

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 498

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij:
biofiltratie van ventilatielucht uit een
mestdroogsysteem bij een leghennenstal

April 2012 (herziene versie mei 2015)



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie in het kader van het 'Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij' (Ogink en Aarnink, 2008).

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2012

Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR 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 UR Livestock Research en Central
Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting
Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen
met het Departement Dierwetenschappen van
Wageningen University de Animal Sciences Group
van Wageningen UR (University & Research
centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV
onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze
onderzoeksopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

In this study the emission reduction of
ammonia, odour and fine dust (PM10) was
determined for a biofilter treating exhaust air
from a poultry manure drying installation.

Keywords

Biofilter, biobed, fine dust, ammonia, odour,
poultry

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

R.W. Melse
J.M.G. Hol

Titel

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij:
biofiltratie van ventilatielucht uit een
mestdroogsysteem bij een leghennenstal

Rapport 498

Samenvatting

In dit onderzoek is de emissiereductie van
ammoniak, geur en fijnstof (PM10) vastgesteld
voor een biofilter dat achter een drooginstallatie
voor pluimveemest was geplaatst.

Trefwoorden

Biofilter, biobed, fijnstof, fijn stof, ammoniak,
geur, pluimvee

Rapport 498

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij:
biofiltratie van ventilatielucht uit een
mestdroogstelsel bij een leghennenstal

Measures to reduce fine dust emission from
poultry houses: biofiltration of exhaust air of a
manure drying system at a barn for laying
hens

R.W. Melse
J.M.G. Hol

April 2012 (herziene versie mei 2015)

Voorwoord

In dit onderzoek is de effectiviteit van de emissiereductie van een biofilter gevalideerd op een leghennenbedrijf in de praktijk. De metingen hebben betrekking op fijnstof, ammoniak, geur en broeikasgassen. De metingen kunnen een basis bieden voor emissiecijfers voor regelgeving en vergunningverlening wanneer een biofilter wordt toegepast.

Onze dank gaat enerzijds uit naar de betrokken pluimveehouder voor zijn deelname in het onderzoek en het beschikbaar stellen van de meetlocatie. De inzet van alle betrokken is zeer gewaardeerd.

Dr.ir. N.W.M. Ogink

Coördinator programma 'Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij'
Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijnstof (PM10) uit een aantal bronnen terugdringen, waaronder uit de veehouderij. Door toepassing van biofilters voor de behandeling van ventilatielucht van stallen zou deze emissie kunnen worden teruggebracht. Daarnaast zouden deze biofilters de emissie van ammoniak (NH_3) en geur kunnen verlagen. Tenslotte heeft de biologische behandeling van ammoniakhoudende lucht meestal tot gevolg dat enige productie van lachgas (N_2O) optreedt; in het algemeen zal geen methaan (CH_4) worden geproduceerd.

In dit kader is in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie onderzoek een vijftal metingen volgens hiervoor geëigende meetprotocollen uitgevoerd aan een biofilter dat achter een drooginstallatie voor pluimveemest was geschakeld. Toepassing van een drooginstallatie heeft op zichzelf ook reeds een emissiereductie van fijnstof en ammoniak tot gevolg. Het betrof een biofilter met een oppervlak van 68 m^2 en een pakketdikte van 60 cm (kruislings gestapelde planken: 35 cm hoog ; houtsnippers: 25 cm hoog) dat bevochtigd werd met een sproeisysteem. De gemiddelde luchtbelasting van het biofilter bedroeg $657 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ biofilteroppervlak per uur ($n=4$; $\text{sd}=187$). De metingen zijn uitgevoerd in een periode van een half jaar; voordat de metingen werden gestart was het biofilter reeds een jaar in gebruik.

De gemiddelde ammoniakverwijdering van het biofilter bedroeg 47% ($n=5$; $\text{sd}=62$) maar week niet significant af van nul ($p>0,08$). Dit gemiddelde en de waargenomen spreiding werd gedomineerd door de laatste meting waarin een sterk negatief rendement werd gevonden; het bleek dat meteen voorafgaand aan deze meting de bevochtiging van het biofilter gedurende een week was uitgeschakeld. Hierdoor waren droge plekken, kortsluitstromingen en mogelijk lokale ophopingen van stikstofverbindingen in het bed ontstaan. Wanneer deze meting buiten beschouwing wordt gelaten komt de gemiddelde ammoniakverwijdering uit op 74% ($n=4$; $\text{sd}=17$). De gemiddelde geurverwijdering bedroeg 62% ($n=5$; $\text{sd}=19$) en de gemiddelde PM10-verwijdering bedroeg $> 73\%$ ($n=5$). De PM2.5-verwijdering kon niet worden bepaald als gevolg van de zeer lage ingaande concentraties. De lachgasconcentratie verdubbelde en methaanconcentratie bleef gelijk.

Uit de metingen kan worden geconcludeerd dat een biofilter hoge ammoniak-, geur- en fijnstofrendementen kan behalen. Het is daarbij echter wel van belang dat bevochtiging van het biofilter goed in de gaten wordt gehouden. Voor een goede en betrouwbare werking van het biofilter dient er enerzijds sprake te zijn van een goede verdeling van het water over het gehele biofilteroppervlak (egale bevochtiging zodat te droge of te natte plekken worden voorkomen). Anderzijds dient de hoeveelheid water die op het biofilter wordt gebracht dusdanig te zijn dat een optimale vochtigheid van het bed wordt bereikt.

Het wordt daarom noodzakelijk geacht dat door de gebruiker (veehouder) minimaal wekelijks wordt bepaald of het bevochtigingssysteem goed werkt en het vochtgehalte van het pakket goed is; indien nodig moet het bevochtigingsprogramma vervolgens worden bijgesteld. Daarnaast dient het percolaatwater van het biofilter opgevangen te worden in een tank; hierdoor wordt ongecontroleerde lozing voorkomen en wordt tevens duidelijk of er te veel of te weinig water op het biofilter wordt gedoseerd.

Summary

In order to meet the European demands for maximum particulate matter levels in outside air measures need to be taken to reduce the PM₁₀ emission from intensive livestock farming. Application of biofiltration as a technique for treatment of exhaust air from animal houses could possibly reduce this emission. Furthermore, ammonia (NH₃) and odour emissions might be reduced. Biological treatment of ammonia containing air usually results in the generation of some nitrous oxide (N₂O); usually no methane (CH₄) is generated.

Wageningen UR Livestock Research (WUR-LR) has been asked by the Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovations (EL&I) to monitor the performance of a biofilter that had been installed for treatment of exhaust air from a manure drying installation at a barn with laying hens. Application of a manure drying installation of this type already results in an emission reduction of both ammonia and PM₁₀.

The biofilter had a surface area of 68 m² and a bed with a 60 cm thickness (crosswise piled timber: 35 cm height; woodchips: 25 cm height) and was intermittently humidified by a sprinkler system. The average air loading rate was of the biofilter was 657 m³.m⁻² biofilter surface area per hour (n=4; sd=187). The measurements were carried out during a 6-month period; the biofilter had been in operation for a year prior to the measurements.

The average ammonia removal of the biofilter was 47% (n=5; sd=62) and did not significantly differ from zero (p>0.08). The average removal and observed variation was dominated by the last measurement where a strong negative efficiency was found. It was discovered that prior to this measurement the humidification system had been turned off for a week. This resulted in dry areas, shortcircuiting and possibly local accumulations of nitrogen compounds. If this measurement is ignored the average ammonia removal is 74% (n=4; sd=17). The average odour removal was 62% (n=5; sd=19); the average PM₁₀ removal was > 73% (n=5). The PM_{2.5}-removal efficiency could not be determined due to the very low inlet concentrations. The nitrous oxide concentration was nearly doubled and the methane concentration was not changed.

From the measurements it follows that a biofilter can achieve high ammonia, odour and PM₁₀ removal efficiencies. However, it is important that the humidification of the bed is properly controlled and monitored. For a stable performance it is important that the bed surface area is homogeneously humidified in order to prevent relative wet and dry areas. Furthermore, the amount of water needs to be set to a level that an optimal humidity of the bed is achieved.

It is considered necessary that the end-user of the biofilter (the farmer) does a weekly checks on the performance of the humidification system and makes adjustments if necessary. Furthermore, the percolate water of the biofilter needs to be collected in a vessel; in this way uncontrolled discharge into surface waters is prevented and also an indication is given if the amount of water that is being sprayed on the biofilter surface has been set correctly.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methoden	3
2.1	Beschrijving van mestdrooginstallatie en het biofilter	3
2.2	Rendementsmetingen biofilter	4
2.3	Overige metingen	5
3	Resultaten en discussie	7
3.1	Ventilatie-debiet en drukval	7
3.2	Rendementsmetingen ammoniak, geur en fijnstof	8
3.3	Metingen van broeikasgassen, temperatuur en relatieve vochtigheid	9
3.4	Analyses houtsnippers en spuiwater	10
4	Conclusies en aanbevelingen.....	12
	Literatuur	13
	Bijlage(n)	14

1 Inleiding

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijnstof (PM₁₀) uit een aantal bronnen terugdringen. In dit kader is in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie een plan van aanpak uitgewerkt voor het praktijkklaar maken en testen van beschikbare bedrijfsoplossingen om de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij te reduceren (Ogink en Aarnink, 2008).

Een van de mogelijkheden om de stofemissie uit mechanisch geventileerde stallen terug te dringen is de inzet van biofiltratie (Arends et al., 2008). Een biofilter (ook wel genoemd 'biobed') is een bak gevuld met een poreus organisch pakkingsmateriaal (bijv. compost, houtsnippers, boomschors, turf, kokosvezels) waar de ventilatielucht van de stal doorheen wordt geleid. In en op het pakkingsmateriaal vindt microbiële afbraak plaats van de verbindingen die zich in de stallucht bevinden. Het pakkingsmateriaal dient regelmatig te worden bevochtigd om de biologische activiteit op gang te houden. Om te voorkomen dat het opbrengen van water een hoge drukval en het optreden van kortsluitstromen tot gevolg heeft, dient het biofilter een voldoende open structuur te hebben (Melse en Willers, 2004). Biofilters kunnen zeer effectief zijn in geurverwijdering en worden daarom in meerdere industriële sectoren toegepast.

Voor toepassing voor de behandeling van stallucht zijn biofilters vanaf eind jaren tachtig van de vorige eeuw beproefd als ammoniak- en geurreducerende techniek (Scholtens et al., 1988; Asseldonk en Voermans, 1989; Eggels en Scholtens, 1989; Van de Sande-Schellekens en Backus, 1993; Demmers en Uenk, 1996; Uenk et al., 1993). Uit deze onderzoeken bleek dat het erg moeilijk is om de vochtigheid in het biofilter voldoende hoog te houden en een gelijkmatige verdeling van het vocht in het gehele biofilterbed te bereiken. Wanneer de lucht niet wordt voorbevochtigd droogt het biofilter uit wat tot gevolg heeft dat het transport van ammoniak van de lucht- naar de waterfase slecht verloopt en het verwijderingsrendement afneemt. Het probleem van rechtstreekse bevochtiging van het biofilter is dat het erg moeilijk is om een gelijkmatige verdeling van het vocht te bereiken en zo droge en natte plekken in het biofilterbed te voorkomen. Bovendien geeft het invangen van stof in het biofiltermateriaal soms problemen. Het invangen van stof kan tot gevolg hebben dat het bed (deels) verstopt raakt waardoor de drukval over het bed oploopt (hoog energieverbruik) en er kortsluitstromen ontstaan. Als gevolg van kortsluitstromen neemt het effectieve uitwisselingsoppervlak af en als gevolg daarvan mogelijk ook het verwijderingsrendement.

In een biofilter vinden grosso modo dezelfde processen plaats als in een biologische wasser: evenals in de biologische wasser wordt ammoniak in het biofilter omgezet tot nitriet en nitraat. In het algemeen wordt aangenomen dat de gevormde afbraakproducten afgevoerd moeten worden om te voorkomen dat het biofilter verzuurt en de bacteriën geremd worden door ophoping van nitraat en/of nitriet. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door continu iets meer water toe te voegen dan in het biofilter verdampt waardoor een percolaatstroom wordt geproduceerd. Op de lange termijn zal de grootte van de percolaatstroom gelijk zijn aan de hoeveelheid opgebracht water minus de verdamping. Daarnaast is het mogelijk om een aantal malen per jaar het biofilter schoon te spoelen door gedurende bijvoorbeeld een dag het bevochtigingssysteem continu in te schakelen. Hierdoor kan het gevormde salpeter(ig)zuur met het percolaatwater wordt afgevoerd. De noodzaak van het afvoeren van afbraakproducten hangt behalve van de belasting van het filter ook af van de eigenschappen (bijvoorbeeld de pH-bufferende werking) van het gebruikte pakkingsmateriaal. Daarnaast zal het pakkingsmateriaal na enkele jaren meestal vervangen dienen te worden vanwege inklinking. Inklinking heeft namelijk tot gevolg dat de drukopbouw over het biofilterbed te hoog wordt en kortsluitstromingen kunnen ontstaan.

De laatste jaren is het biofilter weer meer in de belangstelling komen te staan, mede omdat in Duitsland regelmatig biofilters worden toegepast om de geuruitstoot van stallen te verminderen (Arends et al., 2008; DLG, 2007). Daarnaast bestaat de indruk dat de techniek van biofiltratie de afgelopen 15 jaar is doorontwikkeld en verbeterd waardoor de hierboven geschetste problemen voor een deel zijn ondervangen dan wel onder controle zijn.

Om de potentie van biofiltratie voor emissiereductie van fijnstof uit de veehouderij nader te onderzoeken is eind 2009 een oriënterende meting uitgevoerd aan een biofilter dat achter een drooginstallatie voor pluimveemest van een leghennenstal was geschakeld (Winkel et al, 2010). Uit de resultaten van deze meting werd geconcludeerd dat met biofiltratie hoge verwijderingsrendementen voor fijnstof gerealiseerd kunnen worden. Daarom is besloten om de metingen op deze locatie voort te zetten gedurende een periode van een jaar.

Het doel van dit onderzoek is om gedurende een periode van een jaar vast te stellen welke emissiereductie gerealiseerd wordt met een biofilter dat de lucht behandelt die afkomstig is van een

drooginstallatie voor pluimveemest van een leghennenstal. Hierbij wordt de verwijdering van fijnstof (PM10 en PM2.5), ammoniak en geur gemeten; verder wordt de consumptie dan wel productie van broeikasgassen gemeten (lachgas, methaan en kooldioxide). In onderliggend rapport worden deze metingen gerapporteerd.

2 Materiaal en methoden

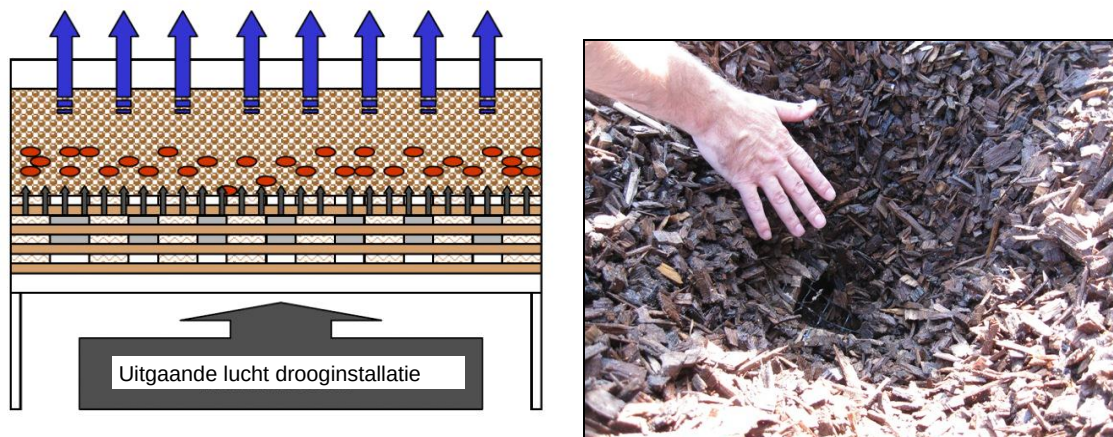
2.1 Beschrijving van mestdrooginstallatie en het biofilter

Op een pluimveehouderijbedrijf in de provincie Limburg is een biofilter in bedrijf waarin de ventilatielucht van een mestdrooginstallatie wordt behandeld. Dit is dezelfde locatie als waar eerder een oriënterende meting was uitgevoerd (Winkel et al, 2010). Het pluimveebedrijf bestaat uit een stal met batterijhuisvesting voor ca. 50.000 leghennen en twee stallen met volièrehuisvesting met samen 50.000 leghennen; in totaal zijn dus 100.000 leghennen aanwezig. De maximale ventilatiebehoefte van een leghennenstal bedraagt ca. $5 - 7 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ per dier en bedraagt gemiddeld over het jaar ca. $2,25 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ per dier. In de stallen wordt de mest voorgedroogd tot ca. 40-45% drogestof en daarna vindt nadroging plaats tot ca. 85% in een mestdroogsysteem met geperforeerd doek (zie de systeembeschrijving van BWL 2001.36.v1 in Bijlage 1). In het droogsysteem ligt de mest op een geperforeerd doek en wordt vanaf de onderzijde ventilatielucht door het doek met de mest geleid. De mestlaag wordt elke dag met een frees gemengd. Met behulp van twee ventilatoren die continu draaien wordt uit alle drie de stallen een hoeveelheid lucht afgezogen en naar de drooginstallatie geleid. Deze hoeveelheid lucht is gelijk aan de minimumventilatie van de stallen en wordt ingeschat op ca. $0,75 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ per dier (oftewel 1/3 van de maximale ventilatiebehoefte). Nadat de lucht door de drooginstallatie is gegaan wordt deze naar het biofilter geleid hetgeen dus resulteert in een totaal debiet van ca. $75.000 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$. De hoeveelheid lucht die door het biofilter gaat bedraagt op deze wijze gemiddeld ca. 1/3 van het totale ventilatiedebiet van de drie stallen; de overige ventilatielucht van de stallen wordt niet behandeld.

Tweemaal per week worden de mestbanden uit de stal leeg gedraaid naar de mestdrooginstallatie. Vlak voordat deze nieuwe mest uit de stal bij de drooginstallatie komt wordt de reeds gedroogde mest uit het droogsysteem gekanteld en opgeslagen in een voorraadbak onder de drooginstallatie. Op het moment van kantelen van het droogsysteem en wanneer de mest vanuit de stal op de drooginstallatie wordt gebracht komt een grote hoeveelheid (zichtbaar) stof vrij. Bij de normale bedrijfsvoering werd tijdens deze momenten de ventilatie naar het biofilter uitgezet en werd de ruimte via open deuren geventileerd. Dit om te voorkomen dat het biofilter mogelijk dichtslibt door de grote hoeveelheid stof die ontstaat. Tijdens de uitvoering van het onderzoek is er voor gekozen om de lucht tijdens de metingen wel altijd door het biofilter te leiden, dus ook op die momenten dat er veel stof vrij komt.

Het biofilter is 15 m lang, 4,5 m breed en 1,60 m hoog. De hoogte bestaat uit een drukkamer van 1 m hoog en het filterbed van 0,6 m hoog. Het oppervlak van het pakkingsmateriaal bedraagt ca. 68 m^2 , de inhoud ca. 41 m^3 . De ventilatiecapaciteit door het biofilter bedraagt, zoals gezegd, ca. $75.000 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$; dit staat gelijk aan ca. $1.100 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ biofilteroppervlak. uur^{-1} . In Figuur 1 wordt de opbouw van het biofilter schematisch weergegeven. De lucht uit het droogsysteem wordt met ventilatoren in een drukkamer

(hoogte: 1 m) onder het biofilter gebracht. In de drukkamer zijn druksensoren aangebracht waarmee de mate van drukopbouw in de drukkamer kan worden gemeten; deze hangt af van het luchtdebiet en de luchtdoorlaatbaarheid van het biofiltermateriaal. De lucht wordt niet voorbevochtigd. Vervolgens komt de lucht in de eerste filterlaag bestaande uit haaks op elkaar aangebrachte houten planken (hoogte: ca. 35 cm). Op deze laag is een grofmazig gaasdoek aangebracht. Hierop ligt de tweede laag bestaande uit houtsnippers (hoogte: ca. 25 cm; snippers zijn 2-3 cm groot). De houtsnippers (loofhout) worden door middel van sproeiers aan de bovenzijde vochtig gehouden. De watervernevelling door de sproeiers wordt automatisch aangestuurd door sensoren die het vochtgehalte in de laag met houtsnippers meten; de sproeiers worden elk uur voor enige tijd ingeschakeld.



Figuur 1 Links: schematische weergave van het bemeten biofilter. Rechts: de houtsnipperlaag.

Het biofilter was ongeveer een jaar in gebruik (sinds augustus 2009) op het moment dat het meetprogramma werd gestart. Het pakkingsmateriaal van het bemeten biofilter wordt in principe niet omgezet of vervangen. Door de leverancier wordt geadviseerd om elke 2-3 jaar houtsnippers bij te strooien om het niveau aan te vullen (door afbraak van het materiaal treedt in de loop der tijd enige inklinking op). Wanneer het filterpakket sterk vervuild is (bijvoorbeeld met stof), kan op de besturingsmodule van het biofilter worden ingesteld dat het filterpakket moet worden uitgespoeld. Uitgaand van een luchtbelasting van $1.100 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \text{ biofilteroppervlak} \cdot \text{uur}^{-1}$ en stallucht met een gemiddelde temperatuur van 20°C en een relatieve vochtigheid van 60%, kan berekend worden dat het waterverbruik ongeveer 60 liter per vierkante meter biofilteroppervlak per dag bedraagt wanneer de relatieve vochtigheid van de uitgaande lucht stijgt tot 95%. Voor een biofilter van 68 m^2 betekent dit een jaarlijks waterverbruik van ca. 1.400 m^3 . Volgens de leverancier verdampt praktisch al het toegevoegde water zodat geen of nauwelijks spuiwater wordt geproduceerd; er was dan ook geen voorziening getroffen om eventueel spuiwater op te vangen. Tijdens het onderzoek bleek echter dat enig percolaatwater werd geproduceerd; dit werd deels via een afwateringspijp richting riolering afgevoerd en lekte deels vanuit de drukkamer rechtstreeks de bodem in.

2.2 Rendementsmetingen biofilter

Gedurende de onderzoeksperiode is tijdens een vijftal bezoeken het verwijderingsrendement van het biofilter bepaald voor ammoniak, geur en fijnstof; daarnaast is de productie dan wel consumptie van broeikasgassen gemeten (methaan, lachgas en kooldioxide). De bedoeling was om conform het protocol (zie onder) zes metingen uit te voeren maar juist voor het uitvoeren van de vijfde meting bleek dat het filter uit gebruik zou worden genomen zodat een zesde meting niet mogelijk was. In Tabel 1 wordt een en ander kort samengevat.

Tabel 1 Toelichting metingen biofilter

Type meting	Korte omschrijving meetstrategie
Fijnstof (PM10 en PM2.5)	tijdsgemiddelde meting over 24 uur
Ammoniak	idem
Methaan	idem
Lachgas	idem
Kooldioxide	idem
Geur	tijdsgemiddelde meting over 2 uur

De gebruikte meetmethoden voor fijnstof, ammoniak, methaan, lachgas, kooldioxide en geur zijn gebaseerd op de protocollen zoals die zijn opgesteld door Ogink et al. (2011a, 2011b), Ogink (2011), Groenestein et al. (2011) en Mosquera et al. (2011). De metingen van ammoniak werden in duplo uitgevoerd en de overige metingen (geur, fijnstof en broeikasgassen) in enkelvoud.

Het verwijderingsrendement voor deze componenten werd berekend door de concentratie van de betreffende component in de behandelde lucht (C_{uitgaand}) te vergelijken met de concentratie van de betreffende component in de ingaande lucht van de wasser (C_{ingaand}). Hierbij werd de volgende formule gebruikt:

$$\text{Verwijderingsrendement} = \frac{C_{\text{ingaand}} - C_{\text{uitgaand}}}{C_{\text{ingaand}}} \times 100\%$$

Middels de Student-t-toets werd nagegaan of het gevonden gemiddelde rendement significant afweek van 0 ($p < 0,05$).

De metingen werden uitgevoerd op twee meetpunten:

Meetpunt 1: uitgaande lucht van mestdroger (= ingaande lucht van biofilter)

Meetpunt 1 was op de zolder van de opslagloods waar de mestdroger zich bevond. Met ventilatoren werd de lucht vanuit de mestdroger naar de drukkamer onder het biofilter verplaatst. Het meetpunt voor de gasvormige concentratiemetingen was direct bij de ventilatoren geplaatst (meetpunt 1A). De concentratiemeting voor fijnstof werd ook op deze zolder uitgevoerd, maar op enige afstand van de ventilatoren om een voldoende lage luchtsnelheid te hebben, dat wil zeggen lager dan 2 m/s (meetpunt 1B).

Meetpunt 2 uitgaande lucht van biofilter

Het biofilter waaraan de metingen zijn uitgevoerd was geheel overkapt. Voor de uitvoering van de metingen aan de lucht na het biofilter was het noodzakelijk om een duidelijke uitgaande luchtstroming te creëren waarin de monsternametoestellen kon worden geplaatst. Hiervoor werden 2 van de 3 open zijden van het biofilter afgesloten met zeil (de vierde zijde was een muur) zodat de lucht gedwongen werd door de enig overgebleven opening te bewegen. Hiermee werd bereikt dat er geen of nauwelijks buitenlucht werd opgemengd met de lucht die uit het biofilter trad. Daarnaast werd door de verkleinde uitstroombuiging bereikt dat bij een laag ventilatiedebiet nog steeds een voldoende hoge luchtsnelheid wordt gerealiseerd om invloeden van buitenaf te minimaliseren. De zijwanden waren niet hermetisch afgesloten maar veroorzaakte wel voldoende weerstand voor de luchtbeveiliging om een hoofdstroming door de bedoelde uitstroombuiging te creëren. Met behulp van een rookmachine en metingen van de windrichting werd de meetopstelling bij elk meetbezoek gecontroleerd. Wanneer er geen metingen plaats vonden werden de zijwanden gedeeltelijk geopend.

In Figuur 2 wordt de meetopstelling bij de twee meetpunten met foto's nader verduidelijkt.

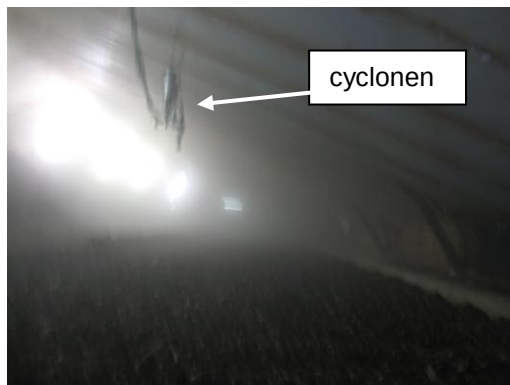
2.3 Overige metingen

Tijdens de uitvoering van bovengenoemde rendementsmetingen werden tevens monsters genomen van het percolaat en het pakkingsmateriaal (houtsnippen) van het biofilter ten behoeve van de bepaling van pH, EC, droge stof, asrest, ammonium en het stikstof-totaal gehalte. De percolaatmonsters werden genomen uit de afvoerpijp. Mogelijk is het bemonsterde percolaat voor een deel verdund met regenwater aangezien de drukkamer niet goed vloeistofdicht was; regenwater kan in de drukkamer zijn gekomen en tezamen met het percolaat zijn afgevoerd. De hoeveelheid percolaat die werd geproduceerd is niet bepaald. De monsters van het pakkingsmateriaal betroffen mengmonsters die werden verzameld door materiaal te nemen verspreid over het gehele oppervlakte van het biofilter; deze mengmonsters werden genomen op drie dieptes: bovenop het bed, halverwege het bed en onderin het bed. Daarnaast werd met behulp van twee meetventilatoren het luchtdebiet door het biofilter gemeten en met behulp van een datalogger opgeslagen; ook werd de drukval over het biofilterbed bepaald. Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande en uitgaande luchtstroom van het biofilter werden gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren.



Meetpunt 1A: ingaande lucht biofilter

Foto van de zolder in de opslagloods. Links is mest te zien die ligt te drogen. Rechts in de vloer is een rooster te zien waaronder zich de twee ventilatoren bevinden. De slangen voor de monsternamen van de gasvormige concentraties werden boven het rooster gehangen vanwaar de lucht uiteindelijk naar de pompen en bemonsteringsapparatuur werd geleid.



Meetpunt 1B: ingaande lucht biofilter

Foto van de zolder in de opslagschuur. De cyclonen voor de bemonstering van fijn stof zijn zichtbaar. De cyclonen moesten met enige afstand van de ventilatoren worden geplaatst om de windsnelheid van de lucht beneden de 2 m.s⁻¹ te krijgen. Daarnaast moest een freese zich vrij over de mest kunnen bewegen zonder gehinderd te worden door slangen of bemonsteringsapparatuur.



Meetpunt 2: uitgaande lucht biofilter

De uitstroomopening van de lucht na het biofilter. De luchtstroming (met rode pijlen weergegeven) is zichtbaar gemaakt door rook. De cyclonen die gebruikt worden voor de monsternamen voor fijnstof zijn op statieven geplaatst in de luchtstroming. De slangen voor de monsternamen van de gasvormige concentratie zijn ook bij de statieven gehangen. Slangen verbinden de monsternamenpunten met verschillende pompen en bemonsteringsapparatuur.

Figuur 2 Overzicht van de meetopstelling en meetpunten voor en na het biofilter.

3 Resultaten en discussie

3.1 Ventilatie-debiet en drukval

In Tabel 1 wordt weergegeven op welke data de rendementsmetingen aan het biofilter zijn uitgevoerd. Het was bij de opzet van het onderzoek de bedoeling om conform het meetprotocol (zie Ogink et al. (2011a, 2011b), Groenestein et al. (2011), Hofschreuder et al. (2011) en Mosquera et al. (2011)) niet vijf maar zes maal de rendementen te bepalen. Aangezien er tijdens het eerste bezoek echter problemen waren met de meetopstelling worden de resultaten van het eerste bezoek niet gerapporteerd in Tabel 1 en in de overige tabellen in dit rapport. Daarnaast worden in Tabel 1 de gemiddelde luchtdebieten en de gemiddelde drukval vermeld.

Tabel 1 Metingen van luchtdebiet en drukval bij een biofilter nageschakeld aan een drooginstallatie voor kippenmest; n.b. = niet bekend

Meting	Datum	Luchtdebiet stal, 24-uurs gemiddelde ($\text{m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$) ⁽¹⁾	Luchtdebiet stal, 2-uurs gemiddelde ($\text{m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$) ⁽²⁾	Drukval over biofilter, 24-uurs gemiddelde (Pa)
1	23-Aug-10	47.788	44.021	244
2	27-Sep-10	33.408	34.412	293
3	01-Nov-10	36.142	35.777	267
4	13-Dec-10	n.b. ⁽³⁾	n.b. ⁽³⁾	352
5	10-Feb-11	61.308	63.589	282
<i>Gemiddelde:</i>		<i>44.662</i>	<i>44.450</i>	<i>287</i>

⁽¹⁾ Het 24-uurs gemiddelde debiet betreft de meting van ammoniak en fijnstof

⁽²⁾ Het 2-uurs gemiddelde debiet betreft de luchtstroom tijdens de geurmonsternamen

⁽³⁾ Vanwege een storing van de datalogger zijn voor deze meting geen waarden bekend. Vanwege de mogelijke productie en opname van CO₂ in de mestdroger en in het biofilter kan de CO₂-balansmethode niet worden gebruikt voor inschatting van het debiet.

Uit Tabel 1 volgt dat de gemiddelde luchtbelasting $657 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ biofilteroppervlak per uur (sd=187) bedroeg tijdens de metingen (het biofilteroppervlak bedroeg 68 m^2); de maximale luchtbelasting (gemiddelde van meting 5) bedroeg $902 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ biofilteroppervlak per uur. Opvallend is de grote spreiding van het luchtdebiet door het biofilter terwijl aanvankelijk (zie hoofdstuk 2) uitgegaan werd van een stabiele luchthoeveelheid door het biofilter; dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat de tegendruk van het biofilter niet constant was in de tijd (zie ook onderstaande alinea). Door de leverancier was uitgegaan van een luchtbelasting van een belasting van ca. $1.100 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ biofilteroppervlak (zie paragraaf 2.1). De gemiddelde luchtverblijftijd (op basis van lege ruimte) in het biofilterbed bedroeg ca. 1,4 s voor het gedeelte met houtsnippers en 1,9 s voor het gedeelte met gestapelde planken, dus in totaal 3,3 s.

De drukval over het biofilter, hetgeen een maat is voor de porositeit van het pakkingsmateriaal, bedroeg gemiddeld 287 Pa bij een gemiddelde luchtdebiet van $44.450 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$; aanvankelijk werd verwacht dat er een kwadratische verband zou zijn tussen luchtdebiet en drukval (dat wil zeggen: een verdubbeling van het luchtdebiet heeft een vervierdubbeling van de drukval tot gevolg) maar hiervan bleek geen sprake. Hieruit kan geconcludeerd dat de eigenschappen van het filtermateriaal niet constant dan wel niet homogeen zijn. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door veranderingen van de vochtigheid van het bed (mogelijk in combinatie met ophoping van stof) en mogelijke kortsluitstromingen. Hieruit volgt dat het niet voldoende is om alleen de drukval over het bed te meten; alleen een combinatie van drukvalmeting en luchtdebietmeting kan een goed beeld geven van de belasting van het bed. Opgemerkt dient te worden dat verhoging van de drukval (bijv. door verstopping) een verhoging van de elektriciteitskosten met zich zal meebrengen. Bij een gemiddeld luchtdebiet van $45.000 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$ en een gemiddelde drukval van 300 Pa zal het energieverbruik van de ventilator ca. 5 kW bedragen oftewel € 7.000,- per jaar (uitgaande van een kostprijs van € 0,15 per kWh); een verhoging van de drukval met 100 Pa zal ongeveer € 2.500,- aan extra elektriciteitskosten met zich meebrengen.

3.2 Rendementsmetingen ammoniak

In Tabel 2 worden de resultaten van de ammoniakmetingen weergegeven. Uit de tabel volgt dat de gemiddelde ammoniakverwijdering over de gehele periode 47% (sd=62) bedroeg. Statistisch gezien wijkt de gemiddelde ammoniakverwijdering echter niet significant af van nul ($p>0,08$). Het rendement van de laatste meting wijkt sterk af van de overige metingen; de eerste vier ammoniakmetingen laten een gemiddelde ammoniakverwijdering van 74% (sd=17; $p<0,002$) zien.

Tabel 2 Metingen van de ammoniakverwijdering door een biofilter bij een drooginstallatie voor kippenmest

Datum	Ammoniak-in (ppm)	Ammoniak-uit (ppm)	Rendement (%)
23-Aug-10	21,7	3,53	84
27-Sep-10	46,1	3,42	93
01-Nov-10	52,5	21,1	60
13-Dec-10	179,8	73,6	59
10-Feb-11	30,9	49,4	-60
Gemiddelde:			47; sd=62 (inclusief laatste meting)
			74; sd=17 (exclusief laatste meting)

Opvallend is dat de laatste ammoniakmeting een veel lager rendement laat zien dan de overige metingen. Bij de laatste meting was de uitgaande concentratie van het biofilter zelfs hoger dan de ingaande concentratie; dit werd ook gevonden toen tijdens de 24-uursmeting een indicatieve meting met behulp van gasdetectiebuisjes werd uitgevoerd. Mogelijk is het lage rendement bij de laatste meting deels te wijten aan lucht lekkage in het biofilterbed, veroorzaakt door een onvoldoende functionerend bevochtigingssysteem; lucht lekkage is mogelijk ook de reden dat het luchtdebiet door het biofilter het hoogst was bij de laatste meting (zie Tabel 1). Wanneer plaatselijk droge plekken ontstaan kan namelijk lucht lekkage optreden. Uit visuele inspectie tijdens de bezoeken bleek dat het biofilter bij de eerste 4 metingen altijd in zijn geheel vochtig was; bij de laatste meting waren inderdaad droge plekken te zien. Dat de uitgaande lucht bij de laatste meting zelfs een hogere concentratie ammoniak bevat dan de ingaande lucht, is mogelijk veroorzaakt doordat er ammoniak wordt gestript uit het biofilter en het aanhangende water (zie ook paragraaf 3.4).

Uit navraag naar aanleiding van deze laatste meting bleek dat de bevochtiging van het biofilter voorafgaand aan de laatste meting een week lang uitgeschakeld was geweest; vlak voordat de meting werd gestart was de bevochtiging pas weer ingeschakeld. Hieruit volgt dat de deze laatste meting is uitgevoerd aan een biofilter dat niet op normale wijze werd bedreven. Verder kan hieruit geconcludeerd worden dat een goede bevochtiging van het biofilter cruciaal is voor een goede ammoniakverwijdering.

3.3 Rendementsmetingen geur

In Tabel 3 worden de resultaten van de geurmetingen weergegeven. Uit de tabel volgt dat de geurverwijdering van het biofilter gemiddeld over de totale meetperiode 62% (sd=19; $p<0,001$) bedroeg. Opvallend is dat tijdens de tweede meting de uitgaande geurconcentratie veel lager is dan bij de andere metingen; het is niet duidelijk waardoor dit werd veroorzaakt; wel valt op dat tijdens deze meting ook het hoogste ammoniakrendement werd gemeten (Tabel 2). Ondanks het feit dat tijdens de laatste meting een negatief ammoniakrendement werd gevonden, werd tijdens de laatste meting voor geur wel een normaal rendement gevonden. Hierbij speelt mogelijk een rol dat de geurmeting (monsternameduur: 2 uur) pas werd genomen op de tweede meetdag, op het moment dat de 24-uurs ammoniakmeting juist afgelopen was. Dit betekent dat de geurmeting gedaan werd ruim een dag nadat de bevochtiging weer was ingeschakeld; mogelijk zou een geurmeting uitgevoerd bij de start van de ammoniakmeting wel een lager rendement hebben laten zien.

Tabel 3 Metingen van de geurverwijdering door een biofilter bij een drooginstallatie voor kippenmest

Datum	Geur-in ($\text{OU}_E \cdot \text{m}^{-3}$)	Geur-uit ($\text{OU}_E \cdot \text{m}^{-3}$)	Rendement (%)
23-Aug-10	7.899	2.415	69
27-Sep-10	6.393	517	92
01-Nov-10	4.261	1.995	53
13-Dec-10	7.326	3.983	46
10-Feb-11	6.029	3.023	50
<i>Gemiddelde:</i>			<i>62 (sd=19)</i>

3.4 Rendementsmetingen fijnstof

In Tabel 3 worden de resultaten van de PM10 metingen weergegeven. Aangenomen kan worden dat door toepassing van de mestdrooginstallatie, voordat de lucht het biofilter in gaat, reeds een significante verlaging van de PM10 concentratie is bewerkstelligd. Uit Tabel 4 volgt dat het biofilter, ondanks de relatief lage ingangskoncentratie, in staat is om de PM10 concentratie nog veel verder te verlagen (gemiddeld rendement: > 73%). Uit Tabel 3 volgt dat de uitgaande PM10 concentratie in alle gevallen lager was dan de detectielimiet; als gevolg daarvan worden de rendementen gepresenteerd als "hoger dan".

Tabel 4 Metingen van de PM10-verwijdering door een biofilter bij een drooginstallatie voor kippenmest; n.b. = niet bekend

Datum	PM10-in ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) ⁽¹⁾	PM10-uit ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) ⁽¹⁾	Rendement (%)
23-Aug-10	0,500	< 0,060	> 88
27-Sep-10	0,266	< 0,060	> 77
01-Nov-10	0,212	< 0,060	> 72
13-Dec-10	< 0,060	< 0,060	n.b.
10-Feb-11	0,135	< 0,060	> 55
<i>Gemiddelde:</i>			<i>> 73</i>

⁽¹⁾ De detectielimiet voor PM10 metingen bedraagt $0,060 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

De meetwaarden voor de PM2.5 concentraties (zowel ingaande als uitgaande lucht) waren allen lager dan de detectielimiet van $0,030 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ en worden daarom niet in tabelvorm gepresenteerd. Ook hier geldt weer dat aangenomen kan worden dat door toepassing van de mestdrooginstallatie, voordat de lucht het biofilter in gaat, reeds een significante verlaging van de PM2.5 concentratie is bewerkstelligd.

3.5 Metingen van broeikasgassen, temperatuur en relatieve vochtigheid

In Tabel 5 zijn de resultaten van de metingen van de broeikasgassen weergegeven.

Er is sprake van een significante toename van de lachgasconcentratie: deze verdubbelt van gemiddeld 0,45 ppm naar 0,92 ppm ($p < 0,012$). Een dergelijke verhoging van de lachgasconcentratie wordt meestal gevonden in biologische luchtbehandelingssystemen waarbij ammoniak wordt omgezet. Dit wordt veroorzaakt doordat lachgas wordt gevormd als bijproduct van het (de)nitrificatieproces. De CO_2 concentratie neemt met 13% af ($p < 0,04$); dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat een deel van de aangevoerde CO_2 oplost in de waterfase van het biofiltermateriaal.

Er is geen verschil tussen de ingaande en uitgaande methaanconcentraties ($p > 0,17$). In een zuurstofrijk systeem als een biofilter wordt geen of nauwelijks methaanproductie verwacht (als gevolg van anaerobe afbraak van organisch materiaal). Daarnaast is de oplosbaarheid van methaan zo laag dat ook geen aerobe afbraak van methaan wordt verwacht.

Tabel 5 Broeikasgasmetingen aan een biofilter bij een leghennenstal met mestdrooginstallatie

Datum	CH ₄ -in (ppm)	CH ₄ -uit (ppm)	N ₂ O-in (ppm)	N ₂ O (ppm)	CO ₂ -in (ppm)	CO ₂ -uit (ppm)
23-Aug-10	2,70	2,52	0,33	0,88	862	737
27-Sep-10	3,55	2,79	0,45	0,87	969	954
01-Nov-10	3,36	3,13	0,39	0,58	1.675	1.118
13-Dec-10	3,25	3,41	0,62	1,62	1.930	1.770
10-Feb-11	3,37	3,51	0,46	0,63	2.550	2.330
Gemiddelde:	3,25	3,07	0,45	0,92	1.169	936
	sd=0,32	sd=0,42	sd=0,11	sd=0,42	sd=442	sd=191

In Tabel 6 worden de resultaten van de luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid gegeven bij de ingaande lucht van het biofilter (lucht direct na de mestdrooginstallatie) en de uitgaande lucht van het biofilter. Door technische storingen is een deel van de waarnemingen weggevallen.

De temperatuurswaarden geven aan dat er sprake was voor goede procescondities, aangezien de temperatuur altijd boven de 15°C is gebleven. Vaak wordt gesteld dat de temperatuur minimaal 15°C dient te bedragen om de biologische activiteit veilig te stellen.

Uit de metingen van de relatieve vochtigheid na het biofilter volgt dat de vochtigheid van de lucht gemiddeld gezien hoog genoeg is; dit sluit echter niet uit dat het biofilterbed op bepaalde plekken te droog of te nat kan zijn (zie paragraaf 3.2).

Tabel 6 Metingen luchttemperatuur en relatieve vochtigheid (RV) aan een biofilter bij een leghennenstal met mestdrooginstallatie; n.b. = niet bekend

Datum	Temperatuur-in (°C)	Temperatuur-uit (°C)	RV-in (%)	RV-uit (%)
23-Aug-10	21,9	20,9	87	> 95
27-Sep-10	n.b.	17,9	n.b.	> 95
01-Nov-10	n.b.	18,9	n.b.	> 95
13-Dec-10	14,5	n.b.	> 95	n.b.
10-Feb-11	n.b.	20,9	n.b.	> 95

3.6 Analyses houtsnippers en spuiwater

In Tabel 7 worden de analyses van het biofiltermateriaal inclusief aanhangend water weergegeven.

Tabel 7 Analyse pakkingmateriaal van biofilter (houtsnippers) incl. aanhangend water ⁽¹⁾

Component	23-Aug-10	27-Sep-10	01-Nov-10	13-Dec-10	10-Feb-11
ammonium-N (g.kg ⁻¹)	0,319	0,027	0,600	0,829	1,771
nitriet-N (g.kg ⁻¹)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
nitraat-N (g.kg ⁻¹)	0,331	< 0,010	0,602	0,698	1,856
totaal-N (g.kg ⁻¹)	3,08	2,53	3,81	4,24	6,47
droge stof (g.kg ⁻¹)	289	275	269	256	281
as (g.kg ⁻¹)	24	30	25	26	31
pH (-) ⁽²⁾	7,0	6,2	5,2	5,5	6,9

⁽¹⁾ De gepresenteerde waarden zijn het gemiddelde van drie mengmonsters.

⁽²⁾ De pH is gemeten na het monster met demi-water te verdunnen in een massaverhouding 1 : 4.

Uit Tabel 7 blijkt dat de eigenschappen van het biofilter fluctueren. Opvallend is dat gehalte aan ammonium, totaal-N en nitraat toeneemt gedurende de meetperiode; blijkbaar vindt ophoping van stikstof plaats in het biofiltermateriaal. Mogelijk werd tijdens de laatste meting van het ammoniakrendement een deel van het opgeloste ammonium uit het biofiltermateriaal gestript wat resulteerde in een negatief ammoniakverwijderingsrendement (zie paragraaf 3.2). Verder valt op dat de pH tijdens de derde en vierde meting erg laag is (voor een goed lopend nitrificatieproces dient de pH in principe niet lager te zijn dan 6). Dit geeft aan dat het biofilter dreigt te verzuren wat mogelijk te wijten is aan ophoping van nitraat en het invangen van CO₂. Aangezien de bevochtiging voorafgaand

aan de laatste meting een week lang uitgeschakeld is geweest, is het de vraag of de hogere pH van 6,9 die bij het laatste bezoek is gemeten representatief is.

Tabel 8 Analyse percolaat van biofilter (spuiwater) ⁽¹⁾; n.b. = niet bekend

Component	23-Aug-10	27-Sep-10	01-Nov-10	13-Dec-10	10-Feb-11
ammonium-N (g.kg ⁻¹)	0,009	0,034	0,027	0,151	n.b.
nitriet-N (g.kg ⁻¹)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,017	n.b.
nitraat-N (g.kg ⁻¹)	0,011	0,023	0,017	0,071	n.b.
totaal-N (g.kg ⁻¹)	0,015	0,060	0,056	0,249	n.b.
droge stof (g.kg ⁻¹)	< 0,2	0,2	< 0,2	0,26	n.b.
as (g.kg ⁻¹)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,15	
pH (-)	7,5	7,4	8,3	7,8	n.b.
EC (mS/cm)	0,21	0,57	0,35	1,6	n.b.

⁽¹⁾ Mogelijk is het bemonsterde percolaat voor een deel verdund met regenwater.

Uit de analyses van het percolaatwater blijkt dat het stikstof-totaalgehalte gemiddeld ca. 100 mg N.liter⁻¹ bedraagt en de pH neutraal tot licht alkalische is. Aangezien niet is bepaald hoeveel spuiwater is geproduceerd, kan geen inschatting worden gemaakt van de hoeveelheid stikstof die op deze manier wordt afgevoerd.

4 Conclusies

De gemiddelde ammoniakverwijdering van het biofilter bedroeg 47% ($n=5$; $sd=62$) maar week niet significant af van nul ($p>0,08$). Dit gemiddelde en de waargenomen spreiding werd gedomineerd door de laatste meting waarin een sterk negatief rendement werd gevonden; het bleek dat meteen voorafgaand aan deze meting de bevochtiging van het biofilter gedurende een week was uitgeschakeld geweest. Hierdoor waren droge plekken, kortsluitstromingen en mogelijk lokale ophopingen van stikstofverbindingen in het biofilterbed ontstaan. Wanneer deze meting buiten beschouwing wordt gelaten komt de gemiddelde ammoniakverwijdering uit op 74% ($n=4$; $sd=17$). De gemiddelde geurverwijdering bedroeg 62% ($n=5$; $sd=19$); de gemiddelde PM10-verwijdering was > 73% ($n=5$). De PM2.5-verwijdering kon niet worden bepaald als gevolg van de zeer lage ingaande concentraties. De lachgasconcentratie verdubbelde en methaanconcentratie bleef gelijk. De gemiddelde luchtbelasting van het biofilter bedroeg $657 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ biofilteroppervlak per uur ($n=4$; $sd=187$) en de gemiddelde drukval 287 Pa. De metingen zijn uitgevoerd in een periode van een half jaar; voordat de metingen werden gestart was het biofilter reeds een jaar in gebruik. Uit de metingen kan worden geconcludeerd dat een biofilter hoge ammoniak-, geur- en fijnstofrendementen kan behalen, mits het biofilter op de juiste wijze wordt bedreven. In het bijzonder de bevochtiging van het biofilter is een kritische factor, zoals is gebleken.

5 Aanbevelingen

Voor een goede en betrouwbare werking van het biofilter dient er enerzijds sprake te zijn van een goede verdeling van het water over het gehele biofilteroppervlak (egale bevochtiging zodat te droge of te natte plekken worden voorkomen), anderzijds dient de hoeveelheid water die op het biofilter wordt gebracht dusdanig te zijn dat een optimale vochtigheid van het bed wordt bereikt. Wanneer de bevochtiging niet goed functioneert kan een negatief effect verwacht worden op de verwijdering van in het bijzonder ammoniak en/of geur.

Het is daarom noodzakelijk dat door de gebruiker (veehouder) minimaal wekelijks wordt bepaald of het bevochtiginssysteem goed werkt en het vochtgehalte van het pakket goed is; indien nodig moet het bevochtigingsprogramma vervolgens worden bijgesteld.

Daarnaast dient het percolaatwater van het biofilter opgevangen te worden in een tank; hierdoor wordt ongecontroleerde lozing voorkomen en wordt tevens duidelijk of er te veel of te weinig water op het biofilter wordt gedoseerd.

Met betrekking tot de meettechniek kan worden opgemerkt dat het vanwege de ruimtelijke variatie van de bedcondities (droge en natte plekken) van groot belang is om een representatief monster te nemen van de gehele luchtstroom die het biofilter verlaat. De bedcondities kunnen namelijk een direct effect hebben op de te meten verwijderingsefficiëntie. Daarom wordt het voor dergelijke metingen aan een biofilter noodzakelijk geacht om de gehele luchtstroom samen te brengen naar één duidelijk gedefinieerd emissiepunt (bijvoorbeeld met behulp van een tentconstructie, zoals in onderliggend onderzoek) en de lucht op dat punt vervolgens te bemonsteren.

Literatuur

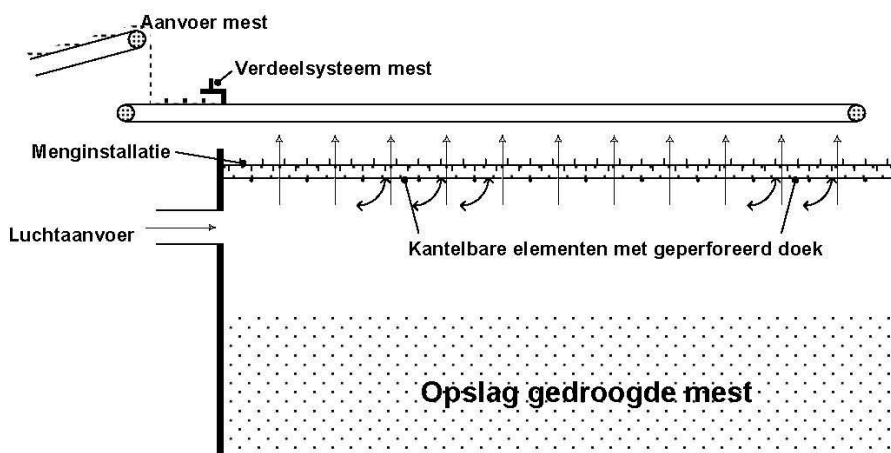
- Arends, F.; G. Franke; E. Grimm; W. Gramatte; S. Häuser; J. Hahne (2008). Exhaust Air Treatment Systems for Animal Housing Facilities, Techniques - Performance - Costs. KTBL-Schrift 464, KTBL, Darmstadt, Deutschland; ISBN 978-3-939371-60-1.
- Asseldonk, M.M.L.; J.A.M. Voermans. 1989. The use of biofilters for pig husbandry (in Dutch, with English summary). Report 1.47. Rosmalen, Netherlands: Proefstation voor de Varkenshouderij.
- Demmers, T.G.M.; G.H. Uenk. 1996. Experiments with a small-scale biofilter (in Dutch). Report 96-37. Wageningen, Netherlands: DLO Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO).
- DLG. 2007. Abluftreinigungssystem für die Schweinehaltung. Hagola Biofilter GmbH. DLG-Prüfbericht 5699. DLG e.V., Groß-Umstadt, Germany.
- Eggels, P.G.; R. Scholtens. 1989. Biofiltration of ammonia containing exhaust air at intensive livestock operations. Phase 3 (in Dutch). Ref. 89-107. Wageningen/Apeldoorn, Netherlands: Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG) / TNO Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie (MT-TNO).
- Groenestein, C.M.; J. Mosquera; N.W.M. Ogink; J.M.G. Hol. 2011. Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij. Rapport 493. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Melse, R.W.; H.C. Willers. 2004. Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 1: Techniek en kosten. Rapport 029, januari 2004. Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen UR, Wageningen. ISBN 90-6754-739-5.
- Mosquera, J.; C.M. Groenestein; N.W.M. Ogink; J.M.G. Hol. 2011. Protocol voor meting van lachgasemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij. Rapport 494. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Ogink, N.W.M.; A.J.A. Aarnink. 2008. Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij. Rapport 113, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Ogink, N.W.M.; J. Mosquera; J.M.G. Hol. 2011a. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 454. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Ogink, N.W.M.; P. Hofschreuder; A.J.A. Aarnink. 2011b. Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 492. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Ogink, N.W.M. 2011. Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij. Rapport 491. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Scholtens, R.; J.V. Klarenbeek; M.A. Bruins. 1988. Control of ammonia emissions with biofilters and bioscrubbers. In Volatile emissions from livestock farming and sewage operations, 196-208. V.C. Nielsen, J.H. Voorburg and P. L'Hermite, eds. Barking, Essex, U.K.: Elsevier Applied Science. ISBN 1-85166-277-8.
- Uenk, G.H.; G.J. Monteny; T.G.M. Demmers; M.G. Hissink. 1993. Reduction of ammonia emission from pig houses using biofilters (in Dutch, with English summary). Report 93-28. Wageningen, Netherlands: DLO Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO). ISBN 90-5406-059-X.
- Sande-Schellekens, van de, A.L.P.; G.B.C. Backus. 1993. Experiences with biofilters on PROPRO farms with fattening pigs (in Dutch, with English summary). Report P 1.99. Rosmalen, Netherlands: Proefstation voor de Varkenshouderij.
- Winkel, A.; N.W.M. Ogink, N.; J.M.G. Hol. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: indicatieve evaluatie van biofiltratie als potentiële fijnstofreductietechniek. Rapport 313. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.

Bijlage(n)

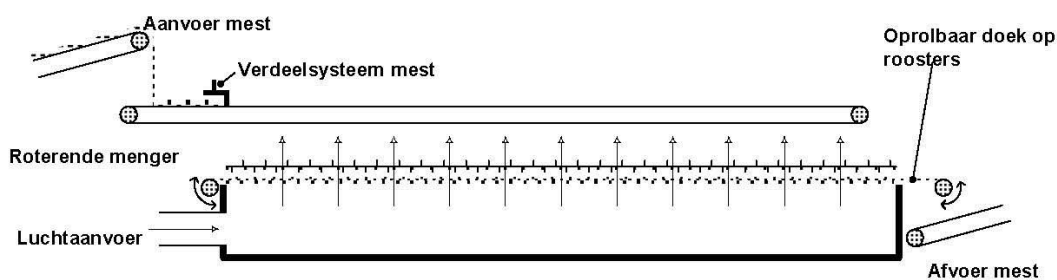
Systeembeschrijving van mestdroogstelsel BWL 2001.36.v1

Nummer systeem		BWL 2001.36.V1
Naam systeem		Mestdroogsysteem met geperforeerde doek
Categorie		additionele technieken voor mestbewerking en mestopslag (bij kippen)
Systeembeschrijving van		Februari 2011
Vervangt beschrijving van		Januari 2001
Werkingsprincipe		Op een luchtdoorlatend doek wordt een laag van ongeveer 20 cm voorgedroogde mest aangebracht. Het doek is aangebracht op kantelbare elementen of op roosters. Door het doek en de mest wordt lucht, afkomstig uit de stal, geperst. Afhankelijk van de droging wordt de mest gemengd. Bij het systeem met kantelbare elementen wordt de mest opgeslagen in de ruimte er onder. Bij het doek op de roosters wordt het afgevoerd naar een andere opslag.
DE TECHNISCHE UITVOERING VAN HET SYSTEEM; BOUWKUNDIG		
	Onderdeel	Uitvoeringseis
	Geen bijzonderheden	
DE TECHNISCHE UITVOERING VAN HET SYSTEEM; TECHNISCHE VOORZIENINGEN		
	Onderdeel	Uitvoeringseis
1	Droogvloer	Roosters (al of niet kantelbaar) met daarop een luchtdoorlatend doek.
2	Oppervlak	Het oppervlak aan luchtdoorlatend doek (bij een laagdikte van 20 cm) minimaal: - 1,0 m² per 600 opfokhennen - 1,0 m² per 400 leghennen vleeskuikens en vleeskuikenouderdieren.
3a	Drooglucht	Het systeem moet zo zijn uitgevoerd dat alle drooglucht door de mest gaat. De hoeveelheid lucht is minimaal: - 1,0 m³/uur/opfokhen - 1,5 m³/uur/legghen vleeskuiken en vleeskuikenouderdier.
3b		De minimaal geïnstalleerde capaciteit voor het beluchten is 2 m³/dier/uur.
4	Doek	Minimaal 10% van het doek moet luchtdoorlatend zijn.
5	Registratie-apparatuur	De volgende registratieapparatuur dient aanwezig te zijn: - apparatuur voor het registreren van het aanstaan van de beluchting (urenteller, kWh-meter, toerenteller of meetventilator); - apparatuur voor het meten van de capaciteit van de beluchting, meten in de aanvoer naar de droogvloer met een meetwaaier
HET GEBRUIK VAN HET SYSTEEM		
	Onderdeel	Gebruikseis
a	Mest	De ingaande mest moet minimaal een drogestofgehalte hebben van 55%. De mest dient binnen 72 uur nadrogen een drogestofgehalte te bereiken van minimaal 80%.
b	Controle ds%	Iedere 3 maanden dient een bepaling uitgevoerd te worden van het ds% van de mest die de droogtunnel ingaat. Als deze minder dan 55% bedraagt, dient binnen 3 maanden een nieuwe monsternamen plaats te vinden.

c	Registratie	Ten behoeve van een controle op de werking van het droogsysteem moeten de volgende gegevens automatisch worden geregistreerd: - het aanstaan van de beluchting; - de capaciteit van de beluchting van de geregistreeerde waarden moet tijdens de controle een uitdraai van de huidige en vorige productieperiode opvraagbaar zijn. Daarnaast moeten de resultaten van de 3-maandelijkse ds-bepalingen van de huidige en vorige productieperiode aanwezig zijn.
Emissiefactor		<u>Ammoniak</u> Opfokleghennen en vleeskuikens; 0,010 kg NH₃ per dierplaats per jaar leghennen en vleeskuikenouderdieren; 0,015 kg NH₃ per dierplaats per jaar <u>Fijnstof</u> 55% reductie op stalniveau
Verwijzing meetrapport		



Variant 1: Met de opslag van de gedroogde mest onder kantelbare elementen (HELI-systeem).



Variant 2: Met afvoer van de gedroogde mest m.b.v. banden.

NAAM: Mestdroogstelsysteem met geperforeerde doek	NUMMER: BWL 2001.36.V1 Systeembeschrijving Februari 2011
---	---



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl