijfmest niet is opgenomen in de ''Rav lijst'' voor beschikbare technieken om ammoniakemissie uit stallen en tijdens bemesten te reduceren. Op de Rav lijst staan verschillende huisvestigingssystemen en voer- en managementmaatregelen die een agrariër kan gebruiken om de ammoniakemissie uit de stal te verminderen. Doordat het aanzuren van drijfmest (met zwavelzuur) niet opgenomen is in deze lijst wordt deze emissie reducerende techniek niet erkend in Nederland. De Deense fabrikanten mogen echter hun technieken in Nederland wel verkopen alleen krijgt een agrariër geen erkenning voor het gebruik van deze techniek waardoor die aan wet- en regelgeving voldoet (C. Toft, persoonlijke communicatie, 11 juni 2020).

Nitrificatieremmer

In de Europese Verordening 2019/1009[2] (2019, 5 juni) staat beschreven dat wanneer een (gedeelte van een) stof zorgt voor de blokkering of remming van micro-organismen of enzymen die zorg dragen voor de omzetting van een nutriënt deze valt onder de groep nitrificatieremmers, denitrificatieremmers en ureaseremmers. In onderhavig rapport zijn enkel nitrificatieremmers en is één ureaseremmer geïnventariseerd als mestadditief. Hieronder worden deze groepen behandeld en aan welke voorwaarden fabrikanten moeten voldoen om deze op de markt te brengen.

De bekende nitrificatieremmers in onderhavig rapport bevatten de werkzame stof Dimethylpyrazolfosfaat (DMPP). DMPP blokkeert het aanrakingspunt van het enzym in de nitrificerende bacterie dat nodig is voor de omzetting van ammonium (via nitriet) in nitraat. In de Verordening 2019/1009 (2019, 5 juni) zijn nitrificatieremmers opgenomen als product functie categorie (PFC) 5A van de Europese bemestingsproducten. De volgende voorschriften zijn van toepassing: een nitrificatieremmer dient de vorming van nitraat met ten minste 20% te remmen in een bodemmonster ten opzichte van controlemonster. Dit wordt na veertien dagen na aanvang van de proef gemeten en moet met een betrouwbaarheidsniveau van meer dan 95% zijn vastgesteld.

[2] VERORDENING (EU) 2019/1009 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD
tot vaststelling van voorschriften inzake het op de markt aanbieden van EU-bemestingsproducten en tot wijziging van de Verordeningen (EG) nr. 1069/2009 en (EG) nr. 1107/2009 en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 2003/2003

Minimaal de helft van de aanwezige stikstof in het bemestingsproduct moet in de vorm van ammonium of ureum aanwezig zijn.

Volgens Verordening 2019/1009 (2019) moet het etiket van de nitrificatieremmer aan een aantal voorschriften voldoen. Het etiket moet de benaming 'nitrificatieremmer' bevatten, daarnaast moet de concentratie nitrificatieremmer als massapercentage worden vermeld van N-totaal in de vorm van ammonium-N en ureum-N. Overigens zijn ook de volgende tolerantieregels geldend voor zowel nitrificatieremmers als ureaseremmers: indien de concentratie aan nitrificatieremmer lager of gelijk is aan 2% wordt een afwijking van plus of minus 20% getolereerd; als het massapercentage hoger is dan 2% mag deze enkel 0.3 massaprocent afwijken van het aangegeven gehalte (Verordening 2019/1009, 2019).

Ureaseremmers

De geïnventariseerde ureaseremmer bevat de werkzame stoffen NBPT (N-(n-butyl) thiophosphoric triamide) en NPPT. NPPT is een door het bedrijf BASF ontwikkelde formulering waardoor niet één maar twee enzymstructuren (die verantwoordelijk zijn voor de ontleding van ureum) worden geremd. In de Verordening 2019/1009 (2019) zijn nitrificatieremmers opgenomen als product functie categorie (PFC) 5C van de Europese bemestingsproducten. De voorwaarden die gelden voor ureaseremmers zijn vergelijkbaar met die van nitrificatieremmers. Een ureaseremmer moet voor een 20% afname van de hydrolysesnelheid van ureum zorgen in vergelijking met het controlemonster, gemeten op veertien dagen na aanvang van de in-vitro proef. Dit moet met een betrouwbaarheidsniveau van 95% zijn vastgesteld. Een in-vitro proef wilt zeggen dat het is uitgevoerd in laboratorium glaswerk, bijvoorbeeld reageerbuizen. Op het etiket moet de concentratie ureaseremmer zijn vastgesteld als massaprocent van N-totaal in de vorm van ureum-N. De tolerantieregels omtrent afwijkingen van de aangegeven massapercentage van de ureum-N zijn identiek aan nitrificatieremmers.

Mengsels van micro-organismen

Micro-organismen worden in de Verordening 2019/1009 (2019) ook wel aangeduid als microbiële biostimulant. Microbiële biostimulanten zouden (zonder nutriënten te bevatten) processen in de plant bevorderen zodat deze bijvoorbeeld weerbaarder zouden zijn tegen abiotische stress en/of nutriënten efficiënter zouden opnemen. Aangezien de micro-organismen in de mengsels in onderhavig rapport een ander doeleinde hebben worden deze niet aangeduid als biostimulant.

In de Europese Verordening 1907/2006[3] (2006, 18 december) staat dat chemische stoffen moeten voldoen aan registratie en beoordeling van een Europees Agentschap (REACH) om te voorkomen dat zij gevaar opleveren voor de gezondheid van mens en milieu. Dit is in tegenstelling tot micro-organismen, waarbij producenten niet zijn onderworpen aan registratie of voorschriften die hoeven aan te tonen dat het gebruik ervan veilig is. Hierdoor mogen zij nu enkel als component in een Europees bemestingsproduct voorkomen als de soorten duidelijk zijn geïdentificeerd, het gebruik ervan veilig is en op die basis in een limitatieve lijst zijn geregistreerd.

[3] VERORDENING (EG) Nr. 1907/2006 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen (REACH), tot oprichting van een Europees Agentschap voor chemische stoffen, houdende wijziging van Richtlijn 1999/45/EG en houdende intrekking van Verordening (EEG) nr. 793/93 van de Raad en Verordening (EG) nr. 1488/94 van de Commissie alsmede Richtlijn 76/769/EEG van de Raad en de Richtlijn

Uit Bijlage II van Verordening 2019/1009 (2019) blijkt dat een Europees bemestingsproduct micro-organismen mag bevatten indien deze geen andere verwerkingsmethoden dan drogen of vriesdogen hebben gehad, en onder een van de volgende stammen valt: Azotobacter spp, Mycorrhizale zwammen, Rhizobium spp, Azospirillum spp.

De Europese Commissie kan wijzigingen invoeren in verwerkingsmethoden, de stammen of soorten van micro-organismen die mogen worden gebruikt als onderdeel van een bemestingsproduct, als deze micro-organismen aan een aantal voorwaarden voldoen, volgens Verordening 2019/1009 artikel 42 lid 4 (2019). Deze micro-organismen mogen geen gevaar vormen voor de gezondheid van mens, dier, plant, veiligheid voor het milieu én moet agronomische efficiëntie waarborgen. Dit moet allemaal wetenschappelijk zijn aangetoond, volgens Verordening 2019/1009 artikel 42 lid 1 (2019). Daarnaast moeten een aantal gegevens worden vermeld:

> a) de naam van het micro-organisme; b) de taxonomische indeling van het micro-organisme: geslacht, soort, stam en vermeerderingsmethode; c) wetenschappelijke literatuur waarin verslag wordt uitgebracht over het veilig produceren, conserveren en gebruiken van het micro-organisme; d) het taxonomische verband met soorten micro-organismen die voldoen aan de vereisten voor een gekwalificeerd vermoeden van veiligheid zoals bepaald door de Europese Autoriteit voor voedselveiligheid; e) informatie over het productieproces, in voorkomend geval met inbegrip van verwerkingsmethoden zoals sproeidrogen, wervelbeddrogen, statisch drogen, centrifugering, deactivering door warmte, filtratie en fijnmaken; f) informatie over de identiteit en de residugehalten van resterende tussenproducten, toxines of microbiële metabolieten in het bestanddeel, en g) natuurlijk voorkomen, levensvatbaarheid en mobiliteit in het milieu (Verordening 2019/1009, 2019, p. 31)

De volgende etiketvoorschriften zijn van toepassing wanneer micro-organismen deelbestand uitmaken van een bemestingsproduct: alle micro-organismen moeten worden benoemd inclusief de stammen, de concentratie moet worden vermeld uitgedrukt in bijvoorbeeld kolonievormende eenheden per gram (kve/g) en moet de vermelding bevatten dat micro-organismen mogelijk sensibilisatiereacties veroorzaken. Daarnaast mag de aangegeven concentratie van de micro-organismen niet meer dan 15% afwijken van de werkelijkheid (Bijlage III deel III Verordening 2019/1009, 2019)

Polymeren

Een aantal additieven die geïnventariseerd zijn bevatten polymeren die negatief geladen zijn en daardoor een binding aan gaan met kationen (bijvoorbeeld NH_4^+). In Verordening 2019/1009 (2019) wordt onderscheid gemaakt tussen nutriëntenpolymeren en andere polymeren dan nutriëntenpolymeren. Enkel de nutriëntenpolymeren zijn van toepassing in dit onderzoek waardoor de andere polymeren niet worden beschouwd.

Een Europees bemestingsproduct mag nutriëntenpolymeren bevatten die gebruikt mogen worden indien het een chemie veiligheidsrapport bevat en de registratie de standaard informatie uit Bijlagen VI, VII en VIII van Verordening (EG) nr. 1907/2006. Daarnaast moet volgens Verordening 2019/1009 (2019) de polymerisatie het doel hebben om het vrijkomen van de voedingsstoffen uit monomeren te regelen, minimaal 60% moet oplosbaar zijn in een bufferoplossing van fosfaat bij een zuurgraad

van 7.5 bij 100 graden Celsius, de afbraakproducten zijn enkel ammoniak, water en koolstofdioxide en de polymeren mogen minder dan 600 ppm vrij formaldehyde bevatten.

(Klei)mineralen
Alle vrij in de natuur voorkomende mineralen, indien niet chemisch gewijzigd, zijn vrij van registratieplicht volgens Verordening 1907/2006 Bijlage V (2006) vanwege hun eigenschappen en het klein geschatte gevaar op alle biota.

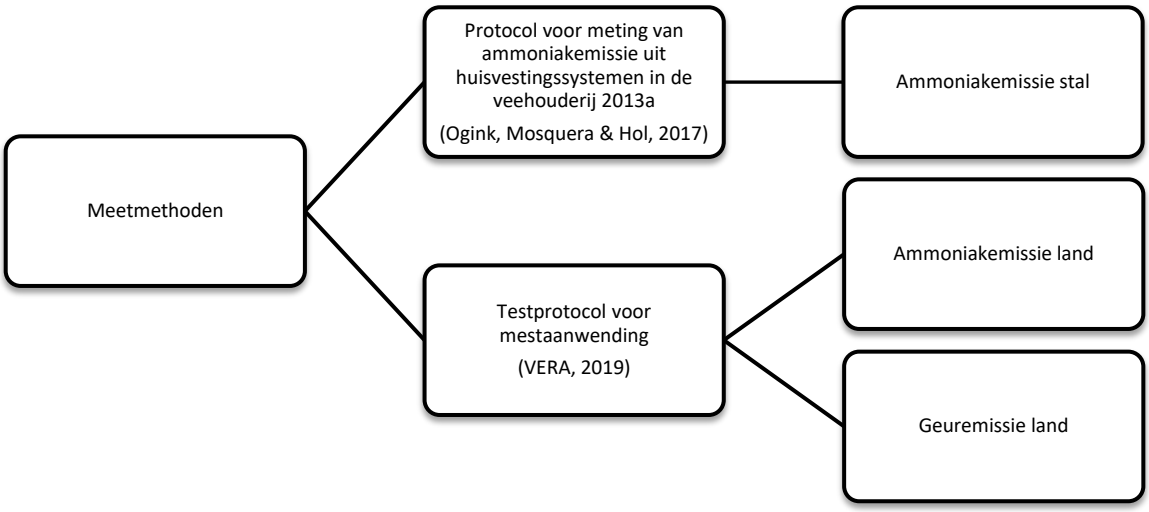
Implementatie van Europese wet- en regelgeving
Tot op ingang van Verordening 2019/1009 bestond nog geen geldende wet- en regelgeving die etiketteringsvoorschriften vermeldde voor het gebruik van middelen zoals de nitrificatieremmers, ureaseremmers en micro-organismen. Indien een producent deze middelen vrij wilt verhandelen in Europa moet deze aan bovengenoemde voorwaarde houden, echter indien een producent het additief enkel op de nationale markt wilt brengen geldt de nationale regelgeving (Kerona Scientific Ltd., 2019). In Nederland bestaat anno 2020 geen aanvullende wet- en regelgeving omtrent deze middelen. In Tabel 14 is een samenvatting weergegeven van de (huidige en toekomstige) wet- en regelgeving voor additieven voor in dierlijke mest.

Tabel 14 Wet- en regelgeving additieven voor toepassing in dierlijke mest

Subgroep	Wettelijk gereguleerde inhoud	Wettelijke vooraarden	Huidige wetgeving	Toekomstige wetgeving
Aanzuur-methoden	Zwavelzuur (H_2SO_4)	Het aanzuren van drijfmest met zwavelzuur (in de stal en tijdens het uitrijden) wordt in NL niet erkend als emissie reducerende techniek.	EU: Uitvoeringsbesluit 2017/302 NL: Regeling ammoniak en veehouderij	Niet van toepassing
Nitrificatie-remmer	Dimethylpyrazolfosfaat (afgekort DMPP).	Dient de vorming van nitraat met 20% te remmen en het productetiket moet aan een aantal voorwaarden voldoen.	EU: Verordening 2003/2003	EU: Verordening 2019/1009
Urease-remmer	(N-(n-butyl) thiophosphoric triamide) (afgekort NBPT)	De hydrolysesnelheid van ureum dient met 20% af te nemen en het productetiket moet aan een aantal voorwaarden voldoen.	EU: Verordening 2003/2003	EU: Verordening 2019/1009
Mengsels van micro-organismen	De volgende stammen zijn opgenomen in de limitatieve lijst van de Europese Verordening: *Azotobacter spp.*, *Mycorrhizale zwammen*, *Rhizobium spp* en *Azospirillum spp.*	De soorten moeten duidelijk zijn geïdentificeerd, veilig zijn en enkel zijn gedroogd of gevriesdroogd en vallen onder een van de stammen van de limitatieve lijst. Indien een micro-organisme aan een aantal voorwaarde voldoet, kan deze worden opgenomen in de lijst.	Niet van toepassing	EU: Verordening 2019/1009
Ionen/fysische regulatie	Polymeren	Dient een chemie veiligheidsrapport te bevatten en het doel moet zijn om het vrijkomen van voedingsstoffen uit monomeren te regelen. 60% dient oplosbaar te zijn in een fosfaat bufferoplossing bij pH 7.5 en 100 graden. De afbraakproducten zijn enkel NH_3, H_20 en CO_2 en de polymeren mogen <600 ppm vrij formaldehyde bevatten.	EU: Verordening 1907/2006	EU: Verordening 2019/1009
(Klei)-mineralen	Vrij in de natuur voorkomende mineralen	Indien niet chemisch gewijzigd, vrij van registratieplicht	EU: Verordening 1907/2006	Niet van toepassing

3.6. Meetmethoden en praktijkproeven

Indien een praktijkonderzoek naar bepaalde additieven voor in dierlijke mest wenselijk is, is het van belang dat deze additieven op een juiste manier worden getest. Dit hoofdstuk bespreekt internationale en Nederlandse protocollen voor het meten van ammoniak- en geuremissie in de stal en op het land. Figuur 5 geeft een overzicht van de protocollen en voor welke metingen de protocollen gebruikt kunnen worden. Voor het meten van geur in de stal is geen protocol gevonden, daarom wordt een voorbeeld genoemd van een onderzoek dat geur- en ammoniak emissies afkomstig van een varkenshouderij heeft gemeten.



Figuur 5 Overzicht van protocollen voor het meten van ammoniak- en geuremissie

Ammoniakemissie in de stal

Hieronder wordt een Nederlands protocol beschreven dat gebruikt wordt voor het meten van de ammoniak-en geur emissie in de stal.

Rav Protocol voor meten ammoniakemissie

Wageningen Livestock Research heeft in opdracht van het Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) een protocol opgesteld voor het meten van ammoniakemissies in zogenaamde huisvestingssystemen. Dit betreft het “Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a” (Ogink, Mosquera & Hol, 2017). Het protocol is onderdeel van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) en wordt gebruikt om de ammoniakemissie en emissiefactor van een innovatief emissiearm stalsysteem te bepalen. De inhoud van het protocol is deels gebaseerd op een vroegere versie van het internationale VERA-protocol: “Testprotocol voor systemen voor huisvestings- en managementsystemen voor stallen (Versie 2018)” (VERA, 2018). In het protocol wordt de manier van bemonstering, meetmethoden en- apparatuur, randvoorwaarden gedurende de metingen en het berekenen van de emissiefactor behandeld (Ogink, Mosquera & Hol, 2017). Aangezien de bepaling van een emissiefactor in dit hoofdstuk niet zozeer van belang is, wordt uitsluitend ingegaan op het meten van de ammoniakemissie in de stal. In het protocol wordt een vijftal (toegestane) methodes genoemd om de ammoniak NH_3-concentratie te meten die hieronder kort worden toegelicht.

NH_3-converter + NO_x-analyser
Deze methode kan de NH_3-emissie meten door een NO_x-analyser te combineren met een NH_3-converter. Een NO_x-analyser meet de concentratie NO_x in de aangezogen lucht uit de stal. Een NH_3-converter zet de aanwezige NH_3 in de aangezogen lucht om in NO_x. Door het verschil te meten tussen de al aanwezige NO_x in de stal en de NO_x afkomstig van de NH_3 wordt de NH_3 concentratie bepaald (van Ouwerkerk, 1993).

Foto akoestische monitor
Deze monitor bepaald de aanwezige NH_3 doormiddel van een zogenaamde CO_2-laser. De opstelling kan geplaatst worden op een tafel en heeft verder geen voorzieningen nodig (van Ouwerkerk, 1993).

NH3-vangsysteem (gewasflessen)
Het NH_3-vangsysteem zuigt de lucht (met ammoniak) aan en brengt het in contact met een zuuroplossing. De aanwezige ammoniak zal daardoor een binding aan gaan met deze zuuroplossing. Om vervolgens de NH_3-concentratie te bepalen dient een andere methode gebruikt te worden, hier worden titratie en spectrofotometrie als twee voorbeelden genoemd (van Ouwerkerk, 1993).

FTIR-spectrometer
Deze methode maakt gebruik van infrarode straling. De meter vangt infrarode straling op waardoor een signaal ontstaat, NH_3 absorbeert straling waardoor het signaal minder wordt. Door dit 'verzwakte' signaal te vergelijken met een signaal zonder absorberende componenten, kan de hoeveelheid NH_3 bepaald worden (Mosquera et al., 2002).

Open pad TDL
Net als bij de FTIR-spectrometer maakt deze methode gebruik van het absorptievermogen van NH_3 bij infrarood straling, echter wordt de straling bij deze methode uitgezonden in de vorm van een laser (Mosquera et al., 2002).

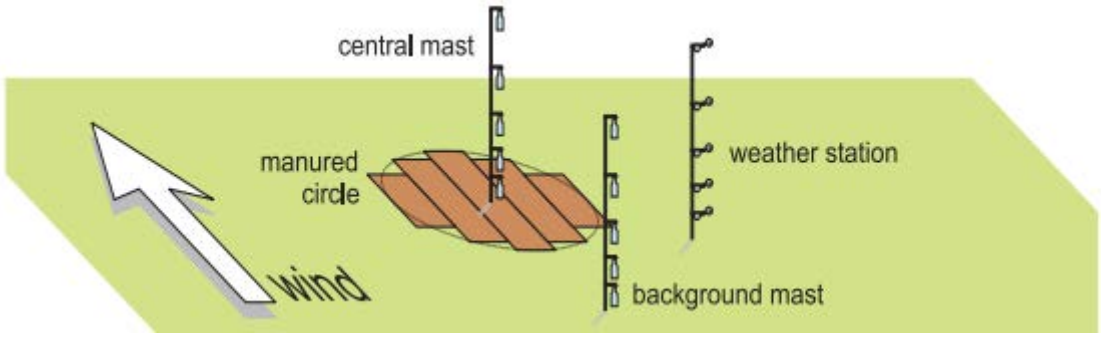
Ammoniakemissie op het land

Bepaalde additieven hebben pas een werking na het aanbrengen van de dierlijke mest op het land (bepaalde aanzuurmethoden). Indien deze additieven getest moeten worden is het van belang dat de ammoniakemissie niet wordt gemeten in de stal maar op het land. Hieronder is een protocol toegelicht die internationaal wordt toegepast om metingen op het land uit te voeren.

VERA testprotocol ammoniak- en geuremissie tijdens mestaanwending
Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production (VERA) is een samenwerkingsverband tussen Nederland, Duitsland, Denemarken en Vlaanderen dat als doel heeft om nieuwe duurzame innovaties in de landbouw te testen en verifiëren (VERA, z.d.). Om de invloed van innovatieve technieken op de NH_3- en geuremissies tijdens de (dierlijke)mestaanwending op een betrouwbare manier te testen, is een protocol opgesteld genaamd "Testprotocol voor mestaanwending" (VERA, 2019). Het protocol dient gebruikt te worden bij technieken of systemen die het contact tussen de aangewende mest en de lucht zo klein mogelijk maakt, of technieken en systemen die de mest behandelen wat de emissies bij aanwending zou beïnvloeden (bijvoorbeeld additieven).

De NH_3-emissie wordt in het protocol gemeten doormiddel van de micro-meteorologische massabalans methode. Deze methode maakt gebruik van een meetmast die midden op het proefperceel is gestationeerd en een meetmast die buiten het proefperceel is gestationeerd om de achtergrondwaarde te meten. Aan beide masten zitten zogenaamde 'NH_3 vangers' bevestigd, deze kunnen bestaan uit "acid bubblers" of "passive flux samplers". Bij "Acid bubblers" wordt lucht met NH_3 door een roestvrijstalen buis gezogen gevuld met een oplossing van zuur. NH_3 gaat een reactie aan met zuur waardoor het uit de lucht wordt gehaald, de luchtstroom wordt gemeten met een luchtstroommeter. De NH_3 concentratie kan vervolgens bepaald worden met behulp van ionchromatografie en colorimetrie. De "passive flux sampler" werkt op een vergelijkbare manier met een oplossing van zuur, deze methode bevat een soort vinnen die ervoor zorgen dat de sampler met de wind mee beweegt. Het plaatsen van de meetmasten en het meten van de NH_3-concentratie begint meteen na het aanbrengen van de mest op het land en dient voor minimaal 4 dagen gemeten te worden. Omdat de NH_3-vangers verzadigd kunnen raken dienen deze de eerste 12 uur drie tot vijf keer vervangen te worden. Na de eerste 12 uur dienen de NH_3-vangers elke ochtend vervangen te worden voor drie dagen lang.

Omdat de weersomstandigheden een grote invloed hebben op de meetresultaten is het van belang dat verschillende weers- en bodemparameters gemonitord worden gedurende de test. Het protocol benoemt de volgende weersparameter: moment van aanbrengen, windsnelheid, windrichting, luchtvochtigheid, zonnestraling, luchttemperatuur, bodemtemperatuur, bodemtype, bodemvochtigheid en neerslag. De weersomstandigheden dienen gemonitord te worden met een weerstation. Figuur 6 geeft een schematische weergave van een proefopzet volgens de micro-meteorologische massabalans methode (VERA, 2019).



Figuur 6 Schematische proefopzet micro-meteorologische massabalans methode (VERA, 2019).

Geuremissie

Naast ammoniak komen nog meer componenten vrij in de stal die geur veroorzaken, voornamelijk veroorzaakt door de afbraak van organisch materiaal dat in de stal aanwezig is. In een Tabel afkomstig uit een rapport van van der Graag, van der Weijst & Backus (2019) van het onafhankelijk onderzoeksbureau Connecting Agri & Food B.V., worden de voornaamste geurverbindingen uit een varkenshouderij weergegeven (zie Tabel 15).

Tabel 15 Geurverbindingen uit de varkenshouderij (van der Graag, van der Weijst & Backus, 2019).

Type verbinding	Stofnaam
Organische zuren	Acetic acid
	Propionic acid
	Butyric acid
	Valeric acid
	Caproic acid
	Isobutyric acid
	Isovaleric acid
Stikstofverbindingen	Ammonia
	Trimethylamine
	Indole
	Skatole
Ketonen	Acetone
	2-butanone
	2,3-butadione
Fenolen	Phenol
	p-Cresol
	4-Ethylphenol
Zwavelverbindingen	Hydrogen sulfide
	Methanethiol
	Dimethyl sulfide
	Dimethyl disulfide
	Dimethyl trisulfide
	Carbon disulfide

Om te bepalen of additieven invloed hebben op de geurcomponenten uit Tabel 15, is het van belang dat deze gemeten en gemonitord kunnen worden. Hieronder wordt een voorbeeld gegeven van een onderzoek waar geuremissie uit varkenshouderijen is gemeten en onderzocht, en een internationaal protocol voor het meten van geur na de mestaanwending.

Geurmetingen bij varkenshouderijen

Het onafhankelijke onderzoeksbureau Connecting Agri & Food B.V. heeft in 2019 in opdracht van provincie Noord-Brabant een onderzoek uitgevoerd naar geuremissie afkomstig van varkenshouderijen (van der Graag, van der Weijst & Backus, 2019). Over een periode van vier weken zijn de concentraties van een aantal geurcomponenten gemonitord op de varkenshouderij zelf en bij omwonenden. Voor het monitoren is gebruik gemaakt van drie soorten sensoren die elke vijf minuten de concentraties meten van H_2S, vijf vluchtige organische stoffen (VOS), NH_3, indolen, drie soorten ketonen en twee soorten fenolen. Een van de sensoren was gericht op het meten van NH_3, de tweede op het monitoren van H_2S en de derde op het monitoren van VOS, indolen, de ketonen en

de fenolen. In het rapport staat dat veel verschillende sensoren beschikbaar zijn om bovenstaande componenten te monitoren. Ook zouden veel van deze sensoren getest zijn in dit onderzoek. Echter wordt alleen de meest betrouwbare sensor voor NH_3 bij naam genoemd, namelijk een DOL sensor.

In het rapport worden een aantal aspecten benoemd die van belang zijn bij het bepalen van welke sensoren geschikt zijn voor een bepaald onderzoek. Zo kan een sensor gebruikt worden die het concentratie verloop over een bepaalde periode monitort, maar ook een sensor die de absolute waarde geeft voor een moment. In het geval van een praktijkonderzoek naar additieven voor in dierlijke mest zouden beide opties mogelijk zijn om de geurconcentraties van voor het toevoegen en na het toevoegen te bepalen. Een juiste meetfrequentie moet bepaald worden voor het monitoren, in het rapport van van der Graag, van der Weijst & Backus (2019) wordt een interval van vijf minuten gehanteerd. In de stal kunnen complexe mengsels van geurcomponenten voorkomen. Het is dus van belang dat de werking van de sensor met complexe geurmengsels wordt getest. Een ander aspect wat hierbij van belang is, is het vooraf bepalen van welke parameter gemeten moet worden. Daarnaast moet de sensor zowel kunnen meten op lage- en hoge concentraties omdat zulke fluctuaties van concentraties voorkomen in de stal. Tot slot moet de relatie tussen de concentratie van geurcomponenten en geur overlast duidelijk zijn (van der Graag, van der Weijst & Backus, 2019). In het geval dat een additief daadwerkelijk de emissie van geurcomponenten reduceert, is het van belang dat die reductie zodanig is dat overlast van geur is uitgesloten.

VERA testprotocol ammoniak- en geuremissie tijdens mestaanwending

Het VERA protocol “Testprotocol voor mestaanwending” (VERA, 2019) beschrijft ook de methode die toegepast dient te worden bij het meten van geuremissies na het aanbrengen van dierlijke mest op het land. Dit betreft de “Flux chamber technique”. Deze techniek bestaat uit een afgesloten bak die minimaal 2.5 m^2 van het oppervlak van de grond waarover de mest is uitgereden bedekt en afsluit van de buitenlucht. Aan de binnenkant van de bak moeten ventilatoren aanwezig zijn die zorgen dat de lucht in de bak gemengd wordt. De buitenkant van de bak moet bedekt zijn met aluminiumfolie om te voorkomen dat de lucht in de bak wordt opgewarmd door de zon. De bak wordt vrijwel meteen geplaatst na het uitrijden van de mest en na 20 minuten wordt 30 liter lucht uit de bak getapt in een nalophan monstername zak. Per proefperceel/bak moeten minimaal drie luchtmonsters genomen worden. De luchtmonsters moeten vervolgens binnen 24 uur geanalyseerd worden doormiddel van een “dynamic dilution olfactometric analyses” (VERA, 2019).

Laboratorium/mesocosm proef

Een mesocosm proef is een onderzoek waarbij de natuurlijke omstandigheden in de praktijk zo goed mogelijk wordt nagebootst terwijl verschillende parameters, die in de praktijk een rol spelen, op een gecontroleerde wijze worden gemonitord. Onafhankelijk onderzoeksbureau Meet ID is een bureau die zorg kan dragen voor het uitvoeren van dit soort onderzoeken. Daarnaast heeft het ook recentelijk metingen uitgevoerd met mestadditieven door middel van pottenproeven (Meet ID, 2020). Volgens Meet ID (2020) wordt dit onderzoek gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en uitgevoerd in de periode mei 2020 tot juli 2020. Aangezien Meet ID de faciliteiten, kennis en ervaring in huis heeft is het wellicht interessant om met dit bedrijf een samenwerking aan te gaan om enkele perspectiefvolle additieven nader te onderzoeken.

3.7. Potentiële duurzaamheidswinst

In dit hoofdstuk wordt kort geschetst hoe additieven een positieve bijdrage kunnen leveren aan het verduurzamen van de landbouwsector. Allereerst wordt ingegaan op hoe (biologische en chemische) additieven een rol kunnen spelen in het verminderen van de ammoniak- en geuremissies. Vervolgens worden ook mogelijke negatieve effecten van het gebruik van aanzuurmethoden besproken.

Stikstofproblematiek

Ammoniak is een actueel onderwerp in de veehouderijsector waarbij constant nieuwe ontwikkelingen plaatsvinden omtrent wet- en regelgeving die van invloed zijn op de bedrijfsvoering. Zo stelt het Ministerie van Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit (2020) bijvoorbeeld limieten op voor het ruw eiwitgehalte van krachtvoer van melkvee voor de laatste vier maanden van 2020 om zo de stikstofdepositie van de sector te verlagen. Daarnaast adviseert het adviescollege stikstofproblematiek (Remkes et al., 2020) om de ammoniakdepositie vanuit de landbouw met de helft te verlagen in 2030 ten opzichte van 2019. De sector staat momenteel onder grote (maatschappelijke) druk als het gaat om het verminderen van de ammoniakemissie, het zoeken naar innoverende (kosteneffectieve) methoden is derhalve belangrijk.

Biologische additieven, op basis van (effectieve) micro-organismen, kunnen mogelijkerwijs een oplossingen kunnen zijn om de ammoniakemissie vanuit de veehouderij te reduceren. Uit onderzoek van Buro Blauw (2013) blijkt bijvoorbeeld dat de ammoniak- en methaanemissie met respectievelijk 26 en 20% afneemt door het gebruik van het biologisch additief AgriMestMix. Een aanvullend voordeel van het gebruik van biologische additieven is de afname van geuremissies, dit is onder andere toe te schrijven aan een afname van ammoniakdampen. Agrariërs geven aan tevreden te zijn over de afname van geur, verder is het toedienen van een biologisch of fysisch additief in de stal een makkelijk te implementeren managementmaatregel, dat weinig effect heeft op de arbeidsdruk. Echter moet het gebruik van een additief logischerwijs wel terugverdiend worden, dit zou via verschillende (samenhangende) aspecten gerealiseerd kunnen worden. Op basis van interviews met agrariërs (Bijlage 10) zijn in de praktijk een aantal economische voordelen geïnventariseerd. Minder emissie van ammoniak betekent een hoger stikstofgehalte in de mest, hierdoor hoeft minder (stikstof bevattende) kunstmest gebruikt te worden. Tevens zou bij een aantal gevallen de mestkelder minder gemixt hoeven te worden, wat een besparing op arbeidsuren en het gebruik van machines en brandstof betekent. Een afname van ammoniakemissie draagt tevens bij aan een verbeterde luchtkwaliteit in de stal, dit komt ten goede aan de gezondheid van het vee en de agrariër. Niettemin zou een reductie van methaanemissie zorgen voor een afname van het brandgevaar in een veestal, aangezien methaangassen een risico vormen voor explosies (de Boer, 2019).

Geurproblematiek

Uit een recent krantenartikel (van Meersbergen, 2020) blijkt dat geuroverlast, veroorzaakt door (met name intensieve) veehouderijen, nog steeds een actueel probleem is. Woonwijken in de omgeving van veehouderijen hebben te maken met geuroverlast. Indien veehouders op deze maatschappelijke druk willen inspelen, zou het gebruik van een additief uitkomst kunnen bieden. Uit ervaringen van agrariërs (hoofdstuk 3.4) blijkt namelijk dat in alle gevallen de additieven zorgen voor een afname van geuroverlast in de stal. Echter moet hierbij wel rekening worden gehouden met andere factoren zoals het vaker mixen en/of het verdunnen van het additief met een overmaat aan water.

Milieueffect van aanzuren dierlijke mest

In 2014 heeft de Nederlandse overheid een aantal vragen aan de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) gevraagd omtrent het gebruik van zwavelhoudende meststoffen en het effect ervan op het milieu. CDM (2014) maakt zich vooral zorgen omtrent het gebruik van zwavelhoudende meststoffen (voornamelijk aangezuurde drijfmest met zwavelzuur) en het effect op de waterkwaliteit. Verder zou het toevoegen van additioneel zwavel zorgen voor meer emissie van waterstofsulfide (H_2S) en een verlaagde opname van micronutriënten (koper en selenium) door het gewas. Indien drijfmest wordt aangezuurd met zwavelzuur (H_2SO_4) komt extra zwavel in de bodem terecht, meer dan een gewas kan opnemen. Hierdoor ontstaat een ophoping van zwavel in de bodem, wat vervolgens als sulfaat (SO_4^{2-}) uitspoelt naar het grondwater. Onder anaerobe omstandigheden kan sulfaat tot sulfide worden omgezet. Sulfide kan reageren met ijzer(hydr)oxiden in de (water)bodem. Doordat sulfide reageert met ijzer zou minder ijzer beschikbaar zijn om te binden met fosfaat, waardoor meer fosfaat kan uitspoelen naar het grondwater (CDM, 2014). Daarnaast is sulfide al bij lage concentraties (1,5 mg/l) giftig voor waterplanten en waterorganismen. Bovendien zou zwavel zorgen voor de stimulering van de afbraak van het organisch stof van de waterbodem, waardoor ammonium en fosfaat kunnen vrijkomen. Deze processen, waarbij fosfaat en ammonium vrijkomen, wordt interne eutrofiëring genoemd. Echter zijn deze processen complex en moeilijk te voorspellen, in perioden van droogte zou zwavel juist zorgen voor meer vastlegging van fosfaat (Schils, 2016).

Volgens Kaupenjohann et al (2019) is het inderdaad te verwachten dat meer sulfaat zal uitspoelen naar het grondwater door het aanzuren van drijfmest. Echter zou dit niet significant zijn ten opzichte van de van nature al voorkomende concentratie van sulfaat in het grondwater. Serieuze negatieve effecten van het toedienen van aangezuurde mest op het milieu is dus niet te verwachten. Lamers et al (2006) concluderen echter dat voor laagveenplassen de sulfaatnorm 10-19 mg/l is. ‘’De gevoeligheid van de waterbodem voor sulfaatbelasting verschilt echter sterk van locatie tot locatie’’ (Lamers et al., 2010, p.26). Of dit ook geldt voor waterbodems met andere bodemsoorten zoals zand, löss en klei, is niet bekend. In Nederland zou dus lokaal kunnen worden vastgesteld of het aanzuren van drijfmest met zwavelzuur (en dus een extra aanvoer van sulfaat) een risico vormt voor de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit.

4. Discussie

Dit onderzoek had als doelstelling om kennis te vergaren over samenstelling en werking van additieven voor dierlijke mest en te achterhalen in hoeverre de claims van de producenten onderbouwd zijn. De resultaten worden in dit hoofdstuk geïnterpreteerd en tegenstrijdigheden worden in het licht gezet. Dit betreft de volgende resultaten: mogelijke (negatieve) milieueffecten van het aanzuren van drijfmest met zwavelzuur, toevoegen van micro-organismen in dierlijke mest, het mixen van mest, het toevoegen van (een overmaat aan) water, tegenstrijdigheden in wetenschappelijk onderzoek. Tot slot wordt de gebruikte methode van dit onderzoek besproken.

Interpretatie van de matrixen

Uit de matrixen (paragraaf 3.3) zijn een aantal additieven positief beoordeeld op verschillende parameters. Deze beoordeling is gemaakt op basis van eerder uitgevoerde wetenschappelijke onderzoeken, die worden in deze paragraaf besproken. Er wordt nogmaals benadrukt dat er tijdens deze studie door de HAS geen apart onderzoek naar werking van de additieven is uitgevoerd. Eén biologisch additief, genaamd Multikraft EM, heeft een positieve werking op de vermindering van ammoniak- en lachgasemissies (Amon et al., 2004). Voor de overige biologische additieven zijn daarentegen tegenstrijdige resultaten of geen wetenschappelijke onderzoeken gevonden, waardoor deze geen positieve beoordeling hebben gekregen. Twee aanzuurmethoden, genaamd JHacidificationNH4+ system en SyreN, hebben volgens eerder onderzoek een positief effect op de vermindering van ammoniakemissie (Beckert, 2016; Engel, 2012). Eén nitrificatieremmer, genaamd Vizura, heeft een positief effect op de vermindering van lachgasemissie (Chiodini et al., 2019). Voor de overige chemische additieven zijn geen wetenschappelijke onderzoeken aangetroffen, waardoor deze geen positieve beoordeling hebben gekregen. Drie fysische additieven, genaamd Active NS, AMFA en Optizec-Zeolite, zijn positief beoordeeld op verschillende parameters. Active NS heeft een positief effect op het verminderen van ammoniakemissie (Uald et al., 2019; Gram & Oxbøl, 2015). Daarnaast zorgt dit additief ook voor een afname van geuremissie (Gram & Oxbøl, 2015). AMFA heeft een positief effect op het verminderen van ammoniak- en methaanemissies (Ettema et al., 2020). Optizec-Zeolite heeft een positief effect op het verminderen van nitraatuitspoeling (van Mullekom et al., 2019). Voor de overige fysische additieven zijn geen wetenschappelijke onderzoeken gevonden, waardoor deze geen positieve beoordeling hebben gekregen (zie matrixen in tabellen 10, 11 en 12).

Negatieve gevolgen van aanzuren van drijfmest

Uit de publicaties van CDM (2014) en Huijsmans, Hol & van Schooten (2015) blijkt dat het aanzuren van drijfmest (met zwavelzuur) geen gewenste techniek is om ammoniakemissies te verminderen. Dit komt volgens de auteurs door de negatieve gerelateerde milieueffecten, met als belangrijkste punt het beoogde gevaar van het uitspoelen van sulfaat naar het grond- en oppervlaktewater. Kaupenjohann et al. (2019) geeft echter aan dat aangezuurde drijfmest geen negatieve effecten heeft op de water- en bodemkwaliteit. Aangezien sulfaat van nature al voorkomt in het grondwater zou een extra belasting van sulfaat uit zwavelzuur insignificant zijn. Daarnaast wordt aanzuren in Denemarken al veelvuldig toegepast, 20% van de drijfmest in Denemarken wordt namelijk aangezuurd (The Danish EPA, z.d.). Het aanzuren van mest wordt in Nederland niet erkend als ammoniakemissie verlagende techniek. Echter zijn twee aanzuurmethoden (SyreN en JHacidificationNH4+) bekend die een significante reductie van ammoniakemissie hebben aangetoond met een VERA certificaat. Deze tegenstrijdigheid zou kunnen betekenen dat deze aanzuurmethoden ten onrechte niet worden erkend als ammoniakemissie verlagende techniek in Nederland.

Het toevoegen van micro-organismen aan dierlijke mest
Biologische middelen zijn voornamelijk gericht op het toevoegen van effectieve micro-organismen aan de mest. De experts die in de loop van deze studie geraadpleegd zijn, geven echter aan dat in het verleden veelvuldig is geprobeerd om nieuwe organismen te introduceren in een bestaand ecosysteem, dit is bijna nooit succesvol gebleken. De kans dat de toegevoegde micro-organismen zich kunnen vestigen in de mest is naar inschatting van de experts daarom klein. Mochten biologische additieven willen werken is het belangrijk dat de micro-organismen in het additief zijn gekweekt onder precies dezelfde omstandigheden als in de mest(kelder). Van Spanning concludeert dat de werking van de biologische additieven moet worden vastgesteld door het uitvoeren van een mesocoms experiment.

Het mixen bij biologische additieven
De geïnterviewde agrariërs noemen een aantal voordelen die ze toeschrijven aan het additief, zoals homogenere mest wat leidt tot meerdere (indirecte) voordelen zoals een betere verpompbaarheid, betere verdeling van mest op het land, minder uren om te mixen en een besparing van machinegebruik en brandstof. Bij biologische additieven wordt vaak geadviseerd om de mest te mixen gelijktijdig met het toedienen met het additief, het zou namelijk een voorwaarde zijn om de werking te garanderen. Dit zou kunnen betekenen dat de agrariër zijn mest vaker mixt dan voorheen (toen de agrariër nog geen biologisch additief gebruikte). Experts van Spanning en de Boer geven aan dat agrariërs alert moeten zijn dat het homogener worden van de mest en bijbehorende voordelen geen effect hoeft te zijn van het toedienen van het additief. Indien een agrariër voor het gebruik van het additief minder mixte dan hedendaags, zijn de genoemde voordelen mogelijk toe te schrijven aan het frequenter mixen en niet (alleen) aan het additief. Het mixen zou volgens de experts een parameter zijn die mogelijk invloed heeft op de waargenomen voordelen, daarom moet dit gemonitord worden indien vervolgonderzoek plaatsvindt naar biologische additieven.

Het toevoegen van water bij biologische additieven
Indien een additief moet worden verdund met een overmaat van water, is het homogener worden en de bijkomende voordelen mogelijk toe te schrijven aan het toegevoegde water en niet (alleen) aan het additief. Daarnaast is ammoniak goed oplosbaar in water, wat dus mogelijk bijdraagt aan de ammoniakemissie reductie.

Wetenschappelijk onderzoek naar biologische additieven
In een case-control studie van Buro Blauw (2013) is geconcludeerd dat AgriMestMix een ammoniak- en methaanemissie reductie bewerkstelligt van respectievelijk 26 en 20%. Dit is volgens beschikbare informatie het enige emissieonderzoek dat is uitgevoerd in de praktijk (bij een stal) met dit additief. Ogink & Melse (2020) verklaren het onderzoek van Buro Blauw (2013) echter nietig omdat verstrengelingen aanwezig zouden zijn in de case-control opzet waardoor de getrokken conclusies onrechtmatig zijn. Echter, Buro Blauw (2013) geeft aan dat de verschillende factoren die van invloed zouden kunnen zijn op de ammoniakemissie niet van invloed waren op de uitkomsten in het onderzoek. Deze partijen spreken elkaar dus duidelijk tegen.

Uit een pottenproef van van Vliet et al (2006) werd de samenstelling van de mest door toedienen van het middel EM niet veranderd, echter leidde het toevoegen van AgriMest wel tot een verandering. Door AgriMest nam het minerale stikstofgehalte in de mest toe, enkel kan hierdoor niet met zekerheid worden gezegd of dit ook minder ammoniakemissie betekent. Uit een laboratoriumproef van van der Stelt et al (2007) is AgriMest onderzocht op de mestsamenstelling en ammoniakemissie,

bij verschillende temperaturen en met wel en niet mixen. Uit dit onderzoek wordt geconcludeerd dat AgriMest niet zorgt voor een significante verandering in de mestsamenstelling en ammoniakemissie. Echter werd op één manier een significante afname van ammoniakemissie geconstateerd. Al met al komen de micro-organismen mengsels uit van Vliet et al (2006) en van der Stelt et al (2007) negatief uit de resultaten, maar soms worden toch (onverklaarbare) positieve resultaten behaald.

Het bedrijf Rinagro heeft sinds 2010 het additief 'AgriMestMix' in de verkoop. Ondanks de benaming 'AgriMest' zou dit additief, en EM (Effectieve Micro-organismen) in 2006 en 2007 zijn aangeleverd door de firma Agriton. Hierdoor staat ter discussie waarom Ogink & Melse (2020) de onderzoeken van van der Stelt et al (2007) en van Vliet et al (2006) gebruiken ter beoordeling van de plausibiliteit van de werking van het AgriMestMix systeem.

Ondanks dat het bedrijf Agriton negatief uit de onderzoeken komt door de publicaties van van Vliet et al (2006) en Van der Stelt et al (2007), is het onzeker of dit gerechtvaardigd is anno 2020. Afgezien het feit dat het veranderen van de naam van een product een middel kan zijn om negatieve uitkomsten uit onderzoek te doen omzeilen, zou de samenstelling en werking van het product hedendaags compleet anders zijn (H. Veenstra, persoonlijke communicatie, 17 april 2020). Uit een onafhankelijk onderzoek door Shipton (2011a) met door Agriton aangeleverde additieven (ditmaal de benaming EM N-Hance en Actiferm microbial feed) bleek na analyses van de mestsamenstelling dat het ammoniumgehalte in de mest na twaalf weken significant (12%) was gestegen. Echter werd in dit onderzoek de ammoniakemissie niet bepaald waardoor niet met zekerheid kan worden geconcludeerd dat een stijging in ammonium ook een afname van ammoniakemissie zou betekenen.

Methode van onderzoek

Ondanks dat getracht is om zo veel mogelijk additieven (die binnen de afbakening van deze studie vielen) te inventariseren, kan niet worden gegarandeerd dat de inventarisatielijst volledig is. Dit geldt eveneens voor de gevonden wetenschappelijke literatuur en onafhankelijke onderzoeken over de additieven. Een inventarisatie blijft, per slot van rekeningen, een momentopname.

Van de 31 geïnventariseerde additieven zijn acht interviews uitgevoerd met een contactpersoon van het bedrijf dat desbetreffend additief verkoopt. Naar de overige bedrijven is een enquête verstuurd via de mail, vanwege de gelimiteerde tijd van het onderzoek. Echter hebben niet al de ontvangers respons gegeven op de enquête. Daarnaast werd de enquête niet altijd (52% respons) en/of volledig ingevuld. Dit resulteerde veelal in een verminderde kwaliteit aan beschikbare informatie over bepaalde additieven. Om de respons te vergroten en de kwaliteit van de ingevulde enquête te verbeteren, is het verstandig om in toekomstig onderzoek de producenten een langere responstijd te geven. Het aantal afnemers is geïnventariseerd via interviews en enquêtes, echter zijn meer producenten van biologische additieven benaderd waardoor het aantal afnemers van biologische additieven beter bekend is. Daardoor kan niet met zekerheid worden gezegd dat de gevonden afnemers bij biologische, chemische en fysische additieven een representatief beeld geeft van de werkelijkheid.

Tijdens het onderzoek is gekozen om twee experts op het gebied van microbiologie te interviewen om een expert-review te krijgen over bepaalde claims van biologische additieven. Deze keuze werd gemaakt omdat over deze additieven weinig (wetenschappelijke) literatuur beschikbaar was en het voor de auteurs complex bleek te zijn om bepaalde claims te valideren en de achterliggende theoretische werking uit te leggen. Echter zijn over andere subgroepen additieven geen experts-

reviews verkregen via interviews. Dit had kunnen leiden tot een betere inhoudelijke validatie over de overige subgroepen additieven. Toch is gekozen om voor de andere subgroepen geen expert te benaderen vanwege de tijdsplanning en omdat voor deze additieven meer literatuur beschikbaar was. In toekomstig onderzoek wordt daarom aanbevolen om meer tijd te benutten voor het benaderen van experts. Hierdoor kunnen al de additiefsoorten worden bediscussieerd met experts.

5. Conclusies

In totaal zijn 31 additieven voor toepassing in dierlijke mest geïnventariseerd, bestaande uit 8 chemische-, 8 fysische en 15 biologische additieven. De chemische additieven bestaan uit een vijftal aanzuurmethoden en drie nitrificatieremmers. De voornaamste claims van producenten van aanzuurmethoden zijn reductie van ammoniakemissie en een betere nutriëntenopname voor het gewas. De voornaamste claims bij de nitrificatieremmers zijn afname van lachgasemissie, minder nitraatuitspoeling en een betere nutriëntenopname voor het gewas. De fysische additieven bestaan uit additieven op basis van ionen/fysische regulatie. De voornaamste claims van producenten over deze additieven zijn: afname van ammoniak-, methaan- en geuremissies, minder nitraatuitspoeling, een betere opname van nutriënten door de plant en een verbeterde bodemkwaliteit. De biologische additieven bestaan uit mengsels van micro-organismen (al dan niet met enzymen). Producenten van micro-organismen mengsels claimen voornamelijk: reductie van ammoniak-, methaan- en geuremissies, een betere opname van nutriënten door de plant en een verbeterde bodemkwaliteit.

Wetenschappelijke onderbouwing

Voor twee geïnventariseerde aanzuurmethoden is wetenschappelijk aangetoond dat een reductie van ammoniakemissie bewerktstelligd wordt. Eén nitrificatieremmer realiseert een afname van lachgasemissies, daarentegen is voor ditzelfde additief geen effect aangetoond op het verminderen van nitraatuitspoeling naar het grondwater. Bij een van de fysische additieven is de reductie van nitraatuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater aangetoond. Daarnaast is bij twee fysische additieven een reductie van ammoniakemissie aangetoond, waarbij voor één additief tevens een afname van methaanemissie is aangetoond. Voor het andere fysische additief is een afname van geuremissie aangetoond. Drie biologische additieven zijn volgens beschikbare informatie wetenschappelijk onderzocht, waarbij voor één additief de reductie van ammoniak en lachgas is aangetoond. Bij de twee andere additieven zijn echter tegenstrijdige resultaten geconstateerd. Over het algemeen is er weinig literatuur over biologische- en fysische additieven voorhanden omtrent de invloed op de bodemkwaliteit en de nutriëntenopname door de plant. Daarnaast worden bij deze additieven zaken omtrent de samenstelling van een product en de werking ervan vaak gezien als bedrijfsvertrouwelijke informatie. Dit beperkt de mogelijkheden voor een goede, onafhankelijke inschatting van de (geclaimde) werking van het middel.

Het aanzuren van dierlijke mest wordt in Nederland nog niet erkend als ammoniakemissie verlagende techniek. Dit door de mogelijke negatieve bijeffecten (op het milieu), voornamelijk voor interne eutrofiëring in het grond- en oppervlaktewater door het extra aanvoeren van sulfaat door zwavelzuur. Het aanzuren van dierlijke mest wordt op Europees niveau wel gezien als een geschikte manier om ammoniakemissie te reduceren en wordt het zelfs al veelvuldig toegepast in Denemarken, met positieve resultaten op ammoniakemissie reductie. Vanwege de positieve resultaten uit het buitenland lijkt het aanzuren van dierlijke mest toch perspectiefvol. Echter is te weinig kennis uit de Nederlandse praktijk beschikbaar om te oordelen over de mogelijke negatieve milieueffecten van het aanzuren van dierlijke mest.

Praktijkervaring agrariërs

De werking en effectiviteit van het toevoegen van micro-organismen als additief aan dierlijke mest is twijfelachtig en beschikbare literatuur over de precieze werking is schaars. Veel van de huidige additieven lijken, ongeacht de wetenschappelijke onderbouwing, toch perspectiefvol gezien het veelvuldig gebruik en positieve ervaringen van agrariërs. De agrariërs geven in interviews onder

meer aan minder geuroverlast (waar ammoniakdampen een belangrijke rol in hebben) te ervaren. Verder heeft het gebruik van deze additieven nog aanvullende voordelen, zoals homogenere mest met een betere verpompbaarheid. Positieve effecten die worden ervaren in de praktijk kunnen mogelijk een gevolg zijn van het vaker mixen van de mest en het toevoegen van water aan de mest, dit is echter niet nader onderzocht. Biologische- en fysische additieven zouden zeker een bijdrage kunnen leveren in het oplossen van de huidige stikstof- en geurproblematiek.

Lopend onderzoek
Onderzoekscentrum B-Ware en WUR zijn momenteel bezig met het uitvoeren van praktijkonderzoek waarbij het gebruik van zeoliet en onder andere de (verminderde) uitspoeling van nitraat naar het grondwater wordt onderzocht. De (eerste) onderzoeksresultaten hiervan zijn positief.

Protocol ammoniak- en geuremissie
Het protocol “Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a” vormt een goede basis voor een praktijkonderzoek waar ammoniakemissies in de stal gemeten moeten worden. Voor het meten van ammoniak- en geuremissie op het land kan het protocol “Testprotocol voor mestaanwending” een goede basis vormen.

Wet- en regelgeving
Alle geïnventariseerde additieven zijn toegestaan om te gebruiken in Nederland, indien aangetoond is dat deze geen gevaar veroorzaken voor mens, dier, plant en milieu. Momenteel is nog geen enkel (geïnventariseerd) additief opgenomen in de Rav lijst, dit betekent dat additieven in Nederland nog niet worden erkend als ammoniak-reducerende methode. In de toekomst zou hier mogelijk verandering in kunnen komen indien de werking van additieven meer wetenschappelijk onderbouwd wordt.

6. Aanbevelingen

Uit dit onderzoek volgen zeven aanbevelingen, deze zijn hieronder gerangschikt zijn op basis van de mate waarin deze belangrijk worden geacht.

Aanbevolen wordt om aanzuurmethoden eerst te testen op de mogelijke negatieve milieueffecten in een praktijkonderzoek, voordat deze in Nederland kunnen worden toegepast. Hierbij moet gekeken worden of het aanvoeren van extra sulfaat door zwavelzuur zorgt voor (interne) eutrofiering van het grond- en oppervlaktewater. De aanbevolen aanzuurmethoden om te gebruiken voor een dergelijk onderzoek zijn het SyreN- en/of JHacidificationNH$_4^+$ systeem, vanwege de aangetoonde ammoniakemissie reductie.

Aanbevolen wordt om biologische- en fysische additieven te testen in een mesocosm onderzoek, waarbij wordt getest op de parameters ammoniak. Mogelijkerwijs kan methaan- en geuremissie ook worden meegenomen. Bij dit onderzoek wordt tevens aanbevolen om de invloed van het mixen- en het toevoegen van water aan (drijf)mest te monitoren.

Twee fysische additieven hebben positieve resultaten uit wetenschappelijk onderzoek behaald op het verminderen van ammoniakemissie. Een van deze additieven, genaamd Active NS, heeft tevens een afname van geuremissie aangetoond. Het ander additief, genaamd AMFA, heeft tevens een afname van methaanemissie aangetoond. Van één biologisch additief, genaamd Multikraft EM, is een afname van ammoniak- en lachgasemissie aangetoond. Agrariërs kunnen mogelijk gebruik maken van deze additieven om een emissiereductie op deze parameters te bewerkstelligen. Optizec-Zeolite kan worden gebruikt (door een agrariër of andere instanties) om nitraatuitspoeling richting het grond- en oppervlaktewater te verminderen. Tot slot kan een nitrificatieremmer worden gebruikt om lachgasemissies te verminderen, een additief die dit kan realiseren is Vizura.

Meer fundamenteel inzicht moet worden vergaard over welke micro-organismen aanwezig en actief zijn in dierlijke mest, welke processen ze teweegbrengen en hoe deze processen beïnvloed worden door biologische additieven. Hierdoor kunnen de microbiologische processen in (drijf)mest worden beïnvloed, waardoor ammoniak-, geur- en broeikasgasemissies gereduceerd worden.

Aanbevolen wordt om een praktijkonderzoek met nitrificatieremmers uit te voeren om de invloed op nitraatuitspoeling te testen. Dit is het meest nuttig in tijden met veel neerslag (en op uitspoelingsgevoelige gronden). Mogelijk kan een praktijkonderzoek naar nitrificatieremmers gecombineerd worden met een onderzoek naar aanzuurmethoden, een techniek waarbij dit gerealiseerd kan worden is SyreN.

Een praktijkonderzoek starten naar zeoliet als additief wordt niet aangeraden, vanwege al lopend onderzoek. Mogelijkerwijs kan een samenwerkingsverband gestart worden met de partijen (onderzoekscentrum B-Ware en WUR) die momenteel al praktijkonderzoek naar zeoliet uitvoeren. Indien dit niet gewenst is wordt aanbevolen om de resultaten van deze onderzoeken af te wachten.

Indien een vervolg(praktijk)onderzoek wordt uitgevoerd waar de parameters ammoniak- en geuremissie worden onderzocht, maak dan gebruik van “Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a” voor ammoniak metingen in de stal of “Testprotocol voor mestaanwending” voor ammoniak- en geurmetingen op het land.

Bronnenlijst

Aero Activ. (z.d.-a). *Methode*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.aero-activ.nl/methode

Aero Activ. (z.d.-b). *Pilot project*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.aero-activ.nl/pilot-project

Agri Minerals. (z.d.-a). *AMFA - Mest additief*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.agriminerals.eu/amfa/

Agri Minerals. (z.d.-b). *No-Ch - Een compleet stalsysteem*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.agriminerals.eu/no-ch/

AgriBiotica. (z.d.-a). *TRIUNE. Nutrient Management Results*. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van https://www.schippers.nl/INTERSHOP/rest/WFS/Schippers-NL-Site/-;loc=nl_NL/content?internalurl=Schippers:/products/23/2309631/productsheets/TRIUNE%20slurry%20nutrient%20management%20study_N0330BBMMLL0217_X_X_en_2309631_20180411.pdf

AgriBiotica. (z.d.-b). *TRIUNE. THE BIOCHEMISTRY! THAT MAXIMES YOUR MANURE*. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van https://www.schippers.nl/INTERSHOP/rest/WFS/Schippers-NL-Site/-;loc=nl_NL/content?internalurl=Schippers:/products/23/2309631/manuals/TRIUNE%20manual_N0360BBMMLL0217_X_X_en_2309631_20190415.pdf

Agrifirm. (2017). *Bemesting Gras 2017*. Geraadpleegd op 6 juli 2020, van https://www.agrifirm.nl/globalassets/agrifirm-group/agrifirm-nl/documenten/producten--diensten/akkerbouw/folder-grasmixen.pdf

Agrifirm. (z.d.-a). *Over de coöperatie*. Geraadpleegd op 6 juli 2020, van https://www.agrifirm.nl/cooperatie/over-de-cooperatie/

Agrifirm. (z.d.-b). *Top Flow entec fl verhoogt stikstofefficiëntie*. Geraadpleegd op 6 juli 2020, van https://www.agrifirm.nl/nieuws/top-flow-entec-fl-verhoogt-stikstofefficientie/

AgriVital International BV. (z.d.). *Berkana - voor een beter stalklimaat*. Geraadpleegd op 17 april 2020, van https://www.agrivital.nl/producten/berkana/

Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., Moitzi, G. (2004). *Ammonia, Methane and Nitrous Oxide Emissions During Storage of Cattle and Pig Slurry and Influence of Slurry Additive „Effective Micro-Organisms (EM)“*. Geraadpleegd op 1 juli 2020, van http://www.naturam.gr/lib_files/EFARMOGES/KTINOTROFIA/ALOGA/RinderSchweinefluessigmist_eng_01.pdf

Animal Life Plus B.V. (z.d.). *Animal Life Plus Producten*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van http://www.animal-life-plus.com/nl/producten/

BASF Agricultural Solutions. (z.d.-a). *Over BASF Agricultural Solutions NL*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.agro.basf.nl/nl/Overige/Over-ons.html

BASF Agricultural Solutions. (z.d.-b). *Limus® CL*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.agro.basf.nl/nl/Producten/Product-informatie/Limus%C2%AE-CL.html

BASF Agricultural Solutions. (z.d.-c). *Vizura®*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.agro.basf.nl/nl/Producten/Product-informatie/Vizura%C2%AE.html#technical-information

Beckert, I. (8 september 2020). *VERA Verification Statement: JH Forsuring NH4+*. Geraadpleegd op 25 juni 2020, van https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA-Statement006_JH-Forsuring-NH4.pdf

Belder, P., & Vreeburg, P. (2010). *Onderzoek naar mogelijkheden om stikstof uit vaste rundermest beter te benutten bij voorjaarsbloeiers*. Geraadpleegd op 13 april 2020, van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/295575

Beterland B.V. (z.d.). *Optizec-Zeolite*. Geraadpleegd op 2 juni 2020, van http://www.besteland.nl/Producten/Optizec-Zeolite%20.html

Bij de Oorsprong. (z.d.). *Effectieve micro-organismen*. Geraadpleegd op 1 juli 2020, van https://www.bijdeoorsprong.nl/effectieve-micro-organismen-2/

BioCover A/S. (z.d.-a). *About BioCover*. Geraadpleegd op 13 april 2020, van http://www.biocover.dk/uk/about-biocover.aspx

BioCover A/S. (z.d.-b). *SyreN*. Vejen (Denemarken): Auteur.

Bioma SA. (2020a, 10 februari). *Kopros-B*. Geraadpleegd op 1 april 2020, van https://www.bioma.com/upload/multimedia/2020.02.10.02.40.073020.pdf

Bioma SA. (2020b, 11 februari). *Kopros-C*. Geraadpleegd op 1 april 2020, van https://www.bioma.com/upload/multimedia/2020.02.11.11.54.126658.pdf

Bioma SA. (2020c, 11 februari). *Kopros-P*. Geraadpleegd op 1 april 2020, van https://www.bioma.com/upload/multimedia/2020.02.11.11.54.153141.pdf

Buro Blauw. (2013). *ONDERZOEK AMMONIAKEMISSIEREDUCTIE DOOR INSTALLATIE VAN MESTBEWERKING*. Geraadpleegd van https://rinagro-smart-farming.nl/wp-content/uploads/2017/06/ONDERZOEK-AMMONIAKEMISSIEREDUCTIE.pdf

Chiodini, E. M., Perego, A., Carozzi, M., Acutis, M. (2019). *The Nitrification Inhibitor Vizura® Reduces N2O Emissions When Added to Digestate before Injection under Irrigated Maize in the Po Valley (Northern Italy)*. Geraadpleegd op 13 mei, van https://www.mdpi.com/2073-4395/9/8/431

Cluett, J., VanderZaag, A.C., Baldé, H., McGinn, S., Jenson, E., Hayes, A.C., & Ekwe, S. (2020). Effects of Two Manure Additives on Methane Emissions from Dairy Manure. *Animals*, *10*(5), 807. https://doi.org/10.3390/ani10050807

Commissie Deskundigen Meststoffenwet. (2014, 9 oktober). *Advies "Bemesting met zwavelhoudende meststoffen"* . Geraadpleegd op 10 juni 2020, van https://www.eerstekamer.nl/overig/20150128/advies_bemesting_met/document

Crehumus B.V. (2019, 21 oktober). *Bactériosol & Bactériolit brengen leven in de bodem*. Geraadpleegd op 1 april 2020, van https://crehumus.nl/producten/bacteriosol-en-bacteriolit/c

de Boer, B. (2019, 16 december). *Methaan als brandoorzaak mogelijk over het hoofd gezien*. Geraadpleegd op 22 juni 2020, van https://www.melkvee.nl/artikel/187553-methaan-als-brandoorzaak-mogelijk-over-het-hoofd-gezien/

E.M. Agriton B.V. (2017a, juni). *Pro-Mest Totaal*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.agriton.nl/wp-content/uploads/2017/11/Pro-mest-totaal-juni_2017-prn.pdf

E.M. Agriton B.V. (2017b, juni). *Microferm*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.agriton.nl/wp-content/uploads/2017/06/Microferm-WEB-juni_2017.pdf

E.M. Agriton B.V. (2019, 22 augustus). *Producten*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.agriton.nl/folders/

Ellenkamp, R. (2019, 19 september). *Video: Stalklimaat verbeteren en emissies beperken*. Geraadpleegd op 20 juni 2020, van https://www.pluimveeweb.nl/artikel/216941-stalklimaat-verbeteren-en-emissies-beperken/#.XYEfeliESoQ.facebook

EMA Consultancy B.V. (z.d.). *Producten*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van http://www.biohumat.nl/Producten/

Emis Vito. (z.d.). *Vergisting*. Geraadpleegd op 12 juni 2020, van https://afss.emis.vito.be/techniek/vergisting

Engel, P. (2 oktober, 2012). *Vera verification statement: SyreN*. Geraadpleegd op 14 mei 2020, van https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA-Statement001_SyreN.pdf

Epizym Ltd. (z.d.-a). *About*. Geraadpleegd op 7 april 2020, van https://slurry-king.com/about

Epizym Ltd. (z.d.-b). *SCIENCE & TRIAL DATA*. Geraadpleegd op 22 juni 2020, van https://slurry-king.com/trial-data

Ettema, F., Lindeboom, E., Noordman, M., Monteny., G.J. (2020). *Pottenproef voor case/control-onderzoek naar de vermindering van de ammoniakemissie uit melkveemest door toepassing van een mest-additief van Agri Minerals*. Lemerleveld: Meet ID B.V.

Fadu International. (z.d.). *De werking van BioVitall*. Geraadpleegd op 1 juni 2020, van http://fadu-international.com/werking/

FCSI ApS. (z.d.). *ActiveNS*. Geraadpleegd op 1 juli 2020, van https://www.activens.nl/

Fontijn Inter. (z.d.). *Fontyn – Inter.*. Geraadpleegd op 3 juli 2020, van http://mestadditieven.be/

Gram, L.K., & Oxbøl, A. (2015). *Pig housing unit, Frølundvej 83 Measurement of air emissions. Test of the effect of Active NS on emissions of odour and ammonia* (114–28344). Brøndby, Denemarken: FORCE Technology.

Groeikracht BV. (2020). *The effect of Active NS on grassland*. Baarle-Nassau: Auteur.

Groenestein, C.M., Huijsmans, J.F.M., Schils, R.L.M. (2010). *Emissies van broeikasgassen, ammoniak, fijnstof en geur in de mestketen*. Geraardpleegd van https://edepot.wur.nl/136723

HARSØ Maskiner A/S. (z.d.). *HARSØ Maskiner A/S*. Geraadpleegd op 13 april 2020, van http://www.harso.dk/home.html

Higa, T., & Parr, J. F. (1994). *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*. Geraadpleegd van https://www.researchgate.net/publication/237247809_Beneficial_and_Effective_Microorganisms_for_a_Sustainable_Agriculture_and_Environment

Holland Green International. (z.d.). *BioVitall Poeder voor Mest*. Geraadpleegd op 6 april 2020, van http://www.hollandgreen.com/producten/biovitall-poeder-voor-mest-extra-sterk

Holshof, G., Bussink, W. (2002). *Bij zodebemesting toevoegmiddelen aan mest te duur*. Geraadpleegd op 12 februari 2020, van https://edepot.wur.nl/47018

Hoogrendement B.V. (z.d.). *Mestverbeteraar*. Geraadpleegd op 7 april 2020, van https://www.biomest.eu/mestverbeteraar

Huijsmans, J. F. M., Hol, J. M. G., & van Schooten, H. A. (2015). *Toediening van aangezuurde mest met een sleepvoetenmachine op grasland* (Rapport 629). Wageningen: Plant Research International.

Innoresult. (z.d.). *Bio-Mix*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://innoresult.nl/bio-mix/

JH Agro A/S. (z.d.). *JH NH4+ cattle*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van http://jhagro.com/jh_nh4_cattle/

Kaupenjohann, M., Schnug, E., Haneklaus, S., Döhler, H.G., Nebelsieck, R., & Fock, K. (2019). *Gutachten zur Anwendung von Minderungstechniken für Ammoniak durch „Ansäuerung von Gülle“ und deren Wirkungen auf Boden und Umwelt* . Geraadpleegd van https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/texte_148-2019_gutachten_anwendung_minderungstechniken_ammoniak_0.pdf

Kay, R.M., Simmins, P.H., Pierrepont, P., & Llewellin, W.J. (1994). *Measuring effects of addition to pig slurry of EPIZYM-AW* (C098003). ADAS. Geraadpleegd op 19 juni 2020 van http://www.slurry-king.com/trial-data

Kerona Scientific Ltd. (2019, 25 juni). *Fertilisers/Plant Biostimulants*. Geraadpleegd op 12 juni 2020, van https://www.kerona.ie/contact/

Kijfeed Veevoeders. (z.d.). *Active-NS*. Geraadpleegd op 2 juli 2020, van https://www.kijfeed.nl/active-ns/

Kuikman, P., Schils, R., van Beek, C., Velthof, G. (2016). Nitrificatieremmers in de Nederlandse landbouw. Geraadpleegd op 12 februari 2020, van https://edepot.wur.nl/136455

Kyndestoft Maskinfabrik. (z.d.). Geraadpleegd op 13 april 2020, van http://site.kyndestoft.dk/Home_UK.htm

Lallemand Animal Nutrition. (2020, 19 februari). *Who we are*. Geraadpleegd op 30 juni 2020, van https://lallemandanimalnutrition.com/en/europe/about-us/who-we-are/

Lallemand Animal Nutrition. (z.d.). *MANURE PRO*. Geraadpleegd op 30 juni 2020, van https://lallemandanimalnutrition.com/en/europe/our-products/product-details/manure-pro/

Lamers, L., Geurts, J., Bontes, B., Sarneel, J., Pijnappel H., Boonstra, H., Schouwenaars, J., Klinge, M., Verhoeven, J., Ibelings, B., Van Donk, E., Verberk, W., Kuijper, B., Esselink, H. & Roelofs, J. (2006). *Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren*. *Eindrapportage 2003-2006.* Geraadpleegd op 13 juni 2020 van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/3291

Lamers, L., Sarneel, J., Geurts, J., Dionisio Pires, M., Remke, E., Van Kleef, H., Christianen, M., Bakker, L., Mulderij, G., Schouwenaars, J., Klinge, M., Jaarsma, N., Van der Wielen, S., Soons, M., Verhoeven, J., Ibelings, B., Van Donk, E., Verberk, W., Esselink, H., Roelofs, J. (2010). *Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren*. *Eindrapportage 2006-2009 (fase 2).* Geraadpleegd op 13 juni 2020 van http://www.aquaticecology.nl/uploads/de/f5/def528721742020496db763fe41625e1/Lamers-LPM-red-2010-Laagveenwateren-eindrapport-2006-2009-Directie-Kennis.pdf.pdf

Landbouw en Voedsel Brabant. (z.d.). *Brabant Bemest Beter*. Geraadpleegd op 19 juni van https://landbouwenvoedselbrabant.nl/projecten+en+programmas/brabant+bemest+beter/default.aspx

Meet ID. (2020, 24 maart). *Pottenproef mestadditieven*. Geraadpleegd op 24 juni 2020, van https://meetid.nl/nl/pottenproef-mestadditieven/

Melse, R.W., & Ogink, N.W.M. (2015). *Beoordeling mogelijke PAS maatregelen: plausibiliteit van werking Agriton systeem*. Geraadpleegd van https://edepot.wur.nl/354252

Micro Nutritions BV. (2019, 7 februari). *ProGress*. Geraadpleegd op 30 juni 2020, van https://www.micronutritions.com/product/progress/

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2020, 7 mei). *Kamerbrief over wijziging Regeling diervoeders 2012 in verband met stikstof*. Geraadpleegd op 17 juni 2020, van https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/05/06/kamerbrief-over-wijziging-regeling-diervoeders-2012-in-verband-met-stikstof#:%7E:text=Kamerbrief%20over%20wijziging%20Regeling%20diervoeders%202012%20in%20verband%20met%20stikstof,Kamer%20heeft%20eenzelfde%20brief%20gekregen.

Mosquera, J., Aarnink, A.J.A., Ellen, H., van Dooren, H.J.C., van Emous, R.A., van Harn, J., Ogink, N.W.M. (2017). Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken. Geraadpleegd op 12 februari 2020, van https://edepot.wur.nl/427311

Mosquera, J., Hofschreuder, P., Erisman, J.W., Mulder, E., van 't Klooster, C.E., Ogink, N., Swierstra, D., Verdoes, N. (2002). *Meetmethoden gasvormige emissies uit de veehouderij*. Geraadpleegd op 10 juni 2020, van https://edepot.wur.nl/384489

MS Schippers. (z.d.). *Triune drijfmestverbeteraar, 10 L*. Geraadpleegd op 6 april 2020, van https://www.schippers.nl/triune-drijfmestverbeteraar-10-l-2309631.html

Multikraft. (z.d.-a). *Multikraft filosofie*. Geraadpleegd op 1 juli 2020, van https://www.multikraft.com/nl/over-ons/filosofie/

Multikraft. (z.d.-b). *Werking & voordelen*. Geraadpleegd op 1 juli 2020, van https://www.multikraft.com/nl/producten-en-toepassingen/dierhouderij/

Ni, J., Heber, A. (2018). *What We Need to Know about Additive Products for Manure Treatment* (ABE-161-W). West Lafayette: Purdue University.

Nyord, T., Liu, D., Eriksen, J., Adamsen, A.P.S. (2010). *Effect of acidification and soil injection of animal slurry on ammonia and odour emission*. Geraadpleegd op 13 april 2020, van http://biocover-upgrade.jm3.danaweb.com/images/pdf/Aarhus%20University%20-%20Tavs%20Nyord%20-%20article_Ramiran15%20-%20SyreN%20system.pdf

Ogink, N., Mosquera, J., Hol, A. (juli, 2017). *Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a*. Geraadpleegd op 10 juni 2020, van https://www.rvo.nl/sites/default/files/2017/09/Protocol-voor-meting-van-ammoniakemissie-uit-huisvestingssystemen-in-de-veehouderij-2013a.pdf

Ogink, N.V.M., & Melse, R.W. (2020). *Beoordeling mogelijke PAS maatregelen: plausibiliteit van werking AgriMestMix systeem*. Geraadpleegd van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/514812

Ørum Smeden. (z.d.). *Ørum*. Geraadpleegd op 13 april 2020, van https://www.oerum-smeden.dk/

Postma, R., Schöll, L. (2009). *Toetsing van meststoffen en bemestingssystemen in de aardappelteelt*. Geraadpleegd op 13 april 2020, van https://www.researchgate.net/profile/Laura_Van_Schoell/publication/254842008_Toetsing_van_meststoffen_en_bemestingssystemen_in_de_aardappelteelt/links/56cb0a5d08ae96cdd06f9398.pdf

Provincie Noord-Brabant. (z.d.). *Agrofood in Brabant*. Geraadpleegd van https://www.brabant.nl/onderwerpen/platteland/agrofood-in-brabant#:~:text=De%20provincie%20Noord%2DBrabant%20wil,welzijn%20van%20mens%20en%20dier.

Puente-Rodríguez, D., & Bos, A. P. (2019). *Environmental Dairy design for 2020 (EDD20)*. Geraadpleegd van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/27395

Regeling ammoniak en veehouderij. (2020, 1 juni). Geraadpleegd van https://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/2020-06-01

Remkes, J.W., van Dijk, J.J., Dijkgraaf, E., Freriks, A., Gerbrandy, G.J., Maij, W.H., Nijhof, A.G., Post, E., Rabbinge, R., Scholten, M.C. Th., Vet, L.E.M. (2020). *Niet alles kan overal*. Geraadpleegd van https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/06/08/niet-alles-kan-overal

Rinagro BV (2019, 15 februari). *Wat is AgriMestMix*. Geraadpleegd op 1 april 2020, van https://rinagro-smart-farming.nl/agrimestmix/

Rodhe, L., Casimir, J., Sindhöj, E. (2018). *Possibilities and bottlenecks for implementing slurry acidification techniques in the Baltic Sea Region*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van http://balticslurry.eu/work-packages/work-package-2/

Schils, R. (2016). *30 vragen en antwoorden over zwavel*. Geraadpleegd van https://www.wur.nl/upload_mm/e/1/b/3ed5573a-26ce-4407-8de8-181d497e66ea_30-vragen-en-antwoorden-over-zwavel.pdf

Šebek, L. B. J., & Schils, R. L. M. (2006). *Verlaging van methaan- en lachgasemissies uit de Nederlandse veehouderij*. Geraadpleegd van https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/27395

Seidel, A., Pacholski, A., Nyord, T., Vestergaard, A., Kage, H. (2013). *Reduction of ammonia losses after spreading of cattle slurry to grassland by acidification and injection*. Geraadpleegd op 13 april van http://biocover-upgrade.jm3.danaweb.com/images/pdf/english/Reduction%20of%20ammonia%20losses%20after%20spreading%20of%20cattle%20slurry%20to%20grassland%20by%20acidification%20and%20injection%20-%20Abstract.pdf

Shipton, P. (2011a). *EM N-Hance Slurry Additive Trial - 2011. Confidential Report for Effective Micro-organisms Limited*. West Bradley: Kingshay Farming and Conservation Limited

Shipton, P. (2011b). *Epizym Slurry Additive Trial - 2011. Confidential Report for Epizym Limited*. Kingshay. Geraadpleegd van http://www.slurry-king.com/trial-data

SKW Piesteritz. (z.d.). *Company Profile*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.skwp.de/en/company/company-profile/

SKW Piesteritz. (z.d.). *PIADIN; The liquid manure refiner*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.piadin.de/en/#home

Smits, M. C. J., Bokma, S. (2008). *Verkenning perspectief van ureaseremmers voor beperking van ammoniakemissie uit Nederlandse melkveestallen*. Geraadpleegd op 23 juni 2020, van https://edepot.wur.nl/121012

Synvital. (z.d.-a). *ProFerta*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://www.synvital.nl/dieren/proferta/

Synvital. (z.d.-b). *ProFerta - brochure*. Geraadpleegd op 20 juni 2020, van https://www.synvital.nl/product_brochure.php?id=433

Tevreden.nl. (2019, 20 juni). *De AVG en het uitvoeren van onderzoek*. Geraadpleegd op 12 maart 2020, van https://www.tevreden.nl/blog/avg-en-het-uitvoeren-van-onderzoek/

Topturn Special Products. (2019, 1 november). *Drijfmest*. Geraadpleegd op 2 april 2020, van https://bioaktiv.nl/mest/drijfmest/

Truijen, G. J. P., & Bril, G. (2007). *Haalbaarheidsonderzoek Verbeterde vergisting door Rinagro producten*. Leeuwarden: Van Hall Instituut.

Uald, I., Blázquez, E., Colón, J., Ponsá, S. (2019). *Measurement of ammonia emission in two housing unit sections – test of Active NS*. Barcelona, S panje: BETA Technological Centre.

Uitvoeringsbesluit (EU) 2017/302. (2017, 15 februari). Geraadpleegd van https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0302&from=EN

Van der Graag, M., van der Weijst, B., Backus, G. (januari 2019). *Vergunde én gegunde veehouderij: Continue geurmetingen als basis voor alternatieve systematiek vergunningen*. Uden: Connecting agri & food.

Van der Stelt, B., Temminghoff, E. J. M., Van Vliet, P. C. J., & Van Riemsdijk, W. H. (2007). Volatilization of ammonia from manure as affected by manure additives, temperature and mixing. *Bioresource Technology*, *98*(18), 3449–3455. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.004

Van Meersbergen, S. (2020, 10 juni). Omwonenden megastallen slepen overheid voor de rechter: 'Bescherm ons tegen de stank'. *BN DeStem*. Geraadpleegd van https://www.bndestem.nl/binnenland/omwonenden-megastallen-slepen-overheid-voor-de-rechter-bescherm-ons-tegen-de-stank~a8ca1e92/?referrer=https://www.bd.nl/brabant/brabants-nieuws-van-woensdag-brabanders-eisen-bescherming-tegen-geur-megastallen-wc-s-op-campings-na-het-weekend-weer-open~ac8942dd/?referrer=https://www.google.com/

Van Mullekom, M., Vernooy, B., Verstijnen, Y., van Dijk, G., & Smolders, F. (2019). *Zeoliet als mogelijke oplossing voor de nitraatuitspoeling uit landbouwgronden*. Geraadpleegd van https://www.researchgate.net/publication/332752605_Zeoliet_als_mogelijke_oplossing_voor_de_nitraatuitspoeling_uit_landbouwgronden#fullTextFileContent

Van Ouwerkerk, E.N.J. (april 1993). *Meetmethoden NH3-emissie uit stallen*. Geraadpleegd op 10 juni 2020, van https://edepot.wur.nl/251461

Van Vliet, P., de Goede, R., & Bloem, J. (2006). Effectieve micro-organismen verbeteren kwaliteit runderdrijfmest niet. *V-Focus*, 18–21. Geraadpleegd van https://edepot.wur.nl/28448

Varkensbedrijf.nl. (2018, 14 maart). *Animal Life Plus: Een innovatief stalreinigingsconcept voor betere gezondheid mens en dier*. Geraadpleegd op 20 juni 2020, van https://www.varkensbedrijf.nl/nieuwsartikel/2018/animal-life-plus-een-innovatief-stalreinigingsconcept-voor-betere-gezondheid-mens-en-dier/b24g8c22o1561/

Veltman, S. (2018, 13 maart). Vinding van Bergentheims bedrijf: Bacteriën "eten" varkensstal schoon van ammoniak en fijnstof. *De Stentor*. Geraadpleegd van https://www.destentor.nl/hardenberg/vinding-van-bergentheims-br-bedrijf-bacterien-eten-varkensstal-schoon-van-ammoniak-en-fijnstof~a5e82c53/?referrer=http://www.animal-life-plus.com/nl/nieuws/

VERA. (2009). *Test Protocol for Measurement of Gaseous Emissions from Land Applied Manure*. Geraadpleegd op 10 juni 2020, van https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/06/Land_applied_manure_NW.pdf

VERA. (2018). *VERA TEST PROTOCOL for Livestock Housing and Management Systems*. Geraadpleegd op 10 juni 2020, van https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA_Testprotocol_Housing_v3_2018.pdf

VERA. (z.d.). *VERA VERIFICATION*. Geraadpleegd op 10 juni 2020, van https://www.vera-verification.eu/

Verhoeven, N. (2014). *Wat is onderzoek?* (5de editie). Den Haag, Nederland: Boom Lemma.

Verordening (EG) 1907/2006. (2016, 18 december) Geraadpleegd van https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907R(03)&qid=1592080103689&from=NL

Verordening (EU) 2019/1009. (2019, 5 juni). Geraadpleegd van https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009&from=NL

Zeolite Products. (2018, 29 augustus). *Eigenschappen van zeoliet (Clinoptiloliet)*. Geraadpleegd op 30 juni 2020, van https://www.zeolite-products.com/zeoliet/eigenschappen-van-zeoliet/

Zeolite Products. (2019, 1 augustus). *ZeoFarm: natuurlijk boxstrooisel voor een hygiënische stal.* Geraadpleegd op 30 juni 2020, van https://www.zeolite-products.com/agrarisch/natuurlijk-boxstrooisel/

Bijlage 1. Literatuurstudie biologische additieven

In deze Bijlage zal alle vergaarde informatie omtrent de biologische additieven worden weergegeven. Per additief wordt respectievelijk een korte bedrijfsbeschrijving van de producent/leverancier gegeven, relevante informatie van de website, (onafhankelijke) onderzoeken en wetenschappelijke artikelen. Daarnaast is aanvullende informatie verkregen via de toegestuurde enquête, echter is deze niet door alle producenten (volledig) ingevuld en geretourneerd. De biologische additieven zijn allen op basis van 'effectieve micro-organismen', hieronder wordt kort toegelicht wat hiermee wordt bedoeld.

Het concept van effectieve micro-organismen

Effectieve micro-organismen (EM) is een door Teruo Higa ontwikkeld concept waarbij in eerste instantie werd beoogd de bodemkwaliteit te verbeteren door microbiële inoculanten toe te dienen aan bodems. Daarnaast zou de gezondheid van de plant verbeteren en de gewasopbrengst hoger zijn. Over dit idee bestaat toch nog geen consensus bij wetenschappers omdat behaalde resultaten (in de praktijk) met EM onvoorspelbaar en inconsistent zijn. Het idee van het toevoegen van micro-organismen is het verschuiven van het microbiologisch evenwicht in een bodem (of een ander substraat zoals mest), waarbij de gunstige 'effectieve' micro-organismen uiteindelijk dominant worden over de inheemse micro-organismen. Indien het kans wil hebben van slagen moeten de toegevoegde EM aan een aantal voorwaarden voldoen: aangepast aan de condities van het substraat en geschikt zijn voor de (milieu)omstandigheden (nutriënten, pH, temperatuur, licht, zuurstof, water). EM bestaat uit gemixte culturen van micro-organismen die in synergie naast elkaar kunnen bestaan (Higa & Parr, 1994).

Rinagro B.V.

Het product AgriMestMix is ontwikkeld door het bedrijf Rinagro B.V. uit Piaam. Het bedrijf Rinagro is actief met de productie en verkoop van additieven voor verschillende doeleinden. Het bedrijf heeft een zestal producten te koop. Eén van deze producten is AgriMestMix, wat een natuurlijk mengsel is van mineralen. Dit product is te koop via de webshop, maar ook via tussenhandelaren in Nederland, Luxemburg, Duitsland, Denemarken en Canada. Het product is Skal gecertificeerd, dit betekent dat het product is opgenomen in de Skal input lijst en in Nederland toegepast mag worden door biologische landbouwbedrijven. Met AgriMestMix richt het bedrijf zich op de verbetering van drijfmest op de rundvee-, varkens- en pluimveesector (Rinagro B.V., 2019).

AgriMestMix

Volgens Rinagro (2019) helpt het product de biochemische processen in mest op gang waardoor de groei van micro-organismen wordt gestimuleerd. Dit heeft een aantal voordelen namelijk ammoniak wordt gebonden waardoor stikstof behouden blijft, de mest wordt homogener, organisch materiaal wordt afgebroken waardoor koekvorming wordt tegengegaan, de mest is makkelijker te mixen, geur- en ammoniakemissies worden verminderd en het kunstmestgebruik daalt (Rinagro B.V., 2019).

Ook benoemt het bedrijf een aantal voordelen van de behandelde mest op het gras: het zorgt namelijk voor meer ruw eiwit in het gras, een stijging van het onbestendig eiwit balans (OEB), een toename van het darm verteerbaar eiwit (DVE) en de eiwitsamenstelling verandert ook wat zorgt voor positieve ureumgehaltes in melk. Tevens zorgt het bij meerdere akkerbouwgewassen voor een snellere afrijping (Rinagro B.V., 2019).

Om de werking van AgriMestMix aan te tonen zijn in het verleden een aantal onderzoeken uitgevoerd, waarvan enkele specifieke resultaten en conclusies uit drie onderzoeken zijn beschreven op de website van Rinagro. Uit een onderzoek van Van Vliet, de Groene & Bloem (2006) van WUR, blijkt dat in behandelde drijfmest met AgriMestMix minder stikstof verliezen optreden. In 56 dagen blijkt 2,45% stikstof verloren te zijn gegaan in behandelde mest tegenover 18% in onbehandelde mest. Uit een graslandonderzoek blijkt dat een hoger ruw eiwit en een lager suikergehalte in het gras zit na het gebruik van AgriMestMix. Dit onderzoek werd in 2005 uitgevoerd door Van Hall Instituut te Leeuwarden. Een grondonderzoek uit 2006, uitgevoerd door BLLG Oosterhout, toonde een stijging in het vermogen van de bodem om stikstof na te leveren door toepassing van behandelde mest met het additief. Het vermogen om stikstof na te leveren bleek zelfs na vijf jaar te verviervoudigen (Rinagro B.V., 2019).

Beoordeling AgriMestMix systeem WUR

Het meest recente onderzoek over AgriMestMix is uit februari 2020, uitgevoerd door WUR in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Het middel, dat volgens de producent bestaat uit een mix van bacteriën en mineralen, dient dagelijks over het drijfmest te worden gesproeid in de mestkelder. Ogink & Melse (2020) hebben een analyse gemaakt van de plausibiliteit van de werking van AgriMestMix op basis van aangeleverde informatie door de producent en overige wetenschappelijke literatuur. Uit de analyse blijkt dat onvoldoende onderbouwing aanwezig is om te concluderen dat het product een emissiereductie van ammoniak uit de stal realiseert. Deze conclusie is tot stand gekomen door meerdere redenen, die hieronder worden besproken. De auteurs hebben zelf geen praktijkonderzoek of laboratoriumproeven uitgevoerd.

Ogink & Melse (2020) hebben een vragenlijst naar een contactpersoon van AgriMestMix gestuurd waardoor ze trachtte zo veel mogelijk relevante informatie op te halen die ze konden gebruiken ter evaluatie van de aannemelijkheid van de werking. Als onderdeel van deze vragenlijst werd gevraagd naar het werkingsprincipe en onderzoeken die dit werkingsprincipe en de uitstoot van ammoniak kunnen bevestigen. De auteurs vonden vijf bronnen waar het werkingsprincipe van AgriMestMix is beschreven. Tussen deze vijf bronnen bestaan echter tegenstrijdigheden wat betreft het werkingsprincipe. Drie van de vijf bronnen beschrijven namelijk dat het anaerobe fermentatieproces wordt bevorderd en de andere twee dat het anaerobe proces wordt afgeremd.

Uit het interview met het bedrijf (persoonlijke communicatie, 16 april 2020) blijkt dat AgriMestMix, zoals het in de huidige samenstelling op dit moment wordt verkocht, in 2010 is ontwikkeld. De geinterviewde geeft ook dat het anaeroob klimaat in de mest wordt omgezet naar een aeroob klimaat, waardoor geen schadelijke gassen (ammoniak en methaan) worden geëmitteerd.

Ammoniak- en methaanemissie onderzoek AgriMestMix

In 2013 heeft Buro Blauw een onderzoek uitgevoerd om de werking van AgriMestMix te onderzoeken, waarbij een geautomatiseerd spraysysteeminstallatie het additief over de mest verneveld. In dit onderzoek wordt de ammoniakemissie gemeten in twee varkensstallen. De doelstelling was om uiteindelijk met deze installatie op de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) lijst opgenomen te worden. Tijdens dit onderzoek werd gebruikt gemaakt van de zogeheten case-control study. Per varkensstal werd één afdeling als controle gebruikt en één afdeling werd behandeld met AgriMestMix. Per afdeling was het aantal varkens gelijk en tussen het gewicht van de varkens zat een miniem verschil. Daarnaast zijn de metingen uitgevoerd en verdeeld over de vier

seizoenen en gedurende de zes delen van de groeicyclus van vleesvarkens. Deze onderzoeksopzet is goedgekeurd door de Technische Adviescommissie RAV (Buro Blauw, 2013).

Uit de metingen bij de twee varkenstallen werd een ammoniak reductie van respectievelijk 35% en 17% behaald (gemiddeld 26%). Het verschil tussen de percentages van de emissies is volgens Buro Blauw toe te rekenen aan de lagere ammoniak emissiefactor van de laatstgenoemde varkensstal. Daarnaast zou het nieuwe beton van invloed zijn op de mestsamenstelling. Buro Blauw erkend dat diverse factoren de ammoniakemissie mogelijk kunnen beïnvloeden, zoals: verschil in gewicht tussen de varkens; verschil in ventilatiedebiet tussen de afdelingen en het verdunnen van de mest door het toepassen van het additief. Echter zou de onderzochte ammoniak reductie bij de stallen niet worden veroorzaakt door een van deze factoren (Buro Blauw, 2013).

Ook zijn methaanemissies in beide stallen gemeten waaruit blijkt dat een gemiddeld reductiepercentage van 20% wordt behaald. Tevens is bij één van de twee varkensstallen lachgas emissie gemeten, hierbij werd een reductie van 20% geconstateerd en dus een gemiddelde van 8%. Zoals eerder bij de ammoniak reductie is benoemd zijn de afnames van methaan- en lachgasemissie niet toe te schrijven aan eerder genoemde factoren maar aan de spraysysteeminstallatie met AgriMestMix (Buro Blauw, 2013).

Volgens Ogink & Melse (2020) is het bij case-control studies essentieel om te meten bij zo identiek mogelijke afdelingen, alvorens je conclusies kan trekken. In het onderzoek van Buro Blauw zitten volgens Ogink & Melse echter verstrengelingen tussen de afdelingen. Ondanks dat Buro Blauw (2013) benoemd dat verschillende eerder genoemde factoren niet van invloed waren stellen Ogink & Melse (2020) dat er wel een verschil is in ventilatiedebiet, mestsamenstelling en mogelijke behandelingseffecten. Hierdoor kan geen juiste conclusie worden getrokken of het beoogde emissie reducerend effect toe te schrijven is aan het gebruik van de spraysysteeminstallatie (Ogink & Melse, 2020).

Verder weerleggen Ogink & Melse (2020) de resultaten uit het graslandonderzoek van Van Hall Larenstein uit 2005 omdat de proeven niet met voldoende herhalingen werden uitgevoerd en er geen statistische uitwerking was gemaakt.

Vergistingsonderzoek met AgriMest

In 2007 heeft Van Hall Larenstein een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd met Rinagro additieven. De gebruikte additieven waren AgriMest en MO (micro-organismen). Getoetst werd of rundvee drijfmest met toevoeging van AgriMest of in de combinatie met MO een verbeterde vergisting gaf ten opzichte van de referentie zonder additieven. Volgens Truijen & Bril (2007) bleek hieruit dat er geen verhoogde gasproductie was, daarnaast werd de methanogene fase geremd in de eerste drie weken. Ogink & Melse (2020) concluderen echter dat herhalingen ontbraken en de mestsamenstellingen ongelijk waren, hierdoor zouden de bevindingen uit dit onderzoek niet goed onderbouwd zijn.

Pottenproef met AgriMest en EM-Actief

Van Vliet et al (2006) voerden een pottenproef uit waarbij effectieve micro-organismen (EM) al dan in combinatie met AgriMest werden toegevoegd aan een vergelijkbare hoeveelheid van 20 m^3 mest per hectare. De EM werd niet direct aan mest toegevoegd maar werd eerst met water en melasse geprepareerd alvorens het na 7 dagen aan mest werd toegediend. Hierdoor ontstond na 7 dagen het 'EM-Actief', 2 milliliter van EM-Actief werd toegevoegd aan 10 liter drijfmest. De onderzoekers hebben zowel EM-Actief zonder als met AgriMest toegevoegd aan de mest. De proef werd met Engels raaigras uitgevoerd, waarbij verschillende parameters werden gemeten: droge stof, pH, koolstof, stikstof %, N-organisch en N-mineraal. De ammoniak emissie werd niet gemeten. Deze chemische analyse is uitgevoerd op dag 0 en op dag 56, daarnaast is er ook een DNA profiel opgesteld. Twee toegestuurde samples met EM oplossing bleken verschillend te zijn in soorten samenstelling. Daarnaast bleek na activering van EM naar EM-Actief het aantal bacteriesoorten toe te nemen. Echter het aantal verschillende bacteriesoorten was niet gelijk en de overeenkomst tussen de bacteriesoorten was slechts 60%. Dit duidt er volgens Van Vliet et al (2006) op dat de samenstelling van het product variabel is.

Volgens van Vliet et al (2006) leek de samenstelling van de bacteriesoorten tussen behandelde mest (met EM, of met EM en AgriMest) en onbehandelde mest sterk op elkaar (88% overeenkomst). In de onbehandelde drijfmest zat van nature 36 verschillende soorten bacteriën. De bacteriën die worden toegevoegd moeten concurreren met de autochtone bacteriën. De auteurs vonden geen bewijs dat de bacteriesoorten van EM-Actief konden overleven en vermenigvuldigen in de runderdrijfmest. Hierdoor wordt het niet aannemelijk geacht dat organisch stikstof zou worden gebonden door de toegevoegde bacteriën. In de chemische analyses zijn geen verschillen tussen de potten gevonden op de onderzochte parameters, enkel als AgriMest werd toegevoegd. Dit leidde tot meer minerale stikstof in de mest, wat ook minder ammoniak vervluchtiging zou kunnen betekenen. Het gras had bij behandelde mest met AgriMest een lagere stikstof opname, wat tegen de verwachting in was van de auteurs omdat er hier meer minerale stikstof in de mest zat (Van Vliet et al., 2006).

Op basis van de analyses kan niet kan worden geconcludeerd dat EM (al dan niet in combinatie met AgriMest) een positieve werking heeft op de mest en op het gras. Deze resultaten zijn dan ook niet verassend gezien de additiefconcentratie (2 milliliter op 10 liter) die wordt toegediend ten opzichte van het volume drijfmest (verhouding 1:5000). De bacteriegemeenschap kon hierdoor niet in zes weken worden veranderd (Van Vliet et al, 2006).

Opgemerkt dient te worden dat de toegestuurde EM oplossing werd aangeleverd door de firma Agriton. Hieruit kan worden opgemaakt dat het product destijds werd verkocht door Agriton. Tegenwoordig (in ieder geval sinds 2010) is het product AgriMestMix eigendom van de firma Rinagro.

Ammoniakemissie onderzoek met Euro-Mest Mix, Effectieve Micro-organismen en Agri-Mest

Van der Stelt et al (2007) onderzochten drie verschillende additieven in een laboratorium opstelling op hun werking op de mestsamenstelling en ammoniak emissie. Deze additieven werden bij verschillende temperaturen behandeld (4, 20 en 35 graden Celsius). Daarnaast werden de potten gemixt of niet gemixt. De onderzochte additieven waren Euro-Mest Mix, Effectieve Micro-organismen (EM) en Agri-mest (AM). Volgens de leveranciers zou Euro-Mest Mix absorberende kleimineralen bevatten, daarnaast zou EM en AM stikstof verlies reduceren door het bevorderen van de biodegradatie van de mest. Uit de resultaten bleek dat enkel één manier zorgde voor een significante ammoniak reductie, bij het toevoegen van AgriMest bij 4 graden Celsius en niet mixen.

Voor de andere combinaties zijn geen (significante) effecten aangetoond op de mestsamenstelling en voor de reductie van ammoniak emissie (Van der Stelt et al., 2007).

In de rapportage van Buro Blauw (2013) zouden verstrengelingen zitten in de case-control opzet, waardoor de geconcludeerde reductie van ammoniak en methaan van respectievelijk 26 en 20% ongegrond zou zijn. Bovendien zou het geclaimde werkingsmechanisme van het additief niet overeenkomen met de resultaten uit de mestanalyse uit ditzelfde rapport. In de potproef van Van Vliet et al (2006) bleek uit de resultaten dat na 6 weken meer minerale stikstof aanwezig was in de mest. Door Van der Stelt et al (2007) zijn er echter geen effecten op de mestsamenstelling door het toevoegen van additieven waargenomen. Op gronde van deze informatie wordt geconcludeerd dat er niet genoeg onderbouwing is dat het AgriMestMix systeem kan zorgen voor een reductie van ammoniakemissie uit de stal (Ogink & Melse, 2020).

Methaanemissie laboratoriumonderzoek AgriMestMix in Canada
Cluet et al (2020) onderzochten de methaanemissies na het toedienen van AgriMestMix aan dierlijke mest, dit werd uitgevoerd in 2019 in een laboratoriumopstelling in Canada. Een concentratie van 30.3 mL/L AgriMestMix werd toegevoegd aan 125 mL drijfmest (drie herhalingen) in glazen incubatieflessen van 600 mL bij een temperatuur van 20 en 36 graden. Deze flessen werden onder vacuüm afgedicht en geflushed met stikstofgas (N_2). Geconcludeerd wordt dat AgriMestMix niet zorgt voor een afname van methaanproductie onder anaerobe omstandigheden in deze laboratorium opstelling. De auteurs geven aan dat het waarschijnlijk is dat het gebruik van AgriMestMix in stallen leidt tot normale methaanemissies (Cluet et al., 2020).

EM Agriton B.V.

E.M. Agriton B.V. is een Nederlands bedrijf uit Noordwolde, opgericht in 1991. Het bedrijf heeft een assortiment met 20 producten in de verkoop waarvan de werking van het merendeel van de producten op basis is van effectieve micro-organismen (EM). Het bedrijf heeft momenteel twee producten in de verkoop ter verbetering van drijfmest, namelijk Pro-Mest en Microferm (E.M. Agriton B.V., 2019).

Pro-Mest en Microferm
Pro-Mest Totaal is één van deze producten en wordt in een verpakking van vijf liter (vloeistofvorm) aangeboden. De dosering die wordt aanbevolen is één liter per grootvee-eenheid per week. Volgens het bedrijf ontstaat door toevoeging van Pro-Mest Totaal een anaerobe fermentatie in drijfmest. Dit leidt tot een aantal voordelen: meer stikstof in de mest, minder korstvorming, homogenere mest en het bodemleven verbetert na toevoeging van de behandelde mest (E.M. Agriton B.V., 2017a).

Een ander product in het assortiment ter verbetering van mest is het product Microferm. Dit is een mengsel van micro-organismen, bestaande uit onder andere melkzuurbacteriën en gisten. Volgens Agriton zorgen deze micro-organismen voor fermentatie waardoor energie en voedingsstoffen behouden blijven. Het is mogelijk om Microferm toe te passen in combinatie met Pro-Mest Totaal, wat ervoor zorgt dat mest gaat rijpen fermenteren in plaats van rotten. Microferm kan ook worden toegepast voor de fermentatie van ander organisch materiaal. De aanbevolen toe te passen dosering in drijfmest is 20 liter per 100 m^3. De volgende voordelen worden door het bedrijf toegeschreven aan Microferm: een snellere opstart van de omzetting door de diversiteit aan EM, het behandelde materiaal behoudt zijn energie en nutriënten, organisch materiaal wordt beter benut, rotting wordt

voorkomen en uitspoeling wordt beperkt. Het middel is onschadelijk voor machines, de bodem en al het leven (E.M. Agriton B.V., 2017b).

Beoordeling Agriton systeem WUR

Melse & Ogink (2015) hebben een onafhankelijke beoordeling uitgevoerd waarin ze de aannemelijkheid van de werking van het Agriton systeem beoordelen. Dit onderzoek is vergelijkbaar met de beoordeling van AgriMestMix (zoals eerder beschreven), waarin de leverancier ook een vragenlijst toegestuurd kreeg. Een vertegenwoordig van Agriton heeft schriftelijk gereageerd op deze vragenlijst en aanvullende informatie toegestuurd. Deze aanvullende informatie bestond uit één onafhankelijk onderzoek, daarnaast (krant)artikelen omtrent Agriton producten en rapportages over gebruikerservaringen. Aangezien de rapportages over gebruikerservaringen en de (kranten)artikelen niet wetenschappelijk onderbouwd zijn worden ze door Melse & Ogink (2015) niet meegenomen in de beoordeling. Het onafhankelijke onderzoek is uitgevoerd door het onderzoeksbureau Kingshay uit Engeland, daarnaast zijn nog twee wetenschappelijke onderzoeken bekend met additieven geleverd door Agriton. Deze twee onderzoeken zijn uitgevoerd in 2006 en 2007 en reeds eerder besproken bij de beschrijving van het additief AgriMestMix van het bedrijf Rinagro. Hieronder worden deze drie onderzoeken samengevat en de belangrijkste resultaten en conclusies besproken.

Stikstofbepalingen behandelde drijfmest met Agriton additieven

Door het onafhankelijk bureau Kingshay werden de Agriton additieven EM N-Hance en Actiferm microbial feed getest, later aangeduid als respectievelijk EM en Actiferm. Deze twee additieven werden samen toegevoegd aan 40 m^3 drijfmest in een vat met een inhoud van 60 m^3, met een dosering van EM op 2.4 ml per 60 ml drijfmest. Actiferm werd aan het eind van week 1 toegevoegd met een dosering van 300 ml/ m^3 en nogmaals na week 6. EM werd wekelijks toegevoegd met een dosering van 3.75 ml/ m^3. Elke week werd één liter verse drijfmest toegevoegd aan de vaten om korstvorming te voorkomen. De additiefconcentratie die werd gehanteerd, werd in dezelfde frequentie en mate toegediend aan de referentie vaten in de vorm van gedemineraliseerd water. Drie vaten diende als referentie en drie werden met additieven behandeld. Om de kwaliteit te bepalen van de drijfmest werd eerst een nulmeting uitgevoerd, vervolgens werd in week 4, 8 en 12 gemeten (Shipton, 2011a).

Uit het onderzoek bleek dat na 12 weken een totale (significante stijging) van 12% in NH_4^+ was gemeten ten opzichte van de onbehandelde drijfmest. Over de 3 verschillende metingen (week 4, 8 en 12) was NH_4^+ gemiddeld 15% hoger (ondanks dat NH_4^+ in onbehandelde drijfmest ook na verloop van tijd toenam). De toename in NH_4^+ is mogelijk te wijten aan de mineralisatie van organisch gebonden stikstof. Op basis van deze resultaten wordt geconcludeerd dat de plant beschikbare stikstof in drijfmest zou kunnen verbeteren wanneer drijfmest behandeld wordt met de twee additieven. De economische voordelen zouden afhangen van de kosten van de additieven ten opzichte van de potentiële voordelen (Shipton, 2011a).

Aangezien de vervluchtiging van ammoniak in het onderzoek van Shipton (2011a) niet op een gecontroleerde wijze is gemeten, kan volgens Melse & Ogink (2015) hieruit niet worden opgemaakt of de additieven een afname in ammoniak emissie teweeg brengen. Dit zou enkel kunnen wanneer het luchtoppervlak boven de vaten op een gecontroleerde wijze wordt ververst, en de ammoniak concentratie hierin wordt gemeten. Bovendien zou de toename van NH_4^+ in de behandelde mest in tegenspraak zijn met de beschreven werkingswijze door de leverancier van de additieven. De

leverancier beschrijft namelijk dat door het toedienen van de additieven het organisch gebonden stikstof gehalte zou toenemen.

Zoals eerder beschreven in de beschrijving van Rinagro (met het additief AgriMestMix) is er een pottenproef uitgevoerd door Van Vliet et al (2006). Hierin werden twee additieven gebruikt, namelijk EM en AgriMest, aangeleverd door Agriton. Uit het onderzoek bleek dat er geen effecten zijn waargenomen op de gemeten parameters en wordt dus niet verwacht dat de ammoniak emissie afneemt door toediening van de onderzochte additieven. Enkel bij het toedienen van het additief AgriMest werd een toename in minerale stikstof gemeten.

Zoals tevens eerder beschreven is een laboratorium proef uitgevoerd door Van der Stelt et al (2007) met de additieven Euro-Mest mix, EM en Agri-mest. In deze proef zijn effecten gemeten op de mestsamenstelling en de ammoniak emissie. Uit de resultaten bleek dat enkel bij één geval (EM en Agri-Mest) een significante reductie (34%) werd gemeten van ammoniak emissie (4 graden Celsius en niet mixen). Voor de andere gevallen zijn geen (significante) effecten aangetoond op de mestsamenstelling en de reductie van ammoniak emissie (Van der Stelt et al., 2007).

Volgens Melse & Ogink (2015) zijn de resultaten uit hierboven genoemde onderzoeken niet eenduidig en is het niet duidelijk of de toename in ammonium stikstof (Shipton, 2011a; Van Vliet et al., 2006) in een aantal specifieke gevallen niet gepaard gaat met een afname van ammoniak emissie. In het onderzoek van Van der Stelt et al (2007) is enkel in één specifiek geval een afname in ammoniak emissie gemeten. Een verklaring voor de afname van ammoniak emissie in dit specifiek geval kan niet worden gegeven waardoor het werkingsprincipe nog onduidelijk blijft.

Melse & Ogink (2015) concluderen dan ook dat op basis van deze informatie niet kan worden vastgesteld of dat de additieven van Agriton zorgen voor een afname van ammoniakemissie uit de stal.

Crehumus B.V.

Het product Bactériolit wordt verkocht in Nederland door het bedrijf Crehumus B.V. te Emmeloord en is ontwikkeld in Frankrijk door het bedrijf Sobac. Crehumus B.V. is een bedrijf dat zich sinds 2015 bezighoudt met de verkoop van producten om het bodemleven en de plantengroei te stimuleren, hiervoor hebben ze drie producten ontwikkeld. Sobac heeft met het additief Bactériolit een product ontwikkeld die de kwaliteit van mest verbetert, dit product is opgenomen in de Skal input lijst (Crehumus B.V., 2019).

Bactériolit

Bactériolit bestaat uit een bodem verbeterende mengsel van micro-organismen. Het product bevat schimmels, gisten, algen en bacteriën. Het product wordt aangeboden in poedervorm en activeert de omzetting van vaste mest, drijfmest en compost in humuszuren. Dit zorgt ervoor dat mineralen gebonden worden, waardoor ze minder uitspoelingsgevoelig zijn en beschikbaar blijven voor de plant. ‘’Daarnaast bindt Bactériolit ammoniak uit de mest, zodat er een beter stalklimaat ontstaat’’ (Crehumus B.V., 2019). Uit grasproeven, uitgevoerd in Proefboerderij Vredepeel, resulteerde het gebruik van Bactériolit in een 10% hogere droge stof opbrengst (Crehumus B.V., 2019). Op de website van Crehumus B.V. zijn geen onderzoeken beschikbaar die deze claims onderbouwen. Ook zijn geen onafhankelijke rapporten of wetenschappelijke publicaties gevonden met de additieven van Crehumus B.V. die de claims kunnen bevestigen noch ontkrachten.

Bioma SA & Novus-AgroEcology B.V.

Het additief Kopros is ontwikkeld door een bedrijf uit Zwitserland genaamd Bioma SA. Dit Zwitsers bedrijf heeft meer dan 25 jaar ervaring in de ontwikkeling van biologische oplossingen. In Nederland wordt het verkocht door de lokale distributeur Novus-AgroEcology B.V. te Tilburg. De Kopros productlijn bestaat uit vier soorten: Kopros-B (melkveehouderij), Kopros-C (pluimveehouderij), Kopros-P (varkenshouderij) en Kopros Bio voor in biogasinstallaties.

Kopros

Volgens informatie van Bioma (2020a) activeert Kopros de natuurlijke microbiologie in dierlijke mest, en maakt mogelijk: ''Het ideale evenwicht van de microbiële flora te herstellen en ammoniakemissies en emissies van andere ongewenste gassen te elimineren, met als resultaat een verbeterde werkomgeving en leefomgeving voor uw dieren'' (Bioma SA, 2020a).

Volgens Bioma SA (2020a) zijn in de veehouderij een aantal voordelen gemoeid met het gebruik van Kopros: Zo worden emissies van ammoniak en ongewenste gassen gereduceerd, het vee is gezonder, de stal wordt schoner, korstvorming neemt af en geen geuroverlast tijdens het aanwenden van de behandelde mest. In de praktijk haalt Kopros-B volgens Bioma SA in de rundveehouderij sector tot wel 95% afname van ammoniakemissie uit de stal. Daarnaast stijgt de melkproductie, het gewicht van de kalveren en de vlees/vet verhouding met respectievelijk 7, 9 en 10%. Tevens zijn meerdere (gezondheids)voordelen behaald: ''65% reductie van het celgetal van de melk, 50% afname van de klauwaandoeningen, 33% reductie van het stromestvolume na 3 maanden, 0% kalversterfte'' (Bioma SA, 2020a).

Uit praktijkonderzoek vanuit de pluimveehouderij worden de volgende resultaten weergegeven: 90% afname van NH_3 emissies, reductie van voetzoollaesies, dermatitis en sterfgevallen van respectievelijk 25, 18 en 8% en 7% gewichtstoename bij vleeskuikens (Bioma SA, 2020b). Resultaten vanuit de varkenshouderij zijn als volgt: 95% afname van NH_3 emissies, 93% van stikstof en 80% van fosfaat blijft organisch gebonden na respectievelijk drie en zes maanden, 72% afname van korstvorming in drijfmest na drie maanden, 40% afname van sterfte onder biggen en 10% toename in het gewicht (Bioma SA, 2020c). Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden met de Kopros additieven die de claims zouden kunnen onderbouwen.

Aero Activ

LLINQ B.V. is een Nederlands bedrijf gevestigd in Wageningen dat handelt onder de naam Aero Activ. Aero Activ is opgericht in 2019 en richt zich enkel en alleen op de verkoop van een bacteriële mestverbeteraar. Aero Activ (z.d.) geeft aan dat er al verschillende middelen op de markt zijn die allen een alom bekende methode toepassen, namelijk het omzetten van een anaeroob naar een aeroob bacterie klimaat in de mest. Niet altijd worden gewenste resultaten behaald met deze methode, wat volgens Aero Activ het gevolg is van het niet toepassen van de juiste aerobe bacteriën. Het bedrijf selecteert de bacteriën in het additief op een aantal maatstaven, zo willen ze dat de bacteriën zorg dragen voor de juiste enzymatische activiteiten in de mest, gemakkelijk in teelt, toegankelijk en ongevaarlijk zijn. Bij inenting van de bacteriën moet de juiste verhoudingen in de mest aanwezig zijn, het gaat hierbij om de koolstof stikstof fosfor (C:N:P) ratio. Om te waarborgen dat de juiste verhouding aanwezig is in de mest bij inenting van het additief, voegt het bedrijf specifieke nutriënten toe (Aero Activ, z.d.-a). In maart 2019 tot juni 2019 heeft het bedrijf met Aero Activ een praktijk test gedraaid bij een melkveehouder in Uden. Samenvattend blijkt uit het project dat zintuiglijk een afname van was geur en ammoniak emissie, een toename van gebonden organisch

stikstof, een betere C:N ratio en een lichte toename van fosfaat (PO_4^-) (Aero Activ, z.d.-b). Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden met de additieven van LLINQ B.V. die de claims zouden kunnen onderbouwen.

Animal Life Plus B.V.

Animal Life Plus B.V. is een Nederlands bedrijf uit Bergentheim dat vier verschillende producten heeft ontwikkeld voor de reiniging van stallen en een verbeterde stalomgeving, deze worden ook verkocht door drie andere tussenhandelaren. Ten eerste het reinigingsproduct 'Starter', dit is volgens het bedrijf een ''geconcentreerde starter vloeistof op basis van micro-organismen. De micro-organismen zorgen, in combinatie met de andere producten uit deze serie, voor een gebalanceerde stalomgeving'' (Animal Life Plus, z.d.). Ten tweede het product 'Clean', dit middel werkt volgens het bedrijf op basis van micro-organismen om oppervlaktes in de stal schoon te maken. Ten derde het product 'Spray', dat wordt gebruikt als middel om de stal continue te zuiveren. ''Een uitgekiend scala aan micro-organismen breekt geurstoffen en vervuiling af door zich aan de kern van de vervuiling te hechten. Het draagt bij aan een verbetering van de luchtkwaliteit, beperking van onprettige geuren en fijnstof'' (Animal Life Plus, z.d.). Ten slot het middel 'Shampoo', eveneens is dit product op basis van micro-organismen en dient om verschillende dieren (paarden, zeugen, honden) te verzorgen en schoon te houden (Animal Life Plus, z.d.). Volgens Ellenkamp (2019) bestaat het vernevelsysteem met microbiologische stalreinigingsvloeistof uit zes bacteriën die op de lijst van de Europese Autoriteit van Voedselveiligheid (EFSA) staan. De automatische spraysysteeminstallatie kan worden toegepast in stallen waarbij twee keer per dag voor 30 seconden het middel wordt verneveld.

Veltman (2018) benoemt in een krantenartikel dat het concept is ontwikkeld door twee eigenaren van de schoonmaakbedrijven 'Benjamins' en 'Milltex', en wordt in samenwerking met vier andere partijen (waaronder de Rabobank) verder ontwikkeld. Volgens Fred Homburg, een medewerker van Militex: ''Er zijn andere ondernemers die hiermee aan de slag zijn gegaan, maar wij hebben ontdekt hoe je de bacteriën stabiel krijgt en houdt zodat de werkzaamheid gegarandeerd is. Er zit zo'n vijftien jaar ontwikkeltijd in'' (Veltman, 2018). Varkensbedrijf.nl (2018) meldt dat de Provincie Overijssel bijna vier ton subsidie aan Animal Life Plus B.V. heeft gegeven om de zogeheten 'Micro Balans' concept te toetsen bij vier varkensfokbedrijven, met het uiteindelijke doel om op de RAV lijst te komen. Dit gebeurt in de periode van 2017 tot en met 2020 (Varkensbedrijf.nl., 2018). Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden over het concept van Animal Life Plus B.V. die de claims zouden kunnen onderbouwen.

Synvital

Synvital is een Nederlands bedrijf uit Duiven dat zich voornamelijk richt op het verkopen van producten op natuurlijke basis die bijdragen aan vitaliteit en gezondheid voor dieren en planten. Naast deze middelen verkoopt het bedrijf ook één middel om mest te verbeteren, genaamd ProFerta. ProFerta is een biologisch product dat bestaat uit een mix van verschillende bacteriën en enzymen. Volgens Synvital zijn de volgende voordelen toe te schrijven aan het gebruik van ProFerta: afname van geur- en ammoniakemissie, remt korstvorming, verbetert de homogeniteit en de verpompbaarheid en stimuleert de wortel- en gewasgroei (Synvital, z.d.-a). Volgens Synvital (z.d.-b) bestaat de mestverbeteraar uit 2 componenten. Een jerrycan van 10 liter genaamd de 'Activator' en 'Poeder' een zakje van 500 gram. De activator moet met 40 liter warm water worden verdund en vervolgens moet de poeder worden toegevoegd. Na 20 á 30 minuten kan het mengsel over de roosters worden aangebracht, en is bedoeld om 400 m^3 mest te behandelen. Dit additief kan worden

gebruikt voor rundvee- en varkensmest en voor biogasinstallaties. Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden met ProFerta die de claims zouden kunnen onderbouwen.

Topturn Special Products

Topturn Special Products is een Nederlands bedrijf uit Bergeijk en levert producten aan de land- en tuinbouwsector en voorziet hen van advies. Het bedrijf heeft verschillende 'BioAktiv' producten die de gezondheid van de dieren en planten bevorderen en de kwaliteit van mest stimuleert. De producten BioAktiv-M en BioAktiv-MZ zijn speciaal ontwikkeld om toe te voegen aan drijfmest in mestkelders of mestsilo's en zijn Skal gecertificeerd. Deze additieven bevatten aerobe zuurstofminnende bacteriën die de mest zogezegd tot leven brengt en activeert. Volgens Topturn Special Products neemt de stank af en stikstof wordt gebonden waardoor de ammoniakemissies afnemen. Daarnaast claimt het bedrijf dat schuimvorming afneemt en bij het aanwenden van de behandelde mest op het land het humusgehalte toeneemt. De benodigde dosering voor 100 m^3 mest is 1 tot 2 kilogram BioAktiv-M en BioAktiv-MZ (Topturn Special Products, 2019).

Uit de ingevulde enquête blijkt dat BioAktiv sinds 1994 op de markt is en sinds 2011 via Topturn Special Products wordt verkocht in de Benelux en verkrijgbaar is in Denemarken. Het additief is verkrijgbaar in 35 landen en richt het zich op de veehouderij en plantaardige sector. Het bedrijf heeft meer dan 1000 klanten die het additief afnemen. Het additief kost €18,50 per kg maar bij de aankoop van grotere hoeveelheden gaat de prijs in overleg. Volgens Smets moet 2 kg additief (BioAktiv-MZ) worden gemengd met minimaal 150 liter water. Vervolgens moet dit 20 á 30 minuten rusten en over de roosters gelijkmatig worden aangebracht aan 100 m^3 putinhoud. Het duurt vier tot acht weken alvorens het additief begint te werken, echter hoeft het maar twee tot drie keer per jaar worden toegediend. Volgens Smets is de draagstof van het additief natriumchloride of calciumcarbonaat en ontstaat na toevoeging een activering van aerobe bacteriën. Stikstof wordt hierdoor gebonden in de mest en andere omzettingsproducten komen in mindere mate vrij doordat de mest beter gaat composteren. Uit officiële metingen is een ammoniakemissie reductie van 27% aangetoond. Maar Smits geeft aan dat in de praktijk hogere reductiepercentages gemeten wordt (via Dräger gasmeters). Dit is visueel ook zichtbaar omdat de mest veranderd en 'levendiger' is. Of het additief een effect heeft op de nutriënten opname door het gewas of de werkingscoëfficiënt is niet bekend. De bodemkwaliteit neemt echter toe door meer bodemleven, zuurstof en een rullere bodem. Bovendien is in de stal minder geuroverlast en doordat de bodem verbeterd vindt er minder uitspoeling van nitraat plaats. Verbonden economische voordelen zijn hogere gewasopbrengsten, bodemverbetering, kwalitatief betere mest die tevens homogener is en een besparing van arbeidsuren. Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden met BioAktiv-MZ die de claims zouden kunnen onderbouwen.

Innoresult

Innoresult is een Nederlands bedrijf uit Markelo en geeft advies aan de agrarische sector en verkoopt (aanvullende) diervoeders, bodem- en mestverbeteraars, desinfectie en reinigingsmiddelen. Het additief 'Bio-Mix' bestaat uit een basis van micro-organismen en kan in verschillende vormen worden geleverd, namelijk als blok, vloeistof, granulaat en als droog concentraat. ''Bio-Mix zorgt voor een snelle start van het vertering proces in de mest en dankzij de micro-organismen voor een balans in de mest tussen anaerobe en aerobe bacteriën'' (Innoresult, z.d.). De volgende baten zijn volgens de firma te verwachten: NH_3 gedeeltelijk omgezet in organisch stikstof dat voor de plant beschikbaar is,

mineralen worden beter benut, de mest wordt homogener, minder uitspoeling van nutriënten en reductie van emissies. Bovendien is uit een meerjarig onderzoek gebleken dat het verschil in gewasopbrengsten kan oplopen tot meer dan 20% (Innoresult, z.d.). Echter zijn geen resultaten gevonden van dit meerjarig onderzoek.

Uit de ingevulde enquête door de leverancier blijkt dat het additief sinds 2008 in Nederland op de markt is, in andere landen waar het additief verkocht wordt (Duitsland en België) is het al langer op de markt. Met het additief richt het bedrijf zich op de melkveehouderijen en de varkenshouderijen. In Duitsland wordt het als speciaal product ook verkocht aan biogascentrales. De prijs voor het additief ligt tussen de €0.15 en €0.6 per m^3 mest. Het additief wordt in vier verschillende vormen aangeboden. Vloeibaar in een 20 liter kan, waarbij een dosering van 1 liter per 50 m^3 moet worden toegepast. Als granulaat in een 20 kilogram zak, waarbij een dosering van 1 kilogram per 10 m^3 moet worden toegepast. Als (XL) blok waarbij 15 blokken van 1,2 kilogram worden aangeboden, waarbij een dosering van één blok op 100 á 150 m^3 moet worden toegepast. Als (XXL) blok waarbij zes blokken van drie kilogram worden aangeboden, waarbij een dosering van één blok op 250 m^3 moet worden toegepast. De werkingsduur is volgens de leverancier afhankelijk van de mest en de vochtigheid, maar met een paar weken zou resultaat merkbaar zijn. Het additief moet een paar keer per week tot eens in de 14 dagen worden toegediend. Door het toedienen van het additief zou stikstof worden gebonden en bewaard blijven in de mest. Dit zou een verwachte ammoniak emissie reductie van rond de 10% opleveren. Dit is te controleren aan de hand van de homogeniteit van de mest, tevens zie je de mest ‘’leven’’. De leverancier somt de volgende voordelen op: minder ammoniak in de stal, levendigere mest, minder last van vliegen en ziekten, hogere bemestende waarde, minder ‘’verbranding’’ van gewassen na bemesten, een langere benutting van de mest, minder kunstmestgebruik, helpt bij het tegengaan van de sporen van *Clostridium* en minder *E. Coli* problemen (persoonlijke communicatie, 8 mei 2020).

Hoogrendement B.V.

Hoogrendement B.V. is een Nederlands bedrijf uit Bergum en verkoopt het product BioMest. Dit product kan worden aangebracht over de grond maar ook in mest. Het product bestaat uit een mengsel van water, rietsuiker en micro-organismen zoals de melkzuurbacteriën *L. Brevis* en *L. Buchneri*. Aanbevolen wordt om 10 liter aan te brengen per 250 m^3 mest en voor bemesting over het land 1 liter per 200 liter water of voedingsoplossing. Hoogrendement B.V. benoemt de volgende voordelen van het gebruik van BioMest: afname van geur en koekvorming maar een stimulering van de groei van micro-organismen (Hoogrendement B.V., z.d.).

Uit de ingevulde enquête door de leverancier blijkt dat Innoresult zich richt op Nederland en België voor de verkoop van BioMest, waarbij zowel de veehouderij als de akkerbouw de sectoren zijn waarin ze het additief verkopen. Het additief heeft naar schattig 75 afnemers van het additief. BioMest heeft een prijs van €0,26 per m^3 mest. Het additief moet (het liefst) verdund worden aangebracht met water met een dosering van 10 liter op 250 m^3 mest. Het duurt vervolgens 2 weken alvorens het additief begint te werken, per bedrijf verschilt het hoe frequent het middel moet worden toegepast. Het additief bestaat uit een mengsel van micro-organismen en mineralen en zorgt voor een binding van stikstof, minder stank en een betere benutting van andere voedingsstoffen. In de bodem zorgt het voor een betere structuur, bodemleven en wortelvorming. De economische voordelen worden behaald door de stikstofbinding, het voorkomen van stank en rotting en het beter mixen. Bovendien worden meer kilogrammen droge stof per hectare behaald en kan minder

kunstmest worden gebruikt. Daarnaast wordt de fermentatie van organisch materiaal bevorderd en worden planten beter in staat gesteld om voedingsstoffen op te nemen (persoonlijke communicatie, 14 mei 2020).

Epizym Ltd

Epizym Ltd is een Engels bedrijf gevestigd in Kent, en verkoopt enkel twee additieven voor in dierlijke mest. Met deze twee additieven, genaamd Slurry King Cattle en Slurry King Pig, richten zij zich op de melkvee- en varkenssector. De twee producten zijn het resultaat van 30 jaar onderzoek en ontwikkeling door microbioloog Howard E. Worne. Deze microbioloog is auteur van het boek ''Introduction to Microbial Biotechnology Including Hazardous Waste Treatment''. De additieven zijn ontwikkeld op basis van micro-organismen. Specifieker gezegd heeft Worne de natuurlijk voorkomende bacteriën geïsoleerd die, als ze samen worden gebracht in de juiste hoeveelheid, organisch materiaal kunnen afbreken. Slurry King bevat dertien bacterie stammen, enzymen en andere biochemische ingrediënten. Wanneer deze in mest worden aangebracht breken ze korsten af waardoor de mest homogener wordt, volgens Epizym Ltd (z.d). Daarnaast verdrijven ze de methanogenen bacteriën die in de korsten zitten doordat hun leefomgeving wordt afgebroken, hierdoor wordt de vervluchtiging van methaan verminderd. Door ammoniak absorberende bacteriën wordt de verluchtiging van ammoniak tevens verminderd. In de mestkelder geeft dit de volgende voordelen: minder korstvorming, minder geur, beter stalklimaat, betere mixbaarheid en dus tijdsbesparing voor de agrariër. In het veld zou de behandelde mest beter infiltreren, met een verhoogde mestwaarde, minder besmetting van de gewassen, een preciezere bemesting door de homogeniteit en minder geur emissie naar de omgeving tijdens het uitrijden (Epizym Ltd, z.d.).

Voor het praktisch gebruik wordt onderscheid gemaakt tussen rund- en varkensdrijfmest en het type opslag. Bij rundvee wordt voor buitenopslagtanks aanbevolen om het aantal vee (jongvee telt voor een half) te delen door achttien, vervolgens heb je het gewicht in kilogram dat moet worden gemengd met lauwwarm water. Bij mestkelders met roostervloeren wordt een dosering van het aantal vee delen door vijftien aanbevolen. Vervolgens moet altijd tien liter lauwwarm water worden gemengd op 1 kg 'Slurry King Cattle', en moet er goed geroerd worden. Wanneer de mestopslag voor 10% leeg is wordt de startdosering toegediend. Als de tank deels geleegd is in het voorjaar wordt een onderhoudsdosis toegediend met ongeveer de helft van de startdosis. Het additief bestaat uit van nature voorkomende micro-organismen die onschadelijk zijn voor mens, plant en dier. Het bevat geen toxische of schadelijke chemicaliën, zuren, bijtende middelen of oplosmiddelen en is volledig biologisch afbreekbaar. Gewaarschuwd wordt om het additief niet te gebruiken in combinatie met biociden en detergenten of op absorberende oppervlakken, omdat het additief dan stopt met werken. De economische voordelen zouden voornamelijk te verdienen zijn in het verminderde gebruik van kunstmest, arbeidsuren en het verminderde gebruik van machines en brandstof voor het mixen (Epizym Ltd, z.d.).

Uit de ingevulde enquête door de leverancier blijkt dat het product al sinds 1997 op de markt is. Het product wordt verkocht in het Verenigd Koninkrijk (VK), Ierland, België, Estland en Nederland. In Nederland wordt het additief verkocht door distributeur Agrifirm. In het VK verkoopt het bedrijf het additief direct aan 250 agrariërs. Daarnaast wordt het additief ook indirect verkocht aan tussenhandelaren in de verschillende landen. In Nederland heeft het additief een prijs van €60 per kg. Volgens de leverancier volgen digestieve afbreekprocessen door de toegevoegde bacteriën wanneer deze actief worden. De bacteriën verteren moleculen zoals cellulose, eiwitten en zetmeel.

Dit wordt door de bacteriën enzymatisch gedaan. Volgens de fabrikant heeft Slurry King geen effect op nutriënten opname door de plant, bodemkwaliteit en nitraatuitspoeling. Op de website zijn vijf onafhankelijke onderzoeken beschikbaar zijn die de emissiereducties van ammoniak- en broeikasgassen zouden aantonen (persoonlijke communicatie, 14 april 2020).

Op de website zijn inderdaad vijf rapporten voorhanden, die via een link naar bijbehorende rapportages verwijzen. Volgens Epizym ltd (z.d.-b) werkt Slurry King volgens het vergroten van de bacteriële populatie. Door het toevoegen van bacteriën die van nature voorkomend zijn in mest wordt de populatie ondersteunt in het sneller afbreken van moeilijk afbreekbare stoffen.

In 1994 is door het onafhankelijk onderzoeksbureau ADAS een case-control study uitgevoerd met het mestadditief van Epizym Ltd, (destijds) genaamd Epizym-AW. Kay et al (1994) benoemen dat in 4 hokken, (vlees)varkens voor 6 weken onder gecontroleerde milieuomstandigheden leefden. Continu werd de ingaande lucht en uitgaande lucht gemonitord en zodoende de ammoniakemissie werd berekend. In twee hokken werd het additief toegepast over de roostervloeren en in de mest. Uit de wekelijkse metingen bleek dat enkel in week 3 een significante afname werd geconstateerd bij de behandelde ruimtes. Echter bleek dat in week 0-2 en in week 0-3 een significante cumulatieve afname van ammoniakemissie is geconstateerd in de behandelde hokken ten opzichte van de onbehandelde hokken. Met cumulatief wordt bedoeld dat deze per week werd berekend door ervan uit te gaan dat de ammoniakemissie wekelijks gelijk was ten opzichte van de respectieve dagelijkse emissiewaarde. Hoewel de ammoniakemissie in week 3 tot 6 lager was in de behandelde ruimtes, was dit niet statistisch significant. Tevens werd de ammoniakemissie gemeten tijdens het bovengronds uitrijden van de behandelde en onbehandelde mest op grasland. Uit deze metingen bleek geen verschil in ammoniakemissie te zitten tussen de mestsoorten.

Op basis van de resultaten van een laboratoriumproef, uitgevoerd door het onafhankelijk onderzoeksbureau Kingshay, wordt door Shipton (2011b) geconcludeerd dat het additief zorgt voor een significante stijging van het ammonium gehalte en het totale stikstof gehalte. Dit was een gelijksoortig onderzoek werd uitgevoerd met het additief van Agriton. De ammoniakemissie werd niet gemeten.

Uit een pdf document van de website van het bedrijf (Epizym Ltd., z.d.-b) blijkt dat in een geuremissie onderzoek, uitgevoerd door Silsoe Research Institute, het additief zorgt voor een afname van 55% (Epizym Ltd., z.d.-b). Enkel de resultaten van dit onderzoek staat op de website (verkregen via een link naar een pdf-document met één pagina), het volledige rapport is niet gevonden

Verder blijkt uit een pdf document van de website van het bedrijf (Epizym Ltd., z.d.-b) dat in 1998 een laboratoriumproef is uitgevoerd door Bayern, waarin het bacterieel mengsel (Epizym) toegevoegd werd aan varkens(drijf)mest. De auteurs (Enric Vilalta Famada en Josep Turet Capellas) concluderen dat het additief de activiteit van de mineralisatie en respiratie vergroot. Het additief stimuleert de afbraak van de vervuilende organisch stof en zorgt voor een sterkere retentie van ammoniak in de mest, en zorgt voor een omzetting hiervan in organisch stikstof (Epizym Ltd., z.d.-b). Enkel een deel van dit onderzoek staat op de website (verkregen via een link naar een pdf-document), het volledige rapport is niet gevonden.

In een proef uit 1998, uitgevoerd door Livestock & Meat Commission, werd het additief Epizym Pigs onderzocht. Ook hier weer, staat enkel een deel van dit onderzoek staat op de website (verkregen via

een link naar een pdf-document), het volledige rapport is niet gevonden. In het rapport wordt geconcludeerd dat het toevoegen van het additief zorgt voor een afname van vaste delen en de mest was makkelijker te verpompen. Geen verbetering in geur werd aangeduid door menselijk assessment (Epizym Ltd., z.d.-b).

Multikraft

Multikraft is een Duits bedrijf dat zich richt op het produceren van ecologische producten op basis van EM. Dit betreft producten “op het gebied van tuin, landbouw, huishouden, reiniging, dierhouderij, lichaamsverzorging en welzijn” (Multikraft, z.d.-a). Multikraft biedt EM ook aan als additief onder andere voor in varkens- en rundmest. De producent claimt dat door het toepassen van EM rottingsprocessen in de mest worden gestopt wat geurvorming zou voorkomen, daarnaast zou de ammoniakuitstoot verminderd worden en zou het stalklimaat in het algemeen beter worden (Multikraft, z.d.-b). Multikraft producten worden geïmporteerd door onder andere het Nederlandse bedrijf Bij de Oorsprong (Bij de Oorsprong, z.d.).

Ammoniak, methaan en lachgas onderzoek

In 2003 heeft BOKU University, in opdracht van Multikraft, een onderzoek uitgevoerd naar het effect van EM op de emissies van ammoniak, methaan en lachgas uit varkens- en rundmest. De onderzoeksopstelling bestond uit vijf betonnen mestkelders met een diameter en diepte van 2.5 meter en gevuld met 10^3 mest. Boven de mestkelders bevonden zich rails waarover zich een mobiele kamer kon bewegen waarmee twee keer per week luchtmonsters werd genomen uit de kelders voor 8 tot 12 uur. De emissie concentraties zijn bepaald met een FTIR spectroscopie. De mest in de vijf mestkelder bestond uit behandelde (met EM) en onbehandelde rund- en varkensmest en varkensmest afkomstig van varkens waarbij het EM was toegevoegd aan het voer. De resultaten bij rundermest lieten een ammoniakemissie (NH_3-N) reductie van circa 20% zien en een lachgasemissie reductie van 16.5% door toedoen van EM. Voor de emissie van methaan uit rundermest is geen positief effect aangetoond door toedoen van EM. De resultaten bij varkensmest lieten een ammoniakemissie reductie zien van circa 2%, echter stegen de emissies van lachgas en methaan door toedoen van EM. Op basis van deze resultaten bevelen Amon et al (2004) alleen het gebruik van EM bij rundermest aan (Amon et al., 2004).

Fontijn Inter

Fontijn Inter is een bedrijf gevestigd in België dat het mestadditief Bio-AgriBac (Biobac) aanbiedt. Biobac zou ontwikkeld zijn door een agronoom en al sinds 1977 op de markt zijn. Volgens Fontijn Inter (z.d.), bestaat Biobac uit micro-organismen en een voedingsbodem dat maar een keer per jaar aan de mest toegevoegd hoeft te worden. Volgens het bedrijf zorgen de bacteriën in Biobac “dat de chemische elementen, zoals stikstof, koolstof en fosfor in de juiste balansverhouding in de mest aanwezig zijn” (Fontijn Inter, z.d.). Daarnaast wordt door het bedrijf vermeld: “Biobac zet ammoniumhydroxide om in nitraat (stikstof) welk zeer goed opneembaar is door de plant” (Fontijn Inter, z.d.). Fontijn Inter maakt de volgende claims over Biobac: beter stalklimaat, 70% ammoniakemissie reductie (ppm), 90% reductie van geurcomponenten en betere gezondheid voor het vee en de mens (Fontijn Inter, z.d.). Geen onafhankelijke rapporten of wetenschappelijke publicaties zijn gevonden over Biobac.

Micro Nutritions

Micro Nutritions BV is een Nederlands bedrijf uit Surhuizum dat diverse producten in de verkoop heeft waaronder (kracht)voer, voederadditieven, kuilverbeteraars en mestadditieven. Het mestadditief dat het bedrijf verkoopt is genaamd ProGress, dit product is volgens het bedrijf een ''vloeibaar mineralen mengsel voor het opstarten van microbiologische processen in drijfmest'' (Micro Nutritions BV, 2019).

ProGress is al ruim 10 jaar op de markt en wordt in heel Nederland verkocht, met een klein aantal afnemers in Duitsland en Denemarken. Met het mestadditief richt het bedrijf zich voornamelijk op de rundveesector. De prijs voor het additief is €0,60 per m^3 drijfmest. De dosering die gebruikt moet worden is 10 liter per 300 m^3 drijfmest, om de verdeling te vereenvoudigen kan het worden verdund met water. Daarnaast wordt aanbevolen om het additief wekelijks toe te passen en te beginnen bij een lege put (persoonlijke communicatie, 30 juni 2020).

Volgens de geinterviewde is de samenstelling van het product ''een geheim van de smid''. ProGress zorgt voor een omzetting van het rottingsproces in drijfmest naar een rijpingsproces. Door het rottingsproces zou namelijk blauwzuurgas gevormd worden, methaan vervluchtigen en stikstof verloren gaan. Dit gebeurt volgens Scheepsma na behandeling van het additief echter niet meer. Volgens Scheepsma breekt ProGress organisch materiaal af, waardoor het mixen en verpompen van de mest makkelijker gaat. Het organisch gebonden stikstof wordt hierdoor omgezet in ammonium (S. Scheepsma, persoonlijke communicatie, 30 juni 2020). Op de website van het bedrijf wordt het proces dat het additief teweegbrengt eveneens omschreven als het stopzetten van het rottingsproces en het bevorderen van het rijpingsproces. Echter lijkt dit door het toevoegen van micro-organismen teweeg worden gebracht.

''Door toevoeging van (fermentatie) organismen en binding van afvalproducten van het rottingsproces (OH^-) wordt het rottingsproces geblokkeerd. Het fermentatieproces wordt hierdoor versneld'' (Micro Nutritions BV, 2019). Volgens het bedrijf wordt NH_4^+ gevormd, waardoor de pH in de drijfmest daalt. Dit zorgt voor een afname van het rottingsproces, aangezien rottingsbacteriën bij een hoge pH niet kunnen overleven. Volgens Micro Nutritions BV (2019) heeft het toevoegen van ProGress onder andere de volgende voordelen: geen stank, minder stikstofverliezen en homogenere mest. Tevens zorgt ProGress volgens het bedrijf voor een actiever bodemleven, doordat de behandelde mest meer energie beschikbaar heeft. Dit heeft een positieve werking op het gras, maar voornamelijk op de bodem. Mineralen en sporenelementen zouden beter beschikbaar komen voor het gras. Daarnaast zou door de verbeterde stikstofefficiëntie minder kunstmest gebruikt hoeven te worden (Micro Nutritions BV, 2019). Volgens de geinterviewde) behoud een agrariër een halve kilo stikstof per m^3 drijfmest. Bij 100 m^3 drijfmest zou dit dus 50 kg stikstof betekenen. Volgens de website kost ProGress op de datum van raadplegen €190, 88 exclusief BTW (Micro Nutritions BV, 2019). In de literatuur zijn geen (onafhankelijke) onderzoeken of wetenschappelijke artikelen gevonden die de claims over ProGress kunnen onderbouwen.

Lallemand Animal Nutrition

Volgens Lallemand Animal Nutrition (2020) is het bedrijf de wereldwijde marktleider op het gebied van het gebruik van gisten en bacteriën voor toepassing in de veehouderij. Het bedrijf ontwikkelt onder andere inkuilproducten, probiotica en additieven voor dierlijke mest. Het additief dat het bedrijf verkoopt is genaamd Manure Pro. Volgens Lallemand Animal Nutrition (z.d.) is dit product een enzymatisch en bacterieel mengsel dat de ontwikkeling van gunstige micro-organismen in (drijf)mest

stimuleert. Deze gunstige micro-organismen zetten aan tot (positieve) fermentatie (Lallemand Animal Nutrition, z.d.).

Volgens van Bergen (persoonlijke communicatie, 2 juli 2020) is het additief sinds 2008 op de markt en wordt door heel Europa verkocht, met name in Frankrijk. De sectoren waar het additief wordt toegepast is de melkvee- en geitenhouderij. Volgens van Bergen heeft het additief momenteel tientallen afnemers en is de kostprijs €8 per koe/jaar en €1,60 per geit/jaar. Het additief, dat bestaat uit gevriesdroogde bacteriën, moet worden opgelost in water. De dosering die moet worden gebruikt is een halve gram per m^2 en wordt toegepast in de omgeving van het dier, in de stal en aan (drijf)mest. Volgens van Bergen is verse mest, dat rijk is aan nutriënten, een goede voedingsbodem voor de groei van melkzuurbacteriën. De bacteriën in het additief zouden volgens van Bergen meteen gaan werken en meetbare resultaten zijn zichtbaar na 1 á 2 dagen. Het additief moet eens in de twee weken worden toegepast. Volgens van Bergen bestaat het additief uit bacteriestammen van de familie *Bacillus* en *Pediococcus* in combinatie met enzymen. Deze bacteriën nemen nutriënten op waardoor schadelijke bacteriën deze niet op kunnen nemen, de totale populatie van melkzuurbacteriën zal toenemen volgens van Bergen. Tevens zorgt deze toename ervoor dat minder bacteriën urease zullen produceren, waardoor minder ammoniak gevormd wordt door de afbraak van eiwitverbindingen (persoonlijke communicatie, 2 juli 2020).

Het effect op andere gassen, zoals methaan en lachgas, is niet bekend volgens van Bergen (persoonlijke communicatie, 2 juli 2020). Uit praktijkonderzoek zou het additief volgens van Bergen zorgen voor een ammoniakemissie reductie van 40 tot 50%. De werking van het additief wordt gecontroleerd door het meten van het aantal melkzuurbacteriën door middel van een microbiologische analyse. Volgens van Bergen wordt hiervoor het melkzuurbacterieprotocol (ISO 15214:1998) voor *Pediococcus* gebruikt. Het additief is terug te verdienen door gezondere dieren, die beter produceren/groeien, en (drijf)mest met een hogere bemestende waarden doordat minder verliezen zijn opgetreden (persoonlijke communicatie, 2 juli 2020).

Bijlage 2. Literatuurstudie chemische additieven

In deze Bijlage zal alle vergaarde informatie omtrent de chemische additieven worden weergegeven. Per additief wordt respectievelijk een korte bedrijfsbeschrijving van de producent/leverancier gegeven, relevante informatie van de website, (onafhankelijke) onderzoeken en wetenschappelijke artikelen. Daarnaast is aanvullende informatie verkregen via de toegestuurde enquête, echter is deze niet door alle producenten (volledig) ingevuld en geretourneerd. De chemische additieven zijn verdeeld in de subgroepen aanzuurmethoden en nitrificatie- en ureaseremmers, bij iedere subgroep wordt kort toegelicht wat hiermee wordt bedoeld.

Aanzuurmethoden

Bij aanzuurmethoden wordt getracht de ammoniakemissie te reduceren door zuur toe te voegen aan de dierlijke mest. Bij het toevoegen van zuren aan mest zal de pH dalen wat zorgt voor een verschuiving in het evenwicht tussen ammoniak en ammonium. Dit is een verschuiving richting ammonium wat zorgt voor een lagere uitstoot van ammoniak. In tegenstelling tot ammoniak vervluchtigd ammonium niet en blijft behouden in de mest (Mosquera et al., 2017). Bij de geïnventariseerde aanzuurmethoden kan onderscheid worden gemaakt tussen aanzuren in de stal, in de opslag en op het land vlak voor het uitrijden van de mest. Het aanbod van aanzuurmethoden komt voornamelijk uit Denemarken. De vijftal geïnventariseerde Deense aanzuurmethoden staan hieronder beschreven.

JH Agro A/S

JH Agro A/S is een Deense fabrikant en leverancier gevestigd in Holstebro dat gespecialiseerd is in machines en systemen die oplossing kunnen bieden bij milieuproblemen in de dier- en veehouderij, zoals een mestscheider en een aanzuringssysteem voor organische mest in de stal. Dit aanzuringssysteem is het JHacidificationNH_4^+ systeem. JH Agro A/S claimt dat het JHacidificationNH_4^+ systeem de ammoniakemissie verminderd met 64% bij een varkenshouderij (in de stal), met 50% bij andere soorten veehouderijen (in de stal), bij opslag van organisch mest (geen reductie percentage bekend) en met 60% bij het uitrijden van het organische mest op het land. Daarnaast wordt geclaimd dat de landbouw (gewas) opbrengst stijgt tot wel 15% omdat meer stikstof beschikbaar blijft voor het gewas door het aanzuren. Naast de reductie van de ammoniakemissie zou ook broeikasgasemissies worden gereduceerd omdat methaanvormende bacteriën worden afgeremd door het aanzuren.

Het JHacidificationNH_4^+ systeem bestaat uit een verwerkingstank en een zuurtank gevuld met zwavelzuur (96%). De organische mest wordt opgevangen onder de stalvloer en wordt uit de stal gepompt naar de verwerkingstank. In de verwerkingstank wordt de mest gemengd met het zwavelzuur afkomstig uit de zuurtank, de pH van de mest wordt hierdoor verlaagd van pH 7 tot ongeveer een pH van 5 tot 6. Volgens JH Agro A/S wordt door het verlagen van de pH de ammoniak in de mest omgezet tot ammonium. In tegenstelling tot ammoniak zou ammonium niet uitdampen waardoor de ammoniak emissie wordt gereduceerd en, volgens het bedrijf, meer stikstof in de vorm van ammonium in de mest achterblijft. Na de verzuring wordt het mengsel uit de verwerkingstank deels teruggepompt naar de stal zodat de ammoniak uitstoot daar ook wordt gereduceerd, het overige deel wordt naar de mesttank (opslag) gepompt (JH Agro A/S, z.d.; Rodhe, Casimir & Sindhöj, 2018).

VERA Verification statement

Het JHacidificationNH_4^+ systeem is in 2016 gecertificeerd met het VERA certification. VERA staat voor Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production. Het is een internationale organisatie dat bestaat uit een coöperatie van de Deense Milieubescherming agentschap, Nederlandse Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, de Duitse Duits Federaal Ministerie van Voeding en Landbouw en het Vlaamse Instituut voor Landbouw, Visserijen en Voedingsonderzoek. Het doel van VERA is het testen en verifiëren van technologieën die de duurzaamheid in de landbouw bevorderen. Hiermee willen ze een gezonde markt creëren met duurzame technologieën die volgens wetenschappelijk protocollen aangetoond en kostefficiënt zijn (VERA, z.d.).

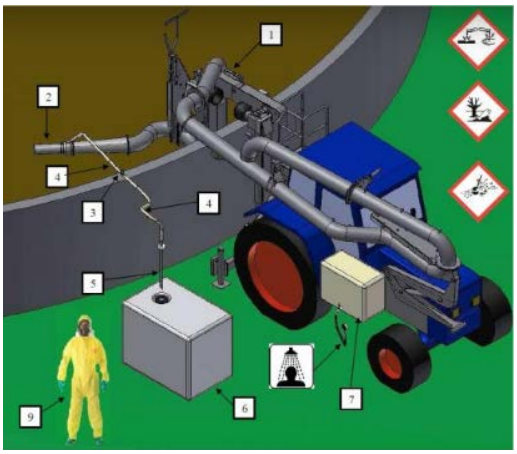
Het JHacidificationNH_4^+ systeem is getest op reductie van ammoniak- en geuremissie volgens het "VERA Test Protocol for Livestock Housing and Management Systems (Version 2, 2011)" (Beckert, 2016). De tests zijn uitgevoerd op twee Deense commerciële varkenshouderijen. Op de eerste locatie is de ammoniakemissie gemeten bij onbehandelde en behandelde (aangezuurde mest) in de stal voor een periode van 32 dagen. Op de tweede locatie zijn dezelfde metingen gedaan alleen dan voor een periode van 48 dagen. Geuremissie metingen zijn op beide locaties door het hele jaar door genomen, echter zijn in de zomer meer metingen gedaan dan in de rest van het jaar. De resultaten van de metingen laten zien dat de ammoniakemissie gemiddeld met 64% is gedaald door het toepassen van het JHacidificationNH_4^+ systeem. De metingen op de eerste locatie laten een geurreductie zien van 29%. Op de tweede locatie is echter geen significante geurreductie waargenomen. Op basis van deze resultaten heeft VERA in het certificaat geverifieerd dat de ammoniakreductie van het JHacidificationNH_4^+ systeem 64% is bij varkenshouderijen, daarentegen is er geen effect op de geuremissie (Beckert, 2016).

HARSØ Maskiner A/S

HARSØ Maskiner A/S is een Deens bedrijf dat staat vermeld in het artikel van Rodhe, Casimir & Sindhöj (2018) vanwege het HARSØ Slurry Acidification System (HARSØ SAT) dat het bedrijf verkoopt. Verdere informatie over HARSØ Maskiner A/S is schaars, mede omdat de bedrijfswebsite alleen in het Deens vertaald is (HARSØ Maskiner A/S, z.d.). Om deze reden zijn de claims van het bedrijf niet bekend en zijn ook geen wetenschappelijke onderzoeken gevonden over het HARSØ SAT systeem, de onderstaande informatie is daarom geheel afkomstig van het artikel van Rodhe, Casimir & Sindhöj (2018).

HARSØ SAT systeem

Het HARSØ SAT systeem is een methode om de mest aan te zuren tijdens de mestopslag (buiten de stal). Het systeem moet bevestigd worden aan een tractor en bestaat uit een mestpomp met een spiraalmenger, zuurbuis, IBC-tank en een watertank (Figuur 7). De pomp wordt aangedreven door de tractormotor, welk soort zuur wordt toegepast in het systeem staat niet beschreven. De mest wordt vanuit de bodem van de mestopslag door de spiraalmenger omhoog gepompt en weer uitgespoten aan de bovenkant van de mestopslag. Het zuur wordt vanuit de IBC-tank door het drukverschil (veroorzaakt door de meststroom) aangezogen door de zuurbuis naar de spiraalmenger waar het wordt gemengd met de mest. Het toevoegen van het zuur op deze manier vindt plaats met een snelheid 100 liter zuur per minuut. Volledige veiligheidskleding dient gedragen te worden zolang het systeem in werking is.



Figuur 7 Schematische overzicht van het HARSØ SAT systeem (Rodhe, Casimir & Sindhöj, 2018).

Een nadeel van het aanzuren tijdens de mestopslag (buiten de stal) zou zijn dat de mest moet worden uitgereden kort nadat het is aangezuurd. Als de mest na aanzuren namelijk nog voor een lange tijd in de opslag verblijft, zal de pH weer stijgen door de pH bufferwerking. Een ander nadeel dat wordt genoemd is de schuimlaag die ontstaat door de vorming van CO_2 in de mest. Dit schuim wordt boven het mestoppervlak gevormd, daarom moet er ruimte zijn in de mestopslag om dit schuim op te vangen om te voorkomen dat het overstroomt. Om de schuimlaag op te vangen wordt een extra hoogte aangeraden van een halve meter tot één meter (Rodhe, Casimir & Sindhöj, 2018). Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden met het HARSØ SAT systeem die de claims zouden kunnen onderbouwen.

Ørum Smeden

Ørum Smeden is een Deens bedrijf dat tevens wordt beschreven in het artikel van Rodhe, Casimir & Sindhöj (2018) vanwege het Ørum TF-12 acid delivery systeem dat het bedrijf verkoopt. Verdere informatie over Ørum Smeden is schaars, mede omdat de bedrijfswebsite alleen in het Deens en Duits vertaald is (Ørum Smeden, z.d.). Om deze reden zijn de claims van het bedrijf niet bekend en zijn ook geen wetenschappelijke onderzoeken gevonden over het Ørum TF-12 acid delivery systeem, de onderstaande informatie is daarom geheel afkomstig van het artikel van Rodhe, Casimir & Sindhöj (2018).

Ørum TF-12 systeem

Ook het Ørum TF-12 systeem is een methode om de mest aan te zuren tijdens de mestopslag (buiten de stal). Het systeem moet worden bevestigd op een tractor en maakt gebruik van een propellermixer en een pomp die is bevestigd aan de zuur(opslag)tank. De mixer wordt aangedreven door de tractormotor, welk soort zuur dat wordt toegepast in het systeem wordt niet benoemd. De propellermixer mixt de mest in de opslagtank met het zuur dat in de mest bij de propellermixer wordt gepompt. De mixer is voorzien van een pH meter om het verzuring proces te monitoren. Het pompen van het zuur wordt uitgevoerd door de leverancier van het zuur. Een agrariër zou alleen de proppellermixer aan hoeven te sturen en de pH in de gate houden vanuit de tractor, de agrariër komt dus niet in contact met het zuur wat volgens Rodhe, Casimir & Sindhöj (2018) de veiligheidsrisico's wegneemt. Afhankelijk van de propellermixer die wordt gebruikt kan het systeem worden toegepast in een mestopslagtank van 3000 tot 6000 m^3.

Ook bij dit systeem geldt dat dat de mest moet worden uitgereden kort nadat het is aangezuurd vanwege de bufferende werking van de mest. Daarnaast bestaat ook hier de kans dat een schuimlaag op de mest ontstaat. Het is daarom volgens Rodhe, Casimir & Sindhöj (2018) van belang dat de leverancier van het zuur (die het zuur in de mest pompt) ervaring heeft met het toevoegen van hoeveelheden zuur aan mest en dit op een efficiënte manier kan uitvoeren zodat schuimvorming geen probleem wordt. Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden met het Ørum TF-12 systeem die de claims zouden kunnen onderbouwen.

BioCover A/S

BioCover A/S is een in 2009 opgericht Deens bedrijf dat zich volledig bezig houdt met de verkoop van het aanzuringssysteem SyreN. Het idee voor SyreN is tot stand gekomen toen de Deense overheid zich begon in te zetten voor een reductie van de ammoniak uitstoot in de landbouw. Wetgeving bepaalt dat organische mest alleen nog op grasland aangebracht mag worden als het geïnjecteerd of verzuurd wordt (of een combinatie). BioCover A/S speelde hier op in door de ontwikkeling van het SyreN systeem, dat mest aanzuurt met zwavelzuur. Volgens de laatste cijfers op de website van BioCover uit 2014 waren in dat jaar 97 SyreN systemen actief (BioCover A/S, z.d.-a).

SyreN systeem

Het SyreN systeem wordt bevestigd aan de tractor en de giertank die worden gebruikt bij het uitrijden van de mest. Het systeem bestaat grofweg uit een zuurtank (fronttank), besturingspaneel (computor control), en de zuurinjector (acid injection) (Figuur 8). De zuurtank is een IBC-tank waarin het zuur zich bevind en wordt op zijn plaats gehouden door een klem. Links van de IBC-tank bevind zich een watertank. Het water wordt gebruikt om het systeem na gebruik schoon te spoelen van het zuur en neutraal te maken. Rechts van de IBC-tank bevind zich een tank waar optioneel extra mestadditieven kunnen worden toegevoegd in combinatie met het zwavelzuur. Een hydraulische pomp pompt het zwavelzuur van de IBC-tank naar de achterkant van de giertank, hier wordt het zuur aan de mest toegevoegd. Een pH meter zit ook bevestigd aan de achterkant van de giertank om de pH te meten van de mest waaraan het zuur al is toegevoegd. Het monitoren van de pH is volgens BioCover A/S van belang om te kunnen bepalen hoeveel zuur aan de mest toegevoegd moet worden.

Figuur 8 De hoofdonderdelen van het SyreN systeem (BioCover A/S, z.d.-b).

Het SyreN systeem maakt gebruik van zwavelzuur (96%), de hoeveelheid zwavelzuur dat wordt toegevoegd is afhankelijk van de pH en buffercapaciteit van de mest. Het zwavelzuur wordt toegevoegd om de pH van de mest te laten dalen. Deze pH daling zorgt volgens BioCover voor een

verschuiving van het evenwicht tussen ammoniak en ammonium richting ammonium. Een direct gevolg daarvan is dat minder ammoniak gevormd wordt en dus ook minder ammoniakemissie plaatsvind, aldus BioCover A/S, (z.d.-b). In tegenstelling tot ammoniak zou ammonium niet kunnen vervluchtigen waardoor de stikstof in de vorm van ammonium aanwezig blijft in de mest en beschikbaar blijft voor de planten. Ammonium is volgens Biocover A/S een uitstekende stikstof(meststof) voor planten en gaat maar in minimale hoeveelheden verloren aan het milieu. Dit komt doordat ammonium een positieve lading heeft waardoor het zichzelf aan de bodem bindt en daardoor niet gevoelig is voor uitspoeling (BioCover A/S, z.d.-b).

BioCover A/S, (z.d.-b) geeft ook aan dat het SyreN systeem de mogelijkheid biedt om het zwavelzuur aan de mest toe te voegen in combinatie met een ander mestadditief. Voorbeelden van zulke additieven die in de SyreN brochure worden benoemd zijn nitrificatieremmers (om de omzetting van ammonium naar nitraat af te remmen), ijzersulfaat ($FeSO_4$) om geur emissie te reduceren en mangaannitraat om mangaangebrek in het gewas tegen te gaan (BioCover A/S, z.d.-b).

VERA Verification statement

Het SyreN-systeem is gecertificeerd met het VERA Verification. Het SyreN-systeem is door VERA getest in 2010. Deze test is uitgevoerd volgens het "VERA Test Protocol for Measurement of Gaseous Emmissions form Land Applied Manure (versie 1, december 2009)" (Engel, 2012). SyreN is getest door een bemesting met onbehandelde mest (zonder toepassing van het SyreN systeem) te gebruiken als referentiepunt. Voor het onderzoek werd melkveemest toegepast op een grasveld. De twee parameters die zijn gemonitord waren ammoniak en geur. Uit de resultaten bleek dat de ammoniak emissie gemiddeld met 49% gereduceerd werd bij het toepassen van SyreN tegenover de situatie zonder SyreN. Uit de resultaten van de geur metingen bleek dat SyerN geen invloed heeft gehad op de geur emissie, de geuremissie was niet significant gestegen of gedaald. Op basis van deze resultaten heeft VERA in het certificaat geverifieerd dat de ammoniakreductie van SyreN 49% is wanneer het wordt toegepast op melkveemest, daarentegen is er geen effect op geuremissie (Engel, 2012).

Wageningen Plant Research: potentie van aanzuren op ammoniakemissie

Een onderzoek van Wageningen Plant Research International uit 2015 uitgevoerd door J.F.M. Huijsmans, J.M.G. Hol & H.A. van Schooten heeft de potentie van aanzuren van dierlijke mest doormiddel van een SyreN systeem in Nederland onderzocht. Doel van het onderzoek was om te bepalen hoeveel ammoniakemissie ontstaat bij het aanbrengen van aangezuurde mest met een sleepvoetmachine op grasland. Daarnaast is gekeken of het aanzuren van mest een positief effect heeft op de gewasopbrengst. Om dit te bepalen is een onderzoek in het veld uitgevoerd met een sleepvoet machine en mest afkomstig van een gangbaar melkveebedrijf. Om het mest aan te zuren is zwavelzuur (98%) gebruikt dat is toegepast tijdens het uitrijden en toediening van de mest. Als nulmeting zijn eerst metingen gedaan met een sleepvoetmachine waarbij onbehandelde mest werd uitgereden. Vervolgens is mest uitgereden met een sleepvoetmachine aangezuurd met 2 liter zwavelzuur per m^3 mest en 4 liter zwavelzuur /m^3 mest. Omdat bodem- en weersomstandigheden een invloed kunnen hebben op de metingen zijn de emissiemetingen op gespreide momenten gedurende het groeiseizoen uitgevoerd.

Uit de metingen is een gemiddelde ammoniakemissie reductie aangetoond van 7% bij 2 liter zwavelzuur per m^3 en 24% bij 4 liter zwavelzuur per m^3. Opvallend hierbij is dat in de eerste 24 uur na het uitrijden van de aangezuurde mest een duidelijke reductie te zien is van ammoniakemissie,

echter neemt de reductie na deze periode weer af. De grasopbrengst bleek bij de aangezuurde mest 10% hoger dan bij de onbehandelde mest, hierbij was geen verschil te zien tussen de aangezuurde mest met 2 liter/m^3 en 4 liter/m^3. Echter is geen significant verschil gevonden in ruw eiwit en zwavel gehaltes en stikstofopbrengst bij de verschillende aanzuur gehaltes.

In het rapport wordt de aanbeveling gemaakt om geen overmatige zwavel toevoegingen aan de bodem te doen om hoge zwavelgehaltes in de bodem en de uitspoeling van zwavel te voorkomen. Op basis hiervan wordt de conclusie getrokken dat niet al de mest aangezuurd kan worden (maar 1/3 van de totale jaarlijkse mestgift) om de zwavelgehaltes in de bodem acceptabel te houden (Huijsmans, Hol & van Shooten, 2015).

Aarhus University: onderzoek naar SyreN
In 2010 is een laboratorium- en veldonderzoek uitgevoerd naar de potentie van aanzuren met het SyreN systeem door Aarhus University in Denemarken. Het laboratoriumonderzoek bestond uit een opstelling van acht plastic bakken gevuld met grond. Aan vier van de bakken werd onbehandelde (varkens)mest toegevoegd boven het grondoppervlak en aan de overige vier bakken aangezuurde mest (aangezuurd met zwavelzuur 96%, net als bij het SyreN systeem) boven het grondoppervlak. Na toevoeging van de mest zijn de bakken gesloten en is de ammoniak emissie in de bakken gemonitord. De resultaten uit deze proef lieten wel degelijk een reductie zien in ammoniakemissie door de pH van de mest te verlagen. Door de pH van 7.8 te verlagen naar 6.8 werd de ammoniakemissie voor meer dan de helft gereduceerd.

Het veldonderzoek had als doel om de ammoniakemissie bij het injecteren van de mest in de bodem te vergelijken met het aanbrengen van aangezuurde mest aan het oppervlak van de bodem. De resultaten gaven aan dat de ammoniakemissie significant reduceert werd door het aan te zuren. Het aanzuren van mest gaf minstens net zoveel ammoniakemissie reductie als het injecteren van onbehandelde mest. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het aanzuren- en injecteren van mest gelijkwaardig aan elkaar kunnen zijn (Nyord et al. 2010).

Christian-Albrechts University: Onderzoek naar SyreN
Een ander onderzoek uitgevoerd door het Duitse Christian-Albrechts University in 2012 en 2013 heeft het SyreN systeem getest doormiddel van twee veldonderzoeken. Bij dit onderzoek is de ammoniakemissie van het injecteren van onbehandelde mest vergeleken met het bovengronds uitrijden van aangezuurde mest. De onbehandelde mest is geïnjecteerd op een diepte van 17,5 cm en 35 cm, de aangezuurde mest is over het grasoppervlak uitgereden met pH 6.5 en pH 6.0. Deze twee methodes zijn vergeleken met de ammoniakemissie van het bovengronds uitrijden van onbehandelde mest.

Het bovengronds uitrijden van onbehandelde mest gaf de hoogste ammoniakemissie. Van de twee andere methodes gaf het aanzuren van mest de hoogste reductie van ammoniakemissie. Het aanzuren van mest tot pH 6.0 gaf de hoogste gemiddelde reductie met 68.9% ammoniakemissie reductie tegenover een gemiddelde reductie van 42.2% bij pH 6.5. Het injecteren op een diepte van 17.5 cm gaf een gemiddelde reductie van 31.4% en een injectiediepte van 35 cm gaf een gemiddelde reductie van 60.6% (Seidel et al. 2013).

Kyndestoft Maskinfabrik

Kyndestoft Maskinfabrik is een Deens bedrijf dat zich richt op de verkoop van landbouwmachines en installaties. Het bedrijf wordt vermeld in het artikel van Rodhe, Casimir & Sindhöj (2018) vanwege het Kyndestoft slurry acidification system dat ze verkopen. De informatie op de bedrijfswebsite is schaars, wel is naast een Deense en Duitse ook een Engelse vertaling beschikbaar (Kyndestoft Maskinfabrik, z.d.). De claims van het bedrijf zijn echter niet bekend en wetenschappelijke onderzoek over het Kyndestoft slurry acidification system is niet gevonden, de onderstaande informatie is daarom geheel afkomstig van het artikel van Rodhe, Casimir & Sindhöj (2018).

Kyndestoft slurry acidification systeem

Het Kyndestoft slurry acidification systeem is (net als SyreN) een 'in-field' aanzuurmethode. Het systeem wordt gemonteerd op de tractor en de giertank waarmee de mest wordt uitgereden op het land. Het bestaat uit een zuurtank (voorop de tractor), zuurpomp, zuurinjector, pH meter en een controle paneel in de tractor. Het verschil van dit systeem ten opzichte van SyreN is dat het gebruik maakt van 50% zwavel zuur in plaats van 96%. De reden hierachter is dat 50% zwavelzuur volgens Rodhe, Casimir & Sindhöj (2018) minder gevaarlijk is in het geval van een ongeluk waar zuur bij betrokken is. Daarentegen wordt benoemd dat een grotere dosering van het 50% zwavelzuur nodig dan bij 96% zwavelzuur om dezelfde pH te bereiken. Een ander verschil is dat Kyndestoft een variant aanbied waarbij twee zuurtanks zijn bevestigd aan de zijkant van de giertank in plaats van een grote tank aan de voorkant van de tractor. De zuurtank of zuurtanks zitten vast aan het systeem, daarom moet het zuur voorafgaand het gebruik in de tank/tanks gepompt worden.

Afhankelijk van de type mest wordt vooraf de zuurdosering ingesteld op een pH van 6.0 (in Denemarken). Het zuur wordt vanuit de zuurtank naar de achterkant van de giertank gepompt en in de mest geïnjecteerd net voordat de mest op het land wordt aangebracht. De pH meter monitort de pH op deze plek zodat eventueel bijgestuurd kan worden vanuit de tractor. Het systeem bied de mogelijkheid om in combinatie met het zuur ook andere mestadditieven of vloeibare meststoffen toe te voegen (Rodhe, Casimir & Sindhöj, 2018). Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden met het Kyndestoft slurry acidification systeem die de claims zouden kunnen onderbouwen.

Nitrificatie- en ureaseremmers

Nitrificatieremmers worden ingezet om uitspoeling van nitraat tegen te gaan en de emissie van het broeikasgas N_2O te reduceren. De nitrificatieremmers doen dit door omzetting van ammonium naar nitraat te vertragen bij de eerste nitrificatiestap (Kuikman et al., 2016). Ureaseremmers worden ingezet om vorming van ammonium en ammoniak tegen te gaan. De Ureaseremmer vertraagt de omzetting van ureum naar ammonium door het enzym urease te remmen (Smits & Bokma, 2008). Hieronder worden twee nitrificatieremmers (PIADIN en Vizura) en één ureaseremmer (Limus) besproken.

SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH (SKW Piesteritz)

Het additief PIADIN wordt geproduceerd door SKW Piesteritz. SKW Piesteritz is een Duitse ontwikkelaar en producent van een groot aantal agrochemische en industriële chemische producten en tevens de grootste producent van ammoniak en ureum in Duitsland. Het bedrijf is in werking sinds 1915 en heeft momenteel meer dan 850 werknemers verspreid over vestigingen in Lutherstadt Wittenberg en Cunnerdorf. De producten van SKW Piesteritz bestaan vooral uit stikstofmeststoffen

voor de landbouwsector en basischemicaliën voor de industrie (ammoniak, ureum en salpeterzuur) (SKW Piesteritz, z.d.).

PIADIN

Een van de agrochemische producten van SKW Piesteritz is PIADIN. PIADIN is een additief dat kan worden toegevoegd aan vloeibare organische meststoffen en bevat de chemische componenten 1H-1,2,4 triazool en 3 methylpyrazol (PIADIN, z.d.). Het additief is in 2004 voor het eerst ontwikkeld door SKW Piesteritz en is sinds 2019 op de markt in de huidige vorm. SKW Piesteritz verkoop PIADIN alleen aan groothandelaren en dus niet rechtstreeks aan de gebruikers, het additief wordt gebruikt in Duitsland en aanliggende Europese landen (SKW Piesteritz, persoonlijke communicatie, 5 mei 2020). SKW Piesteritz claimt dat PIADIN bijdraagt aan een hogere efficiëntie van stikstof opname uit de organische mest door het gewas wat resulteert in een hogere gewasopbrengst. Daarnaast zou PIADIN de uitspoeling van nitraat naar oppervlakte- en grondwater afkomstig van dierlijke mest tot 50% kunnen reduceren. Ook wordt geclaimd dat PIADIN de emissie van het broeikasgas N_2O afkomstig van dierlijke mest kan reduceren tot 75%.

PIADIN is een zogenaamde nitrificatieremmer. Bij nitrificatie wordt ammonium-N uit organische-mest omgezet naar nitraat-N door nitrificatiebacteriën die aanwezig zijn in de grond. Nitraat-N kan vrij gemakkelijk uitspoelen wat resulteert in minder beschikbare stikstof voor het gewas en mogelijke schade voor het milieu. Ammonium-N daarin tegen is stabieler dan nitraat-N waardoor minder uitspoeling plaatsvindt en meer stikstof beschikbaar is voor het gewas. Volgens SKW Piesteritz remt PIADIN de nitrificatiebacteriën in de bodem waardoor de omzetting van ammonium-N uit de vloeibare meststoffen in nitraat-N wordt vertraagd met zes tot tien weken. Door deze vertraging blijft volgens het bedrijf over een langere periode meer stikstof (in de vorm van ammonium-N) aanwezig voor het gewas en wordt uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater gereduceerd. De vertraging van het nitrificatieproces zou zorgen voor minder nitraatvorming, waardoor minder (onvolledige) denitrificatie plaatsvind wat volgens SKW Piesteritz de reductie van de N_2O emissie verklaard.

PIADIN is verkrijgbaar in vloeistof vorm en kan op verschillende wijze worden toegevoegd. Het additief kan aan de giertank worden toegevoegd voordat de dierlijke mest wordt toegevoegd. Daarnaast kan het additief los worden toegediend op het land kort voordat de mest wordt toegediend. Ook is het mogelijk om PIADIN in de mestopslag toe te voegen, hierbij is het noodzakelijk om grondig te mengen en het uitrijden van het mengsel moet binnen twee weken plaatsvinden. De dosering van PIADIN kan afhankelijk van het gewas en tijd in het jaar verschillen van 4 liter/hectare tot 7 liter/hectare (Figuur 9) (PIADIN, z.d.).

Dosing and application times*:

Quantity in l/ha	February	March	April
Maize, sugar beet, potatoes	–	6**	5**
Grassland	5	4	–
Winter rye, winter barley, rapeseed	6	5	4
Winter wheat	7	6	5

The smaller the time gap between the application and the main N-uptake time of the plants, the lower the necessary PIADIN® application quantity.
* With all PIADIN® applications the time of fertilisation must be matched to the plant requirement in line with good professional practice.
** with Strip Till in the maize, only 3 l/ha of PIADIN® are needed

Figuur 9 Doseringen van PIADIN in liter/hectare (PIADIN, z.d.).

Nutriënten Management Instituut: onderzoek naar PIADIN

In een onderzoek uitgevoerd door het Nutriënten Management Instituut (NMI) zijn een aantal meststoffen en bemestingssystemen onderzocht doormiddel van praktijkonderzoek. De werking van PIADIN is in dit onderzoek ook getest door de aardappelopbrengst te vergelijken bij het toepassen van dierlijke mest bewerkt met PIADIN en onbewerkte dierlijke mest. Deze vergelijking is uitgevoerd bij pootaardappelen op zavelgrond, zetmeelaardappelen op zandgrond en consumptieaardappelen op zandgrond. De proeven zijn uitgevoerd in 2006, 2007 en 2008, wat in totaal negen resultaten opleverde.

Bij de resultaten van pootaardappelen is een hogere opbrengst van 2% waargenomen bij het dierlijke mest met PIADIN tegenover de dierlijke mest zonder PIADIN. Bij zetmeelaardappelen was deze opbrengst 6% hoger. De consumptieaardappelen lieten een opbrengstverhoging van 4% zien. De gemiddelde opbrengst over al de proeven bleek met 2% gestegen door toedoen van PIADIN vergeleken met de dierlijke mest zonder toevoeging van PIADIN (Postma & Schöll, 2009).

Wageningen University & Research: onderzoek naar PIADIN

Een ander onderzoek uitgevoerd door de WUR gaat over het testen van drie strategieën om stikstof afkomstig uit vaste rundmest beter te benutten in de bloembollenteelt. Een van de geteste strategieën is het toepassen van PIADIN. PIADIN is in dit onderzoek getest op het de claim dat de stikstof later zou vrij komen door het vertragen van het nitrificatieproces waardoor het stikstof beter beschikbaar is voor de plant.

Om dit te testen is een incubatieproef opgezet met plastic zakken gevuld met 400 gram grond. Per zak is 8 gram rundmest toegevoegd en 6 ml PIADIN, dit is toegepast voor drie herhalingen. De zakken werden na een bepaald aantal dagen (3, 45, 87, 129 en 171 dagen) geanalyseerd op de concentraties nitraat, ammonium, totaal-N en totaal-P. De resultaten uit deze analyse lieten zien dat de toevoeging van PIADIN geen verschil bracht in de snelheid van vrijkomen van stikstof. Daarnaast zijn de emissies van ammoniak en nitraat ook vrijwel niet beïnvloed door PIADIN. De onderzoekers trekken de conclusie dat PIADIN niet geschikt is om de stikstofbenutting uit vaste rundmest voor het gewas te verhogen omdat stikstof vrijwel niet later vrijkomt en het middel dus geen vertragende werking heeft (Belder & Vreeburg, 2010).

BASF Agricultural Solutions

BASF Agricultural Solutions (BASF) is een van oorsprong Duitse maar inmiddels wereldwijde ontwikkelaar en producent van gewasbeschermingsmiddelen, groeiregulatoren, hulpstoffen en stikstofregulatie middelen voor in de landbouw. Op dit moment biedt BASF een assortiment van 68 middelen aan, twee van deze middelen claimen een werking te hebben op de stikstofefficiëntie van dierlijke mest. Dit betreft de producten ureaseremmer Limus CL en stikstofstabilisator (nitrificatieremmer) Vizura (BASF Agricultural Solutions, z.d.-a).

Limus CL

Limus CL is een vloeibare ureaseremmer dat kan worden toegevoegd aan vloeibare meststoffen die ureum bevatten. De actieven stoffen in het additief bestaan voor 25% uit N-Butyl-Phosphorothioic Triamide (NBPT) en voor 25% uit N-Propyl-Phosphorotioic-Triamide (NPPT). BASF claimt dat Limus CL de stikstofefficiëntie voor het gewas verhoogd wat betekend dat meer stikstof beschikbaar is voor het gewas. Verder claimt het bedrijf dat ammoniak verliezen met 50 tot 70% worden gereduceerd. Daarnaast claimen ze dat de emissie van koolstofdioxide wordt gereduceerd, hier worden echter

geen percentages genoemd. In omstandigheden zonder Limus CL wordt ureum afkomstig van vloeibare meststoffen in de bodem omgezet tot ammoniak en koolstofdioxide door het enzym urease. De werkzame stoffen in Limus CL (NBPT en NPPT) blokkeren volgens BASF het enzym urease waardoor de omzetting van ureum wordt vertraagd, minder stikstof verloren gaat door vervluchtiging (in de vorm van NH_3 en CO_2) en dus meer stikstof beschik beschikbaar is voor het gewas. Limus CL wordt toegepast door het toe te voegen aan de meststof in de giertank van de spuitmachine. Voor de dosering wordt geadviseerd om 1 liter Limus CL te gebruiken per 1000 liter ureum bevattende meststof. Het additief zou geschikt zijn voor elk gewas en zou op ieder moment van de dag toegepast kunnen worden. Het middel moet echter wel binnen vijf dagen zijn aangebracht op het land na menging met de meststof om de werking te garanderen (BASF Agricultural Solutions, z.d.-b).

Vizura

Vizura is een vloeibare stikstofstabilisator dat kan worden toegevoegd aan drijfmest. De werkzame stof in Vizura is de door BASF ontwikkelde nitrificatieremmer dimethylpyrazolfosfaat (DMPP). BASF claimt dat Vizura een positieve werking heeft op de groei en ontwikkeling van het gewas doordat ammonium-N voor een langere tijd beschikbaar is, daardoor zou de gewasopbrengst tot 7% hoger kunnen worden en de gewaskwaliteit stijgen. Daarnaast claimt het bedrijf dat het toepassen van Vizura resulteert in minder nitraat-uitspoeling naar het grondwater en een reductie van broeikasgasemissies. Volgens BASF remt de werkzame stof in Vizura de nitrificatie (omzetting van ammonium naar nitraat) waardoor ammonium-N langer beschikbaar is voor het gewas, dit zou voordelig zijn voor de groei. In tegenstelling tot nitraat zou ammonium niet uitspoelen. Door de toepassing van Vizura wordt volgens BASF minder nitraat gevormd waardoor minder nitraatstikstof uitspoelt naar het grondwater. Vizura dient toegevoegd en gemengd te worden met drijfmest vlak voor het uitrijden op het land. De dosering is verschillend, afhankelijk van de veldindeling en tijd in het jaar, van 2 tot 3 liter per hectare (BASF Agricultural Solutions, z.d.-c).

Wetenschappelijk onderzoeken naar Vizura

In het rapport van Chiodini et al. (2019) is de werking van Vizura op de emissie van lachgas uit dierlijke mest onderzocht. Het doel van het onderzoek was om de effectiviteit van Vizura op het reduceren van lachgas emissie uit dierlijke mest te bepalen. Hiervoor zijn twee veldproeven opgezet waar de lachgas emissie werd gemonitord in 2016 en 2017. Bij deze veldproeven is vaste mest toegepast (geïnjecteerd) op een akker waar maïs wordt verbouwd. De akker was verdeeld in blokken met drie willekeurige bemestingstoepassing, 1) geen bemesting, 2) bemesting zonder Vizura en 3) bemesting met Vizura. De nitrificatieremmer Vizura werd vlak voor het aanbrengen op het land gemengd met de mest. Uit de resultaten bleek dat de emissies bij de bemeste blokken zonder Vizura significant hoger waren dan bij de blokken die bemest waren met Vizura behandelde mest. Zo was in 2016 de gemeten lachgas concentratie bij de bemesting zonder Vizura 50% hoger dan de emissie bij de bemesting met Vizura. In 2017 was dit verschil zelfs 81%. Het rapport concludeert daarom dat Vizura de nitrificatie wel degelijk lijkt af te remmen en een goede methode is om broeikasgasemissie uit dierlijke mest te reduceren (Chiodini et al., 2019).

In een publicatie van Nair et al (2020) is de werking van Vizura op de emissie van lachgas en uitspoeling van nitraat getest bij toepassing op dierlijke mest. De werking van Vizura is getest door een lysimeter experiment op een maisveld met zandgrond.

Agrifirm

De Koninklijke Coöperatie Agrifirm (Agrifirm) is een Nederlandse onderneming waar 10.000 boeren bij aangesloten zijn. Agrifirm levert producten en diensten voor de sectoren melkvee, vleesvee, varkens, pluimvee, legpluimvee, geiten, biologisch, bloembollen, fruitteelt, loonwerk, akkerbouw en groenteteelt (Agrifirm, z.d.-a). Een voorbeeld van een product is ENTEC, een mestkorrel dat een nitrificatieremmer bevat. Deze nitrificatieremmer is ook zonder mestkorrel verkrijgbaar, genaamd als het product Top Flow entec fl. Top Flow entec fl kan worden toegevoegd aan elke soort drijfmest en bevat de werkzame stof DMPP (ontwikkeld door BASF) (Agrifirm, z.d.-b). Volgens Agrifirm zou dit additief de omzetting van ammonium naar nitraat vertragen. Een gevolg hiervan zou zijn dat stikstof langer behouden blijft in de mest in de vorm van ammonium en nitraatuitspoeling zou gereduceerd worden. Uit onderzoek van Agrifirm, uitgevoerd door Wageningen Plant Research in 2015 en 2016 op zandgrond, is aangetoond dat de ruwe eiwitopbrengst in de eerste snede met 10% verhoogd kan worden door het toepassen van drijfmest behandeld met Top Flow entec fl (Agrifirm, 2017). Geen onafhankelijke rapporten of wetenschappelijke publicaties zijn gevonden over Top Flow entec fl die de claims kunnen staven.

Bijlage 3. Literatuurstudie fysische additieven

In deze Bijlage zal alle vergaarde informatie omtrent de fysische additieven worden weergegeven. Per additief wordt respectievelijk een korte bedrijfsbeschrijving van de producent/leverancier gegeven, relevante informatie van de website, (onafhankelijke) onderzoeken en wetenschappelijke artikelen. Daarnaast is aanvullende informatie verkregen via de toegestuurde enquête, echter is deze niet door alle producenten (volledig) ingevuld en geretourneerd. De fysische additieven worden ook wel omschreven als additieven op basis van ionen/fysische regulatie, hieronder wordt beschreven wat daar precies mee wordt bedoeld.

Additieven op basis van ionen/fysische regulatie

Fysische additieven kunnen bestaat uit kleimineralen. Kleimineralen hebben het vermogen om ammoniak (of andere stikstof bevattende stoffen) en mineralen te adsorberen op het oppervlak. Voor micro-organismen biedt dit kansen omdat de kleimineralen als een prima leefomgeving functioneert (Holshof & Bussink, 2002). Naast kleimineralen zijn ook polymeren gevonden die een werking claimen te hebben door het aantrekken van ionen door een positief geladen oppervlak.

MS Schippers & AgriBiotica

MS Schippers is een Nederlands bedrijf gevestigd in Bladel. Het bedrijf heeft in het assortiment meer dan 10.000 producten en continu worden nieuwe producten ontwikkeld. Het bedrijf staat in direct contact met klanten (agrariërs) via mensen in de buitendienst. De aangeboden producten zijn ontwikkeld met de doelstelling elke agrariër zijn werk optimaal te laten uitvoeren. MS Schippers is een internationaal bedrijf met vestigingen in België, Duitsland, Spanje, Frankrijk, Italië, Denemarken, Engeland, Rusland, Canada en Brazilië. Een van de producten die MS Schippers verkoopt (als tussenhandelaar) is Triune, een drijfmestverbeteraar ontwikkeld door het bedrijf AgriBiotica.

Triune

Triune is een wateroplosbare polymeer dat volgens AgriBiotica niet biologisch afbreekbaar is. Het middel heeft een negatief geladen oppervlak waardoor positief geladen kationen worden aangetrokken aan de oppervlakte. Volgens AgriBiotica (z.d.-b) bestaat TRIUNE voor 43-45% uit polycarboxylaat zouten, 53% uit water en voor minder dan 500 ppm uit monomeer resten. Meerdere claims worden door AgriBiotica gemaakt over het gebruik van Triune, zoals: minder korstvorming, homogenere mest, verhoogde mestwaarden voor het gewas en dus een hogere gewasopbrengst, binding van ammoniak, minder ammoniak- en methaanemissies (AgriBiotica, z.d.-b). De aanbevolen dosering voor varkensdrijfmest is 1 liter per 30 m^3 en voor runderdrijfmest 1 liter per 50 m^3. Het additief wordt in een vloeibare vorm aangeboden in een kan van 10 liter. Op de geraadpleegde datum van de website (6 april 2020) heeft het additief een prijs van €539,06 inclusief BTW (MS Schippers, z.d.).

AgriBiotica (z.d.-b) claimt dat TRIUNE naast ammoniakemissie ook de methaan- en waterstofsulfide-emissies reduceert. Daarnaast wordt geclaimd dat TRIUNE risico's voor de gezondheid van de bedrijfsmedewerker en het vee verminderd. Het zou een veilig product voor mens, dier, plant en milieu zijn. Volgens AgriBiotica zorgt TRIUNE voor een remming van de omzetting naar ammoniak en andere gassen. De negatieve lading van TRIUNE zou hier de oorzaak van zijn, volgens dit bedrijf ontstaat hierdoor een binding tussen met het positief geladen ammonium. Andere nutriënten waarden in de mest worden ook hoger, omdat minder wordt omgezet en minder verluchtigd. Omdat fosfaat (PO_4^{3-}) een negatief geladen element is gaat het in de bodem een verbinding aan met positief

geladen kationen. Hierdoor is fosfaat niet opneembaar voor de plant, door het toedienen van TRIUNE zou fosfaat stabiliseren en beschikbaar blijven voor de plant. Bovendien wordt geclaimd dat het zorgt voor meer behoud van micro elementen in de mest in een voor de plant opneembare vorm (AgriBiotica, z.d.-b). In een intern onderzoek uit 2018, uitgevoerd in de Verenigde-Staten, is een analyse gedaan op behandelde en onbehandelde varkensdrijfmest door een onafhankelijk laboratorium. Hieruit bleek dat alle gemeten parameters uit de behandelde drijfmest (ammonium, organisch stikstof, stikstof totaal, P_2O_5, K_20, S, Ca, Mg) significant hoger bleken in verhouding tot de onbehandelde drijfmest (AgriBiotica, z.d.-a).

EMA Consultancy B.V.

EMA Consultancy B.V. is een Nederlands bedrijf dat biostimulanten verkoopt onder de verkoopnaam 'BioHumat'. BioHumat bestaat uit een geprepareerd en geconcentreerde huminezuur verbinding. Deze biostimulanten kunnen worden ingezet ter verbetering van de gezondheid en vitaliteit van de plant, ter bevordering van afbraak en omzettingsprocessen in de bodem en biogasinstallatie, als zaadcoating en voor in dierlijke mest.

BioHumat Mest

Het product 'BioHumat Mest' wordt volgens EMA Consultancy B.V. gewonnen uit organisch materiaal. Het bedrijf claimt dat het additief zorgt voor een zuurstofrijk klimaat in de mest waardoor de mest homogener wordt met minder geuremissies. Andere claims die worden gemaakt zijn: stikstof wordt gebonden en komt vrij op basis van de behoefte van de plant; het rendement gaat omhoog waardoor minder kunstmest nodig is; de uitspoeling van nutriënten wordt gereduceerd; micro-organismen in de bodem worden ondersteund; fosfaat wordt vastgelegd en beschikbaar gemaakt voor de plant; het wortelstelsel en de plant groeien en ontwikkelen beter. De aanbevolen dosering van het additief bedraagt 5 liter per 100 m^3 mest met een wekelijkse toevoeging van 0.35 ml bij melkvee en 2 ml bij varkens. Uit onderzoek is een reductie van ammoniak- en methaanemissies gemeten van respectievelijk 26% en 20% zijn gemeten (EMA Consultancy B.V., z.d.). Wie dit onderzoek heeft uitgevoerd wordt niet benoemd.

Holland Green International & Fadu International

Holland Green International is een Nederlands bedrijf uit Waspik en verkoopt het poeder product 'BioVitall' (BVP-M) voor planten, vijvers, drinkwater voor dieren en als mestadditief. Naast Holland Green International is ook Fadu International een dealer van BVP-M producten in Nederland en tevens distributeur in Turkije. Het additief is op natuurlijke basis geproduceerd en is een zout of krijt. Het product moet worden gemengd met zuurstofrijk water. Door het toevoegen van het additief met water zal door de combinatie het anaeroob proces in de mest worden omgezet in een aeroob proces en de pH-waarde zal 7 (neutraal) worden (Holland Green International, z.d.; Fadu International, z.d.).

De zuurstofminnende bacterie zal namelijk de zuurstof uit water gebruiken om te groeien, waarbij CO_2 vrijkomt. Deze CO_2 wordt vervolgens weer gebruikt door een alg om te groeien. Volgens Fadu International (z.d.) zit in elke mest een alg, welke de vrijkomende CO_2 gaat opnemen en snel gaat groeien waardoor zuurstof vrijkomt. De zuurstof minnende bacteriën kunnen vervolgens weer gaan groeien door het extra vrijkomen van zuurstof van de alg.

Dit heeft als gevolg dat in het vocht koolzuur ontstaat waardoor de mest homogeen wordt, met een afname van schuim- en koekvorming, minder stank, en een verhoogde bemestingswaarde doordat meer stikstof in de mest blijft. Volgens Fadu International (z.d.) kan een geur- en ammoniakreductie

behaald worden van 80 tot 90%, daarnaast kan een verhoogde opbrengst van 10 tot 15% worden gerealiseerd. Volgens Holland Green International (z.d.) zal de emissie van ammoniak worden gereduceerd met 2 tot 4 ppm. Tevens wordt geclaimd dat de emissies van methaan, lachgas, koolstofdioxide, waterstofsulfide ook af nemen met dezelfde concentratie. De zuurstofactivering zou door blijven gaan wanneer de behandelde mest wordt aangebracht op het land. Holland Green International beveelt aan om de combinatie van zuurstofrijk water met het BVP-M (Plus) additief aan te brengen in de mestkelder als daar koekvorming ontstaat, en vervolgens wekelijks over de stalvloer aan te brengen. Geclaimd wordt namelijk dat dit zorgt voor een beter stalklimaat, gezondere en productievere dieren en een betere gezondheid voor de agrariër. Voor de dosering beveelt het bedrijf aan om 1 kilogram per 100 m3 mest in de mestkelder aan te brengen en vervolgens wekelijks een dosering over de stalvloer aan te brengen. De wekelijkse dosering bij rundvee is 3 gram, vleesvarkens/vleeskalveren 2 gram, biggen 0.7 gram en kippen 5 gram per 400 dieren. 20 gram BVP-M (Plus) moet worden verdund met 10 liter water (Holland Green International, z.d.). Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden met BVP-M die de claims zouden kunnen onderbouwen.

AgriVital International B.V.

AgriVital International B.V. is een Nederlands bedrijf uit Rossum en is een producent en leverancier van een viertal supplementen voor in dierlijke voeding en in organische meststoffen. Eén van deze vier producten is het mestadditief genaamd AgriVital Berkana. Berkana is toe te passen in drijfmestputten maar ook voor in vaste mest. Bij het toepassen van Berkana wordt bij de eerste toepassing een dubbele dosering aanbevolen, 2 tot 3 kilogram per 100 m^3 mest. Hierna volstaat een behandeling met een enkele dosering van 1 tot 1.5 kilogram per 100 m^3 mest. De producten van AgriVital bestaan volgens het bedrijf uit fijn gemalen krijtmeel of magnesiumsulfaat van natuurlijke oorsprong (AgriVital International B.V., z.d.). De volgende claims met betrekking tot de werking worden gemaakt door AgriVital: “minder schuimvorming, een beter stalklimaat, minder ammoniakemissies, homogenere mest, waardevollere mest en gezondere dieren” (AgriVital International B.V., z.d.).

Uit de ingevulde enquête (persoonlijke communicatie, 8 mei 2020) blijkt dat het product sinds 2008 op de markt is en zich richt op de varkenshouderij. De leverancier schat dat ongeveer 50 klanten het additief afnemen en vermeld dat in samenwerking met een varkensbedrijf het additief (in de klantenkring van het varkensbedrijf) ook verkocht wordt onder de naam ‘DANU-M’. De prijs voor het additief is €10 per kilogram. Eén kilogram DANU-M moet worden gemengd met 100 liter water en het ongeveer vier weken duurt alvorens het succesvol is. Het additief bestaat uit magnesiumsulfaat (molecuul formule $MgSO_4 \cdot 7H_2O$). Aan het middel wordt via een bio resonantie proces bepaalde frequenties en energie aan de carrier grondstof (magnesiumsulfaat) toegevoegd. Aerobe bacteriën worden door de toediening van het additief gestimuleerd. Volgens de leverancier zijn er geen metingen uitgevoerd op parameters zoals (minerale of organische) stikstof in de mest of ammoniak- en broeikasgas emissies. De werking zou wel te zien zijn in de mest omdat dikke lagen verdwijnen, de mest vloeibaarder wordt en de mest begint te borrelen. Volgens de leverancier is het grootste voordeel dat de verpompbaarheid van de mest verbetert (K. Langerak, persoonlijke communicatie, 8 mei 2020). Geen onafhankelijke rapportages of wetenschappelijke onderzoeken zijn gevonden met Berkana die de claims zouden kunnen onderbouwen.

Beterland B.V.

Beterland B.V. is een Nederlands bedrijf uit Langeveen die Besteland Products importeert en distribueert in Nederland. Een van de producten in het assortiment van deze firma is Optizec-Zeolite, wat een zeoliet is. Tevens verkoopt het bedrijf het product BoxMest-Aktiv (BMA) dat de stalmilieu zou verbeteren en ammoniak zou binden door een hoge CEC (1500 mmol/kg). Uit een mail met de leverancier (J. van der Aast, persoonlijke communicatie, 7 mei 2020) blijkt dat BMA in feite zeoliet is en wordt verkocht onder de naam Optizec-Zeolite. Hieruit blijkt tevens dat het product wordt gebruikt als strooiproduct op het gras- en bouwland. Het product is opgenomen in de Skal input lijst.

Volgens Beterland B.V. (z.d.) zijn onder andere de volgende voordelen toe te schrijven aan het gebruik van Optizec-Zeolite: “minder geur en ammoniak verliezen, verbeterde stikstofbenutting, hogere eindgehaltes in de mest (door minder emissie) en binding van toxische stoffen” (Beterland B.V., z.d.).

Zeoliet ontstaat bij vulkaanuitbarstingen wanneer vulkanisch as reageert met zouthoudend water tot zeoliet onder invloed van hoge temperaturen (of druk). Niet alle zeoliet gesteente zijn hetzelfde, de omstandigheden waardoor het zeoliet gevormd is bepalen namelijk de specifieke kenmerken (van Mullekom et al., 2019).

Naast natuurlijke zeolieten zijn er ook synthetisch geproduceerde zeolieten. Zeoliet kent vele toepassingen in verschillende sectoren, zo wordt het gebruikt in de waterzuivering, luchtzuivering en ook in de veehouderij als stalstrooisel of voederadditief. Het (natuurlijk zeoliet gesteente) Optizec-Zeolite is van de soort clinoptiloliet en heeft volgens van Mullekom et al (2019) een molecuulformule van $Na_6[(AlO_2)_6(SiO_2)_{30}].24H_2O$. Zeoliet heeft een driedimensionale open honinggraatstructuur met een negatief geladen oppervlakte, en is opgebouwd uit (vierwaardig) silicium en zuurstof in de verhouding één op twee. Tevens bevat zeoliet ook een scala aan sporenelementen. Door het negatief geladen oppervlak kan het kationen absorberen. De kationen die zeoliet kan absorberen zijn echter zwak gebonden waardoor ze ook weer vrij kunnen komen (van Mullekom et al., 2019).

Onderzoek nitraatuitspoeling met Optizec-Zeolite

In 2018 is door onderzoekscentrum B-WARE een veldproef uitgevoerd waarbij onder andere het grondwater is onderzocht op nitraatgehaltes na het toepassen van Optizec-Zeolite op verschillende manieren. Het geteste perceel was een zandgrond met een laag lutumgehalte (<1%) en een zure pH (5,1). Twee toepassingen werden door Mullekom et al (2019) gehanteerd: 400 kg zeoliet (korrelgrootte 1-1,5 mm) toevoegen op het land voorgaand aan de eerste bemesting in het voorjaar en aan één m^3 mest 10 kg zeoliet (korrelgrootte 200 µm) toevoegen. Het geteste perceel werd onderverdeeld in vier stroken. Ten eerste fungeerde één strook als controle (wel bemest maar geen zeoliet), ten tweede kreeg één strook een bemesting met 400 kg zeoliet, ten derde kreeg één strook een bemesting van 10 kg zeoliet per m^3 mest en ten laatste kreeg één strook een combinatie van 400 kg zeoliet en 10 kg zeoliet per m^3 mest. Gedurende het groeiseizoen werd drie keer bemest en vier sneden gras geoogst. Een zodenbemester werd gebruikt om de drijfmest te injecteren en de kunstmest werd aangewend als korrel. Maandelijks werden twee grondwatermonsters (met drie herhalingen) genomen. Tevens zijn van het blijvend grasland bodem- en grasanalyses genomen (van Mullekom et al., 2019).

Uit de analyses van het grondwater bleek dat de controlestrook significant verhoogde nitraatconcentraties bevatte ten opzichte van de drie behandelde stroken. Hiermee werd de

grenswaarde van nitraat in het grondwater (50 mg/l) overschreden, met een gemiddelde concentratie van 96 mg/l. Vooral in het najaar werd de grenswaarde ver overschreden bij de onbehandelde strook, hier was de nitraatconcentratie bijna 150 mg/l. Dit is te verklaren doordat in deze periode veel regen is gevallen en doordat nitraat bij veel neerslag immobiel wordt in de bodem is het gevoeliger voor uitspoeling. De gemiddelde concentratie in de behandelde stroken met zeoliet in het najaar zijn echter 18 mg/l. Dit zou te verklaren zijn doordat ammonium aan zeoliet wordt gebonden en daardoor gelijkmatiger gedurende het groeiseizoen vrijkomt voor de plant. Stikstof wordt hierdoor efficiënter benut en er treden minder verliezen op. Uiteindelijk wordt geconcludeerd dat een reductie van nitraatuitspoeling door zeolietbehandelingen van de grond en/of mest in de orde van 73 tot 80% kan worden behaald. De gemoeide kosten van zeoliet bedragen op dit moment tussen de €250 en €300 per ton, afhankelijk van de korrelgrootte (van Mullekom et al., 2019).

Agri Minerals

Agri Minerals is een Nederland bedrijf uit Rosmalen dat zowel het mestadditief AMFA verkoopt als het stalsysteem No-Ch. Hieronder worden beide producten toegelicht.

AMFA

Agri Minerals heeft het biologisch product Agri Minerals Fertilizer Additive (AMFA) ontwikkeld, welke ook op de Skal inputlijst staat. AMFA bestaat uit mineralen en zouten die opgelost zijn in een vloeistof met een hoog zuurstofgehalte. Dit hoge zuurstofgehalte maakt de mest volgens Agri Minerals homogeen, daarnaast benoemd het bedrijf dat “drijfmest tot rust komt en zodoende aanzienlijk minder gassen uitstoot” (Agri Minerals, z.d.-a). Uit een case-control pottenproef onderzoek van Ettema et al (2020) blijkt dat AMFA zorgt voor een afname van ammoniakemissie in de eerste vier dagen tussen 21% (puntmetingen) en 30% (continue metingen). Na vier dagen nam de reductie van ammoniakemissie af tot 10%. Hierdoor lijkt volgens Ettema et al (2020) afdoende om eens in de vier dagen een dosering toe te voegen in mestopslagen buiten de stal. In de stal zal deze dosering echter vaker moeten worden toegediend. De methaanemissie nam af met een percentage tussen de 19 en 48%. Volgens Ettema et al (2020) betekent de methaanemissie bij mestopslagen buiten de stal hierdoor met 19-48% afnemen en in de stal met 5-10%. Op basis van mestanalyses is geconcludeerd dat NH_3-N werd vastgelegd als organisch-N, daarnaast werd de pH van de toplaag van de mest verlaagd, wat de afname van de ammoniakemissie kan verklaren.

No-Ch

Naast het product AMFA verkoopt Agri Minerals ook het emissiereducerend systeem No-Ch. No-Ch is een mestrobot die over het vloersysteem ‘Easyfix’ van het bedrijf HCl Betonindustrie de verse mest en urine wegschuift en deze meteen behandeld met het additief AMFA. In de mestrobot zit een verdeeltank die het additief sproeit met een vooraf bepaalde dosering. Volgens Agri Minerals reduceert No-Ch de ammoniakemissies uit de kelder met 30% en de methaanemissies met 50%. Omdat emissies in de stal worden gereduceerd wordt het stalklimaat volgens Agri Minerals verbetert. Een verbetert stalklimaat zou volgens het bedrijf weer resulteren in gezonder vee dat beter produceert. Momenteel is No-Ch alleen te verkrijgen in de combinatie met het stalvloersysteem van Easyfix van HCl. Deze combinatie heeft momenteel een proefstalstatus, waarmee dit het enige additief is in Nederland die deze status tot dusver heeft ontvangen (Agri Minerals, z.d.b).

FCSI ApS (kleimineralen)

FCSI ApS is een Deens bedrijf dat zich bezighoud met het ontwikkelen en produceren van het drijfmestadditief Active NS. Active NS is een poeder dat bestaat uit drie natuurlijk kleimineralen. Volgen FCSI ApS werkt Active NS op basis van ionen- uitwisseling en absorptie, volgens het bedrijf heeft het additief daarom de eigenschap om ammoniak te binden. De claim die FCSI ApS over de werking van Active NS maakt betreft voornamelijk de reductie van ammoniak, zo zou het additief 1.2 kg ammoniak per ton drijfmest binden wat resulteert in een emissie reductie van 45%. Andere claims die het bedrijf noemt zijn homogenere mest en een geuremissie reductie van 40%. Daarnaast zou Active NS het eiwit gehalte in maïs met 10 tot 15% kan verhogen. Als dosering wordt 20 gram Active NS/m^3 mest geadviseerd, daarnaast wordt sterk aangeraden om de mest te 'schudden' voorafgaand en na de toepassing van Active NS. Het bedrijf geeft op de website aan leveranciers van Active NS te hebben in Tsjechië, Denemarken, Duitsland, Oostenrijk, Zwitserland, Zuid-Korea, Noorwegen, Roemenië, Slovenië en de Verenigde Staten (FCSI ApS, z.d.). In Nederland is Kijfeed Veevoeders de distributeur van Active NS (Kijfeed Veevoeders, z.d.).

Volgens de directeur van FCSI ApS is Active NS al negen jaar op de markt en wordt het aan ongeveer 20% van de agrariërs in Denemarken verkocht (K.E. Molbech, persoonlijke communicatie, 1 juli 2020). Active NS kost volgens Molbech ongeveer €125 per 10 kg en de aanbevolen dosering is 20 gram additief per m^3 drijfmest. Het economisch voordeel zou terug te verdienen zijn in het behoud van ammonium in de drijfmest. Tussen 1 en 2 kg NH_4^+ blijft behouden, dit zou een winst betekenen van €1 per m^3 drijfmest. De kosten die gemoeid zijn met het additief bedragen €0,15 per m^3 drijfmest (persoonlijk communicatie, 1 juli 2020).

Laboratorium- en stalonderzoek naar Active NS en ammoniakemissie

Uit onderzoek van Uald et al. (2019) bleek dat met Active NS (volgens deze auteurs bestaande uit zeolieten) veelbelovende resultaten kan worden behaald omtrent de reductie van ammoniakemissie. In dit onderzoek is Active NS zowel onderzocht in een laboratorium proef als in een praktijkproef in de stal. In de laboratoriumproef is de ammoniakemissie gemeten uit een erlenmeyer met mest en twee erlenmeyers met mest behandeld met 20 en 100 gram Active NS per m^3. Bij de praktijkproef in de stal is de ammoniakemissie in twee stallen gemeten, één stal met onbehandelde mest en één stal met Active NS behandelde mest. Uit de resultaten van het stalonderzoek is een afname tussen de 15 en 45% van de ammoniakemissie behaald, afhankelijk van het stadium van de varken. Ook de laboratorium proef bevestigd dat Active NS een significante bijdrage kan hebben bij het reduceren van de ammoniakemissie uit mest. Uald et al (2019) concluderen daarom dat het toevoegen van Active NS aan de mest in de stal een goede methode is om de ammoniakemissie te reduceren.

Stalonderzoek naar Active NS en geur- en ammoniakemissie

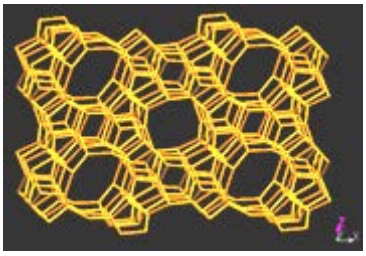
In een onderzoek van FORCE Technology is een case-control studie uitgevoerd door Gram & Oxbøl (2015) naar de invloed van Active NS op de geur- en ammoniakemissie uit een varkensstal. De geur- en ammoniakemissie is gemeten in een stal dat verdeeld is in twee delen, waarbij het ene deel behandelde mest (20 gram Active NS/m^3 mest) bevat en het andere deel onbehandelde mest. De reductie van geur is gemeten in OU/s/1000 kg varkens en ammoniakemissie reductie in g NH_3-N/uur/varken. Uit de resultaten blijkt dat Active NS zorgt voor een significante afname van geur- en ammoniakemissie van respectievelijk 37% en 45% per 1000 kg varken (Gram & Oxbøl, 2015).

Invloed van Active NS op grasland

In 2019 is in opdracht van FCSI ApS een onderzoek uitgevoerd door Groeikracht naar het effect van Active NS op de gewasopbrengst, nutriënten in het gewas en de bodem. Het onderzoek bestond uit een veldonderzoek op Nederlands grasland. Het veld was verdeeld in zes stroken waarbij de stroken 1 en 4 zijn bemest met onbehandelde mest en stroken 2 en 5 met behandelde mest (met Active NS). De mest van stroken 1, 2, 4 en 5 zijn is afkomstig uit dezelfde rundveestal. De stroken 3 en 6 zijn ook bemest met behandelde mest (met Active NS) alleen betreft dit een andere meststof die 20% minder stikstof bevat dan bij de andere stroken. De verschillen in gewasgroei is bepaald door het gras van de verschillende stroken te maaien en dit te wegen, het nutriëntengehalte in het gras is bepaald door grasmonsters te laten analyseren. Daarnaast is de invloed op de bodem bepaald door het uitvoeren van bodem- en mestanalyses. De resultaten laten een significante stijging zien in het stikstofgehalte in de mest behandeld met Active NS. Daarnaast zijn verhoogde ammoniak-N concentraties gemeten in de behandelde mest. De behandelde stroken gaven een hogere opbrengst met een betere kwaliteit gras ten opzichte van de onbehandelde stroken, echter was dit verschil niet significant. In het onderzoek wordt geconcludeerd dat het toevoegen van Active NS aan mest lijkt te zorgen voor een betere stikstofefficiëntie bij grasland, wat zou kunnen betekenen dat nitraatuitspoeling gereduceerd wordt en minder kunstmest gebruikt hoeft te worden (Groeikracht BV, 2020).

Zeolite Products

Zeolite Products is een Nederlands bedrijf uit Varsseveld en verkoopt het product zeoliet, dat kan worden gebruikt voor toepassing in verschillende sectoren. Tevens wordt het zeoliet – Clinoptiloliet – verkocht in verschillende (korrel)groottes. Het Clinoptiloliet dat Zeolite Products verkoopt voor gebruik in veestallen is genaamd ZeoFarm Stable. ‘’Clinoptiloliet, heeft haar zeer specifieke eigenschappen te danken aan haar driedimensionale kristallijne structuur. De driedimensionale kristallijne structuur is te vergelijken met een “honingraat-” / “spons-” structuur met zijn vele “kanalen” en “poriën” (Zeolite Products, 2019). Volgens Zeolite Products is de oppervlakte van het product (oplopend tot) 450 m^2 per gram. Dit heeft het te danken aan de honinggraatstructuur, weergegeven in Figuur 10 (Zeolite Products, 2019).



Figuur 10 Honinggraatstructuur van clinoptiloliet (Zeolite Products, 2019).

‘’Het ruimtelijke skelet van zeoliet is opgebouwd uit aluminium- en siliciumionen, die onderling door zuurstofatomen met elkaar zijn verbonden. Op moleculair niveau zitten die zo gerangschikt ten opzichte van elkaar, dat langgerekte kanalen en poriën ontstaan’’ (Zeolite Products, 2019). Door de aluminium- en siliciumionen is zeoliet negatief geladen, waardoor het positieve ionen zoals ammonium kan absorberen. De werking van zeoliet is dan ook gebaseerd op ionenwisseling. (Zeolite Products, 2019). Daarnaast kan volgens Zeolite Products (2019) Clinoptiloliet ook onaangename geuren absorberen en binden. Het Clinoptiloliet van Zeolite Products is GMP+ en SecureFeed gecertificeerd en veilig voor mens, dier en milieu (Zeolite Products, 2019).

Het additief ZeoFarm Stable kan zowel in de stal worden gebruikt als stalstrooisel als direct worden toegevoegd aan de mestkelder, waardoor het kan dienen voor meerdere functies. Het product bestaat uit verpulverd poeder met een korrelgrootte kleiner dan 300 µm. Volgens Zeolite Products (2019) kan het product de ammoniakemissie in de stal laten afnemen met 85 tot 87%. Tevens zou het additief de stikstofbenutting laten toenemen en dienen als een bodemverbeteraar. Hierdoor kan ook worden bespaard op kunstmest (Zeolite Products, 2019). De dosering die bij rundvee en varkens moet worden gebruikt is 50 tot 100 gram per m^2, met een frequentie van toedienen een á tweemaal in de week. Bij pluimvee geldt een dosering van 1,6 kg per m^2 per 7 weken, met een startdosering van 0,6 kg per m^2 in de eerste week en vervolgens in week vier, vijf en zes een dosering van 0,3 kg per m^2 (Zeolite Products, 2019). Ondanks over zeoliet (clinoptiloliet) veel literatuur te vinden is, zijn geen onafhankelijke rapporten of wetenschappelijke publicaties gevonden over specifiek het mestadditief ZeoFarm Stable.

Bijlage 4. Enquête vragenlijst (niet geïnterviewde) producenten

1. **Algemene informatie**
   - Hoelang is het additief al op de markt?
   - Welke regio's/ landen verkoopt u het additief?
   - Op welke sector(en) richt uw bedrijf zich vooral voor het verkoop van het additief?
   - Hoeveel agrariërs heeft u momenteel als klant die additieven afnemen?
   - Ziet u een stijging in het aantal verkochte additieven bij uw bedrijf? En bij andere bedrijven?
   - Wat is de prijs van het additief die u op de markt heeft?

2. **Praktische gebruik additief**
   - Hoe moet het middel toegepast worden? (bijvoorbeeld verdunnen met water)
   - Met welke dosering moet het middel toegepast worden?
   - Op welke plaats moet het middel toegepast worden? (in de stal, bij de opslag, op het land)
   - Hoelang duurt het voordat het middel begint te werken?
   - En hoe frequent moet het middel toegepast worden?

3. **Theoretische werking**
   - Wat is de theoretische werking van het additief?
   - Wat is de samenstelling (mineralen, soorten micro-organismen, enzymen, chemische stoffen, etc.) van het product?
   - Welke (microbiële/biochemische) omzettingsprocessen ontstaan er na toediening van het additief?
   - Wat gebeurt er met de aanwezige stikstof in de mest?
   - Welke andere omzettingsproducten (bijvoorbeeld methaan, lachgas, waterstofsulfide) komen hierbij vrij of juist niet?

4. **Effectiviteit en monitoring van de werking**
   - Wat is de effectiviteit van het additief? (bijv. hoeveel % ammoniakemissie reductie levert het middel op)
   - Hoe controleert u de werking van het product?
   - Welke meetmethoden gebruikt u hiervoor en welke parameters meet u?

5. (Onafhankelijk) onderzoek met het additief

Zijn er onafhankelijke en/of wetenschappelijke onderzoeken uitgevoerd waarbij de werking van het product is aangetoond? Zo ja, zijn er effecten gemeten van de behandelde mest met het additief op:

- nutriënten opname door het gewas? werkingscoëfficiënt?
- luchtemissies (bijv. NH_3, CH_4, N_20, H_2S)
- op nitraatuitspoeling?
- op de (fysische, chemische en biologische) bodemkwaliteit?
- op het component geur?

6. Economische voordelen

- Welke economische voordelen heeft een agrarisch bedrijf bij het gebruik van dit product?

Bijlage 5. Interviewvragen agrariërs

1. **Bedrijfsbeschrijving**
   - Wat voor soort bedrijf heeft u?
   - Beschrijving van het bedrijf (het aantal dieren, type stal, vloer, beluchting, mestopslag, hectare grond, gewassen)

2. **Reden achter het gebruik**
   - Waarom bent u additieven gaan gebruiken?
   - Via welk kanaal/contact bent u terecht gekomen bij dit additief?
   - Heeft u eerder een ander additief gebruikt?
   - Hoelang gebruikt u dit additief al?

3. **Praktische zaken omtrent het gebruik**
   - Hoe past u het middel toe? (poedervorm, mixen met water, met een gieter)
   - Waar past u het additief toe? (bijv. in de stal, bij de opslag, op het land)
   - Met welke dosering past u het middel toe?
   - Hoe frequent past u het middel toe?
   - Wat vindt u van de gebruiksvriendelijk van het product?
   - Hoe vaak en hoe lang mixt u de mest in de (mest)kelder?

4. **Achterliggende theorie**
   - Wat is de achterliggende (theoretische) werking van het additief?

5. **Ervaringen met het additief**
   - Wat is uw eigen ervaring met de werking van het additief?
   - Controleert u de werking van het additief?
   - Welke veranderingen neemt u zintuiglijk waar die aan het gebruik van het additief toe te schrijven zijn?
   - Op ammoniak- en broeikasgassen emissie, geur, bodemkwaliteit en nutriëntenuitspoeling.

6. **Economische aspecten**
   - Wat is de prijs van het additief?
   - Hoe verhoudt de kwaliteit/prijs verhouding zich volgens u?
   - Welke (economische en ecologische) winsten/voordelen ondervindt u bij het toepassen van dit additief op u bedrijf?

Bijlage 6. Interviewvragen inhoudelijke experts microbiologie

Vaak wordt geclaimd door de producenten van biologische additieven aan mest dat effectieve micro-organismen het anaeroob klimaat in dierlijke mest (in de mestkelder) omzetten in een aeroob klimaat. Deze switch naar een aeroob klimaat zou zorgen voor een afname van emissies van ammoniak, methaan (waterstofsulfide) en geur uit de stal van veehouderij bedrijven.

1. Is dit volgens u mogelijk? Zo ja, hoe gaat dit proces in zijn werking? Is dit door de uitscheiding van zuurstof als afvalproduct door cyanobacteriën? Welke (groeperingen) micro-organismen zijn in staat om in een anaerobe omgeving organisch materiaal (mest) om te zetten in een aeroob klimaat?

2. Welke nuttige (effectieve) micro-organismen zijn bij u bekend die kunnen worden toegevoegd aan dierlijke mest die zorgen voor een reductie van emissies en een betere benutting van nutriënten door de plant?

3. Welke micro-organismen kunnen stikstof (uit dierlijke mest) vastleggen als lichaamseiwit? Komt deze organisch gebonden stikstof gelijkmatiger vrij voor de plant in een goed opneembare vorm (aminozuren)?

4. Welke micro-organismen kunnen emissies van ammoniak stimuleren? En welke microbiologie kan deze emissies verminderen?

5. Welke micro-organismen zijn verantwoordelijk voor de uitstoot van methaan, waterstofsulfide en geur? Zijn dit bepaalde rottingsbacteriën?

6. Als micro-organismen worden ingeënt in mest, wat moet de inoculum dichtheid zijn om niet te worden overweldigd door de gevestigde microflora? En met welke frequentie moeten deze micro-organismen worden toegevoegd?

7. Hoe kunnen de toegevoegde (gekweekte) micro-organismen overleven en vermenigvuldigen in dierlijke mest?

8. Welke (soorten) micro-organismen komen van nature voor in dierlijke mest (in de mestkelder)?

9. Hoe ontwikkelen deze (gunstige en ongunstige) micro-organismen zich en met welke milieu- en voedingseisen? (water, zuurstof, temperatuur, licht, pH, organisch materiaal en nutriënten)

10. Wat zijn de ecologische relaties en interacties tussen de aanwezige (aerobe en anaerobe) microbiologie? Hoe kan dit veranderen na aanwending van de ‘’juiste microbiologie’’?

Bijlage 7. Achtergrondinformatie ammoniak- en broeikasgasemissies

Eerst zal worden geschetst hoe methaan, lachgas en ammoniak kunnen emitteren in de stal, tijdens de opslag en tijdens het uitrijden van dierlijke mest. Hierdoor wordt een beter beeld gegeven op welke processen in de mestketen de additieven (kunnen) inspelen. Methaanemissies van herkauwers door microbiële processen in de pens worden niet meegenomen, aangezien additieven voor in dierlijke mest hier geen invloed op uit kunnen oefenen.

Methaan vorming

In de mestopslag kan door de omzetting van organisch stof onder zuurstofloze (anaerobe) omstandigheden methaan en koolstofdioxide vrijkomen. De hoeveelheid methaan die vrijkomt is afhankelijk van het type opslag, de mestsoort, de componenten, temperatuur en hoe oud de mest is (Šebek & Schils, 2006). Mest kan onder anaerobe omstandigheden door anaerobe micro-organismen worden omgezet in onder andere methaan, ammoniak en waterstofsulfide, dit gebeurt in drie fases. Ten eerste worden koolhydraten, eiwitten en vetten via hydrolyse (met water) in suikers, aminozuren, vluchtige vetzuren en alcoholen omgezet. In de acidogenese (zuur producerende) fase worden de suikers, aminozuren en vluchtige vetzuren omgezet door verschillende anaerobe micro-organismen in tussenproducten zoals organische zuren, alcoholen, koolstofdioxide, waterstof, ammoniak en waterstofsulfide. Ten derde worden deze tussenproducten in de methanogenese fase omgezet door methanogene bacteriën tot methaan en koolstofdioxide (Šebek & Schils, 2006; Emis Vito, z.d.).

Ammoniak en distikstofmonoxide (lachgas) vorming

Ammoniak (NH_3) is een vluchtig gas en heeft een verzurende werking op het milieu. Als NH_3 neerslaat in de bodem reageert het met water waarbij ammonium (NH_4^+) wordt gevormd. Ammonium wordt vervolgens door een aeroob proces (nitrificatie) omgezet naar salpeterig zuur (HNO_2) en vervolgens naar salpeterzuur (HNO_3). Dit gebeurt door de bacterie Nitrosomonas. Vervolgens wordt salpeterzuur omgezet naar nitraat (NO_3^-) door de bacterie Nitrobacter, hierbij komen waterstofionen vrij. Deze waterstofionen hebben een verzurende werking op de bodem (Šebek & Schils, 2006). Nitraat kan vervolgens weer door denitrificerende bacteriën worden omgezet in een anaeroob proces tot het inerte stikstofgas (N_2). Wanneer deze denitrificatie echter onvolledig verloopt vanwege suboptimale omstandigheden, kan lachgas (N_2O) vrijkomen. Bovendien kan lachgas ook ontstaan tijdens nitrificatie onder suboptimale omstandigheden (bijvoorbeeld te weinig zuurstof aanwezig). Lachgas is een sterk broeikasgas en staat ongeveer gelijk aan 300 CO_2-equivalenten (Groenestein, Huijsmans & Schils, 2010).

De Nederlandse veehouderij is een bron van ammoniak uitstoot. Ammoniak komt onder andere vrij in de stal, tijdens de opslag en tijdens aanwending van mest op het land. Ammoniak kan in de stal worden gevormd wanneer urine in aanraking komt met feces. In urine zit namelijk ureum, als ureum in contact komt met het enzym urease wordt ammoniak en koolstofdioxide gevormd. In reactievergelijking 1 is weergegeven hoe dit proces verloopt:

$$(1)\ H2N - CO - NH2 + H20 \rightarrow 2\ NH3 + CO2$$

Bij deze reactievergelijking moet het enzym urease aanwezig zijn maar wordt niet verbruikt, het fungeert als biokatalysator. Na de omzetting van ureum naar ammoniak en koolstofdioxide is de mate van vervluchtiging van beide stoffen afhankelijk van diverse factoren, waaronder de temperatuur en zuurgraad (pH).

$$(2)\ NH3\ (aq) + H20\ \leftrightarrow NH4 + OH\ (aq)$$

Ammoniak (NH_3) en ammonium (NH_4^+) opgelost in water bevinden zich in een evenwichtsreactie, zoals is weergegeven in reactievergelijking 2. Als de temperatuur onder de 20 graden is en de pH 7.4 zal nagenoeg geen ammoniak emitteren want nagenoeg al het aanwezige stikstof zal naar de kant van NH_4^+ verschuiven (Puente-Rodríguez & Bos, 2019).

Bijlage 8. Samenvatting processen die additieven teweegbrengen

In deze Bijlage worden de processen behandeld die een additief teweegbrengt. Allereerst worden de biologische additieven besproken, vervolgens de chemische additieven en tot slot de fysische additieven. De processen zijn gebaseerd op de literatuurstudie (Bijlage 1 tot en met 3), de enquêtes en de interviews met producenten (Bijlage 9). Voor meer informatie over de additieven (en het proces dat deze teweegbrengen) kunnen deze bijlagen dan ook geraadpleegd worden.

Processen biologische additieven

In deze paragraaf wordt de samenstelling (indien beschikbaar) kort behandeld en de processen die de biologische additieven teweegbrengen. De biologische additieven zijn allen op basis van verschillende (effectieve) micro-organismen, die in het algemeen twee werkingsmechanismen beschrijven: het omzetten van de inheemse anaerobe microbiologie in een aerobe microbiologie en het bevorderen van het fermentatieproces.

AgriMestMix
AgriMestMix (ontwikkeld door Rinagro) bestaat uit van nature voorkomende mineralen en micro-organismen, hoe het mengsel precies is ontwikkeld is bedrijfsvertrouwelijke informatie. Door het toedienen van AgriMestMix worden de biochemische processen in de mest gestimuleerd waardoor (binnen één week) de anaerobe inheemse microbiologie wordt omgezet in een aerobe microbiologie. Het middel zorgt namelijk voor een leefomgeving die ongunstig is voor anaerobe micro-organismen. Deze geswitchte microbiologie werkt door in de bodem, waarbij de aanwezige bacteriën in symbiose leeft met de plant. Deze bacteriën wisselen hun bacterieel eiwit uit met de plant in de vorm van aminozuren.

Pro-Mest & MicroFerm
De additieven Pro-Mest en MicroFerm (ontwikkeld door Agriton) zorgen voor een anaerobe omzettingsproces in de mest, in de vorm van fermentatie. De micro-organismen zorgen dat de mest gaat rijpen waardoor meer ammoniak stikstof gebonden en dus bewaard blijft in de mest. MicroFerm bestaat uit onder andere melkzuurbacteriën en gisten. Pro-Mest is een additief dat dient als voedingsbodem voor MicroFerm, vandaar dat deze twee producten gelijktijdig moeten worden aangebracht.

Bactériolit
Bactériolit (ontwikkeld door Crehumus) is een mix van schimmels, gisten en bacteriën die de omzetting van mest stimuleert waardoor het wordt omgezet in humuszuren. Hierdoor wordt ammoniak en andere voedingsstoffen gebonden.

Kopros
Kopros (ontwikkeld door Bioma) is een mengsel van gedemineraliseerd water met bruinalgen, cyanobacteriën, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus*, *B. megaterium*, schimmels zoals *Aspergillus*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Trichoderma viridae* en *Trichoderma harzianum*. Daarnaast bevat de enzymen: cellulase, amylase, protease, xylanase, beta-glucanase, hemi-cellulase en lipase. Het mengsel wordt geactiveerd en toegediend met warme melk, dat tevens dient als voedingsbodem voor de micro-organismen. Deze combinatie van micro-organismen zorgt voor een omzetting van de mest en de binding van stikstof, doordat de aanwezige micro-organismen worden gestimuleerd. De bacteriën en schimmels voeden zich met het substraat en leggen stikstof

vast als microbieel eiwit. Daarnaast dragen de enzymen bij aan de afbraak van verschillende organische verbindingen, waarbij de pH wordt beïnvloedt.

Aero Activ
De samenstelling van Aero Activ (ontwikkeld door LLINQ) kan niet worden vermeld door de producent vanwege bedrijfsvertrouwelijke informatie. De aanwezige bacteriën in het additief komen van nature voor in mest en zijn geselecteerd op hun eigenschappen om organisch gebonden stikstof (bijvoorbeeld ureum) af te breken. De bacteriën nemen deze stikstof vervolgens op als bacterieel eiwit. Daarnaast zitten in het additief ook nutriënten, die worden toegevoegd om de aerobe bacteriën in de mest een voordeel te geven ten opzichte van de anaerobe bacteriën. Hierdoor worden de (toegevoegde) aerobe bacteriën dominant in de mest.

Animal Life Plus 'Spray'
De samenstelling van het additief Animal Life Plus 'Spray' (ontwikkeld door Animal Life Plus) wordt niet vermeld in de literatuur. Daarnaast worden de (biochemische) processen die het additief teweeg zou brengen ook niet benoemd.

ProFerta
Het additief ProFerta (ontwikkeld door Synvital) bestaat uit een mengsel van verschillende bacteriën en enzymen. De (biochemische processen) die het additief teweeg zou brengen ook niet benoemd.

BioAktiv-M(Z)
Het additief BioAktiv-M(Z) (ontwikkeld door Topturn Special Products) bevat aerobe bacteriën op een draagstof van natriumchloride of calciumcarbonaat. Na toevoeging ontstaat een activering van de aerobe bacteriën in de mest. Stikstof wordt hierdoor gebonden in de mest en de mest gaat beter composteren.

Bio-Mix
Het additief Bio-Mix (ontwikkeld door Innoresult) bestaat uit een basis van micro-organismen. Bio-Mix zorgt voor een sneller rijpingsproces doordat het een balans creëert tussen de anaerobe en aerobe bacteriën.

BioMest
Het additief BioMest (ontwikkeld door Hoogrendement) bestaat uit een mengsel van water, rietsuiker, mineralen en micro-organismen. Deze micro-organismen zijn onder andere de melkzuurbacteriën *L. Brevis* en *L. Buchneri* die de fermentatie van organisch materiaal bevorderen en stikstof binden. Voor meer informatie over BioMest en/of over Hoogrendement kan Bijlage 1 worden geraadpleegd.

Slurry King (Cattle & Pig)
Slurry King Cattle en Slurry King Pig zijn additief (ontwikkeld door Epizym Ltd) die bestaan uit dertien bacterie stammen, enzymen en andere biochemische ingrediënten. Deze natuurlijk voorkomende bacteriën zijn geïsoleerd, als ze samen worden aangebracht in de juiste hoeveelheid, kunnen ze organisch materiaal afbreken. Daarnaast verdrijven ze de methanogenen bacteriën (die in mestkorsten leven) doordat hun leefomgeving wordt afgebroken. Bovendien bevat het bacteriemengsel ammoniak absorberende bacteriën die ammoniak afvangen.

Multikraft EM
Multikraft EM bestaat uit een mengsel van micro-organismen en stopt de rottingsprocessen in de mest. Het additief zorgt voor een afname van de ammoniakemissie en zou ook zorgen voor een afname van de geuremissie. Daarnaast zorgt het additief voor een afname van lachgasemissies.

Biobac
Biobac bestaat uit micro-organismen, inclusief een voedingsbodem, dat wordt toegevoegd in mest waardoor stikstof, koolstof en fosfor in de juiste balansverhoudingen aanwezig zijn. Daarnaast zet het additief ammoniumhydroxide om in nitraat.

ProGress
ProGress bestaat uit een vloeibaar mineralen mengsel met micro-organismen. Het additief zorgt voor het opstarten van de microbiologische processen in drijfmest waardoor een omzetting ontstaat van een rottingsproces naar een rijpingsproces.

Manure Pro
Manure Pro bestaat uit bacteriestammen van de familie *Bacillus* en *Pediococcus* in combinatie met enzymen. Nutriënten worden opgenomen door de gunstige (toegevoegde) bacteriën waardoor schadelijke bacteriën deze niet op kunnen nemen, de totale populatie van melkzuurbacteriën zal hierdoor toenemen. Tevens zorgt deze toename ervoor dat minder bacteriën urease zullen produceren, waardoor minder ammoniak gevormd wordt door de afbraak van eiwitverbindingen.

Processen chemische additieven

De drie subgroepen waarin de chemische additieven zijn verdeeld (aanzuurmethoden, nitrificatieremmers en ureaseremmers) hebben elk een eigen werkingsprincipe en beïnvloeden elk andere processen in de dierlijke mest. Hieronder worden per subgroep en per additief de (bekende) processen besproken die plaatsvinden na toevoeging van het additief aan dierlijke mest.

Aanzuurmethoden

Bij aanzuurmethoden wordt getracht de ammoniakemissie te reduceren door zuur toe te voegen aan de dierlijke mest. Bij het toevoegen van zuren aan mest zal de pH dalen wat zorgt voor een verschuiving in het evenwicht tussen ammoniak en ammonium. Dit is een verschuiving richting ammonium wat zorgt voor een lagere uitstoot van ammoniak. In tegenstelling tot ammoniak vervluchtigd ammonium niet en blijft behouden in de mest (Mosquera et al., 2017). In een interview met Biocover A/S (producent van SyreN) (Bijlage 9) is dieper ingegaan op de processen die plaatsvinden door het aanzuren van mest. SyreN maakt gebruik van zwavelzuur (96%). De belangrijkste reactie die plaatsvind bij het aanzuren doormiddel van het SyreN-systeem is de reactie tussen zwavelzuur (H_2SO_4) en NH_3 waardoor ammoniumsulfaat ($(NH_4)_2SO_4$) ontstaat. De bijbehorende reactievergelijking 3 gaat als volgt:

$$(3) \quad 2\,NH3\,(g) + H2S04 \rightarrow 2\,NH4 + SO4 \rightarrow (NH4)2SO4$$

Een andere genoemde reactie is de reactie tussen bicarbonaat (Na-HCO_3) uit de mest en het zuur (H^+) wat resulteert in de producten Natrium (Na^+), koolstofdioxide (CO_2) en water (H_2O). Deze reactievergelijking 4 gaat als volgt:

$$(4) \quad Na - HCO3 + H \rightarrow Na + CO2 + H20$$

De gevormde CO_2 zou een positieve bijwerking hebben door een schuimlaag op het land te vormen dat voorkomt dat NH_3 in contact komt met de lucht en vervluchtigd.

In het geval dat de dierlijke mest dat wordt aangezuurd afkomstig is van rundvee zou nog een derde reactie plaats vinden in de rundmest. In rundmest bevindt zich namelijk calciumfosfaat ($Ca_3(PO_4)_2$) dat reageert met het zuur tot calciumdiwaterstoffosfaat ($Ca(H_2PO_4)_2$). $Ca(H_2PO_4)_2$ is volgens BioCover een goed opneembare fosfaat-meststof voor de plant.

Bij de vijf gevonden aanzuurmethoden zitten verschillen tussen de plek en manier van aanzuren. Zo wordt bij het JHacidificationNH_4^+ systeem de mest aangezuurd in de stal, bij het HARSØ SAT- en Ørum TF-12 systeem in de externe opslag en bij het SyreN- en Kyndestoft slurry acidification systeem tijdens het uitrijden op het land. Daarnaast kan verschil zitten tussen de zuurconcentratie dat wordt toegepast. Zo maken het JHacidificationNH_4^+- en SyreN systeem gebruik van zwavelzuur (96%) en het Kyndestoft slurry acidification systeem van zwavelzuur (50%), van het Ørum TF-12- en HARSØ SAT systeem is niet bekend welk zuur wordt toegepast. Aangenomen wordt dat deze verschillen van methoden geen invloed hebben op de processen die plaatsvinden in de dierlijke mest na aanzuren. Daarom wordt aangenomen dat de bovengenoemde processen in dierlijke mest na aanzuren met zwavelzuur (96%) (doormiddel van het SyreN systeem) ook plaatsvinden als de mest wordt aangezuurd met de andere vier aanzuurmethoden (indien bij al de methoden zwavelzuur wordt toegepast).

Nitrificatieremmers
Nitrificatieremmers remmen het nitrificatieproces af wat zou zorgen voor een reductie van nitraat en lachgasvorming (Kuikman et al., 2016). Hieronder wordt dieper ingegaan op de processen die de nitrificatieremmers PIADIN en Vizura teweegbrengen.

PIADIN
PIADIN is een nitrificatieremmer dat bestaat uit de chemische componenten 1H-1,2,4 triazool en 3 methylpyrazol. PIADIN zou de nitrificerende bacteriën in de bodem afremmen waardoor de omzetting van ammonium-N uit de vloeibare meststoffen in nitraat-N wordt vertraagd met zes tot tien weken. Door deze vertraging blijft over een langere periode meer stikstof (in de vorm van ammonium-N) aanwezig voor het gewas en wordt uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater gereduceerd. Een ander effect zou zijn dat door gebrek aan nitraat, minder (onvolledige) denitrificatie plaats zou vinden waardoor minder N_2O gas gevormd wordt (PIADIN, z.d.).

Top Flow entec fl
De Nitrificatieremmer Top Flow entec fl werkt op basis van de werkzame stof dimethylpyrazolfosfaat (DMPP). Het additief zou de omzetting van ammonium naar nitraat (nitrificatie) vertragen.

Vizura
Het additief Vizura bevat de nitrificatieremmer en werkzame stof dimethylpyrazolfosfaat (DMPP). DMPP zou de omzetting van ammonium naar nitraat afremmen (BASF Agricultural Solutions, z.d.-c). In een interview met producent BASF (Bijlage 9) is dieper ingegaan op de werking van Vizura. Het additief wordt aan de dierlijke mest toegevoegd en komt in werking zodra de mest in contact komt met nitrificerende bacteriën (Nitrosomonas en Nitrobacter) die van nature in de bodem voorkomen. Uit het interview blijkt dat Vizura het aanrakingspunt van het enzym blokkeert in de bacterie die nodig is voor de omzetting van ammonium in nitraat. Volgens Kuikman et al., 2016 zou ammoniummonooxygenase het enzym zijn dat geblokkeerd en/of geremd wordt door DMPP. Dit gebeurt in de eerste stap van nitrificatie, dus bij de omzetting van ammonium naar nitriet (NO_2^-) door de bacterie Nitrosomonas. In het interview wordt vermeld dat de bacterie normaliter energie krijgt uit de omzetting van ammonium. Door de nitrificatieremmer krijgt de bacterie echter geen energie meer waardoor het zichzelf niet meer kan vermenigvuldigen. Uiteindelijk neemt de werking van DMPP af omdat andere micro-organismen de stof afbreken.

Processen fysische additieven

Hieronder worden de (bekende) processen beschreven die plaatsvinden in de mest na toevoeging van de zes gevonden fysische additieven. Voor deze additieven is gekozen om per additief de processen apart te beschrijven omdat de samenstelling en, in sommige gevallen, het werkingsprincipe van elkaar verschilt.

Triune
Triune is een wateroplosbare (niet bio-accumulerend) polymeer met een negatief geladen oppervlak waardoor positief geladen kationen aan de oppervlakte worden aangetrokken. Het additief bestaat uit polycarboxylaat zouten (43-45%), water (53%) en monomeer resten. Triune zou een hoog moleculair gewicht hebben wat positief bijdraagt aan het vermogen om kationen uit te wisselen, het exacte moleculair gewicht wordt niet genoemd (MS Schippers, z.d.). Het negatief geladen oppervlak van Triune zou een stabiele binding aan gaan met het positief geladen ammonium, wat voorkomt dat ammonium wordt omgezet in andere stoffen. Op een soort gelijke manier zou Triune ook zorgen

voor meer behoud van micro-elementen (R. Verbaant, persoonlijke communicatie, 30 april 2020). Voor meer informatie over Triune kan Bijlage 3 worden geraadpleegd.

BioHumat
BioHumat bestaat uit een geprepareerde geconcentreerde huminezuur verbindingen. Uit een interview met de producent van BioHumat (EMA Consultancy B.V.) (zie Bijlage 9) blijkt dat het huminezuur zorgt voor een omzetting van een anaeroob naar een aeroob klimaat in de mest. Hoe deze omzetting in zijn werk gaat is niet benoemd. Huminezuren zouden volgens EMA Consultancy B.V. ook kationen bevatten die een hoger uitwisselingscapaciteit hebben dan kleimineralen, welke processen deze kationen teweegbrengen is ook niet benoemd. Als laatst wordt nog benoemd dat de huminezuur verbinding de pH in de mest (licht) laat dalen, echter wordt ook niet benoemd wat deze pH verlagen voor invloed heeft in de dierlijke mest.

BVP-M
Het additief Biovitall (BVP-M) is gebaseerd op een natuurlijk geproduceerd zout of krijt. Het product moet worden gemengd met zuurstofrijk water. BVP-M zou het klimaat in de dierlijke mest van een anaeroob klimaat omzetten naar een aeroob klimaat. Het additief wordt voorafgaand van het gebruik gemengd met zuurstofrijk water. De aerobe bacteriën in de mest zullen de zuurstof uit het water gebruiken voor groei. Bij dit aerobe proces komt CO_2 vrij dat weer opgenomen wordt door algen om te groeien, volgens een van de verkopers van BVP-M (Fadu International, z.d) komt in dierlijke mest namelijk altijd een alg voor. De groei van algen zou weer tot gevolg hebben dat meer zuurstof vrijkomt in de mest, waarvan de aerobe bacteriën weer gaan groeien. Door toedoen van dit proces zou koolzuur ontstaan waardoor de mest homogener zou worden, de theoretische verklaring hierachter is niet bekend. Volgens Holland Green International (leverancier van BVP-M) blijft de zogenaamde zuurstofactivering doorgaan zodra de behandelde met op het land wordt aangebracht (Holland Green International, z.d.).

Berkana
Het additief Berkana bestaat uit magnesiumsulfaat (molecuul formule $MgSO_4 \cdot 7H_2O$). Volgens de leverancier van Berkana (AgriVital International B.V.), stimuleert het additief de aerobe bacteriën die aanwezig zijn in de dierlijke mest (K. Langerak, persoonlijke communicatie, 8 mei 2020). Over de achterliggende werking van deze stimulatie worden geen uitspraken gedaan en zijn dus onbekend.

Optizec-Zeolite
Het additief Optizec-Zeolite bestaat uit zeoliet. Zeoliet is een vulkanisch gesteente dat ontstaat wanneer vulkanisch as in contact komt met zouthoudend water onder de invloed van hoge temperaturen of druk. In een onderzoek van het onafhankelijke onderzoeksbureau B-WARE staat dat Optizec-Zeolite van de soort clinoptiloliet is en de molecuulformule $Na_6[(AlO_2)_6(SiO_2)_{30}].24H_2O$ heeft (van Mullekom et al., 2019). Optizec-Zeolite heeft een driedimensionale open honinggraatstructuur met een negatief geladen oppervlak waardoor de werking is gebaseerd op het aantrekken van positieve kationen.

AMFA
Het additief AMFA bestaat uit een mengsel van mineralen en zouten opgelost in een zuurstofrijke vloeistof (Agri Minerals, z.d.a). In een interview met de producent van AMFA (Agri Minerals) (Bijlage 7.8), werd geen uitspraak gedaan over de precieze samenstelling van het additief omdat de patentprocedure op het product nog in werking is. Over de werking van AMFA is benoemd dat de

mineralen een fysieke binding aangaan met de aanwezige ammoniak de drijfmest. Dit zou een binding zijn in de vorm van een ammonium-bevattende meststof dat behouden blijft in de mest. Voor meer informatie over AMFA kan Bijlage 3 worden geraadpleegd.

Active NS

Active NS bestaat uit drie soorten natuurlijke klei mineralen. Het additief zou het vermogen hebben om positieve en negatieve ionen uit te wisselen en daarmee bepaalde stoffen te absorberen. Daarnaast zou het additief een “open rasterwerk van tetrahedrons met inwendige holten” (FCSI ApS, z.d.) hebben dat het absorptie vermogen verder zou verhogen. Zo zou Active NS het vermogen hebben om ammoniak te binden in de mest. Het vermogen van ionen uitwisseling zou ook bijdragen aan de homogeniteit van de mest.

ZeoFarm Stable

ZeoFarm Stable bestaat uit een soort zeoliet genaamd Clinoptiloliet. Clinoptiloliet heeft een driedimensionale kristallijne structuur waardoor het additief een groot oppervlak heeft. ‘’Het ruimtelijke skelet van zeoliet is opgebouwd uit aluminium- en siliciumionen, die onderling door zuurstofatomen met elkaar zijn verbonden. Op moleculair niveau zitten die zo gerangschikt ten opzichte van elkaar, dat langgerekte kanalen en poriën ontstaan’’ (Zeolite Products, 2019). Het additief heeft een werking op basis van ionenuitwisseling. Het oppervlak is negatief geladen waardoor het positieve ionen kan absorberen.

Bijlage 9. Interviewverslagen producenten

In deze Bijlage zijn de interviews met de producenten terug te vinden. Om het wat overzichtelijker te maken is in Tabel 16 een leeswijzer weergegeven, hierin staat in de linker kolom het geïnterviewd bedrijf en in de rechterkolom de paginanummers waarin het interviewverslag staat.

Tabel 16 Leeswijzer geïnterviewde producenten

Geïnterviewd bedrijf	Te vinden op
Rinagro B.V.	Bladzijde 98 - 99
EM Agriton B.V.	Bladzijde 100 - 101
LLINQ B.V.	Bladzijde 102 - 104
EMA Consultancy B.V.	Bladzijde 105 - 107
Novus-AgroEcology	Bladzijde 108 - 110
BioCover	Bladzijde 111 - 112
BASF	Bladzijde 113 - 116
Agri Minerals	Bladzijde 117 - 118

Interviewverslag Rinagro BV

Naam additief: AgriMestMix

Datum & tijd van afname: donderdag 16 april 2020, 14:00 – 15:00

Algemene informatie
Tijdens de ontwikkeling van het product 'AgriMestMix' werd geëxperimenteerd met verschillende manieren van het opkweken van de micro-organismen. Hierdoor kon worden bekeken bij welke methode van opkweek de gewenste resultaten behaald werden. In 2012 werd voor de aanvraag van een octrooi de samenstelling van AgriMestMix geanalyseerd, waarbij de controlerende instantie een nieuw soort bacterie ontdekte. Deze bacterie was voorheen nog niet opgenomen in de wereldwijde database van bacteriën. De naam AgriMest is al sinds 1994 bekend maar in de huidige vorm en samenstelling is het product AgriMestMix sinds 2010 op de markt. Het product heeft een wereldwijd octrooi en wordt onder andere verkocht in Canada, Denemarken, Duitsland, Luxemburg, Oostenrijk en Nederland. Over de landen Nederland en Denemarken wordt geschat dat het bedrijf drie- tot vierduizend klanten heeft die AgriMestMix afnemen.

Praktisch gebruik
Aanbevolen wordt dat het minimaal één keer per week toegepast, waarbij de vloeistof wordt aangebracht in de mestkelder. Rinagro heeft tevens een spraysysteem ontwikkeld dat AgriMestMix automatisch verneveld in de stal over de stalvloer, hier heeft het bedrijf ook een octrooi op. De benodigde dosering van het additief is 10 liter op 300 m^3 mest. In Nederland zijn de kosten voor het systeem 0,65€ per m^3 drijfmest, in het buitenland ligt de prijs hoger. Voor vaste mest ligt de prijs op €1,25 per m^3.

Theoretische werking
AgriMestMix bestaat uit van nature voorkomende mineralen en micro-organismen. Het geheim van de smid zit hem in de techniek waarmee dit mengsel wordt ontwikkeld. De geïnterviewde geeft aan dat wetenschappers vaak alleen geïnteresseerd zijn in de werkzame stof, terwijl dit niet altijd iets zegt over de specifieke werking. Tegenwoordig wordt veel met nitraat (stikstofkunstmest) bemest, en wordt er geen rekening gehouden met de juiste microbiologie in de bodem. Deze microbiologie is belangrijk bij het omzetten van stikstof in lichaamseiwit, bovendien leven deze micro-organismen in symbiose met de worteling van de plant en worden lichaamseiwitten van deze micro-organismen in de vorm van aminozuren uitgewisseld met de plant. De eiwitketens die hierdoor ontstaan in het gras zijn anders dan de eiwitketens die uit nitraat zijn gevormd, dit eiwit is makkelijker opneembaar door de koe en produceert daar één op één melkeiwit van. Dit in tegenstelling tot nitraat eiwit in gras, waar de koe meer energie voor nodig heeft om melkeiwit van te maken en daardoor, bij een tekort aan energie, vooral wordt uitgescheiden als ureum in de melk.

Wanneer behandelde mest met AgriMestMix op het land wordt gebracht werkt de aanwezige microbiologie door in de bodem, deze leeft namelijk in een symbiose met de plant. Hierdoor krijgt de plant een betere wortelvorming, wat resulteert in meer organisch stof in de bodem (door de afbraak van deze wortels). Deze symbiose werking zorgt ook voor en een verbeterde opname van sporenelementen door het gewas. Het hogere organische stof gehalte in de bodem zorgt voor een hoger stikstof leverend vermogen van de bodem. De stikstof die de plant niet opneemt wordt opgenomen door de aerobe microbiologie en als lichaamseiwit opgeslagen zodat dit in de winter niet

uitspoelt of vervluchtigd. In het voorjaar worden de lichaamseiwitten van de micro-organismen weer opnieuw uitgewisseld in de vorm van aminozuren naar de plant, omdat dan de micro-organismen in de bodem weer actief worden.

In mest is (zonder behandeling) een anaerobe microbiologie aanwezig. Door AgriMestMix wordt binnen één week de microbiologie veranderd in een aerobe microbiologie. Door het creëren van een aeroob klimaat in de mest, kweek je de microbiologie die ook in de bodem het werk voortzet. Hierdoor heb je tevens geen uitstoot van schadelijke gassen (ammoniak en methaan). Door het toevoegen van AgriMestMix wordt een medium gekweekt dat het onmogelijk maakt voor anaerobe micro-organismen (rottingsbacteriën) om te leven.

Aerobe bacteriën zijn bedoeld om aangebrachte mest af te breken, verteren of te mineraliseren, wanneer onbehandelde mest wordt geïnjecteerd in de bodem gaan aerobe bacteriën dood door de gassen uit de anaerobe mest. Als anaerobe bacteriën in aanraking komen met lucht (wat voor 78% uit stikstof en 21% uit zuurstof bestaat) krijgen ze een extra impuls en vormen daardoor meer gassen, hierdoor sterven de aerobe bacteriën in de bodem. Volgens de geïnterviewde zijn anaerobe bacteriën per definitie ziekteverwekkers. Dit is ook een probleem in Denemarken, waar veel melkveebedrijven kampen met Salmonella volgens de geïnterviewde.

Op de mestonderzoeken van Eurofins wordt geadviseerd om een hogere C/N verhouding (van boven de 8) te realiseren. Hiermee wordt bedoeld de koolstof in de mest te verhogen om extra stikstof te binden, dit kan door middel van additioneel stro toe te voegen. Dit zou echter een afwenteling naar methaan emissie veroorzaken volgens de geïnterviewde. Tevens zorgt de organisch gebonden stikstof dat deze laat in het groeiseizoen vrij komt voor het gewas. Dit resulteert in een late afrijping bij akkerbouw gewassen en een hoger eiwit in het najaar gras, met het uitspoelen van stikstof in de winter of vervluchtiging door denitrificatie.

Effectiviteit
Een ammoniakreductie van 50% kan worden behaald met het wekelijks toepassen van het additief op stal niveau, met het dagelijks toedienen van het additief (eventueel door middel van een spraysysteeminstallatie) zou dit percentage hoger liggen. Omdat behandelde mest een reductie van ammoniak bij het uitrijden en vanuit de bodem realiseert tegenover alleen een emissie arme stal, zou een ammoniakreductie van meer dan 90% worden behaald over het totale jaar gezien.

Economische voordelen
De economische voordelen kunnen op verschillende vlakken worden behaald. Zo kunnen de kosten van AgriMestMix worden terugverdiend met een hoger eiwitgehalte in de melk. Door een hoger eiwitgehalte in gras kan worden bespaard op de aanvoer van krachtvoer. Bovendien wordt de uitstoeling van gras verhoogt en wordt de zode dikker, wat een hogere (droge stof) opbrengst betekent. Daarnaast kan ook worden bespaard op kunstmest omdat de stikstofgift omlaag kan want in de behandelde mest zit meer stikstof in de vorm van bacterieel eiwit. Tevens zal het organisch stofgehalte van de bodem ook stijgen met een hoger stikstof leverend vermogen van de bodem. Overigens wordt de ziektedruk van het vee verlaagd, wat minder medische kosten voor de agrariër betekent. Met als voordeel een langere levensduur van de veestapel en dus minder vervanging ervan.

Interviewverslag Agriton

Naam Additieven: Pro-Mest Totaal en Microferm

Datum & tijd van afname: vrijdag 17 april 2020, 10:00 – 11:00

Algemene informatie

Agriton is een bedrijf met 30 – 35 mensen in dienst dat zich richt op de veehouderij, akkerbouw, tuinbouw en hoveniers. De Pro-mest Totaal en Microferm producten richten zich op de verschillende soorten veehouderijen (melkveehouderij, varkenshouderij, geitenhouderij etc.). De additieven zijn naast Nederland ook verkrijgbaar in België, Engeland, Denemarken en Frankrijk.

De geïnterviewde geeft aan dat Pro-Mest Totaal en Microferm twee verschillende producten zijn maar in combinatie met elkaar moeten worden toegevoegd. Dit houdt in dat als alleen Pro-Mest Totaal of alleen Microferm wordt toegevoegd aan de mest, het gewenste resultaat niet behaald wordt. Pro-Mest Totaal dient als voedingsbodem voor de micro-organismen uit Microferm.

Op dit moment zijn ongeveer 60 – 70 dealers actief in Nederland waar Pro-Mest Totaal en Microferm worden aangeboden. De geïnterviewde kan niet aangeven hoeveel agrariërs precies gebruik maken van de additieven omdat de verkoop verloopt via een tussenhandelaar.

De specifieke inhoud van Pro-Mest Totaal wordt niet openbaar gemaakt mede omdat het bedrijf geen patent heeft op de middelen.

Praktisch gebruik

Het concept is gemaakt voor 100 m^3 drijfmest gebaseerd op 50 koeien. Om deze hoeveelheid te behandelen moet 2 liter pro mest worden gemengd met 10 liter water en vervolgens over de roosters worden toegediend. Water is nodig om een goede verdeling van het additief in de mest te verkrijgen. Een week later, wordt 20 liter Microferm toegevoegd in de put. Microferm is een bacteriemengsel dat het mest homogener maakt, Pro-Mest is een mineralenmengsel dat dient als voeding voor micro-organismen. Beide additieven worden met een gieter over de roosters gegoten

Theoretische werking

De additieven zorgen voor een anaerobe omzettingsproces in de mest, in de vorm van fermentatie. De micro-organismen zorgen voor een rijping in de mest waardoor de ammoniak-N gebonden wordt en dus meer stikstof bewaard blijft in de mest.

Microferm zorgt voor een afname van (ammoniak) geur doordat het ammoniak-N wordt gebonden. Deze ammoniak-N wordt gebonden in eiwitten en, in de bodem wordt deze stikstof weer toegankelijk voor de plant.

In de eerste weken na toepassing is al een reductie in geur merkbaar. Het duurt zes tot acht weken tot de werking van de additieven in de mestput zelf te zien is. Dit is te zien in de vorm van belletjes op de mest en kleurverandering in een groene kleur.

De geïnterviewde geeft aan dat het bedrijf de werking van de additieven controleert door dit zelf bij een klant te controleren. Dit houdt in dat een werknemer naar een klant toe gaat en de werking controleert door te ruiken en te observeren (kijken) wat er met de mest gebeurd (bijvoorbeeld de bubbelvorming op de mest). Een dergelijk bezoek aan de klant wordt ook gedaan om te controleren

of de klant geen middelen toepast in de stal die de additieven negatief beïnvloed zoals antibacteriële schoonmaakmiddelen. Naast het controleren bij de stal zelf laat het bedrijf ook mestanalyses uitvoeren door externe partijen om de samenstelling van de mest te controleren.

Effectiviteit
Door toedoen van Pro-Mest Total wordt 12% meer stikstof behouden in de mest.

De geïnterviewde benoemd een onderzoek dat uitgevoerd is in Groningen. Dit onderzoek is uitgevoerd bij een boer met 150 koeien die in dezelfde stal staan. De mest uit de stal wordt opgeslagen in twee gescheiden mestputten. Een van de mestputten is behandeld met Pro-Mest Totaal en de andere put bleef onbehandeld. Het uitrijden van de mest is verdeeld in stroken van behandeld mest en onbehandeld mest. De stroken met behandeld mest lieten een hogere grasopbrengst zien en de gehaltes in het gras waren hoger dan in de stroken met onbehandelde mest. Deze positieve invloed op het gras is terug te zien in de melkopbrengst en kwaliteit van de melk.

Bij een andere proef op het Kingshay proefbedrijf in Engeland is een uitgebreid onderzoek naar de werking van Pro-mest Totaal gedaan met duidelijk verschil tussen de behandelde en onbehandelde mest. Korstvorming was bij de behandelde mest duidelijk minder en meer stikstof werd behouden.

Pro-Mest zou ook een positieve werking hebben tegen schuimvorming in de mestkelder, al zal de schuimvorming niet voor 100% stoppen.

De scherpe geur (afkomstig van ammoniak) in de stal wordt minder, hier zijn geen getallen van bekend.

Economische voordelen
De prijs van een pakket voor 25 weken voor 50 koeien kost 375 euro. Dit pakket bestaat uit 5 kannen Pro-Mest Totaal en twee keer 20 liter Microferm. Dit zijn de pakketten die in Nederland worden verkocht.

De geïnterviewde geeft aan dat de klant in het eerste jaar per m^3 uitgestrooide mest een halve kilo zuivere stikstof minder hoeft te strooien, in het tweede jaar kan één kilo zuivere stikstof bespaard worden per m^3 uitgereden mest. Op deze manier kan de gebruiker het additief ruim terugverdienen omdat er minder (stikstof)kunstmest hoeft worden ingekocht.

Interviewverslag LLINQ BV

Naam additief: Aero Activ

Datum & tijd van afname: donderdag 7 mei 2020, 10:00 – 11:30

Algemene informatie

De geïnterviewde geeft aan dat het additief momenteel alleen wordt verkocht aan tientallen klanten in België en nog niet in Nederland. De reden hiervoor is dat het bedrijf het additief op de Nederlandse markt wil brengen als een product dat ammoniak uitstoot reduceert en niet zozeer als product om mest te verbeteren. Echter moet de reductie van ammoniak uitstoot door toedoen van het additief eerst protocollair bewezen worden. In de praktijk laat het additief wel een reductie zien, dit is echter nooit uit onderzoek volgens vastgestelde protocollen bewezen.

Het bedrijf focust zich momenteel voornamelijk op de melkveehouderijen omdat het (volgens de overheid) de grootste bijdrager is aan de stikstof problematiek. Daarnaast beschikken veel varkenshouderijen al over luchtwassers, wat de behoefte naar een andere methode om ammoniakemissie te verminderen wegneemt. Aero Activ kan daarentegen toegepast worden op al de soorten drijfmest. Naast melkveestallen kan het dus ook worden toegepast worden bij varkenshouderijen, wel onder voorwaarde dat er genoeg zuurstof in de mest aanwezig is of wordt aangebracht. Dit is noodzakelijk omdat het additief werkt op basis van aerobe bacteriën.

Bij melkveestallen kan het al lastig zijn om te mixen (waardoor er zuurstof in de mest komt), bij varkens wordt het nog ingewikkelder omdat de mest daar opgeslagen zit in een grote bak. Daarnaast is varkensmest van nature nog meer anaeroob wat een fysieke beperking vormt voor het additief. Daarnaast geeft de geïnterviewde aan dat de werking van de bacteriën vooral in de bovenste laag van de mest (bovenste meter) plaatsvindt en in mindere mate in de onderste laag. De reden hiervoor is weer dat het lastig is om de gehele mestinhoud in de put goed te mixen. De geïnterviewde verteld dat het daarom beter zou zijn om bij drijfmest een systeem in te zetten waarbij de mest wordt rondgepompt en buiten de giertank van de stal wordt behandeld.

De geïnterviewde verteld dat ze momenteel bezig zijn met het ontwikkelen van een systeem, zoals hierboven (kort) beschreven staat, met de firma Vogelzang. Dit systeem is zowel gericht op melkvee als varkens. Bij dit systeem wordt de mest rondgepompt vanuit de stal naar een container buiten de stal waar de mest onder gecontroleerde omstandigheden behandeld wordt. In dit systeem is de beluchting en behandeling van de mest onder controle en wordt de uitstoot (o.a. ammoniak) van de mest gemonitord. Door de beluchting te controleren is er altijd genoeg zuurstof aanwezig en door het monitoren van de emissie kan bepaald worden in welke mate de mest behandeld moet worden. Het nieuwe systeem is in feite klaar, echter geeft de geïnterviewde aan dat ze nog een boer of organisatie zoeken die als eerste in het systeem wil investeren.

De prijs voor het huidige systeem dat het bedrijf aanbiedt ligt volgens de geïnterviewde rond de 3,5 euro per koe per maand, dit is inclusief service. Het systeem dat momenteel wordt ontwikkeld met Vogelzang zal een prijs krijgen tussen de 30.000 en 50.000 euro, afhankelijk van de situatie ter plaatse. Het is niet uitgesloten dat deze prijs naar beneden zal gaan bij veelvuldige toepassing in de sector.

Praktisch gebruik
De bacteriën en nutriënten worden één keer per maand (apart) toegediend door de roosters van de stalvloer. Vervolgens wordt twee keer per week gemixt voor 20 minuten. De toepassing vindt plaats doormiddel van een initiële enting waarbij een groot deel van de bacteriën wordt geïntroduceerd. De bacteriekolonie zal zich opbouwen en uitbreiden. Om het aantal bacteriën op pijl te houden moet een keer per maand weer een aantal bacteriën worden toegevoegd inclusief een hoeveelheid nutriënten.

De geïnterviewde geeft aan dat het bedrijf zelf iedere maand langskomt om de bacteriën en nutriënten toe te voegen. Om de werking in de gaten te houden monitort het bedrijf ook op geur en NH_3, CH_4 en H_2S-emissie. Op deze manier kunnen ze beter garanderen dat het de gewenste werking oplevert omdat ze zelf kunnen bijsturen waar dat nodig is.

Wanneer de werking van het product merkbaar wordt verschild per boer. De geïnterviewde noemt een voorbeeld van een boer waar ze hebben gemonitord, na één maand was de stank verdwenen en de mest makkelijker te verpompen. Ook bleek de stikstof in de mest te blijven doordat er een stikstof balans is gemeten in de mest.

Theoretische werking
De bacteriën die worden toegevoegd bestaan uit een mix van een viertal klasse 1 bacteriën, wat betekend dat ze ongevaarlijk zijn voor mens en dier. Het zijn ook bacteriën die van nature voorkomen in organische mest en zijn geselecteerd op hun capaciteit om organische stikstof in de mest af te breken. Welke type bacteriën precies worden toegevoegd kan de geïnterviewde niet vertellen aangezien dat bedrijfsgeheime informatie over het product is.

De bacteriën komen in slaaptoestand binnen op granulaat. Bij het toevoegen worden de bacteriën geactiveerd door het granulaat waar de bacteriën aan vast zitten op te lossen in lauw water. Dit mengsel wordt vervolgens over de mest verdeeld en aangebracht op het regime wat is voorgeschreven door het bedrijf. De bacteriën gaan na toevoeging organische stof in de drijfmest afbreken (bijv. ureum), vervolgens zetten de bacteriën dit om in organische stof dat ze zelf gebruiken (bijv. eiwitten). De stikstof blijft dus aanwezig in de mest alleen dan als lichaamseiwit in de bacterie. Een positieve bijkomstigheid is dat er bij de omzetting water vrijkomt wat de mest vloeibaarder maakt. Wanneer de mest op het land wordt aangebracht, wordt de organische stikstof uit de bacteriën omgezet in anorganische stikstof zoals nitraat en nitriet wat weer wordt opgenomen door de plant. Het vrijkomen van nitraat gebeurt geleidelijk en niet snel waardoor nitraat beter door de plant opgenomen kan worden en niet uitspoelt.

De nutriënten die worden toegevoegd (o.a. stikstof en kalium) dienen de (toegevoegde) aerobe bacteriën een voordeel te geven tegenover de anaerobe bacteriën die aanwezig zijn in de mest. Hierdoor zullen de toegevoegde aerobe bacteriën de overhand krijgen in de mest.

Omdat het een aerobe omzetting is zal er naast water ook CO_2 vrijkomen, echter is dit verwaarloosbaar klein volgens de geïnterviewde.

Effectiviteit
De geïnterviewde denkt dat een ammoniak emissie reductie van 80% haalbaar is met hun systeem, mits ze het systeem kunnen monitoren. De methaan en H_2S emissie (veroorzaakt door anaerobe bacteriën) is volgens de geïnterviewde helemaal weg na toepassing van hun systeem.

De werking van het product is gecontroleerd doormiddel van een mestanalyse op totaal-N, NH_4^+ en organisch-N. Met deze parameters kan een stikstofbalans worden opgesteld waarmee bewezen kan worden dat ammoniak-N niet vervluchtigd. Eerst wordt een 0-meting gedaan, vervolgens wordt iedere maand of iedere 2 maanden opnieuw de stikstofbalans opgesteld om de veranderingen na toevoeging in kaart de brengen. De ammoniakemissie zelf is nooit in combinatie met een 0-meting gemeten, dit is wel iets wat ze in de toekomst willen uitvoeren en toepassing in het nieuwe systeem.

Resultaten (wetenschappelijk) onderzoek
De geïnterviewde geeft aan dat er over hun product geen wetenschappelijk onderzoeken zijn uitgevoerd.

Economische voordelen
Als de stikstof in de mest blijft, wordt de mest homogener en dus beter behandelbaar. Volgens de geïnterviewde kan het gevolg hiervan zijn dat er minder loonwerkerskosten zijn om de mest uit te rijden en te verpompen.

Bij sommige boeren moet een bepaalde hoeveelheid mest afgevoerd worden, dit is afhankelijk van het stikstofgehalte in de mest. Als het stikstofgehalte in de mest hoger wordt betekend dat de boer minder mest hoeft af te voeren voor dezelfde hoeveelheid stikstof. Volgens de geïnterviewde levert dat de boer geld op omdat deze ondernemer minder voor mest hoeft te betalen om af te voeren.

Doordat er aerobe omstandigheden ontstaan in de mest is er minder emissie van CH_4, H_2S en ammoniak uitstoot. Voor het vee is zijn dit geen fijne leefomstandigheden en kunnen hierdoor longproblemen ontstaan. Als deze gassen in de stal gereduceerd worden kan er bespaard worden op veearts kosten, daarnaast kan gerekend worden op een hogere productie per koe.

Op het land breng je meer stikstof aan door het toevoegen van de behandelde mest, wat in theorie betekend dat er minder kunstmest ingekocht hoeft te worden. Daarnaast kan de melkopbrengst hoger worden omdat er meer stikstof beschikbaar is voor het gras.

Daarnaast benoemt de geïnterviewde dat als er door mest toe te voegen waar organisch stikstof in zit eerst door het bodemleven omgezet moet worden voordat de plant het op kan nemen. Dit werkt positief op het bodemleven. Op termijn zou dit een betere bodem kunnen opleveren wat ook weer geld op kan leveren. De geïnterviewde geeft wel aan dat dit moeilijk te kwantificeren is.

Interviewverslag EMA Consultancy B.V.

Naam Additief: BioHumat Mest

Datum & tijd van afname: dinsdag 21 april 2020, 10:00 – 11:00

Algemene informatie
EMA Consultancy B.V. heeft het dealerschap van BioHumat producten in Nederland. De producten zijn van Duitse afkomst en zijn in Duitsland al drie jaar op de markt. De geïnterviewde geeft aan dat het moeilijk is om in te schatten hoeveel klanten momenteel het product afnemen. In bepaalde regio's in Duitsland zijn agrariërs bekend met het product. In deze regio's ziet de leverancier dan ook een stijging in het gebruik van het middel de afgelopen jaren. BioHumat Mest is in principe bedoeld om toe te voegen aan drijfmest en aan vaste mest.

Daarnaast kan BioHumat toegepast worden als additief aan digestaat vanuit een vergister. Ook kan BioHumat worden toegepast over het land voor de plant. Dit zijn echter twee andere producten die verschillen qua samenstelling.

Praktisch gebruik
Het additief BioHumat Mest is een biostimulant. Biostimulanten verhogen de weerstand tegen abiotische stress en zetten stoffen om naar makkelijk opneembare voedingsstoffen. Het additief bestaat uit een vloeibaar middel dat sterk geconcentreerde huminezuur verbindingen bevat. Deze huminezuren zijn op een bepaalde soort geprepareerd. Welke soort dit is en welk productieproces hier achter schuilt is het geheim van de smid.

Aanbevolen wordt om vijf liter van dit additief toe te voegen aan 100 m^3, met als voorkeur tijdens het mixen. Het moet wekelijks toegediend worden. Ook zou het technisch gezien kunnen om het middel via een mest robot toe te dienen. Het is niet nodig om dit additief te verdunnen, maar het kan wel slim zijn om het te mengen met water zodat het over de gehele mestkelder in de stal wordt verdeeld.

Theoretische werking
De sterk geconcentreerde huminezuur verbinding zet het anaeroob klimaat om in een aeroob klimaat, deze omzetting is tevens de belangrijkste werking. Of het zuurstofloze klimaat 100% wordt omgezet naar een zuurstofrijk klimaat is nog onduidelijk. Wel zou met deze omzetting ook de vermindering van methaan emissie gemoeid zijn. Door het omzetten van een anaerobe klimaat naar een aeroob klimaat wordt in de praktijk zintuiglijk ervaren dat de geur in de stal veranderd. De geïnterviewde kan geen uitspraak doen over welke microbiële/biochemische processen precies achter deze werking zitten. Wel wordt opgemerkt dat de huminezuur verbindingen de pH licht verlagen (dus niet sterk), hierdoor wordt de stikstof omgezet. De kationen van de huminezuren hebben in vergelijking met kleimineralen een hoger uitwisselingscapaciteit. Via deze uitwisselingscapaciteit zouden ze een belangrijk aandeel in de werking hebben. Daarnaast zorgen de huminezuren ook voor stikstofbinding in de bodem zodat minder kan uitspoelen naar het grondwater.

Het belangrijkste voordeel van het additief is dat de mest homogener wordt. Het duurt enkele weken tot een maand voordat resultaat wordt behaald en de mest homogener wordt. Naast melkveehouders hebben ook varkenshouders last van verstopte gangen in de mestkelder, deze

hebben daarom ook baat bij het gebruik van dit product. In Duitsland wordt vooral het breed verspreiden van de mest toegepast, hierdoor is het fijn om homogene mest te hebben. Homogene mest resulteert ook in een homogene verspreiding van mest over het land. Bovendien bestaat de behandelde mest uit fijnere deeltjes, waardoor ook geen korstvorming op het veld ontstaat. Ook in Nederland kan korstvorming ontstaan na het injecteren van mest. Wanneer mest niet homogeen is ontstaat in de mestkelder verschillende lagen van mest qua vloeibaarheid. De bovenlaag in de mestkelder is waterig en wordt vervolgens naar de bodem steeds dikker. Vervolgens krijg je dan bij het opzuigen van de mest verschillende samenstelling die per vracht op het land wordt gebracht. Daarnaast zijn andere voordelen minder schuimvorming in de kelder en minder emissie van geur.

De geïnterviewde zegt dat op het land ook een aantal aspecten worden waargenomen door het toevoegen van de behandelde mest: meer wortelvorming en een betere opname van nutriënten. Door de verbeterde opname van nutriënten wordt ook een actiever bodemleven verwacht. De werkingscoëfficiënt van de behandelde mest wordt ook hoger geschat dan onbehandelde door de geïnterviewde, alleen kan hier geen percentuele indicatie van worden gegeven in welke ordergrootte dit valt.

Volgens de geïnterviewde is het belangrijk dat de agrariër vanaf het begin van de stal periode bezig is met het behandelen van de mest, zodat je de ‘beste’ mest krijgt. Vaak wordt dit vergeten door de agrariër en is het nog een hele uitdaging om hier gedragsverandering in teweeg te brengen. Aan het behandelen van mest wordt pas gedacht als het mestseizoen voor de deur staat en ze bijna dierlijke mest mogen uitrijden. Vooruit denken om uitstoot te voorkomen, de stikstof in de mest te behouden en rijpere mest te verkrijgen is dus belangrijk. Agrariërs mogen bepaalde chemische stoffen niet gebruiken bij het desinfecteren van de stal/mestkelder, dit kan namelijk een negatieve werking hebben op het additief.

Bij klanten van BioHumat Mest wordt niet gemonitord en worden geen metingen uitgevoerd. Wel geven klanten aan dat de gewassen die ze telen beter groeien. In Duitsland zijn al ervaringen van agrariërs dat zelfs met een afname van kunstmest en het gebruik van behandelde mest betere resultaten werden behaald in de gewasopbrengsten dan voorheen.

Wetenschappelijk onderzoek (naar de reductie van ammoniak en methaan emissie en andere parameters) met BioHumat Mest is nooit uitgevoerd, omdat dit te duur is. Wel zijn er volgens de geïnterviewde onderzoeken voorhanden die de werking van huminezuren op ammoniakemissie en nitraat uitspoeling aantonen. Deze werking zou een grote overeenkomst hebben met BioHumat Mest.

Opgemerkt wordt dat wanneer (wetenschappelijk) onderzoek zou worden uitgevoerd, dit in de praktijk moet worden onderzocht. Opstellingen met bijvoorbeeld 1000 liter vaten zou onvoldoende de werkelijkheid representeren. Veel factoren hebben namelijk een invloed op de samenstelling van mest. Het voer en de vertering van de koe bepaalt met name hoe de mest eruit ziet (wat de samenstelling van de mest is). Wordt bijvoorbeeld het ene jaar eiwitrijker gevoerd dan het andere jaar, zal dit ook elk jaar verschillende resultaten geven op de werking van het additief.

Effectiviteit
n.v.t.

Resultaten (wetenschappelijk) onderzoek
n.v.t.

Economische voordelen
Het additief BioHumat Mest kost €5 per liter, omgerekend zou dit €0.25 per m^3 mest betekenen. De economische voordelen van het gebruik van BioHumat Mest kan een agrariër halen uit het verminderde kunstmestgebruik, maar ook in een beter gewas. Zo kan een gewas een hoger eiwitgehalte hebben of een hogere droge stof gehalte.

Aanbevolen wordt om BioHumat Mest In combinatie te gebruiken met het additief BioHumat Plant (wat neerkomt op 10€ per hectare) en BioHumat zaad coating. Hierdoor krijgt het gewas uiteindelijk de juiste dosering en de samenhangende processen die plaatsvinden in de drie additieven kunnen voor optimale resultaten zorgen.

Een overige opmerking die gemaakt wordt door de geïnterviewde is dat agrariërs (bijvoorbeeld varkenshouders zonder land) die mest moeten afvoeren, vaak minder geïnteresseerd zijn om hun mest te behandelen. Vanuit de overheid (onder andere) wordt aangespoord om ammoniak en methaan te verminderen, alleen is de agrariër financieel gezien hier niet gebaat bij als deze zijn eigen dierlijke mest niet aanwend op eigen land. Dit is een reden dat het bedrijf minder varkenshouders (en meer melkveehouders) heeft als klant.

Interviewverslag Novus-AgroEcology

Naam Additief: Kopros

Datum & tijd van afname: woensdag 15 april 2020, 10:00 – 12:00

Algemene informatie

Novus-AgroEcology is de Nederlandse distributeur van Bioma producten. Bioma SA is een Zwitserse producent, bestaat in 2020 30 jaar, en is opgericht door een bioloog. Bioma maakt producten voor de toepassing in de veehouderij om ammoniak emissies te verlagen, maar het bedrijf richt zich ook op bijvoorbeeld de wijnbouw waar ze producten met minder chemicaliën gebruiken. Daarnaast verkoopt het bedrijf producten om de biologische zuiveringsefficiëntie in de waterzuivering te verhogen en bij de biologische sanering van met olie verontreinigde grond. Bioma heeft in Zwitserland de meeste ervaring maar sinds een aantal jaar zijn ze met de verkoop van Kopros producten ook actief in Italië, Frankrijk, Nederland en Mexico. De intentie is om ook naar andere landen uit te bouwen. In Nederland is de verkoop van Kopros ongeveer één jaar bezig. De Kopros producten zijn toepasbaar voor rundvee, varkens, pluimvee maar ook voor paarden en geiten en hebben rond de 700 afnemers.

Praktisch gebruik

Met de aanschaf van Kopros koopt een agrariër niet alleen het product maar ook de bijbehorende dienstverlening. Een werknemer van NOVUS-AgroEcology of een onderaannemer komt elke vier weken langs om het additief toe te passen over de stalvloer. Dit gebeurt ook met de achterliggende reden dat een agrariër het niet op een verkeerde manier toepast of het juist helemaal niet toepast, wat zou kunnen resulteren in een verminderde effectiviteit van de toepassing.

De dosering van het product wordt aangepast aan de het productieniveau van de dieren. Hoogproductieve koeien bijvoorbeeld, produceren meer melk, nemen meer voer op en produceren ook meer mest. Hiermee wordt bij de bepaling van de dosering rekening gehouden.

Om de gevriesdroogde micro-organismen te activeren wordt warme melk gebruikt, wat dient als voedingsbodem voor de micro-organismen die ze nodig hebben om zich te kunnen ontwikkelen. Een verschil met andere additieven op basis van micro-organismen (indien dezelfde stammen worden gebruikt) is dat het additief wordt toegediend samen met een activator. Deze activator is een plantaardig extract van blauwalgen (cyanobacteriën) en bruinalgen. Het geactiveerde additief wordt met water verspreid over alle oppervlakken met mest of over de diepstrooiselmest.

Theoretische werking

Op de stalvloer zal altijd een laagje organisch materiaal (excretie van urine en feces) overblijven, ook nadat een mestschuiver mest afvoert. In dit overgebleven laagje zal altijd een inoculatie van de aangebrachte micro-organismen verblijven. Deze beïnvloedt de microbiologie in nieuw uitgescheiden mest en brengt deze in balans. Deze micro-organismen worden telkens opnieuw gevoed met verse voeding uitgescheiden door het vee. De bacteriën op de stalvloer, die uiteindelijk ook in de mestkelder terecht komen, ontwikkelen zich dus continu. De gecreëerde balans en invloed op de ontwikkeling van bacteriën betekent tevens dat pathogene bacteriën minder kansen krijgen om zich te ontwikkelen.

Kopros bestaat uit 12 tot 20 (afhankelijk van het type mest) verschillende bacteriestammen, schimmels en enzymen. Deze combinatie zorgt samen voor een transformatie van de mest en binding van stikstof, doordat de aanwezige microbiologie wordt gestimuleerd. Deze microbiologie van bacteriën en schimmels voedt zich op plantaardig en dierlijk materiaal in de mest en legt hierbij stikstof vast in microbieel eiwit. De enzymen dragen bij aan de afbraak van verschillende organische verbindingen, hierbij wordt tevens de zuurgraad (pH) beïnvloedt. Dit draagt er toe bij dat uit ureum gevormde ammoniak in ammonium wordt omgezet.

Het product bevat geen chemische stoffen en mineralen en brengt enkel een verandering in de verhouding van de aanwezige stoffen en micro-organismen die reeds aanwezig zijn in mest. De samenstelling zonder chemische stoffen of genetisch gemodificeerde ingrediënten maakt dat het product ook toepasbaar is bij biologische landbouw.

Met het toepassen van Kopros composteert en mineraliseert stromest in 4 tot 6 maanden, waarbij organisch materiaal wordt afgebroken en humus wordt gevormd. Dit wordt zintuiglijk waargenomen omdat humus een karakteristieke geur heeft door de aanwezige humuszuren. De bemestende waarde van potstalmest wordt 10x hoger geschat dan normaal en kan vanuit de stal direct aangewend worden.

Ook bij drijfmest vindt compostering plaats, wat resulteert in een afbraak van organisch stof zodat meststoffen worden geconcentreerd. Stikstof wordt hierbij omgezet in biologisch beschikbare vormen voor planten en microbieel eiwit. In Zwitserland ruikt de drijfmest naar bosgrond en wordt de mest bovengronds uitgereden, dit is tevens positiever voor het bodemleven. In Nederland zijn deze resultaten echter nog niet bereikt, maar de mest stinkt duidelijk minder.

Effectiviteit
Kopros zorgt voor een reductie van ammoniak emissies van circa 80%, omdat door de omzettingen van het additief de zuurgraad van de mest wordt veranderd. De zuurgraad daalt waardoor er minder ammoniak en meer ammonium in de mest zit. Tevens wordt een deel van de aanwezige stikstof in de mest omgezet door de bacteriën in bacterieel eiwit. Het aanwezige organisch gebonden stikstof heeft een hoger werkingscoëfficiënt dan die van gemiddelde rundvee (drijf)mest. Verwacht wordt dat deze werkingscoëfficiënt wel twee tot drie keer zo hoog is. Daarnaast worden methaan emissies gereduceerd.

Deze ammoniak reductie zorgt voor een beter stalklimaat, wat zorgt voor een beter welzijn van het vee en tevens een aangenamere werkomgeving voor de agrariër. Dit leidt in de praktijk tot minder medische kosten en tot een betere melkproductie. Dit zorgt ook voor een hoger gewasopbrengst en een beter benutting van nutriënten met eiwitrijker gras. Door een verbeterde opname van micronutriënten verbeteren de organoleptische kwaliteiten van een gewas.

Normaliter wordt mest aangewend door middel van injecteren, mest komt hierdoor terecht in een omgeving met weinig zuurstof waardoor het lang duurt voordat de mest wordt omgezet. Bovendien wordt vaak boven op de bemesting met dierlijke mest nog kunstmest aangebracht. Micro-organismen in de bodem en ander bodemleven worden hierdoor geconfronteerd met overmatige concentraties en dit belet hun activiteit en benodigde transformaties. Bij met Kopros behandelde

mest is dit niet het geval omdat de mest reeds verregaand getransformeerd is met een deel van de meststoffen dat direct beschikbaar is voor planten, microbiële organische stof die gemakkelijk door bodemleven benut kan worden en zo nutriënten oplevert en humus die als effectieve organische stof de bodem verrijkt.

Resultaten (wetenschappelijke) onderzoeken
n.v.t.

Economische voordelen
De dosering van Kopros is afgestemd op de productie van dieren en bepalen de kosten voor de toepassing. Voor een gemiddelde koe in Nederland met melkproductie van 9000 kilo komen de kosten inclusief toepassing neer op € 5,50 per 4 weken (€ 71,50 per jaar). Voor hogere melkproducties liggen de kosten per dier hoger, maar nemen licht af relatief tot de melkopbrengst. Als voorbeeld wordt gegeven dat een gemiddeld producerende koe ongeveer 9000 kilo melk produceert en een hoog producerende koe 12500 liter, met als gevolg dat de hoog producerende koe meer mest uitscheidt. Dit zou resulteren in een hoger mestvolume in de mestkelder, waarop de hoeveelheid toe te dienen additief moet worden aangepast.

De opbrengsten worden op verschillende fronten gemaakt door het toepassen van Kopros, als het waren wordt één schakel in de keten verbeterd wat een positief effect teweeg brengt op andere schakels verderop in de keten. Zo zijn de gewasopbrengsten hoger, de melkproductie wordt kwantitatief en kwalitatief verhoogd en er zijn minder medische kosten als gevolg van een gezonder stalklimaat. Tevens is meer stikstof behouden in de behandelde mest in een geschikte beschikbare vorm, waardoor geld kan worden bespaard op de aankoop van kunstmest. Ook kan worden bespaard op krachtvoer, omdat het gras van eigen land meer eiwit bevat.

Interviewverslag BioCover

Naam additief: SyreN (aanzuursysteem met zwavelzuur)

Datum & tijd van afname: donderdag 16 april 2020, 10:00 – 12:00

Algemene informatie

In Denemarken is het bij wet verplicht om mest te injecteren of om het mest te verzuren. De mest mag dus wel bovengronds worden uitgereden als het aangezuurd is. De reden hiervoor is dat het injecteren net zoveel effect heeft op de ammoniak emissie als het aanzuren volgend de Deense overheid, deze twee methodes worden dus als gelijkwaardig gezien.

Het SyreN-systeem is al 10 jaar op de markt en word voornamelijk verkocht in Denemarken. Naast Denemarken zijn er ook systemen verkocht in Frankrijk, Duitsland, Zweden, Estland, Letland en Finland. De geïnterviewde geeft aan dat in totaal 139 systemen zijn verkocht. De reden dat het bedrijf hun systeem niet op grotere schaal kan verkopen wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door belemmeringen in wet- en regelgeving van verschillende landen, in Nederland is dit ook het geval.

De aanschaf van het SyreN-systeem kosten liggen rond de 27 euro per hectare.

Praktisch gebruik

Het SyreN-systeem bestaat uit een aantal onderdelen die bevestigd zitten op en in de tractor en op de giertank. Voorop de tractor bevind zich de zuurtank gevuld met zwavelzuur. Aan de linkerzijkant van de zuurtank zit een tank bedoeld voor nitrificatie remmende additieven (nitrificatieremmers) en een watertank dat wordt gebruikt bij de schoonmaak van het systeem. Aan de rechterzijkant van de zuurtank bevind zich de technische installatie en elektronica (technical box) van het systeem. Bevestigd aan de zuurtank zit een zuurslang dat doormiddel van een pomp zuur uit de tank pompt richting het eind van de gierton en wordt daar gemengd met de mest. Het zuur wordt dus pas gemengd met de mest net voordat de mest in aanraking komt met het land. De pH van het mest kan aangepast en gemonitord worden doormiddel van een computer in de tractorcabine die aangesloten zit aan een pH meter. De mest wordt aangezuurd tot het een pH bereikt van 6 – 6,4.

Het zwavelzuur wordt geproduceerd en geleverd door een extern bedrijf. De zuurtank wordt bijgevuld door het bedrijf waar het zuur vandaan komt waardoor de boer zelf vrijwel niet in contact komt met het zuur.

Theoretische werking

Het SyreN systeem richt zich vooral op het tegen gaan van vervluchtig van ammoniak. Het ammonium dat in de bodem terecht wordt zal worden omgezet naar nitraat door nitrificatie. Daarom kunnen nitrificatieremmers toegevoegd worden aan het systeem om dit nitrificatieproces te vertragen.

De voornaamste reactie die plaatsvind bij het aanzuren van mest doormiddel van het SyreN-systeem is het toevoegen van zwavelzuur (H_2SO_4) aan ammoniak (NH_3) waardoor ammoniumsulfaat ($(NH_4)_2SO_4$) ontstaat. De reactievergelijking gaat als volgt:

$2\ NH_3$ (gas) + H_2SO_4 → $2\ NH_4^+$ (zout) + SO_4^{2-} = Ammoniumsulfaat

Het eindproduct is ammoniumsulfaat dat volgens de geïnterviewde een veel gebruikt meststof is en daarom een positieve werking heeft op het gewas.

Naast stikstof zou het aanzuringssysteem ook zorgen voor meer beschikbaar fosfaat voor de plant. Het in koemest aanwezige calciumfosfaat ($Ca_3(PO_4)_2$) wordt door het aanzuren omgezet in calciumdiwaterstoffosfaat ($Ca(H_2PO_4)_2$) dat ook wel “super fosfaat” wordt genoemd. Deze vorm van fosfaat zou namelijk beter beschikbaar zijn voor de plant. Hierdoor zou de hoeveelheid fosfor dat beschikbaar is voor de plant toenemen met 40%.

Een andere reactie dat plaatsvind na het aanzuren van dierlijke mest is de reactie tussen bicarbonaat ($Na\text{-}HCO_3$) dat aanwezig is in de mest en het zuur (H^+) wat resulteert in de producten Natrium (Na^+), koolstofdioxide (CO_2) en water (H_2O). Deze reactievergelijking ziet er als volgt uit:

$$Na\text{-}HCO_3 + H^+ \rightarrow Na^+ + CO_2 + H_2O$$

Het CO_2 dat ontstaat zorgt voor een schuimlaag op het land zodra het mest wordt aangebracht. Deze schuimlaag zou een positieve werking hebben omdat het voorkomt dat ammoniak in contact met de lucht en daardoor niet vervluchtigd.

De geïnterviewde geeft aan dat dit systeem in Nederland nog niet wordt toegepast omdat er veel polderland is. In polders vind je een hoog gehalte aan organisch materiaal en veel fosfor in de vorm van ijzerfosfaat. Bij het aanzuren op polderland zal het sulfaat zich binden aan het ijzer in plaats van aan fosfor, daardoor zal het aantal fosfor dat uitspoelt toenemen. In Brabant (met zandgrond) zou dit geen probleem zijn.

Effectiviteit
De reductie van ammoniak emissie kan worden berekend via het model genaamd ALFA model op de website van BioCover.

Economische voordelen
Op de website van BioCover is het “SYREN ESTIMATER” programma te vinden waar de kosten en baten voor een specifieke situatie kunnen worden berekend. Doormiddel van dit programma laat de geïnterviewde zien dat de kosten van het toepassen van het SyreN-systeem na een jaar kan worden terugverdiend (zelfs met winst).

Interviewverslag BASF

Naam additieven: Vizura en Limus

Datum & tijd van afname: woensdag 22 april 2020, 10:00 – 11:30

Algemene informatie

BASF is een multinational en is met haar producten in ruwweg vijf divisies te onderscheiden, dit zijn respectievelijk: chemicaliën, prestatieproducten, functionele materialen & oplossingen, agrarische oplossingen en olie & gas. BASF is in de jaren '10 begonnen met het ontwikkelen van bemestingsproducten. Hierbij paste ze als eerste bedrijf het Haber-Boschproces toe waarbij aardgas, lucht en stoom onder hoge druk en temperatuur wordt omgezet naar ammoniak en koolstofdioxide. Momenteel besteed het bedrijf het produceren van stikstofverbindingen uit en kopen deze bij andere partijen in. Rond de jaren 60 begon BASF met het ontwikkelen en verkopen van gewasbeschermingsproducten. De divisie landbouw (agrarische oplossingen) heeft momenteel een relatief klein maar stabiel aandeel binnen het bedrijf, met een bijdrage van 9 tot 10%. Onder deze divisie vallen biotechnologie, gewasbescherming en functionele gewasverzorging. Vanwege wet- en regelgeving wordt biotechnologie alleen ontwikkeld buiten Europa, omdat hier meer mogelijkheden toe zijn. Onder gewasbescherming vallen de chemische middelen, de biologische gewasbeschermingsproducten en andere producten vallen onder de groep functionele gewasverzorging. De additieven 'Vizura' en 'Limus' vallen tevens onder deze laatstgenoemde groep.

De geïnterviewde geeft aan dat nitrificatieremmers en ureaseremmers redelijk oude producten zijn, maar dat er vooral gewerkt wordt aan verbetering van de formulering. Het meeste onderzoek is namelijk 20 á 30 jaar geleden al begonnen. Echter werd hier alleen gekeken naar de basiseigenschappen. BASF richt zich vooral op het verbeteren van de efficiëntie en de formulering. De formulering wil eigenlijk zeggen de samenstelling, die van invloed is op de stabiliteit, verwerkbaarheid en milieukundige eigenschappen.

Wereldwijd en op grote schaal wordt steeds meer gebruik gemaakt van producten die de werkingscoëfficiënt van stikstof te verbeteren, omdat stikstof toch een schaars goed is. Vooral uit China komt steeds meer vraag naar nitrificatieremmers. In China zijn er ook al veel onderzoeken gedaan met nitrificatieremmers. Hoeveel afnemers er momenteel zijn van Vizura kan de geïnterviewde niet zeggen, omdat het bedrijf hun producten niet rechtstreeks aan eindgebruikers verkoopt maar aan tussenhandelaren. Voor Nederland is de verkoper van Vizura van der Reijt uit Moerdijk. Dit bedrijf bepaalt zelf de prijs van het additief die de eindgebruiker (een agrariër/loonwerker) moet betalen.

BASF heeft twee soorten ureaseremmers te koop, namelijk 'Limus Clear' en 'Limus Pro'. Ureaseremmers remmen het enzym urease dat benodigd is voor de omzetting van ureum in ammoniak en koolstofdioxide. De meest ureaseremmers bevatten enkel de werkzame stof NBPT en Limus Clear en Pro bevat de werkzame stoffen NBPT en NPPT.

Bij ureaseremmers zijn verschillende micro-organismen (niet alleen bacteriën) en structuren verantwoordelijk voor het proces van de ontleding van ureum. Veel ureaseremmers die momenteel beschikbaar zijn op de markt bevatten enkel de werkzame stof NBPT en hebben een verschillende formuleringen. De formulering is verantwoordelijk voor de stabiliteit van deze werkzame stof en

verwerkbaarheid. Sommige formuleringen garanderen bijvoorbeeld maar een werking van een half jaar, dit is volgens de geïnterviewde voor grote bedrijven die het hele jaar continu door produceren een nadeel. BASF heeft een formulering ontwikkeld waarbij een langere opslagtijd mogelijk is zonder nadelige gevolgen bij de toepassing.

Doordat de meeste ureaseremmers enkel de werkzame stof NBPT bevatten, wordt enkel één soort structuur die verantwoordelijk is voor de ontleding van ureum geremd. Met het gebruik van NBPT en NPPT (in Limus formuleringen) worden de twee grootste soorten structuren die verantwoordelijk zijn voor de ontleding van ureum geremd, volgens de geïnterviewde. Omdat een breder pallet aan urease structuren wordt aangepakt wordt de werkzaamheid vergroot. Naast deze twee structuren zijn er nog veel meer soorten die verantwoordelijk zijn voor de ontleding van ureum. De geïnterviewde kon geen uitspraak doen over hoeveel soorten dit precies zijn.

Praktisch gebruik

De Limus ureaseremmers worden op dit moment alleen toegepast op ureum bevattende meststoffen die niet van organische oorsprong zijn, volgens de geïnterviewde. Dit zijn kunstmatige meststoffen zoals bijvoorbeeld ureum bevattende korrels of vloeibare vormen van ureum zoals urean en NTS. Hierdoor valt dit additief buiten de scope van dit onderzoek en wordt het derhalve niet meegenomen. In een melkveestal, komt urine in aanraking met vaste mest waardoor de ureum in urine snel wordt omgezet in NH_4^+. Wanneer urine apart zou worden opgevangen (bijvoorbeeld door het gebruik van een koe toilet) zou het additief wel kunnen worden toegepast (op een meststroom van organische oorsprong).

De nitrificatieremmer Vizura kan worden toegepast op alle ammonium bevattende meststoffen (dus zowel bij drijfmest als kunstmest). Vizura kan op meerdere manieren worden toegediend, maar de geïnterviewde geeft aan dat er wel een bepaalde manier de voorkeur heeft. Op het moment (vlak voor het uitrijden) dat een loonwerker de mest uit de mestput pompt in de tankwagen, kan bij de aanzuiging van een bepaalde hoeveelheid mest gelijktijdig een hoeveelheid Vizura worden aangezogen. BASF heeft hiervoor een doseersysteem ontwikkeld, waardoor Vizura ook gelijkmatig verdeeld wordt aangebracht over de aanwezige hoeveelheid mest in de tank. Wanneer een agrariër zelf Vizura aanbrengt in de mestkelder, bestaat de kans dat het niet homogeen verspreid in de mest terecht komt. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de werkingsduur van het product, wanneer het product bijvoorbeeld één maand voor het uitrijden van de mest wordt aangebracht in de mestkelder zal de werkingsduur op het land minder lang zijn. Hierdoor wordt aanbevolen om Vizura kort voor het uitrijden toe te dienen aan de mest middels een doseersysteem.

Vizura heeft het meeste effect wanneer het in het (vroege) voorjaar wordt gebruikt, dit heeft met name met de bodemtemperatuur te maken. Bij een bodemtemperatuur van 5 graden is de werkingsduur van Vizura gemiddeld 12 weken, bij een bodemtemperatuur van 20 graden gemiddeld 5 weken. Bovendien valt er in het (vroege) voorjaar doorgaans meer regen, waardoor bij toepassing van Vizura nitraat uitspoeling kan worden voorkomen en dus stikstof beter benut kan worden.

Volgens de geïnterviewde is zintuiglijk niks te merken wanneer en of het product meteen werkt, maar uit metingen zou blijken dat het product meteen werkt. Wanneer de organische mest op het land wordt gebracht en het gewas behoefte heeft naar nitraat, zorgt Vizura ervoor dat nitraat geleidelijk beschikbaar komt. De dosering die wordt aanbevolen komt overeen met 2 á 3 liter Vizura per hectare. De gebruikte dosering is afhankelijk van meerdere factoren zoals periode van toediening

(voorjaar of zomer), weersomstandigheden, toedieningstechniek en mate van vermenging van de mest in de grond.

Theoretische werking

De werkzame stof in Vizura is DMP, deze stof is tijdens de ontwikkeling en formulering van het product gecombineerd met de groep fosforzuur tot de stof DMPP. Vizura blokkeert het aanrakingspunt van het enzym in de bacterie dat nodig is voor de omzetting van ammonium in nitraat. Vizura treedt in werking wanneer de organische mest in aanraking komt met de (nitrificerende) bacteriën die van nature in de bodem leven. Normaliter zetten deze bacteriën via oxidatie ammonium om in nitraat, waardoor energie vrijkomt voor de bacterie. Deze bacterie leeft op deze energie, maar omdat deze omzetting geremd wordt kan de bacterie zichzelf minder vermenigvuldigen. Omdat het enzym onwerkzaam wordt gemaakt doordat het aangrijpingspunt geblokkeerd wordt krijgt de bacterie te weinig energie en kan zich daardoor minder vermenigvuldigen. De werking neemt uiteindelijk af doordat DMP door andere bodemorganismen wordt afgebroken.

Wanneer mest op de juiste wijze wordt ingebracht in de bodem, zal stikstof in de vorm van ammonium (NH_4^+) door zijn positieve lading binden aan de bodemdeeltjes in de bovenlaag. Normaliter wordt ammonium binnen enkele dagen omgezet tot nitraat, dit is (vooral in het voorjaar) uitspoelingsgevoelig. Door Vizura wordt ammonium omgezet tot nitraat in gelijke lijn aan de behoefte van de plant. Hierdoor wordt stikstof beter benut en heb je een relatief kleine overmaat aan nitraat in de grond. Dit zorgt naast een verminderde nitraat uitspoeling ook voor minder lachgas emissies naar de lucht.

Bestaande wet- en regelgeving in enkele deelstaten van Duitsland zou volgens de geïnterviewde toestemming geven om eerder in het jaar mest uit te rijden wanneer nitrificatieremmers (zoals Vizura) worden gebruikt.

Elk gewas heeft een verschillend behoefte aan een bepaalde verhouding tussen ammonium en nitraat in de bodem, om een optimale groei te realiseren. Gewassen kunnen beperkt ammonium opnemen, boven een bepaald gehalte wordt ammonium namelijk giftig voor de plant. Nitraat kan een plant onbeperkt opnemen, echter kan niet al het nitraat ook daadwerkelijk gebruikt worden. Hier zit namelijk een ‘productieplafond’ aan. Wanneer de juiste balans tussen ammonium en nitraat wordt aangeboden in de bodem komt dit productieplafond hoger te liggen, wat zou resulteren in een hoger gewasopbrengst (van 4 á 5%). De opname van nitraat is een passief proces terwijl daarentegen de opname van ammonium een actief proces is. Door de positieve lading van ammonium staat de plant een waterstofion (H^+) af om in balans te blijven. Doordat H^+ wordt afgestaan door de wortels ontstaat er in de rhizosfeer een microverzuring. Deze microverzuring zorgt er weer voor dat andere (macro- en micro)nutriënten beter kunnen worden opgenomen. Volgens de geïnterviewde is dit zeker in het begin van het seizoen belangrijk, omdat dan onder andere fosfaat belangrijk is voor de groei in de eerste fase.

Effectiviteit
Nitraat uitspoeling naar het grondwater zou door het gebruik van Vizura op grote lijn met 20 tot 30% worden verminderd (bij de toediening van drijfmest). Hier zitten uitschieters naar boven en beneden bij, afhankelijk van het type grond, type gewas en specifieke omstandigheden. Volgens de geïnterviewde worden reducties van lachgas emissies tot 50% behaald (bij de toediening van drijfmest).

Op veengronden zouden lachgas emissies mogelijk kunnen worden verminderd maar hier is geen onderzoek naar gedaan. Wanneer veengronden namelijk droog komen te liggen, wordt humus afgebroken, en de organisch gebonden stikstof in humus wordt vervolgens weer afgebroken tot ammonium. Wanneer ammonium niet wordt opgenomen door het gewas kan het voorts weer worden omgezet in lachgas of uitspoelen als nitraat naar het grondwater.

Resultaten (wetenschappelijk) onderzoek
BASF heeft Vizura in de praktijk laten testen op PPO Vredepeel (proeflocatie voor professionele veldproeven) in twee verschillende proeven. Deze proeven toonden beide keren een hogere gewasopbrengst voor mais aan. Daarnaast zou dit tevens het geval zijn bij veldproeven in Duitsland, Denemarken en Spanje. Verder zou de lachgasreductie door Vizura recent zijn onderzocht door de universiteit van Milaan, waar mee ouder onderzoek weer werd bevestigd.

Economische voordelen
De economische voordelen zitten hem voornamelijk in de stikstof die efficiënter wordt gebruikt (door de verminderde verliezen naar het grondwater en de lucht). Wanneer maar beperkt stikstof mag worden aangewend op het land door steeds strenger wordende wet- en regelgeving wordt het tevens almaar belangrijker om de stikstof efficiënt te benutten. Wanneer stikstof efficienter (minder emissie naar milieu) wordt gebruikt kan ook mogelijk strengere regelgeving worden voorkomen.

Verder is uit meerdere proeven gebleken dat de gewasopbrengst (droge stof, eiwitgehalte) hoger was wanneer Vizura werd gebruikt in tegenstelling tot de referentie.

Interviewverslag Agri Minerals

Naam additief: AMFA (en No-Ch stalsysteem)

Datum & tijd van afname: dinsdag 14 april 2020, 10:00 – 11:15

Algemene informatie

De staltechniek No-Ch van Agri Minerals is momenteel nog niet op de markt, het losse additief AMFA wel. Ongeveer vijf jaar geleden is Agri Minerals gestart met de opzet voor het additief AMFA met als doel om de benutbaarheid van dierlijke mest te verbeteren. In deze jaren is praktijk- en laboratoriumonderzoek gedaan waarvan de laatste laboratoriumproeven zijn gedaan in december 2019.

Tijdens dit laatste onderzoek is heel specifiek getest op ammoniak en methaan emissie. Dit zou een inzicht hebben gegeven dat ze in staat zijn om de ammoniakemissie met 30% te verminderen en de methaanemissie met 50%. Met deze cijfers hebben ze van het RVO toestemming gekregen om het proefstaltraject in te gaan. Vanwege deze toestemming gaat het bedrijf nu werken met vier proefstallen om een jaar lang metingen uit te voeren om een definitieve emissiefactor aan het systeem te koppelen. Het bedrijf schat dat het beschikbaar worden van het No-Ch stalsysteem een kwestie van maanden zal zijn.

Het product dat Agri Minerals levert is wereldwijd toepasbaar. Echter is het product in Nederland optimaal toepasbaar omdat 90% van de melkveehouderijen gebruik maken van mestkelders wat in veel andere delen van de wereld niet het geval is. Het bedrijf richt zich nu vooral op Nederland omdat het een Nederlands bedrijf is maar ze willen zich in de toekomst ook richten op andere Europese landen.

Op dit moment is de melkveesector de belangrijkste sector waar het bedrijf zich op richt. Agri Minerals wil zich in de toekomst ook richten op varkenshouderijen, hier worden momenteel al proeven voor gedaan.

Het losse additief AMFA wordt aan ongeveer 20 bedrijven verkocht die voornamelijk bestaan uit proefstallen. Op de vraag of ze een stijgende lijn zien in de verkoop van additieven voor in dierlijke mest in het algemeen antwoord de geïnterviewde geen grote toename te zien, de verklaring hiervoor is dat de werking van veel additieven niet aangetoond is.

Praktisch gebruik

Het No-Ch systeem bestaat uit een speciale stal vloer (van een extern bedrijf), op deze stalvloer zit een mestrobot bevestigd met een vloeistoftank. In deze vloeistoftank wordt het additief AMFA toegevoegd. De mestrobot verschuift de aanwezige mest over de stalvloer, tegelijkertijd verneveld de robot het AMFA over de mest. De dosering van AMFA is instelbaar afhankelijk van de stal en het aantal stalplaatsen maar ligt rond de 100 liter per 2 à 3 uur. Het bedrijf levert ook een dienstverlening om de werking van het product te garanderen. Voor de werking van AMFA is het essentieel dat de mest gemixt wordt.

De geïnterviewde verteld dat een emissiefactor alleen behaald kan worden bij een ammoniak reductie van 65%, de huidige reductie met AMFA van 30% is dus niet voldoende. Daarom wordt

AMFA toegepast in combinatie met de speciale stalvloer om een hogere reductie te behalen. Een hoger doel van het bedrijf is om uiteindelijk een emissiefactor voor AMFA zelf te krijgen.

Theoretische werking
Over de samenstelling van AMFA kan de geïnterviewde nog geen uitspraak doen omdat de patentprocedure nog aan de gang is. Wel wordt aangegeven dat het bestaat uit 100% natuurlijke mineralen en dat het product op de SKAl lijst staat.

Over de werking van AMFA verteld de geïnterviewde dat de mineralen een fysieke verbinding aangaan met ammoniak in de drijfmest. Deze fysieke binding is een meststof in de vorm van ammonium dat behouden blijft in de mest. Naast deze reductie van ammoniak zien ze ook een reductie in broeikassen, met name methaan. Deze relatie tussen ammoniak reductie en de reductie van broeikasgassen moet echter nog onderzocht worden.

Vermeld wordt dat de ammoniakuitstoot uit mest het hoogst is tijdens de eerste 48 uur na uitscheiding. Om deze reden is het van belang om de mest binnen deze 48 uur te behandelen, wat het geval is bij het stalsysteem No-Ch. Een ander voordeel van deze aanpak is dat het stalklimaat aanzienlijk verbeterd door o.a. gas- en geurreductie.

Een ander voordeel van het gebruik dat wordt benoemd ligt bij de benutbaarheid van de mest voor de plant. Doordat de stikstof na toepassing van het additief gebonden is in de mest vervluchtigd het niet en spoelt het niet uit waardoor het stikstof langer beschikbaar blijft voor het gewas. Een voordeel aan deze betere benutbaarheid is het mogelijk verminderen van kunstmestgebruik. Een ander effect van de betere benutbaarheid van de mest is een hogere voedingswaarde in het gras waardoor de koe betere melk kan produceren.

Ook voor het bodemleven is het gebruik van AMFA positief. Omdat ammoniak is giftig voor het bodemleven, zal een reductie van de aanwezige ammoniak een positieve werking hebben op het bodemleven.

Effectiviteit
Zoals eerder vernoemd in dit verslag is AMFA in staat de ammoniak emissie te reduceren met 30% en de methaan emissie met 50%.

De geïnterviewde verteld dat ze bij reguliere gebruikers geen emissiemetingen uitvoeren in de stal, maar wel kijken naar de samenstelling van de mest doormiddel van mestanalyses. De geïnterviewde legt uit dat er een lineair verband is tussen het ammoniak-N in de mest en de emissie, dus als ze de ammoniak concentratie op papier weten te verminderen weten ze zeker dat de ammoniakemissie minder wordt. Vermeld wordt dat tijdens het proefstaltraject wel emissiemetingen worden gedaan in de stal.

Economische voordelen
De prijs voor het additief AMFA ligt rond de 3 euro per m^3 mest. De prijs van het No-Ch systeem (exclusief mestrobot) ligt rond de 100 euro per dierplaats per jaar.

De volgende (mogelijke) economische voordelen worden benoemd door de geïnterviewde: verhoogde gewasopbrengst door hogere bemestende waarde, minder kunstmestgebruik (minder kunstmest kosten), een gezondere veestapel door een beter stalklimaat en een hogere melkopbrengst en melkkwaliteit door een kwaliteitsstijging van het gras.

Bijlage 10. Interviewverslagen agrariërs

In deze Bijlage zijn de interviews met de producenten terug te vinden. Om het wat in deze Bijlage tevens wat overzichtelijker te maken is in Tabel 17 een leeswijzer weergegeven. Hierin staat in de linker kolom de productnaam van het additief dat gebruikt werd/wordt door een geïnterviewde agrariër, in de rechterkolom staan de paginanummers waarin het interviewverslag staat.

Tabel 17 Leeswijzer gebruikerservaring agrariërs

Gebruikerservaring met	Te vinden op
AgriMestMix	Bladzijde 120 - 121
Pro-Mest & MicroFerm	Bladzijde 122
Aero Activ	Bladzijde 123 - 124
Kopros	Bladzijde 125 - 126
AMFA	Bladzijde 127 - 128

Interviewverslag gebruiker AgriMestMix

Naam bedrijf: Rinagro BV

Datum & tijd van afname: woensdag 13 mei 2020, 11:00 – 11:30

Bedrijfsbeschrijving
De geïnterviewde heeft een bedrijf van 70 melkkoeien met 70 hectare grond. Het is een biologische boerderij waarvan de helft van de grond natuurland is en de andere helft particulier grasland waar verder geen beheer op zit. De stal op het bedrijf is gemaakt voor 100 melkkoeien en heeft een roostervloer. De mestkelder van de stal heeft een capaciteit van 5000 m^3 mest. Daarnaast heeft het bedrijf nog een mestzak van 500 m^3 erbij. In totaal kan het bedrijf dus 5500 m^3 mest opslaan.

Achterliggende reden van het gebruik
De vader van de geïnterviewde is 20 jaar geleden begonnen met het gebruik van AgriMestMix omdat deze ondernemer problemen ondervond met het mixen van de mest omdat het niet homogeen genoeg was. Toen is de vader bij Rinagro uitgekomen om als een van de eerste het product te gebruiken, sindsdien is het additief altijd toegepast op het bedrijf. De geïnterviewde geeft aan dat dit het enige additief is dat wordt toegepast op het bedrijf.

Praktische werking
De geïnterviewde verteld dat AgriMestMix één keer in de week wordt toegepast. Dit wordt gedaan door één liter te verdunnen met 10 liter water en dit doormiddel van een emmer of gieter over de roostervloer te verdelen. De geïnterviewde geeft aan dat ze niet elke week de mest mixen.

Het is simpel toe te passen omdat het alleen verdund hoeft te worden en gewoon met een gieter toegevoegd kan worden.

Voor de composthoop gebruikt de geïnterviewde het additief Compost-O, dit is een ander additief dat verkrijgbaar is bij Rinagro en bedoeld om het compostproces te bevorderen.

(Theoretische) werking
De geïnterviewde verteld dat de werking van AgriMestMix wel door de producent wordt toegelicht. Echter kan dit voor mensen zonder (enige) microbiologische kennis soms moeilijk te volgen zijn. Daarom lijkt het de geïnterviewde beter om hier een vereenvoudigde versie van te maken zodat de boeren (de afnemers) het beter begrijpen. Als de afnemers namelijk vinden dat het verhaal achter het product te ingewikkeld is zijn ze sneller geneigd om af te haken en het product niet aan te schaffen, aldus de geïnterviewde.

Ervaringen/voordelen
De geïnterviewde geeft aan dat de mest homogeen is, daarnaast is de stank minder (scherp) dan in stallen van nabij gelegen bedrijven en dat dit verschil daadwerkelijk merkbaar is.

De geïnterviewde verteld dat het lastig is om te vertellen of het gras daadwerkelijk beter groeit met AgriMestMix omdat het al 20 jaar toegepast word en daarmee moeilijk vergeleken kan worden met een situatie zonder het additief. Verder geeft de geïnterviewde aan dat ze sinds 3 jaar volledig biologisch te werk gaan en dus geen kunstmest meer toepassen, hierdoor is de grasopbrengst lager geworden.

Tevens geeft de geïnterviewde aan dat ze vrij gezond vee hebben en daardoor nooit veel medische klachten hebben. Dit kan onder andere toegeschreven worden aan de verminderde ammoniak emissie in de stal.

De geïnterviewde verteld dat AgriMestMix een gunstige werking op het bodemleven heeft. Echter zijn er nooit bodemmonsters genomen om de invloed op de bodem te onderzoeken, dit is wel iets wat de geïnterviewde interessant lijkt om te doen.

Prijs/kwaliteit verhouding

De geïnterviewde verteld dat de kosten van AgriMestMix zeker terug te verdienen is in de vorm van een gezonde bodem, gezond vee en goede mest. De geïnterviewde geeft aan de prijs van AgriMestMix niet uit zijn hoofd te weten maar weet en vindt wel dat het niet goedkoop is. Volgens de geïnterviewde is dat ook de reden dat veel boeren afhaken om additieven te kopen. De werking is namelijk pas na een aantal jaar zichtbaar terwijl het wel veel geld kost en op korte termijn niet veel oplevert. De boer wil namelijk graag de werking op korte termijn zien.

Interviewverslag gebruiker Pro-Mest & Microferm

Naam fabrikant Pro-Mest & Microferm: EM Agriton B.V.

Datum & tijd van afname: woensdag 27 mei 2020, 15:30 – 15:45

Beschrijving van het bedrijf
De geïnterviewde heeft een gangbaar melkvee bedrijf met 60 hectare grond waarvan 11 hectare mais. De stal is een ligboxenstal uit 1970 met een conventionele roostervloer waar 90 melkkoeien en 50 stuks jongvee in staan.

Achterliggende reden van het bedrijf
De geïnterviewde is destijds benaderd door de oprichter van het bedrijf Agriton en gebruikt het additief nu in ieder geval al meer dan 20 jaar.

Praktisch gebruik
De geïnterviewde geeft aan op het moment niet precies de gebruikte dosering te weten maar volgt in ieder geval de benodigde dosering die wordt aangegeven op het etiket. De twee additieven worden in een jerrycan in een vloeistofvorm aangeboden. Een fractie van deze inhoud van de jerrycans worden gemengd met meerdere delen water en vervolgens wordt het met een gieter over de mestput en roostervloeren aangebracht, één keer in de twee weken.

Aangezien de mestput maar een beperkte opslagcapaciteit heeft bezit de geïnterviewde twee mestbassins. Voordat de mest uit de mestput wordt overgepompt naar de mestbassins wordt de mest eerst gemixt. Daarnaast geeft de geïnterviewde aan dat de loonwerker een infrarood sensor heeft waarmee droge stof, stikstof, fosfaat en kalium gehalten in de mest worden bepaald zodat die weet welke gehalten in de mest zitten. Overige metingen naar ammoniak of andere parameters worden echter niet uitgevoerd.

(Theoretische) werking
De eigenaar van Agriton heeft de (theoretische) werking van het additief destijds aan de geïnterviewde uitgelegd. Echter doet de geïnterviewde geen uitspraak over het werkingsprincipe van het additief.

Ervaringen
De geïnterviewde geeft aan dat die vooral merkt dat het minder stinkt in de stal, daarbij moet gezegd worden dat het nog wel ietwat stinkt maar een stuk minder. Bovendien hoeft de geïnterviewde minder te mixen door het gebruik van het additief.

Prijs/kwaliteit verhouding
De prijs kwaliteit verhouding is volgens de geïnterviewde voldoende. De kosten zouden er alleen al worden uitgehaald door het minder te hoeven mixen.

Voordelen
Samengevat zijn de voordelen van het gebruik van Pro-Mest en Microferm dat er minder stank merkbaar is in de stal en de mest homogener wordt door het additief want de geïnterviewde hoeft minder te mixen. Het minder mixen resulteert weer in lagere kosten, bovendien zou met frequenter mixen meer stikstof vervluchtigen.

Interviewverslag gebruiker Aero Activ

Naam fabrikant Aero Activ: LLINQ BV

Datum & tijd van afname: dinsdag 12 mei 2020, 14:30 – 15:00

Bedrijfsbeschrijving
De geïnterviewde heeft een gangbaar melkvee bedrijf met 110 koeien en 50 stuks jongvee, met 50 hectare grond waarvan een kleine 10 hectare verpacht worden. Tevens past het bedrijf derogatie toe en wordt circa 10 hectare gebruikt om mais te telen, op de overige percelen staat grasklaver. Het jongvee staat in een openfront stal met een conventionele roostervloer, hieronder ligt een mestopslag met een inhoud van 700 m^3.

Achterliggende reden van het gebruik
Een medewerker van Aero Activ heeft de geïnterviewde destijds benaderd om het additief te mogen toevoegen. Het additief is gedurende een half jaar toegevoegd in de mestkelder onder de jongvee stal.

Praktische werking
Het additief werd als een dienstverlening van LLINQ BV toegediend. Tijdens het toedienen werd de mestput gemixt, waarbij gedurende 10 minuten het additief langzaam in put werd gegoten en zo verdeeld in de mest werd aangebracht. Het additief bestond uit twee losse onderdelen, een vloeibare vorm en korrels welke na elkaar werden toegediend. De geïnterviewde had zelf geen aandeel in het toedienen van het additief maar moest wel twee keer in de week extra mixen.

(Theoretische) werking
De geïnterviewde geeft aan dat de precieze werking en de inhoud van het additief niet nader is toegelicht door de leverancier, waarschijnlijk vanwege bedrijfsvertrouwelijke informatie.

Ervaringen
De geïnterviewde geeft aan dat het beduidend minder stonk in de stal. Dit zou volgens deze agrariër betekenen dat er toch iets gebeurt door de toevoeging van het additief. Tijdens het mixen was er in de stal weinig stank, alleen lichtelijk bij de plaats waar de mixer in de mestput gaat.

De geïnterviewde geeft ook aan dat het jammer is dat het middel bij zijn stal niet meer wordt toegepast omdat de effecten op het land zo niet aangetoond zijn. De geïnterviewde had graag gehad dat twee verschillende mest soorten (behandelde mest van de jongvee stal en onbehandelde mest van de melkvee stal) op het land werden gebracht in het voorjaar om zo verschillen te kunnen waarnemen.

Verder geeft de geïnterviewde aan dat de stikstofwaarden in de mest iets opliepen. Echter weet de geïnterviewde niet wat die hier van moet aannemen, omdat verschillende factoren hierin een rol kunnen spelen.

Prijs/kwaliteit verhouding
Bij de geïnterviewde werd het additief gratis toegepast omdat dit een van de eerste proefstallen was van de leverancier om te testen, hierdoor kan er geen precieze uitspraak over de verhouding van de prijs kwaliteit worden opgegeven.

Voordelen

Voor het milieu is het gebruik van het additief een voordeel omdat geur (en dus ammoniak) volgens de geïnterviewde duidelijk afneemt. Naast dat de geur afnam in de stal bleek uit mestanalyses dat er (zoals ook werd gesuggereerd door de leverancier) meer stikstof behouden werd in de mest. Echter vond de geïnterviewde dit verschil minimaal omdat er tussen verschillende mestfracties ook verschillen (in stikstofgehaltes) zitten. Wanneer deze metingen met meer herhalingen zouden worden uitgevoerd zou de geïnterviewde meer overtuigd zijn.

Omdat het additief maar een korte tijd is gebruikt door de geïnterviewde kan deze niet met zekerheid zeggen of de gezondheid van het jongvee toenam. Wel zou volgens de geïnterviewde hypothetisch gezien in ouderwetse stallen de gezondheid kunnen verbeteren door een afname van geur.

Interviewverslag gebruiker Kopros

Naam fabrikant Kopros: NOVUS-AgroEcology.

Datum & tijd van afname: dinsdag 12 mei 2020, 13:00 – 13:30

Bedrijfsbeschrijving
De geïnterviewde heeft een melkvee bedrijf met 180 melkkoeien, daarnaast wordt op het bedrijf ook asperges verbouwd. De geïnterviewde heeft een stal voor hoog productieve koeien en een stal voor drachtige koeien, de melkstal zit daar tussenin. De stallen zijn allemaal ingericht met roostervloeren. De mest wordt opgeslagen in de mestput onder de stallen die samen een capaciteit hebben van 6000 m^3. De meeste mest kan worden toegepast op het bedrijf zelf, daarnaast wordt ongeveer 1000 m^3 mest afgevoerd naar andere bedrijven. De melkvee tak van het bedrijf beslaat 60 hectaren en de akkerbouw tak 20 hectare. De geïnterviewde past het Kopros product nu toe vanaf juni 2019.

Achterliggende reden van het gebruik
De geïnterviewde is benaderd door NOVUS-AgroEcology voor het toepassen van Kopros. De reden dat de geïnterviewde Kopros is gaan gebruiken ligt voornamelijk bij het stalklimaat en de gezondheidsomstandigheden voor het vee. De geïnterviewde verteld veel op andere bedrijven te zijn geweest waar in elke stal de omstandigheden niet gezond waren voor het vee (o.a. de stank). Daarnaast geeft de geïnterviewde aan dat de mest beter (qua gehaltes) en milieuvriendelijker wordt, dit speelt ook als factor mee om Kopros te gebruiken. De geïnterviewde geeft aan verder nooit een ander additief voor in dierlijke mest gebruikt te hebben.

Praktische werking
De geïnterviewde geeft aan dat Kopros maandelijks wordt toegediend door een werknemer van NOVUS-AgroEcology. Kopros wordt toegepast op al de plekken waar de koeien kunnen lopen (roosters en de boxen). Het additief wordt op deze plekken toegepast doormiddel van een spuit. De geïnterviewde denkt dat ze voor iedere stal een andere dosering gebruiken afhankelijk van de mestproductie in de stal. Om de werking van Kopros te bevorderen mixt de geïnterviewde vaker.

(Theoretische) werking
De theoretische werking is niet nader toegelicht door de geïnterviewde.

Ervaringen
De geur van de mest in de stal neemt sterk af en de ammoniak geur is helemaal weg. Daarnaast is de mest veel homogener dan voor het toepassen van Kopros. De geïnterviewde geeft aan dat NOVUS-AgroEcology af en toe metingen uitvoert om de werking van te testen.

Prijs/kwaliteit verhouding
Op de vraag of het gebruik van Kopros ook daadwerkelijk geld oplevert kan de geïnterviewde nog geen antwoord op geven. Volgens de geïnterviewde komt dit omdat het middel nog niet lang genoeg op het bedrijf wordt toegepast. Tot op heden vind de geïnterviewde de prijs / kwaliteitverhouding goed voor Kopros. Dit komt omdat de geïnterviewde in de korte tijd toch al een aantal verschillen heeft gemerkt.

Voordelen
De gehaltes in de mest worden beter. Zo zijn de stikstof en fosfaat gehalten in de mest gestegen van 4 kg stikstof/m^3 en 1.2 kg fosfaat/m^3 naar 5 kg stikstof/m^3 en 1.7 kg fosfaat/m^3.

Zoals eerder benoemd merkt de geïnterviewde dat de geur in de stal significant afneemt door het gebruik van Kopros en daarnaast is er sprake van minder korstvorming op de mest.

De geïnterviewde geeft aan dat de mest homogener is en daarom korter en makkelijker te mixen is en te verpompen is.

Interviewverslag gebruiker AMFA

Naam fabrikant AMFA: Agri Minerals

Datum & tijd van afname: donderdag 21 mei 2020, 10:15 – 10:45

Bedrijfsbeschrijving
De geïnterviewde heeft een melkvee bedrijf op kleigrond met 70 melkkoeien en (plek voor) 45 stuks jongvee, met 40 hectare grond. De melkveestal is een ligboxenstal uit 1972 met vaste vloeren waar een mestschuiver wordt gebruikt, een klein deel heeft roostervloeren (twee aparte mestkelders).

Achterliggende reden van het gebruik
Een medewerker van Agri Minerals heeft de geïnterviewde destijds benaderd om het additief te mogen toevoegen. De geïnterviewde is sinds vorig jaar gestopt met het gebruik maar heeft in het verleden 3 jaar AMFA gebruikt. Op dit moment wordt het additief niet meer toegepast omdat het grasland momenteel wordt gebruikt voor het telen van tulpenbollen (vruchtwisseling van ongeveer zes jaar), de geïnterviewde heeft namelijk een pachtcontract met een tulpenboer.

Praktische werking
Een medewerker van Agri Minerals kwam het additief toevoegen bij de geïnterviewde, het additief werd afgeleverd in een IBC tank en bezorgd met een vrachtwagen van de leverancier. Tijdens het mixen werd het additief met een slang over de roosters gegoten zodat het additief mooi vermengd werd met het additief. AMFA werd één keer per jaar (in november) toegepast wanneer de mestkelder halfvol was. De mest (in de mestkelder) wordt bij de geïnterviewde in de winterperiode één keer per maand gemixt en in de zomerperiode alleen vlak voor het uitrijden. De geïnterviewde geeft aan dat in februari de mest wordt uitgereden (vanwege beperkte opslagcapaciteit) en dat de mest dan goed homogeen is.

(Theoretische) werking
De geïnterviewde geeft aan dat de leverancier van het additief wel heeft verteld wat de theoretische werking is maar niet wat de precieze samenstelling is, omdat andere dit dan zouden kunnen reproduceren. Ammoniak stikstof zou namelijk omgezet worden in stikstof die wordt opgenomen door de bacteriën, deze zou vervolgens vrijkomen voor de plant in een goed opneembare vorm.

Ervaringen
Het is volgens de geïnterviewde interessant om de behandelde mest te gebruiken op blijvend grasland. Bovendien zou het financieel gezien zonde zijn om deze behandelde mest te gebruiken voor de bollenboeren, omdat het additief dan een onnodige kostenpost is. Het additief heeft volgens de geïnterviewde zeker toegevoegde waarde, aangezien je ook kan verminderen in het kunstmestgebruik. Het minder gebruiken van kunstmest mag echter niet ten kosten gaan van de opbrengst.

De leverancier van AMFA heeft (Eurofins) mestmonsters genomen voor en na het toedienen van het additief, daarnaast ook (vers) grasmonsters. Tussen de monsters (behandeld en onbehandeld) was wel degelijk verschil te zien, volgens de geïnterviewde.

De geïnterviewde geeft aan dat een (praktijk)proef is uitgevoerd op zijn eigen land, waarbij de helft van een perceel werd bemest met behandelde mest en de andere helft met onbehandelde mest. Vervolgens werd na verloop van tijd van beide helften van het perceel (vers)grasmonsters genomen. Tussen deze grasmonsters zat een duidelijk verschil in, bijvoorbeeld in de Voeder Eenheid Melk (VEM) en het eiwitgehalte. Dit zou betekenen dat het additief wel werkt volgens de geïnterviewde.

De geïnterviewde heeft normaal gesproken weinig last van ammoniakdampen en 'stinkt' de mest niet, hierdoor zag deze agrariër geen duidelijk verschil in geur tussen voor en na het gebruik van het additief. Ammoniak en andere gassen zijn bij de geïnterviewde niet gemeten voor en na het gebruik van het additief. De geïnterviewde geeft aan dat dit bij een melkveehouder die veel last heeft van ammoniakdampen zou moeten worden getest. Aangezien het additief zorgt voor ammoniak binding in plaats van verluchtiging zou minder geuroverlast worden veroorzaakt volgens de geïnterviewde.

De geïnterviewde geeft aan dat een gebruiker moet waarborgen dat na alle grassnedes AMFA in de mestkelder moet zitten en benadrukt nogmaals dat het mixen van de mest een voorwaarde is dat het additief werkt. Het additief zou echter niet bij elke agrariër werken, als voorbeeld geeft de geïnterviewde dat sommige agrariërs maar éénmaal per jaar mixen waardoor het additief niet werkt en de mest hoe dan ook van een mindere kwaliteit zou zijn. Het is dus van meerdere factoren afhankelijk, onder andere hoe je met het additief omgaat en wanneer je het toepast. Tevens is het tijdstip van toedienen belangrijk, het additief moet niet één week voordat de mest wordt uitgereden worden toegevoegd aan de mestkelder. Volgens de geïnterviewde zou er onderzoek gedaan moeten worden naar het meest geschikte moment om het additief toe te voegen. Bovendien zou de werking bij de ene agrariër beter zijn dan de andere agrariër vanwege verschillen in de mestsamenstelling. Waarom dit zo is zou nader onderzocht moeten worden volgens de geïnterviewde.

Prijs/kwaliteit verhouding

Vanwege het pachtcontract met de tulpenbollenboer gebruikt de geïnterviewde het additief momenteel niet meer, maar wil dit waarschijnlijk wel weer gaan doen wanneer de behandelde mest weer over eigen blijvend grasland kan worden aangewend. Het additief zou terug te verdienen zijn wanneer ook zou worden verminderd in kunstmest. De geïnterviewde heeft dit zelf ondervonden en is dus ook overtuigd dat dit zou kunnen. Dit zou stapsgewijs kunnen gaan waarbij jaarlijks langzamerhand wordt afgebouwd met kunstmest.

Voordelen

Samengevat wordt door AMFA stikstof in de mest gebonden waardoor het beter beschikbaar komt voor de plant, de kwaliteit van het gras verbetert en het kunstmest gebruik kan gereduceerd worden. Hierdoor zou het gebruik van AMFA positief opwegen tegen de gemoeide kosten.

Bijlage 13. Additieven voor in dierlijke mest verkrijgbaar in de Verenigde Staten

Gedurende de inventarisatie van additieven voor in dierlijke mest is een scala aan additieven afkomstig uit de Verenigde Staten (VS) gevonden. Deze additieven zijn niet uitgebreid meegenomen in het onderzoek omdat ze niet op de Europese markt verkrijgbaar zijn en daarom buiten de afbakening van dit onderzoek vallen. Echter kan het nuttig zijn om ook deze additieven in de gaten te houden omdat een mogelijk bestaat dat deze additieven in de toekomst ook op de Europese markt verkrijgbaar zijn. Daarom staat hieronder een overzicht gegeven van de gevonden chemische en biologische additieven voor in dierlijke mest die verkrijgbaar zijn in de VS, inclusief productnaam, producent, categorie en claims over het additief. Een kruis (X) betekent dat de producent van het additief claimt een werking te hebben op de desbetreffende parameter.

Chemische additieven in de Verenigde Staten

In Tabel 18 staan de gevonden Chemische additieven in de VS weergeven. De productnaam werkt tevens als link naar de website van het desbetreffende additief en de producent, de informatie in Tabel 18 is ook afkomstig van deze websites.

Tabel 18 Chemische additieven in de Verenigde Staten.

Productnaam	**Producent**	**Categorie**	**Claims**			
			Hogere efficiëntie van stikstofgebruik	Hogere gewasopbrengst	Minder nitraatuitspoeling	Reductie van ammoniakemissie
Centuro™	Koch	Nitrificatieremmer	X	X		
N-Serve™	Corteva	Stikstofstabilisator	X	X	X	
Instinct™	Corteva	Stikstofstabilisator	X	X	X	
Agrotian advanced 1.0	Koch	Ureaseremmer		X		X

Biologische additieven in de Verenigde Staten

In Tabel 19 staan de gevonden biologische additieven in de VS weergeven. De biologische additieven uit Tabel 19 zijn afkomstig uit een artikel van Ni & Heber (2018) van Purdue University. De productnaam werkt tevens als link naar de website van het desbetreffende additief en de producent.

Tabel 19 Biologische additieven in de Verenigde Staten (Ni & Heber, 2018).

Productnaam	**Producent**	**Claims**				
		Geur reductie	Minder korstvorming / homogener	Ammoniak emissie reductie	Waterstofsulfide emissie reductie	Verhogen van bemestingswaarde
Alken Clear-Flo®	Alken-Murray Co.	X				
ASI Pit Slammers™	Hog Slat, Inc.	X	X			
ASI BioBlock	Hog Slat, Inc.	X	X			
ASI Maintenance	Hog Slat, Inc.	X	X	X	X	
ASI Pit Hammer	Hog Slat, Inc.	X	X			
BactZyme®	CA Biological Solutions Inc.	X				
Breakdown™	Homestead Nutrition	X	X			
De-Odorase®	Alltech			X	X	X
EC-4020	EcoChem Organics	X		X		
GVC Farm Digestant #610	GVC Farm Supply	X	X	X	X	X
Inhibodor®	Conklin Company Inc	X		X	X	
LIQUID IN-GEST-O-BAC	Tomco Chemical				X	
ManureMagic™	Drylet,	X	X		X	
Manure Master™Dry Concentrate	ProfitProAG	X	X	X	X	
Manure Master Plus™	ProfitProAG	X	X			
MICROBE-LIFT / DFP	Ecological Laboratories Inc.	X	X			X
MICROBE-LIFT / EQ	Ecological Laboratories Inc.	X		X		X

MICROBE-LIFT / EQ HOG	Ecological Laboratories Inc.	X	X			X
MicroPT™	Hog Slat, Inc., Newton Grove, NC		X	X		
Pit Accelerator™	ProfitProAG		X	X	X	
PIT Perfect	Assist Natural Products and Services LLC	X	X	X		X
Pit Power®	Crop Resources	X	X			
Pro-Act Biotech	Pro-Act Biotech	X	X			
SHAC® Manure Digester	Shac Environmental Products Inc.	X	X	X	X	
Slick N' Clean®	ADM Animal Nutrition	X	X	X		
Ultra Litter Treatment™	H & S Co			X		
Waste Away®	Advanced Biologicals LLC	X				X