



Effecten van Kopros op ammoniakemissie en stikstofwerking van rundveedrijfmest

H.C. de Boer

Rapport 1667



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effecten van Kopros op ammoniakemissie en stikstofwerking van rundveedrijfmest

H.C. de Boer

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door Gemeente Altena, Rabobank, Mesdagfonds, Novus AgroEcology, en Gemeente Woudenberg.

Wageningen Livestock Research
Wageningen, september 2026

Rapport 1667



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

In een melkveeststal werd onderzocht of behandeling van de roostervloer met een microbiologisch middel (Kopros B) de eigenschappen van de drijfmest zodanig veranderde dat een lagere ammoniakemissie uit de stal en een hogere korte-termijn stikstofopname door gewassen aannemelijk waren. Resultaten van de behandeling waren een aanzienlijk lager gehalte vluchtige vetzuren (-67%), een lager gehalte OS (-11%), een hogere pH (+5%), een hoger gehalte ammoniumstikstof (+5%), en een hoger gehalte totale stikstof (+3%). Deze veranderingen leveren bewijs voor werking van de toegediende micro-organismen via de stalvloer. De toename in N/P-verhouding (+2,6%) van de mest als gevolg van behandeling wijst op een lagere N-vervluchtiging uit de stal, waarbij een aanzienlijk deel van de reductie uit ammoniak bestaan kan hebben. De hogere pH en het hogere ammoniumgehalte van behandelde mest kunnen de ammoniakemissie na het uitrijden van de mest verhogen, maar het uiteindelijke effect zal ook afhankelijk zijn van andere mesteigenschappen, zoals de snelheid waarmee de (dunnere) behandelde mest in de bodem trekt. De combinatie van een hoger ammoniumgehalte en lager gehalte vluchtige vetzuren maakt een hogere korte-termijn stikstofopname door gewassen aannemelijk.

In a dairy barn it was investigated whether treatment of the slatted floor with a microbiological additive (Kopros B) would change the slurry characteristics in such a way that a lower ammonia emission from the barn and a higher short-term nitrogen uptake by crops would be plausible. Results of treatment were a considerably lower content of volatile fatty acids (-67%), a lower content of organic matter (-11%), a higher pH (+5%), a higher content of ammonium-nitrogen (+5%), and a higher content of total nitrogen (+3%). These changes provide evidence for efficacy of the micro-organisms via the barn floor. The increase in the N/P-ratio (+2,6%) of the slurry due to treatment indicates a lower N volatilisation from the barn, and a considerable part of this reduction could have been in the form of ammonia. The combination of a higher pH and higher ammonium content could increase ammonia emission after application of treated slurry to the field, but the final effect will also depend on other slurry characteristics, such as the absorption rate of the (thinner) treated slurry into the soil. The combination of a higher ammonium content and lower content of volatile fatty acids makes a higher short-term N uptake by crops plausible.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/721447> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2026

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

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

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

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

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal & methoden	9
	2.1 Proefopzet	9
	2.2 Stal	9
	2.3 Dieren en rantsoen	10
	2.4 Behandeling en mestmanagement	10
	2.5 Temperatuur	11
	2.6 Bemonstering en analyse	11
	2.7 Berekeningen en statistische analyse	13
3	Resultaten	14
	3.1 Mestpeil	14
	3.2 pH	15
	3.3 EC	15
	3.4 Redoxpotentiaal	16
	3.5 Drogestof	16
	3.6 Asgehalte	17
	3.7 Organische stof in drogestof	17
	3.8 Organische koolstof	18
	3.9 Totaal N-gehalte	18
	3.10 Totaal P-gehalte	19
	3.11 N/P verhouding	20
	3.12 Gehalte NH_4 en NO_3	20
	3.13 Aandeel NH_4	21
	3.14 Aandeel opgeloste organische N	21
	3.15 Vluchtige vetzuren	22
	3.16 Potentiële ammoniakemissie	23
	3.17 Ammoniumgehalte na extractie	24
	3.18 Variantieanalyse	25
4	Discussie	26
	Conclusies	32
	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	33
	Dankwoord	34
	Literatuur	35

Samenvatting

Melkveehouders gebruiken soms toevoegmiddelen om emissies uit de mest te verlagen en de bemestende waarde te verhogen. Eén van deze toevoegmiddelen is Kopros B, een mengsel van micro-organismen dat eens per vier weken op de stalvloer wordt gespreoid. De hypothese is dat de micro-organismen zich vermenigvuldigen in de mest op de vloer, en zo alle mest die in de kelder komt met de micro-organismen wordt geïnoculeerd. De werking van de micro-organismen zou starten op de vloer en zich voortzetten in de kelder. De producent van het middel stelt dat de micro-organismen de mest zodanig veranderen dat de ammoniakemissie uit de stal aanzienlijk daalt. Daarnaast zou de emissie na het uitrijden van de mest ook lager zijn, en zou de stikstof uit de mest sneller worden opgenomen door gewassen.

De effectiviteit van Kopros is tot dusver maar beperkt onderzocht. Emissieonderzoek onder gecontroleerde omstandigheden, inclusief een onbehandelde referentie, zou een betrouwbaar beeld geven van de verschillen in ammoniakemissie, maar dergelijk onderzoek is duur en geeft meestal weinig inzicht in achterliggende mechanismen. Een andere benadering is om eerst te onderzoeken of Kopros werkelijk de mesteigenschappen verandert, en op basis daarvan te beoordelen of een reductie van ammoniakemissie aannemelijk is.

In dit rapport wordt een stalproef beschreven waarin de geclaimde effecten van Kopros op ammoniakemissie en stikstofwerking zijn beoordeeld aan de hand van veranderingen in mesteigenschappen. Ten behoeve van het onderzoek werd een melkveestal met roostervloer in tweeën gedeeld, een deel waarin de vloer werd behandeld met Kopros en een deel dat onbehandeld bleef. De mestkelder tussen beide delen was gescheiden. In beide staldelen waren alleen melkgevende koeien gehuisvest, met hetzelfde basisrantsoen, maar een verschil in lactatiestadium. De behandeling van de vloer startte half augustus 2025, en het onderzoek liep van eind september 2025 tot half februari 2026. In deze periode werd tenminste iedere twee weken de mest uit de kelder van beide staldelen bemonsterd en geanalyseerd op een aantal eigenschappen. Kopros werd iedere vier weken op de vloer gespreoid, en de mest werd vanaf half november wekelijks kort gemixt, in beide staldelen.

De resultaten van dit onderzoek leveren bewijs dat behandeling van de stalvloer met micro-organismen inderdaad de samenstelling van de mest in de kelder kan veranderen. Veranderingen waren een daling in het gehalte vluchtige vetzuren van 10,0 tot 3,5 g kg⁻¹ (-67%), een daling van het OS-gehalte (-11%), een stijging van de pH van 7,1 tot 7,4 (+5%), en een toename van het gehalte ammoniumstikstof (+5%) en totale stikstof (+3%). De afname van het gehalte vluchtige vetzuren bevestigt eerdere praktijkobservaties dat met Kopros behandelde mest minder stinkt. De afbraak van vluchtig vetzuur azijnzuur is de laatste stap bij de vorming van methaan door acetoclastische methanogenese, en de gemeten reductie van 56% in gehalte azijnzuur zou daarom gepaard kunnen gaan met een aanzienlijke reductie in methaanemissie.

De N/P-verhouding van de behandelde mest was 2,6% hoger dan de N/P-verhouding van de onbehandelde mest, wat erop wijst dat er als gevolg van behandeling minder N uit de mest en de stal vervluchtigde. De reductie van de ammoniakemissie wordt daarbij geschat op tenminste 30%. Een mogelijke oorzaak voor de reductie is de vorming van een (afsluitende) biofilm op de behandelde stalvloer en/of de mest in de kelder. De hogere pH en het hogere ammoniumgehalte van behandelde mest kunnen de ammoniakemissie na het uitrijden van de mest verhogen, maar het uiteindelijke effect zal ook afhankelijk zijn van andere mesteigenschappen, waaronder de snelheid waarmee de (dunnere) behandelde mest in de bodem trekt.

Verwacht mag worden dat stikstof in de behandelde mest op korte termijn na het uitrijden sneller door gewassen wordt opgenomen, gezien de combinatie van een hoger ammoniumgehalte en een lager gehalte vluchtige vetzuren. Tot slot zijn de gerapporteerde effecten waarschijnlijk onderschat, omdat in het behandelde staldeel 20-25% van de roostervloer niet was behandeld, en de koeien daar oudmelkter waren.

1 Inleiding

Melkveehouders gebruiken soms toevoegmiddelen in de stal om emissies uit mest te verlagen en de bemestende waarde van de mest te verhogen. Een van deze toevoegmiddelen is Kopros B (Bioma SA, Zwitserland), een mengsel van micro-organismen dat eens per vier weken op de stalvloer wordt gespreid. De hypothese is dat de micro-organismen zich vermenigvuldigen in de mest op de vloer en dat zo alle mest die in de kelder komt met de micro-organismen wordt geïnoculeerd. De werking van de micro-organismen start dan op de vloer en zet zich voort in de kelder. De Nederlandse distributeur van Kopros (Novus AgroEcology, Tilburg) stelt dat de micro-organismen de mest zodanig veranderen dat de ammoniakemissie uit de stal aanzienlijk daalt, met 50-75%. Daarnaast zou de emissie na het uitrijden van de mest ook lager zijn, en zou de stikstof uit de mest sneller worden opgenomen door gewassen.

Wanneer bovenstaande effecten inderdaad optreden, is dit een bijzonder aantrekkelijke behandeling om emissies te reduceren. De behandeling past naadloos in bestaande stalsystemen, er zijn geen aanzienlijke lange-termijn investeringen nodig, en er worden vrijwel geen grondstoffen of energie gebruikt.

Kopros B is een mengsel van bacteriën, schimmels, bruinalgen, en cyanobacteriën. De geclaimde werking van Kopros wordt door Novus AgroEcology in belangrijke mate toegeschreven aan de in het mengsel aanwezige nitrificerende bacteriën die ammonium in de mest onder zowel zuurstofrijke als zuurstofarme omstandigheden kunnen omzetten in nitriet. Het geproduceerde nitriet wordt vervolgens door een andere toegevoegde bacterie omgezet in nitraat. Dit zou leiden tot een verlaging van het ammoniumgehalte en daarmee van de ammoniakemissie. Behandeling zou daarnaast ook de pH van de mest verlagen en ammoniumstikstof binden in organische vorm (Klijberg et al., 2020).

Andere met Kopros toegevoegde bacteriën, schimmels, en algen zouden de mest verder omzetten, zowel in de kelder als in de bodem na het uitrijden. Door regelmatige toevoeging van het mengsel aan de stalvloer zou de samenstelling van de bacteriepopulatie in de mest veranderen en zouden darmbacteriën worden verdrongen door de toegevoegde, meer gewenste en effectievere stammen. Een later door Novus AgroEcology toegevoegde hypothese is dat de omzetting van organische stof in de mest leidt tot een toename van het negatief geladen oppervlak van de organische stof. Hierdoor zou een groter deel van de ammoniumstikstof worden gebonden aan de organische stof en niet langer bijdragen aan emissie.

De mogelijke effecten van Kopros op mesteigenschappen en ammoniakemissie zijn tot dusver maar beperkt onderzocht. Een eerdere pottenproef, waarin onbehandelde en behandelde mest werden verzameld uit een praktijkstal, opgeslagen in kleine containers, en vervolgens de ammoniakemissie uit deze containers werd gemeten, liet geen effectiviteit zien (Dong et al., 2026). Uit dit onderzoek kunnen echter geen conclusies over de werking van Kopros worden getrokken, gezien onduidelijkheid over de mestverzameling en de lage temperatuur tijdens het onderzoek (zie Discussie).

Emissieonderzoek onder gecontroleerde omstandigheden, inclusief een onbehandelde referentie, zou een betrouwbaar beeld geven van de verschillen in ammoniakemissie, maar dergelijk onderzoek is duur en geeft meestal weinig inzicht in achterliggende mechanismen. Een andere, fundamentele en meer eenvoudige benadering is om eerst te onderzoeken in hoeverre Kopros de mesteigenschappen verandert, en op basis daarvan te beoordelen of een reductie van ammoniakemissie aannemelijk is. In dat laatste geval kunnen alsnog emissiemetingen uitgevoerd worden om de effectiviteit verder vast te stellen.

In dit rapport wordt een stalproef beschreven waarin de geclaimde effecten van Kopros op ammoniakemissie en stikstofwerking zijn beoordeeld aan de hand van veranderingen in mesteigenschappen.

Het linkerdeel van de stal, links van de linker voergang en t/m de kelderscheiding (Fig. 2.1), was later aangebouwd, en de mestkelder onder dit deel van de stal was gescheiden van de rest van de stal. Dit deel van de stal werd niet behandeld en fungeerde als referentie. Kopros werd toegediend aan drie roostergangen (nr. 3, 4, en 5; Fig. 2.1) op het midden van de stal. De meest linker roostergang van het behandelde staldeel (roostergang 2) werd niet behandeld, om de kans op besmetting van roostergang 1 te minimaliseren. Door deze roostergang niet te behandelen kan de behandelde mest deels (tot max. 20-25%) gemengd zijn geweest met onbehandelde mest, en zijn in dat geval behandelingseffecten onderschat.

2.3 Dieren en rantsoen

De stal bevatte ongeveer 170 melkkoeien en 20 droogstaande koeien. De verdeling van de melkkoeien over het linker en rechter staldeel was ca. 60 : 110. De melkkoeien in beide staldelen kregen hetzelfde rantsoen, ca. 22 kg DS koe⁻¹ dag⁻¹, waarvan 70% ruwvoer (70% graskuil, 30% snijmaiskuil). Het ruw eiwitgehalte was gemiddeld 147 g kg⁻¹ DS en de VEM 1001. Krachtvoer werd deels verstrekt via het mengrantsoen en deels individueel (gem. 6 kg brok koe⁻¹ dag⁻¹), in het linker staldeel in de melkrobot en in het rechter staldeel via een krachtvoerstation. Twee tot drie maanden voor droogstand gingen de koeien uit het linker staldeel naar het rechter staldeel, waarna hun krachtvoergif werd afgebouwd, terwijl koeien uit het rechter staldeel rechtstreeks naar het staldeel voor droogstand gingen. De koeien waren daarmee in het rechter staldeel oudmelkter dan in het linker staldeel. De melkproductie was over de proefperiode gemiddeld 37 kg koe⁻¹ dag⁻¹ in het linker staldeel, 28 kg in het rechter staldeel, en 31 kg over alle melkgevende koeien. De koeien in het linker staldeel waren gemiddeld 171 dagen in lactatie. De melk bevatte gemiddeld 3,69% eiwit, 4,55% vet, en had een ureumgetal van 16.

2.4 Behandeling en mestmanagement

De proef startte half augustus 2025 met een eerste toediening van Kopros in het behandelde staldeel. Deze behandeling werd vervolgens gedurende de proefperiode iedere vier weken herhaald. Toegepast werd 2,4 kg Kopros B in 220 liter water. Eind augustus werd de kelder van beide staldelen zover mogelijk geleegd, met als doel het mestpeil te reduceren tot een laag van 30-35 cm. Bij de eerste bemonstering, op 2 september, bleek dat het mestpeil in het behandelde staldeel te hoog was en er een vaste laag slib onder in de kelder aanwezig was. De geplande bemonstering van 16 september is daarom overgeslagen en er is geprobeerd de sliblaag door krachtig mixen te verwijderen en het mestpeil alsnog te verlagen naar het gewenste niveau. Bij de volgende bemonstering, op 30 september, bleek dat de sliblaag nog aanwezig was, en dat alleen de nieuw geproduceerde mest, boven op de laag, bemonsterd kon worden. Er is toen besloten om de sliblaag de rest van de proefperiode met rust te laten en alleen de nieuw geproduceerde mest te bemonsteren. Uit de vervolgmetingen bleek dat de sliblaag vrijwel intact bleef (Fig. 3.1).

De mest in beide staldelen werd, vanaf het moment dat het peil voldoende hoog was (half november) wekelijks gemixt, meestal op de maandag voorafgaande aan de bemonstering, en in het begin van de proefperiode enkele keren op de zaterdag. Het mixen duurde ongeveer 20 minuten. In het behandelde staldeel waren mestgangen 2, 3, 4, en 5 onderling verbonden. Er werd gemixt aan de achterzijde van de stal, in 5 mestgangen verdeeld over de stalbreedte. Enkele keren tijdens de proefperiode werd er, vanuit de reguliere bedrijfsvoering, mest uit de kelders verwijderd. Uit het linker staldeel werd op 27 oktober ca. 33 ton mest afgevoerd, op 30 oktober eveneens 33 ton, en tussen 23 december en 6 januari een partij van 70 ton. Uit het rechter staldeel werd in de periode tussen 23 december en 6 januari 200 ton afgevoerd, uit mestgang 2 (Fig. 2.1). Op 26 januari is er nogmaals 200 ton mest uit de kelder gehaald, aan de achterkant van mestgang 5.

De vloer van het onbehandelde staldeel werd schoongehouden door een mestrobot (8 rondes per etmaal) en de vloer van het behandelde staldeel (bemonsterde roostergang) met een mestschuif (5 keer per etmaal). De kelders in beide staldelen waren 2,2 m diep, gemeten vanaf de keldervloer tot aan bovenkant van de roosters.

Alle ligboxen in de stal werden ingestrooid met Vlas-BeddingFX (Berg Agri, Nunspeet). De ligboxen waren in het behandelde deel van de stal gewone ligboxen en in het onbehandelde deel diepstrooiselboxen, aan beide zijden van de bemonsterde mestgang. De diepstrooiselboxen werden vanaf de tweede helft van november aanvullend ingestrooid met de dikke fractie van gescheiden onbehandelde rundveedrijfmest, afkomstig uit een andere kelder aan de buitenkant van de stal. Hierbij bestond de onderlaag van het strooisel uit dikke fractie, met daarop een toplaag van Vlas-BeddingFX. De drijfmest werd gescheiden met een Bauer S885 schroefpersvijzel met een zeef van 0,75 mm (Bauer Gruppe, Schrobenehausen, Duitsland).

2.5 Temperatuur

De dagelijks gemeten luchttemperatuur varieerde tijdens de behandelperiode (15 augustus t/m 17 februari) van -9,6 °C tot 31,4 °C en was gemiddeld 9,1 °C (Weerstation De Bilt, KNMI). De luchttemperatuur varieerde tijdens de meetperiode (30 september t/m 17 februari) van -9,6 °C tot 19,1 °C en was gemiddeld 6,7 °C. Wisselingen in de luchttemperatuur hebben op korte termijn vooral invloed op de werking van de bacteriën op de stalvloer en in de toplaag van de mest. De temperatuur van de mest in de kelder is op grotere diepte relatief stabiel en volgt de buitentemperatuur met vertraging, is hoger dan de omgeving tijdens koude perioden en lager tijdens warme perioden. De temperatuur van de mest in de kelder werd tijdens het onderzoek niet gemeten.

2.6 Bemonstering en analyse

De mest werd tijdens de proefperiode tenminste iedere twee weken bemonsterd, met de startbemonstering op 2 september. De bemonstering op 16 september werd overgeslagen, omdat het mestpeil in het behandelde deel te hoog was en eerst verlaagd moest worden. In januari werd besloten om twee extra bemonsteringen uit te voeren, om een extra meting aan de mest (potentiële NH₃-emissie) voldoende keren te kunnen herhalen. Vanaf de bemonstering op 20 januari werd de mest daarmee iedere week bemonsterd, met de laatste keer op 17 februari.

De onbehandelde mest werd bemonsterd uit mestgang 1 en de behandelde mest uit mestgang 5 (Fig. 2.1). Eerst werd op 10 plekken, regelmatig verdeeld over de lengte van de mestgang, de hoogte van het mestpeil in de kelder gemeten. Bij de behandelde mestgang werd eerst het mestpeil tot de bovenkant van de sliblaag gemeten, en vervolgens werd de peilstok met kracht door de sliblaag geduwd en werd het peil opnieuw gemeten. Het verschil tussen beide peilmetingen was de dikte van de sliblaag. De resultaten van de peilmetingen werden gemiddeld per mestgang. Na de peilmeting werd op 10 plekken, regelmatig verdeeld over de lengte van de mestgang, met een aangepaste multisampler (lengte 2,5 m, ø 30 mm; Eijkelpark, Giesbeek) mest tussen de sleuven door verzameld. In het begin van de proef, toen het mestpeil nog laag was, werden per plek twee steken genomen, later één steek. Per mestgang werd het verzamelmonster gemixt met een garde en er werden meerdere monsterpotten gevuld met mest. De bemonsterde mest werd geanalyseerd op een aantal chemische eigenschappen (alle 13 gebruikte bemonsteringen), op NH₄-binding (bemonstering 13), op vluchtige vetzuren (bemonsteringen 8, 9, 11, en 13), en op potentiële NH₃-emissie (bemonsteringen 9, 10, 11, 12, en 13).

Van iedere bemonstering werd per staldeel een vers monster van 0,8 L op dezelfde dag naar Wageningen vervoerd en door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB) geanalyseerd op pH, EC, redoxpotentiaal, drogestof (DS), organische stof (OS), N-totaal, P-totaal, C-totaal, C-organisch, N_{ts}, NH₄-N, en NO₃-N. De pH, EC, en redoxpotentiaal werden de volgende dag in het verse materiaal gemeten met standaard elektroden, in duplo. De electrode voor de redoxmeting was gevuld met AgCl en 3 M KCl. De redoxmeting werd afgelezen wanneer de waarde stabiel was, na tenminste 5 minuten meten in ongeroerde mest. Het DS-gehalte werd bepaald door 24 uur drogen bij 105 °C en het OS-gehalte door het gedroogde materiaal drie uur te gloeien bij 550 °C. Gehalten C-totaal en C-organisch werden gemeten met een CN-analyzer (FlashSmart, Thermo Fisher Scientific, Waltham MA, USA) na het malen van gedroogd materiaal (70 °C) op 50 µm. Voorafgaande aan de bepaling van C-organisch werd het gemalen materiaal gefumigeerd met zoutzuur (HCl) om carbonaten te verwijderen.

De monsters stonden na inzetten een nacht over en werden de volgende dag, na opnieuw drogen (60 °C, tenminste vier uur), gemeten met de CN-analyzer. Gehalten N-totaal en P-totaal werden gemeten met SFA (SAN++, Skalar, Breda), na destructie van verse mest met zwavelzuur en salicylzuur, en de toevoeging van selenium en waterstofperoxide, bij een temperatuur van 100 °C. Gehalten N_{ts} , NH_4 -N, en NO_3 -N werden ook gemeten met SFA, na centrifugeren en verdunning met water, zonder gebruik van extractiemiddel. Een extractiemiddel, meestal toegepast bij analyse ten behoeve van bemestingsonderzoek, werd achterwege gelaten om alleen de vrij opgeloste NH_4 in de mest te bepalen en geen eventueel aan de organische stof geadsorbeerde NH_4 mee te analyseren. Bij de mest van het laatste bemonsteringsmoment werd NH_4 ook gemeten na extractie van de mest met 1 M KCl (1 uur schudden). Zowel de normale bepaling als de bepaling met extractie werd, inclusief monsternamen uit de pot, vier keer apart uitgevoerd. Het gehalte opgeloste organische N (DON) in de mest werd berekend als: $N_{ts} - NH_4-N - NO_3-N$.

De drijfmestmonsters ten behoeve van de analyse op vluchtige vetzuren (VVZ) werden na monsternamen ingevroren (-18 °C) en bewaard tot het moment van analyse. De acht monsters werden door LeAF (Wageningen) geanalyseerd op azijnzuur (C2), propionzuur (C3), boterzuur (n-C4), iso-boterzuur (i-C4), valeriaanzuur (n-C5), en iso-valeriaanzuur (i-C5). Na ontdooien werden de monsters gestabiliseerd door centrifugeren en verdunning van het centrifugevocht met mierenzuur. De monsters werden daarna opnieuw gecentrifugeerd, en het centrifugevocht werd ingevroren bij -20 °C. De monsters werden op de dag van analyse ontdooid, opnieuw gecentrifugeerd, en indien nodig verder verdund met mierenzuur. De VVZ (C2 t/m C5) werden vervolgens gemeten met een gaschromatograaf (Agilent 7890B; Agilent, Santa Clara CA, USA) met een detectiegrens van 10 mg l⁻¹ voor elke component. De detectiegrens voor het VVZ-gehalte in het oorspronkelijke monster is afhankelijk van de benodigde verdunning, en is b.v. 40 mg l⁻¹ als er vier keer verdund moest worden. Ieder monster werd in duplo opgewerkt en gemeten.

De monsters voor meting van de potentiële NH_3 -emissie werden op de dag van de monsternamen naar ALNN (Ferwert) vervoerd, en de volgende dag werd de potentiële NH_3 -emissietest van Topmest (Vanhooft) uitgevoerd. Nadat de mest op kamertemperatuur (20 °C) was gebracht, werd een hoeveelheid van ca. 300 ml in een schaalpje in afgesloten kamer gebracht en werd een half uur lang de NH_3 -concentratie in de afgezogen lucht (30 L uur⁻¹) gemeten met de X-node (Dräger, Lübeck, Duitsland) en een NH_3 sensor met een meetbereik tot 300 ppm (FL-sensor, Dräger) (Foto 2.2). De doorsnede van het schaalpje was 14 cm en het oppervlak 154 cm². Bij de meting op 10 februari (bemonstering nr. 12) werd er (op verzoek) 300 g mest afgewogen en ingezet, in plaats van 300 ml in het schaalpje gegoten. Doordat het inzetten wat langer duurde, kwam de emissie bij de behandelde mest wat later op gang. Deze resultaten zijn daarom niet gerapporteerd.



Foto 2.2 Proefopstelling bij ALNN (Ferwert) voor meting van de potentiële ammoniakemissie volgens methode Topmest (Vanhoof).

2.7 Berekeningen en statistische analyse

De analyseresultaten van de standaard chemische analyse worden gerapporteerd voor de periode vanaf 30 september 2025 t/m 17 februari 2026 ($n = 13$). De gerapporteerde gemiddelden zijn van de periode vanaf 28 oktober t/m 17 februari ($n = 11$), tenzij anders aangegeven. Bij berekening van deze gemiddelden zijn de resultaten van 30 september en 14 oktober uitgesloten, omdat de resultaten van deze bemonsteringen konden afwijken van de rest van de periode, vanwege een nog dunne mestlaag in de kelder en een mogelijk na-ijleffect van het eerder mixen en mest verwijderen. Hierdoor waren deze resultaten minder representatief (zie b.v. resultaten gehalte OS in DS voor deze twee bemonsteringen).

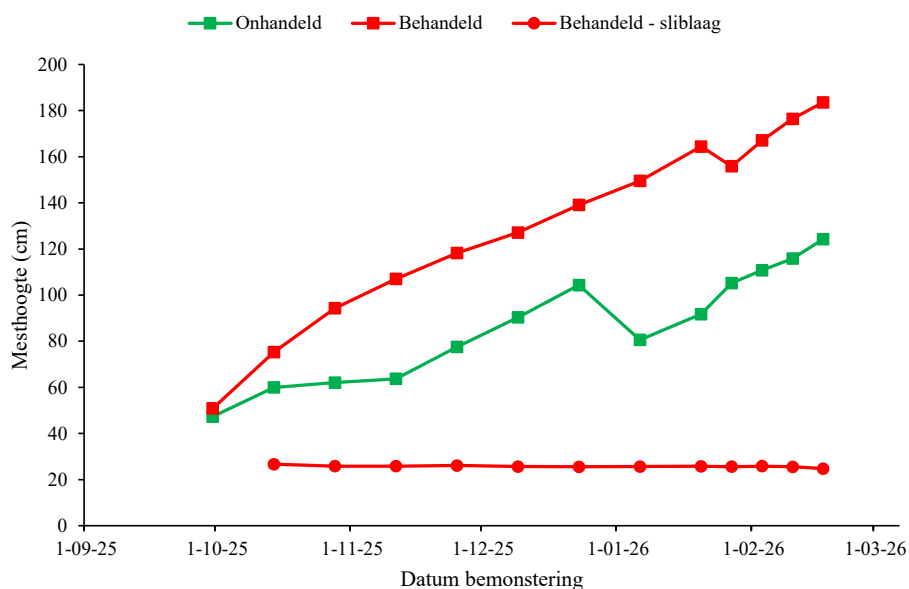
De proef kende geen herhaling van stalenheden, maar wel herhaling in de tijd van bemonstering en analyse. Voor de chemische mesteigenschappen, die bij alle bemonsteringen werden gemeten, is een variantieanalyse uitgevoerd voor de resultaten van de laatste zes bemonsteringen, met gebruik van de standaardprocedure voor variantieanalyse uit statistisch pakket Genstat (19e editie; VSNI, Hemel Hempstead, UK), behandelingsfactor 'type mest', en blokfactor 'datum'. Bij deze analyse wordt impliciet aangenomen dat het effect van behandeling stabiel is, en dat verschillen tussen tijdstippen het gevolg zijn van random variatie. Deze analyse is daardoor niet geheel zuiver, maar geeft desondanks bruikbare informatie over de betrouwbaarheid van verschillen. Voor de resultaten van de VVZ is dezelfde procedure gebruikt, per individueel vetzuur, en voor de resultaten van de vier in plaats van zes bemonsteringen. De resultaten van de analyse op $\text{NH}_4\text{-N}$ met en zonder gebruik van extractiemiddel, alleen uitgevoerd bij de laatste bemonstering, werden ook geanalyseerd met bovenstaande procedure, met toetsing van behandelingsfactoren 'type mest' en 'type extractiemiddel' en hun interactie.

3 Resultaten

3.1 Mestpeil

Het mestpeil in de bemonsterde mestgang nam tussen 1 oktober en 17 februari toe van 47 tot 124 cm en van 51 tot 184 cm voor respectievelijk het onbehandelde en behandelde deel van de stal (Fig. 3.1). In het onbehandelde deel nam het peil vrijwel niet toe tussen 14 oktober en 11 november, als gevolg van de verwijdering van 33 ton mest op 27 oktober en van 33 ton op 30 oktober (Fig. 3.1). Het peil daalde tussen 23 december en 6 januari als gevolg van de verwijdering van 70 ton mest.

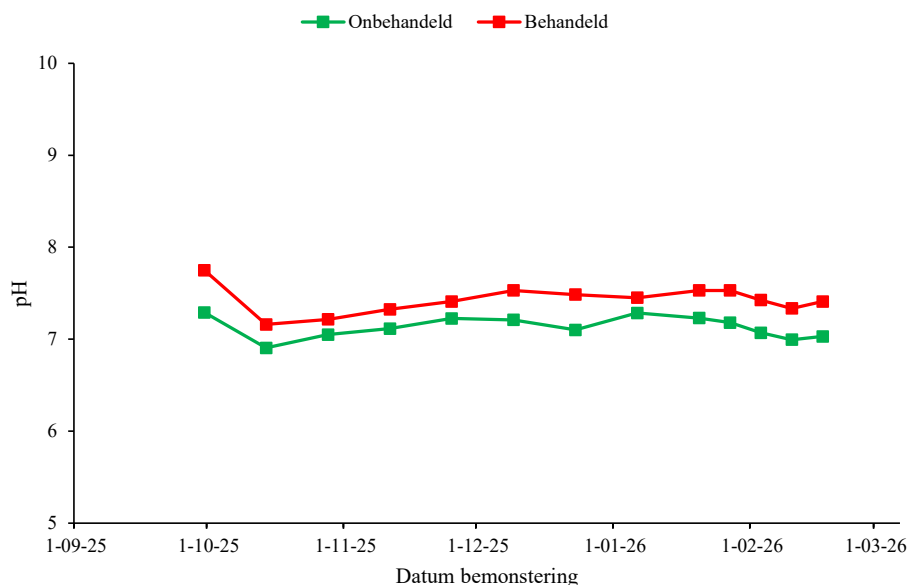
In het behandelde staldeel nam het mestpeil af tussen 20 en 27 januari, als gevolg van de verwijdering van 200 ton mest op 26 januari. De aanwezige sliblaag was aan het begin van de metingen 26,7 cm dik, aan het einde 24,8 cm, en gemiddeld 25,7 cm. Een duidelijke afname van de laagdikte trad vooral op tussen de voorlaatste en laatste meting, van 25,5 tot 24,8 cm. Exclusief de meting op 14 oktober (niet gebruikt bij rapportage van de gemiddelden, paragraaf 2.7) was de laagdikte aan het begin 25,8 cm en gemiddeld 25,7 cm.



Figuur 3.1 Ontwikkeling van het mestpeil in de bemonsterde mestgangen van een melkveestal met roostervloer, in het onbehandelde deel van de stal en in het met Kopros behandelde deel.

3.2 pH

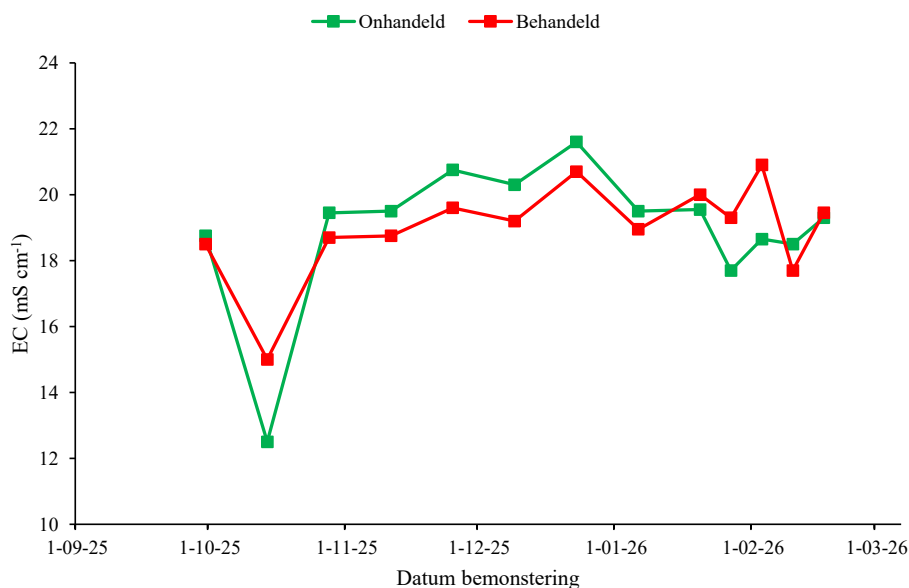
Tijdens de meetperiode was de pH van de met Kopros behandelde mest altijd wat hoger dan de pH van de onbehandelde mest (Fig. 3.2). De pH van de Kopros-mest was gemiddeld 7,4 (SD = 0,1) en de pH van de onbehandelde mest gemiddeld 7,1 (SD = 0,1).



Figuur 3.2 Ontwikkeling van de pH van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.3 EC

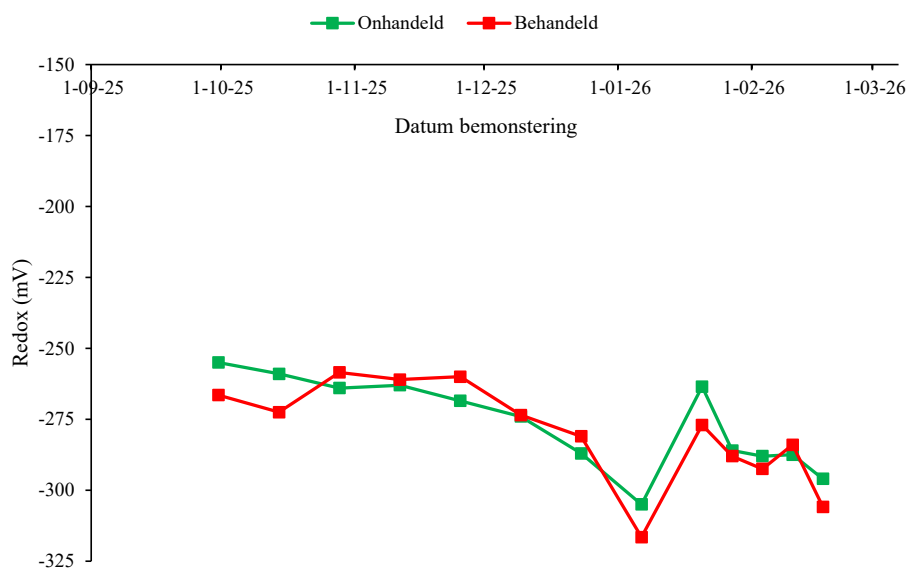
De EC van de behandelde mest was t/m 6 januari wat lager dan van de onbehandelde mest en tijdens de laatste bemonsteringen wat hoger (Fig. 3.3). Over de meetperiode was de EC van de behandelde mest gemiddeld 19,4 (SD = 0,9) en van de onbehandelde mest gemiddeld 19,5 (SD = 1,1).



Figuur 3.3 Ontwikkeling van de EC van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.4 Redoxpotentiaal

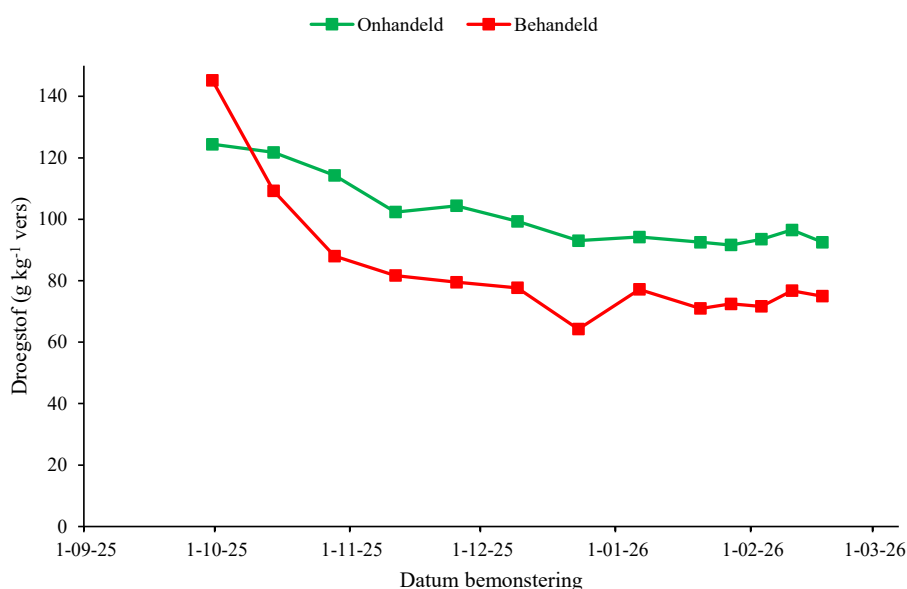
De redoxpotentiaal verschilde vrijwel niet tussen de onbehandelde en behandelde mest, en was gemiddeld -282 mV (SD = 19) voor behandelde mest en -280 mV (SD = 14) voor onbehandelde mest (Fig. 3.4).



Figuur 3.4 Ontwikkeling van de redoxpotentiaal van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.5 Drogestof

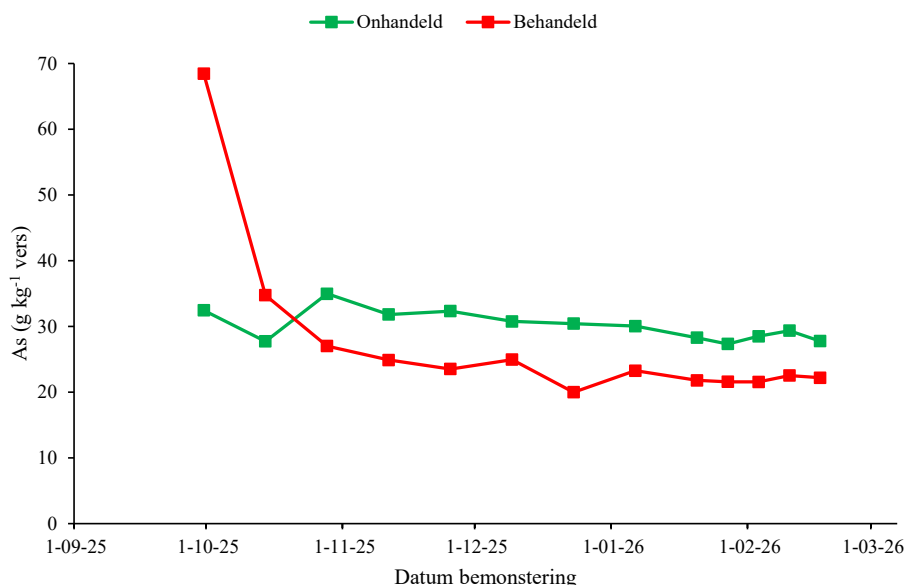
Het DS-gehalte van de behandelde mest was lager vergeleken met de onbehandelde mest, en was gemiddeld 76 g kg⁻¹ (SD = 6) voor behandelde mest en 98 g kg⁻¹ (SD = 7) voor onbehandelde mest (Fig. 3.5).



Figuur 3.5 Ontwikkeling van het drogestofgehalte van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.6 Asgehalte

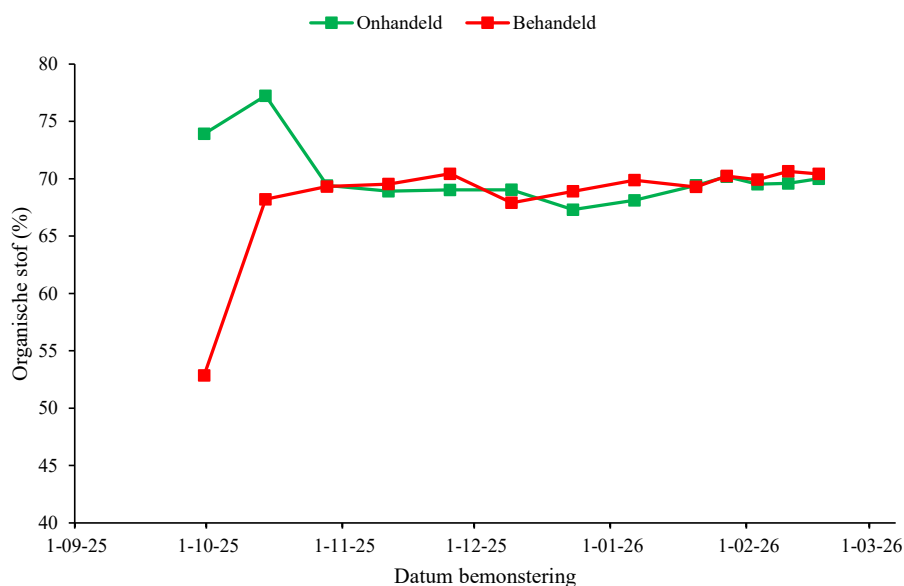
Het asgehalte van de behandelde mest was lager vergeleken met de onbehandelde mest, en was gemiddeld 23 g kg⁻¹ (SD = 2) voor behandelde mest en 30 g kg⁻¹ (SD = 2) voor onbehandelde mest (Fig. 3.6).



Figuur 3.6 Ontwikkeling van het asgehalte van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.7 Organische stof in drogestof

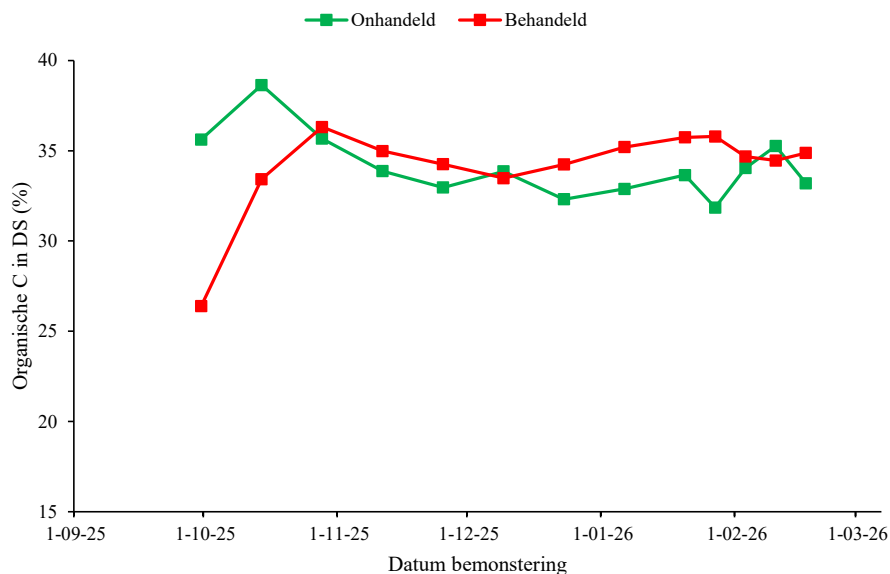
Het gehalte OS in de DS verschilde niet tussen beide mesten, en was gemiddeld 69,7% (SD = 0,8) voor behandelde mest en 69,1% (SD = 0,8) voor onbehandelde mest (Fig. 3.7). Het corresponderende ruw asgehalte in de DS (100% - % OS in DS) was respectievelijk 30,3% en 30,9%.



Figuur 3.7 Ontwikkeling van het aandeel organische stof in de drogestof van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.8 Organische koolstof

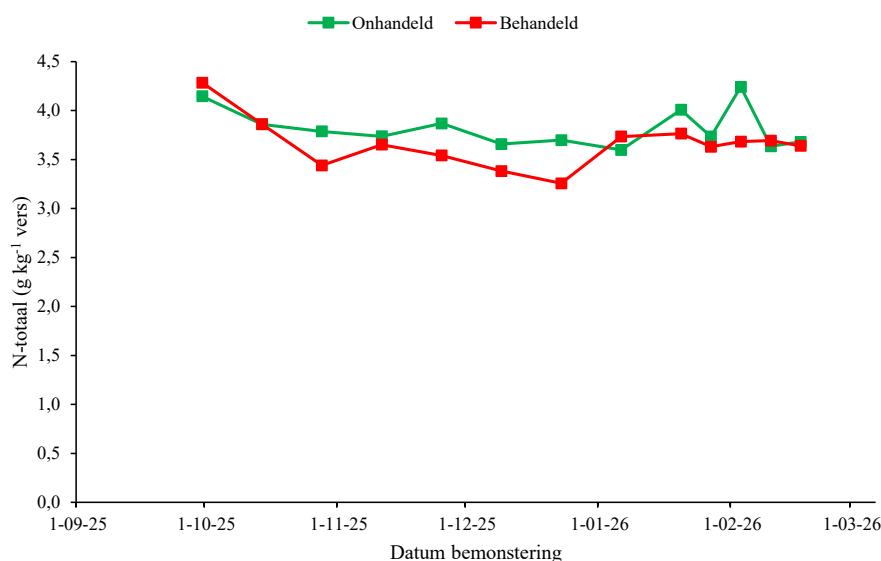
Het aandeel organische C in de DS verschilde niet tussen beide mesten, en was gemiddeld 34,9% (SD = 0,8) voor behandelde mest en 34,6% (SD = 1,1) voor onbehandelde mest (Fig. 3.8). In de periode van 23 december t/m 3 februari was het aandeel bij de behandelde mest hoger dan bij de onbehandelde mest.



Figuur 3.8 Ontwikkeling van het aandeel organische koolstof in de drogestof van drijfmest in de kelder van een melkveeststal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.9 Totaal N-gehalte

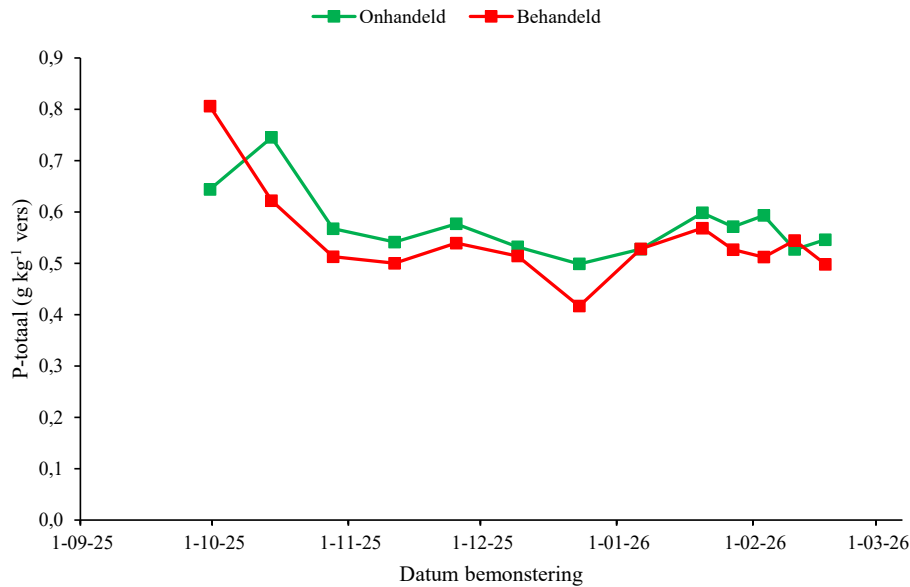
Het gehalte N-totaal was bij de behandelde mest wat lager dan bij de onbehandelde mest, en was gemiddeld 3,58 g kg⁻¹ (SD = 0,16) voor behandelde mest en 3,79 g kg⁻¹ (SD = 0,19) voor onbehandelde mest (Fig. 3.9). De hoge gehalten bij de onbehandelde mest op 20 januari en 3 februari kunnen, gezien de abrupte onderbreking van de trend, beschouwd worden als toevallige afwijking. Bij uitsluiting van deze waarden was het gemiddelde voor onbehandelde mest 3,71 g N kg⁻¹.



Figuur 3.9 Ontwikkeling van het gehalte N-totaal van drijfmest in de kelder van een melkveeststal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.10 Totaal P-gehalte

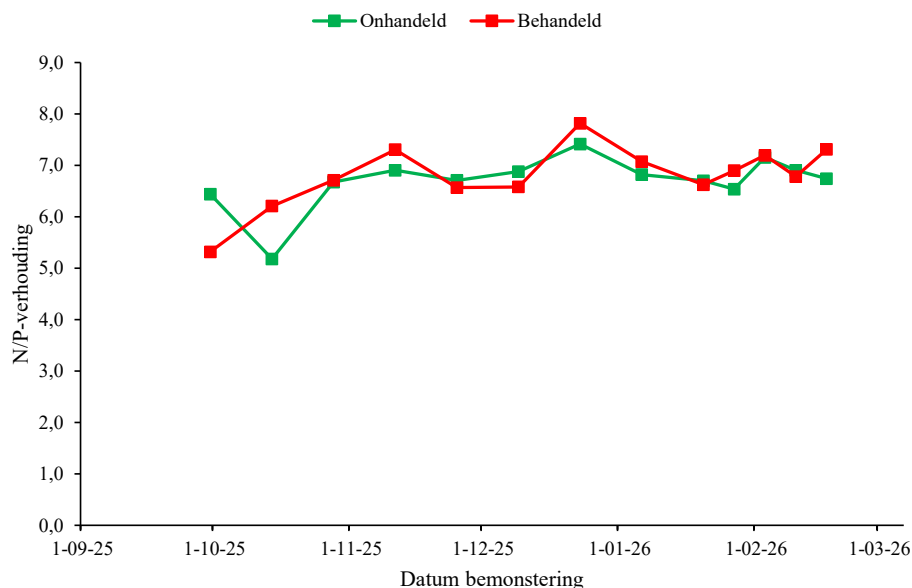
Het gehalte P-totaal was bij de behandelde mest wat lager dan bij de onbehandelde mest, en was gemiddeld $0,51 \text{ g kg}^{-1}$ (SD = $0,04$) voor behandelde mest en $0,55 \text{ g kg}^{-1}$ (SD = $0,03$) voor onbehandelde mest (Fig. 3.10). Het lage gehalte bij de behandelde mest op 23 december kan, gezien de abrupte onderbreking van de trend, beschouwd worden als toevallige afwijking. Bij uitsluiting van deze waarde was het gemiddelde $0,52 \text{ g P kg}^{-1}$.



Figuur 3.10 Ontwikkeling van het gehalte P-totaal van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.11 N/P verhouding

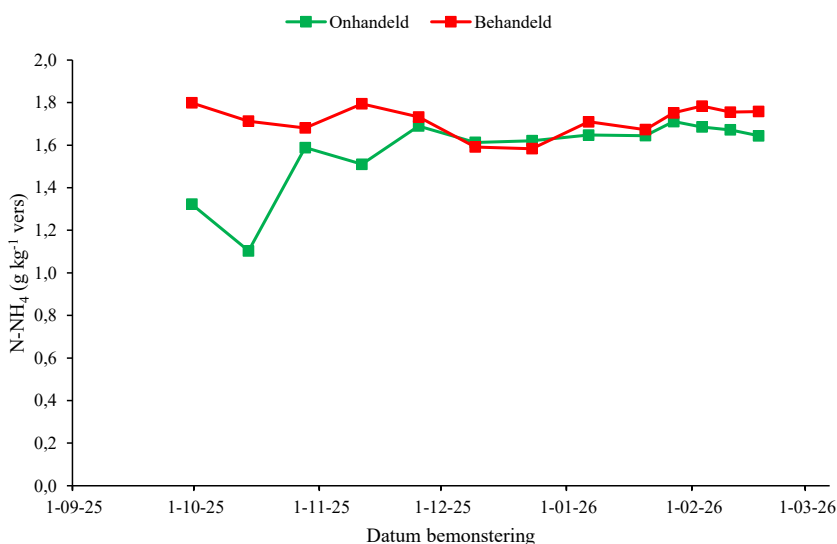
De N/P verhouding verschilde niet tussen beide mestsoorten, en was gemiddeld 7,0 (SD = 0,4) voor behandelde mest en 6,9 (SD = 0,2) voor onbehandelde mest (Fig. 3.11).



Figuur 3.11 Ontwikkeling van de N/P-verhouding van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.12 Gehalte NH_4 en NO_3

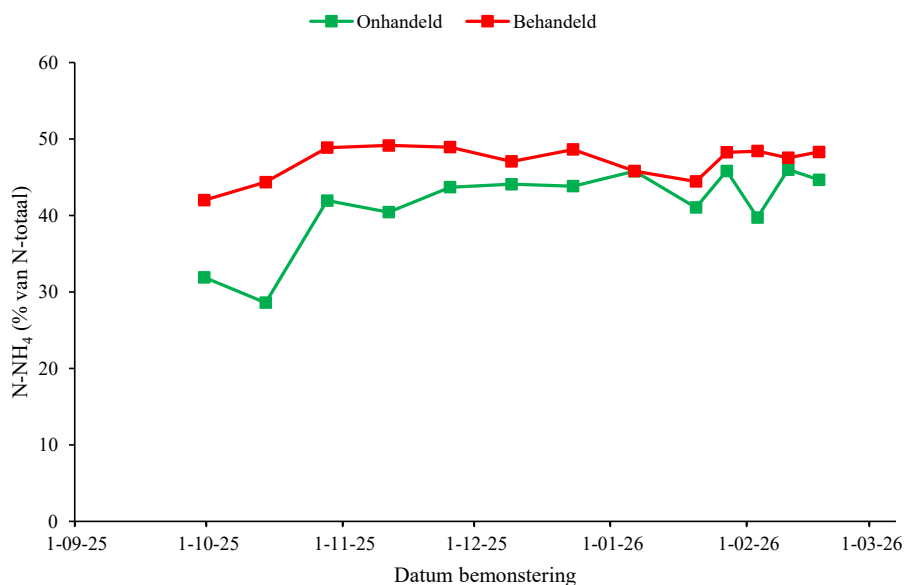
Het gehalte $\text{NH}_4\text{-N}$ was aan het begin en einde van de meetperiode bij de behandelde mest hoger dan bij de onbehandelde mest, en was over de meetperiode gemiddeld $1,71 \text{ g kg}^{-1}$ (SD = 0,07) voor behandelde mest en $1,64 \text{ g kg}^{-1}$ (SD = 0,06) voor onbehandelde mest (Fig. 3.12). Het gehalte $\text{NO}_3\text{-N}$ was in de monsters genomen na 30 september altijd 0.



Figuur 3.12 Ontwikkeling van het gehalte $\text{NH}_4\text{-N}$ van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.13 Aandeel NH_4

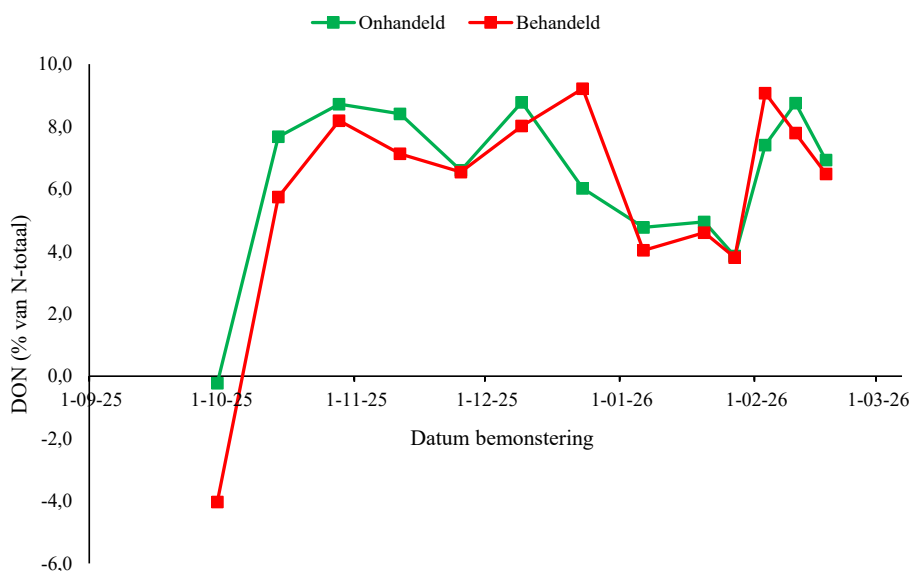
Het aandeel $\text{NH}_4\text{-N}$ in N-totaal was bij de behandelde mest doorgaans hoger dan bij de onbehandelde mest, en was gemiddeld 48% (SD = 1) voor behandelde mest en 43% (SD = 2) voor onbehandelde mest (Fig. 3.13).



Figuur 3.13 Ontwikkeling van het aandeel $\text{NH}_4\text{-N}$ in N-totaal van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.14 Aandeel opgeloste organische N

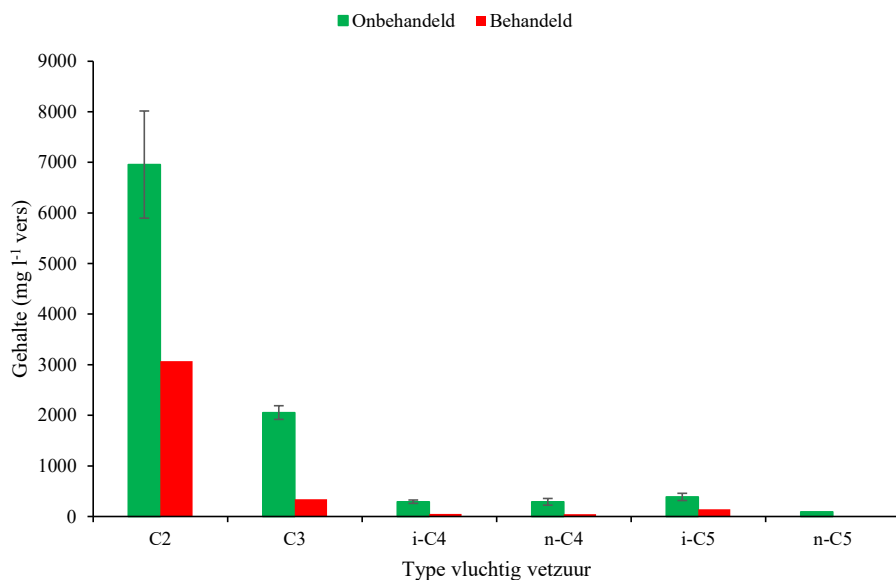
Het aandeel DON in N-totaal verschilde niet tussen beide mestsoorten, en was gemiddeld 6,8% (SD = 1,9) voor behandelde mest en 6,8% (SD = 1,8) voor onbehandelde mest (Fig. 3.14).



Figuur 3.14 Ontwikkeling van het aandeel opgeloste organische N (DON) in N-totaal van drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer.

3.15 Vluchtige vetzuren

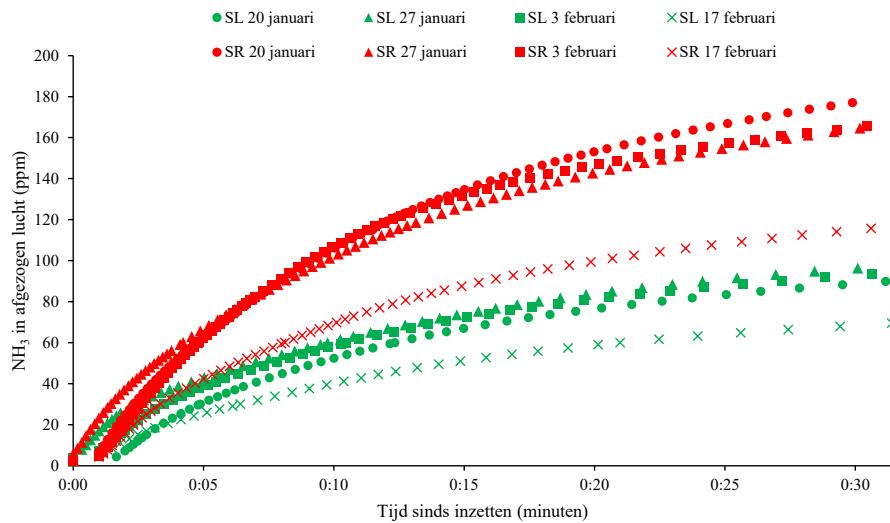
De gehalten VVZ (C2 - C5) waren bij de behandelde mest aanzienlijk lager dan bij de onbehandelde mest (Fig. 3.15) ($P < 0,05$). De gehalten waren, bij de in Fig. 3.15 weergegeven volgorde, respectievelijk 56%, 84%, 83%, 84%, 63%, en $\geq 55\%$ lager. Bij vetzuur n-C5 lag het gehalte bij behandelde mest onder de detectiegrens (40 mg l^{-1}). Het totale gehalte VVZ (C2 - C5) was bij de onbehandelde mest $10,1 \text{ g kg}^{-1}$ mest en bij de behandelde mest $3,7 \text{ g kg}^{-1}$ mest.



Figuur 3.15 Verschil in gehalten vluchtige vetzuren in drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer. De weergegeven foutbalk is de LSD tussen de behandelingen binnen type vetzuur ($P < 0,05$).

3.16 Potentiële ammoniakemissie

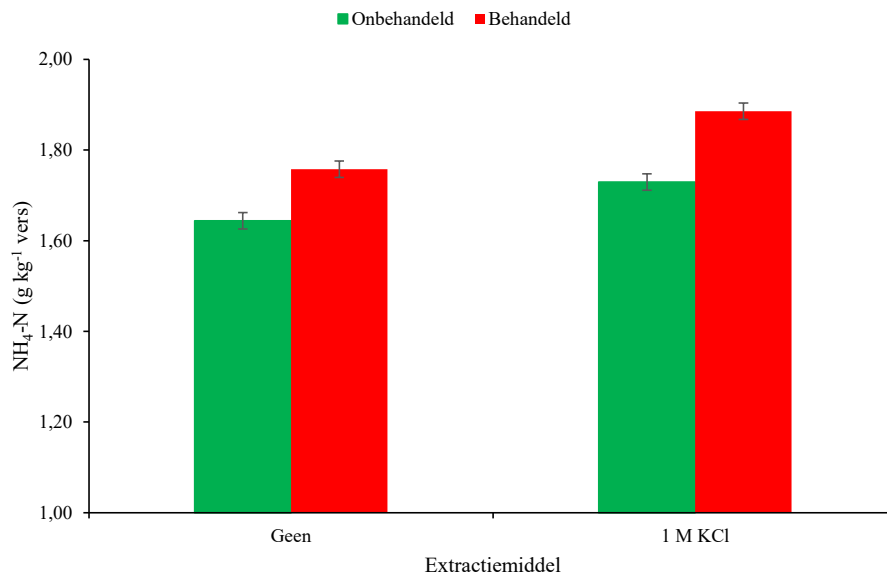
De potentiële NH_3 -emissie was op alle gemeten tijdstippen duidelijk hoger bij de behandelde mest (Fig. 3.16). Na ca. 15 minuten meten was de NH_3 -concentratie in de afgezogen lucht bij de behandelde mest gemiddeld 80% hoger, en na ca. 30 minuten meten gemiddeld 78%.



Figuur 3.16 Ontwikkeling van de NH_3 -concentratie in de afgezogen lucht in een potentiële emissietest, gemeten aan drijfmest uit de kelder van een melkveestal met roostervloer, na behandeling van de vloer met Kopros (SR) of bij onbehandelde vloer (SL), gemeten aan monsters genomen op vier verschillende tijdstippen.

3.17 Ammoniumgehalte na extractie

Statistische analyse van het gemeten NH_4 -gehalte, met en zonder gebruik van extractiemiddel bij de voorbehandeling, gaf een significante interactie tussen effect van mestbehandeling en het gebruik van extractiemiddel ($P < 0,01$). Bij de onbehandelde mest was het gehalte $\text{NH}_4\text{-N}$ na extractie met 1 M KCl gemiddeld $1,73 \text{ g kg}^{-1}$ mest, 5% hoger vergeleken met het gehalte zonder gebruik van extractiemiddel. Bij de behandelde mest was het gehalte $\text{NH}_4\text{-N}$ na extractie gemiddeld $1,89 \text{ g kg}^{-1}$ mest, 7% hoger vergeleken met het gehalte zonder gebruik van extractiemiddel (Fig. 3.17). Bij de behandelde mest kwam er daarmee als gevolg van extractie 2% meer $\text{NH}_4\text{-N}$ vrij dan bij de onbehandelde mest.



Figuur 3.17 Verschil in gehalte $\text{NH}_4\text{-N}$ in drijfmest in de kelder van een melkveestal met roostervloer, bij behandeling van de vloer met Kopros en bij een onbehandelde vloer, met en zonder gebruik van een extractiemiddel bij de analyse. De weergegeven foutbalk is de LSD ($P < 0,05$) bij vergelijking van alle combinaties.

3.18 Variantieanalyse

De resultaten van de variantieanalyse van de laatste zes metingen (laatste vijf weken) zijn voor de standaard gemeten mesteigenschappen gegeven in Tabel 1. Er waren significante verschillen ($P < 0,05$) tussen beide mesten voor de pH, DS, en gehalte $\text{NH}_4\text{-N}$.

Tabel 1 Resultaten van de variantieanalyse van de laatste zes metingen van de mesteigenschappen die standaard werden gemeten tijdens de proefperiode

Mesteigenschap	Eenheid	Gemiddelde		P-waarde	LSD
		Onbehandeld	Behandeld		
pH	$-\log[\text{H}^+]$	7,13	7,45	<0,001	0,1
EC	mS cm^{-1}	18,9	19,4	0,34	1,3
Redox	mV	-288	-294	0,06	6,8
DS	g kg^{-1} vers	93,5	74,0	<0,001	2,1
As	g kg^{-1} vers	28,5	22,1	<0,001	0,6
OS in DS	%	69,5	70,1	0,09	0,7
Org. C in DS	%	335	351	0,05	16,9
N-totaal	g kg^{-1} vers	3,68 ¹⁾	3,69	0,80	0,14
P-totaal	g kg^{-1} vers	0,56	0,53	0,09	0,0
N/P-verhouding	-	6,81	6,98	0,18	0,28
$\text{NH}_4\text{-N}$	g kg^{-1} vers	1,67	1,74	<0,01	0,04
	%	44	47	0,04	3,1
DON	g kg^{-1} vers	0,23	0,22	0,13	0,0
	%	6,1	6,0	0,72	1,0

¹⁾ Exclusief de uitschieters op 20 januari en 3 februari.

4 Discussie

Verschillen in uitgangsmest

De behandelde mest had over de meetperiode een aanzienlijk lager asgehalte dan de onbehandelde mest. Een voor de hand liggende oorzaak leek verdunning met water, maar het relatieve verschil in P-gehalte (gem. -7%) was aanzienlijk kleiner dan het relatieve verschil in asgehalte (gem. -24%), en bronnen voor een grote wateraanvoer waren niet aanwijsbaar. Bij verdere analyse bleek dat er in de onbehandelde mest meer as uit boxstrooisel is gekomen. De onbehandelde mest werd bemonsterd uit een mestgang tussen twee rijen diepstrooiselboxen, terwijl de behandelde mest werd bemonsterd tussen het voerhek en een enkele rij gewone ligboxen. Bij het in- en uitlopen van de koeien komt er strooisel uit de boxen op de vloer en vervolgens in de mest. Bij twee rijen in plaats van één rij boxen wordt er meer strooisel uitgelopen, uit een diepstrooiselbox kan meer strooisel worden gelopen dan uit een gewone ligbox, en in de diepstrooiselboxen werd vanaf december naast Vlas-BeddingFX ook dikke fractie uit rundveedrijfmest gebruikt. Vlas-BeddingFX had een erg laag P-gehalte vergeleken met het asgehalte, wat bevestigt dat door extra aanvoer van strooisel het asgehalte van de mest (veel) meer kon toenemen dan het P-gehalte. De hoeveelheden as en P in de mest veranderen niet als gevolg van behandeling met Kopros, en de gemeten verschillen zijn daarom gebruikt om te berekenen hoeveel strooisel er extra in de onbehandelde mest is gekomen. Vervolgens zijn de gehalten as, P, OS, en N van onbehandelde mest hiervoor gecorrigeerd, en is de samenstelling van behandelde mest vergeleken met de gecorrigeerde onbehandelde mest. Voor de correcties werden de gemiddelde gehalten in de mest van de laatste vier bemonsteringen gebruikt (Tabel 2), omdat deze het best vertegenwoordigen wat er tijdens de meetperiode met de mest in de kelder is gebeurd.

Als eerste stap van de correctie werd berekend hoeveel strooisel er bij de onbehandelde mest extra was aangevoerd. Het verschil in asgehalte tussen beide mesten werd vermenigvuldigd met de relatieve bijdrage van Vlas-BeddingFX en dikke fractie, in eerste instantie geschat op 50% voor elk. Op basis van de relatieve bijdrage werd de hoeveelheid extra toegevoegde as per strooisel berekend, en door deze te delen door het asgehalte de extra hoeveelheid product per strooisel. Vermenigvuldiging van de hoeveelheid product met het P-gehalte gaf per strooisel de hoeveelheid extra toegevoegde P aan de mest. Hierna werd de relatieve bijdrage van beide strooisels gevarieerd totdat onbehandelde mest en gecorrigeerde behandelde mest hetzelfde as- en P-gehalte hadden. Dit resulteerde in de hoeveelheid product die per strooisel bij de onbehandelde mest extra was aangevoerd.

Vervolgens werd berekend hoeveel OS er uit ieder strooisel extra in de onbehandelde mest terecht kwam. Deze OS breekt tijdens de stalperiode vooral af in de boxen. Wanneer bekend is met welk percentage de OS uit de mest zelf afbraak (inclusief 'normale hoeveelheid' strooisel, excl. extra strooisel) als gevolg van behandeling, kan worden berekend met hoeveel procent het extra strooisel was afgebroken voordat het in de mest terecht kwam. Voor het percentage afbraak van OS uit de mest werd in eerste instantie uitgegaan van 11%, op basis van het gemeten verschil in VVZ-gehalte (C2-C5) tussen behandelde en onbehandelde mest, waarbij werd aangenomen dat dit verschil grotendeels of geheel de afbraak van OS uit mest als gevolg van behandeling vertegenwoordigde (zie onder). De afgebroken hoeveelheid OS uit mest als gevolg van behandeling werd bij de behandelde mest opgeteld, en het verschil in OS tussen gecorrigeerde behandelde mest en onbehandelde mest was dan de hoeveelheid overgebleven OS uit extra boxstrooisel. Door deze te delen door de gestrooide hoeveelheid kon het afbraakpercentage van de extra OS in de boxen worden berekend en worden beoordeeld op representativiteit.

De bij de berekeningen gebruikte gehalten DS, as, N- en P-totaal waren respectievelijk 848, 570, 2,14, en 0,28 kg ton⁻¹ voor Vlas-BeddingFX en 198, 46, 4,34, en 0,82 kg ton⁻¹ voor dikke fractie. De gehalten in Vlas-BeddingFX (op maat gemaakt) zijn opgevraagd bij de leverancier. Bij de dikke fractie was het gebruikte DS-gehalte het gemiddelde uit Verloop et al. (2009), en de N- en P-gehalten waren berekend als het N- en P-gehalte in behandelde drijfmest, vermenigvuldigd met de relatieve toename van het gemiddelde N- en P-gehalte in de gescheiden dikke fractie vergeleken met de uitgangsdrijfmest zoals gemeten door Verloop et al. (2009), respectievelijk factor 1,18 en 1,57.

Het asgehalte werd berekend als het product van het DS-gehalte (Verloop et al., 2009) en het percentage as in de DS van dikke fractie gegeven in Anonymus (2026). Omdat er enige onduidelijkheid was over het afscheidingspercentage van as naar de dikke fractie (niet gerapporteerd in Verloop et al., 2009) zijn aanvullend ook scenario's doorgerekend met asgehalten van 40, 50, en 55 g kg⁻¹ mest, om inzicht te krijgen in de bijbehorende veranderingen in het afbraakpercentage voor OS uit extra boxstrooisel (Tabel 3).

Tabel 2 Gemiddelden van een aantal relevante mesteigenschappen voor onbehandelde en behandelde mest, met de gehalten van de onbehandelde mest ook gecorrigeerd voor de aanvoer van extra boxstrooisel. Gemiddelden zijn van de vier laatste bemonsteringen.

Parameter	Type mest		
	Onbehandeld	Onbehandeld, gecorrigeerd	Behandeld
DS (g kg ⁻¹)	93,5	80,4	74,0
As (g kg ⁻¹)	28,2	22,0	22,0
Os (g kg ⁻¹)	65,3	58,4	52,0
N-gehalte (g kg ⁻¹)	3,68 ¹⁾	3,57	3,66
P-gehalte (g kg ⁻¹)	0,56	0,52	0,52
VVZ (g kg ⁻¹)	10,07	10,07	3,68
NH ₄ -N (g kg ⁻¹)	1,68	1,68	1,76
N/P-verhouding	6,59	6,86	7,04

¹⁾ Exclusief de uitschieter op 3 februari (paragraaf 3.9).

Bovenstaande berekening geeft dat, bij een asgehalte in de dikke fractie van 46 g kg⁻¹ mest en 11% afbraak van de OS uit mest, er 67% van de extra as in onbehandelde mest afkomstig was uit Vlas-BeddingFX en 33% uit dikke fractie. Dat betekent dat er met Vlas-BeddingFX en dikke fractie respectievelijk 7,4 kg en 45,1 kg product extra was toegevoegd per ton mest, of respectievelijk 6,2 en 8,9 kg DS. Een realistisch afbraak van het extra boxstrooisel, bij een verhouding vlasstrooisel : dikke fractie van 50 : 50, ligt voor de periode tussen 1 oktober en half februari in de range van 15-25% van de OS (schatting LLM-model). Op basis van deze range kan uit de resultaten worden geconcludeerd dat de afbraak van de OS uit de mest als gevolg van behandeling met Kopros op 11% gehandhaafd kan blijven (Tabel 3).

Tabel 3 Berekende afbraakpercentages van OS uit boxstrooisel dat extra werd aangevoerd naar de onbehandelde mest, voor verschillende combinaties van asgehalte in strooisel dikke fractie en het afbraakpercentage van de OS uit de mest, berekend met behulp van verschillen in as- en P-gehalte tussen onbehandelde en behandelde mest, en de as- en P-gehalten in strooisels Vlas-BeddingFX en dikke fractie.

Asgehalte dikke fractie (kg ton ⁻¹)	Verhouding as uit Vlas-BeddingFX : dikke fractie	Afbraak OS uit mest			
		9%	10%	11%	12%
40	71:29	12	19	26	33
46	67:33	8	16	23	30
50	64:36	6	13	21	28
55	60:40	2	10	18	26

Tot slot werd berekend hoeveel N er met extra boxstrooisel in de onbehandelde mest kwam en werd het totale N-gehalte van onbehandelde mest hiervoor gecorrigeerd. Dikke fractie uit rundveedrijfmest bevat een aanzienlijk deel van de totale N als NH₄ en deze is in de proefsituatie waarschijnlijk grotendeels of geheel vervluchtigd uit de boxen. Bij de afbraak van OS in de boxen heeft mineralisatie van organische N plaatsgevonden, waarna de gevormde NH₄ ook grotendeels of geheel is vervluchtigd in de box of onderweg naar de kelder. Het is weinig waarschijnlijk dat het meer resistente materiaal in de kelder verder is gemineraliseerd. Bij het basisscenario met een asgehalte in de dikke fractie van 46 g kg⁻¹ en afbraak van de OS uit mest met 11% is ervan uitgegaan dat alle NH₄-N die na scheiding in de dikke fractie aanwezig was (35% van N-totaal; Verloop et al., 2009; Verloop en Hilhorst, 2011) volledig is vervluchtigd, en dat van de resterende organische N 23% is gemineraliseerd en volledig is vervluchtigd (23% correspondeert met de berekende afbraak van OS uit extra strooisel in de boxen). De N-aanvoer met dikke fractie (0,20 g kg⁻¹ mest) is daarom met in totaal 50% verlaagd tot 0,10 g kg⁻¹ (0,20 * 0,65 * 0,77) en deze hoeveelheid is op

het N-gehalte van onbehandelde mest in mindering gebracht. Het vlasstro in Vlas-BeddingFX bevatte geen $\text{NH}_4\text{-N}$, en vanwege de hoge C : N ratio heeft de afbraak van OS eerder geleid tot immobilisatie van N uit de omgeving (b.v. uit dikke fractie of excretie van de koe) dan mineralisatie van N uit het strooisel. De N-aanvoer met Vlas-BeddingFX ($0,016 \text{ g kg}^{-1}$ mest) is daarom volledig in mindering gebracht op het N-gehalte van de onbehandelde mest. Het N-gehalte van de onbehandelde mest daalde door correctie voor N-aanvoer met extra strooisel van 3,68 tot $3,57 \text{ g kg}^{-1}$ mest (Tabel 2).

De pH, EC, redoxpotentiaal, het gehalte $\text{NH}_4\text{-N}$, en het gehalte DON van onbehandelde mest zijn niet gecorrigeerd voor de toevoeging van extra strooisel. De toevoeging van extra FX (kleimineraal) aan de onbehandelde mest kan mogelijk de pH en EC wat hebben verlaagd, en het gehalte $\text{NH}_4\text{-N}$ en DON wat verhoogd.

Lager gehalte vluchtige vetzuren in behandelde mest

Een duidelijk verschil tussen beide mesten was het aanzienlijk lagere gehalte VVZ in behandelde mest, met de grootste absolute verschillen voor azijnzuur (C2) en propionzuur (C3). Het gemiddelde gehalte VVZ in onbehandelde drijfmest ($10,1 \text{ g kg}^{-1}$ mest) was wat hoger dan een eerder gemeten gemiddelde ($9,0 \text{ g kg}^{-1}$ mest; $n = 29$; De Boer & Bloem, 2010), maar het gehalte in behandelde drijfmest was aanzienlijk lager ($3,7 \text{ g kg}^{-1}$ mest). Het verschil in lactatiestadium van de koeien tussen het behandelde en onbehandelde staldeel kan voor een klein deel hebben bijgedragen aan dit verschil. Koeien die eerder in de lactatie zitten kunnen per ton mest iets meer fermenteerbare OS (waaruit VVZ gevormd worden) uitscheiden, maar een typische orde van grootte is 0 tot 15% (meerdere schattingen van LLM-model), daar waar in het huidige onderzoek het gemiddelde totale VVZ-gehalte van de onbehandelde mest 273% hoger was.

Het aanzienlijk lagere gehalte VVZ in behandelde mest maakt duidelijk dat toediening van micro-organismen aan de stalvloer inderdaad de samenstelling van de mest in de kelder kan veranderen. Vluchtige vetzuren worden in de mest in de kelder gevormd uit makkelijk afbreekbare organische stof, onder zuurstofarme (anaerobe) omstandigheden. De lagere gehalten VVZ waren niet het gevolg van de aanwezigheid van meer zuurstof in de mest in de kelder. Bij duidelijk zuurstofrijkere omstandigheden zouden de anaerobe micro-organismen die VVZ vormen minder actief zijn, en zou een deel van de makkelijk afbreekbare OS door aerobe micro-organismen worden omgezet in andere producten. Het is echter niet eenvoudig om het zuurstofgehalte in drijfmest duidelijk en duurzaam te verhogen. Vanwege de aanwezigheid van makkelijk afbreekbare OS is de potentiële zuurstofvraag hoog, en zuurstof die in de mest komt wordt daardoor snel verbruikt. Mixen kan mest (tijdelijk) wat zuurstofrijker maken, maar kan in dit onderzoek niet hebben geleid tot een grotere aerobe afbraak en verschillen in VVZ. Er werd daarvoor te kort gemixt, en daarnaast werd zowel de behandelde als onbehandelde mest gemixt.

De meest waarschijnlijke verklaring voor het lagere gehalte VVZ in behandelde mest is dat de met Kopros toegevoegde aerobe micro-organismen een deel van de door de koeien uitgescheiden snel afbreekbare OS op de stalvloer en in de toplaag van de kelder hebben afgebroken, onder zuurstofrijke omstandigheden, waardoor er minder van deze OS beschikbaar was voor het latere anaerobe proces van vetzuurvorming in de kelder. Kopros B bevat o.a. de bacteriestammen *Bacillus subtilis* en *B. licheniformis*. Eerder onderzoek liet zien dat het sproeien van een mengsel van deze stammen op de vloer van een varkensstal de concentratie van azijnzuur in de lucht verlaagde (Cao en Kim, 2024), wat erop wijst dat er minder azijnzuur in de kelder gevormd werd. De resultaten van het huidige onderzoek zijn daarmee in overeenstemming met eerdere resultaten. Cao en Kim (2024) rapporteren naast een lagere emissie van azijnzuur overigens ook een lagere emissie van NH_3 .

Vluchtige vetzuren worden gevormd uit OS, en aan de onbehandelde mest werd meer OS uit boxstrooisel toegevoegd. In principe zouden de gehalten VVZ hiervoor gecorrigeerd moeten worden, mits deze extra toegevoegde OS ook heeft bijgedragen aan de VVZ-vorming. De verwachting is dat dit nauwelijks het geval is geweest, en dat de makkelijk afbreekbare OS in boxstrooisel vooral is afgebroken in de boxen, onder zuurstofrijke omstandigheden. Wordt er toch een correctie gedaan op basis van verschil in OS-gehalte, dan zouden de gehalten VVZ in de onbehandelde mest met ca. 20% verlaagd moeten worden. Er is dan nog steeds sprake van een forse reductie in gehalte VVZ als gevolg van behandeling, met ca. 54%.

De lagere gehalten VVZ in behandelde mest zijn geen toevallige waarneming. Bij opzet van de proef werd besloten om de gehalten VVZ te meten, omdat door meerdere partijen was aangegeven dat toepassing van Kopros de geur van de mest duidelijk verminderde, en bekend is dat VVZ in belangrijke mate bijdragen aan de geur. De gemeten verschillen in gehalten bevestigen daarmee een eerdere hypothese op basis van waarnemingen in de praktijk.

De afbraak van azijnzuur (acetaat) is de laatste stap bij de vorming van methaan door acetoclastische methanogenese, en de gemeten reductie van 56% in gehalte azijnzuur zou daarom samen kunnen gaan met een aanzienlijke reductie in methaanemissie. Methaan kan ook gevormd worden uit H_2 en CO_2 door hydrogenotrofische methanogenese, een proces dat belangrijker wordt bij hogere NH_4 -concentratie, pH, en temperatuur. Voor beide methaanvormende processen is de energiebron de makkelijk afbreekbare OS, die door behandeling verlaagd werd. Het verdient daarom aanbeveling om het reductiepotentieel voor methaanemissie verder te onderzoeken.

Hogere pH in behandelde mest

De hogere pH van de behandelde mest kan verklaard worden door de vorming van minder VVZ, waardoor de pH minder afnam. De toename in pH lijkt wat minder dan verwacht op basis van het verschil in VVZ. Een mogelijke verklaring daarvoor is, naast een effect van een wat hoger gehalte kleimineralen in de onbehandelde mest, extra zuurvorming in de behandelde mest door met Kopros toegevoegde bacteriestammen. Een aantal van deze stammen kunnen, hoewel meestal onder specifieke omstandigheden (anaeroob, in de aanwezigheid van een snel afbreekbaar substraat), zuren vormen, o.a. melkzuur. *Bacillus megaterium*, toegevoegd met Kopros, staat bekend om glutaminezuurvorming.

Hoger stikstofgehalte in behandelde mest

Bij de behandelde mest was het NH_4 -N gehalte 5,0% hoger en het totale N-gehalte 2,6% hoger vergeleken met de gecorrigeerde onbehandelde mest. De hogere N-gehalten in behandelde mest wijzen op minder vervluchtiging van N, maar voor een betrouwbare vergelijking moet het verschil in N uitgedrukt worden t.o.v. van het verschil in P, ofwel het verschil in N/P-verhouding (zie onder). Het aandeel NH_4 -N in totale N was bij behandelde mest (48%) maar iets hoger dan bij gecorrigeerde onbehandelde mest (47%), ondanks de afbraak van de OS met 11%, op basis waarvan een corresponderende extra mineralisatie van N en een hoger NH_4 -N aandeel in behandelde mest verwacht zou worden. Het relatief kleine verschil kan erop wijzen dat er wat meer N is vastgelegd in de biomassa van groeiende micro-organismen.

Verskil in N/P-verhouding en stikstofvervluchtiging

De N/P-verhouding van drijfmest kan gebruikt worden om een indicatie te krijgen van de totale N-vervluchtiging, die bestaat uit NH_3 , N_2 , N_2O , en NO_x (De Boer, 2023a,b). Van de uitgescheiden N en P kan de P niet vervluchtigen, en een hogere N/P-verhouding na behandeling is een indicatie voor een lagere vervluchtiging als gevolg van behandeling. De N/P-verhouding van behandelde mest was 6,9% hoger dan de ongecorrigeerde N/P-verhouding van onbehandelde mest, en 2,6% hoger dan de gecorrigeerde N/P-verhouding (Tabel 2). Het verschil vergeleken met de gecorrigeerde N/P-verhouding wijst erop dat er door behandeling met Kopros minder N uit de mest en uit de stal vervluchtigde.

Bij de vergelijking moet ook rekening gehouden met het verschil in lactatiestadium tussen de koeien in beide staldelen. Normaal is de N/P-verhouding in de mest van oudmelkte koeien lager vergeleken met nieuwmelkte koeien, omdat er door oudmelkte koeien relatief meer P wordt uitgescheiden. In b.v. onderzoek van Knowlton et al. (2002) was de N/P-verhouding van de excretie van oudmelkte koeien 9% lager vergeleken met nieuwmelkte koeien. In het huidige onderzoek was de N/P-verhouding van de mest in het behandelde staldeel (oudmelktere koeien) juist wat hoger dan van de mest in het onbehandelde staldeel (nieuwmelktere koeien), wat suggereert dat de behandeling een groter reducerend effect heeft gehad dan het gemeten verschil aangeeft.

In een melkveestal die wat betreft rantsoen en koeien voor een groot deel vergelijkbaar was met de stal in het huidige onderzoek werd de totale N-emissie uit de stal over de periode van een jaar vastgesteld op 16,6% van de N-excretie, bij een N/P-verhouding van de excretie van 7,5 en van de mest van 6,3 (De Boer, 2023a). Een stijging van de N/P-verhouding in de mest met 2,6% betekent voor die situatie dat de totale N-emissie afneemt van 16,6% tot 14,4% van de N-excretie, een reductie van 13%.

De metingen in de huidige proef zijn uitgevoerd in de late herfst en winter, en vanwege de lagere temperatuur is het aannemelijk dat de totale N-emissie uit de stal lager geweest is dan 16,6%. Verder werd de mest vanaf half november wekelijks kort gemixt, waardoor het aannemelijk is dat het niveau van de overige N-emissie uit zowel de onbehandelde als behandelde mest lager was dan in de gerefereerde stal (zie Discussie in De Boer, 2023a). Bij aanname dat in de proefperiode van het huidige onderzoek de NH₃-emissie vanwege de lagere temperatuur 70% van 6,6% was (o.b.v. gegevens gerapporteerd in De Boer et al. 2023a), en de overige N-emissie als gevolg van mixen en lagere temperatuur geen 10% maar 5% van de N-excretie, zou bij een 2,6% hogere N/P-verhouding als gevolg van behandeling de totale N-emissie in de meetperiode zijn afgenomen van 9,6% tot 7,3% van de N-excretie, een reductie van 24%. De reductie van de NH₃-emissie is hierbij waarschijnlijk groter geweest dan de reductie van de overige N-emissie, ofwel groter dan 24%. Een reductie van tenminste 30% lijkt aannemelijk. Als ook rekening gehouden wordt met het feit dat in het behandelde staldeel 20-25% van de roostervloer niet was behandeld, en dat de N/P-verhouding van de uitgangsmest in het onbehandelde staldeel waarschijnlijk hoger is geweest dan in het behandelde staldeel, kan de reductie 40-50% zijn geweest.

Op basis van bovenstaande resultaten en indicaties is het aan te bevelen om als vervolg een emissieonderzoek onder gecontroleerde omstandigheden uit te voeren, inclusief een onbehandelde referentie, om het reductiepotentieel van behandeling met Kopros nader te onderzoeken en te valideren.

Potentiële ammoniakemissie

De behandelde mest was in de potentiële emissietest gevoeliger voor NH₃-emissie dan de onbehandelde mest. Dit was het resultaat van een hogere pH en een hoger NH₄-N gehalte. Een hogere emissiegevoeligheid van mest uit een stal betekent niet automatisch dat daardoor de emissie in die stal hoger is geweest. Een lagere emissie in de stal kan b.v. leiden tot een hoger NH₄-gehalte in de mest, en daardoor een hogere emissie in de test. In dit onderzoek geeft het verschil in N/P-verhouding aan dat er als gevolg van behandeling minder N uit het behandelde staldeel is vervluchtigd, ondanks dat de mest in de test emissiegevoeliger was. Dit duidt op de aanwezigheid van een alternatief emissiereducerend mechanisme in de stal.

Ander emissiereducerend mechanisme?

Uit divers lopend emissieonderzoek (nog niet gepubliceerd) is gemeld dat met Kopros behandelde mest een duidelijk lagere NH₃-emissie heeft. Oriënterende metingen van Heleen de Man (Geocura, Zeist) aan de twee mestmonsters genomen op 17 februari lieten in de eerste uren een hogere emissie van de behandelde mest zien, maar na ca. een halve dag een duidelijk lagere emissie. Het verschil in resultaten tussen deze emissiemetingen en de resultaten van de potentiële emissietest kan mogelijk verklaard worden door de vorming van een biofilm/afsluitend laagje op de mest bij het tot rust komen, iets wat bij de 30 minuten durende emissietest niet het geval was. Van de toegevoegde *Bacillus amyloliquefaciens* is bekend dat deze een biofilm kan vormen, hoewel onbekend is of dat in de huidige proef ook is gebeurd. Om vast te stellen of er sprake kan zijn van een emissiereducerende biofilm/laag op de mest, zowel in de kelder (toplaag) als op de roostervloer, is aanvullend onderzoek nodig.

De resultaten van de emissietest zijn maar deels bruikbaar voor beoordeling van de potentiële emissie bij het verder verwerken van de mest, bijvoorbeeld na uitrijden op het land, omdat in de test niet meegenomen werd dat de behandelde mest dunner/vloeibaarder was. Hierdoor trekt deze mest na uitrijden sneller in de grond dan onbehandelde mest, en wordt het effect van hogere pH en hoger NH₄-gehalte op de emissie tegengegaan, vergelijkbaar met wat gebeurt na het uitrijden van digestaat (De Boer, 2008; Sommer et al., 2003). Verder onderzoek is wenselijk om vast te stellen wat het uiteindelijke effect van behandeling op de emissie na uitrijden zal zijn.

Meer ammoniumbinding?

Een door Novus AgroEcology ingebrachte hypothese was dat door behandeling met Kopros er meer NH₄-N aan de OS in de mest zou binden en er daardoor relatief minder NH₃ zou vervluchtigen. Bij de bepaling van het NH₄-gehalte in de mest is daarom standaard geen gebruik gemaakt van een extractiemiddel, zodat gebonden NH₄-N zo beperkt mogelijk mee zou worden gemeten. Als er inderdaad aanzienlijk meer NH₄-N aan de OS was gebonden, dan zou het gehalte NH₄-N gehalte in de behandelde mest lager moeten zijn dan in de onbehandelde mest.

Het gehalte was echter niet lager, maar hoger. Bij de mest van de laatste bemonstering is het NH_4 -gehalte ook gemeten na extractie van de mest met 1 M KCl. Bij deze extractie wordt aan de OS gebonden NH_4 -N omgewisseld met de toegevoegde K, komt de NH_4 -N daardoor vrij in de oplossing en wordt meegemeten. Hoewel er na extractie een kleine toename was in aandeel NH_4 -N, was dit te klein om een effect van betekenis op de emissie te hebben. Ook moet bedacht worden dat een toename in negatieve bindingssites aan de OS in de mest niet hoeft te betekenen dat er ook daadwerkelijk meer NH_4 wordt gebonden, aangezien er competitie is voor binding met K, en K in rundveedrijfmest in hogere concentratie aanwezig is dan NH_4 .

Stikstofwerking van behandelde mest op korte termijn

Verwacht mag worden dat de combinatie van een lager gehalte VVZ en een hoger gehalte NH_4 in de behandelde mest op korte termijn na uitrijden leidt tot een hogere N-opname door gewassen. Dit is niet alleen het gevolg van meer minerale (plantopneembare) NH_4 -N in de behandelde mest, maar ook van minder bacteriegroei na mesttoediening vanwege het lagere gehalte VVZ. Door minder bacteriegroei wordt er minder van de minerale N vastgelegd (geïmmobiliseerd) in microbieel eiwit (De Boer, 2008; Sørensen, 2004) en blijft er meer beschikbaar voor plantopname. De verwachte effecten bevestigen eerdere observaties in de praktijk dat met Kopros behandelde mest een snellere N-werking heeft.

Eerder onderzoek aan Kopros

Dong et al. (2026) rapporteren dat behandeling met Kopros in hun experiment geen effect had op de NH_3 -emissie uit opgeslagen mest. Uit dit onderzoek kunnen echter geen conclusies over de werking van Kopros worden getrokken. De situatie van de pottenproef (koude anaeroob opgeslagen drijfmest) is niet te vergelijken met de situatie in een stal, wanneer de grootste werking op de vloer en in de toplaag van de mest optreedt, en waar ook voortdurende verse urine en feces wordt aangevoerd. Onduidelijk is hoe de mest is verzameld en samengesteld. De mest was afkomstig uit dezelfde stal als in het huidige onderzoek. In het rapport wordt zowel genoemd dat er verse mest is verzameld, als mest uit de put. Als de mest was verzameld vanaf de vloer, is het de vraag of deze voldoende geïnoculeerd was met micro-organismen. De roostervloer in het met Kopros behandelde deel van de stal werd regelmatig geschoven met een mestschuif, en uit de rapportage wordt niet duidelijk hoeveel tijd was verstreken tussen het lopen van de schuif en het verzamelen van de mest. Wordt de mest (te) kort na het lopen van de schuif verzameld, dan is het mogelijk dat de toegediende micro-organismen zich onvoldoende in de verse mest hebben kunnen vermenigvuldigen en hun werking daardoor beperkt is gebleven. Een andere kanttekening is dat de toepassing van een constant lage temperatuur (10 °C) tijdens de proef de werking van de micro-organismen kan hebben beperkt. In het huidige onderzoek varieerde de luchttemperatuur in de meetperiode van -9,6 °C tot 19,1 °C, bij een gemiddelde van 6,7 °C. Bij een luchttemperatuur hoger dan 10 °C kan de werking van de micro-organismen op de stalvloer en de toplaag van de mest (tijdelijk) disproportioneel toenemen (Q10-regel), waardoor bij een variabele temperatuur van gemiddeld 10 °C de werking van de micro-organismen groter kan zijn dan bij een constante temperatuur van 10 °C.

Conclusies

- Het voorliggende onderzoek levert bewijs dat behandeling van de stalvloer met micro-organismen (in dit geval uit Kopros) de samenstelling van de mest in de kelder kan veranderen;
- Veranderingen waren een daling van het gehalte vluchtige vetzuren van 10,0 tot 3,5 g kg⁻¹ (-67%), een daling van het OS-gehalte (-11%), een stijging van de pH van 7,1 tot 7,4 (+5%), en een toename van het gehalte ammoniumstikstof (+5%) en totale stikstof (+3%);
- De afname van het gehalte vluchtige vetzuren bevestigt eerdere praktijkobservaties dat met Kopros behandelde mest minder stinkt;
- Ondanks de combinatie van een hogere pH en een hoger ammoniumgehalte in de behandelde mest, wat deze potentieel gevoeliger maakt voor ammoniakemissie, was de N/P-verhouding van de behandelde mest 2,6% hoger dan de N/P-verhouding van de onbehandelde mest. Dit wijst op een lagere N-vervluchtiging uit de stal als gevolg van behandeling. Een aanzienlijk deel van deze reductie kan uit ammoniak hebben bestaan, en deze reductie wordt geschat op tenminste 30%. Een mogelijke oorzaak voor de lagere emissie is de vorming van een (afsluitende) biofilm op de behandelde stalvloer en/of de mest in de kelder;
- De hogere pH en het hogere ammoniumgehalte van behandelde mest kunnen de ammoniakemissie na het uitrijden van de mest verhogen, maar het uiteindelijke effect zal ook afhankelijk zijn van andere mesteigenschappen, waaronder de snelheid waarmee de (dunnere) behandelde mest in de bodem trekt;
- Verwacht mag worden dat de behandelde mest op korte termijn na uitrijden een hogere stikstofwerking heeft, gezien de combinatie van het hogere ammoniumgehalte en het lagere gehalte aan vluchtige vetzuren;
- De gerapporteerde effecten zijn waarschijnlijk onderschat, omdat in het behandelde staldeel 20-25% van de roostervloer niet was behandeld, en de koeien in dat staldeel oudmelkter waren.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Op basis van dit onderzoek worden de volgende aanbevelingen voor vervolgonderzoek gedaan:

- Hoofdonderzoek:
 - Vaststellen van het effect van behandeling van de stalvloer met Kopros op de NH_3 - en CH_4 -emissie uit de melkveeststal, onder gecontroleerde en representatieve omstandigheden, inclusief het meten van een onbehandelde referentie, en van relevante mesteigenschappen;
- Detailonderzoek:
 - Vaststellen of het tot rust komen van de mest een behandelingseffect heeft op de NH_3 -emissie, en na hoeveel tijd dit effect optreedt;
 - Bij een rusteffect: vaststellen of er een bacteriële biofilm gevormd wordt op de mest en wat de samenstelling van deze film is;
 - Vaststellen of en hoe het microbioom van de mest verandert door behandeling met Kopros.

Dankwoord

De auteur dankt Bram Derikx (Horizon Advies) en Bert Lam (Bert Lam Agroadvies) voor hun acquisitie-inspanningen en meedenken bij het onderzoek; Edgar van Nunen (Novus AgroEcology) voor het meedenken; melkveehouders Teus en Jan van der Wind voor het ter beschikking stellen van hun stal en hun behulpzaamheid; Henk Schilder (Wageningen Livestock Research) voor het uitvoeren van de bemonsteringen; Willeke van Tintelen (CBLB), Iemke Bisschops (LeAF), en Jeroen de Beer (ALNN) voor ondersteuning bij het analyseren van de mestmonsters; Henry Westerink (Berg Agri) voor het aanleveren van gegevens over de gebruikte Vlas-BeddingFX; en Peter Vanhoof (Topmest), Edgar van Nunen, Iemke Bisschops, en Roselinde Goselink (Wageningen Livestock Research) voor hun review van een conceptversie van dit rapport.

Literatuur

- Anonymus (2020) Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen. Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- Cao S, Kim IH (2024) Bacillus probiotics: A novel spraying agent to suppress the noxious gas emission from the pig barn. Korean Journal of Agricultural Science 51:477-483.
- De Boer HC (2008) Co-digestion of animal slurry can increase short-term nitrogen recovery by crops. Journal of Environmental Quality 37:1968-1973.
- De Boer HC (2023a) Niveau en samenstelling van het stikstofverlies uit een melkveestal met roostervloer. Rapport 1437, Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- De Boer HC (2023b) Niveau en samenstelling van het stikstofverlies uit een melkveestal met roostervloer en een koetoilet. Rapport 1448, Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- De Boer HC, Bloem J (2010) Voorspelling van de bemestende waarde (N) van runderdrijfmest. Rapport 359, Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- Dong S, Lokhorst K, Van Dooren HJ (2026) Evaluation of Kopros® as ammonia emissions reduction additive for dairy cow slurry - Results of a pot experiment. Report 1651, Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- Klijberg S, Verhoeven M, Saaltink R (2020) Additieven voor dierlijke mest - Een inventarisatie van additieven voor dierlijke mest en een validatie van de claims over deze producten. HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen, s'-Hertogenbosch.
- Knowlton KF, McKinney JM, Cobb C (2002) Effect of a direct-fed fibrolytic enzyme formulation on nutrient intake, partitioning, and excretion in early and late lactation Holstein cows. Journal of Dairy Science 85:3328-3335.
- Sommer SG, Genermont S, Cellier P, Hutchings NJ, Olesen JE, Morvan T (2003) Processes controlling ammonia emission from livestock slurry in the field. European Journal of Agronomy 19:465-486.
- Sørensen P (2004) Immobilisation, remineralisation and residual effects in subsequent crops of dairy cattle slurry nitrogen compared to mineral fertiliser nitrogen. Plant and Soil 267:285-296.
- Verloop K, Hilhorst GJ (2011) Stikstofwerking van de dunne en dikke fractie van rundveemest in maïsland en grasland - Resultaten 2008, 2009 en 2010. Rapport 396, Plant Research International, Wageningen.
- Verloop K, Hilhorst G, Meerkerk B, De Buissonjé F, Schröder J, De Haan M (2009) Mestscheiding op melkveebedrijven; resultaten van MOBIEDIK, Mobiele Mestscheiding in Dik en Dun. Rapport 284, Plant Research International, Wageningen.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

