

Evaluatierapport

**Verkenndend onderzoek zeolietenluchtfilter in
een vleesvarkensstal**



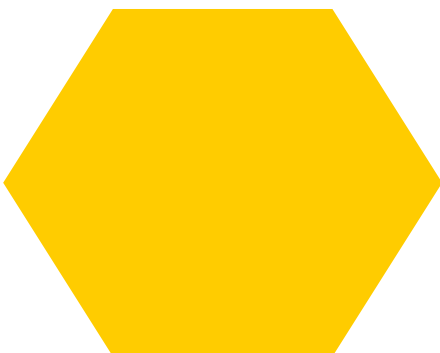
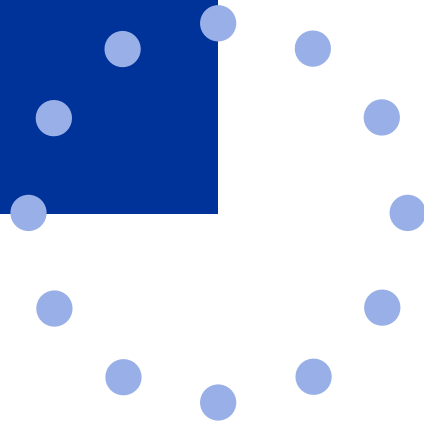
**Hoog
mikken voor
de lage landen!**

grensregio.eu

Inhoud

1. Inleiding.....	3
1.1 Kadering document.....	4
2. Materiaal en methoden	5
2.1 Omschrijving meetlocatie.....	6
2.2 Proefopzet.....	7
2.2.1 Geteste maatregel	7
2.2.2 Verloop van de proef.....	7
2.3 Emissiemetingen.....	8
2.4 Dataverwerking	9
2.4.1 Ontbrekende gegevens.....	9
3. Resultaten en discussie	10
3.1 Resultaten.....	11
3.2 Discussie.....	12
4. Conclusies	14
5. Referenties.....	16
5.1 Referenties.....	17

1. Inleiding



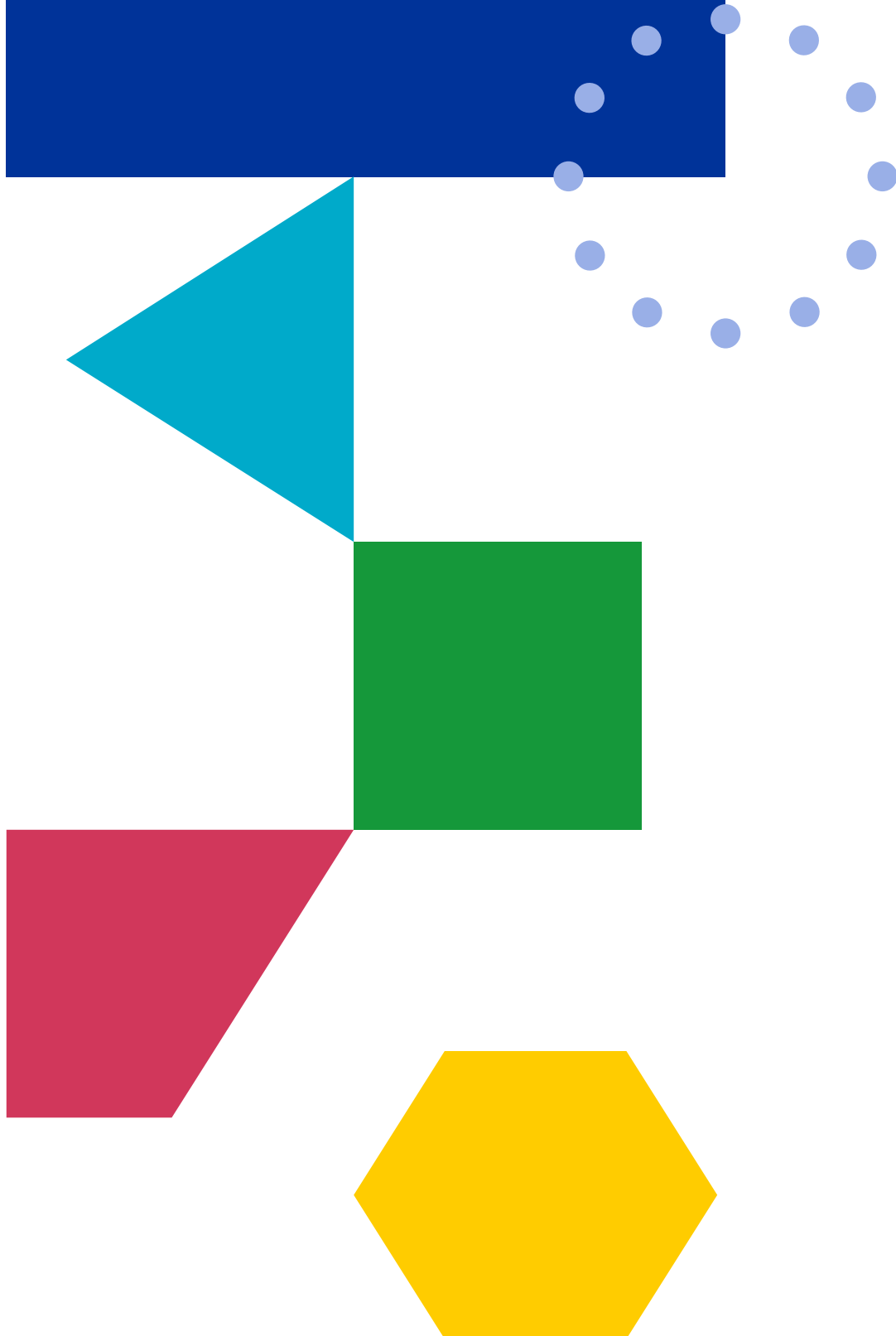
1.1 Kadering document

Dit evaluatierapport werd opgemaakt in kader van het Interreg Vlaanderen-Nederland project 'Reductie van Ammoniak via Brongerichte en flankerende Oplossingen' (RAMBO). In dit project is ingezet op innovatieve maatregelen en technieken om aan de ammoniakemissienormen voor de varkens- en pluimveesector te voldoen en wil bijdragen aan betere luchtkwaliteit in de grensregio.

Dit rapport beschrijft de verkennende proef die uitgevoerd werd om de praktische haalbaarheid en de werking van de zeolieten luchtfilter te beoordelen, zowel als een eerste inschatting te maken van het potentieel als ammoniakreducerende maatregel. In tegenstelling tot de andere proeven die uitgevoerd werden voor RAMBO, is tijdens deze voorproef geen opvolging gedaan van neveneffecten. De proeven zijn uitgevoerd op de Varkenscampus (onderzoeks- en onderwijsstal van ILVO, UGENT en HOGENT). Doordat dit een voorproef was tijdens voorbereidingswerken in de stal zijn niet alle meetmethoden en gevolgde procedures hetzelfde als de vooropgestelde methoden beschreven in het "Test- en demonstratieplan emissiereducerende maatregelen varkens: ILVO Varkenscampus". Dit evaluatierapport focust op de beschrijving van de exacte materialen en methodes gebruikt in deze proef en de resultaten ervan. Overkoepelende inzichten over de gebruikte meetmethodes, praktijkervaringen en richtlijnen over de verschillende maatregelen heen worden gebundeld in andere verslagen, zoals "Ervaringsverslag meet- en evaluatiemethodes: varkens", "Rapport richtlijnen en staltips RAMBO maatregelen en -technieken: varkens" en "Totaalverslag maatregelen en technieken: varkens".



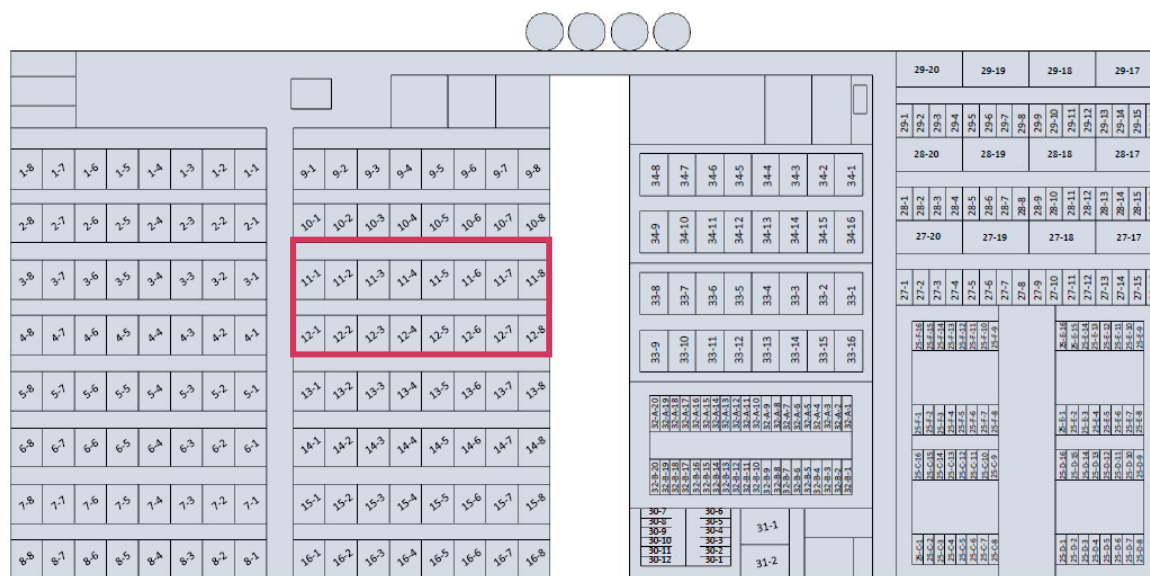
2. Materiaal en methoden



2.1 Omschrijving meetlocatie

De proeven werden uitgevoerd op de ILVO/HoGent/Ugent Varkenscampus (Merelbeke-Melle, België), een stal die zowel een proeflocatie is als een gesloten varkensbedrijf dat zoveel mogelijk representatief gerund wordt als een normaal varkensbedrijf. De varkenscampus werd geopend in 2015 en bestaat uit twee vleugels, onderling verbonden door een werkgang. In het rechtergedeelte (Figuur 1) bevinden zich de zeugen en (speen)biggen, het linkergedeelte bevat 16 vleesvarkensafdelingen, waarvan de helft AEA-afdelingen (V-4.7) met 50% dichte vloer en 50% roostervloer (afdelingen 1-4 en 9-12), waaronder zich een mestput met schuine wanden bevindt. De andere helft bestaat uit meer conventionele afdelingen met 100% roostervloer (afdelingen 5-8 en 13-16). Elke afdeling is opgedeeld in 8 hokken van 2 op 2.5m, waarin 5 varkens gehuisd werden. De mestputten van de verschillende afdelingen zijn gescheiden van elkaar en kunnen individueel geleegd worden. Elke afdeling heeft één luchtuitlaat met kleppen, type Stienen ADU-45, waarvan de uitgaande lucht terechtkomt in een centrale drukkamer boven de afdelingen. Van hieruit wordt de lucht via ventilatoren naar een biologische luchtwasser gebracht voor het de stal verlaat. De AEA-afdelingen hebben nog een tweede uitlaat die rechtstreeks naar buiten gaat. Afhankelijk van de proefopstelling wordt de lucht via de ene of de andere uitlaat afgevoerd. De traditionele afdelingen hebben slechts één uitlaat die de lucht eerst via de luchtwasser leidt.

Het klimaat wordt per afdeling geregeld via het Thomas® automatisatiesysteem van Hotraco Agri. De Prisma Farm Management software is geïnstalleerd, wat het mogelijk maakt om de data van de ventilatiecomputer lokaal op te slaan en de klimaatgegevens te exporteren. Door de ventilatoren die zich aan het uiteinde van de drukkamer boven de afdelingen bevindt, wordt de lucht naar buiten verplaatst. Dit creëert een onderdruk, waardoor de lucht vanuit de afdelingen via de uitlaatkanalen naar deze ruimte verplaatst wordt. De regelbare kleppen in de uitlaatkanalen regelen het ventilatiedebiet in de afdeling op basis van gemeten drukverschillen. De ingestelde ventilatiecurve is te vinden in Figuur 1. Er is altijd een minimale ventilatie van 400 m³/h. De maximale capaciteit is 3700 m³/h. De luchtinlaat verloopt via kanaalventilatie. De lucht komt via roosters in de vloer aan beide kopgevels terecht in de ondergrondse gangen. Van daaruit komt de lucht de afdeling binnen via de roosters in de vloer van de voeder gang. Op deze manier kan de lucht voorgeconditioneerd worden. Er is geen bijkomende koeling of verwarming mogelijk op deze manier.



Figuur 1. Grondplan van de Varkenscampus. In de linkervleugel bevindt zich de 16 vleesvarkensafdelingen, die elk onderverdeeld worden in 8 hokken met 5-6 varkens per hok. De 8 AEA afdelingen bevinden zich aan de bovenzijde (afdeling 1-4 en 9-12), de volrooster afdelingen bevinden zich in afdelingen 5-8 en 13-16. De voorproef ging door in afdelingen 11 en 12, aangeduid met een rood kader.

De varkens beschikken over ad libitum droogvoeder via een voederbak met voorraadbak. Water is vrij ter beschikking via een drinknippel met opvangbak. Elke afdeling heeft een raam aan de buitenmuur voor natuurlijke lichtinlaat. Er is aanvullend kunstlicht tussen 7u00 en 16u00. De proef waarin deze maatregel geëvalueerd werd speelde zich uitzonderlijk af in afdelingen 11 en 12, 2 AEA afdelingen met 50% betonvloer en 50% roostervloer, met mestput met schuine putwand.



2.2 Proefopzet

2.2.1 Geteste maatregel

In deze proef werd een luchtfilter met zeolieten getest. Hoewel de proef als voorproef bedoeld was om te evalueren hoe lang het filtermateriaal NH_3 zou blijven opnemen, heeft de proef uiteindelijk de volledige varkensronde gelopen. Het gebruikte toestel was het prototype RM50 filter systeem van Indumax BV. Het prototype werd al eerder getest in kortlopende proeven, waar een NH_3 -reductie van 26-49% te zien was gedurende 4 losse meetdagen (Maasdam, 2023). Het toestel is een losstaand model van nabij 2m x 1m x 1m, bestaande uit 8 cassettes die gevuld werden met 20kg vulling per cassette. De vulling bestond uit zeoliet, bentoniet, kalk en een kleine hoeveelheid actief kool. De lucht werd door de filter getrokken met behulp van 2 buisventilatoren met een maximale capaciteit van 1120 m³/h elk. Tijdens de proef stond de instelling op een totaal debiet van zo'n 700 m³/h. Door het opbouwende gehalte aan stof gedurende de ronde dat extra tegendruk kan veroorzaken is het niet zeker dat dit debiet de hele periode constant bleef.



Figuur 2. Illustratie van de filterbox geïnstalleerd in de varkensafdeling (links) en een foto van één van de gevulde cassettes (rechts).

2.2.2 Verloop van de proef

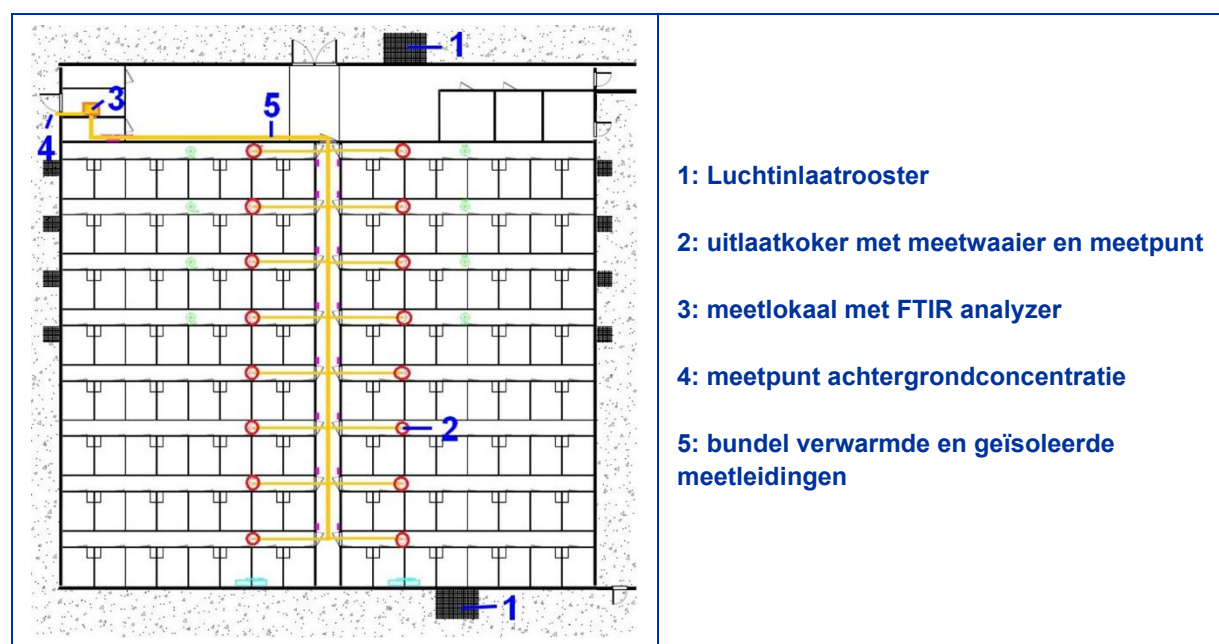
Op 8 november 2023 werden varkens van 10 weken oud en ongeveer 25kg verhuisd naar afdeling 11 en 12 van de vleesvarkensafdelingen in de Varkenscampus. Er werden 35 dieren gehuisvest per afdeling, verdeeld over 7 hokken met 5 dieren per hok. Eén hok stond leeg gedurende de volledige ronde. In afdeling 12 was dit de locatie waar de luchtfilter stond, in afdeling 11 was dit hok leeg om gelijke omstandigheden te creëren tussen beide afdelingen. Ook management van de dieren en de mestput werd zoveel mogelijk gelijk gehouden zoals gebruik van hetzelfde voeder en gelijke instellingen van de klimaatcomputer. De dieren en de hokken werden dagelijks geïnspecteerd om de algemene gezondheidsstatus te controleren, een constante toevoer van voeder en water te garanderen, de juiste temperatuur en ventilatie te controleren en gebeurtenissen te registreren. Indien nodig werden medicijnen gegeven zoals voorgeschreven en geadviseerd door de dierenarts. De luchtfilter werd al aan de start van de ronde in de afdeling geïnstalleerd, maar werd na een halve dag terug uit gezet om eerst de afdelingen te vergelijken zonder filter. Tien dagen na de start van de proef werd de filter terug aangezet. Daarna bleef deze in werking tot het einde van de proef op 5 februari 2024.

2.3 Emissiemetingen

Om emissies te meten en berekenen moeten zowel de concentratie van het pollutant in de uitgaande lucht als de hoeveelheid uitgaande lucht bekend zijn. In de varkenscampus is hiervoor aan de luchtuitlaat een leiding gehangen waarmee lucht continu afgezogen wordt en naar een gas analyser (FTIR) gestuurd wordt (zie Figuur 3). Voor het bepalen van het ventilatiedebiet in de afdelingen werd een meetwaaier geplaatst in de uitlaat. De gebruikte sensoren voor de emissiemetingen werden op regelmatige basis gekalibreerd en/of gevalideerd. Meer informatie in deze procedures en resultaten kan gevonden worden in het “Verificatierapport Varkenscampus”. De emissie wordt vervolgens als volgt berekend:

$$Emissie \left[\frac{g}{h} \right] = \left(\text{concentratie aan uitlaat} \left[\frac{g}{m^3} \right] - \text{concentratie buiten} \left[\frac{g}{m^3} \right] \right) * \text{ventilatiedebiet} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Bijkomend werd in deze proef het verwijderingsrendement van de filter opgevolgd door 2 vooraf gekalibreerde Drägers aan de in- en uitlaat van de filterbox te hangen (Figuur 4).



Figuur 3. Grondplan vleesvarkensgedeelte van de varkenscampus met opstelling voor emissiemetingen



Figuur 4. Opstelling voor emissiebepaling via sensoren aan de uitlaat (links) en voor bepaling van het verwijderingsrendement via concentratiemetingen aan de in- en uitlaat van de filter (rechts).

2.4 Dataverwerking

De FTIR gas analyzer wisselt elke 7 minuten naar een andere meetlocatie. Hierdoor is er geen volcontinue data aanwezig per afdeling, maar worden er regelmatige meetpunten genomen, met een minimale frequentie van 1 meetpunt per uur per meetlocatie (afdeling of buitenlucht). Enkel het gemiddelde van de laatste 2 meetminuten wordt gebruikt om de gasconcentraties te bepalen. Dit geeft de sensor tijd om te reageren op veranderende concentraties tussen afdelingen en om te stabiliseren. De concentratie in de afdeling wordt gecombineerd met de concentratie in de buitenlucht op basis van dichtste nabijheid in tijd. Het ventilatiedebiet wordt continu gemeten met behulp van meetwaaiers. Door de detectielimiet die bepaald werd op 10 Hz, worden alle debieten kleiner dan deze waarde op ongekend gezet. Er wordt een lopend gemiddelde genomen over 2 minuten en deze wordt gecombineerd met de concentratiemeting aan de uitlaat van de afdeling op basis van dichtstbijzijnde meetpunt met een maximaal tijdsverschil van 10 minuten. Door de continue metingen van de meetwaaiers is dit over het algemeen een 1-op-1 match in tijd. Op deze manier worden verschillende emissiemeetpunten bekomen. Deze emissiemeetpunten worden uitgemiddeld (uitgedrukt in g/u) en vermenigvuldigd met 24 om een emissie in g/dag te bekomen. Voor de omzetting naar dagwaarden moeten minimaal 16 uurwaarden aanwezig zijn. Deze dagwaarde wordt gedeeld door het aantal dieren in de afdeling tot een waarde per dag per dier bekomen wordt.

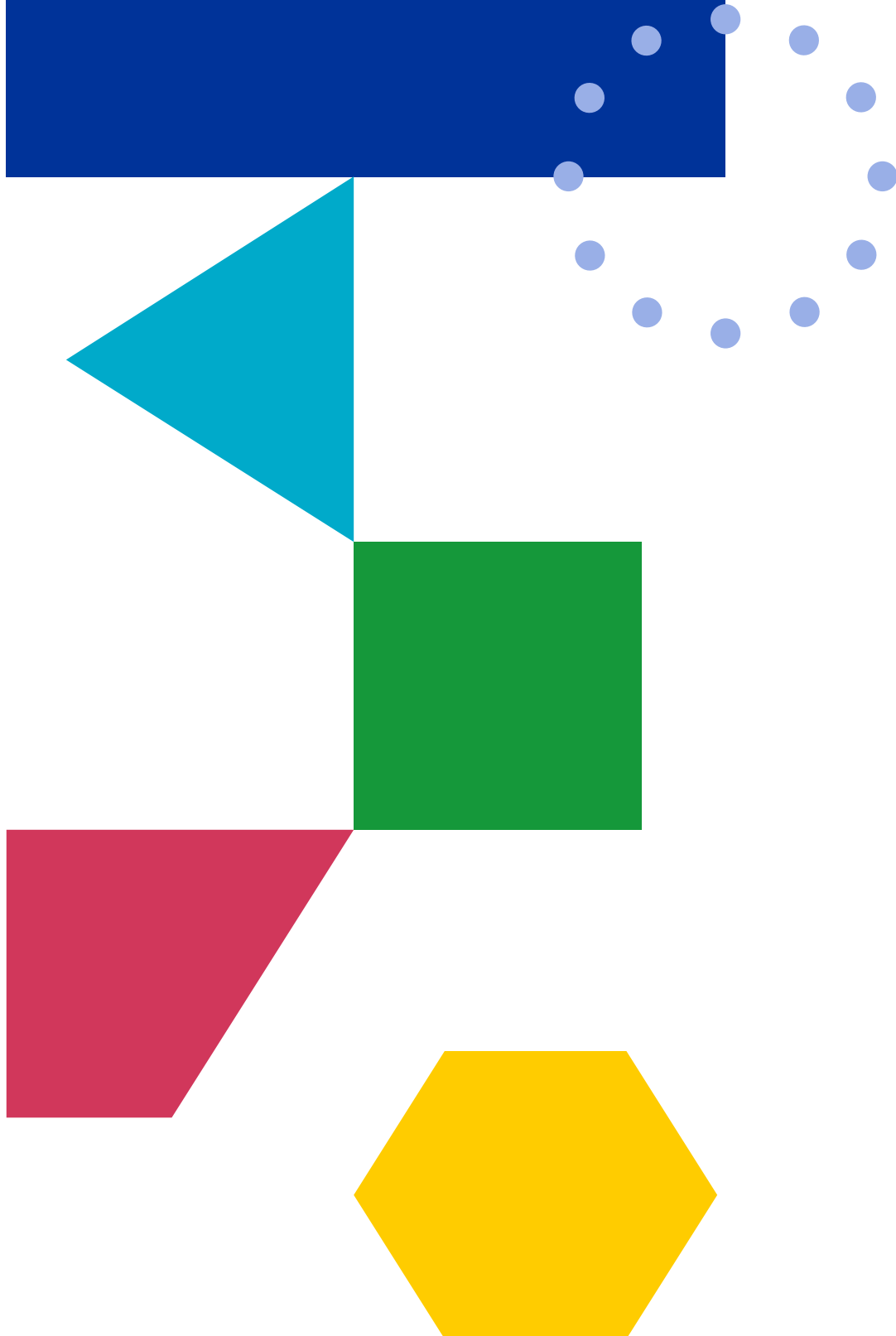
2.4.1 Ontbrekende gegevens

De concentratiewaarden van de FTIR gas analyser en de ventilatiewaarden van de meetwaaiers werden standaard gebruikt voor de emissieberekening. Tijdens deze verkennende voorproef waren er nog geen back-up sensoren voor concentratiegegevens aanwezig. In deze proef werden volgende technische storingen opgemerkt:

Start	Eind	Wat ging er mis?	Hoe werd dit aangepakt?
22/11/2023	12/12/2023	Geen data FTIR analyzer door werken in de stal voor herinstallatie en isolatie van de aanzuigleidingen.	Aangezien er geen aanzuigleidingen waren in de stal en er ook geen extra draadloze sensoren voor handen waren zijn er geen emissiemetingen gedurende deze periode.
05/12/2023	18/12/2023	Geen meetwaaier data door werken in de stal.	Deze periode overlapt voor een groot deel met de periode waarvoor ook geen concentratiegegevens beschikbaar waren. Emissies werden pas weer bepaald nadat beide sensoren terug actief waren.

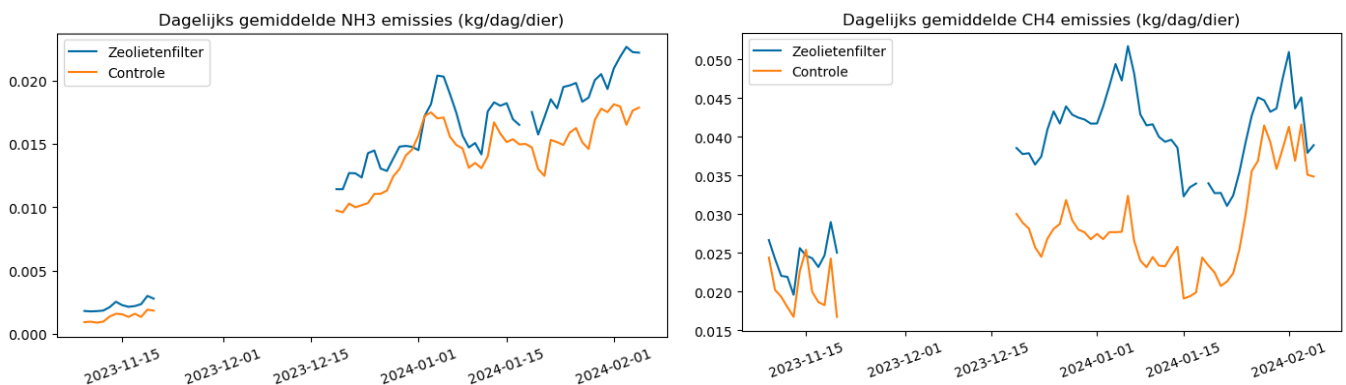


3. Resultaten en discussie



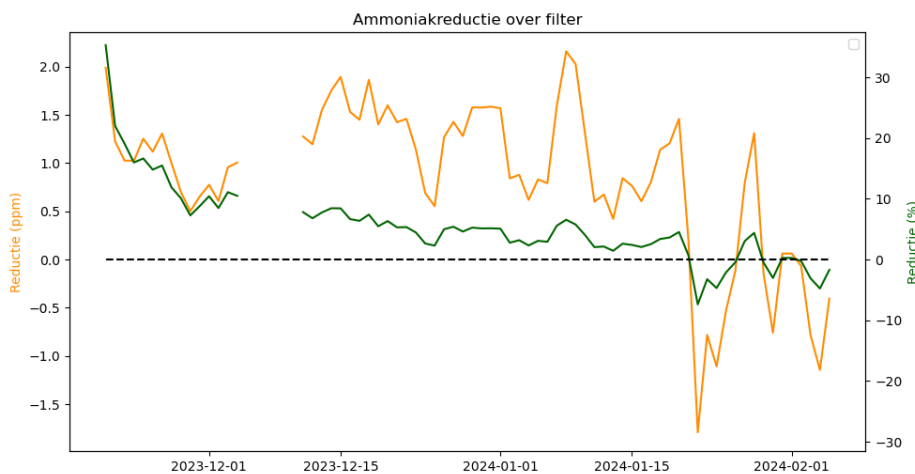
3.1 Resultaten

Het verloop van de emissies voor NH_3 en CH_4 in de behandelde afdeling en de controle-afdeling gedurende de proefronde kunnen teruggevonden worden in Figuur 5. De samenvattende gegevens voor het klimaat en de emissies is weergegeven in Tabel 1. Hieruit blijkt dat de afdeling waarin de luchtfilter geplaatst werd vanaf het begin van de ronde, en dus in de periode waarop de luchtfilter niet aan stond, een hogere emissie had dan de controle-afdeling, zowel op vlak van NH_3 als op vlak van CH_4 . Het verschil voor NH_3 bleef redelijk constant gedurende de volledige ronde. Voor methaan zijn meer schommelingen te zien, met name een kleiner verschil aan het begin van de ronde, toen de zeolietenluchtfilter uit stond en opnieuw een kleiner verschil aan het einde van de ronde. Voor die laatste periode komt dit overeen met een periode waarvoor de ventilatie van de afdeling met de zeolietenluchtfilter sterk omhoog ging en meer in de buurt kwam van de ventilaties van de controle-afdeling. Gedurende de volledige ronde was de ventilatie lager in de afdeling waarbij de filter getest werd (gemiddeld gezien 17%) en was de temperatuur hoger (met een gemiddeld verschil van $0,8^\circ\text{C}$). De lagere ventilatie wordt bevestigd door de hoger NH_3 - en CO_2 -concentraties in deze afdeling. Over de volledige ronde gezien, voor de periode waarvoor er data voorhanden waren, waren alle emissies hoger in de afdeling met de zeolietenfilter.



Figuur 5. Emissieverloop van NH_3 (links) en CH_4 (rechts) gedurende de vleesvarkens proefronde en de toedieningsmomenten van het additief in de behandelde afdeling.

De NH_3 -concentratiemetingen aan de in- en uitlaat van de filter zelf geven meer informatie over de reductie die gehaald werd door de unit. Het verloop van het verschil in concentratie tussen ingaande en uitgaande lucht is weergegeven in Figuur 6. Hieruit blijkt dat de reductie over de filter heen voor het grootste deel van de tijd tussen 0,5 en 2 ppm lag (0,8 ppm gemiddeld). Gemiddeld gezien werd aan de inlaat een concentratie van 23,1 ppm gemeten, wat goed overeenkomt met de gemiddelde waarde gemeten aan de uitlaat van de afdeling. Percentueel gezien was de reductie aan het begin van de ronde ongeveer 30%, maar dit nam al snel af tot een reductie van ongeveer 5%. Ook hier begon vanaf enkele weken voor het einde van de ronde de reductie over de filter sterk te schommelen en zelfs regelmatig onder nul te gaan.



Figuur 6. Ammoniakreductie gemeten over de filter via metingen aan de inlaat en de uitlaat in absolute waarde (oranje) en percentueel (groen).



Tabel 1. Gemiddelde cijfers voor het klimaat en de emissies gedurende de proefronde.

	Zeolietfilter	Controle
NH ₃ concentratie (ppm)	23,2	16,3
CO ₂ concentratie (ppm)	2515	2073
Temperatuur (°C)	21,9	21,1
Ventilatie (m ³ /u)	1074	1297
NH ₃ emissie (g/dag/dier)	13,9	11,8
CO ₂ emissie (kg/dag/dier)	2,74	2,64
CH ₄ emissie (g/dag/dier)	37,5	26,9

3.2 Discussie

Tijdens de volledige vleesvarkensronde was de NH₃-emissie hoger in de afdeling met de zeolietenfilter dan in de controle. Dit was echter vanaf de start van de ronde al zo, nog voor de filter aan stond. Het gebruik van de filter lijkt echter niet gezorgd te hebben voor een drastische verandering in deze verhouding. Dit wordt bevestigd door de metingen aan de filter zelf. Aan het begin van de ronde was de grootste percentuele reductie aan ammoniak te zien over de filter heen (zo'n 30%). Deze nam in enkele dagen af tot een percentage dat rond de 10% en later rond de 5% schommelde. Deze verlaging van reductiepercentage lijkt echter meer te maken te hebben met een stijging van de NH₃-concentraties in de stal en dus ook in de ingaande lucht dan met een achteruitgang van de reductie. Toch blijkt de opname van NH₃ door de filterunit beperkt, met in absolute waarde een gemiddeld verschil tussen de ingaande en uitgaande lucht van 0,8 ppm over de ronde heen. Dit beperkte verschil, gecombineerd met het ingestelde debiet doorheen de filter van 700 m³/h, zorgt voor een theoretische emissiereductie van slechts enkele percenten, wat inderdaad onvoldoende is om het geobserveerde verschil tussen de controle-afdeling en de afdeling met de zeolietfilter te overbruggen.

Ongeveer 2 weken voor het einde van de ronde is er echter ook een plotse daling in efficiëntie te zien. Deze plotse daling komt overeen met een sterke verhoging van de ventilatie in deze afdeling. De schommelende en vaak negatieve reducties die hierna te zien zijn kunnen komen door een verstoorde luchtstroom doorheen de filter of aanzuiging van stallucht langs de filteruitlaat waar de uitgaande concentratie bepaald werd. Dit laatste fenomeen zou kunnen zorgen voor een onderschatting van de werkelijke reductie over de filter.

Op vlak van methaan zijn de observaties opvallend. In de eerste periode waarin de filter nog uit stond en in de laatste 2 weken met verhoogde ventilatie waren de CH₄-emissies hoger in de afdeling met de luchtfilter, maar de verschillen zijn het meest uitgesproken in de periode ertussen. Dit kan een mogelijke aanwijzing zijn dat de extra luchtstromen die gecreëerd worden door de luchtfilter zorgen voor extra putventilatie, waardoor meer methaan in de afdeling terechtkwam en vervolgens afgevoerd werd.

De resultaten voor NH₃-reductie over de filter heen bekomen tijdens deze metingen in de stal zijn een pak lager dan wat eerder gemeten is door de Maasdam (2023). De meetperiode gebruikt in de vermelde studie is echter zeer kort, met 4 losse meetdagen, wat moeilijk te vergelijken valt met langdurige metingen over een periode van 11 weken. Toch was ook aan het begin van de ronde en bij de start van de metingen geen gelijkwaardige, hoge reductie te zien. Mogelijks kan een hoger reductiepercentage over de filter heen bereikt worden door de ventilatiesnelheid van de filter te verlagen. Ook kan het zijn dat de verdeling van het filtermateriaal in de cassettes niet voldoende homogeen was, zodat er preferentiële kanalen waren en de lucht minder in contact kwam met het filtermateriaal. Na het herverdelen van het materiaal tijdens de ronde was echter weinig verschil in reductie te zien.

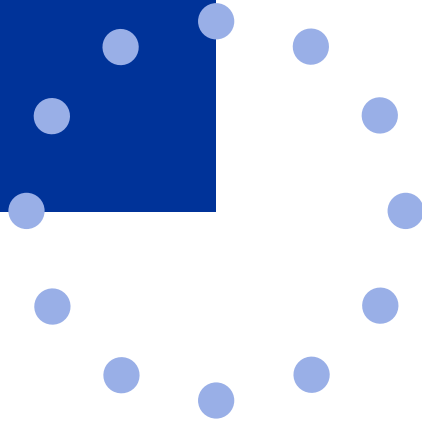
Het gebruik van de luchtfilter in de stal zorgde ook voor enkele praktische obstakels, zoals de plaatsing van de redelijk omvangrijke unit. Tijdens de proef werd een hok leeggelaten om de unit in te plaatsen. Dit was nodig omdat deze unit niet in de voedergang kon staan zonder de doorgang te versperren, wat zowel praktisch onhandig is, maar ook veiligheidshalve



voor problemen kan zorgen. Het design van de unit zou dus aangepast moeten worden zodat deze zich niet in de afdeling zelf moet bevinden. Daarnaast is elektriciteitsverbruik ook iets om rekening mee te houden. De twee ventilatoren die de luchtstroom doorheen de filter voorzien verbruiken een aanzienlijke hoeveelheid elektriciteit. Hoewel het filtermateriaal langdurig werkzaam leek, zal ook dit regelmatig vervangen moeten worden. Als laatste is er ook de aankoop prijs van de unit zelf, die bovendien slechts één afdeling tegelijk kan bedienen. Dit alles maakt dat de huidige opstelling praktisch moeilijk implementeerbaar is op grote schaal in een praktijkstal en als weinig beloftevol bevonden wordt, zeker in verhouding tot de reducties die in deze proef bekomen werden.



4. Conclusies



4.1 Conclusies

Op basis van de uitgevoerde metingen kan worden geconcludeerd dat de onderzochte zeolietenluchtfILTER onder de huidige omstandigheden slechts een beperkte bijdrage levert aan de reductie van ammoniakemissies uit een vleesvarkensstal. Hoewel over de filter heen een ammoniakreductie werd vastgesteld, bleef deze in absolute termen beperkt. Na een initiële reductie van ongeveer 30% daalde de efficiëntie snel tot waarden rond 5 à 10%, wat resulteerde in een gemiddeld concentratieverschil van slechts 0,8 ppm tussen de ingaande en uitgaande lucht. In combinatie met het toegepaste filterdebiet van 700 m³/h leidt dit slechts tot een theoretische emissiereductie van enkele procenten, onvoldoende om een merkbare impact te hebben op de totale afdelingsemissie.

De hogere ammoniakemissies die gedurende de volledige ronde werden vastgesteld in de afdeling met de zeolietenfilter kunnen niet rechtstreeks aan de filter worden toegeschreven, aangezien dit verschil reeds aanwezig was vóór de ingebruikname van het systeem. De metingen suggereren echter dat het gebruik van de filter dit verschil niet substantieel heeft kunnen verkleinen. Daarnaast wijzen de resultaten erop dat de prestaties van de filter of de concentratiemetingen aan de in- en uitlaat gevoelig kunnen zijn voor veranderingen in ventilatie en luchtstromen. De sterke daling in efficiëntie tijdens de laatste weken van de ronde viel samen met een verhoogde ventilatie, waardoor verstoringen van de luchtstromen rond de filter mogelijk hebben geleid tot een verlaging van de ammoniak reductie of tot een onderschatting van de werkelijke reductie.

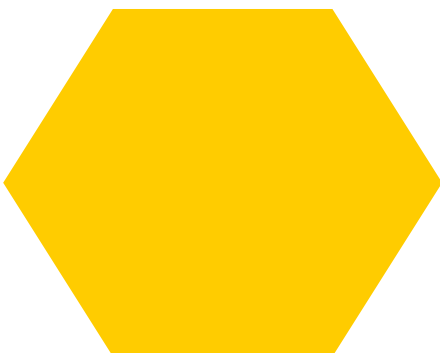
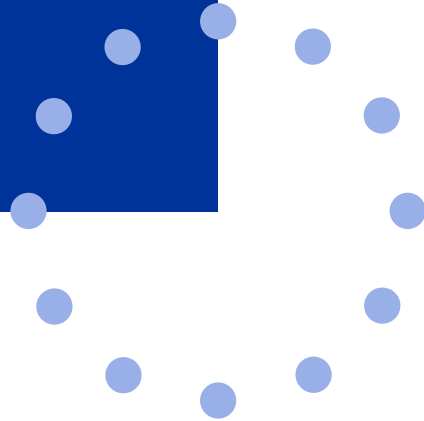
Verder werden aanwijzingen gevonden dat het gebruik van de luchtfILTER de luchtcirculatie in de stal beïnvloedt en mogelijk zorgt voor een verhoogde putventilatie. Dit zou kunnen verklaren waarom de methaanemissies gedurende een groot deel van de meetperiode hoger waren in de afdeling met de filter. Deze vaststelling verdient verdere aandacht, aangezien een emissiereducerende techniek niet mag leiden tot ongewenste neveneffecten op andere emissies.

Ook op praktisch vlak werden verschillende beperkingen vastgesteld. De omvang van de filterunit bemoeilijkt de integratie in bestaande stallen, terwijl het elektriciteitsverbruik, de nood aan periodieke vervanging van filtermateriaal en de investeringskost de economische haalbaarheid verder beperken. Bovendien kan de huidige configuratie slechts één afdeling tegelijk behandelen, wat de toepasbaarheid op praktijkschaal aanzienlijk beperkt.

Samenvattend tonen de resultaten aan dat de onderzochte zeolietenluchtfILTER in haar huidige uitvoering onvoldoende potentieel heeft als effectieve emissiereducerende techniek voor de vleesvarkenshouderij. Hoewel optimalisaties, zoals een aangepast debiet, een verbeterde versie van het filtermateriaal of een aangepast ontwerp van de unit mogelijk tot betere prestaties kunnen leiden, wordt de huidige opstelling als weinig veelbelovend beschouwd voor grootschalige praktische toepassing.



5. Referenties



5.1 Referenties

Maasdam, E. 2023. Verificatie van het Farmer Technologies BV zeolieten filter. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1408.



In samenwerking met/ met steun van:



Gefinancierd door
de Europese Unie

RAMBO



Proefbedrijf
Pluimveehouderij
Provincie Antwerpen



Provincie
Antwerpen



Provincie Noord-Brabant

