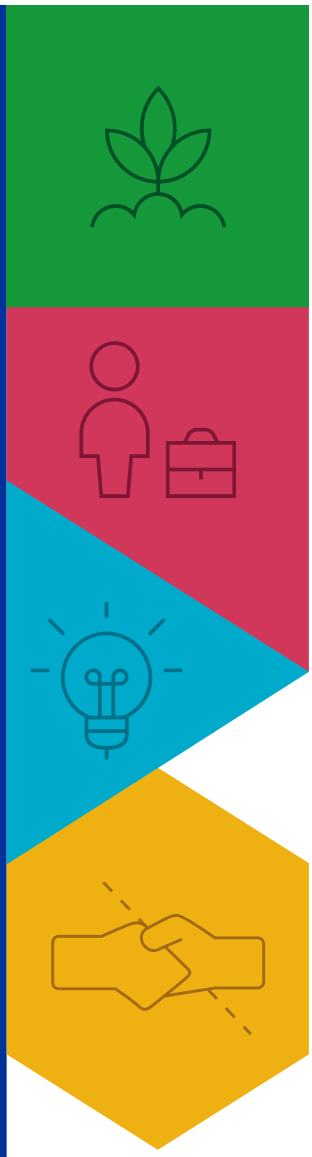
Interreg
Vlaanderen-Nederland

Gefinancierd door
de Europese Unie

Evaluatierapport

Vlaspulver als strooisel bij vleeskuikens



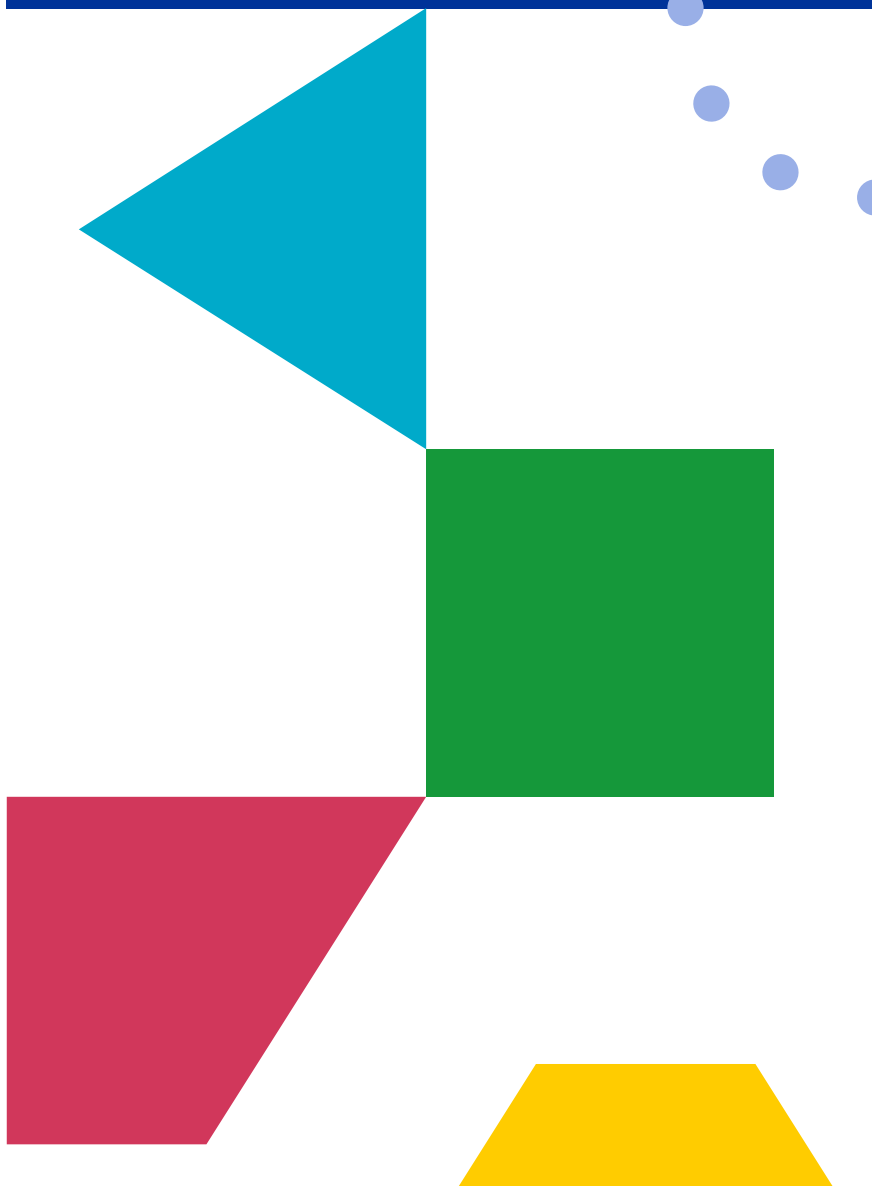
Hoog
mikken voor
de lage landen!

grensregio.eu

Inhoud

1. Inleiding 3
   1.1 Kadering document 4
2. Materiaal en methoden 5
   2.1 Omschrijving meetlocatie 6
   2.2 Proefopzet 8
      2.2.1 Geteste maatregel 8
      2.2.2 Proefomstandigheden 8
   2.3 Metingen 10
      2.3.1 Emissiemetingen 10
      2.3.2 Technische resultaten 12
      2.3.3 Strooiselkwaliteit en pH 12
      2.3.4 Beoordeling hak- en voetzoollaesies 13
   2.4 Dataverwerking 14
      2.4.1 Emissieberekening 14
      2.4.2 Ontbrekende gegevens 16
3. Resultaten en discussie 17
   3.1 Resultaten 18
      3.1.1 NH_3-emissie 18
      3.1.2 Technisch resultaat 24
      3.1.3 Strooiselkwaliteit en pH 25
      3.1.4 Beoordeling voetzool en hakken 28
   3.2 Discussie 29
4. Conclusies 30
5. Referenties 33

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). Het beschrijft de proeven die uitgevoerd zijn om het potentieel van “vlaspulver strooisel” als haalbare ammoniakreducerende maatregel bij vleeskuikens te evalueren. Het doel van deze proef is een eerste screening uit te voeren om de grootteorde van het ammoniakreducerend effect te bepalen, inzichten te krijgen in eventuele neveneffecten en de haalbaarheid van de maatregel in praktische context te bepalen.

De proeven zijn uitgevoerd op het Proefbedrijf Pluimveehouderij (Geel, België) op basis van de vooropgestelde methoden beschreven in het “Test- en demonstratieplan emissiereducerende maatregelen pluimvee”. Dit evaluatierapport focust op de beschrijving van de exacte materialen en methodes gebruikt in deze proeven en de resultaten van het onderzoek.

Overkoepelende inzichten over de gebruikte meetmethodes, praktijkervaringen en richtlijnen over de verschillende maatregelen heen worden gebundeld in andere verslagen, zoals “Ervaringsverslag meet- en evaluatiemethodes: pluimvee”, “Rapport richtlijnen en staltips RAMBO maatregelen en technieken: varkens” en “Totaalverslag maatregelen en technieken: pluimvee”.

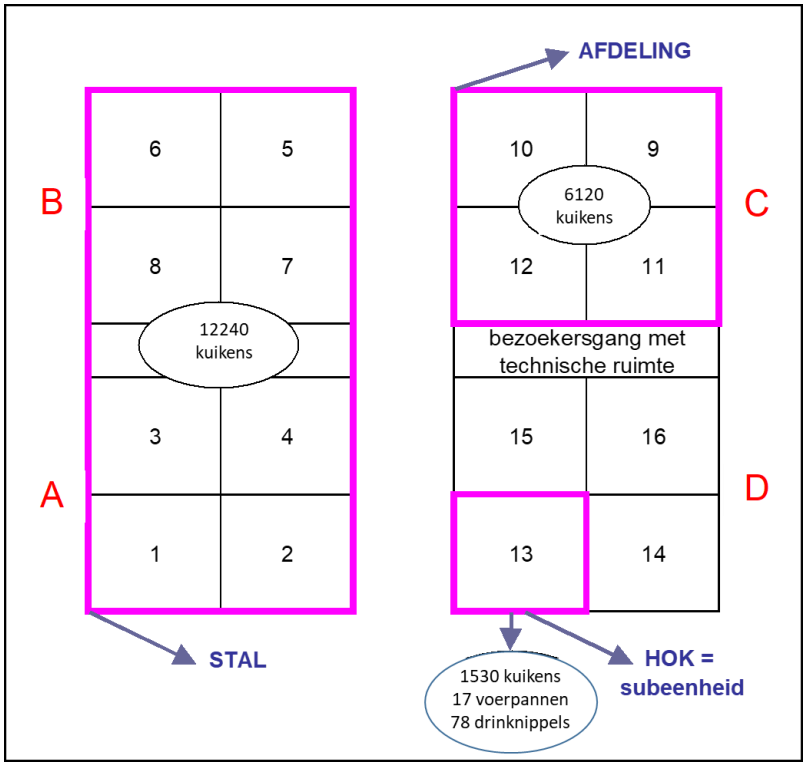
2. Materiaal en methoden



2.1 Omschrijving meetlocatie

Het Proefbedrijf Pluimveehouderij van de Provincie Antwerpen (gelegen in Geel, België) beschikt over meerdere stallen voor vleeskuikens.

- De stallen AB en CD zijn gebouwd in 1993 en bestaan elk uit 2 afdelingen van 300 m² die gescheiden zijn van elkaar met een werkgang. Iedere afdeling is onderverdeeld in 4 proefgroepen van 75 m². Per proefgroep worden 1530 kuikens opgezet, dit komt op 6120 kuikens per afdeling, dus in totaal 24480 kuikens in deze 2 stallen. Van elke afdeling wordt het klimaat volledig apart gestuurd en geregistreerd. De stal is uitgerust als een standaard vleeskuikenstal met grondhuisvesting, nokventilatie en centrale verwarming.

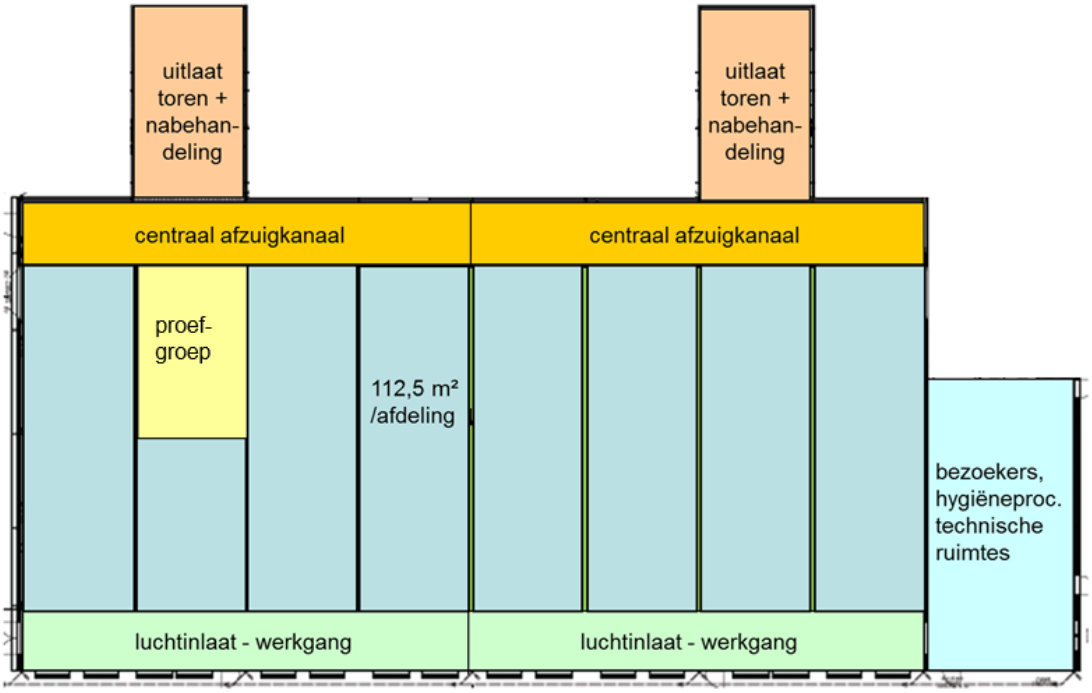


Figuur 1: Grondplan vleeskuikenstal AB en CD op Proefbedrijf Pluimveehouderij



Foto 1: Inrichting vleeskuikenstal AB en CD op Proefbedrijf Pluimveehouderij

- Stal E is gebouwd in 2014 en bestaat uit 8 afdelingen van 112,5 m², die elk onderverdeeld zijn in 2 proefgroepen. Per proefgroep worden 1150 kuikens opgezet, dit komt dus op 2300 kuikens per afdeling en 18400 kuikens in totaal in stal E. De stal is voorzien van centrale verwarming en lengteventilatie met centrale afzuiging. Wat betreft voeder- en watervoorziening is de stal uitgerust als een standaard vleeskuikenstal. Van elke afdeling wordt het klimaat volledig apart gestuurd en geregistreerd.



Figuur 2: Grondplan vleeskuikenstal E op Proefbedrijf Pluimveehouderij



Foto 2: Inrichting vleeskuikenstal E op Proefbedrijf Pluimveehouderij

In deze stallen zijn diverse onderzoeken omtrent klimaatregeling, voeder, management alsook emissiemetingen mogelijk.
Meer gedetailleerde info over indeling stallen, klimaatregeling en methodiek voor emissiemetingen is beschikbaar in het 'Test- en demonstratieplan PP' opgesteld voorafgaand aan de metingen.

2.2 Proefopzet

2.2.1 Geteste maatregel

Ammoniak (NH_3) ontstaat in een pluimveestal door de omzetting van urinezuur naar ureum, dat vervolgens wordt omgezet naar ammoniak. Deze omzettingen in de strooisellaag zijn afhankelijk van een aantal factoren, waaronder pH, temperatuur, zuurstofgehalte, vochtgehalte, stikstofgehalte, luchtsnelheid, oppervlakte van de strooisellaag, rulheid van de strooisellaag, ….

Maatregelen en technieken die ingrijpen op deze factoren kunnen potentieel de emissie van ammoniak sterk reduceren. In kader van het RAMBO project is het effect van het gebruik van vlaspulver als strooiselmateriaal onderzocht. Vlaspulver is een fijn materiaal dat veel vocht kan absorberen.

Het effect van vlaspulver op de emissie van ammoniak is vergeleken met de emissie bij stropulver als strooisel. Stropulver is gemalen tarwestro dat gepelletteerd is en dan terug (deels) verkruimeld. Vlaspulver strooisel bestaat uit vlaslemen die eerst fijn gemalen zijn en dan gepelletteerd zijn. Deze pellets zijn vervolgens terug verkruimeld. Bij het instrooien met 1,5 kg/m² vlaspulver strooisel bekom je een dunne laag fijn strooisel.

2.2.2 Proefomstandigheden

Het effect van de potentiële emissiereducerende maatregel wordt geëvalueerd via een ‘case-control’ proefopzet met continue metingen van de emissie tijdens de vleeskuikenrondes, waarbij elke maatregel in meerdere rondes verspreid over het jaar en in meerdere afdelingen per ronde bemeten wordt om seizoensinvloeden en afdelingseffecten uit te sluiten. Per ronde worden de proefbehandelingen random verdeeld over de afdelingen waarbij er telkens 2 controle-afdelingen zijn en minstens 2 proefafdelingen (met de potentieel emissiereducerende techniek).

In de controle-afdelingen worden zoveel mogelijk normale praktijkomstandigheden aangehouden:

- Kuikens: Ross 308 kuikens (as hatched) opgezet als ééndagskuiken aan bezetting van ca. 20,5 kuikens/m²
- Bezettingsdichtheid maximaal 42 kg/m²
- Groeiperiode: 40 dagen, met uitladen van ca. 24% van de kuikens op dag 33
- Voeder: ad libitum verstrekking van droogvoeder via voederpannen, toepassing van 4-fasen voedering met bijmenging van volledige tarwe. Het startvoeder is in kruimelvorm. Het groei 1, groei 2 en eindvoeder zijn korrelvoeders (pellets). Vanaf dag 9 wordt volledige tarwe bijgemengd met tarwe% oplopend van 5% tot 39%.

Tabel 1: Voederschema: eiwitgehalte per voederfase

Leeftijd	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Periode (dagen)	0 tot 10	10 tot 18	18 tot 30	30 tot einde
Ruw eiwitgehalte % (in complete voeder)	20,8%	19,1%	18,5 %	18,0%

- Water is vrij beschikbaar via drinknippels aan de drinklijn. De hoogte van de waterlijn en waterdruk wordt aangepast naargelang de groei van de kuikens om vermorsing te voorkomen.
- Verlichting met LED-lampen: lichtsterkte van 20 lux en een lichtschema met 6 uur donker vanaf dag 1 tot 3 dagen voor laden.

Tabel 2: Lichtschema en lichtsterkte tijdens de ronde

Leeftijd	Lichtschema	Lichtsterkte
0	23L:1D	20
1-5	9L:3D:9L:3D	20
6-37	12L:1D:3L:4D:3L:1D	20
38-40	23L:1D	20

- Klimaat: de streeftemperatuur in de afdelingen is leeftijdsafhankelijk en varieert tussen de 33°C op dag 0 en 19°C op dag 40. De minimale ventilatie is ingesteld op 1,5 m³/uur/ kg levend gewicht op dag 0 en neemt tijdens de ronde af naar 0,7 m³/uur/kg levend gewicht. Tijdens de zomermaanden wordt nevelkoeling toegepast.

Tabel 3: Instelling streefwaardes voor temperatuur en minimumventilatie

Leeftijd	d0	d1	d3	d7	d14	d21	d28	d35	d40
Temperatuur	33,0	32,5	31	29	26,8	24,7	22,6	20.5	19
Minimum ventilatie (m³/uur/kg LG)	1,5	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7

Bij de potentieel emissiereducerende techniek/maatregel worden alle omstandigheden en instellingen gelijk gehouden aan deze bij de controlegroepen, behalve deze die specifiek gelinkt zijn aan de maatregel / techniek zelf. Tussen de verschillende afdelingen worden alle instellingen gelijk gehouden.

De emissies bij het gebruik van vlaspulver als strooisel zijn gedurende 4 rondes vergeleken met de emissie bij stropulver als strooisel:

Ronde 1:	stal E	periode: 2/05/2024 – 11/06/2024
Ronde 2:	stal ABCD	periode: 8/08/2024 – 17/09/2024
Ronde 3:	stal E	periode: 4/10/2024 – 13/11/2024
Ronde 4:	stal ABCD	periode: 24/04/2025 – 3/06/2025

Tabel 4: Overzicht van proefopzet met vlaspulver strooisel versus stropulver

	Stropulver	Vlaspulver
Afdelingen	Ronde 1: E2, E6 Ronde 2: B, D Ronde 3: E4, E7 Ronde 4: A, C	Ronde 1: E1, E4, E7 Ronde 2: A, C Ronde 3: E2, E6, E8 Ronde 4: B, D
Aantal dieren/afdeling (as hatched: ca. 50% haan en ca. 50% hen)	Ronde 1 en 3: 2300 Ronde 2 en 4: 6120	Ronde 1 en 3: 2300 Ronde 2 en 4: 6120
Strooisel + hoeveelheid	1,5 kg/m² voor opzet	1,5 kg/m² voor opzet
Lengte ronde (dagen)	40	40
Uitladen	Ja, ca. 24% op dag 33	Ja, ca. 24% op dag 33

Bij beide groepen zijn de stallen voor de opzet ingestrooid met 1,5 kg/m², tijdens de ronde is er niet bijgestrooid.

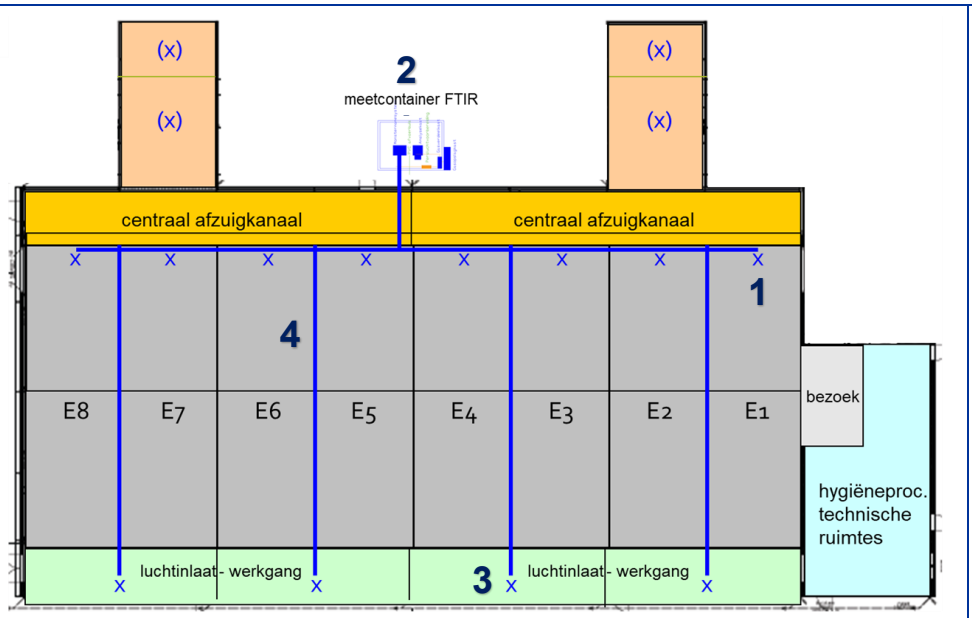
2.3 Metingen

2.3.1 Emissiemetingen

Om de emissie vanuit stallen te bepalen moeten zowel de concentratie van het polluent in de inkomende en de uitgaande lucht als de hoeveelheid uitgaande lucht bekend zijn. De emissie wordt als volgt berekend:

$$Emissie\ \left[\frac{g}{dag}\right] = \left(concentratie\ aan\ uitlaat\ \left[\frac{g}{m^3}\right] - concentratie\ inlaat\ \left[\frac{g}{m^3}\right]\right) * ventilatiedebiet\ \left[\frac{m^3}{h}\right] * 24$$

Vleeskippenstal E:
In stal E is een FTIR gasanalyser voorzien waarmee de concentraties aan NH_3, CO_2, CH_4, N_2O en vocht in de lucht gemeten wordt. Vanuit elke afdeling wordt via teflonmeetleidingen lucht afgezogen naar de FTIR analyser. Daarnaast wordt ook de inkomende lucht op 4 plaatsen bemonsterd. Een multisampler zorgt ervoor dat afwisselend de lucht van 1 van de 12 meetleidingen (8 afdelingen, 4x inkomende lucht) geanalyseerd wordt (zie figuur 3). De FTIR analyser wordt om de 6 maand gekalibreerd.



1: meetpunt uitgaande stallucht ter hoogte van de ventilatiekoker met meetwaaier (aangeduid met 'x')

2: meetlokaal met FTIR analyser en multisampler

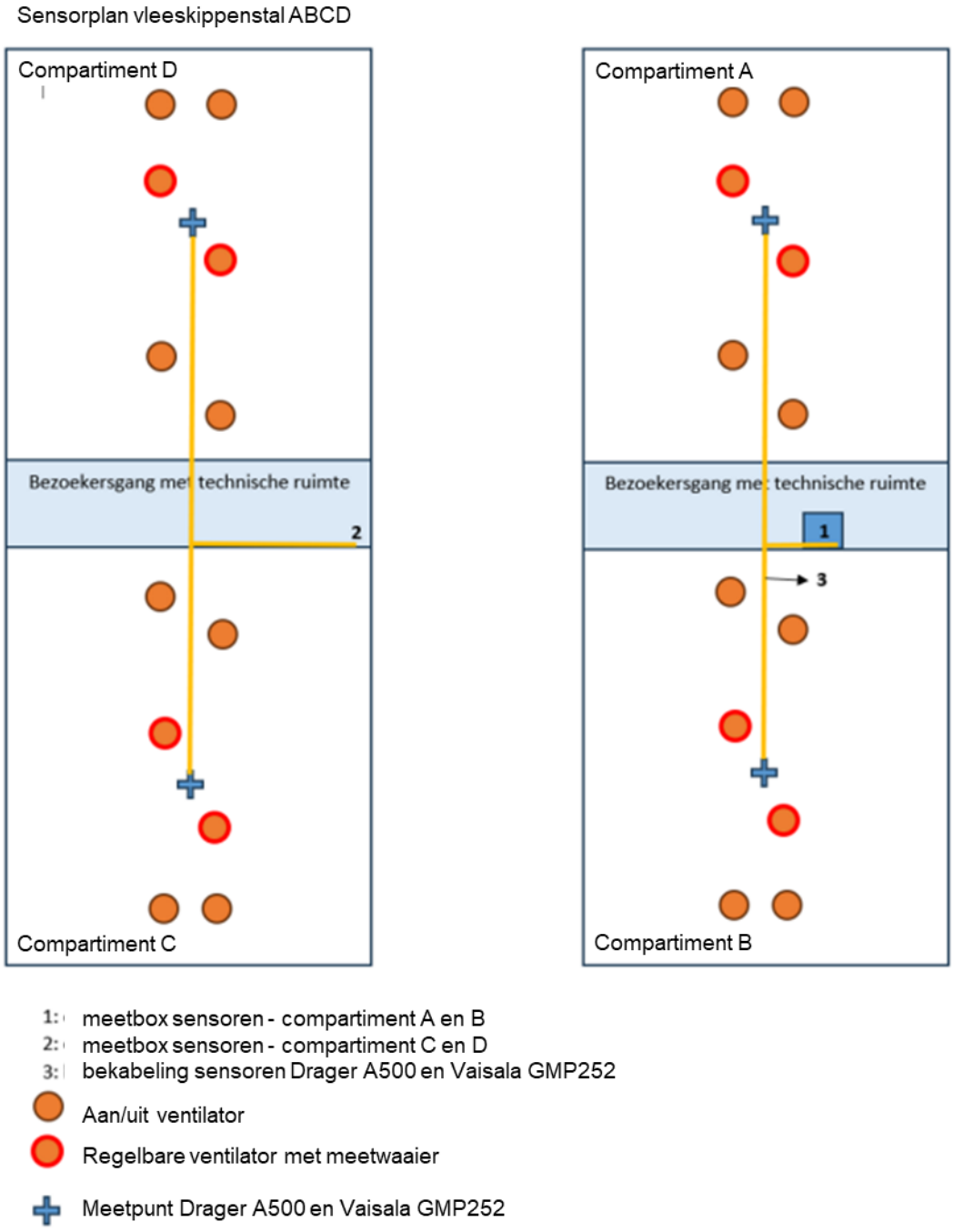
3: meetpunt inkomende lucht (aangeduid met 'x')

4: teflon meetleidingen (blauwe kleur), verwarmd en geïsoleerd tussen afdeling en analyser

Figuur 3: Grondplan vleeskuikenstal E op Proefbedrijf Pluimveehouderij met gas analyser (FTIR) opstelling voor emissiemetingen

Het ventilatiedebiet wordt bepaald met meetwaaiers (ATM35 en ATM80, Fancom BV, Panningen) aangesloten op de F21 klimaatregelaar. Via de Fancom FarmManager software worden de data m.b.t. het ventilatiedebiet gelogd. De meetwaaiers zijn jaarlijks gekalibreerd. Bijkomend kan het ventilatiedebiet ook bepaald worden o.b.v. de CO_2-massabalansmethode.

Vleeskippenstal ABCD:
Voor de meting van NH_3 en CO_2 in de uitgaande lucht is stal ABCD uitgerust met sensoren, nl. Dräger Polytron A500 met 'FL' sensorelement voor NH_3 en Vaisala GMP252 voor CO_2. De concentraties in de inkomende lucht worden gemeten met de FTIR analyser (stal E). De Dräger en Vaisala sensoren worden om de 6 maand gekalibreerd. Het ventilatiedebiet wordt bepaald met de CO_2-massabalansmethode.
Daarnaast wordt via de Fancom klimaatregelaar (F21, FarmManager software) ook een ventilatiedebiet geregistreerd (o.b.v. de capaciteit van de ventilator bij 15 Pa onderdruk vermeld op de technische fiche van de ventilator).



Figuur 4: Grondplan vleeskuikenstal ABCD op Proefbedrijf Pluimveehouderij met aanduiding locatie sensoren: Drager A500 (NH_3) en Vaisala GMP252 (CO_2)

2.3.2 Technische resultaten

Tijdens de vleeskuikenrondes zijn dagelijks de uitval, voeder- en waterverbruik geregistreerd. Via een automatisch dierweegsysteem kan ook het diergewicht continu opgevolgd worden. Daarnaast worden tijdens de ronde ook op vaste tijdstippen kuikens individueel gewogen:

-op dag 7 en 21: 50 kuikens per proefgroep (200 per afdeling in stal ABCD en 100 per afdeling in stal E)

-op dag voor uitladen en dag voor wegladen: 75 kuikens per proefgroep (300 per afdeling in stal ABCD en 150 per afdeling in stal E) waarbij ook het geslacht (haan/hen) genoteerd wordt.

De technische resultaten (dagelijkse groei, cumulatief uitval%, cumulatief voeder- en waterverbruik, voederconversie en productiegetal) zijn berekend op basis van deze gegevens. De voederconversie is berekend door het totale voederverbruik te delen door het totaal gewicht van de geleverde vleeskuikens.

2.3.3 Strooiselkwaliteit en pH

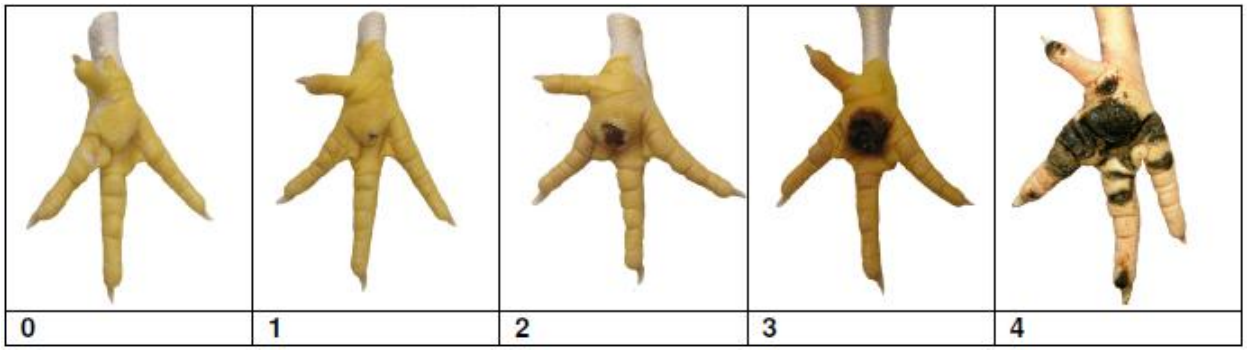
Wekelijks zijn per proefgroep monsters genomen van de strooisellaag voor bepaling van de pH en het drogestofgehalte. Deze monsters zijn in een droogstoof bij 85°C gedroogd tot constant gewicht. Daarnaast is de strooisellaag ook wekelijks visueel beoordeeld op rulheid en vochtigheid. Hierbij worden rulheid en vochtigheid apart beoordeeld, waarbij telkens een score gegeven wordt van 1 tot 10. Een hogere score wijst hierbij op een betere strooiselkwaliteit (tabel 5).

Tabel 5: Beschrijving scoresysteem voor visuele beoordeling van de strooiselkwaliteit met score van 0 tot 10 voor rulheid en vochtigheid van de strooisellaag (van Harn et al., 2017)

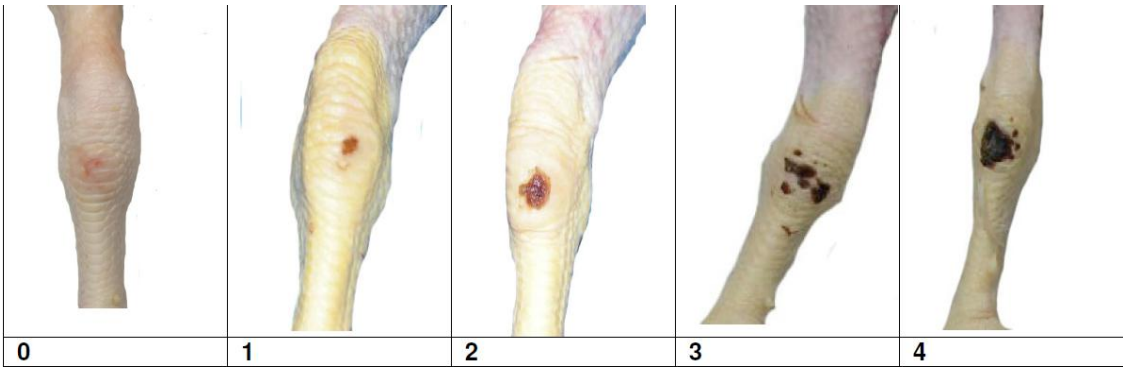
Score	Omschrijving rulheid	Omschrijving vochtigheid
1	Volledig dichtgeslagen strooisel	Nat strooisel, bij drukken op strooisel treedt er water naar buiten over hele stal
2	80-90 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen	Nat strooisel, onder drinklijn treedt bij drukken op het strooisel water naar buiten
3	70-80 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen	Nat strooisel, onder drinklijn treedt bij drukken op het strooisel nog geen water naar buiten
4	60-70 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen	Nat strooisel, donker van kleur. Van het strooisel kan een bal gemaakt worden. Flinke rug onder de drinklijn.
5	50-60 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen	Nat strooisel, donker van kleur, rug onder drinklijn, rest van het strooisel begint dicht te ‘slaan’
6	40 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen	Relatief droog strooisel, strooisel vrij donker van kleur, kleine ‘rugvorming’ onder drinklijn. Strooisel tussen drinklijn en voerlijn nog rul.
7	30 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen	Relatief droog strooisel, onder drinklijn vrij donker van kleur, de rest licht/donker van kleur, beginnende ‘rugvorming’ onder drinklijn
8	10 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen	Relatief droog strooisel, licht donker van kleur, nog geen ‘rugvorming’ onder drinklijn
9	Volledig rul strooisel, beginnende plaatjesvorming	Droog strooisel, licht van kleur
10	Volledig rul strooisel, nog geen plaatjesvorming	Zeer droog strooisel

2.3.4 Beoordeling hak- en voetzoollaesies

Voor het laden van de kuikens zijn de voetzolen en hakken van 80 kuikens (40 hennen en 40 hanen) per afdeling beoordeeld. Hierbij is per kuiken voor de voetzolen en hakken een aparte score gegeven van 0 tot 4 volgens het score systeem opgenomen in het Welfare Quality Assessment Protocol (2009).



Figuur 5: Score voetzoolbeoordeling volgens Welfare Quality® (2009).



Figuur 6: Score beoordeling haklaesies volgens Welfare Quality® (2009).

2.4 Dataverwerking

2.4.1 Emissieberekening

De emissie wordt berekend door het verschil in concentratie tussen de uitgaande en inkomende lucht te vermenigvuldigen met het ventilatiedebiet.

$$Emissie\ \left[\frac{g}{dag}\right] = \left(concentratie\ aan\ uitlaat\ \left[\frac{g}{m^3}\right] - concentratie\ inlaat\ \left[\frac{g}{m^3}\right]\right) * ventilatiedebiet\ \left[\frac{m^3}{h}\right] * 24$$

Concentraties NH_3 en CO_2 in de inkomende en uitgaande lucht:

De ruwe data voor NH_3 en CO_2 zijn op basis van de kalibratiefactoren bepaald bij de 6-maandelijkse kalibratie omgerekend naar gecorrigeerde gasconcentraties (ppm). Deze kalibratiefactoren zijn bepaald via lineaire regressie (zie Verificatierapport Vleeskuikens). De gasconcentraties gemeten in ppm worden vervolgens omgerekend naar 'gram/m³ '

$$Concentratie\ \left[\frac{g}{m^3}\right] = (\ a * \ [gemeten\ concentratie\ in\ ppm] + b\ ) * \beta$$

Met: a = helling (slope) van lineaire regressie van de kalibratie

b = constante (intercept) van lineaire regressie van de kalibratie

β = omrekeningsfactor van ppm naar g/m³ bij een vaste temperatuur

Ventilatiedebiet:

In stal E is het ventilatiedebiet gemeten met gekalibreerde meetwaaiers. De ruwe data geregistreerd door de klimaatregelaar zijn omgerekend naar een gecorrigeerd ventilatiedebiet op basis van de kalibratiefactoren bepaald bij de jaarlijkse kalibratie van de ventilatiekokers (zie Verificatierapport Vleeskuikens).

$$ventilatiedebiet\ \left[\frac{m^3}{uur}\right] = (\ a * \ [gemeten\ ventilatie\ \%\ meetwaaier] + b\ )$$

met: a = helling (slope) van lineaire regressie van de kalibratie

b = constante (intercept) van lineaire regressie van de kalibratie

Voor zowel stal E als stal ABCD is het ventilatiedebiet ook bepaald via de CO_2-massabalans methode, Deze methode gebruikt de CO_2-productie door de kuikens en vanuit de strooisellaag als natuurlijk tracer gas om het ventilatiedebiet te bepalen. De CO_2-productie (PCO_2 in m³/uur/dier) wordt berekend op basis van de warmteproductie **φ**tot (W) door de dieren. Voor vleeskuikens wordt volgende formule gebruikt om de CO_2-productie (op stalniveau, gemiddeld over 24 uur) te berekenen (Pedersen et al., 2008; CIGR, 2002):

$$PCO_2 = 0.180 * 10.62 * m^{0.75} * 0.001, m < 0.5 \quad (1)$$
$$PCO_2 = 0.185 * 10.62 * m^{0.75} * 0.001, m > 0.5 \quad (2)$$

met: *m* = gewicht van de kuikens (in kg)

Het ventilatiedebiet wordt dan verder berekend als volgt (Pedersen et al., 2008; CIGR, 2002):

$$V = \frac{PCO_2 * aantal\ dieren}{([CO_2]_{uitgaand} - [CO_2]_{inkomend}) * 10^{-6}} \quad (3)$$

Met: V = ventilatiedebiet (in m³/uur, gemiddelde over 24 uur, op afdelingsniveau)
PCO_2 = CO_2-productie (in m^3/uur/dier) op stalniveau
$[CO_2]$uitgaand = CO_2 concentratie in de uitgaande lucht (ppm)
$[CO_2]$inkomend = CO_2 concentratie in de inkomende lucht (ppm)

In stal ABCD registreert de klimaatregelaar ook het ventilatiedebiet op basis van de 'toegewezen ventilatiecapaciteit' (overeenstemmend met de capaciteit van de ventilator bij 15 Pa onderdruk vermeld op de technische fiche van de ventilator). Zoals besproken in het 'Verificatierapport Vleeskuikens' zijn de meetwaaiers in stal ABCD niet gekalibreerd voor deze meetcampagne. Uit de verificatie op basis van de CO_2-emissie per afdeling blijkt dat het via deze methodiek wel goed mogelijk is om relatieve verschillen in emissie te bepalen, maar dat deze methodiek niet nauwkeurig genoeg is om absolute emissiecijfers te bepalen.

Voor stal E zijn de emissies berekend zowel o.b.v. het debiet bepaald met gekalibreerde meetwaaiers als de CO_2-massabalans methode.
Voor stal ABCD zijn de emissies berekend zowel o.b.v. de CO_2-massabalans methode als de 'toegewezen ventilatiecapaciteit'.

2.4.2 Ontbrekende gegevens

Tijdens de proefrondes wordt continu de NH_3- en CO_2-concentratie en het ventilatiedebiet gemeten. Door technische problemen zijn de metingen een aantal keer onderbroken waardoor er voor een korte of langere periode sommige meetgegevens ontbreken. Voor elke situatie is dan nagegaan hoe die bij de emissieberekening kan opgevangen worden.

Tijdens de proefrondes werden de volgende technische storingen vastgesteld:

Ronde	Periode	Omschrijving probleem	Emissieberekening
R1	7/05/2024 12:30 tot 17:00	Meting gasconcentratie met FTIR onderbroken voor uitvoeren van kalibratie van FTIR	Emissie berekend o.b.v. de beschikbare cijfers / meetperiode (ca. 19,5 uur)
	28/05/2024 8:05 tot 13:20	Onderhoudswerkzaamheden aan FTIR	Emissie berekend o.b.v. de beschikbare cijfers / meetperiode (ca. 19 uur)
R2	-13/08/2024 13:40 tot 15/08/2024 8:35 -16/08/2024 18:05 tot 19/08/2024 9:55 -19/08/2024 15:25 tot 22/08/2024 9:25 -8/09/2024 1:10 tot 9/09/2024 10:40	-FTIR foute meetwaarden inkomende lucht -FTIR stroomuitval door defecte airco in FTIR kast -FTIR stroomuitval door defecte airco in FTIR kast -FTIR stroomuitval door defecte airco in FTIR kast	Meerdere keren stroomuitval in FTIR meetlokaal door defecte sensor, waardoor geen juiste cijfers voor de inkomende lucht. Voor deze periodes zijn de concentraties voor de inkomende lucht bepaald via interpolatie o.b.v. de concentraties tijdens de vorige en volgende dagen. De concentraties in de uitgaande lucht zijn wel steeds correct gemeten.
R3	9/10/2024 van 13:05 tot 21:13	Stroomuitval in stallen, FTIR meting (inkomende lucht) pas herstart om 21:10	Emissie berekend o.b.v. de beschikbare cijfers (ca. 16 uur)
	25/10/2024 15:10 tot 27/10/2024 9:15	Stroomuitval in lokaal FTIR door probleem met airco (geen meting van concentraties in inkomende lucht)	Voor 25/10 en 27/10 emissie berekend o.b.v. de beschikbare cijfers (ca. 15 uur/dag) Voor 26/10 emissie bepaald via interpolatie o.b.v. de emissies tijdens de vorige en volgende dagen
	7/11/2024 16:20 tot 8/11/2024 10:05	Door scheur in aanvoerleiding perslucht naar FTIR, geen metingen van inkomende lucht	Voor 7/11 en 8/11 emissie berekend o.b.v. de beschikbare cijfers (resp. ca. 16 en 14 uur/dag)
R4	24/04 tot 29/04/2025 11:05	Probleem met logging data (NH_3 en CO_2 concentratie) in afd. A en B tijdens eerste dagen van de ronde, vermoedelijk door stroomverlies via defecte sensor waardoor datalogger uitviel	Voor deze afdelingen is gerekend met de gemiddelde NH_3 en CO_2 concentraties in afdeling C en D, tijdens de eerste dagen van de ronde zijn de NH_3 concentratie en ventilatiedebiet nog heel laag. De emissie in deze periode was in afd. C en D maar ca. 0,1% van deze over de hele ronde, zodat deze correctie een minimale invloed heeft.

Voor de dagen waarop de emissie berekend is op basis van metingen gedurende minder dan 20 uur per dag is telkens gecontroleerd of de berekende emissies voor die dagen in de lijn liggen van de emissies van de vorige en volgende dagen. Ook voor de dagen waarvan de emissie berekend is via interpolatie zijn dergelijke controles uitgevoerd, waarbij nagekeken is of de berekende emissie het patroon/curve volgt van de emissie in de voorgaande en volgende dagen. Deze controles waren telkens in orde, zodat de berekende emissies behouden konden worden.

3. Resultaten en discussie

3.1 Resultaten

3.1.1 NH_3-emissie

Tijdens de 4 proefrondes is de NH_3-emissie continu gemeten. Figuren 7 tot 14 geven het verloop weer van resp. de dagelijkse NH_3-concentratie (ppm) en dagelijkse NH_3-emissie (in gram per dag per opgezet dier).

De gemiddelde dagelijkse NH_3-emissie over de hele ronde (uitgedrukt in gram per dag per opgezet dier excl. leegstand) is weergegeven in tabel 6. De emissies zijn zowel berekend op basis van het geregistreerde ventilatiedebiet door de klimaatregelaars als op basis van de CO_2-massabalansmethode (zie Verificatierapport_vleeskuikenstallen). In absolute waarde is er een verschil in de berekende emissie tussen de 2 berekeningsmethodes. Gemiddeld over de 4 rondes zijn de bekomen reductiepercentages bij de 2 berekeningsmethodes gelijkaardig.

In ronde 1, 2 en 4 is de NH_3-emissie in de afdelingen met vlaspulver als strooisel telkens lager dan in de afdelingen met stropulver (controle). In ronde 3 daarentegen was de emissie in 1 afdeling duidelijk lager, in 1 afdeling vergelijkbaar met de controle-afdelingen, maar ook in 1 afdeling (E6) duidelijk hoger. Gemiddeld over de 3 afdelingen met vlaspulver was de emissie in deze ronde vergelijkbaar met de controle-afdelingen. In ronde 1 was er tussen de 2 controle-afdelingen met stropulver ook een grote variatie in emissie, waarbij in afdeling E6 de emissie duidelijk veel hoger was dan in E2. Dit wijst op een afdelingseffect waarbij afdeling E6 zowel in ronde 1 (controle) als in ronde 3 (vlaspulver) een hogere emissie heeft dan de andere afdelingen met dezelfde proefbehandeling.

Op basis van het geregistreerd ventilatiedebiet is de NH_3-emissie bij gebruik van vlaspulver gemiddeld over de 4 rondes 19,4% lager (-37,3% in ronde 1, -18,3% in ronde 2, +2,4% in ronde 3 en -27,5% in ronde 4). Indien het resultaat van afdeling E6 niet meegenomen wordt, bedraagt de emissiereductie gemiddeld over de 4 rondes 21,3% (-19,3% in ronde 1, -18,3% in ronde 2, -17,8% in ronde 3 en -27,5% in ronde 4).

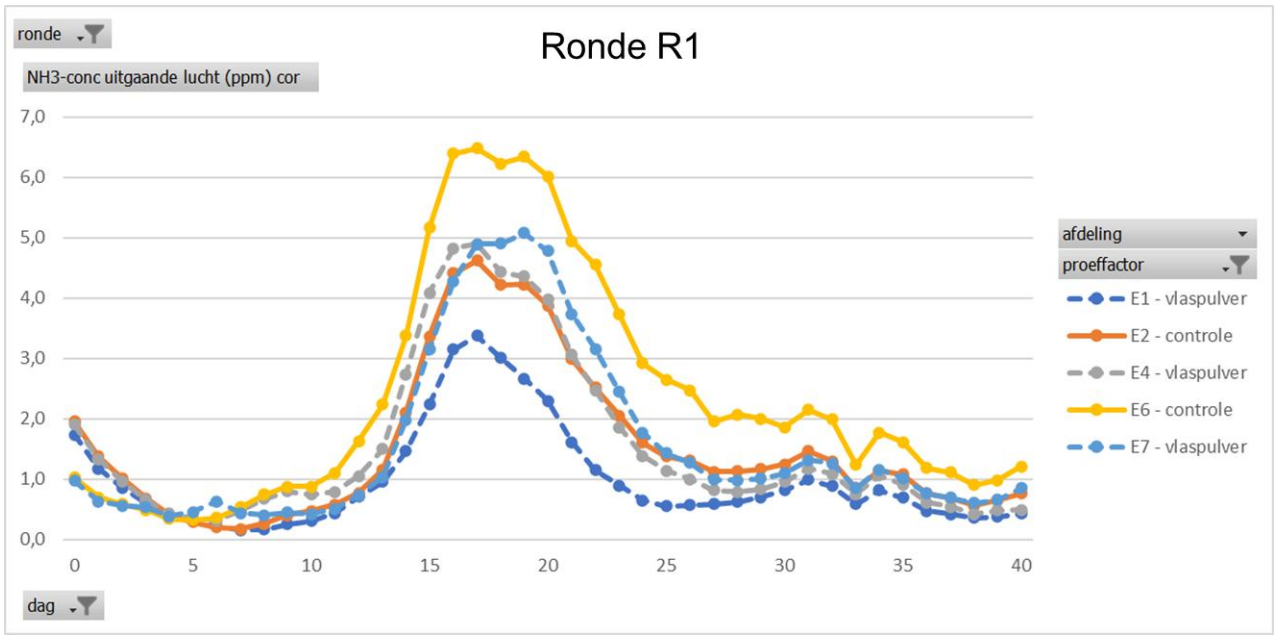
Op basis van CO_2-massabalansmethode is de NH_3-emissie bij gebruik van vlaspulver gemiddeld over de 4 rondes 17,9% lager (-29,2% in ronde 1, -14,0% in ronde 2, -5,3% in ronde 3 en -26,3% in ronde 4). Indien het resultaat van afdeling E6 niet meegenomen wordt, bedraagt de emissiereductie gemiddeld over de 4 rondes 20,2% (-7,9% in ronde 1, -14,0% in ronde 2, -24,9% in ronde 3 en -26,3% in ronde 4).

Bj omrekening van de gemiddelde dagelijkse emissie over de 4 rondes (uitgedrukt in gram per dag per opgezet dier) naar een emissiecijfer op jaarbasis (rekening houdend met een leegstandspercentage van 19%) komt de NH_3-emissie op (tabel 7):

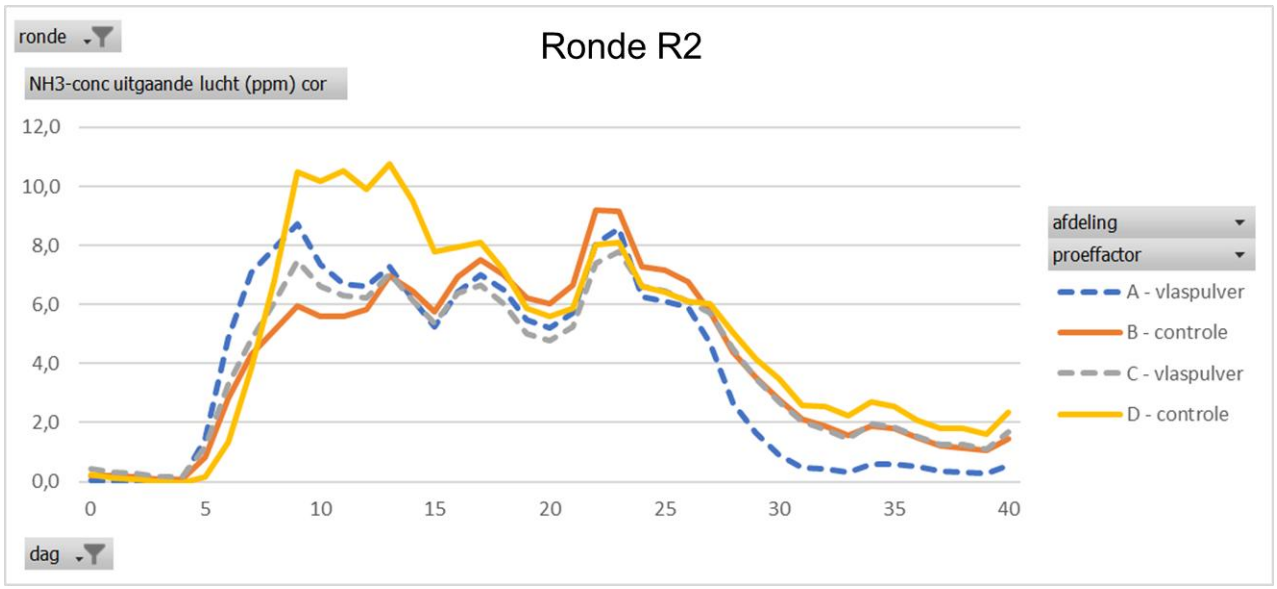
- bij berekening o.b.v. geregistreerd ventilatiedebiet:
  - met alle afdelingen: 30,82 gram NH_3 per dierplaats per jaar bij de controlegroep (stropulver) en 24,83 gram NH_3 per dierplaats per jaar bij vlaspulver (-19,4% bij vlaspulver)
  - zonder afdeling E6 in ronde 1 en 3: 30,02 gram NH_3 per dierplaats per jaar bij de controlegroep (stropulver) en 23,62 gram NH_3 per dierplaats per jaar bij vlaspulver (-21,3% bij vlaspulver)

- bij berekening o.b.v. CO_2-massabalansmethode
  - met alle afdelingen: 30,41 gram NH_3 per dierplaats per jaar bij de controlegroep (stropulver) en 24,95 gram NH_3 per dierplaats per jaar bij vlaspulver (-17,9% bij vlaspulver)
  - met alle afdelingen: 29,81 gram NH_3 per dierplaats per jaar bij de controlegroep (stropulver) en 23,78 gram NH_3 per dierplaats per jaar bij vlaspulver (-20,2% bij vlaspulver)

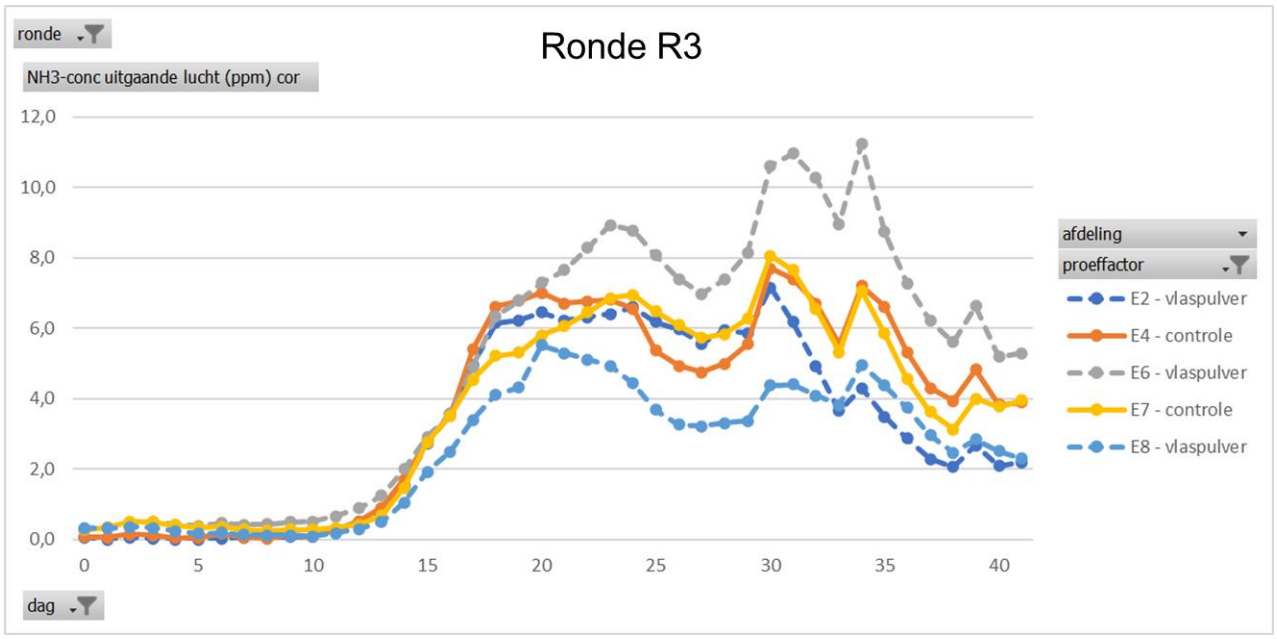
Bij het gebruik van vlaspulver als strooisel is de NH_3-emissie gemiddeld 19 à 20% lager dan bij stropulver als strooisel.



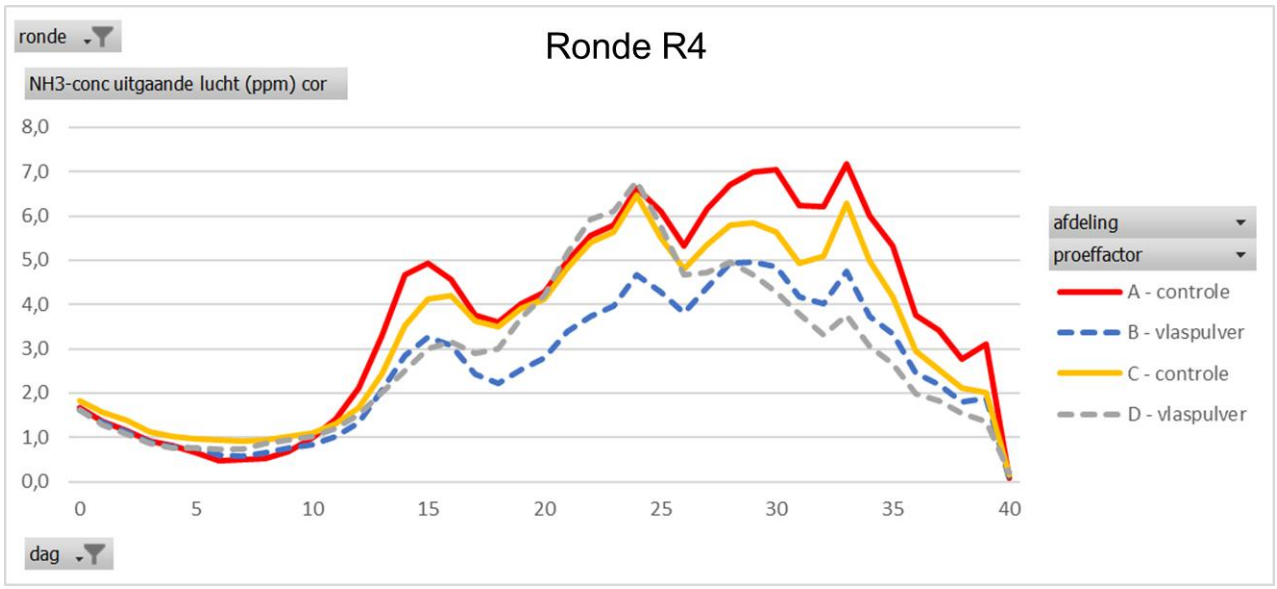
Figuur 7: Effect van strooiselmateriaal op de NH_3-concentratie (ppm) per afdeling (in ronde 1)



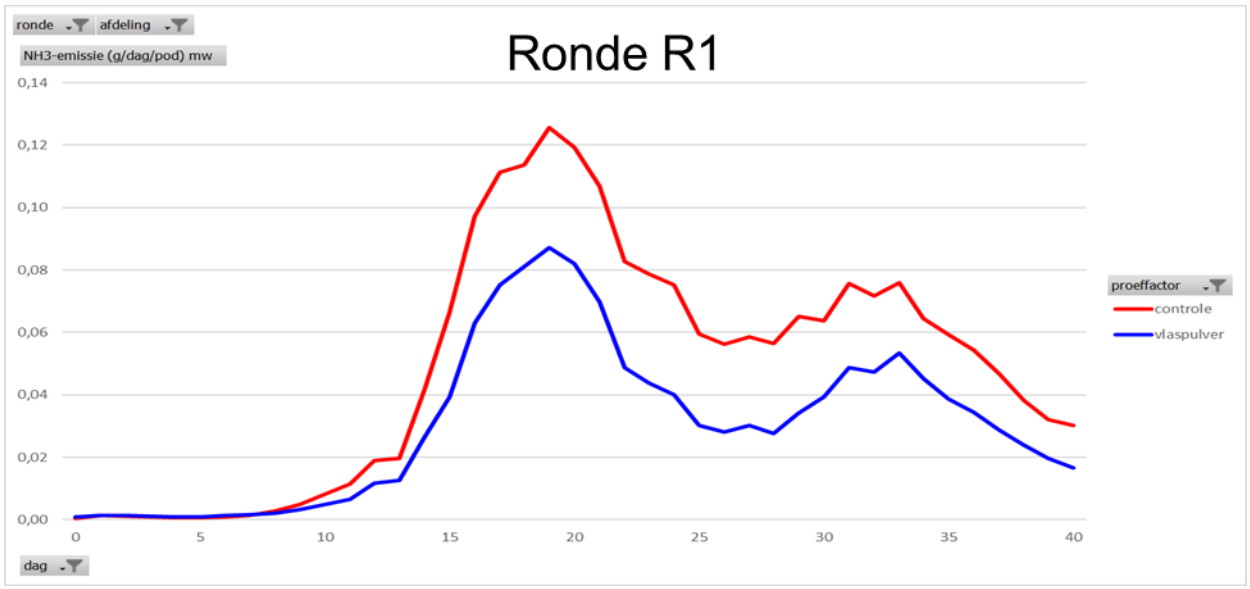
Figuur 8: Effect van strooiselmateriaal op de NH_3-concentratie (ppm) per afdeling (in ronde 2)



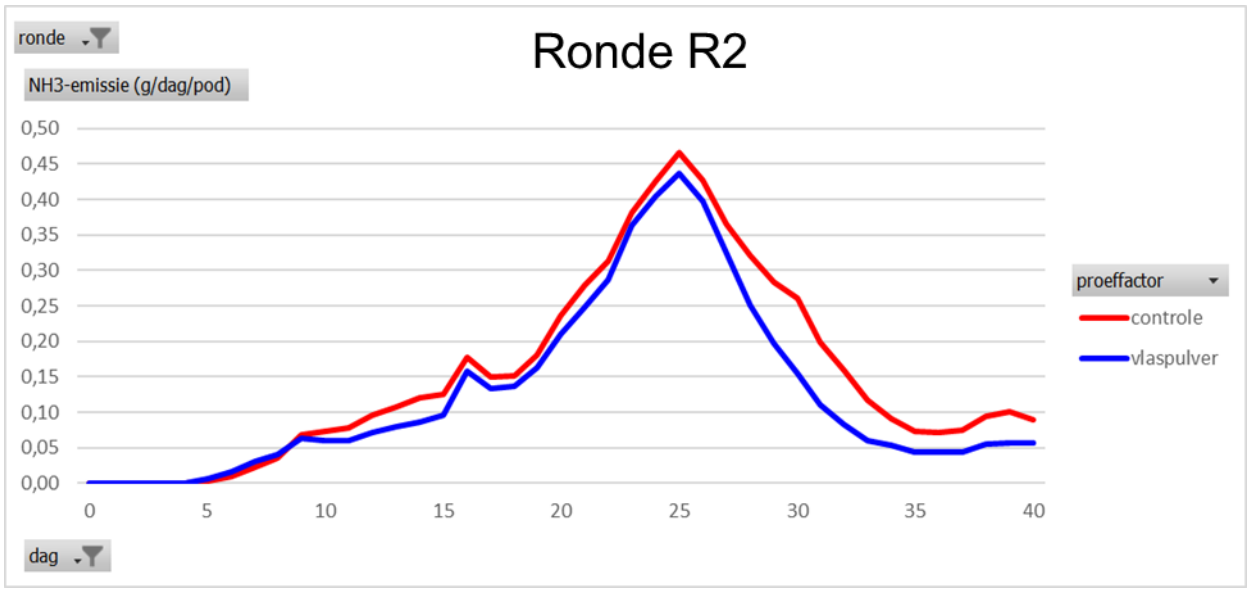
Figuur 9: Effect van strooiselmateriaal op de NH_3-concentratie (ppm) per afdeling (in ronde 3)



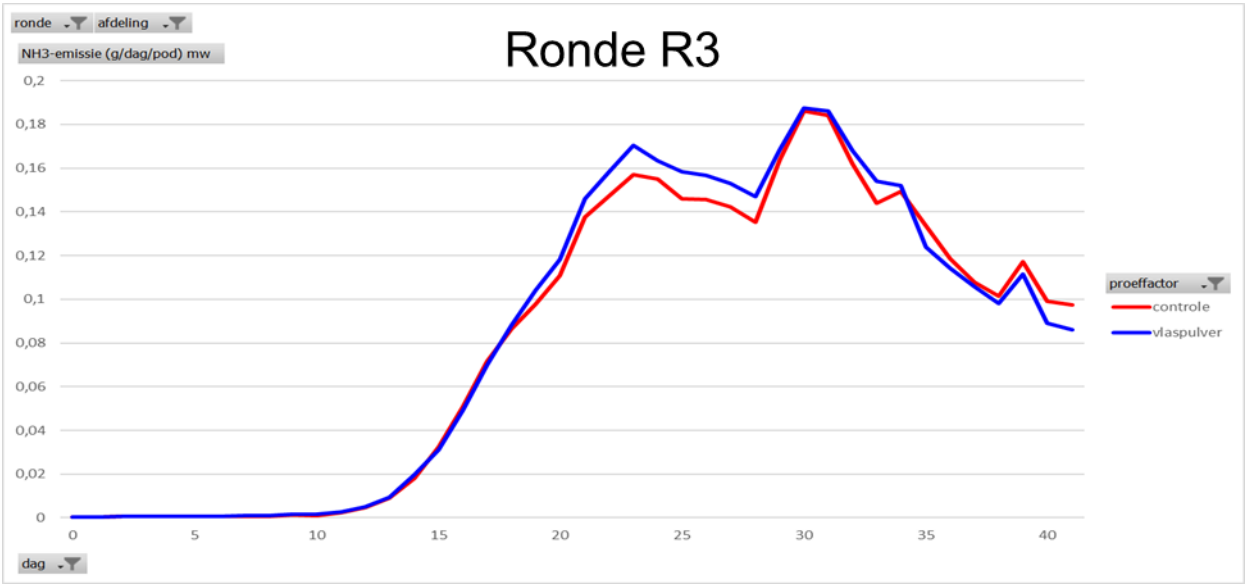
Figuur 10: Effect van strooiselmateriaal op de NH_3-concentratie (ppm) per afdeling (in ronde 4)



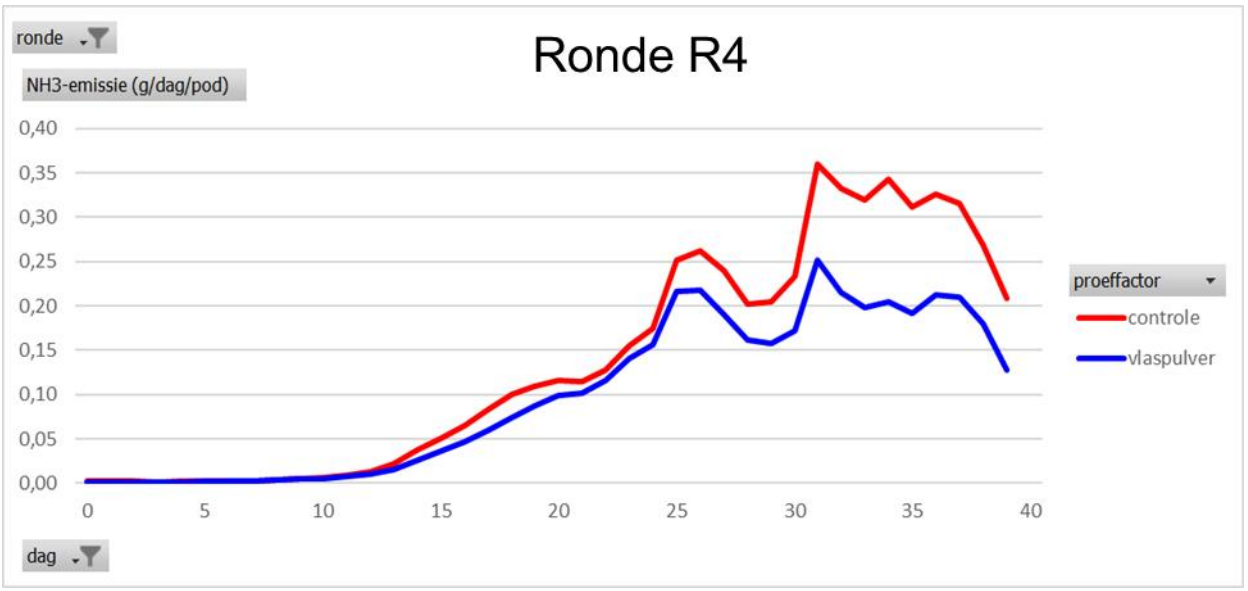
Figuur 11: Verloop van de dagelijkse NH_3-emissie bij vlaspulver strooisel versus controle (stropulver) in ronde 1, uitgedrukt in gram per opgezet dier per dag



Figuur 12: Verloop van de dagelijkse NH_3-emissie bij vlaspulver strooisel versus controle (stropulver) in ronde 2, uitgedrukt in gram per opgezet dier per dag



Figuur 13: Verloop van de dagelijkse NH_3-emissie bij vlaspulver strooisel versus controle (stropulver) in ronde 3, uitgedrukt in gram per opgezet dier per dag



Figuur 14: Verloop van de dagelijkse NH_3-emissie bij vlaspulver strooisel versus controle (stropulver) in ronde 4, uitgedrukt in gram per opgezet dier per dag

Tabel 6: Gemiddelde dagelijkse NH_3-emissie per afdeling (in gram per dag per opgezet dier), berekening zowel met ventilatiedebiet geregistreerd door de klimaatregelaars als op basis van de CO_2-massabalansmethode

behandeling	berekening o.b.v. geregistreerd debiet *				berekening o.b.v. CO_2-massabalans methode			
	emissie per afdeling			gemiddelde (± stdev) **% reductie**	emissie per afdeling			gemiddelde (± stdev) **% reductie**
	afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3		afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3	
ronde 1								
controle	0,0379	0,0597		0,0488 (± 0,0154)	0,0342	0,0549		0,0445 (± 0,0146)
vlaspulver	0,0233	0,0335	0,0350	0,0306 (± 0,0064) **-37,3%**	0,0243	0,0323	0,0380	0,0315 (± 0,0069) **-29,2%**
ronde 2								
controle	0,1504	0,1535		0,1519 (± 0,0022)	0,1468	0,1300		0,1384 (± 0,0119)
vlaspulver	0,1080	0,1401		0,1241 (± 0,0227) **-18,3%**	0,1057	0,1324		0,1191 (± 0,0188) **-14,0%**
ronde 3								
controle	0,0846	0,0783		0,0815 (± 0,0044)	0,0916	0,0872		0,0894 (± 0,0031)
vlaspulver	0,0789	0,1163	0,0551	0,0834 (± 0,0308) **+2,4%**	0,0736	0,1164	0,0639	0,0846 (± 0,0280) **-5,3%**
ronde 4								
controle	0,1434	0,1262		0,1348 (± 0,0122)	0,1464	0,1317		0,1391 (± 0,0104)
vlaspulver	0,0988	0,0968		0,0978 (± 0,0014) **-27,5%**	0,1006	0,1043		0,1024 (± 0,0026) **-26,3%**
gem. 4 rondes								
controle				0,1042 (± 0,0086)				0,1028 (± 0,0100)
vlaspulver				0,0840 (± 0,0153) **-19,4%**				0,0844 (± 0,0141) **-17,9%**

* ronde 1 en 3: berekend met ventilatiedebiet gemeten met gekalibreerde meetwaaiers (stal E),
ronde 2 en 4: berekend met toegewezen ventilatie capaciteit (stal ABCD)

Tabel 7: NH_3-emissie (in gram per jaar per dierplaats / op basis van 19% leegstand) bij vlaspulver strooisel versus controlegroep ingestrooid met stropulver), gemiddeld over 4 proefrondes, berekening zowel met ventilatiedebiet geregistreerd door de klimaatregelaars als op basis van de CO_2-massabalansmethode

Behandeling	berekening o.b.v. geregistreerd ventilatiedebiet *			berekening o.b.v. CO_2-massabalans methode		
	gemiddeld	(± stdev)	**% reductie**	gemiddeld	(± stdev)	**% reductie**
Met alle afdelingen						
controle	30,82	(± 2,53)		30,41	(± 2,95)	
vlaspulver	24,83	(± 4,53)	**-19,4%**	24,95	(± 4,16)	**-17,9%**
Zonder E6 in ronde 1 en 3						
controle	30,02	(± 1,85)		29,81	(± 3,63)	
vlaspulver	23,62	(± 3,50)	**-21,3%**	23,78	(± 2,79)	**-20,2%**

* ronde 1 en 3: berekend met ventilatiedebiet gemeten met gekalibreerde meetwaaiers (stal E),
ronde 2 en 4: berekend met toegewezen ventilatie capaciteit (stal ABCD)

Tabel 8: Gemiddelde staltemperatuur, buitentemperatuur en ventilatiedebiet per afdeling en per ronde

	controle			vlaspulver				temperatuur buiten
ronde 1	E2	E6	gem.	E1	E4	E7	gem	
temperatuur (°C)	26,2	26,2	26,2	26,0	26,1	26,1	26,1	16,9
ventilatiedebiet (m³/uur/dier)*	1,55	1,49	1,52	1,57	1,48	1,40	1,48	
ronde 2	B	D		A	C			
temperatuur (°C)	27,1	27	27,1	26,9	27,1		27	20,7
ventilatiedebiet (m³/uur/dier)*	2,04	1,99	2,02	1,91	2,08		2,00	
ronde 3	E4	E7		E2	E6	E8		
temperatuur (°C)	25,3	25,5	25,4	25,5	25,4	25,1	25,3	12,2
ventilatiedebiet (m³/uur/dier)*	1,02	0,94	0,98	1,11	1,01	0,98	1,03	
ronde 4	A	C		B	D			
temperatuur (°C)	26,6	26,7	26,6	26,7	26,6		26,6	17,0
ventilatiedebiet (m³/uur/dier)*	1,82	1,89	1,86	1,88	1,82		1,85	

3.1.2 Technisch resultaat

Tabel 9 geeft een overzicht van de technische resultaten per proefronde. Tabel 10 bevat de gemiddelde resultaten over de 4 rondes voor stropulver en vlaspulver. Tussen de rondes zijn er duidelijke verschillen in technisch resultaat. Maar tussen de strooiselmaterialen zijn er geen significante verschillen in de technische resultaten.

Tabel 9: Overzicht van de technische resultaten per proefronde

	Ronde 1		**Ronde 2**		**Ronde 3**		**Ronde 4**	
	controle (n=2)	vlaspulver (n=3)	controle (n=2)	vlaspulver (n=2)	controle (n=2)	vlaspulver (n=3)	controle (n=2)	vlaspulver (n=2)
% uitval	2,50%	2,05%	7,03%	6,09%	5,91%	4,04%	3,72%	3,73%
gewicht uitladen (g)	2044	2029	2004	1980	2131	2114	2021	2040
gewicht wegladen (g)	2756	2733	2689	2696	2765	2768	2674	2640
gewicht uit+wegladen *	2520	2500	2539	2544	2597	2597	2515	2493
waterverbruik L/pok **	6,565	6,543	6,497	6,500	6,330	6,447	6,748	6,706
voederverbruik kg/pok	3,718	3,711	3,638	3,682	3,780	3,798	3,722	3,744
water/voeder verhouding	1,766	1,764	1,786	1,766	1,675	1,697	1,814	1,791
voederconversie	1,541	1,543	1,570	1,572	1,572	1,551	1,565	1,589
productiegetal	409,8	407,7	383,0	387,2	389,2	402,5	396,2	386,8

* gemiddeld gewicht geladen kuikens (uitladen en wegladen samen)
** pok: per opgezet kuiken

Tabel 10: Technische resultaten: vlaspulver strooisel versus controle (gemiddelde 4 rondes)

	gemiddelde 4 rondes	
	controle (n=8)	vlaspulver (n=10)
% uitval	4,79%	3,98%
gewicht bij uitladen (g)	2050	2041
gewicht bij wegladen (g)	2721	2709
gewicht uit+wegladen (g) *	2543	2534
waterverbruik L/pok **	6,535	6,549
voederverbruik kg/pok	3,714	3,734
water/voeder verhouding	1,760	1,755
voederconversie	1,562	1,564
productiegetal	394,5	396,0

* gemiddeld gewicht geladen kuikens (uitladen en wegladen samen)
** pok: per opgezet kuiken

3.1.3 Strooiselkwaliteit en pH

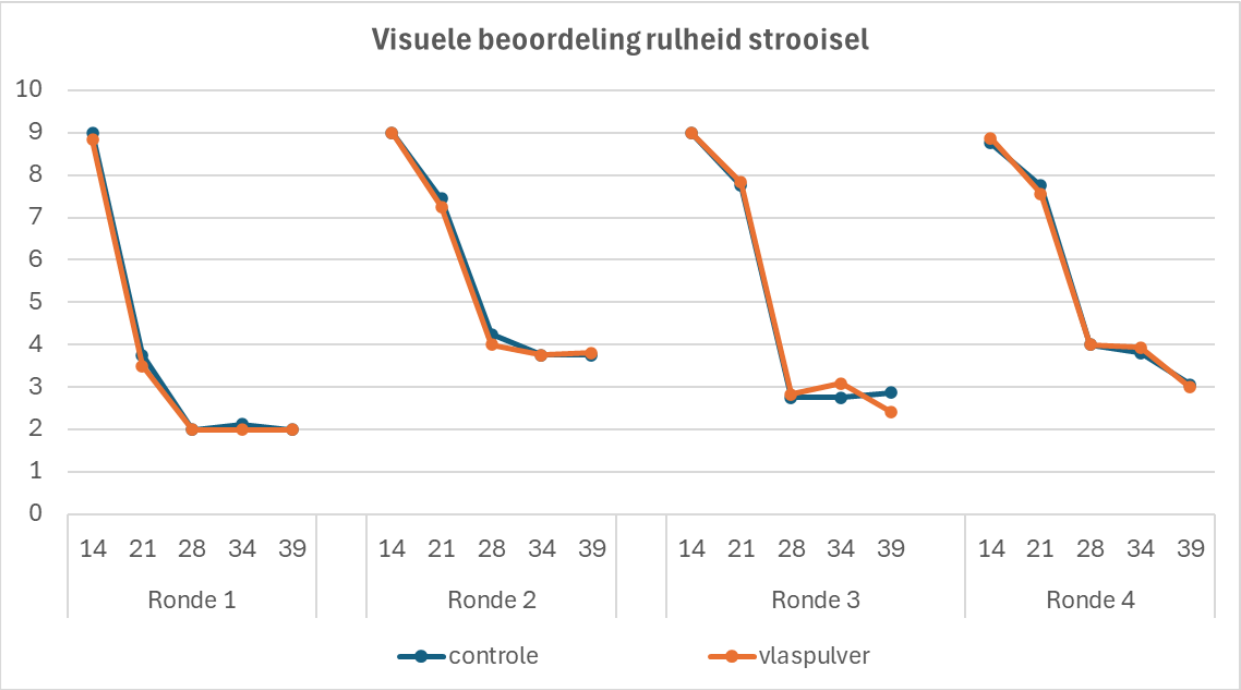
De strooiselkwaliteit is tijdens de proefrondes opgevolgd via visuele beoordelingen van de rulheid en vochtigheid van de strooisellaag, daarnaast is ook wekelijks het drogestofgehalte en de pH van de strooisellaag bepaald.

Bij de visuele beoordeling van de rulheid en de vochtigheid van de strooisellaag werden tijdens de 4 proefrondes geen duidelijke verschillen waargenomen. Ook in drogestofgehalte van de strooisellaag waren er geen duidelijke verschillen (figuur 15, 16 en 17).

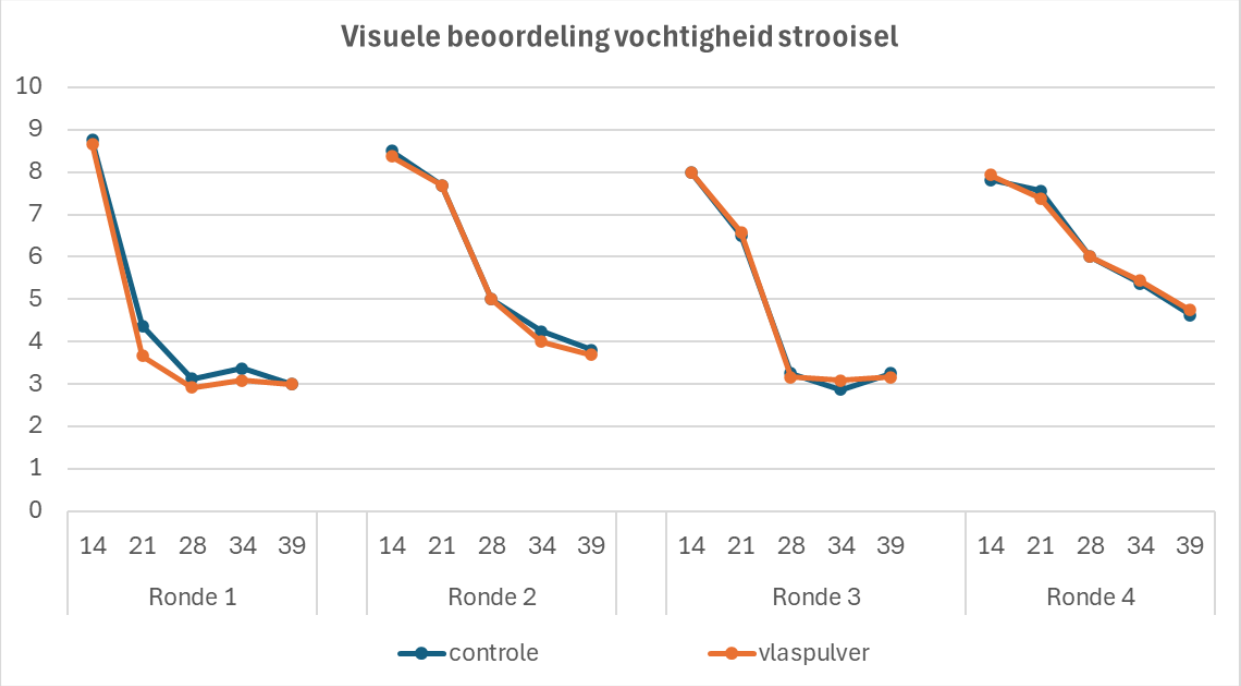
Beide strooiselmaterialen hebben bij het instrooien een neutrale pH van 6,6 à 7,0 (tabel 11). Tijdens de ronde is de pH in de strooisellaag wekelijks gemeten. Na een week is de pH lichtjes gedaald naar 5,9 à 6,3. Daarna neemt deze duidelijk toe: in ronde 1, 2 en 3 tot 8,0 à 8,5, in ronde 4 tot 7.5 – 8,0. In de tweede helft van de ronde daalt de pH terug duidelijk. In ronde 1 en 3 was de pH op dag 34 en dag 39 duidelijk hoger bij vlaspulver. Terwijl in ronde 2 de pH vanaf dag 28 duidelijk lager was bij vlaspulver. In ronde 4 was er geen verschil in pH tussen de strooiselmaterialen (figuur 18).

Tabel 11: pH van het verse strooiselmateriaal voor instrooien van de stallen

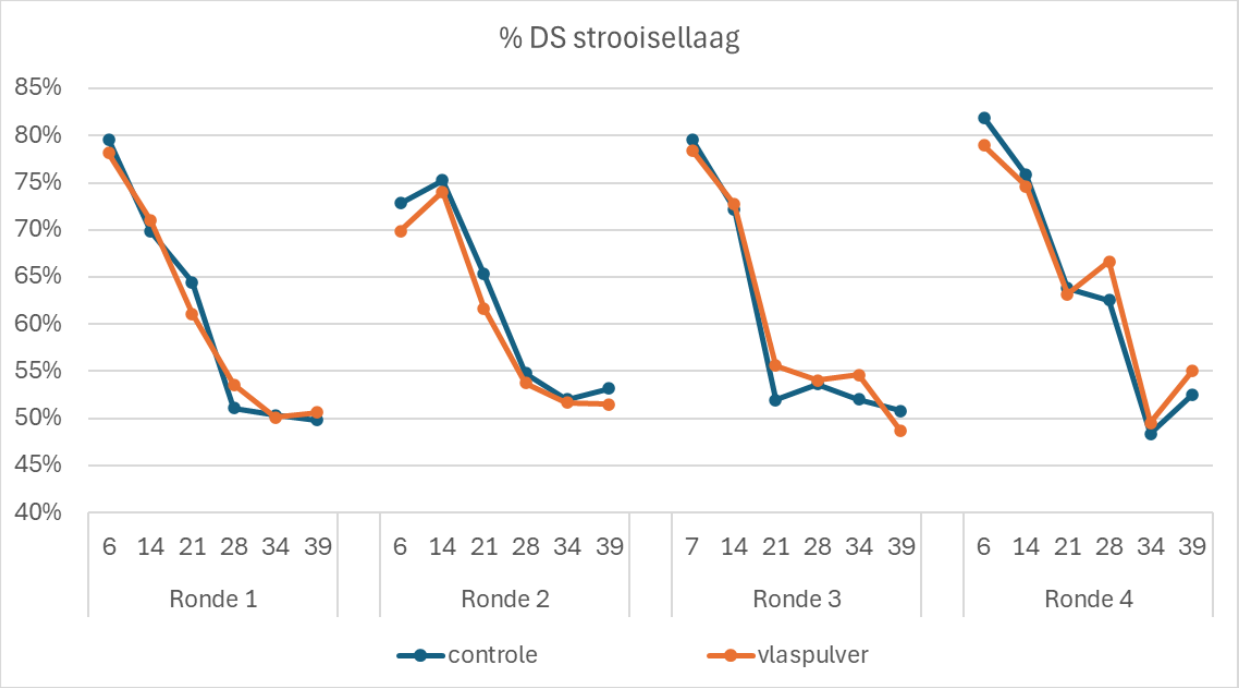
Ronde	Controle (stropulver)	Vlaspulver
Ronde 1	7,0	6,6
Ronde 2	6,9	6,9
Ronde 3	6,7	6,7
Ronde 4	6,6	-



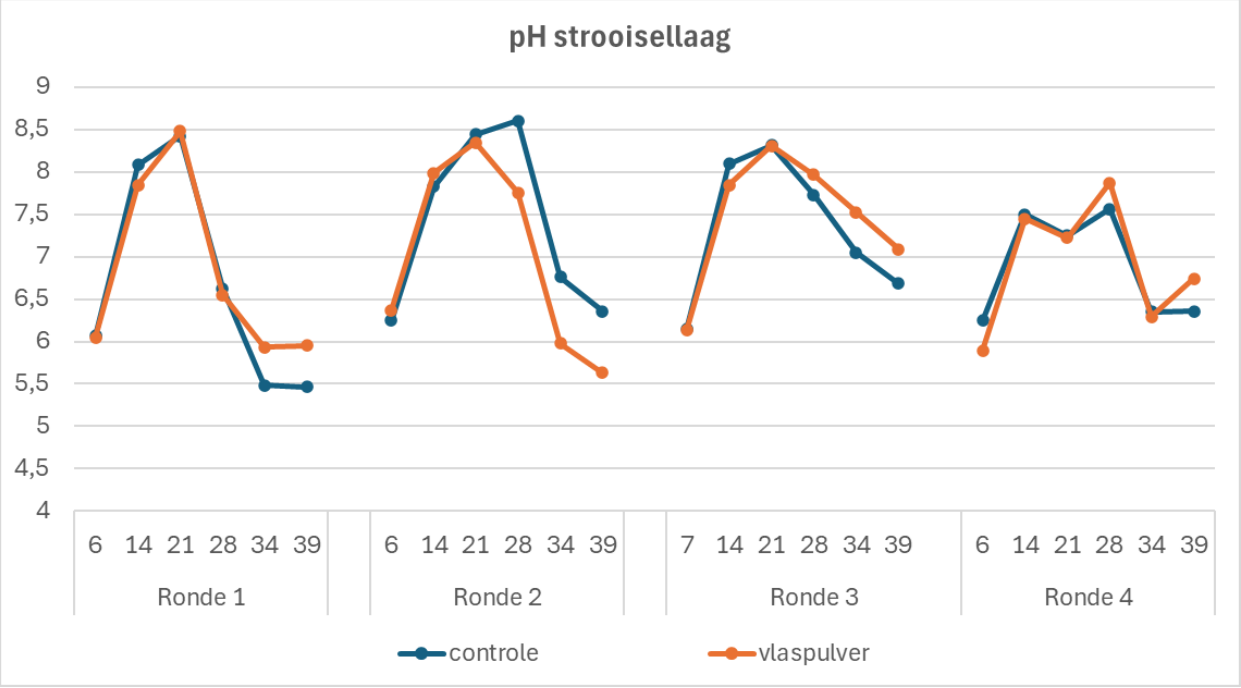
Figuur 15: Visuele beoordeling van rulheid van de strooisellaag



Figuur 16: Visuele beoordeling van vochtigheid van de strooisellaag



Figuur 17: Verloop van het drogestofgehalte van de strooisellaag

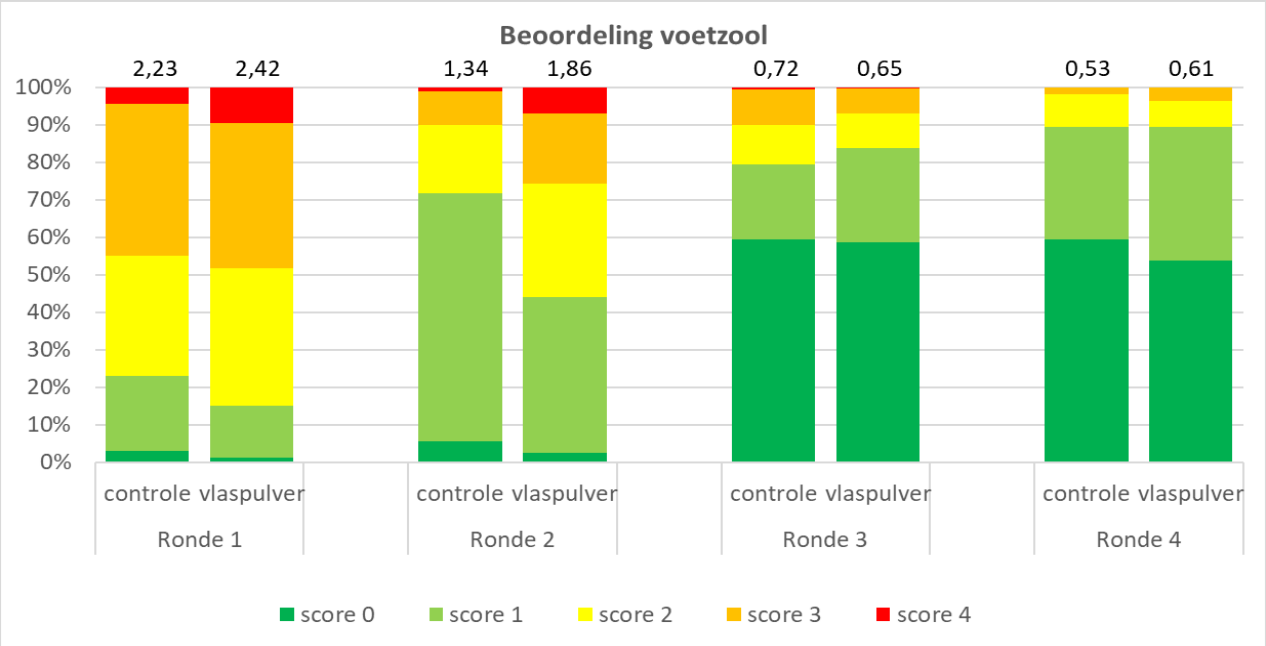


Figuur 18: Verloop van de pH in de strooisellaag

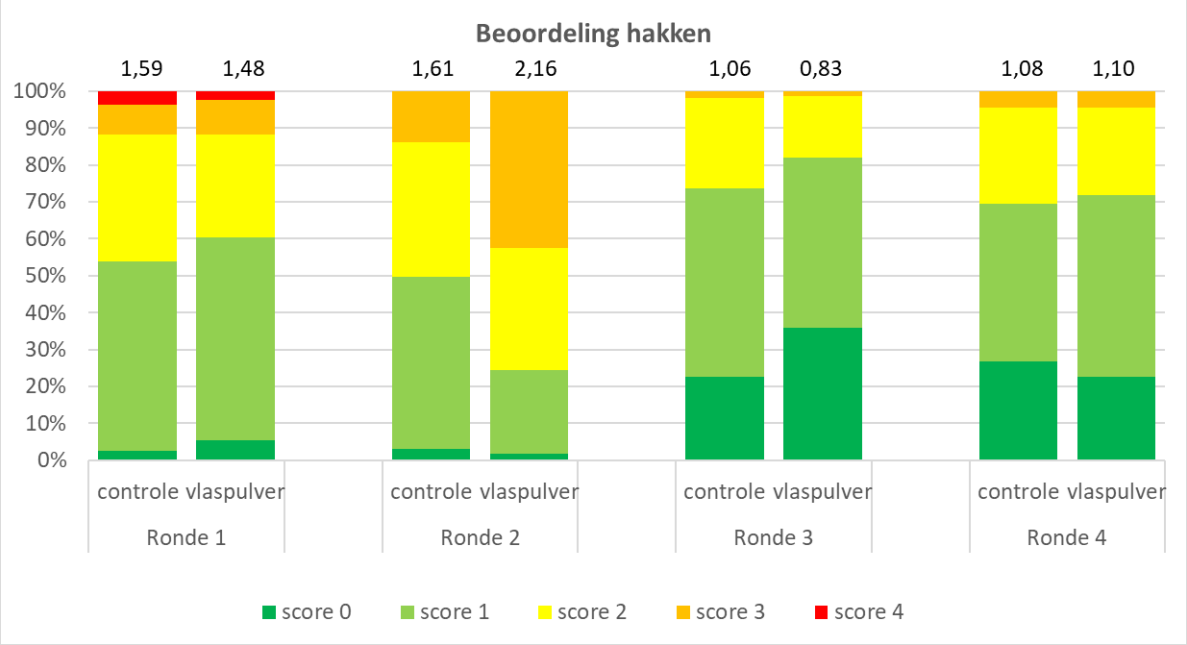
3.1.4 Beoordeling voetzool en hakken

Op het einde van de ronde zijn de voetzolen en hakken van de kuikens beoordeeld (figuren 19 en 20). In ronde 1 was er een trend naar meer voetzoolaantasting bij het gebruik van vlaspulver t.o.v. controle (stropulver). In ronde 2 kwamen voetzoollaesies duidelijk meer voor bij vlaspulver. In ronde 3 en 4 was er geen verschil in voetzoolaantasting.

In ronde 2 kwam meer hakirritatie voor bij het gebruik van vlaspulver. In ronde 1 en 3 daarentegen was er een trend naar minder hakaantasting bij vlaspulver, terwijl er in ronde 4 geen verschil was.



Figuur 19: Beoordeling voetzoollaesies op dag 39 (% kuikens per score en gemiddelde score)



Figuur 20: Beoordeling haklaesies op dag 39 (% kuikens per score en gemiddelde score)

3.2 Discussie

De NH_3-emissie is duidelijk lager bij gebruik van vlaspulver als strooisel. Het berekende reductiepercentage verschilt wel sterk van ronde tot ronde. In ronde 1 en 3 is de emissie in afdeling E6 telkens duidelijk hoger dan in de andere afdelingen met dezelfde proefbehandeling. In ronde 1 waren er 2 controle-afdelingen met stropulver als strooisel waartussen er een duidelijk verschil in emissie was (0,0379 in E2 en 0,0597 g/dag/opgezet dier in E6). In ronde 3 waren er 3 afdelingen met vlaspulver strooisel, in E6 was de emissie beduidend hoger dan in de andere afdelingen (0,1163 in E6 vs 0,0789 in E2 en 0,0551 in E8). Naar emissie is er hier een duidelijk afdelingseffect waarneembaar. Vermits E6 in de proef 1 keer als controle-afdeling en 1 keer als proefafdeling met vlaspulver gebruikt is, heeft dit over de 4 proefrondes weinig effect op het gemiddelde reductiepercentage. Indien de resultaten van afdeling E6 weggelaten worden, is de NH_3-emissie in elke ronde duidelijk lager bij gebruik van vlaspulver (resp. -19,3% in ronde 1, -18,3% in ronde 2, -17,8% in ronde 3 en -27,5% in ronde 4 (bij berekening o.b.v. het geregistreerd ventilatiedebiet)) en zijn de verschillen in reductiepercentage tussen de rondes kleiner. Het gemiddeld reductiepercentage over de 4 rondes bedraagt 21,3% als de resultaten van E6 weggelaten worden ten opzichte van 19,4% met behoud van de resultaten van E6. De resultaten van afdeling E6 geven dus geen overschatting van het reductiepercentage.

Uit eerder onderzoek is bekend dat de strooisellaag heel bepalend is naar de emissie van ammoniak. Bij heel droog strooisel is de emissie minimaal. De emissie neemt sterk toe als de strooisellaag vochtiger wordt en is maximaal bij een drogestofgehalte van 60 tot 70%. Als het strooisel nog vochtiger wordt en het strooisel meer en meer dichtslaat, neemt de emissie terug heel sterk af.

Bij de visuele beoordeling werden geen duidelijke verschillen in rulheid en vochtigheid van de strooisellaag waargenomen. In ronde 2 was het drogestofgehalte in de eerste helft van de ronde wel wat lager. In deze periode zijn de poten van de kuikens het gevoeligst aan het ontstaan van hak- en voetzoollaesies. Dit kan het hoger aandeel hak- en voetzoollaesies in ronde 2 verklaren. Ook in ronde 1 was er een trend naar meer voetzoollaesies terwijl er in ronde 3 en 4 geen verschil was.

Naar pH was er tussen de rondes een wisselend beeld. Zowel vlaspulver als stropulver hebben als vers materiaal een neutrale pH van 6,6 à 7,0. In ronde 2 was de pH van de strooisellaag in de 2^e helft van de ronde duidelijk lager bij het gebruik van vlaspulver, terwijl de pH in ronde 1 en 3 op het einde van de ronde eerder wat hoger wat bij vlaspulver en in ronde 4 geen duidelijk verschil waarneembaar was.

De stallen instrooien met vlaspulver kan op dezelfde manier als het instrooien met klassieke strooiselmaterialen. Het strooisel is wat duurder dan gangbare strooiselmaterialen, maar het instrooien van de stallen vergt geen extra arbeid. Bij het gebruik van vlaspulver kan een reductie in NH_3-emissie van ca. 20% gerealiseerd worden zonder dat er grote investeringen in stalsystemen / apparatuur nodig zijn.

4. Conclusies

4.1 Conclusies

In deze praktijkproef kon gemiddeld over de 4 rondes een reductie in NH_3-emissie van 19 à 20% aangetoond worden. De proefrondes werden uitgevoerd in 2 staltypes, nl. 2 rondes in een stal met conventionele nokventilatie en centraal verwarminssysteem en 2 rondes in een stal met lengteventilatie en centrale verwarming.

Bij het gebruik van vlaspulver werden geen duidelijke verschillen in strooiselkwaliteit en technische resultaten vastgesteld. Naar pH van de strooisellaag en het voorkomen van hak- en voetzoollaesies werden wisselende resultaten waargenomen in de verschillende rondes, maar kon geen duidelijk effect van het type strooisel waargenomen worden.

Het vlaspulver strooisel is wat duurder dan gangbare strooiselmaterialen, maar het instrooien van de stallen vergt geen extra arbeid. Vlaspulver biedt de mogelijkheid om zonder grote investeringen in stalsystemen of nageschakelde technieken een reductie in NH_3-emissie van ca. 20% te realiseren. Deze maatregel is ook in bestaande stallen vlot toepasbaar en laat toe om in combinatie met een andere management- en/of voedermaatregelen ook in bestaande stallen een sterke emissiereductie te realiseren.

5. Referenties

5.1 Referenties

CIGR. (2002). 4th Report of Working Group on Climatization of Animal Houses - heat and moisture production at animal and house levels. *International Commission of Agricultural Engineering*.

Pedersen, S., Blanes-Vidal, V., Joergensen, H., Chwalibog, A., Haeussermann, A., Heetkamp, M. J. W., & Aarnink, A. J. A. (2008). Carbon Dioxide Production in Animal Houses: A literature review. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal, Manuscript BC 08 008, Vol. X.*

van Harn, J., Dijkslag, M., & Van Krimpen, M. (2017). Effect of low protein diets supplemented with free amino acids on growth performance, slaughter yield, litter quality, and footpad lesions of male broilers. Poultry Science, 98(10), 4868–4877 , http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez229

Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.

In samenwerking met / met steun van:

