
Effect van mestverwerking op verspreiding van pathogenen, resistente bacteriën en antibiotica via mest

P. Hoeksma ¹
K. Veldman ²
F. de Buissonjé ¹

1 Wageningen Livestock Research

2 Wageningen Bioveterinary Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research (WLR) en Wageningen Bioveterinary Research (WBVR) en werd gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit.

Wageningen Livestock Research
Wageningen, mei 2021

Rapport 1312

Samenvatting NL Dit rapport presenteert de resultaten van metingen die zijn uitgevoerd bij verschillende typen mestverwerkingsinstallaties, te weten biologische behandeling, compostering, drogen, indampen, biomembraanfiltratie, omgekeerde osmose en vergisting. Het doel was de effecten in kaart te brengen van deze manieren van mestverwerking op het voorkomen van pathogenen, resistente bacteriën en antibiotica residuen in de processtromen (tussen- en eindproducten) en aan te geven welke mestverwerkingsmethoden een bijdrage kunnen leveren aan beperking van de introductie en verspreiding van pathogenen, resistente bacteriën en antibiotica residuen in het milieu. Van de onderzochte methoden lijken membraanbioreactoren in combinatie met ultrafiltratie en omgekeerde osmose het meeste perspectief te bieden. Omgekeerde osmose is tevens een effectieve techniek voor verwijdering van antibiotica uit vloeibare mest en het verkrijgen van een antibioticavrij effluent dat op oppervlaktewater geloosd kan worden.

Summary UK This report presents the results of measurements carried out at different types of manure processing plants, namely biological treatment, composting, drying, evaporation, membrane bioreactors, reverse osmosis and anaerobic digestion. The aim was to map the effects of these methods of manure processing on the prevention of pathogens, resistant bacteria and antibiotic residues in the process flows (intermediate and final products) and to indicate which manure processing techniques can contribute to limiting the introduction and spread of pathogens, resistant bacteria and antibiotic residues in the environment. Of the methods studied, membrane bioreactors in combination with ultrafiltration and reverse osmosis seem to offer the most perspective. Reverse osmosis is also an effective technique for removing antibiotics from liquid manure and obtaining an antibiotic-free effluent that can be discharged onto surface water.

Dit rapport is gratis te downloaden van <http://dx.doi.org/10.18174/545864> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



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

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2021

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

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

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

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

Inhoud

Samenvatting	5	
1	Achtergrond	7
2	Materiaal en methoden	9
2.1	Onderzochte mestverwerkingsinstallaties (MVI's)	9
2.1.2	Compostering	10
2.1.3	Drogen	11
2.1.4	Indampen	12
2.1.5	Biologische behandeling en OO	12
2.1.6	Membraanbioreactor met ultrafiltratie	13
2.1.7	Omgekeerde osmose	13
2.1.8	Vergisting	14
2.2	Metingen	14
3	Resultaten en discussie	16
3.1	Micro-organismen	16
3.2	Antibiotica	20
Literatuur		24
Bijlage 1		25
Bijlage 2		26

Samenvatting

Het doel van dit project was de effecten in kaart te brengen van verschillende manieren van mestverwerking op het totaal aantal bacteriën in de mest en op het voorkomen van pathogene bacteriën, resistente bacteriën en antibiotica residuen in de processtromen (tussen- en eindproducten). Hiermee werd beoogd aan te kunnen geven welke mestverwerkingstechnieken een bijdrage kunnen leveren aan het beperken van de verspreiding van pathogenen, resistente bacteriën en antibiotica residuen in het milieu.

De metingen werden uitgevoerd aan de volgende typen mestverwerkingsinstallaties, mestsoorten en processtromen:

Techniek	Mestsoort	Processtromen				
Biologische voorzuivering	Kalvergier	Ruwe mest	Slib	Effluent		
Compostering	Rundveemest	Dikke fractie	Gecomposteerde mest			
	Varkensmest	Dikke fractie	Gecomposteerde mest			
Drogen	Varkensmest	Dikke fractie	Gedroogde mest			
	Pluimveemest	Voorgedroogde mest	Gedroogde mest			
Indampen	Varkensmest	Invoer indamper	Spuiwater			
Biologische behandeling + OO*	Varkensmest	Ruwe mest	Invoer biologie	Concentraat OO	Permeaat OO	
Membraanbioreactor + UF**	Varkensmest	Ruwe mest	Dikke fractie	Invoer MBR***	Afvoer UF	
Omgekeerde osmose	Varkensmest	Ruwe mest	Dikke fractie	Invoer OO	Concentraat OO	Permeaat OO
Vergisting	Varkensmest	Ruwe mest	Vergiste mest			
	Rundveemest	Ruwe mest	Vergiste mest			

* OO = omgekeerde osmose

** UF = ultrafiltratie

*** MBR = membraanbioreactor

De metingen omvatten de in mest voorkomende bacteriën *E. coli*, antibioticaresistente ESBL- *E. coli*, Salmonella, Campylobacter en het totaal kiemgetal. Daarnaast werden 11 antibiotica, behorend tot de groepen tetracyclines, sulfonamiden, chinolonen, macroliden, lincosamides, fenicolen en trimethoprim en die normaal in dierlijke mest kunnen worden aangetroffen, gemeten.

De meetresultaten laten zien dat de concentraties van bacteriën (het totaal kiemgetal) verschillen per mestsoort. De hoogste concentraties zijn gemeten in pluimveemest en kalvergier en lagere concentraties in varkens- en rundveemest. De hoogste gehalten aan antibiotica zijn gemeten in kalvergier en varkensmest. Dit was te verwachten gezien de mate van gebruik van middelen in de verschillende diersectoren en de persistentie van de stoffen.

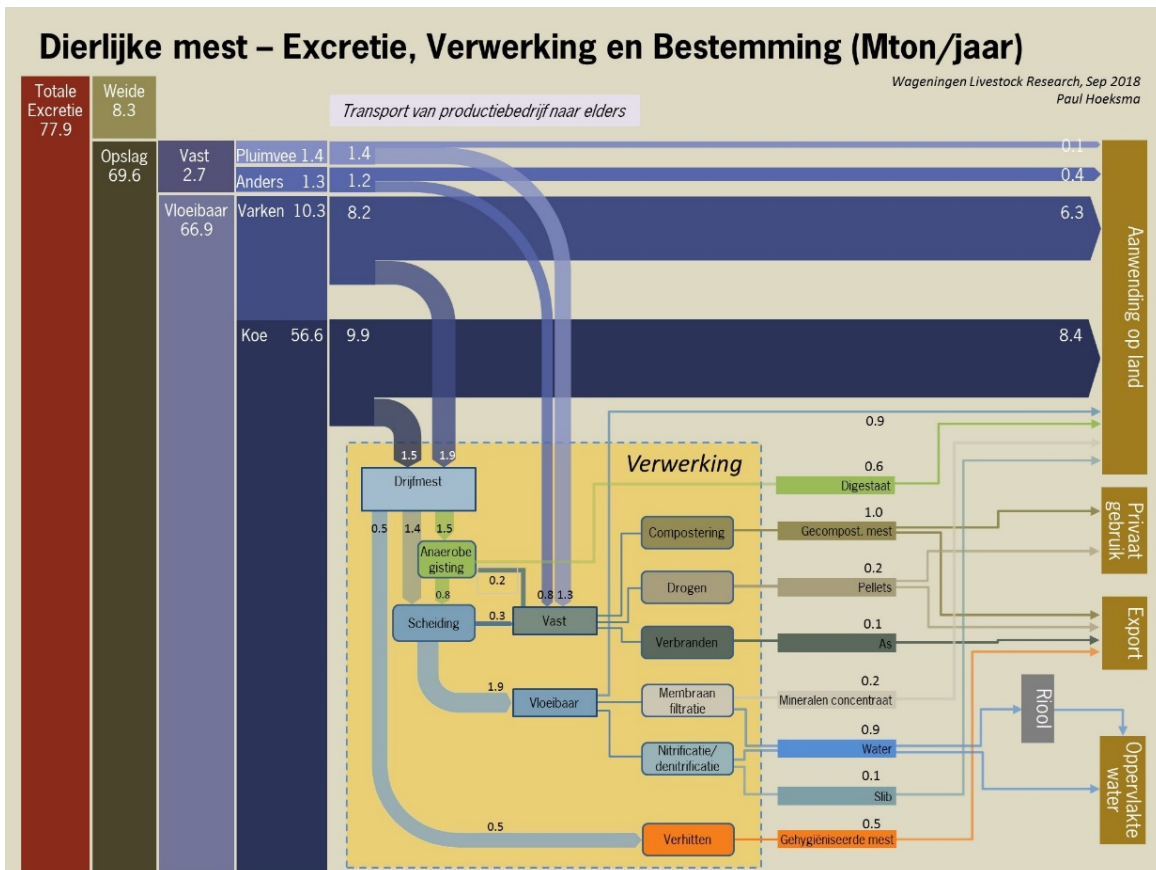
De kwantitatieve bepalingen van de micro-organismen hebben geresulteerd in een aantal meetwaarden onder de aantoonbaarheidsgrens als gevolg van de relatieve ongevoeligheid van de in dit onderzoek toegepaste analysemethode. Een duidelijk beeld van het effect van mestverwerking op *E. coli* en ESBL-*E. coli* kon daardoor niet worden gekregen. Echter, op basis van het totaal kiemgetal en de aan- of afwezigheid van pathogene bacteriën kan het effect van de behandelmethoden onderling worden vergeleken.

Het aantal waarnemingen in dit onderzoek was te beperkt om harde conclusies te kunnen trekken. Toch hebben de metingen waardevolle indicaties opgeleverd over welke mestverwerkingstechnieken een bijdrage kunnen leveren aan het beperken van introductie en verspreiding van pathogenen en resistente bacteriën in het milieu via dierlijke mest. De resultaten wijzen erop dat membraanbioreactoren in combinatie met ultrafiltratie en omgekeerde osmose een sterk reducerend effect op micro-organismen hebben, d.w.z. in de effluenten van deze technieken worden geen micro-organismen meer aangetroffen. Uit eerdere studies is evenwel gebleken dat in de tussenproducten, zoals dikke fractie, effluent MBR en OO-concentraat, wel micro-organismen aanwezig kunnen zijn. Verhitting, tot temperatuur waarbij pasteurisatie plaatsvindt, van deze producten voordat ze als meststoffen worden toegepast kan verspreiding van pathogenen en resistentie in het milieu voorkomen.

Scheiding, mechanisch of d.m.v. bezinking, is een effectieve methode om antibiotica uit vloeibare mest te verwijderen. Omdat veel antibiotica aan vaste deeltjes adsorberen komen ze na scheiding van de mest grotendeels in de dikke fractie of het slib terecht. Dunne fracties en effluenten tonen aanzienlijk lagere gehalten aan antibiotica dan slib en dikke fracties. Het beperkte aantal meetgegevens lijkt erop te wijzen dat tijdens compostering van dikke fracties van rundvee- en varkensmest afbraak van antibiotica kan plaatsvinden, evenals tijdens verwerkingsprocessen met biologische behandeling en omgekeerde osmose. Omgekeerde osmose zorgt voor volledige verwijdering van stoffen uit de dunne fractie van varkensmest en resulteert in een antibioticavrij effluent.

1 Achtergrond

In Nederland worden grote hoeveelheden mest, al dan niet verwerkt, op het land uitgereden. Sinds 2014 zijn veeteeltbedrijven met een mestoverschot verplicht om een deel van het mestoverschot te verwerken. De verplichte mestverwerking heeft geresulteerd in een toename van de mestverwerkingscapaciteit en initiatieven voor nieuwe mestverwerkingsinstallaties. Drijfmest van koeien, varkens en kalveren en vaste mest van pluimvee bevat bacteriën die mogelijk resistent zijn tegen antibiotica en ook antibioticum residuen (Schmitt et al., 2019). Het gevolg daarvan op de ecologie van bodem en oppervlakte water is onbekend. Wel is bekend dat bodem en water reservoirs zijn voor resistente bacteriën, zoals Extended Spectrum Beta-Lactamase (ESBL) producerende bacteriën. In dit project wordt onderzocht in hoeverre de verschillende manieren van mestverwerking bacteriën en residuen van antibiotica in de mest kunnen verminderen. In strikte zin wordt er onderscheid gemaakt tussen mest 'bewerken' en 'verwerken': mest kan op vele manieren bewerkt worden (zoals scheiden, vergisten, indampen, etc.) maar alleen wanneer mest of mestproducten worden geëxporteerd naar een andere EU-lidstaat is er sprake van 'mestverwerking'. In 2018 is door WLR is in kaart gebracht hoeveel mest in Nederland door verschillende diersoorten werd geproduceerd en op welke wijze dit werd verwerkt. De totale hoeveelheid geproduceerde mest bedroeg in dat jaar bijna 78 miljoen ton (in 2019 was dit 74,6 Mton). Varkens- en rundveemest worden grotendeels onbewerkt op het land gebracht als meststof. Drijfmest van kalveren, varkens en rundvee wordt deels bewerkt, waarbij de vloeibare en vaste fase worden gescheiden. Het volgende schema geeft een overzicht van de hoeveelheden dierlijke mest die in Nederland in 2018 werden geproduceerd en bewerkt. Het aandeel bewerkte mest in 2018 bedroeg ca. 5,5 Mton ofwel ca. 7 % van de totale mestproductie.



Mest bevat fecaal uitgescheiden pathogenen (zoals Salmonella) en resistente bacteriën (waaronder ESBL's) en restanten van toegediende antibiotica. Met uitzondering van thermofiele vergisting en verbranding is niet duidelijk in hoeverre mestverwerking leidt tot reductie van pathogenen, antibioticaresistentie en antibiotica residuen in de eindproducten. In 2020 is in het kader van een Global One Health project door WUR een meststromenmodel ontwikkeld waarin beschikbare informatie over het voorkomen en het lot van antibiotica in de mestketen is opgenomen en waarmee concentraties in onbewerkte mest en eindproducten van mestverwerking berekend kunnen worden (Hoeksma et al., 2020).

Probleemstelling

Gezien de grootte van het reservoir 'mest' als potentiële bron van introductie en verspreiding in het milieu van pathogenen, resistente bacteriën en antibiotica residuen is het voor het beleid van belang om de effecten van de verschillende manieren van mestverwerking op het voorkomen van deze pathogenen, resistente bacteriën en antibiotica residuen in kaart te brengen.

Doelstelling

De doelstelling van het project is een kwantitatieve analyse te geven van de effecten van de verschillende manieren van mestverwerking op het voorkomen van pathogenen, resistente bacteriën en antibiotica residuen in de tussen- en eindproducten.

2 Materiaal en methoden

2.1 Onderzochte mestverwerkingsinstallaties (MVI's)

Tabel 1 geeft een overzicht van de betrokken verwerkingstechnieken, de diersectoren en de te bemonsteren processtromen. Bij de bemonstering werd per processtroom een monster van ca. 1 l genomen via een daarvoor bestemde aftapkraan met uitzondering van ruwe mest, dikke fractie en vergiste mest. Dit materiaal werd bemonsterd vanuit een opslagsilo of -tank; het vaste materiaal (dikke fractie) uit een verse hoop. De monsters werden genomen in de periode oktober 2019 – maart 2020.

Tabel 1 Onderzochte mestverwerkingstechnieken, de betreffende mestsoorten en de bemonsterde processtromen.

Techniek	Mestsoort	Processtromen				
Biologische voorzuivering	Kalvergier	Ruwe mest	Slib	Effluent		
Compostering	Rundveemest	Dikke fractie	Gecomposteerde mest			
	Varkensmest	Dikke fractie	Gecomposteerde mest			
Drogen	Varkensmest	Dikke fractie	Gedroogde mest			
	Pluimveemest	Voorgedroogde mest	Gedroogde mest			
Indampen	Varkensmest	Invoer indamper	Spuiwater			
Biologische behandeling + OO*	Varkensmest	Ruwe mest	Invoer biologie	Concentraat OO	Permeaat OO	
Membraanbioreactor + UF**	Varkensmest	Ruwe mest	Dikke fractie	Invoer MBR***	Afvoer UF	
Omgekeerde osmose	Varkensmest	Ruwe mest	Dikke fractie	Invoer OO	Concentraat OO	Permeaat OO
Vergisting	Varkensmest	Ruwe mest	Vergiste mest			
	Rundveemest	Ruwe mest	Vergiste mest			

* OO = omgekeerde osmose

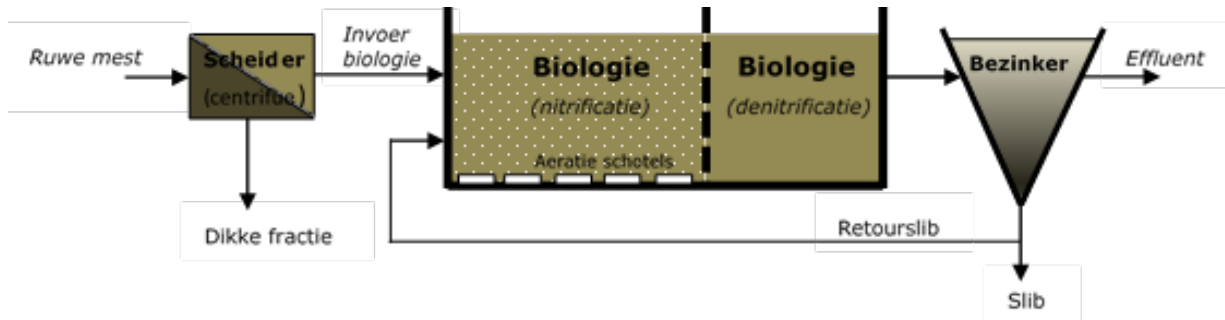
** UF = ultrafiltratie

*** MBR = membraanbioreactor

2.1.1 Biologische voorzuivering

De beschrijving van biologische voorzuivering is afgeleid van Hoeksma et al. (2021). In de kalvergierbehandelingsinstallatie (KGBI) werd de dunne fractie, na mechanische scheiding, biologisch behandeld met de processen nitrificatie en denitrificatie. Door middel van een decanteercentrifuge werden de grove vaste delen afgescheiden. De dunne fractie werd in een bioreactor belucht waarbij in aerob milieu organische stof microbiologisch wordt afgebroken en ammoniakale stikstof omgezet in nitraat. Vervolgens vond in een tweede reactor (zonder beluchting) onder anaerobe omstandigheden denitrificatie plaats waarbij nitraat wordt omgezet in stikstofgas. Op deze wijze werd een groot deel van het organisch materiaal en de ammoniakale stikstof uit de

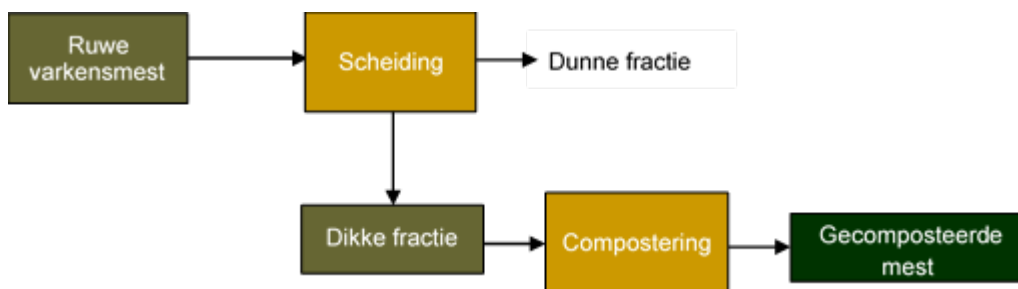
kalvergiervrij verwijderd. Na biologische behandeling werd de dunne fractie overgepompt naar een bezinktank waar slibafdeling plaatsvond. Het effluent werd op het vuilwaterriool geloosd en afgevoerd naar een RWZI voor verdere zuivering. In de beschouwde behandelingsinstallatie is dus sprake van voorzuivering. De belangrijkste procesonderdelen van deze installatie zijn schematisch weergegeven in Figuur 2.1.



Figuur 2.1 Schematische weergave van het proces van biologische voorzuivering.

2.1.2 Compostering

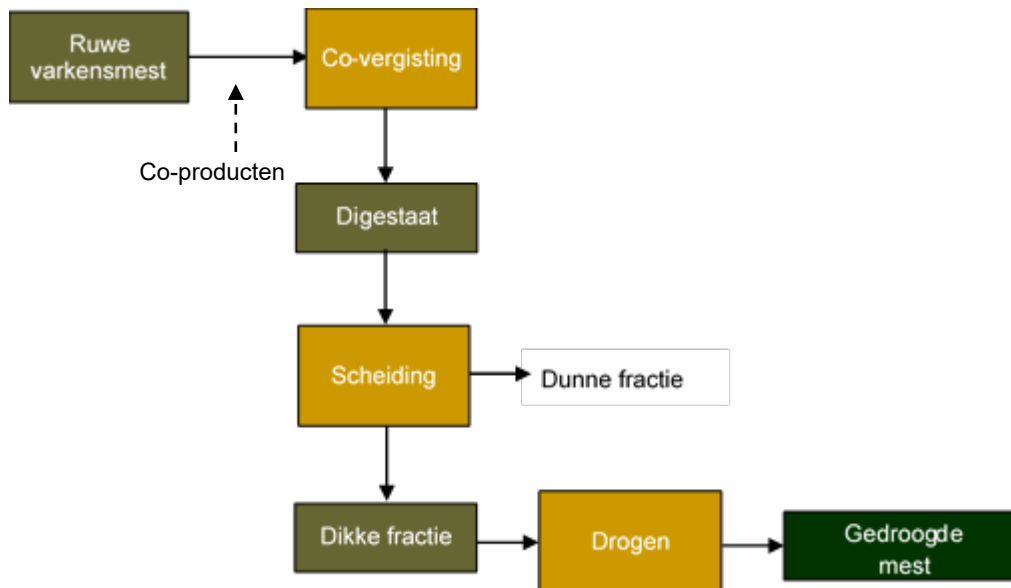
Compostering van dikke fractie van rundveemest vond plaats in een horizontale roterende composteertrommel. Deze had een inhoud van ca. 38 m³ bij een lengte van 12 m en een diameter van 2 m. De rotatiesnelheid bedroeg 0,8 omwentelingen per minuut. De composteertrommel werd semi-continu gevoed, waarbij elk uur vers materiaal werd ingevoerd. De verblijftijd van het materiaal in de trommel bedroeg ongeveer 2 dagen. De procestemperatuur varieerde tussen 60 tot 70 °C. Compostering van dikke fractie varkensmest vond plaats in een verticale composteersilo met een capaciteit van 90 m³ (h=6 m, Ø=5). De installatie werd dagelijks gevoed met batches van 9 ton vers materiaal. De verblijftijd bedroeg 10 dagen en de procestemperatuur 60-70 °C. Figuur 2.2 toont het processchema van compostering van de dikke fractie van varkensmest na mechanische scheiding.



Figuur 2.2 Schematische weergave van het proces van scheiding en compostering.

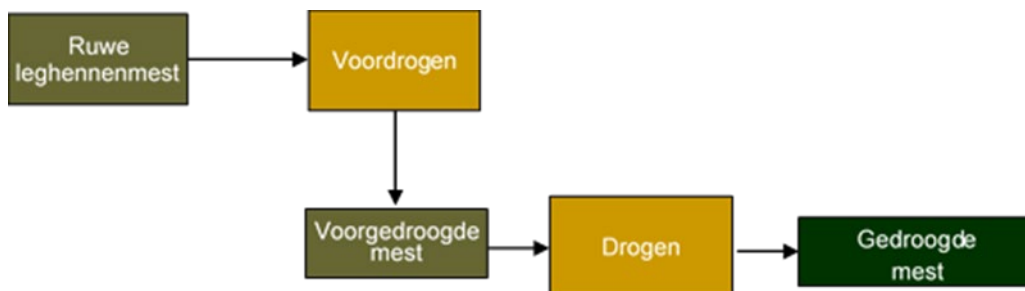
2.1.3 Drogen

Ruwe varkensmest werd samen met co-producten vergist waarna het digestaat mechanisch werd gescheiden in een dikke en dunne fractie. De dikke fractie werd vervolgens gedroogd door middel van een banddroger, bestaande uit een aantal boven elkaar geplaatste geperforeerde banden. Er werd gebruik gemaakt van restwarmte van een warmtekracht-installatie die werd gevoed met biogas uit mestvergisting. Warme lucht werd onder hoge druk in verticale richting door de mest op de geperforeerde banden geperst, resulterend in een eindproduct met 90-95% droge stof. Figuur 2.3 toont het processchema van achtereenvolgens vergisten, scheiden en drogen van dikke fractie.



Figuur 2.3 Schematische weergave van het proces van drogen van dikke fractie varkensmest na co-vergisting.

Pluimveemest, bestaande uit leghennenmest (opfokhennen), werd in de stal voorgedroogd tot een product van 40-50% droge stof. De voorgedroogde mest werd verder gedroogd middels een banddroger waarbij gebruik werd gemaakt van warme stallucht die onder hoge druk door de mest op de geperforeerde banden werd gestuurd, resulterend in een eindproduct met 85-90% droge stof. Figuur 2.4 toont het processchema van voordrogen en drogen van pluimveemest.

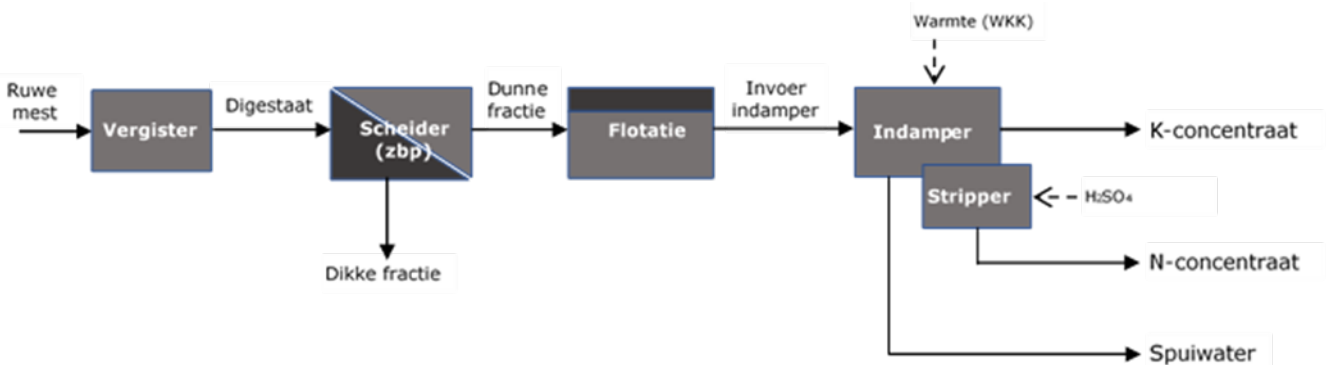


Figuur 2.4 Schematische weergave van het proces van drogen van voorgedroogde pluimveemest.

2.1.4 Indampen

De beschrijving van indampen is afgeleid van Hoeksma et al. (2021).

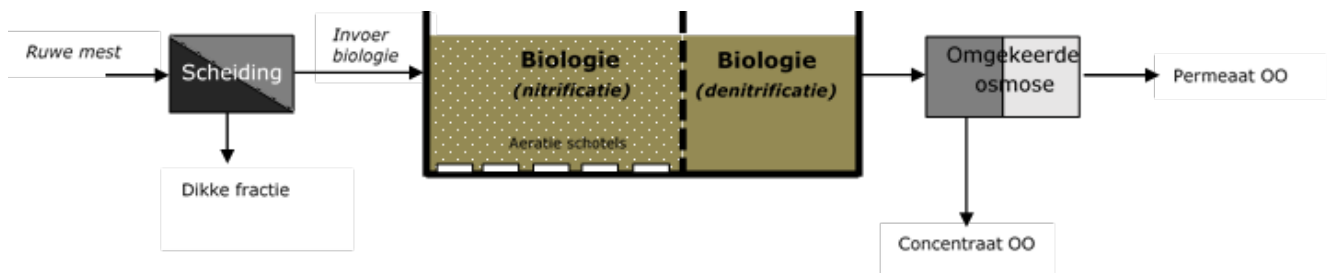
In de beschouwde installatie werd indampen toegepast voor het indikken van een dunne mestfractie. Deze ontstond na mechanische scheiding van digestaat (uit co-vergisting van varkensmest en bijproducten) d.m.v. een zeefbandpers gevolgd door flotatie. Er werd gebruik gemaakt van een vacuumindamper met damprecompressie, waarbij de benodigde energie werd verkregen uit warmte die vrijkomt bij omzetting van biogas in elektriciteit (warmtekrachtkoppeling). Bij deze vorm van indamping wordt in meerdere trappen gewerkt. De damp van de eerste trap wordt gebruikt als warmtebron voor de tweede trap enzovoort. Door afkoeling van de waterdamp ontstaat een condensaat dat vluchtige verbindingen bevat, met name ammoniak. Ammoniak werd uit het condensaat gestript door middel van een geïntegreerde stripper, onder toevoeging van zwavelzuur met als product ammoniumsulfaat. De ingedampte reststroom, het K-concentraat, bestond uit een vloeibaar product met een hoog gehalte aan kalium. Uit het indamp- en stripproces ontstond, naast een K-concentraat en een N-concentraat, spuiwater dat in een omgekeerde osmose installatie en een ionenwisselaar werd gezuiverd alvorens het werd geloosd op het oppervlaktewater. Figuur 2.5 toont het processchema van het mestverwerkingsysteem met indamping.



Figuur 2.5 Schematische weergave van het mestverwerkingsproces met indamping.

2.1.5 Biologische behandeling en OO

De biologische behandeling bestond uit een biologisch actief slib systeem, vergelijkbaar met de voorzuivering van kalvergiel met de processen nitrificatie en denitrificatie. Het effluent van deze behandeling werd gefilterd door middel van omgekeerde osmose (OO). Een OO-membraan is uiterst fijnmazig met een poriegrootte van maximaal 1 nm. Mestverwerking met als laatste stap OO levert een op oppervlaktewater losbaar permeaat op, mits de OO-unit op de juiste wijze is geconstrueerd en toegepast met zorgvuldige voorbehandeling van de ingaande mestvloeistof en reiniging van de membranen. Figuur 2.6 toont het processchema van mestverwerking met biologische behandeling en omgekeerde osmose van het effluent.

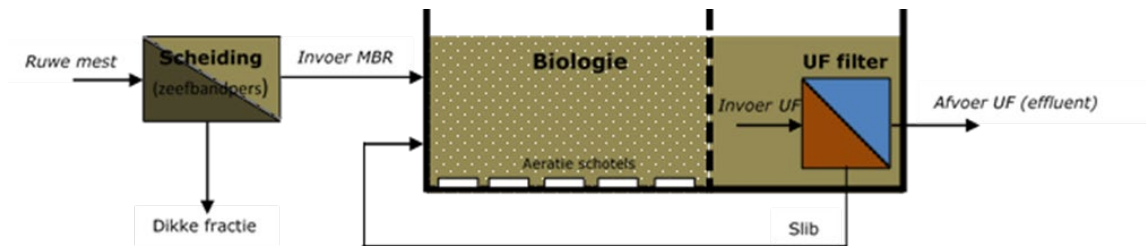


Figuur 2.6 Schematische weergave van het mestverwerkingsproces met biologische behandeling en omgekeerde osmose.

2.1.6 Membraanbioreactor met ultrafiltratie

De beschrijving van de membraanbioreactor met ultrafiltratie is afgeleid van Hoeksma et al. (2021). De membraanbioreactor bestond uit een koppeling van een biologisch actief slib systeem met ultrafiltratie. Een membraanbioreactor in combinatie met ultrafiltratie (MBR-UF) wordt bij slechts enkele mestverwerkingsinstallaties in Nederland toegepast. Een UF-membraan (max. 0,1 μm) is minder fijnmazig dan een OO-membraan (max. 1 nm). Een MBR-UF zou, eventueel in combinatie met aanvullende zuiveringstechnieken, net als bij OO een op oppervlaktewater loosbaar effluent op kunnen leveren.

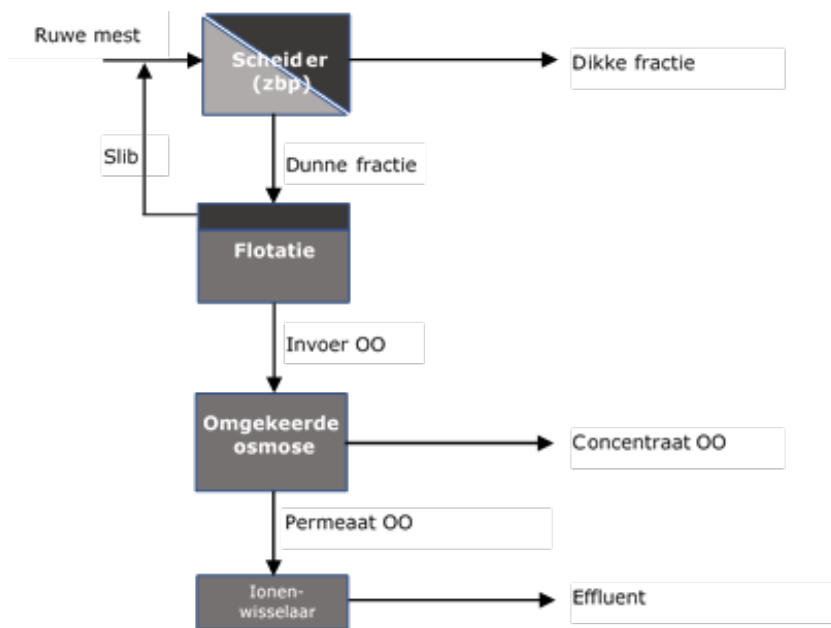
De installatie waaraan de metingen zijn gedaan was voorzien van een *submerged* UF filter, zoals schematisch weergegeven in Figuur 2.7.



Figuur 2.7 Schematische weergave van het mestverwerkingsproces met MBR-UF.

2.1.7 Omgekeerde osmose

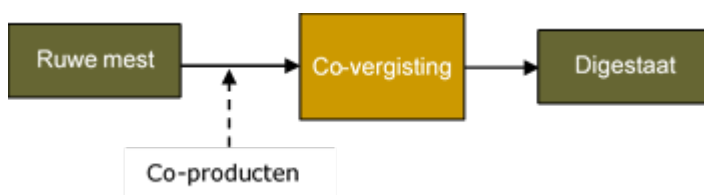
De beschrijving van omgekeerde osmose is afgeleid van Hoeksma et al. (2021). Omgekeerde osmose (OO) wordt toegepast om dunne mestfracties te zuiveren tot loosbaar water en een geconcentreerde zoutoplossing, het z.g. mineralenconcentraat. Bij de installatie waaraan de metingen zijn gedaan werd gebruik gemaakt van een meertraps OO-systeem en een nageschakelde ionenwisselaar (IW). De nabehandeling van het OO-permeaat met IW was nodig om lozing op oppervlaktewater mogelijk te maken. Het behandlingsproces begon met mechanische scheiding van de ruwe mest in een vaste en een vloeibare dunne fractie waarbij gebruik werd gemaakt van een zeefbandpers (zbp). Door middel van *dissolved air flotation* (DAF) werden vaste organische en anorganische delen uit de dunne mestfractie verwijderd om vervuiling en beschadiging van de OO-membranen te voorkomen. Om de kans op vervuiling en beschadiging van de membranen verder te verkleinen waren vóór de OO-unit twee papierfilters (40 μm) geplaatst. Figuur 2.8 toont het processchema van de verwerkingsinstallatie met omgekeerde osmose.



Figuur 2.8 Schematische weergave van het mestverwerkingsproces met omgekeerde osmose.

2.1.8 Vergisting

Vergisting vond plaats in een volledig gemengde reactor bij temperatuur variërend tussen 37 en 40° C. De gemiddelde verblijftijd bedroeg 20-25 dagen. De voeding van de vergisters bestond naast varkens- en rundveemest uit co-producten, waaronder energiemais en reststoffen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie, alle voorkomend op de positieve lijst van co-producten, zoals neergelegd in Bijlage Aa., behorende bij artikel 4 van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Figuur 2.9 toont het processchema van vergisting van varkens- en rundveemest.



Figuur 2.9 Processchema van vergisting van varkens- en rundveemest.

2.2 Metingen

Monstername

De vloeibare processtromen werden bemonsterd via aftapkranen in de leidingen van de installaties. Dikke fracties werden bemonsterd direct na de scheiding waarbij 1 l materiaal werd verzameld vanaf de transportband. De monsters werden in een koelcel bij 4° C bewaard, de volgende dag gekoeld naar het laboratorium overgebracht waar de monsters dezelfde dag in onderzoek werden genomen.

