Vermindering van hokbevuiling door middel van gedragssturing van vleesvarkens om ammoniakemissies te beperken

Marith Booijen en Logan Stuck

Openbaar
rapport 1558

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Vermindering van hokbevuiling door middel van gedragssturing van vleesvarkens om ammoniakemissies te beperken

Marith Booijen[1] en Logan Stuck[2]

1 Wageningen Livestock Research, afdeling Dierenwelzijn en Gezondheid
2 Wageningen Plant Research, afdeling Biometris

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research. De metingen en waarnemingen zijn gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Integraal Aanpakken'.

Wageningen Livestock Research
Wageningen, maart 2025

Rapport 1558

Booijen, M., L. Stuck, 2025. *Vermindering van hokbevuiling door gedragssturing van vleesvarkens om emissies te beperken.* Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1558.

Samenvatting NL
In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van het effect van een groepsgrootte- en voersamenstelling op vloerbevuiling bij vleesvarkens die in het kader van Integraal Aanpakken (KlimaatEnvelop 2022) zijn uitgevoerd. Er is aangetoond dat een grotere groepsgrootte voor meer vloerbevuiling zorgde en er geen effect was van de verschillende voersamenstellingen. Gepresenteerde resultaten moeten kritisch geïnterpreteerd worden.

Summary UK
This report presents the results of the effect of the group size and feed composition on pen fouling in finishing pigs that were carried out within the Integraal Aanpakken (KlimaatEnvelop 2022) programme. The experiments showed that a larger group size ensures a higher amount of pen fouling, and showed no effect of the different feed compositions used. Presented results need to be interpreted critically.

Dit rapport is gratis te downloaden op https://doi.org/10.18174/689876 of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

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

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2025
De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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

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

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

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1558

Inhoud

Woord vooraf **5**

Samenvatting **7**

1 Inleiding **9**

2 Literatuurachtergrond **10**

2.1 Groepsgrootte 10
2.2 Voersamenstelling 10

3 Materiaal en methoden **12**

3.1 Algemene bedrijfsomstandigheden 12
3.2 Groepsgrootteproef 14
3.3 Voerproef 16
3.4 Klimaatproef 17
3.5 Waarnemingen en metingen 17
3.5.1 Vloerbevuilingscores 17
3.6 Data analyse 18
3.6.1 Groepsgrootte 18
3.6.2 Voeding 19

4 Resultaten **20**

4.1 Groepsgrootte 20
4.2 Voeding 25

5 Discussie & Conclusie **29**

5.1 Belangrijke opmerkingen vooraf 29
5.2 Groepsgrootte 29
5.3 Voeding 31

Literatuur **33**

6 Bijlagen **35**

Bijlage 1 – Algemene voersamenstelling 35
6.1.1 Startvoer 35
6.1.2 Afmestvoer 36
Bijlage 2 – Overzicht varkensafdeling 37
Bijlage 3 – Standaard klimaatinstellingen 37
Bijlage 4 – Overzicht verdeling geslachten 39
6.1.3 Groepsgrootteproef 39
6.1.4 Voedingsproef 39
Bijlage 5 – Voersamenstelling voerproef 40
6.1.5 'Standaard' voer – Startvoer 40
6.1.6 'Standaard' voer – Afmestvoer 41
6.1.7 'Geoptimaliseerd' voer – Startvoer 42
6.1.8 'Geoptimaliseerd' voer – Afmestvoer 43
Bijlage 6 – Klimaatproef 44
6.1.9 Achtergrond 44
6.1.10 Materiaal en Methoden 44
Bijlage 7 – Videobeelden 46

Woord vooraf

Dit project is tot stand gekomen door een samenwerking tussen De Hoeve Innovatie en Wageningen University & Research. De Hoeve Innovatie is bezig met de ontwikkeling van een emissiearm systeem waarbij dagelijks de mest verwijderd wordt uit de stal om de uitstoot van methaan, ammoniak en geur bij de bron te reduceren, waarbij hokbevuiling door vleesvarkens nog een probleem bleek te zijn. Het doel van dit project was daarom om hokbevuiling mogelijk te sturen, zodat emissie reducerende systemen mogelijk geoptimaliseerd kunnen worden.
Dit project valt binnen Integraal Aanpakken (KlimaatEnvelop 2022) dat gesubsidieerd wordt door het Ministerie van LVVN (voormalig Ministerie van LNV). Deze financiële bijdrage heeft het mogelijk gemaakt om metingen binnen de verschillende experimenten uit te voeren.
Een woord van dank aan al deze partners die hier een bijdrage hebben geleverd. Een extra woord van dank gaat uit naar Jinrui Zhang voor haar bijdrage aan dit project.

Marith Booijen
Wageningen Livestock Research

Samenvatting

Belangrijke opmerking vooraf

Hieronder worden de resultaten bediscussieerd zoals deze uit de analyses zijn gekomen. Het was de bedoeling om binnen dit project drie proeven uit te voeren en videobeelden te analyseren die binnen deze proeven waren opgenomen. Bij de analyse moest worden geconcludeerd dat de klimaatproef en de videobeelden van de overige twee proeven niet bruikbaar waren. Deze zijn daarom verwezen naar de bijlage. Bij de overige twee proeven zijn in de analyses alleen de metingen meegenomen die aan de eisen voldeden. Echter, gezien het relatieve aandeel van de metingen die niet voldeden aan de criteria moeten ook de overige resultaten kritisch worden beschouwd.

Samenvatting

Emissies vanuit de veehouderij leveren een bijdrage aan klimaatverandering. De Nederlandse veehouderij moet hierom zijn uitstoot van broeikasgassen terug gaan dringen. Een broeikasgas welke een belangrijke bijdrage levert aan de klimaatverandering is methaan en dit gas draagt voor ongeveer 20% bij aan het broeikaseffect. Het brongerichte emissie reducerende Dagontmesting systeem behaalt al een hoge methaanreductie, maar momenteel nog niet de 85% reductie-eis voor ammoniak vanwege bevuiling van de dichte vloer in varkenshokken. In het kader van Integraal Aanpakken (KlimaatEnvelop 2022) is vervolgens dit onderzoek opgestart met als doel het mestgedrag van vleesvarkens in een praktijksituatie te observeren, om vervolgens het gedrag mogelijk te sturen om de ammoniakemissie aan te pakken en tegelijkertijd het welzijn van de dieren in de stal te verbeteren. Dit is vervolgens een toevoeging op het Dagontmestingsysteem en overige emissie reducerende systemen. Dit project is uitgevoerd met behulp van drie verschillende experimenten bij vleesvarkens: groepsgrootte en voeding.

Op het proefbedrijf zijn vleesvarkenshokken gebruikt bestaande uit een betonnen roostervloer, dichte bolle vloer (62%) en metaaldriekant rooster. Een standaard hok bevatte 13 vleesvarkens. Elk standaard hok had volledig gesloten hokafscheidingen, twee drinknippels en één voerbak met twee eetplaatsen.
Binnen de groepsgrootteproef is er naar drie experimentele behandelingen gekeken: kleine groepsgrootte (één hok van 13 varkens met een leefoppervlak van 1,0 m^2/varken), middelgrote groepsgrootte (één hok van 26 varkens met een leefoppervlak van 1,0 m^2/varken) en een grote groepsgrootte (één hok van 44 varkens met een leefoppervlak van 0,9 m^2/varken). De grotere hokken voor grotere groepen zijn gecreëerd door tussenschotjes tussen standaard hokken te verwijderen en deze samen te voegen.
Binnen de voerproef zijn twee voeders met elkaar vergeleken. Hierbij is gebruik gemaakt van een 'Standaard' start- en afmestvoer en een 'Geoptimaliseerd' start- en afmestvoer, waarbij het 'Geoptimaliseerd' voer fijner was gemalen en een hoger gerstgehalte bevatte dan het 'Standaard' voer.
Voor beide experimenten zijn vloerbevuilingsscores uitgevoerd op de dichte bolle vloer. Voor de uitvoering hiervan is de dichte vloer in vier secties verdeeld (S1 t/m S4), waarop natte vloerbevuiling (zowel mest als urine) gescoord is als percentage. Deze resultaten zijn vervolgens geanalyseerd met behulp van een fractionele logistische regressie, waarbij secties S1 en S2 samengevoegd zijn tot de 'voorste sectie' van de dichte vloer en S3 en S4 samengevoegd tot de 'achterste sectie' van de dichte vloer.

Groepsgrootte

De kleine groepsgrootte had gemiddeld minder bevuiling over de experimentele periode dan de middelgrote ($p=0,001$) en grote groepsgrootte ($p<0,05$). De gemiddelde bevuiling van de dichte vloer was 17,4% voor de kleine, 32,9% voor de middelgrote en 31,4% voor de grote groepsgrootte op hokniveau, waarbij de vloerbevuiling toenam gedurende de tijd ($p<0,001$). Omgerekend was de vloerbevuiling 0,11%, 0,21% en 0,17% m^2/varken respectievelijk, waarbij de middelgrote hokken in absolute zin de meeste vloerbevuiling hadden. Gemiddeld over het geheel van het experiment had de middelgrootte groepsgrootte 13,1% meer bevuiling dan de kleine hokken, en had de grote groepsgrootte 12,2% ($p=0,001$) meer bevuiling dan de kleine groepsgrootte ($p<0,05$).

Daarnaast waren achterste secties van het hok meer bevuild dan voorste secties (p<0,001). Bij de kleine groepsgrootte was er 16,4% meer bevuiling, bij de middelgrote groepsgrootte 21,5% en bij de grote groepsgrootte waren de achterste secties 21,4% meer bevuild.
De middel en grote groepsgroottes bevatten meer dieren, waardoor mogelijk meer onrust ontstaan is en functionele zones bij grotere groepsgroottes mogelijk verstoord werden. Daarnaast waren de gebruikte hokken voor deze twee groepen relatief ondiep en breed, wat geen optimale hokvorm is.
Voorste secties hadden minder bevuiling dan achterste secties. Er is geobserveerd dat varkens te lang waren voor het rooster. Hierdoor stonden de varkens met het achterste gedeelte niet op het mestrooster en kwam zowel mest als urine op de dichte vloer terecht. Dit kan in een in een grotere mestplaats resulteren wat hierdoor mogelijk een nieuwe locatie werd voor de andere dieren om ook te starten met mesten. Een andere observatie was dat de dieren tijdens de varkensronde niet genoeg beweegmogelijkheid hadden om het mestrooster te bereiken.
Vanuit dit experiment is voornamelijk het verschil in vloerbevuiling tussen behandelingen van belang voor de ammoniakemissie. Aangezien de middel en grote groepsgroottes meer bevuiling hadden, hadden deze waarschijnlijk een groter emitterend oppervlak en daarmee naar verwachting een hogere ammoniakemissie.

Voeding

Er is geen significant effect aangetoond tussen het 'Geoptimaliseerd' en 'Standaard' voer. De gemiddelde vloerbevuiling was 11,6% voor het 'Geoptimaliseerd' voer en 11,2% voor het 'Standaard' voer, waarbij de vloerbevuiling wel toenam gedurende de varkens ronde (p<0,001). Er was bij beide behandelingen meer vloerbevuiling bij de achterste secties dan de voorste secties van de dichte vloer (p<0,001). Verschillen tussen de voorste en achterste secties waren het hoogst in de laatste fase van de vleesvarkensronde, waarbij een verschil van 21,1% (Geoptimaliseerd) en 18,4% (Standaard) ontstond tussen de secties.
Het 'Geoptimaliseerd' voer heeft geen verschil gemaakt in de hoeveelheid vloerbevuiling binnen de hokken. Vanuit een perspectief van ammoniakemissie heeft dit fijner gemalen voer in dit geval geen impact.

1 Inleiding

Emissies vanuit de veehouderij leveren een bijdrage aan de klimaatverandering. De Nederlandse veehouderij moet hierom zijn uitstoot van broeikasgassen terug gaan dringen. Een broeikasgas welke een belangrijke bijdrage levert aan de klimaatverandering is methaan en dit gas draagt voor ongeveer 20% bij aan het broeikaseffect. Het Klimaatakkoord heeft hierom de opgave gesteld om broeikasgassen met 49% te reduceren in 2030 en in 2050 klimaatneutraal te zijn. Om deze doelstellingen te behalen zijn innovaties in de veehouderij essentieel.

Daarnaast zullen er aangescherpte emissienormen worden gesteld voor ammoniak voor nieuwe en bestaande stallen. Deze aanscherping moet bijdragen aan het halen van de streefwaarde om in 2030 ten minste 75% van de hectares met stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden onder de kritische depositiewaarden (KDW) te hebben gebracht (Brief Min. LNV aan Tweede Kamer, 15 juni 2022). In de provincie Noord-Brabant moeten nieuwe en bestaande stallen de ammoniakemissie sinds 1 januari 2024 met 85% reduceren. Een ammoniakreductie van 85% is te behalen met luchtwassystemen. Echter, zijn luchtwassers een end-of-pipe methode, die emissies enkel uit de lucht verwijderen op het moment dat deze de stal verlaten. Hierdoor heeft dit geen effect op de concentratie in de stal en geeft daardoor geen verbetering van de luchtkwaliteit in de dierafdelingen. Brongerichte maatregelen kunnen hiervoor een oplossing zijn, aangezien deze de emissies in de stal reduceren, waardoor concentraties vervuilende stoffen in de stal worden verlaagd en de luchtkwaliteit en daarmee de gezondheid van de dieren wordt verbeterd.

De Hoeve Innovatie (DHI) is met verschillende maatregelen bezig het stalklimaat te verbeteren. Eén van deze maatregelen is het aanpakken van de emissies bij de bron door middel van een spoelsysteem, waarbij mest dagelijks uit een afdeling wordt verwijderd. De ambitie van DHI was om de ammoniakemissie via bronmaatregelen met 85% te reduceren. Hierom was er in het kader van de Klimaatenvelop 2018 (KE 2018) een onderzoek uitgevoerd naar de werking van het Dagontmestingsysteem van DHI (Booijen et al., 2023). Uit dit onderzoek is een ammoniakreductie van 57% aangetoond bij vleesvarkens, wat lager uitviel dan verwacht. Deze lagere reductie was waarschijnlijk onder andere te wijten aan een hoge vloerbevuiling van de dichte bolle vloer, waardoor de ammoniakconcentratie in de afdeling toenam.

Varkens zijn van nature gemotiveerd om functionele zones binnen een hok uit elkaar te houden en dus (onder andere) mesten en rusten te scheiden (Nannoni et al., 2020). Binnen de varkenshouderij is vloerbevuiling alsnog een veelvoorkomend probleem dat verschillende oorzaken kan hebben. Tijdens warmere periodes van het jaar zoeken varkens verkoeling door op de mestroosters te gaan liggen. Hierdoor ontstaat er een verandering in functionele zones binnen een hok, waardoor de dichte vloer een mestplaats wordt en de roostervloeren een rustplek (Aarnink et al., 2006; Nannoni et al., 2020). Een ander veel voorkomend probleem is dat de dieren aan het eind van de ronde zwaar zijn, waardoor er weinig beweegruimte is binnen een hok (Hacker et al., 1994; Aarnink et al., 2006; Meyer-Hamme et al., 2016). Varkens krijgen hierdoor moeite met zich verplaatsen door het hok richting de mestroosters, zowel door hun gewicht als door andere dieren die in de weg liggen. Varkens zullen er dan vaak voor kiezen om op een andere plek te mesten en urineren dan op de roosters.

In het kader van Integraal Aanpakken (KlimaatEnvelop 2022) is vervolgens dit onderzoek opgestart met als doel het mestgedrag van vleesvarkens in een praktijksituatie te observeren, om vervolgens het gedrag mogelijk te sturen om de ammoniakemissie aan te pakken en tegelijkertijd het welzijn van de dieren in de stal te verbeteren. Dit zou vervolgens toegepast kunnen worden voor de optimalisering van het Dagontmestingsysteem en overige systemen om de reducering van emissies bij de bron te vergroten. Dit project is uitgevoerd met behulp van drie verschillende experimenten: groepsgrootte, voeding en klimaat.

In dit rapport worden de resultaten van de drie experimenten beschreven. Hoofdstuk 2 geeft een korte literatuurbeschrijving van de proeven, inclusief de verwachtingen per deelproef. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de experimenten, inclusief de meetwijze en meetlocatie. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de belangrijkste resultaten en in hoofdstuk 5 worden deze resultaten bediscussieerd.

2 Literatuurachtergrond

2.1 Groepsgrootte

Varkens zijn van nature sociale dieren die in groepen leven (Jensen, 2002). Momenteel worden varkens op varkensbedrijven in groepen van ongeveer 8 tot 12 dieren gehouden. Vanuit een welzijnsperspectief is nu echter de vraag ontstaan of dit aangepast zou moeten worden naar grotere groepen dieren bij elkaar, vanwege het grotere bijbehorende leefoppervlak voor bewegingsruimte en een groter hok dat beter te verdelen is in functionele zones (Dierenbescherming, z.d.). De welzijnseisen voor het Beter Leven Keurmerk (BLK) worden daarom vanaf 1 januari 2025 aangepast waarbij vleesvarkens in groepen van 20 of meer dieren gehouden moeten worden (Dierenbescherming, z.d.). Het houden van varkens in grotere groepen of in grotere hokken kan een risico met zich mee brengen voor onder andere vloerbevuiling, omdat varkens meerdere ligplekken kunnen hebben en er vervolgens voor kunnen kiezen om te mesten en urineren op de dichte vloer (Nannoni et al., 2020). Volgens Larsen et al. (2019) kunnen varkens er de voorkeur aan geven om te mesten in delen van het hok die (bijvoorbeeld) gebruikt worden om te liggen en rusten wanneer mestgedrag op het mestrooster door andere varkens wordt verstoord. Uit Jensen (2003) bleek dat een grotere groepsgrootte bij vergelijkbare beschikbare ruimte van 0,67 m^2 per varken (33 van 17 varkens/hok) resulteerde in meer natte en vuile varkenshokken. Daarbij is ook aangetoond dat er een hogere mate van bevuiling gescoord was in varkenshokken met 2/3 aandeel dichte vloer in vergelijking met 1/3 aandeel dichte vloer bij een gelijk aantal varkens per hok.
Meyer-Hamme et al. (2016) onderzocht 60 varkenshouderijen in Duitsland en vond meer vuile varkens en een meer negatief sociaal gedrag in hokken met meer dan 30 dieren bij een gemiddeld leefoppervlak van 0,83 m^2 per varken. Deze onderzoeken suggereren dat een grote groepsgrootte onder de geteste omstandigheden (>30 varkens per hok) een negatieve invloed heeft op zowel de vloerbevuiling als het welzijn van varkens. Daarnaast heeft dit mogelijk een effect op ammoniakemissie, aangezien een bevuild oppervlak met mest en urine tot ammoniakvorming leidt. Dit is zeker een risico wanneer varkens, naast een grote groepsgrootte, ook een groter leefoppervlak per dier krijgen, met name wanneer dit een dichte vloer is. Bij een hoge bevuiling is er vervolgens een groter emitterend oppervlak voor de vorming ammoniak. Aangezien BLK regels vanaf 1 januari 2025 aangepast worden naar het houden van varkens in grotere groepen, kan dit effect hebben op de vloerbevuiling van varkens gedurende een varkensronde. Dit probleem kan dus zowel ontstaan door de grotere groepen varkens, als door het grotere leefoppervlak van 1 m^2 per varken bij BLK 1 ster. Een hogere mate van vloerbevuiling heeft vervolgens weer effect op de ammoniakemissie vanuit het bedrijf. Aangezien vloerbevuiling al aangetoond is als een probleem binnen het Dagontmestingsysteem, kan dit voor lagere reductiepercentages van ammoniak zorgen dan eerder aangetoond is in Booijen et al. (2023). Binnen dit project is daarom een experiment uitgevoerd onder praktische bedrijfsomstandigheden, waarbij het effect van verschillende groepsgroottes vleesvarkens op de mate van vloerbevuiling onderzocht is. Hierbij werd verwacht dat er meer vloerbevuiling zou zijn bij een grotere groepsgrootte en dat een grotere groepsgrootte hierdoor uiteindelijk voor een lagere ammoniakreductie zal zorgen bij gebruik van het Dagontmestingsysteem.

2.2 Voersamenstelling

De samenstelling, hoeveelheid en soort voer, en de manier waarop het spijsverteringsstelsel van varkens de voerbestanddelen verwerkt, kunnen van invloed zijn op het type ontlasting en vloerbevuiling (Nannoni et al., 2020). Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat diëten invloed kunnen hebben op de gezondheid van het maag-darmkanaal en kunnen leiden tot verschillen in de pH van de urine, het watergehalte in de ontlasting en de ammoniakconcentraties in de ontlasting (Van Kempen, 2001; Yue and Qiao, 2008). Dergelijke veranderingen zijn voornamelijk te wijten aan de eiwitbron (Le et al., 2008) en de eiwitconcentratie (Yue and Qiao, 2008), gevolgd door de koolhydraatconcentratie van het dieet (Trabue et al., 2022).

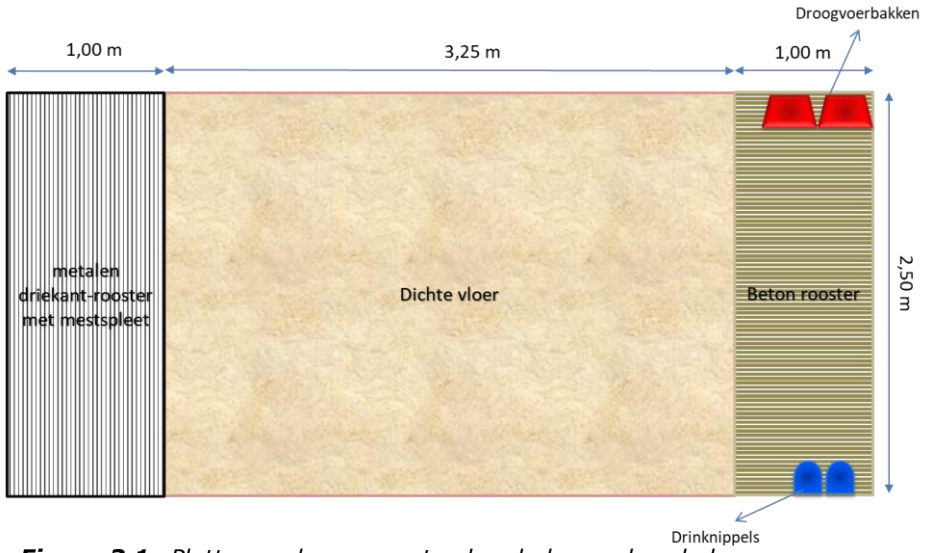
De meeste onderzoeken hebben aangetoond dat het verminderen van ruw eiwit in de voeding en tegelijkertijd het verstrekken van essentiële aminozuren een optie is om de stikstofuitscheiding te verminderen, evenals de vervluchtiging van ammoniak uit mest en om de consistentie van de ontlasting te verbeteren (Le et al., 2007; Yue and Qiao, 2008). Varkens met een zachte fecale consistentie zijn gevoelig voor diarree, wat zou worden beschouwd als "echte" vloerbevuiling (omdat er sprake is van overmatige bevuiling met feces). Zachte en dunne ontlasting is niet alleen schadelijk voor de darmgezondheid van varkens, maar leidt ook tot vuilere vloeren omdat de ontlasting erover wordt uitgesmeerd. Dit resulteert in een groter emissiegebied voor ammoniak wanneer hierover vervolgens wordt geürineerd. Clarke et al. (2018) heeft aangetoond dat een gerstgehalte in een voeder de fecale kwaliteit kan beïnvloeden bij gespeende biggen en Weiss et al. (2016) toonden aan dat gerst de microbiële compositie van mest positief kan beïnvloeden.
Oliveira et al. (2020) gesuggereerd dat de vervanging van 5% zetmeel door 5% zonnebloemolie in het dieet bij hoge omgevingstemperaturen de hygiëne en voerefficiëntie van de varkens verbeterde. Het kan zijn dat het aanvullen van het dieet met vet de varkens in hun energiebehoefte kan voorzien met een minimale warmtetoename. Daarom zouden strategieën waarbij voedingssuppletie met olie betrokken is, potentieel kunnen worden toegepast in warme omgevingen om de thermoregulatie bij varkens te verbeteren en hokbevuiling te verminderen.
Een andere optie om aan te passen binnen een voeder is de maling van het voer. Van een fijner gemalen voer is aangetoond dat voedingsstoffen in het voeder beter verteerbaar zijn en opgenomen worden, wat resulteert in een snellere groei (Lahaye et al., 2004; Lahaye et al., 2007). Andere onderzoeken hebben aangetoond dat een voeder met een fijne maling gezondheidsproblemen kan geven voor het verteringsstelsel, met name voor de maag (Mikkelsen et al., 2004; Flis et al., 2014). Echter, is er beargumenteerd dat wanneer gezondheid optimaal is binnen een bedrijf, de varkens voldoende robuust zouden moeten zijn om zulke aspecten aan te kunnen (A. Van Bussel, persoonlijke communicatie, 2022). In een praktische bedrijfssetting is opgemerkt dat fijner gemalen voer en een hoger gerstgehalte een verbetering geeft in mestgedrag en mestconsistentie, waardoor er minder sprake zou zijn van vloerbevuiling. Vanwege deze observaties is binnen dit project daarom een experiment uitgevoerd waarbij twee verschillende voeders met elkaar vergeleken zijn. Het proefvoeder is hierin fijner gemalen en heeft een hoger gerstgehalte dan het tweede voeder, welke meer standaard is binnen de varkenshouderij.

3 Materiaal en methoden

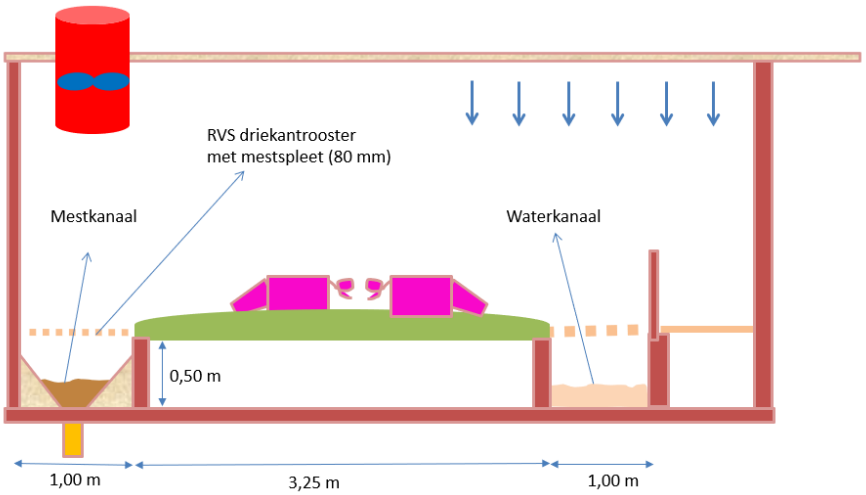
3.1 Algemene bedrijfsomstandigheden

Tijdens elk experiment en varkensronde zijn de varkens en de behandelingen verspreid over twee verschillende afdelingen, waarbij gelten en beren in aparte hokken opgelegd waren. De hokken zijn zo uniform mogelijk opgelegd qua gewicht. De varkens werden ad libitum gevoerd met een tweefasig dieet welke standaard gehanteerd werd op het bedrijf: startvoer en afmestvoer (Bijlage 1). De varkens hadden standaard toegang tot water via twee aparte drinknippels per hok en per hok waren twee eetplaatsen beschikbaar. De dieren hadden toegang tot een emmer gevuld met luzerne waar een ketting aan hing. Bij manipulatie van de ketting viel er luzerne op de dichte vloer.
De varkens werden per deelproef gehuisvest in twee identieke afdelingen met elk zes hokken (5,25 m x 2,56 m) tegen één muur van de afdeling gelegen en tegen de andere muur lag het voerpad (Figuur 3.1 en 3.2). De hokken hadden volledig gesloten hokafscheidingen. Aan de voorkant van het hok bevond zich een betonnen rooster met daaronder een watergoot. Achter in het hok bevond zich een metaal driekantrooster met een mestspleet van 80 mm en daaronder een mestgoot met schuine wanden met een helling van 45°. Het kanaal werd dagelijks geleegd door middel van het spoelen met verse mest. De dichte bolle vloer lag in het midden van het hok en besloeg 62% van het hokoppervlak.
Boven het waterkanaal waren de droogvoerbakken en de drinknippels tegenover elkaar in de hoeken geplaatst. In het waterkanaal werd aan het begin van de ronde het gebruikte schoonmaakwater van het schoonspuiten van de afdeling gezet. De mest in het mestkanaal werd dagelijks weggespoeld met behulp van dagontmesting volgens het systeem van De Hoeve Innovatie. Een plattegrond van een gehele afdeling is weergegeven in Bijlage 2 en Tabel 1 geeft een overzicht van de afdelingskenmerken.
De verse lucht kwam binnen via plafondventilatie over de gehele afdeling en werd afgevoerd via een computergestuurde ventilator. In alle hokken kon de ligruimte onder de dichte vloer gekoeld of verwarmd worden met water. Klimaatinstellingen zijn terug te vinden in Bijlage 3.
De verlichting werd handmatig aan en uit gezet in de afdelingen door personeel van het bedrijf.
Varkens kregen na opleg in de afdeling een gewenningsperiode van twee of drie dagen. Gedurende die periode werd voer en een handje zaagsel op de dichte vloer verstrekt, en werd het achterste mestrooster nat gemaakt om mestgedrag op de roosters te stimuleren.

In paragrafen 3.2 t/m 3.4 wordt per deelproef specifiek aangegeven welke aanpassingen, behandelingen en specifieke diergegevens per proef van toepassing zijn wanneer deze afwijken van deze algemene bedrijfsomstandigheden.



Figuur 3.1 *Plattegrond van een standaard vleesvarkenshok.*



Figuur 3.2 *Dwarsdoorsnede van een standaard vleesvarkenshok.*

Tabel 1 *Overzicht van de algemene bedrijfsomstandigheden binnen een afdeling.*

Kenmerken	
Dierplaatsen afdeling	78
Dierplaatsen per hok	13
Oriëntatie van de stal	Noordoost-zuidwest
Afmeting afdeling: Lengte [m] x Breedte [m]	15,0 x 6,0
Aantal hokken en afmetingen hok (lengte [m] x breedte [m])	6 hokken; 5,25 x 2,50
Leefoppervlak (m^2 per dier)	1,0
Beschrijving leefoppervlak (dichte vloer, roostervloer,...)	Gedeeltelijke roostervloer; 1,00 x 2,50 metalen driekantrooster, 1,00 x 2,50 betonrooster, 3,25 x 2,50 dichte vloer
Mestkelder (beschrijving en diepte)	Mestgoot met schuine wanden van 45°; 2,50 x 1,00 x 0,50 (lxbxd per hok)
Mestverwijdering en frequentie	Eénmaal daags spoelen volgens het dagontmestingsysteem
Waterkanaal (beschrijving en diepte)	Watergoot; 2,50 x 0,96 x 0,50 (lxbxd per hok)
Ventilatie	Mechanisch geventileerd
Luchtinlaat	Via een geperforeerd plafond
Luchtuitlaat	1 ventilator met een diameter van 50 cm
Voersysteem en voertijden	Onbeperkt (droogvoerbak)
Drinkwatersysteem en drinktijden	Onbeperkt (2 drinknippels)

3.2 Groepsgrootteproef

Bij de start van deze proef zou een totaal van 492 vleesvarkens (Tempo x TN70 kruising) ingezet worden tijdens drie opvolgende rondes lopend van december 2022 tot september 2023. Vanwege ontbrekende verrijking (emmers met luzerne) tijdens het begin van één van de rondes is besloten deze niet mee te nemen in de analyse (Ronde X in Tabel 2), aangezien rondes hierdoor niet meer gelijk waren en dit effect kan hebben op het (mest)gedrag van de varkens. Het aantal ingezette vleesvarkens komt hierdoor uiteindelijk op 334 binnen de periode maart 2023 t/m september 2023. De varkens hadden een gemiddelde (± s.d.) leeftijd van 66,0 ± 2,6 dagen bij opleg en hebben een gemiddelde periode van 86,8 ± 9,0 dagen in de afdeling gelegen, waarna ze naar de slacht zijn gegaan met een gemiddeld gewicht van 116,9 ± 11,7 kg. Deze leeftijden en gewichten zijn gemiddelden van 307 varkens. Gegevens van de overige dieren waren niet beschikbaar.

Binnen elke afdeling waren er drie experimentele behandelingen: klein (één hok van 13 varkens met 1,0 m^2/varken leefoppervlak), middelgroot (één hok van 26 varkens met 1,0 m^2/varken leefoppervlak) en groot (één hok van 44 varkens met 0,9 m^2/varken leefoppervlak). De afmetingen van een hok waren 5,25 m x 2,50 m (klein), 5,25 m x 5,00 m (middel) en 5,25 m x 7,50 m (groot). In het grote hok hadden de varkens een kleiner oppervlak per dier beschikbaar dan in de overige twee hokken. Volgens BLK regels mogen varkens in grotere groepen (meer dan 40 dieren) gehouden worden op een 10% kleiner leefoppervlak (Dierenbescherming, 2018). Dit is vervolgens op deze manier uitgevoerd binnen dit experiment aangezien de verwachting is dat in een praktijksituatie hier gebruik van gemaakt zal worden.

Daarnaast is deze proef uitgevoerd op een praktijkbedrijf en moest er hierom rekening gehouden worden met de benodigde afleveringen van varkens van het praktijkbedrijf naar de slacht.
De middelgrote en grote hokken zijn gecreëerd door (bij standaard hokken (Figuur 3.1)) tussenschotten op de dichte bolle vloer en bij beide roostervloeren te verwijderen. De voerbakken en drinknippels zijn op de originele locatie blijven staan. Dit heeft geresulteerd in twee eetplaatsen en twee drinknippels voor de kleine groepsgrootte (één eetplaats en één drinknippel per 6,5 varken). Er waren vier eetplaatsen en vier drinknippels voor de middelgrote groepsgrootte (één eetplaats en één drinknippel per 6,5 varken). Er waren zes eetplaatsen en zes drinknippels voor de grote groepsgrootte (één eetplaats en één drinknippel per 7,3 varken).
De proefbehandelingen zijn verdeeld over twee identieke afdelingen (Tabel 2) en binnen elke afdeling zijn standaard klimaatinstellingen aangehouden vanuit het bedrijf (Bijlage 3).

Bij de opleg van de varkens in de afdelingen zijn enkele beren en gelten gemengd opgelegd. Hierdoor hebben geslachten in enkele hokken bij elkaar gelegen en daarom is geen analyse uitgevoerd op geslachtverschillen in vloerbevuiling. Een overzicht van de geslachtverdeling is terug te vinden in Bijlage 4.
Daarnaast is er tijdens ronde 2 in afdeling B in zowel het middelgrote als het grote hok één varken teveel opgelegd. Hierdoor lagen in het middelgrote hok 27 dieren en in het grote hok 45 dieren. Dit valt echter nog binnen de marge van dieren die opgelegd zouden moeten worden en deze hokken zijn daarom wel meegenomen in de analyse en resultaten.
De behandelingen zijn niet conform planning verdeeld over de afdelingen en er zijn minder videowaarnemingen opgenomen dan vooraf gepland. Daarnaast is er onregelmatig extra luzerne verstrekt op de dichte vloer. Het is onbekend wanneer en hoeveel luzerne er is toegepast.

Tabel 2 *Verdeling van de groepsgroottebehandelingen over de verschillende afdelingen, hokken en varkensronden. Ronde X is niet gebruikt binnen de data analyse. Blauw = kleine groepsgrootte, oranje = middelgrote groepsgrootte, groen = grote groepsgrootte.*

Afdeling / Hok nummer	Ronde X		Ronde 1		Ronde 2	
	Afdeling A - Beren	Afdeling B - Gelten	Afdeling A - Gelten	Afdeling B - Beren	Afdeling A - Beren	Afdeling B - Gelten
1						
2						
3						
4						
5						
6						

3.3 Voerproef

Tijdens deze proef is een totaal van 468 vleesvarkens (Tempo x TN70 kruising) opgelegd tijdens drie opvolgende rondes lopend van maart 2023 t/m december 2023 verdeeld over twee identieke afdelingen. De varkens hadden een gemiddelde (± s.d.) leeftijd van 67,9 ± 6,2 dagen bij opleg en hebben een gemiddelde periode van 86,2 ± 10,1 dagen in de afdeling gelegen, waarna ze naar de slacht zijn gegaan met een gemiddeld gewicht van 116,9 ± 11,9 kg. Deze leeftijden en gewichten zijn gemiddelden van 439 varkens. Gegevens van de overige dieren waren niet beschikbaar.
Elke afdeling bevatte zes identieke hokken met 13 varkens (1,0 m^2 leefoppervlak per varken). De afmetingen van een hok waren 5,25 m x 2,50 m. Elk hok had twee drinknippels en twee eetplaatsen (één drinknippel en één eetplaats per 6,5 varken). Binnen elke afdeling zijn standaard klimaatinstellingen aangehouden vanuit het bedrijf (Bijlage 3).

Binnen deze proef zijn twee voeders met elkaar vergeleken (Tabel 3), een 'Standaard' start- en afmestvoer en een 'Geoptimaliseerd' start- en afmestvoer. Deze voeders zijn over de hokken verdeeld binnen de twee identieke afdelingen (Tabel 4). Het 'Geoptimaliseerde' voer had een maalfrequentie van 90%, waardoor ca. 5% van de voerdeeltjes groter was dan 2 mm, 61% kleiner dan 1 mm en de overige 34% tussen 1-2 mm. Het 'Standaard' voer had een maalfrequentie van 70%, waardoor ca. 8% van de voerdeeltjes groter was dan 2 mm, 56% kleiner dan 1 mm en de overige 36% tussen 1-2 mm. Het 'Geoptimaliseerde' voer was daarmee dus fijner gemalen dan het 'Standaard' voer.
Het 'Geoptimaliseerd' voer had een hoger gerst gehalte dan het 'Standaard' voer. Door het lagere gehalte gerst in het 'Standaard' voer had dit voer daardoor een hoger gehalte tarwe en maïs.
Daarnaast had het 'Standaard' voer 5 g/kg meer ruwe celstof en meer fermenteerbare koolhydraten door het gebruik van palmpitschilfers en suikerbietpulp.
De volledige voersamenstelling is terug te vinden in Bijlage 5.

Bij de opleg van de varkens in de hokken, zijn enkele beren en gelten gemengd. Hierdoor hebben geslachten in enkele hokken bij elkaar gelegen en is er geen analyse uitgevoerd op geslachtverschillen in vloerbevuiling. Een overzicht van de geslachtverdeling is terug te vinden in Bijlage 4.
De behandelingen zijn niet conform planning verdeeld over de afdelingen en er zijn minder videowaarnemingen opgenomen dan vooraf gepland. Daarnaast is er onregelmatig extra luzerne verstrekt op de dichte vloer. Het is onbekend wanneer en hoeveel luzerne er is toegepast.

Tabel 3 *Een overzicht de verschillen van het 'Standaard' en 'Geoptimaliseerd' voer dat gebruikt is in de voerproef.*

	'Standaard' voer		**'Geoptimaliseerd' voer**	
	Startvoer	**Afmestvoer**	**Startvoer**	**Afmestvoer**
Maalfrequentie	70%		90%	
Grootte voerdeeltjes	8% >2 mm 56% <1 mm 36% 1-2 mm		5% >2 mm 61% <1 mm 34% 1-2 mm	
Ruwe celstof (g/kg)	55,00	50,00	49,67	46,40
Gerstgehalte	28,00	30,00	40,00	40,00
Tarwe	24,18	35,00	25,00	34,41
Maïs	10,00	6,72	10,35	6,00
Palmpitschilfers	2,00	2,00	-	-
Suikerbietpulp	2,00	1,50		

Tabel 4 *Verdeling van de voerbehandelingen over de verschillende afdelingen, hokken en varkensronden.*

Hok nummer	Ronde 1		Ronde 2		Ronde 3	
	Afdeling A	**Afdeling B**	**Afdeling A**	**Afdeling B**	**Afdeling A**	**Afdeling B**
1	Geoptimaliseerd	Standaard	Geoptimaliseerd	Standaard	Standaard	Geoptimaliseerd
2	Geoptimaliseerd	Standaard	Geoptimaliseerd	Standaard	Standaard	Geoptimaliseerd
3	Standaard	Geoptimaliseerd	Standaard	Geoptimaliseerd	Geoptimaliseerd	Standaard
4	Standaard	Geoptimaliseerd	Standaard	Geoptimaliseerd	Geoptimaliseerd	Standaard
5	Geoptimaliseerd	Standaard	Geoptimaliseerd	Standaard	Standaard	Geoptimaliseerd
6	Geoptimaliseerd	Standaard	Geoptimaliseerd	Standaard	Standaard	Geoptimaliseerd

3.4 Klimaatproef

Vanwege teveel praktijkmetingen die afweken van criteria waaraan deze moesten voldoen, kon deze proef niet meer gebruikt en geanalyseerd worden. Voor de volledigheid van het rapport is deze proef toegelicht in Bijlage 6.

3.5 Waarnemingen en metingen

Om een verband te kunnen leggen tussen het gedrag van de dieren en vloerbevuiling zijn de volgende metingen uitgevoerd:

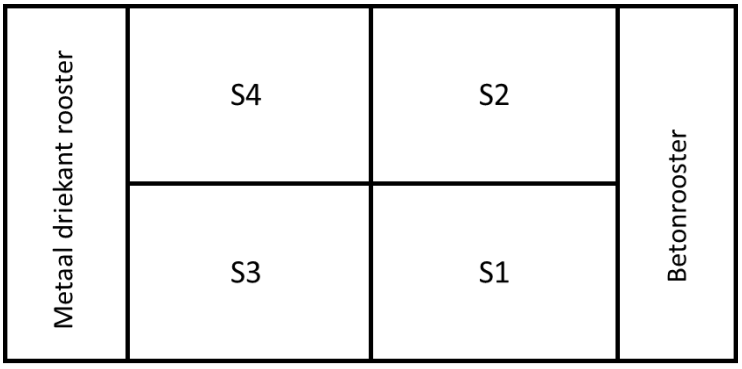
- gedragsobservaties aan de hand van videobeelden
- vloerbevuilingsscores direct op het bedrijf

Tijdens het project was onvoldoende beeldmateriaal beschikbaar voor analyse, aangezien deze niet bleken te voldoen aan opgestelde criteria. Daarom is enkel gebruik gemaakt van de vloerbevuilingsscores. Voor de volledigheid van de opzet van dit project worden beide methodes van meten wel toegelicht, waarvan de toelichting van de videobeelden terug te vinden is in Bijlage 7.

3.5.1 Vloerbevuilingscores

Binnen elke proef was elk hok verdeeld in vier observatiesecties (S1 t/m S4)(Figuur 3.3). In het geval van de groepsgrootteproef is dit gedaan vanuit het oogpunt van een origineel klein varkenshok. Een groot hok bevatte dus drie sets van de secties zoals weergegeven in Figuur 3.3. Een middelgroot hok bevatte twee sets van de secties zoals weergegeven in Figuur 3.3.
Er zouden vervolgens twee keer per week metingen uitgevoerd worden op het proefbedrijf, waarbij het percentage natte vloerbevuiling op de dichte vloer binnen elke sectie gescoord zou worden en direct genoteerd werd door eenzelfde waarnemer terwijl deze in de voergang stond.
Praktijkmetingen die achteraf niet aan deze criteria bleken te voldoen, zijn uitgesloten van verdere analyse.

Hierdoor zijn er voor de groepsgrootteproef een aantal van 28 metingen gebruikt en voor de voerproef een aantal van 35 metingen. Voorafgaand aan het nemen van deze waarnemingen werd direct de temperatuur en de hoeveelheid ventilatie in de afdeling genoteerd.



Figuur 3.3 *Bovenaanzicht van een standaard vleesvarkenshok en de verdeling van de verschillende secties (S1 t/m S4) dichte vloer waarop de natte vloerbevuiling gescoord werd. Aan de voorkant van het hok (bij het voerpad) bevond zich een betonnen roostervloer en aan de achterkant (tegen de achtermuur) een metalen driekantrooster.*

3.6 Data analyse

De uitkomstgegevens van deze twee experimenten zijn in de vorm van mate van vloerbevuiling per sectie van een varkenshok. De mate van vloerbevuiling uit de experimenten zijn variërend van 0 tot 1. Daarom is een fractionele logistische regressie gebruikt voor deze gegevens. De vergaarde data is in eerste instantie uitgezet binnen grafieken. Deze hebben de passende relatie met een fractionele logistische regressie bevestigd. Een ander kenmerk van de gegevens is dat het herhaalde metingen betreft en deze kunnen niet als onafhankelijk van elkaar worden gezien. Om hiermee rekening te houden, is 'hok' als random intercept gebruikt in het model. De variabele 'tijd' is meegenomen om te toetsen of de vloerbevuiling naarmate de tijd toeneemt. Daarnaast zijn de secties S1 en S2 samengevoegd en S3 en S4 samengevoegd, om de dichte bolle vloer te verdelen in een voorste (S1/S2) en achterste (S3/S4) sectie.

Binnentemperatuur en geslacht van de varkens zijn voor beide experimenten apart geanalyseerd. Uit deze analyse bleek dat de relatie tussen temperatuur en vloerbevuiling complexer is dan de huidige verzamelde gegevens kunnen weergeven, waardoor de huidige binnentemperatuur hier niet geschikt is om te gebruiken. Het geslacht van de varkens was na de opleg van de dieren in de afdelingen niet goed gecontroleerd, waardoor hokken deels met gemixt geslacht zijn opgelegd. Deze variabele is daarom niet meegenomen binnen de analyse.

3.6.1 Groepsgrootte

Werkelijke metingen van de mate van vloerbevuiling zijn uitgezet in grafieken, waarbij gemiddelden per meetdag en per behandeling op hokniveau zijn weergegeven. Hierbinnen zijn gemodelleerde curves van de fractionele logistische regressie toegepast en is er getoetst op significante effecten. Daarnaast zijn gemiddelden weergegeven van de hoeveelheid vloerbevuiling per behandeling en per m^2 per dier, om te corrigeren voor het kleinere leefoppervlakte per varken in de grote groepsgrootte. Significante verschillen zijn enkel op hokniveau weergegeven om overeen te komen met een praktijksituatie.

De volgende termen zijn geïmplementeerd binnen het gebruikte model als fixed effects in de eerste mixed effects fractionele logistische regressie: groepsgrootte (klein, middel, groot), tijd (dagen), sectie (S1/S2, S3/S4), ronde (1, 2) en afdeling (A, B). Hok is toegevoegd als een random intercept. De interacties van groepsgrootte*tijd, sectie*tijd en groepsgrootte*sectie zijn één voor één toegevoegd aan het eerste model om te bepalen of deze de fit zouden verbeteren. Dat was niet het geval, dus is een model zonder deze interacties gebruikt als het definitieve model.

3.6.2 Voeding

Werkelijke metingen van de mate van vloerbevuiling zijn uitgezet in grafieken, waarbij gemiddelden per meetdag en per behandeling op hokniveau zijn weergegeven. Hierbinnen zijn gemodelleerde curves van de fractionele logistische regressie toegepast en is er getoetst op significante effecten.

De volgende termen zijn geïmplementeerd binnen het gebruikte model als fixed effects in de eerste mixed effects fractionele logistische regressie: type voer (Standaard, Geoptimaliseerd), tijd (dagen), sectie (S1/S2, S3/S4), ronde (1, 2, 3) en afdeling (A, B). Hok is toegevoegd als een random intercept. De interacties type voer*tijd, sectie*tijd en type voer*sectie zijn één voor één toegevoegd aan het eerste model om te bepalen of deze de fit zouden verbeteren. Dat was niet het geval, dus is een model zonder deze interacties gebruikt als het definitieve model.

4 Resultaten

Dit hoofdstuk geeft de resultaten weer van de Groepsgrootte- en Voedingsproef. Zoals al eerder vermeld zijn de resultaten van de Klimaat proef niet voldoende betrouwbaar om te kunnen analyseren. Ook de resultaten van de twee wel gerapporteerde proeven (groepsgrootte en voeding) moeten vanwege onregelmatigheden in de opzet en uitvoering met de nodige voorzichtigheid gelezen en geïnterpreteerd worden. De geanalyseerde resultaten worden in onderstaande paragrafen apart per deelproef besproken.

4.1 Groepsgrootte

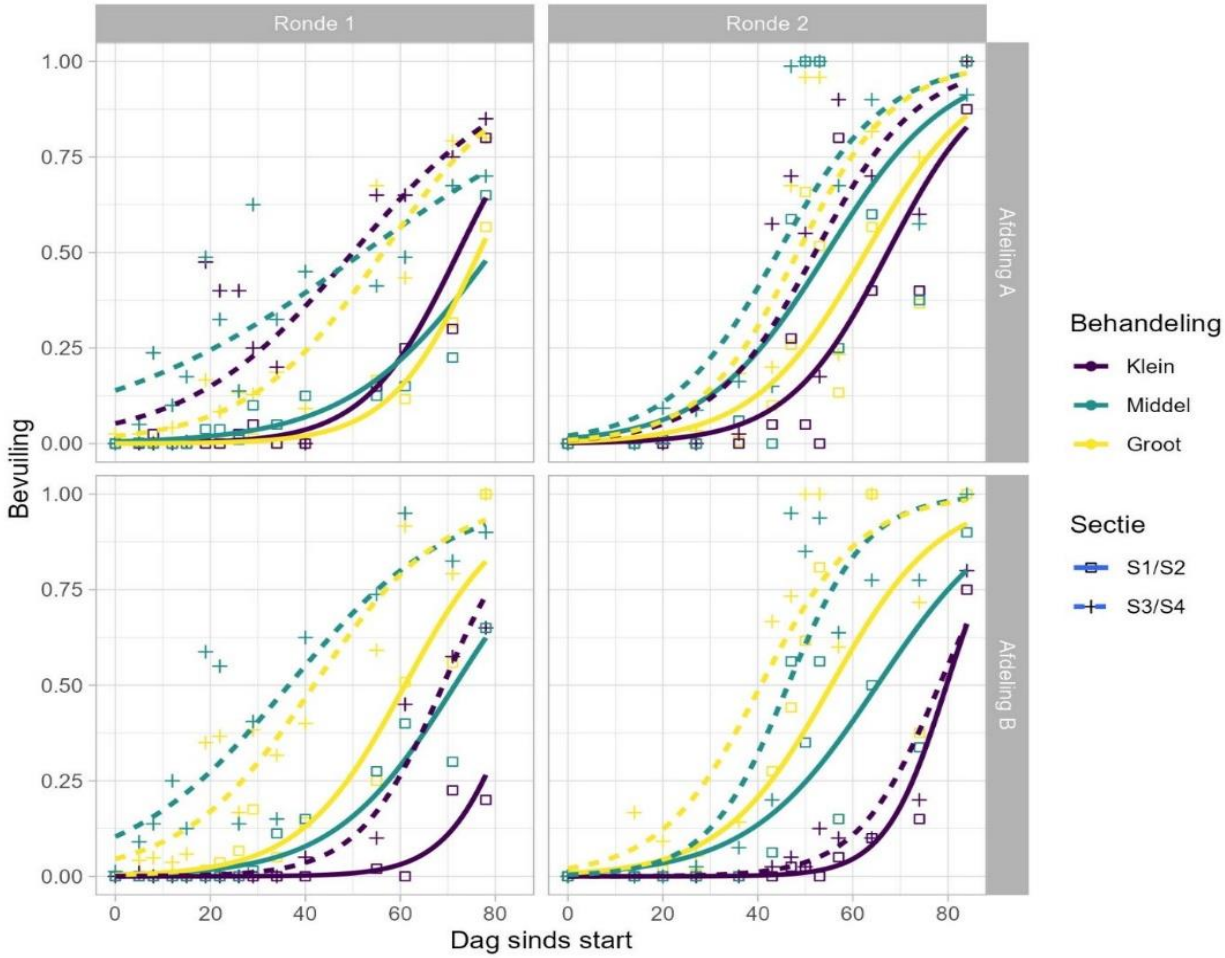
Een eerste weergave van de relatie tussen de mate van vloerbevuiling over het verloop van de tijd is weergegeven in Figuur 4.1, waarin een curve is gefit passende bij de data (het dus een modelmatige voorspelling/'egalisering' van het vermeende patroon). De figuur maakt onderscheidt tussen de verschillende vleesvarkensrondes en afdelingen, waarbij de weergegeven data opgesplitst is in behandelingen en secties van de dichte bolle vloer uit het hok (voorste helft van de dichte vloer, secties S1/S2 en achterste helft, secties S3/S4). Elk weergegeven punt binnen de grafiek is de gemiddelde vloerbevuiling van de metingen per behandeling van dat punt in de tijd. Figuur 4.2 geeft dezelfde relatie weer, waarbij de grafieken enkel zijn opgesplitst. Vanuit beide figuren is zichtbaar dat de relatie niet-lineair is, waarbij de vloerbevuiling aan de start van de vleesvarkensronde laag bleef waarna deze vervolgens sterk toenam gedurende de tijd ($p<0,001$). De dag waarop de vloerbevuiling toenam en de snelheid waarmee deze toenam verschilt tussen behandelingen, rondes en afdelingen.

De kleine groepsgrootte had gemiddeld minder bevuiling over de experimentele periode dan de middelgrote ($p=0,001$) en grote groepsgrootte ($p<0,05$). De gemiddelde bevuiling van de dichte vloer was 17,4% voor de kleine, 32,9% voor de middelgrote en 31,4% voor de grote groepsgrootte op hokniveau (Tabel 5). Omgerekend was de vloerbevuiling respectievelijk 0,11%, 0,21% en 0,17% m^2/varken, waarbij de middelgrote hokken in absolute zin de meeste vloerbevuiling hadden.
Gemiddeld over het geheel van het experiment had de middelgrootte groepsgrootte 13,1% meer bevuiling dan de kleine hokken, en hadden de grote hokken 12,2% meer bevuiling dan de kleine hokken. Figuur 4.3 geeft in meer detail de paarsgewijze verschillen weer van de verschillende behandelingen over de tijd. De twee buitenste panelen geven de verschillen in bevuiling weer tussen de kleine en grote groepsgrootte, en kleine en middelgrote groepsgrootte. Beide grafieken laten een toename in verschil zien die start rond dag 20 van de vleesvarkensronde, waarbij vervolgens een piek wordt bereikt op dag 77 met een verschil van 40,0% en 42,1%.
Er is geen significant verschil aangetoond tussen de middel en grote groepsgrootte. In de middelste grafiek van Figuur 4.3 is dit kleine verschil tussen deze twee behandelingen te zien, waaruit blijkt, net als uit Tabel 5, dat de grote hokken in absolute zin gemiddeld minder bevuild waren dan de middelgrote hokken. Op dag 29 start een toename in bevuiling bij de middelgrote groepsgrootte met een maximaal verschil op dag 68 van 2,7%. Vervolgens neemt dit verschil gedurende de rest van de ronde weer af.
Opvallend aan de verlopen van de curves per behandeling is dat deze voor de middelgrote en grote groepsgrootte vrij gelijkmatig in een S-curve verlopen met een sterke toename in het midden, terwijl dit voor de kleine groepsgrootte anders verloopt. Bij de kleine groepsgrootte blijft de curve langer vlak en begint deze pas later gedurende de varkensronde te stijgen. Er lijkt vanuit de figuur echter wel verschil te zitten tussen rondes. Tijdens ronde 1 in afdeling A lopen de drie behandelingen bijna gelijk op, waarbij de kleine groepsgrootte met meer vloerbevuiling eindigt. Binnen ronde 2 in afdeling A loopt de vloerbevuiling ook bijna gelijk op, waarbij de kleine groepsgrootte wel met minder vloerbevuiling eindigt dan de andere twee behandelingen.

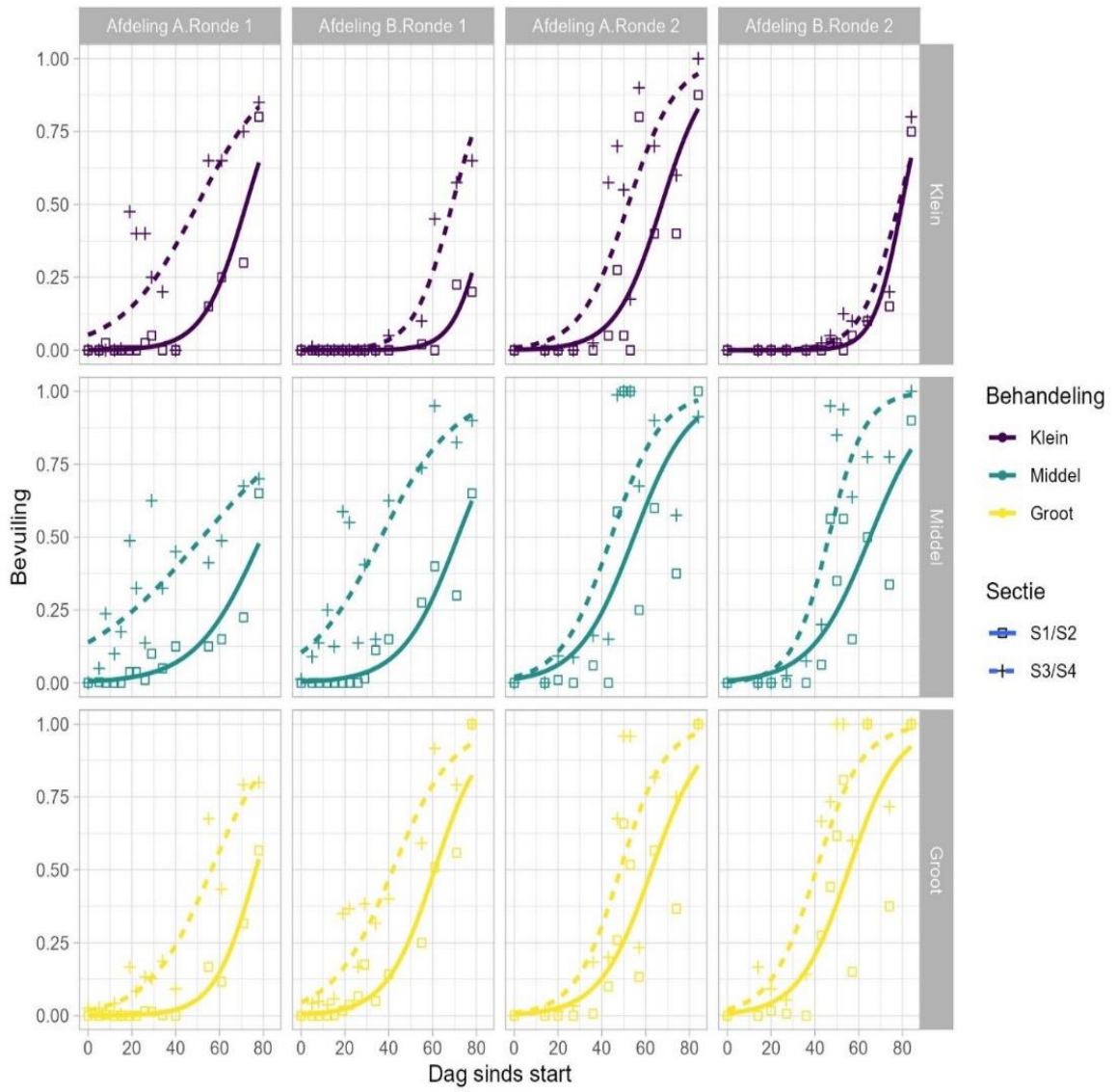
De achterste secties (S3/S4) waren meer bevuild dan de voorste secties (S1/S2)($p<0,001$). Binnen de kleine hokken was er bij de achterste secties 16,4% meer bevuiling, bij de middelgrote hokken 21,5% en bij de grote hokken 21,4% meer bevuiling.

Tabel 5 geeft vervolgens ook de gemiddelde percentages vloerbevuiling per periode van 4 weken en over de gehele varkensronde van elke behandeling per sectie. In de tabel is het verschil in percentage bevuiling tussen kleine groepsgrootte en middel en grote groepsgrootte duidelijk te zien, met name in de laatste fase van de vleesvarkensronde waarbij een verschil van 25,3% (Klein-Middel) en 22,8% (Klein-Groot) ontstaat bij de achterste secties.

Figuur 4.4 geeft het voorspelde verloop van de vloerbevuiling weer aan de hand van de berekende waarden uit het gebruikte model van de analyse. Hierin is de te verwachten gemiddelde vloerbevuiling per behandeling en sectie uitgezet over de tijd. De vloerbevuiling geeft per behandeling en sectie een S-curve weer, waarbij de bevuiling aan het begin van de varkensronde langzaam begint, halverwege de ronde sterk toeneemt en langzamer toeneemt tegen het einde. Dit geldt voor elke behandeling en sectie, op de voorste secties van de kleine groepsgrootte na. De voorste secties van de kleine groepsgrootte is het gedeelte waarin de minste hoeveelheid vloerbevuiling ontstond.



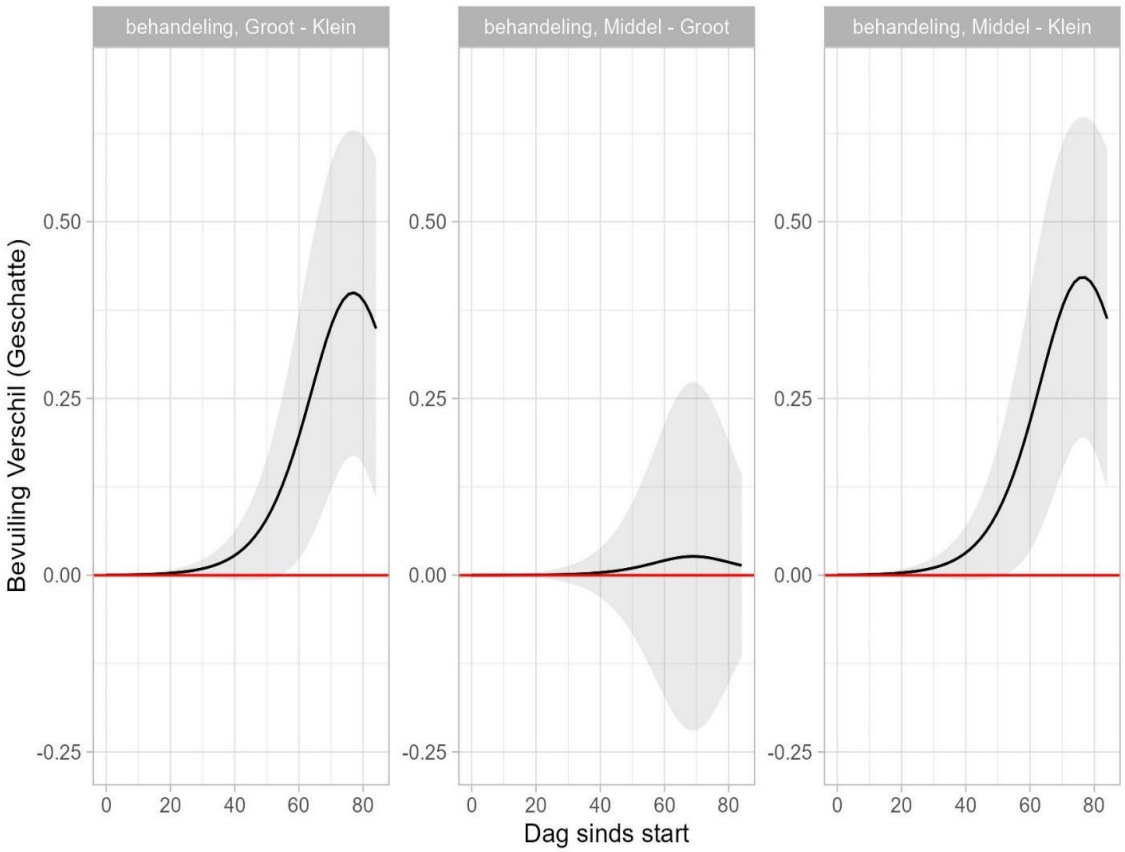
Figuur 4.1 *De mate van vloerbevuiling per meting (n=28) uitgezet over de tijd opgedeeld per varkensronde, afdeling, behandeling en sectie van het hok (voorste secties = S1/S2 en achterste secties = S3/S4), met weergave van de toegepaste fractionele logistische regressie curve.*



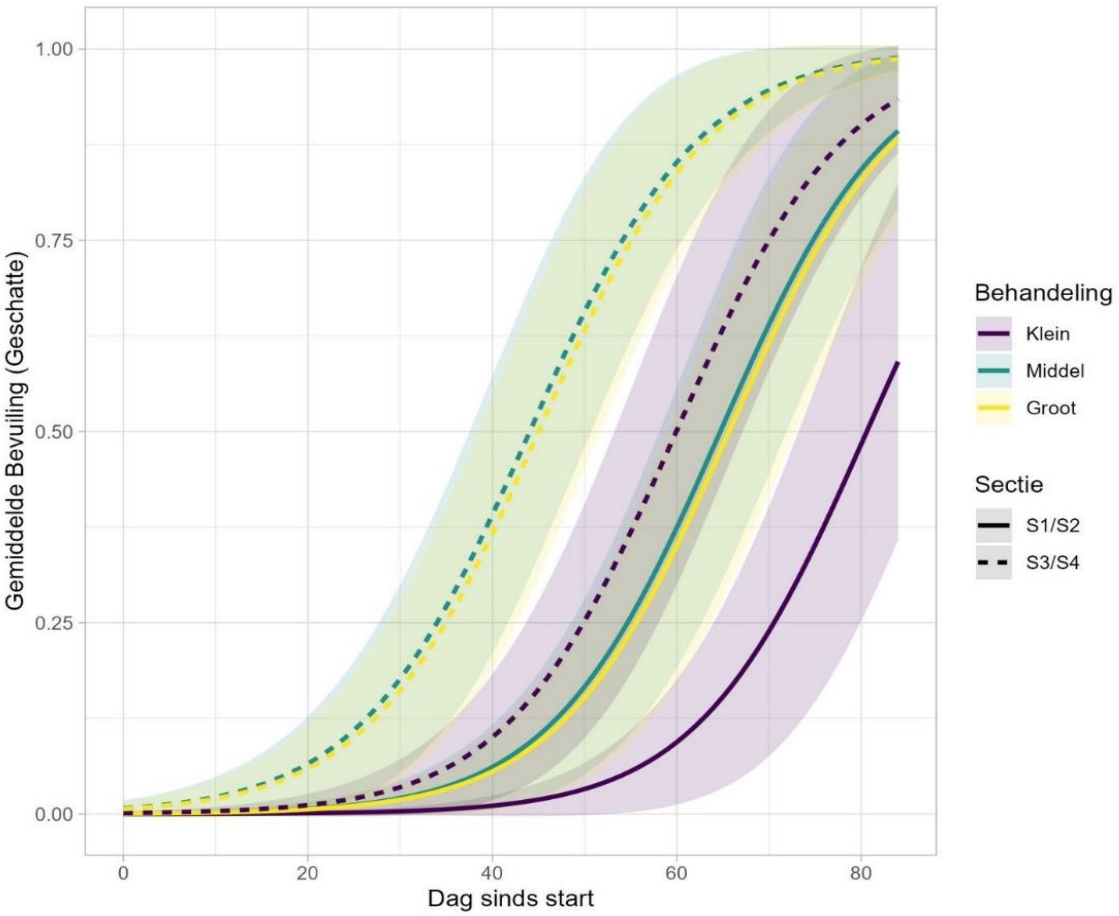
Figuur 4.2 *De mate van vloerbevuiling per meting (n=28) uitgezet over de tijd opgedeeld per varkensronde, afdeling, sectie van het hok (voorste secties = S1/S2 en achterste secties = S3/S4) en opgesplitst per behandeling, met weergave van de toegepaste fractionele logistische regressie curve.*

Tabel 5 *Gemiddelde bevuiling van de dichte vloer op hokniveau en m²/varken per behandeling, ronde en sectie (voorste secties = S1/S2 en achterste secties = S3/S4) per fase van vier weken en tijdens de gehele varkensronde. De gemiddelden op hokniveau en per sectie over de gehele periode zijn gemiddelden van gemiddelden.*

	Gemiddeld (hokniveau)	**Gemiddeld (m²/varken)**		**Sectie S1-S2**				**Sectie S3-S4**			
Behandeling			Week	**1 - 4**	**5 - 8**	**9 - 12**	**Gehele periode**	**1 - 4**	**5 - 8**	**9 - 12**	**Gehele periode**
Klein	17,4%	0,11		0,1%	3,0%	31,8%	11,6%	0,1%	20,4%	48,8%	23,1%
Middel	32,9%	0,21		0,3%	24,8%	41,0%	22,0%	7,6%	49,4%	74,1%	43,7%
Groot	31,4%	0,17		0,2%	20,5%	47,2%	22,6%	4,7%	44,1%	71,6%	40,1%



Figuur 4.3 *De paarsgewijze verschillen in de mate van vloerbevuiling tussen behandelingen over de tijd. Grijze gebieden geven betrouwbaarheidsintervallen weer.*



Figuur 4.4 *Het voorspelde verloop van de mate van vloerbevuiling per behandeling en per sectie (voorste secties = S1/S2 en achterste secties = S3/S4) uitgezet over de tijd, waarbij gekleurde gebieden betrouwbaarheidsintervallen weergeven.*

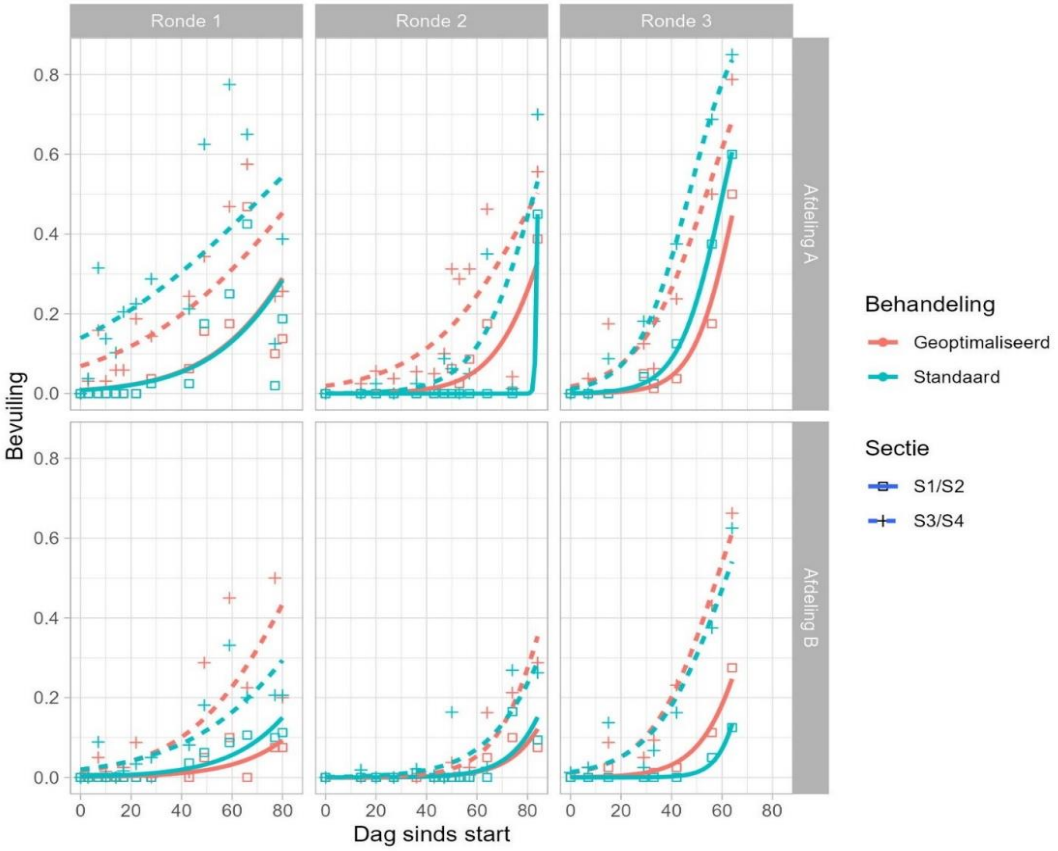
4.2 Voeding

Een eerste weergave van de relatie tussen de mate van vloerbevuiling over het verloop van de tijd is weergegeven in Figuur 4.5, waarin een curve is toegepast passende bij de data. De figuur maakt onderscheidt tussen de verschillende vleesvarkensrondes en afdelingen, waarbij de weergegeven data opgesplitst is in behandelingen en secties vloer uit het hok (voorste secties S1/S2 en achterste secties S3/S4). Elk weergegeven punt binnen de grafiek is de gemiddelde vloerbevuiling van de metingen per behandeling van dat punt in de tijd. Figuur 4.6 geeft dezelfde relatie weer, waarbij de grafieken enkel zijn opgesplitst. Vanuit beide figuren is zichtbaar dat de relatie niet-lineair is, waarbij de vloerbevuiling aan de start van de vleesvarkensronde laag bleef waarna deze vervolgens sterk toenam gedurende de tijd ($p<0,001$). Opvallend is het verloop van de vloerbevuiling in afdeling A tijdens ronde 2 bij sectie S1/S2 (voorste secties) van het 'Standaard' voer. Tot dag 84 is er geen bevuiling gemeten, waarna bij een volgende meting de bevuiling sterk toenam tot 45,0%.

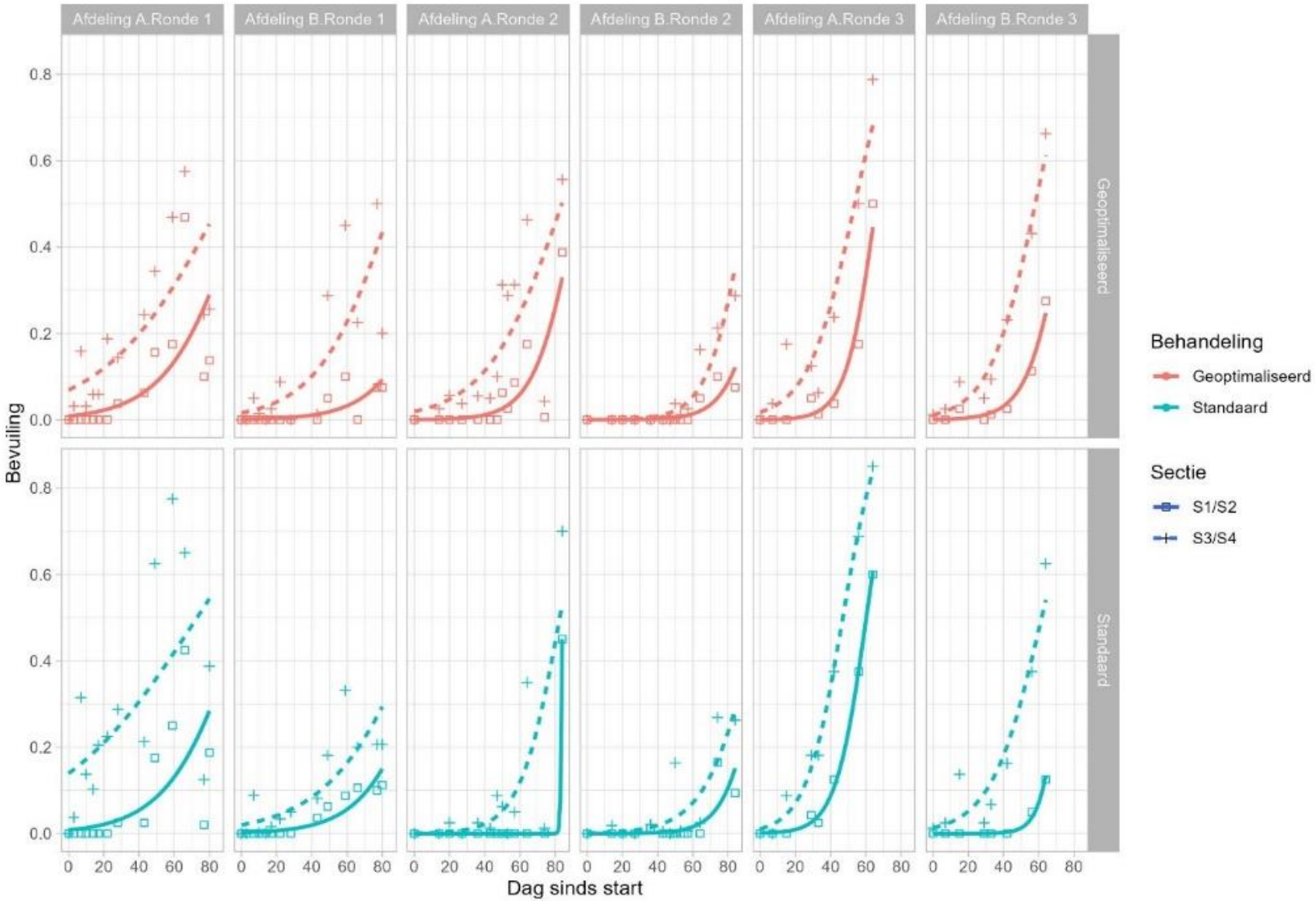
Er is geen significant effect aangetoond tussen het 'Geoptimaliseerd' en 'Standaard' voer. De kleine verschillen in vloerbevuiling zijn ook terug te zien in Figuur 4.5 en 4.6. De gemiddelde bevuiling van de dichte vloer was 11,6% voor het 'Geoptimaliseerd' voer en 11,2% voor 'Standaard' voer (Tabel 6).
Tabel 6 geeft de gemiddelde percentages vloerbevuiling per periode van 4 weken en over de gehele varkensronde van elke behandeling per sectie. Verschillen tussen de voorste en achterste secties was het hoogst in de laatste fase van de vleesvarkensronde, waarbij een verschil van 21,1% (Geoptimaliseerd) en 18,4% (Standaard) ontstond.

Bij beide voeders was er meer vloerbevuiling bij de achterste secties dan de voorste secties van het hok ($p<0,001$)(Tabel 6). Figuur 4.7 geeft het voorspelde verloop van de vloerbevuiling weer aan de hand van de berekende waarden uit het gebruikte model van de analyse per behandeling en per sectie over verloop van tijd. De figuur laat zien dat er geen verschil was tussen de behandelingen, waarbij de weergegeven data elkaar overlapt in de figuur. Er was wel een verschil tussen voorste en achterste secties over behandelingen heen. Dit was over de gehele varkensronde gemiddeld 9,0% meer bij de achterste sectie in vergelijking met de voorste sectie bij het 'Geoptimaliseerd' voer. Bij het 'Standaard' voer was de bevuiling gemiddeld 8,1% meer bij de achterste sectie in vergelijking met de voorste sectie.

Er was meer bevuiling tijdens ronde 3 dan tijdens ronde 1 ($p<0,001$). Tijdens ronde 1 was de gemiddelde temperatuur 24,1°C in de afdelingen en tijdens ronde 3 was het gemiddeld 20,3°C.
Afdeling A had meer bevuiling dan afdeling B ($p<0,001$). Afdeling A en afdeling B hadden beiden een gemiddelde temperatuur van 24,1°C.



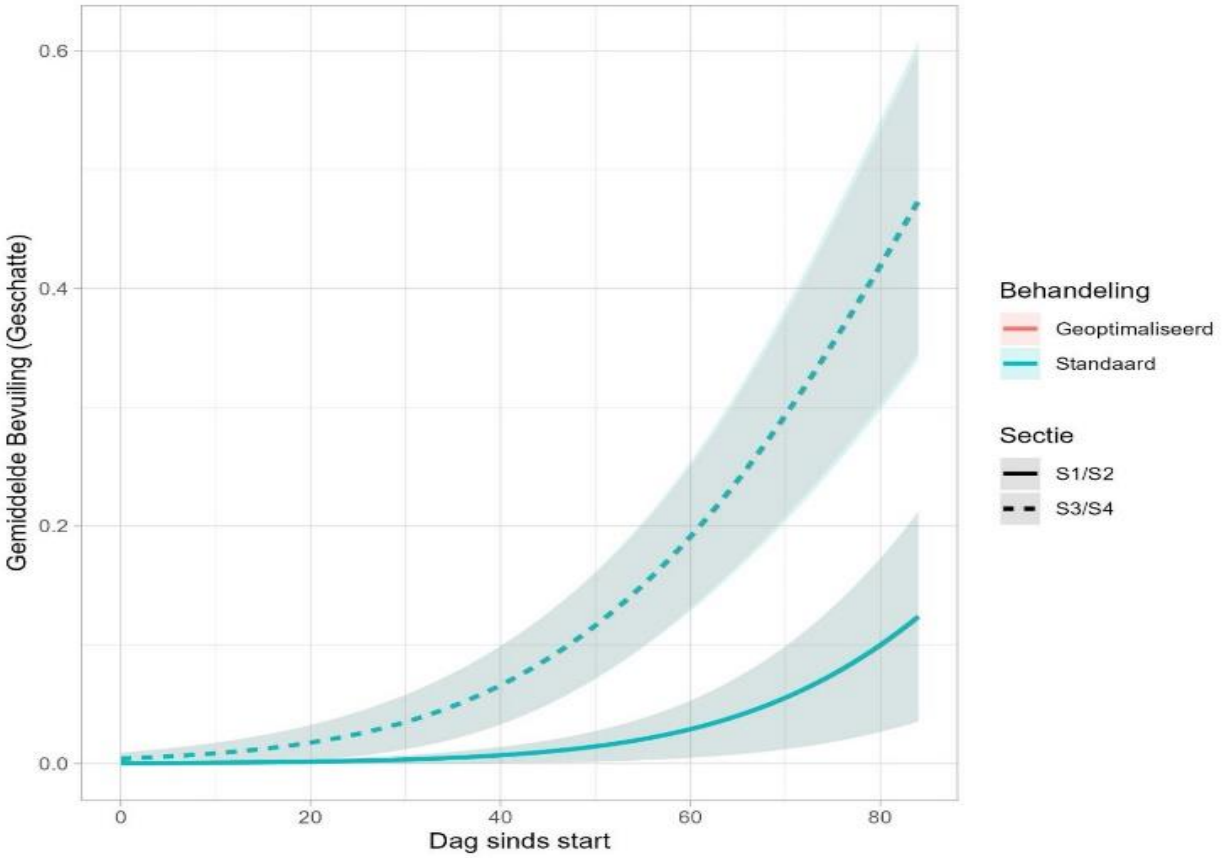
Figuur 4.5 *De mate van vloerbevuiling per meting (n=35) uitgezet over de tijd opgedeeld per varkensronde, afdeling, behandeling en sectie van het hok (voorste secties = S1/S2 en achterste secties = S3/S4), met weergave van de toegepaste fractionele logistische regressie curve.*



Figuur 4.6 *De mate van vloerbevuiling per meting (n=35) uitgezet over de tijd opgedeeld per varkensronde, afdeling, behandeling en sectie van het hok (voorste secties = S1/S2 en achterste secties = S3/S4), met weergave van de toegepaste fractionele logistische regressie curve.*

Tabel 6 *Gemiddelde bevuiling per behandeling, ronde en sectie (voorste secties = S1/S2 en achterste secties = S3/S4) per fase van vier weken en tijdens de gehele varkensronde. De gemiddelden op hokniveau en per sectie over de gehele periode zijn gemiddelden van gemiddelden.*

	Gemiddeld (hokniveau)		**Sectie S1-S2**				**Sectie S3-S4**			
Behandeling		Week	**1 - 4**	**5 - 8**	**9 - 12**	**Gehele periode**	**1 - 4**	**5 - 8**	**9 - 12**	**Gehele periode**
Geoptimaliseerd	11,6%		0,2%	1,8%	16,3%	6,1%	3,2%	10,7%	37,4%	17,1%
Standaard	11,2%		0,1%	1,3%	17,3%	6,2%	2,8%	10,0%	35,7%	16,2%



Figuur 4.7 *Het voorspelde verloop van de mate van vloerbevuiling per behandeling en per sectie (voorste secties = S1/S2 en achterste secties = S3/S4) uitgezet over de tijd, waarbij gekleurde gebieden betrouwbaarheidsintervallen weergeven. Binnen deze grafiek overlappen de grafieklijnen van de twee behandelingen elkaar.*

5 Discussie & Conclusie

In het kader van Integraal Aanpakken (KlimaatEnvelop 2022) is dit onderzoek opgestart met als doel het mestgedrag van vleesvarkens in een praktijksituatie te observeren, om vervolgens het gedrag mogelijk te sturen om de ammoniakemissie aan te pakken en tegelijkertijd het welzijn van de dieren in de stal te verbeteren. Dit zou vervolgens toegepast kunnen worden voor de optimalisering van het Dagontmestingsysteem en overige systemen om de reducering van emissies bij de bron te vergoten. In dit project is daarom het effect van verschillende groepsgroottes en twee soorten voeders op de vloerbevuiling van vleesvarkens onderzocht.

5.1 Belangrijke opmerkingen vooraf

Hieronder worden de resultaten bediscussieerd zoals deze uit de analyses zijn gekomen. Het was de bedoeling om binnen dit project drie proeven uit te voeren en videobeelden te analyseren die binnen deze proeven waren opgenomen. Bij de analyse moest worden geconcludeerd dat de klimaatproef en de videobeelden van de overige twee proeven niet bruikbaar waren. Deze zijn daarom verwezen naar de bijlage. Bij de overige twee proeven zijn in de analyses alleen de metingen meegenomen die aan de eisen voldeden. Echter, gezien het relatieve aandeel van de metingen die niet voldeden aan de criteria moeten ook de overige resultaten kritisch worden beschouwd.

5.2 Groepsgrootte

Vanwege welzijnsperspectief is de vraag ontstaan of varkens in grotere groepen moeten worden gehouden op een groter bijbehorend leefoppervlak (Dierenbescherming, z.d.) en of bevuiling van de dichte vloer hierbij een probleem zou kunnen vormen. Uit de analyses van dit experiment komt naar voren dat kleine groepsgroottes significant minder vloerbevuiling hadden dan middel en grote groepsgroottes in een praktijksetting. Bij kleine groepsgroottes bleven de vloeren schoner tijdens de varkensronde. Gedurende de ronde werd wel vloerbevuiling zichtbaar, maar deze bleef achter bij de andere groepsgroottes, wat eigenlijk een vertraging in de bevuiling laat zien. De kleine groepsgrootte liet een lagere gemiddelde vloerbevuiling zien over de gehele ronde dan de middelgrote en grote groepsgrootte op zowel hokniveau (17,4%, 32,9% en 31,4% respectievelijk) als per m^2/varken (0,11 m^2, 0,21 m^2 en 0,17 m^2 respectievelijk), waarbij de middelgrote groepsgrootte meer bevuiling had dan de grote groepsgrootte. Ditzelfde geldt voor het eind van de ronde, waarbij de bevuiling het hoogste punt bereikt en de kleine groepsgrootte een duidelijk verschil laat zien in vergelijking met de middel en grote groepsgrootte. Deze resultaten zijn zoals vooraf verwacht en kunnen mogelijk meerdere oorzaken hebben.
Meyer-Hamme et al. (2016) heeft aangetoond dat er meer negatieve sociale interacties ontstonden hoe groter de groep varkens (van 15 tot >30 dieren). De middel en grote groepsgroottes bevatten meer dieren dan de kleine groepsgrootte, waardoor er wellicht binnen de grotere groepen meer onrust ontstond. Varkens zijn dieren die graag functiegebieden scheiden (Aarnink et al., 2022) en door deze mogelijke onrust kan het zijn dat de verschillende functionele zones van de varkens verstoord werden en de varkens hierdoor op verschillende plekken zijn gaan mesten en urineren. Daarnaast was het vanwege het grotere oppervlak waarschijnlijk mogelijk om simpelweg een andere plek te kiezen om te mesten of urineren in plaats van het mestrooster (Nannoni et al., 2020). Echter, zijn deze twee aspecten in de huidige opzet van het experiment niet geobserveerd met behulp van gedragsobservaties en kan dit daarom niet bevestigd worden.
Een ander punt dat mogelijk gelinkt was aan de bevuiling is de hokvorm. Aangezien dit experiment in een praktijksetting uitgevoerd is, zijn simpelweg schotten tussen kleine standaardhokken verwijderd om hokken te creëren voor de middel en grote groepsgroottes. Hierdoor ontstonden voor deze twee groepen relatief ondiepe brede hokken, terwijl deze bij de kleine groepsgrootte dus meer small en diep was.

Door de ondiepe vorm werden de functionele zones mogelijk eerder verstoord doordat deze dichter op elkaar lagen (Randall et al., 1983), waardoor het mestgedrag veranderde en mesten op de dichte vloer ontstond (Aarnink et al., 2012). Daarnaast waren bij de grote groepsgrootte minder drinknippels en voerplaatsen aanwezig per varken in vergelijking met de overige behandelingen, aangezien de grotere hokken gecreëerd zijn door tussenwanden van standaard hokken te verwijderen. Hierdoor zijn hokken gecreëerd die niet optimaal waren voor deze grotere koppels varkens (Spoolder et al., 1999). Echter, is deze gekozen methode van tussenschotten verwijderen wel in lijn met een veelvoorkomende situatie in de praktijk wanneer varkenshouders willen overschakelen naar grote groepen.
In het algemeen bevuilen varkens de dichte vloer meer aan het eind van een ronde, wanneer de dieren bijna op z'n zwaarst zijn (Aarnink et al., 1996; Aarnink et al., 1997). Met toenemend lichaamsgewicht vermindert zowel de bewegingsruimte binnen het hok als de beschikbare ruimte op het mestrooster (Larsen et al., 2018). Varkens gaan aan het eind van de ronde ook op de roosters liggen, omdat er minder plaats beschikbaar is binnen het hok om te liggen (Larsen et al., 2019). Dit maakt het moeilijker voor varkens om zich naar het mestrooster te bewegen en te mesten op het rooster. Daarnaast produceren zwaardere varkens meer warmte, waardoor ze verkoeling zoeken en op de koelere mestroosters gaan liggen (Aarnink et al., 2006).
Echter, heeft de weergegeven data wel wat verschillen laten zien in het verloop en de toename van bevuiling. Tijdens rondes 1 en 2 was de toename van bevuiling in afdeling A vrijwel hetzelfde tussen behandelingen. Binnen ronde 1 eindigde de kleine groepsgrootte zelfs met meer bevuiling dan de overige behandelingen. Binnen ronde 2 eindigde de bevuiling wel onder de andere twee behandelingen, maar liep de bevuiling wel met dezelfde curve op als de andere behandelingen. Dit gaf een ander beeld dan in afdeling B, waar in eerste instantie een lage vloerbevuiling gescoord is tot dag 44 (achterste secties) en 54 (voorste secties). Echter, er is geen significant effect aangetoond voor ronde en afdelingsverschillen binnen dit experiment.
De verschillende behandelingen zaten door elkaar in dezelfde afdeling. Binnen de grotere groepsgroottes is een grotere mate van onrust geobserveerd op het bedrijf. De dieren uit de kleine groepsgroottes kunnen daar mogelijk door beïnvloed zijn, wat voor onrust binnen het hok en de groep heeft gezorgd. Het mestgedrag is daar mogelijk door beïnvloed (Aarnink et al., 1996; Aarnink et al., 2022). Echter, is dit niet bevestigd via officiële gedragsobservaties.
Daarnaast was de dichte vloer bol. Hierdoor onderstonden kieren onder de hokafscheidingen, waardoor het mogelijk was dat mest van aangrenzende hokken enigszins onder de afscheiding door kwam. Door deze mest en urine kunnen de dieren gestimuleerd zijn om daar op de dichte vloer te gaan mesten en hierdoor de functionele zones binnen het hok te veranderen.

Vervolgens is uit de analyse naar voren gekomen dat de voorste secties minder bevuiling hadden dan de achterste secties. Dit is te verwachten aangezien varkens vaak vanwege een gevoel van veiligheid achterin het hok mesten en niet voorin vanwege de drukte rondom de voer- en drinkplaats (Nannoni et al., 2020). De beelden zijn niet officieel geanalyseerd, maar er zijn wel observaties gedaan waarbij zichtbaar was dat de varkens, mestend met het gezicht naar de muur, te lang waren voor het mestrooster. Hierdoor stonden de varkens met het achterste gedeelte niet op het rooster en kwam zowel mest als urine op de dichte vloer terecht. Dit resulteerde mogelijk in een grotere mestplaats wat hierdoor mogelijk een nieuwe locatie werd voor de andere dieren om ook te starten met mesten. Daarnaast zijn er dieren geobserveerd die mest en urine lieten lopen terwijl ze rustend op de dichte vloer lagen.
Een andere observatie vanuit de videobeelden is dat de dieren tijdens de varkensronde niet genoeg beweegmogelijkheid hadden om het mestrooster te bereiken. De varkens nemen tijdens het verloop van de ronde toe in gewicht, terwijl het leefoppervlak niet meegroeit. Hierdoor krijgen de dieren minder bewegingsvrijheid (Aarnink et al., 1996; Aarnink et al., 1997; Larsen et al., 2018). Op de videobeelden was te zien dat de varkens probeerden het mestrooster te bereiken terwijl meerdere varkens in de weg lagen en de varkens er daarom regelmatig voor leken te kiezen om op de dichte vloer te mesten. Dit gebeurde ook wanneer het mestrooster vol lag met andere varkens. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat dit observaties zijn die onvolledig en niet geanalyseerd zijn. Echter, kunnen deze observaties wel onderbouwd worden door literatuur. Zo vonden Aarnink et al. (2006) en Hacker et al. (1994) dat hokken viezer werden naarmate de varkens zwaarder werden. De dieren werden in verloop van tijd zwaarder, waardoor het leefoppervlak en de bewegingsruimte per dier kleiner werd (Nannoni et al., 2020).

Belangrijk om te benoemen is dat de gebruikte hokken in dit experiment een groter aandeel dichte vloer bevatten dan gangbaar is (62% in plaats van 40%). Jensen (2003) heeft eerder aangetoond dat een hogere mate van bevuiling gescoord was in varkenshokken met 2/3 aandeel dichte vloer in vergelijking met 1/3 aandeel dichte vloer bij een gelijk aantal varkens per hok. Dit betekent dus dat er bij het gangbaar houden van varkens met een kleiner aandeel dichte vloer minder vloerbevuiling zou kunnen ontstaan dan in deze experimentsetting.

Vanuit dit experiment is voornamelijk het verschil in vloerbevuiling tussen behandelingen van belang voor de ammoniakemissie (Ni et al., 1999; Andersen et al., 2020). Wanneer urine op de dichte vloer terecht komt reageert de ureum met het enzym urease en wordt ammonium gecreëerd. Vervolgens vervluchtigd dit tot ammoniak (Aarnink et al., 2012). Aangezien de middel en grote groepsgroottes meer bevuiling hadden, hadden deze een groter emitterend oppervlak en daarmee naar verwachting een hogere ammoniakemissie (Aarnink et al., 1996; Aarnink et al., 2012). Aangezien in het voorgaande project van Booijen et al. (2023) de vloerbevuiling bij de vleesvarkens al een probleem bleek voor de ammoniakreductie bij gebruik van brongerichte emissie reducerende maatregelen, wordt het niet aangeraden om gebruik te maken van grotere groepen volgens deze uitgevoerde praktijksituatie.

5.3 Voeding

Twee verschillende voeders zijn binnen dit experiment met elkaar vergeleken, vanwege positieve ervaringen en goede resultaten binnen een praktijksetting met het 'Geoptimaliseerd' voer. Het 'Geoptimaliseerd' voer was in dit geval fijner gemalen dan het 'Standaard' voer en bevatte meer gerst vanwege een geobserveerd betere mestconsistentie door het proefbedrijf.
Er is uit de analyses geen significant effect aangetoond in vloerbevuiling tussen de twee behandelingen. Vanuit een perspectief van ammoniakemissie had dit fijner gemalen voer dus waarschijnlijk geen impact. Daarnaast is het de vraag of een fijner gemalen voer gewenst is voor iedere veehouder. Mikkelsen et al. (2004) toonden aan dat een grover gemalen voer voor een weerbaardere maag zorgt met een barrière tegen bacteriën, waardoor deze vervolgens niet in de darmen terecht konden komen. Daarnaast is er wel aangetoond dat een fijner gemalen voer (500 – 600 µm) zorgt voor een betere verteerbaarheid van verschillende componenten en hierdoor een betere groei (Lahaye et al., 2004; Lahaye et al., 2007). Het 'Geoptimaliseerd' voer was in dit geval nog kleiner gemalen dan genoemd in Lahaye et al. (2004) en Lahaye et al. (2007). De optimale voerkeuze zal per bedrijf verschillen. Wanneer een situatie op het bedrijf niet optimaal is voor de varkens waardoor maagproblemen eerder ontstaan, profiteren de varkens mogelijk meer van een grover gemalen voer.
Daarnaast heeft eerder onderzoek aangetoond dat het gerstgehalte in het voer een effect kan hebben op de fecale consistentie en de microbiële compositie in de mest (Weiss et al., 2016; Clarke et al., 2018). Tijdens dit experiment zijn de fecale consistentie en microbiële compositie niet onderzocht. Echter, was de verwachting dat er meer vloerbevuiling gevonden zou worden bij het 'Standaard' voer, aangezien deze groep naar verwachting een slechtere en daarmee zachtere fecale consistentie zouden hebben. Hierdoor zou de mest eerder verspreid worden over de dichte vloer en een hogere mate van vloerbevuiling opleveren. Dit verschil tussen behandelingen is niet aangetoond. Voor een eventueel volgend experiment zou de fecale consistentie gescoord kunnen worden.

De achterste secties van het hok waren meer bevuild dan de voorste secties. Dit komt overeen met het experiment van de groepsgrootte. Zoals in het voorgaande experiment benoemd is, zal dit mogelijk te maken hebben met de bewegingsvrijheid van de dieren terwijl ze gedurende de ronde zwaarder werden en dat er varkens op de roosters zijn gaan liggen voor verkoeling (Aarnink et al., 1996; Aarnink et al., 1997; Larsen et al., 2018), en vanwege de onrustige voer- en drinkplaats voorin het hok (Nannoni et al., 2020). Daarnaast is op (niet officieel geanalyseerde) videobeelden gezien dat varkens tijdens het verloop van de ronde wel naar de mestroosters bewogen om daar te mesten, maar te lang waren om in z'n geheel op het rooster te staan. Hierdoor stak het achterste deel van het lichaam uit en belandde de mest en urine op de dichte vloer.

In deze experimentsetting geldt dezelfde opmerking over de hoeveelheid vloerbevuiling binnen hokken met een groter aandeel dichte vloer dan in een gangbaar varkenshok. In een gangbaar varkenshok zal de hoeveelheid vloerbevuiling daarom mogelijk minder zijn.

Er is uit de analyses een verschil tussen zowel ronde 1 en 3, als tussen de twee afdelingen naar voren gekomen. Er was meer vloerbevuiling in ronde 3 en in afdeling A. Het is onduidelijk waar dit verschil vandaan komt. Kijkend naar de gemiddelde temperatuur in de afdeling lijkt dat niet de oorzaak. Echter, is de temperatuur niet continue gemeten, waardoor bepaalde dagen wegvallen. Een warme dag kan namelijk veel effect hebben binnen een ronde of afdeling. Door een warme dag kunnen varkens op een andere locatie gaan mesten, waardoor direct een verschuiving van functionele zones voor de rest van de ronde ingezet wordt. Eén warme dag kan daarom al een verschil maken, terwijl de rest van de ronde niet heel warm is geweest.

Literatuur

Aarnink, A., M. Booijen, J. Huis, M. l. Benus, R. Hoste, I. Vermeij, and H. Vermeer. 2022. Opties voor ammoniakreductie in stallen voor biologische varkens, Wageningen Livestock Research.

Aarnink, A., J. Schrama, M. Heetkamp, J. Stefanowska, and T. Huynh. 2006. Temperature and body weight affect fouling of pig pens. Journal of animal science 84(8):2224-2231.

Aarnink, A., D. Swierstra, A. Van den Berg, and L. Speelman. 1997. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. Journal of agricultural engineering research 66(2):93-102.

Aarnink, A., A. Van Den Berg, A. Keen, P. Hoeksma, and M. Verstegen. 1996. Effect of slatted floor area on ammonia emission and on the excretory and lying behaviour of growing pigs. Journal of agricultural engineering research 64(4):299-310.

Aarnink, A. J. A., H. Vermeer, and J. Ploegaert. 2012. Ammoniakemissiearme verharde uitlopen voor varkens= Outside, hardened yards with low ammonia emissions for pigs, Wageningen UR Livestock Research.

Andersen, H. M.-L., A. G. Kongsted, and M. Jakobsen. 2020. Pig elimination behavior—A review. Applied Animal Behaviour Science 222:104888.

Booijen, M., J. Wagensveld, J. van Riel, R. de Mol, and A. Aarnink. 2023. Emissiereductie methaan, ammoniak en geur in varkensstallen met dagontmesting, Wageningen Livestock Research.

Clarke, L., T. Sweeney, E. Curley, S. Duffy, G. Rajauria, and J. O'doherty. 2018. The variation in chemical composition of barley feed with or without enzyme supplementation influences nutrient digestibility and subsequently affects performance in piglets. Journal of animal physiology and animal nutrition 102(3):799-809.

Dierenbescherming. 2018. Aanvullende besluiten en interpretaties. doi:https://beterleven.dierenbescherming.nl/zakelijk/wp-content/uploads/sites/2/2024/02/AanvullendebesluiteneinterpretatiesVarken_1-22D_20240227.pdf

Dierenbescherming. z.d. https://beterleven.dierenbescherming.nl/over-de-dieren/alle-dieren/varkens/#:~:text=Bij%20nieuw%2D%20en%20verbouw%2C%20maar,verdelen%20is%20in%20verschillende%20gebieden.

Flis, M., W. Sobotka, and C. Purwin. 2014. Effect of feed structure on nutrient digestibility, growth performance, and gastrointestinal tract of pigs–A review. Annals of Animal Science 14(4):757-768.

Godyń, D., P. Herbut, S. Angrecka, and F. M. Corrêa Vieira. 2020. Use of different cooling methods in pig facilities to alleviate the effects of heat stress—a review. Animals 10(9):1459.

Hacker, R., J. Ogilvie, W. Morrison, and F. Kains. 1994. Factors affecting excretory behavior of pigs. Journal of animal science 72(6):1455-1460.

Huynh, T., A. Aarnink, W. Gerrits, M. Heetkamp, T. Canh, H. Spoolder, B. Kemp, and M. Verstegen. 2005. Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. Applied animal behaviour science 91(1-2):1-16.

Huynh, T., A. Aarnink, H. Spoolder, M. Verstegen, and B. Kemp. 2004. Effects of floor cooling during high ambient temperatures on the lying behavior and productivity of growing finishing pigs. Transactions of the ASAE 47(5):1773-1782.

Jensen, P. 2002. Behaviour of pigs.

Jensen, T. 2003. Flokstørrelse og gulvudformning i slagtesvinestier med delvist spaltegulv. doi:https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/medd/603

Jeppsson, K.-H., A.-C. Olsson, and A. Nasirahmadi. 2021a. Cooling growing/finishing pigs with showers in the slatted area: Effect on animal occupation area, pen fouling and ammonia emission. Livestock Science 243:104377.

Jeppsson, K.-H., A.-C. Olsson, and A. Nasirahmadi. 2021b. Increased air velocity in the lying area improves pen hygiene and reduces ammonia emissions from houses with partly slatted pens for growing/finishing pigs. Livestock Science 251:104607.

Lahaye, L., P. Ganier, J.-N. Thibault, and B. Sève. 2004. Technological processes of feed manufacturing affect protein endogenous losses and amino acid availability for body protein deposition in pigs. Animal Feed Science and Technology 113(1-4):141-156.

Lahaye, L., Y. Riou, and B. Sève. 2007. The effect of grinding and pelleting of wheat and maize on amino acids true ileal digestibility and endogenous losses in growing pigs. Livestock Science 109(1-3):138-140.

Larsen, M., M. Bertelsen, and L. Pedersen. 2018. Factors affecting fouling in conventional pens for slaughter pigs. Animal 12(2):322-328.

Larsen, M. L. V., M. Bertelsen, and L. J. Pedersen. 2019. Pen fouling in finisher pigs: Changes in the lying pattern and pen temperature prior to fouling. Frontiers in Veterinary Science 6:118.

Le, P., A. Aarnink, A. Jongbloed, C. Van der Peet-Schwering, N. Ogink, and M. Verstegen. 2008. Content of dietary fermentable protein and odour from pig manure. Animal feed science and technology 146(1-2):98-112.

Le, P., A. Aarnink, A. Jongbloed, C. Vander Peet-Schwering, N. Ogink, and M. Verstegen. 2007. Effects of dietary crude protein level on odour from pig manure. Animal 1(5):734-744.

Meyer-Hamme, S., C. Lambertz, and M. Gauly. 2016. Does group size have an impact on welfare indicators in fattening pigs? Animal 10(1):142-149.

Mikkelsen, L. L., P. J. Naughton, M. S. Hedemann, and B. B. Jensen. 2004. Effects of physical properties of feed on microbial ecology and survival of Salmonella enterica serovar Typhimurium in the pig gastrointestinal tract. Applied and environmental Microbiology 70(6):3485-3492.

Nannoni, E., A. J. Aarnink, H. M. Vermeer, I. Reimert, M. Fels, and M. B. Bracke. 2020. Soiling of pig pens: a review of eliminative behaviour. Animals 10(11):2025.

Ni, J., C. Vinckier, J. Coenegrachts, and J. Hendriks. 1999. Effect of manure on ammonia emission from a fattening pig house with partly slatted floor. Livestock production science 59(1):25-31.

Oliveira, A. C., J. González, S. E. Asmar, N. P. Batllori, I. Y. Vera, U. R. Valencia, R. Lizardo, T. D. Borges, E. Esteve-Garcia, and N. Panella-Riera. 2020. The effect of feeder system and diet on welfare, performance and meat quality, of growing-finishing Iberian× Duroc pigs under high environmental temperatures. Livestock Science 234:103972.

Opderbeck, S., B. Keßler, W. Gordillio, H. Schrade, H.-P. Piepho, and E. Gallmann. 2020. Influence of a cooled, solid lying area on the pen fouling and lying behavior of fattening pigs. Agriculture 10(7):307.

Randall, J., A. Armsby, and J. Sharp. 1983. Cooling gradients across pens in a finishing piggery: II. Effects on excretory behaviour. Journal of Agricultural Engineering Research 28(3):247-259.

Spoolder, H., S. Edwards, and S. Corning. 1999. Effects of group size and feeder space allowance on welfare in finishing pigs. Animal Science 69(3):481-489.

Trabue, S., B. Kerr, K. Scoggin, D. Andersen, and M. van Weelden. 2022. Swine diets: impact of carbohydrate sources on manure characteristics and gas emissions. Science of The Total Environment 825:153911.

Van Kempen, T. 2001. Dietary adipic acid reduces ammonia emission from swine excreta. Journal of Animal Science 79(9):2412-2417.

Weiss, E., T. Aumiller, H. K. Spindler, P. Rosenfelder, M. Eklund, M. Witzig, H. Jørgensen, K. E. Bach Knudsen, and R. Mosenthin. 2016. Wheat and barley differently affect porcine intestinal microbiota. Journal of the Science of Food and Agriculture 96(6):2230-2239.

Yue, L., and S. Qiao. 2008. Effects of low-protein diets supplemented with crystalline amino acids on performance and intestinal development in piglets over the first 2 weeks after weaning. Livestock Science 115(2-3):144-152.

6 Bijlagen

Bijlage 1 - Algemene voersamenstelling

6.1.1 Startvoer

Nutriëntsamenstelling	
Eenheid/100kg	
RE (g/kg)	147,00
Rvet (g/kg)	36,47
RC (g/kg)	49,67
RAS (g/kg)	49,25
Zetmeel (g/kg)	426,81
EW (/kg)	1,14
E-dracht (/kg)	1,13
dv Lys (g/kg)	9,70
dv Met (g/kg)	3,82
dv Thr (g/kg)	6,00
dv Trp (g/kg)	1,80
dv M+C (g/kg)	5,90
Na (g/kg)	1,70
K (g/kg)	6,51
Ca (g/kg)	6,80
P (g/kg)	4,69
vP (g/kg)	2,90
Cl (g/kg)	3,65
DEB (meq/kg)	137,86
Zn (mg/kg)	103,10
Cu (mg/kg)	17,08
VitE (IE/kg)	100,00
Fytase (FTU/kg)	650,00

Grondstofsamenstelling	
Titel	(prod.)
Gerst	40,00
Tarwe	25,00
Mais	10,35
Soja 49 HP	9,41
Zonnepitschroot EU	4,00
Tarwegries	4,00
Sojaolie-lec	1,74
Haver/spelt-doppen	1,00
Krijt (fijn) Ca	0,93
Az, L-Lysine HCl (78%)	0,64
Benzoezuur	0,50
Vit/min VLV Start 0,5% (LCu)	0,50
Monocalciumfosfaat	0,43
Natriumchloride (zout)	0,31
Fytase 250.000 FTU/kg	0,26
Az, L-Threonine (98%)	0,24
Vit E 25,000 IE/kg	0,20
Az, DL-Methionine (99%)	0,19
Natriumbicarbonaat	0,15
Enzymen (Graan) 1 kg/ton	0,10
Az, L-Tryptofaan (98%)	0,05

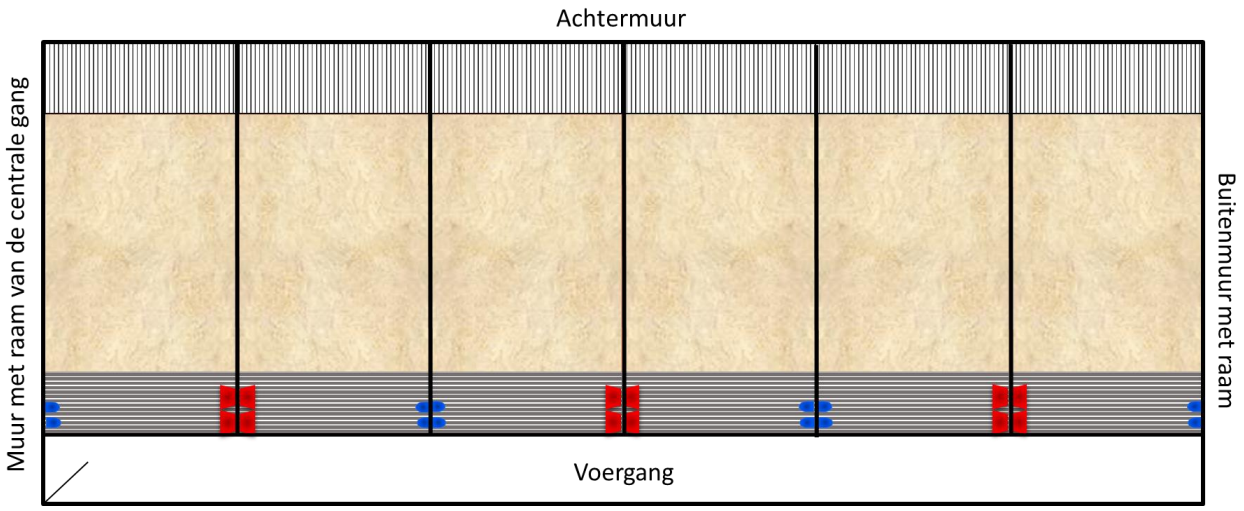
6.1.2 Afmestvoer

Nutriëntsamenstelling	
Eenheid/100kg	
RE (g/kg)	137,00
Rvet (g/kg)	27,00
RC (g/kg)	46,40
RAS (g/kg)	51,75
Zetmeel (g/kg)	453,11
EW (/kg)	1,13
E-dracht (/kg)	1,12
dv Lys (g/kg)	8,70
dv Met (g/kg)	3,33
dv Thr (g/kg)	5,50
dv Trp (g/kg)	1,50
dv M+C (g/kg)	5,35
Na (g/kg)	1,60
K (g/kg)	5,94
Ca (g/kg)	5,80
P (g/kg)	3,61
vP (g/kg)	2,63
Cl (g/kg)	3,41
DEB (meq/kg)	125,95
Zn (mg/kg)	76,71
Cu (mg/kg)	16,76
VitE (IE/kg)	100,00
Fytase (FTU/kg)	1.000,00

Grondstofsamenstelling	
Titel	(prod.)
Gerst	40,00
Tarwe	34,41
Soja 49 HP	6,25
Mais	6,00
Zonnepitschroot EU	4,00
Tarwegries	3,43
Kleimineraal	1,00
Sojaolie-lec	0,93
Krijt (fijn) Ca	0,76
Az, L-Lysine HCl (78%)	0,59
Benzoezuur	0,50
Vit/Min VLV Groei 0,5%	0,50
Fytase 250.000 FTU/kg	0,40
Vit E 25,000 IE/kg	0,30
Natriumchloride (zout)	0,28
Az, L-Threonine (98%)	0,22
Natriumbicarbonaat	0,15
Az, DL-Methionine (99%)	0,15
Enzymen (Graan) 1 kg/ton	0,10
Az, L-Tryptofaan (98%)	0,03

Bijlage 2 – Overzicht varkensafdeling

Onderstaande afbeelding geeft een plattegrond van een standaard vleesvarkensafdeling met zes hokken. Rode icoontjes geven voerbakken weer en blauwe icoontjes de drinknippels. Aan de voorzijde van het hok (tegen de voergang) bevond zich een betonrooster met een waterkanaal eronder. Aan de achterzijde (tegen de achtermuur) bevond zich een metaal driekant rooster met hieronder een mestgoot. De vloer tussen het betonrooster en metaal driekant rooster was een dichte bolle vloer.



Bijlage 3 – Standaard klimaatinstellingen

Dagnummer	Temperatuur (˚C)	Min ventilatie (m^3/uur)	Max ventilatie (m^3/uur)
1	21	8	50
7	19	10	60
50	16	10	60
100	16	10	60
Bandbreedte		6,5 ˚C	

Bijlage 4 – Overzicht verdeling geslachten

6.1.3 Groepsgrootteproef

Onderstaande tabel geeft de verdeling van de behandelingen en de verhoudingen van dieren weer tussen rondes, afdelingen en hokken tijdens de groepsgrootteproef. Ronde X is uit deze tabel gelaten, aangezien deze niet is gebruikt binnen de analyse van resultaten.

Afdeling	Ronde 1		Ronde 2	
Hok nummer	Afdeling A	Afdeling B	Afdeling A	Afdeling B
1	Gelten	Beren	Beren	Gemixt 44 gelten : 1 beer
2	Gelten			
3		Beren		
4		Gemixt 43 beren : 1 gelt	Beren	Gemixt 26 gelten : 1 beer
5	Gelten			
6			Beren	Gelten

Legenda	
	Klein
	Middel
	Groot

6.1.4 Voedingsproef

Onderstaande tabel geeft de verdeling van de behandelingen en de verhoudingen van dieren weer tussen rondes, afdelingen en hokken tijdens de voedingsproef.

	Ronde 1		Ronde 2		Ronde 3	
Hok nummer	Afdeling A	Afdeling B	Afdeling A	Afdeling B	Afdeling A	Afdeling B
1	Gelten	Gelten	Gemixt 12 beren : 1 gelt	Beren	Gelten	Gelten
2	Gelten	Gelten	Beren	Beren	Gelten	Gelten
3	Gelten	Gemixt 12 gelten : 1 beer	Gemixt 12 beren : 1 gelt	Beren	Gelten	Gelten
4	Beren	Beren	Gelten	Gelten	Beren	Beren
5	Beren	Beren	Gelten	Gemixt 12 gelten : 1 beer	Beren	Beren
6	Beren	Beren	Gelten	Gelten	Beren	Beren

Bijlage 5 – Voersamenstelling voerproef

6.1.5 'Standaard' voer – Startvoer

Nutriëntsamenstelling	
Eenheid/100kg	
RE (g/kg)	147,00
Rvet (g/kg)	39,03
RC (g/kg)	55,00
RAS (g/kg)	49,98
Zetmeel (g/kg)	407,61
EW (/kg)	1,14
E-dracht (/kg)	1,14
dv Lys (g/kg)	9,70
dv Met (g/kg)	3,86
dv Thr (g/kg)	6,00
dv Trp (g/kg)	1,80
dv Val (g/kg)	5,32
dv M+C (g/kg)	5,90
Na (g/kg)	1,70
K (g/kg)	6,41
Mg (g/kg)	1,48
Ca (g/kg)	6,80
P (g/kg)	4,65
vP (g/kg)	2,90
Cl (g/kg)	3,65
DEB (meq/kg)	135,52
Zn (mg/kg)	103,07
Cu (mg/kg)	17,38
VitE (IE/kg)	100,00
chol cl (ug/kg)	100,00
Fytase (FTU/kg)	650,00

Grondstofsamenstelling	
Titel	(prod.)
Gerst	28,00
Tarwe	24,18
Mais	10,00
Geplette gerst	10,00
Soja 49 HP	8,92
Zonnepitschroot EU	4,00
Tarwegries	3,00
Palmpitschilfers	2,00
Suikerbietpulp	2,00
Palmolie	1,11
Haver/spelt-doppen	1,00
Krijt (fijn) Ca	0,86
Sojaolie-lec	0,80
Az, L-Lysine HCl (78%)	0,65
Raapzaadschroot 00	0,54
Benzoezuur	0,50
Vit/min VLV Start 0,5% (LCu)	0,50
Monocalciumfosfaat	0,43
Natriumchloride (zout)	0,30
Fytase 250.000 FTU/kg	0,26
Az, L-Threonine (98%)	0,25
Vit E 25,000 IE/kg	0,20
Az, DL-Methionine (99%)	0,19
Natriumbicarbonaat	0,15
Enzymen (Graan) 1 kg/ton	0,10
Az, L-Tryptofaan (98%)	0,05

6.1.6 ‘Standaard’ voer – Afmestvoer

Nutriëntsamenstelling	
Eenheid/100kg	
RE (g/kg)	137,00
Rvet (g/kg)	28,70
RC (g/kg)	50,00
RAS (g/kg)	52,61
Zetmeel (g/kg)	434,83
EW (/kg)	1,12
E-dracht (/kg)	1,12
dv Lys (g/kg)	8,70
dv Met (g/kg)	3,35
dv Thr (g/kg)	5,50
dv Trp (g/kg)	1,50
dv Val (g/kg)	4,76
dv M+C (g/kg)	5,35
Na (g/kg)	1,60
K (g/kg)	5,85
Mg (g/kg)	2,50
Ca (g/kg)	5,80
P (g/kg)	3,71
vP (g/kg)	2,50
Cl (g/kg)	3,37
DEB (meq/kg)	124,63
Zn (mg/kg)	77,13
Cu (mg/kg)	16,81
VitE (IE/kg)	100,00
chol cl (ug/kg)	67,00
Fytase (FTU/kg)	1.000,00

Grondstofsamenstelling	
Titel	**(prod.)**
Tarwe	35,00
Gerst	30,00
Mais	6,72
Soja 49 HP	5,13
Geplette gerst	5,00
Raapzaadschroot 00	3,00
Tarwegries	3,00
Zonnepitschroot EU	2,80
Palmpitschilfers	2,00
Suikerbietpulp	1,50
Kleimineraal	1,00
Krijt (fijn) Ca	0,66
Az, L-Lysine HCl (78%)	0,60
Palmolie	0,54
Benzoezuur	0,50
Vit/Min VLV Groei 0,5%	0,50
Sojaolie-lec	0,40
Fytase 250.000 FTU/kg	0,40
Vit E 25,000 IE/kg	0,30
Natriumchloride (zout)	0,28
Az, L-Threonine (98%)	0,22
Az, DL-Methionine (99%)	0,15
Natriumbicarbonaat	0,15
Enzymen (Graan) 1 kg/ton	0,10
Az, L-Tryptofaan (98%)	0,03
Monocalciumfosfaat	0,02

6.1.7 'Geoptimaliseerd' voer – Startvoer

Nutriëntsamenstelling	
Eenheid/100kg	
RE (g/kg)	147,00
Rvet (g/kg)	36,47
RC (g/kg)	49,67
RAS (g/kg)	49,25
Zetmeel (g/kg)	426,81
EW (/kg)	1,14
E-dracht (/kg)	1,13
dv Lys (g/kg)	9,70
dv Met (g/kg)	3,82
dv Thr (g/kg)	6,00
dv Trp (g/kg)	1,80
dv M+C (g/kg)	5,90
Na (g/kg)	1,70
K (g/kg)	6,51
Ca (g/kg)	6,80
P (g/kg)	4,69
vP (g/kg)	2,90
Cl (g/kg)	3,65
DEB (meq/kg)	137,86
Zn (mg/kg)	103,10
Cu (mg/kg)	17,08
VitE (IE/kg)	100,00
Fytase (FTU/kg)	650,00

Grondstofsamenstelling	
Titel	**(prod.)**
Gerst	40,00
Tarwe	25,00
Mais	10,35
Soja 49 HP	9,41
Zonnepitschroot EU	4,00
Tarwegries	4,00
Sojaolie-lec	1,74
Haver/spelt-doppen	1,00
Krijt (fijn) Ca	0,93
Az, L-Lysine HCl (78%)	0,64
Benzoezuur	0,50
Vit/min VLV Start 0,5% (LCu)	0,50
Monocalciumfosfaat	0,43
Natriumchloride (zout)	0,31
Fytase 250.000 FTU/kg	0,26
Az, L-Threonine (98%)	0,24
Vit E 25,000 IE/kg	0,20
Az, DL-Methionine (99%)	0,19
Natriumbicarbonaat	0,15
Enzymen (Graan) 1 kg/ton	0,10
Az, L-Tryptofaan (98%)	0,05

6.1.8 'Geoptimaliseerd' voer – Afmestvoer

Nutriëntsamenstelling	
Eenheid/100kg	
RE (g/kg)	137,00
Rvet (g/kg)	27,00
RC (g/kg)	46,40
RAS (g/kg)	51,75
Zetmeel (g/kg)	453,11
EW (/kg)	1,13
E-dracht (/kg)	1,12
dv Lys (g/kg)	8,70
dv Met (g/kg)	3,33
dv Thr (g/kg)	5,50
dv Trp (g/kg)	1,50
dv M+C (g/kg)	5,35
Na (g/kg)	1,60
K (g/kg)	5,94
Ca (g/kg)	5,80
P (g/kg)	3,61
vP (g/kg)	2,63
Cl (g/kg)	3,41
DEB (meq/kg)	125,95
Zn (mg/kg)	76,71
Cu (mg/kg)	16,76
VitE (IE/kg)	100,00
Fytase (FTU/kg)	1.000,00

Grondstofsamenstelling	
Titel	(prod.)
Gerst	40,00
Tarwe	34,41
Soja 49 HP	6,25
Mais	6,00
Zonnepitschroot EU	4,00
Tarwegries	3,43
Kleimineraal	1,00
Sojaolie-lec	0,93
Krijt (fijn) Ca	0,76
Az, L-Lysine HCl (78%)	0,59
Benzoezuur	0,50
Vit/Min VLV Groei 0,5%	0,50
Fytase 250.000 FTU/kg	0,40
Vit E 25,000 IE/kg	0,30
Natriumchloride (zout)	0,28
Az, L-Threonine (98%)	0,22
Natriumbicarbonaat	0,15
Az, DL-Methionine (99%)	0,15
Enzymen (Graan) 1 kg/ton	0,10
Az, L-Tryptofaan (98%)	0,03

Bijlage 6 – Klimaatproef

6.1.9 Achtergrond

Varkens worden in de zomer vaak blootgesteld aan hoge omgevingstemperaturen, vanwege de stand van de zon op het bedrijf en de hoge temperaturen van de inkomende lucht (Jeppsson et al., 2021a). In hokken met een gedeeltelijke roostervloer kunnen varkens, wanneer de omgevingstemperatuur stijgt, overschakelen van het rusten op de dichte vloer naar het rusten op de roostervloer. Aarnink et al. (2006) toonden aan dat bij een stijgende temperatuur varkens op de roostervloeren gaan liggen in plaats van op de dichte vloer, aangezien roostervloeren koeler zijn door bewegende lucht. Vervolgens gaan de dieren op de dichte vloer mesten. Aarnink et al. (2006) toonden aan dat dit al gebeurt voordat de roostervloer volledig vol ligt met dieren en de varkens dit dan al een te drukke plek vinden om te mesten.
Wanneer de roostervloer de nieuwe ligruimte wordt, kunnen de varkens deze vervolgens schoonhouden door te mesten op de betonnen vloer (Huynh et al., 2005), wat leidt tot vloerbevuiling en een verhoogde ammoniakemissie (Randall et al., 1983; Aarnink et al., 2006). Bovendien zullen bij hoge omgevingstemperaturen vrijwel alle varkens gaan liggen, waardoor het voor een varken moeilijker wordt om van de ene kant van het hok naar het andere te bewegen. Dit zorgt ervoor dat dieren mesten en urineren waar ze staan (Larsen et al., 2018). Dit komt vooral voor als de varkens bijna hun slachtgewicht hebben bereikt en de varkens dus een groot deel van het hok in beslag nemen.
Door aanpassingen te maken binnen een varkensafdeling kan de warmte-uitwisseling van varkens verbeterd worden, waardoor de omgevingstemperatuur geoptimaliseerd wordt en varkens direct via de huid kunnen afkoelen (Godyń et al., 2020). De meeste van deze toepassingen maken gebruik van het effect van verneveling of vloerkoeling. Door het koelen van varkens zou het liggedrag in een optimale situatie gebracht kunnen worden, waardoor vloerbevuiling voorkomen wordt (Godyń et al., 2020; Nannoni et al., 2020). Daarnaast kunnen de mestroosters in de winter nat gemaakt worden, zodat dit een ongewenste plek wordt om te liggen (Larsen et al., 2018). In de praktijk wordt dit vaak toegepast aan het begin van een varkensronde, zodat de nieuw opgelegde varkens dit direct oppakken.
Eerder onderzoek naar klimaatoptimalisering door middel van vloerkoeling concludeerde dat er minder vloerbevuiling plaatsvond en dat er minder varkens op de mestroosters lagen (Huynh et al., 2004). Opderbeck et al. (2020) rapporteerden dat de bevuiling van de dieren werd verminderd door vloerkoeling en gemiddelde bevuiling van het liggedeelte in alle hokken zeer laag was. Daarnaast is het gebruik van verhoogde luchtsnelheid in de ligruimte tijdens warme periodes effectief gebleken om vloerbevuiling en ammoniakemissie te verminderen (Jeppsson et al., 2021b).
Binnen dit project is een experiment opgezet waarbij er klimaatbeheersing in de vorm van vloerkoeling en verneveling gebruikt is in een praktische uitvoering. Het beheersen van het klimaat door middel van koelsystemen lijkt uit voorgenoemde onderzoeken effectief in het verminderen van bevuiling en ammoniakuitstoot. Het was daarom de verwachting dat dit als toevoeging op het Dagontmestingsysteem een positief effect zou hebben op de hoeveelheid vloerbevuiling en daarmee het reduceren van de ammoniakemissie.

6.1.10 Materiaal en Methoden

Vanwege verschillende afwijkingen aan de proefuitvoering ten overzicht van het proefplan kon de gehele klimaatproef niet gebruikt worden voor analyse. Deze afwijkingen bestonden uit verschillende soorten verrijking binnen en tussen behandelingen, onregelmatig lichtregime tussen behandelingen, onregelmatige verstrekking van extra luzerne op de dichte vloer en inconsequent uitvoeren van metingen. Voor volledigheid van de proef en de rapportage zal in deze paragraaf enkel toegelicht worden welke opzet tijdens deze proef gebruikt is.

Tijdens deze proef is een totaal van 312 vleesvarkens (Tempo x TN70 kruising) opgelegd tijdens twee opvolgende rondes lopend van juni 2023 t/m november 2023.
Hiervoor zijn twee verschillende afdelingen gebruikt, waarvan één controle afdeling en één proefafdeling. Elke afdeling bevatte zes hokken met 13 varkens (1,0 m^2 leefoppervlak per varken). Binnen de controle afdeling werden enkel de klimaatinstellingen van het bedrijf aangehouden (Bijlage 3). Binnen de proefafdeling zijn de aspecten van vloerkoeling en verneveling toegevoegd. De vloerkoeling werd tijdens het begin van de ronde aangezet en de temperatuur van het water stond ingesteld op 23°C. De verneveling ging aan bij een temperatuur van 26°C binnen de afdeling, waarbij deze tijdens een periode van 1 minuut vernevelde met vervolgens 6 minuten tussenpauze. De verneveling stopte wanneer een temperatuur van 24°C of een maximale luchtvochtigheid van 85% bereikt werd. Wanneer de luchtvochtigheid in de afdeling al boven de 85% zat, ging de verneveling niet aan.
Bij elk hok waren 2 vernevelkoppen geïnstalleerd, wat uitkomt op een totaal van 12 vernevelkoppen per afdeling. De aangekoppelde pomp leverde 2 liter water per minuut en had een verneveldruk van 70 bar. De vernevelkoppen waren richting de ingaande lucht geplaatst en zo dicht mogelijk bij de plaats van binnenkomst, zodat het zich vermengde met de ingaande lucht.

Tussen beide vleesvarkensrondes zijn de controle en proefafdeling niet gewisseld, omdat de benodigde apparatuur voor de verneveling in één enkele afdeling geïnstalleerd was.

Bijlage 7 – Videobeelden

Bij elke deelproef waren boven elk varkenshok camera's (Hikvision DS-2CE16H0T-ITE) geïnstalleerd, die een volledig zicht op het hele hok gaven. Voor de opnames was een digitale videosysteemrecorder met een resolutie van 2560 × 1944P gebruikt. Eén dag per week (dinsdag) zijn gedurende 24 uur video-opnamen gemaakt, waarop vervolgens de gedragingen van de dieren handmatig geobserveerd werden. Het lig- en mestgedrag dat voorkwam werd geregistreerd en toegewezen aan de sectie van het hok waar het uitgevoerd werd (Figuur 6.1):

1. De video's zijn continu geanalyseerd op het mestgedrag van de dieren. Hierin werd onderscheid gemaakt tussen mesten en urineren op de secties W1, W2 en S1 t/m S4. In de secties M1 en M2 werd geen onderscheid gemaakt, aangezien dit niet altijd voldoende duidelijk te onderscheiden was op de videobeelden.
2. Elke 15 minuten werd het liggedrag van de varkens geanalyseerd, waarbij genoteerd werd in welke sectie van het hok de dieren lagen. Varkens die op de grens tussen de secties lagen zijn toegewezen aan het gebied waar het grootste deel van het lichaam lag. Wanneer het voorkwam dat het varken precies met het halve lichaam in elke sectie lag, is er gekozen om voor de sectie te kiezen waarin het dier met het hoofd lag.
   Criteria voor liggedrag waren dat varkens langer dan drie seconden op de zij of buik op de dichte of roostervloer lagen.

Figuur 6.1 *Verschillende secties binnen een hok die gebruikt zijn tijdens gedragsobservaties en bevuilingsscores. W1 en W2 waren betonnen roostervloeren aan de voorkant van het hok met een waterkanaal eronder. S1 t/m S4 waren een dichte bolle betonnen vloer. M1 en M2 waren een metalen driekant roostervloer en bevonden zich aan de achterkant van het hok met eronder een mestkanaal.*

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

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

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

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