



---

# Signaalindicatoren bij handhaving van "Open Normen" voor dierenwelzijn

Pilot klimaat in varkensstallen

Herman Vermeer en Hans Hopster



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Signaalindicatoren bij handhaving van "Open Normen" voor dierenwelzijn

Pilot klimaat in varkensstallen

Herman Vermeer<sup>1</sup>, Hans Hopster<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Dierenwelzijn' (projectnummer BO-20-008-018)

Wageningen Livestock Research  
Wageningen, april 2017

---

Rapport 1017

---

Vermeer, H.M., Hopster, H. 2017. Signaalindicatoren bij *handhaving "Open Normen" voor dierenwelzijn; Pilot klimaat in varkensstallen*. Wageningen University & Research -Livestock Research, Livestock Research Rapport 1017.

Vermeer, H.M., Hopster, H. 2017. Alarms for enforcement of "Open Standards" for Animal Welfare – Climate in Pig Houses. Wageningen University & Research -Livestock Research, Livestock Research Report 1017.

#### Samenvatting NL

Bedrijven die niet voldoen aan de Open Norm voor klimaat in varkensstallen kunnen geïdentificeerd worden op basis van een beperkte set kenmerken die nader onderzoek rechtvaardigen.

#### Summary UK

Farms not complying with the Open Standard for climate in pig houses can be identified based on a limited set of features that justify subsequent investigation.

Dit rapport is gratis te downloaden op <http://dx.doi.org/10.18174/409283> of op [www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research) (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2017 Wageningen Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl), [www.wur.nl/livestockresearch](http://www.wur.nl/livestockresearch). Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



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

---

# Inhoud

	<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
	<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>11</b>
	<b>Achtergrond en doel</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en Methode</b>	<b>13</b>
	2.1 Bepalen lijst van kenmerken	13
	2.2 Dataverzameling	13
	2.3 Statistische analyse	14
	2.4 Vereenvoudiging van het protocol	14
	2.5 Grenswaarden	14
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>16</b>
	3.1 Biggen	16
	3.1.1 Dataverzameling	16
	3.1.2 Statistische analyse	16
	3.1.3 Vereenvoudiging van het protocol	18
	3.1.4 Grenswaarden	19
	3.2 Vleesvarkens	21
	3.2.1 Dataverzameling	21
	3.2.2 Statistische analyse	22
	3.2.3 Vereenvoudiging van het protocol	25
	3.2.4 Grenswaarden	25
	3.3 Relatie biggen–vleesvarkens op hetzelfde bedrijf	28
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>29</b>
	4.1 Algemene discussie	29
	4.2 Praktische toepassing	30
	4.3 Slotopmerkingen	31
<b>5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>32</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>33</b>
	<b>Bijlage 1 Besluit houders van dieren</b>	<b>34</b>
	<b>Bijlage 2 Formulier gespeende biggen</b>	<b>35</b>
	<b>Bijlage 3 Formulier vleesvarkens</b>	<b>36</b>
	<b>Bijlage 4 Toelichting beoordelingsprotocol</b>	<b>37</b>
	<b>Bijlage 5 Correlatiematrix biggen</b>	<b>38</b>
	<b>Bijlage 6 Correlatiematrix vleesvarkens</b>	<b>39</b>
	<b>Bijlage 7 Reductie van het aantal gebruikte kenmerken in de verschillende analysestappen</b>	<b>40</b>
	<b>Bijlage 8 Principal components biplot biggen: Basis</b>	<b>41</b>
	<b>Bijlage 9 Principal components biplot biggen: Basis + Oorscore</b>	<b>42</b>
	<b>Bijlage 10 Principal components biplot vleesvarkens - Basis</b>	<b>43</b>
	<b>Bijlage 11 Principal components biplot vleesvarkens: Basis + Oogscore</b>	<b>44</b>



---

# Woord vooraf

Het gebruik van wettelijk gestelde doelen (open norm) vormt een aantrekkelijk vertrekpunt om de regeldruk te reduceren. Binnen de kaders van de wetgeving mag de houder zijn eigen route kiezen om het gestelde doel te realiseren of aan de geformuleerde gedragsvoorschriften te voldoen. Dit plaatst de handhaver en de sectoren zelf voor de uitdaging om op een andere wijze dan op basis van de voorgeschreven en aanwezige middelen vast te stellen of het wettelijk gestelde doel door de veehouder is behaald.

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken heeft Wageningen Livestock Research onderzoek uitgevoerd naar signaalindicatoren voor ontoereikend stalklimaat. Het onderzoek is verkennend van aard en uitgevoerd in nauwe samenwerking met de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit. Het is gericht op het vinden van aanwijzingen voor het niet voldoen aan de norm voor stalklimaat in varkensstallen. Dit eerste signaal kan aanleiding zijn voor nader onderzoek.

Het onderzoek bleek een interessante zoektocht met tal van leermomenten voor alle betrokkenen. De resultaten zijn voor een verkenning als deze alleszins bemoedigend, gelet op de kaders waarbinnen dit onderzoek is uitgevoerd. We willen collega Johan van Riel bedanken voor zijn belangrijke analytische bijdrage tijdens deze zoektocht.

De opdrachtgever in de persoon van drs. Roland Thönissen wordt bedankt voor de inspirerende gedachteswisselingen met de onderzoekers. Ing. Johan Bakker en ir Gonda Laporte (NVWA) zijn we zeer erkentelijk voor hun bijdrage vanuit de handhavingspraktijk. Mede dank zijn hun constructieve inzet is het gelukt om een aanpak te ontwikkelen die ook voor andere open normen en in andere sectoren bruikbaar is. Het vinden van eerste signalen van situaties die niet aan de wettelijke norm voldoen, zal het risico gebaseerd handhaven stellig faciliteren. Dieren, handhavers maar ook dierhouders plukken daar de vruchten van.

Dr. Hans Hopster,  
Themaleider Dierenwelzijn





---

# Samenvatting

De Nederlandse wet hanteert voor de wettelijke borging van dierenwelzijn in toenemende mate zogenaamde 'open normen'. Dat houdt in dat veelal in abstracte termen het doel wordt aangegeven waaraan de dierhouder moet voldoen. Zo mag het stalklimaat niet schadelijk zijn voor het dier. Dit geeft een veehouder de vrijheid om zelf de weg te kiezen waarlangs hij dit doel bereikt en creëert ruimte voor vernieuwingen. Voor de toezichthouder (NVWA) is het handhaven echter lastiger.

Het doel van dit pilotproject was daarom het ontwikkelen van indicatoren op basis waarvan bedrijven kunnen worden gesignaleerd die mogelijk niet aan de open norm voor stalklimaat voldoen. Niet om daarmee van de open norm weer een gesloten norm te maken, maar om de inspecteur een instrument in handen te geven dat vervolgonderzoek kan rechtvaardigen.

In het project zijn op 64 bedrijven met gespeende biggen en 32 bedrijven met vleesvarkens door de NVWA omgevings- en dierkenmerken geregistreerd volgens een gezamenlijk opgesteld protocol. Voor elk van deze kenmerken is aan de hand van de literatuur een grenswaarde gekozen, die bij overschrijding bij de varkens tot welzijnsvermindering leidt. Een groot deel van deze kenmerken is afkomstig uit het Welfare Quality<sup>®</sup> protocol. De metingen zijn uitgevoerd in het koelere deel van het jaar (winter en voorjaar) en er zijn geen situaties met hittestress geconstateerd.

De datasets van de twee groepen bedrijven zijn in stappen geanalyseerd. Achtereenvolgens is de samenhang tussen kenmerken onderzocht met een Principal Components Analyse. Mogelijkheden ter vereenvoudiging zijn beschreven en met een grote en een kleine selectie van kenmerken is het totaal aantal overschrijdingen van de grenswaarden geteld. Tenslotte zijn de aantallen overschrijdingen bij gebruik van de uitgebreide dan wel de beperkte set van kenmerken vergeleken.

Er zijn veel overeenkomsten tussen de resultaten van de biggen en de vleesvarkens. Zo is de stalluchtkwaliteit evenredig aan de buitentemperatuur. Als het buiten koud is wordt er minder geventileerd en neemt de kwaliteit van de stallucht af. Als het warm is daarentegen, hijgen en pompen biggen meer en komt rillen en huddling minder voor. Ook zoeken biggen dan meer verkoeling waardoor hok- en dierbevuiling toenemen. Naast de temperatuur is ook de kwaliteit van stallucht van belang. Bij de vleesvarkens zijn CO<sub>2</sub>- en NH<sub>3</sub>-concentraties geassocieerd met alle ademhalingskenmerken. Oogscores gaan gelijk op met bevuiling en tussen hok- en dierbevuiling is een sterk verband.

Zowel bij vleesvarkens als bij biggen bleven er 12 betrouwbare kenmerken over. Daarvan zijn bij de biggen de vijf belangrijkste signaalindicatoren CO<sub>2</sub>- en NH<sub>3</sub>-concentraties, oogscore, oorscore en staartscore. Bij de vleesvarkens zijn de belangrijkste signaalindicatoren CO<sub>2</sub>- en NH<sub>3</sub>-concentraties, bevuiling, oogscore en staartscore. Ten opzichte van deze set van vijf indicatoren had de uitgebreide set van 12 indicatoren weinig meerwaarde.

De resultaten geven aan dat varkensbedrijven (vleesvarkens- en biggen) op basis van 5 signaalindicatoren gerangschikt kunnen worden naar risico's voor dierenwelzijn als gevolg van een suboptimaal stalklimaat. Hiermee kan worden voorgesorteerd op nader onderzoek omtrent de open norm voor stalklimaat. De gebruikte methode lijkt ook geschikt om te gebruiken voor andere open normen en andere diersoorten.



---

# Summary

The Dutch law is increasingly using so-called “open standards” for the protection of animal welfare. This means that the objective is described in abstract terms enabling pig farmers to reach the objective with self-chosen measures. However maintaining these open standards are more difficult to maintain for the inspection service because strict limits are not available.

The aim of the project was to develop indicators (features) to assess climate in pig houses. This creates the possibility to enforce open standards on pig farms. Not to convert the animal based open standards to resource based measurements, but to provide the inspector with an instrument to justify follow-up research.

In total 64 farms with rearing piglets and 32 farms with finishing pigs were assessed by the Dutch inspection service. On these farms a set of climate related features was collected in six pens according to a newly developed protocol. The observations were animal and resource based features and air quality. For each of these features, a reference value has been chosen and exceeding this limit indicates a welfare reduction. A large proportion of these features was based on the Welfare Quality® Pig Protocol. The farm inspections were carried out in the colder part of the year (winter and spring), so no situations with heat stress were observed.

A simple assessment of the reliability, variation and correlation between features reduced the dataset to 12 features. With Principal Components Analysis five of the features within this set appeared to be the major features and could be regarded as warning signals. For both the large and small set of features the number of limit exceedances per pen and per farm were calculated.

The results of the piglet farms and the finishing pig farms showed many similarities. For example the air quality is related to the outside temperature. If it is cold outside there is less ventilation and the air quality is reduced. On the other hand, if it is warm outside panting and pig fouling is more common and shivering and huddling will not be observed. Air quality, reflected in CO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> concentrations are associated with all respiratory features. Eye scores are positively correlated with fouling and pen and pig fouling are closely related.

From the limited dataset of 12 features we selected five so called signal indicators: CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, tail score, eye score for both categories of pigs supplemented with ear score for piglets and pig fouling for finishing pigs. Compared with this set of five features the set of 12 features had little added value.

The results indicate that pig farms (piglets and finishing pigs) can be ranked based on five signal indicators related to reduced animal welfare caused by sub optimal climatic conditions. A high score can be a reason for additional inspections. This method also seems to be suitable in other species and other open standards.



---

# 1      Introductie

De wetgever hanteert voor de wettelijke borging van dierenwelzijn in toenemende mate zogenaamde 'open normen'. Dat houdt in dat veelal in abstracte termen het doel wordt aangegeven waaraan de dierhouder moet voldoen. Binnen de kaders van de wetgeving mag de houder dus zijn eigen route kiezen om dat doel te behalen. Dit plaatst de handhaver en de sectoren zelf voor de uitdaging om op een andere wijze dan op basis van de voorgeschreven en aanwezige middelen vast te stellen of het wettelijk gestelde doel door de veehouder is behaald. Dit beoordelen vraagt meer specifieke expertise en een andere manier van werken. Er is behoefte aan signaalindicatoren die in de praktijk gebruikt zouden kunnen worden als startpunt voor nader onderzoek naar de mate waarin het wettelijk gestelde doel in de praktijk is gerealiseerd.

---

# Achtergrond en doel

De gestelde eis aan het klimaat in varkensstallen is een voorbeeld van zo'n open norm waarvoor meer behoefte is aan kennis. Met het regelen van het klimaat in varkensstallen wordt een omgeving voor de dieren gecreëerd waarin ze zich goed voelen, gezond blijven en de productiviteit goed is. Het regelen van het stalklimaat bestaat uit het beheersen van de eigenschappen van de lucht, te weten de luchtcirculatie, het stofgehalte van de lucht, de temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en de gasconcentraties in de omgeving van het dier. In het Besluit houders van dieren is de norm opgenomen dat deze klimaatkenmerken "niet schadelijk mogen zijn voor het dier" (zie bijlage 1). Voor varkens zijn geen grenzen opgenomen voor deze kenmerken, maar bijvoorbeeld voor pluimvee mag er maximaal 3000 ppm CO<sub>2</sub> en 20 ppm NH<sub>3</sub> in de stallucht aanwezig zijn. Ook voor varkens is het wenselijk dat de zogenaamde "open norm" voor het stalklimaat handhaafbaar is. Metingen aan het stalklimaat, maar vooral metingen aan de varkens geven inzicht in de mate van schadelijkheid voor het dier. Kenmerken die een eerste aanwijzing geven dat het stalklimaat niet aan de norm voldoet noemen we "signaalindicatoren". Deze kunnen aanleiding zijn voor vervolgonderzoek en tenslotte sancties.

In dit project zijn in samenwerking met de NVWA stalklimaatgerelateerde data verzameld bij gespeende biggen en vleesvarkens. Met deze twee datasets is in de eerste plaats gezocht naar signaalindicatoren die klimaatgerelateerde welzijnsproblemen onderbouwen. Bovendien is gezocht naar samenhang tussen kenmerken met als oogmerk het aantal te reduceren en daarmee de werkbaarheid van het protocol te vergroten. Met de aldus ontwikkelde set van signaalindicatoren wordt beoogt de handhaver te faciliteren bij de handhaving van de open norm voor in dit geval klimaat in stallen voor biggen en vleesvarkens.

Het doel van dit pilotproject was daarom het ontwikkelen van indicatoren op basis waarvan bedrijven kunnen worden gesignaleerd die mogelijk niet aan de open norm voor stalklimaat voldoen. Niet om daarmee van de open norm weer een gesloten norm te maken, maar om de inspecteur een instrument in handen te geven dat vervolgonderzoek kan rechtvaardigen.

---

## 2 Materiaal en Methode

In het project is een waarnemingsprotocol ontwikkeld dat door de inspecteurs van de NVWA is gebruikt tijdens een honderdtal bedrijfsbezoeken. Daaruit volgde een dataset voor gespeende biggen en een dataset voor vleesvarkens. Deze datasets zijn stapsgewijs geanalyseerd om tot een bruikbare selectie van kenmerken te komen. Tenslotte zijn op basis van literatuur voor de diverse kenmerken grenswaarden vastgesteld en is het aantal overschrijdingen ervan bepaald. Deze globale aanpak is in onderstaande paragrafen uitgewerkt.

### 2.1 Bepalen lijst van kenmerken

Eind 2015 is een breed samengestelde lijst met aan het stalklimaat gerelateerde kenmerken opgesteld. Deze lijst was voor biggen en voor vleesvarkens vrijwel identiek. Deze lijst is in samenspraak met collega-onderzoekers en met medewerkers van de NVWA tot stand gekomen. Deze lijst is niet uitputtend, deels zijn keuzen gemaakt op basis van beschikbare apparatuur, beschikbare tijd in combinatie met verwachte samenhang tussen kenmerken. Zo is luchtverversing, af te lezen aan het CO<sub>2</sub>-gehalte, van invloed op alle schadelijke gassen in de stallucht.

De stalgegevens en kenmerken zijn in acht categorieën te groeperen:

1. Algemene gegevens zoals datum, bedrijfsnummer, inspecteurs, hoknummers en selectieredenen
2. Afmetingen van hokken en afdelingen inclusief het aantal dieren voor de berekening van oppervlak en volume per dier en het luchtinlaatsysteem;
3. Binnen- en buitentemperatuur, CO<sub>2</sub>- en NH<sub>3</sub>-concentraties op dierniveau.
4. Hok- en dierbevuiling
5. Oog-, staart- en huidscore
6. Ademhalingskarakteristieken
7. Liggedrag en activiteit
8. Bedrijfsresultaten op jaarbasis: sterfte, medicijngebruik, slachtafwijkingen

### 2.2 Dataverzameling

Het onderzoek is in nauwe samenwerking tussen Wageningen Livestock Research en de NVWA uitgevoerd. De verzameling van data op bedrijven met gespeende biggen en vleesvarkens was in het voorjaar van 2016 onderdeel van de reguliere inspecties op varkensbedrijven. Voorafgaand aan de bedrijfsbezoeken heeft voor de NVWA inspecteurs een instructie van het dataprotocol plaatsgevonden. In totaal zijn gegevens van 64 bedrijven met biggen en van 32 bedrijven met vleesvarkens verzameld. Op 16 bedrijven zijn zowel data van de biggen als van de vleesvarkens verzameld, op alle andere bedrijven slechts van één van de twee categorieën. De bedrijfsbezoeken zijn afgelegd tussen 22 januari en 18 juni 2016.

De daadwerkelijke dataverzameling bestond uit de volgende stappen (toelichting in bijlage 4):

1. Hoknummers van 6 hokken per bedrijf; voor biggen 3 hokken jonge biggen en 3 hokken met oudere biggen. Voor vleesvarkens 2 hokken met varkens kort na opleg als vleesvarken, 2 hokken met vleesvarkens halverwege het afmesttraject en 2 hokken met vleesvarkens in de laatste maand voor de slacht. Hokken met signalen van tekortkomingen zijn als eerste geselecteerd.
2. Afmetingen van hokken en afdeling inclusief het aantal dieren zijn vastgelegd en oppervlakte en inhoud per varken zijn berekend
3. Binnen- en buitentemperatuur, CO<sub>2</sub>- en NH<sub>3</sub>-concentraties in het hok op dierhoogte zijn gemeten met de MultiRAE II Lite multigasmonitor (RAE Systems).
4. Hok- en dierbevuiling zijn vastgesteld
5. Oog-, staart- en oorscore zijn geregistreerd
6. Ademhalingskarakteristieken (hijgen, pompen, hoesten, niezen) zijn genoteerd
7. Liggedrag en activiteit (verspreiding, staande dieren) zijn geregistreerd
8. Bedrijfsresultaten op jaarbasis: sterfte, medicijngebruik, slachtafwijkingen zijn opgenomen

---

Zaken als stofgehalte, relatieve luchtvochtigheid (RV), luchtsnelheid en specifieke gassen als H<sub>2</sub>S zijn niet gemeten tijdens de inspecties.

De formulieren voor de gespeende biggen en voor de vleesvarkens zijn in bijlage 2 en 3 weergegeven.

## 2.3 Statistische analyse

De statistische analyse had als doel om de samenhang tussen kenmerken in de dataset inzichtelijk te maken. Dit maakt het mogelijk om uit de uitgebreide set met kenmerken, een beperkt aantal meest relevante kenmerken te selecteren. De datasets voor biggen en vleesvarkens bevatten elk 6 records (hokken) per bedrijf met voor de biggen 2 leeftijdscategorieën en voor de vleesvarkens 3 leeftijdscategorieën. Van beide datasets zijn in eerste instantie alle kenmerken in een tabel samengevat en is er een correlatiematrix gemaakt om snel zicht te kunnen krijgen op de samenhang tussen kenmerken. Dit is een grove screening, mede omdat niet alle kenmerken continue variabelen zijn. Vervolgens is met een Principal Components Analyse de dataset grafisch weergegeven in een biplot. Standaardisatie en normalisatie van de verschillende kenmerken is vooraf uitgevoerd. In een biplot wordt van de data met vele dimensies (vanwege het aanbieden van meer dan 2 kenmerken tegelijk) een tweedimensionaal plaatje gemaakt met de grootst mogelijke verklaarde variantie.

De keuze van de kenmerken van de basis-biplot is kennisgedreven en dient de belangrijkste invloedsfactoren primair in beeld te brengen. Bijvoorbeeld een hoge buitentemperatuur levert doorgaans een hogere mate van ventilatie en daarmee een betere luchtverversing in de stal. De mate van luchtverversing en ammoniakvorming zijn belangrijke aspecten voor het uiteindelijke stalklimaat en zijn om die reden in de basisbiplot opgenomen.

Na vaststelling van een basisbiplot is stap voor stap gekeken hoe de overige kenmerken correleren in het plaatje. Positieve samenhang tussen dierkenmerken en de stalmetingen (zoals CO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub>) worden eerst visueel in een biplot beoordeeld en vervolgens via mixed model (regressie) analyse getoetst op significantie van deze samenhang. Door middel van kruistabelanalyse is de samenhang tussen (dier)kenmerken onderling getoetst. Op deze wijze wordt inzichtelijk gebracht welke dierkenmerken een goede samenhang vertonen met de pijlers 'luchtverversing' en 'ammoniakvorming'.

## 2.4 Vereenvoudiging van het protocol

Om van de uitgebreide tot een beperkte set van kenmerken te komen hebben we methodisch de volgende stappen doorlopen:

1. Kenmerken die niet van belang zijn voor de uiteindelijke analyse, maar wel een "logboekfunctie" hebben zijn benoemd;
2. "Hulpkenmerken", nodig om bijvoorbeeld een kenmerk te kunnen berekenen, maar die niet voor de definitieve dataset nodig zijn, zijn vastgesteld;
3. Kenmerken die niet op een betrouwbare wijze vastgelegd konden worden, of waarvan een deel van de gegevens ontbrak of praktisch niet goed uitvoerbaar was zijn aangegeven;
4. Als laatste stap is gekeken of uit de dataset een kleine groep "signaalindicatoren" geselecteerd kon worden.

## 2.5 Grenswaarden

De kwaliteit van de stallucht kan afgemeten worden aan de NH<sub>3</sub> en CO<sub>2</sub> gehalten. Jones et al (1996) gaven vleesvarkens de keuze uit verblijven met 10, 20, 30 en 40 ppm NH<sub>3</sub> en 80% van de tijd werd doorgebracht in de verblijven met 10 en 20 ppm. Wathes et al (2003) geeft in een review artikel aan dat er geen gezondheidsafwijkingen te zien bij varkens, gehouden in stallucht met een NH<sub>3</sub> concentratie tot 50 ppm. Echter Parker et al (2010) vond bij varkens in stallucht met een NH<sub>3</sub> concentratie van 20 ppm vergeleken met 5 ppm meer agressie en minder onderwerpend gedrag. In de Duitse wet (N.N. 2001) wordt voor de NH<sub>3</sub> concentratie een bovengrens van 20 ppm aangehouden. In Nederland geldt voor pluimvee dezelfde grens en mensen mogen op de werkplek zelfs niet langer dan 8 uur aan 20 ppm NH<sub>3</sub> of



15 minuten aan 50 ppm NH<sub>3</sub> of meer worden blootgesteld (SER, Wettelijke Grenswaarde, 2007). Het is daarmee verdedigbaar om voor de concentratie NH<sub>3</sub> in de stallucht voor varkens 20 ppm als grenswaarde te hanteren.

Voor CO<sub>2</sub> is de grenswaarde voor mensen 5000 ppm (0,5%). Voor varkens zijn tot deze waarde geen negatieve gevolgen bekend. CO<sub>2</sub> is in dit onderzoek vooral een maat voor luchtverversing, meer dan dat het gas zelf schadelijk zou zijn bij deze concentratie. In Duitsland, maar ook in Nederlandse pluimveestallen is de bovengrens voor CO<sub>2</sub> concentratie 3000 ppm.

Qua omgevingstemperatuur voelt een varken zich prettig in de comfortzone, het hoeft dan het gedrag niet aan te passen om de lichaamstemperatuur constant te houden. Ook in de thermoneutrale zone kan het varken de lichaamstemperatuur constant houden, maar daar moet het wel wat voor doen. Bij lage temperaturen (richting de onderste kritieke temperatuur) maximeert het varken het contact met andere varkens, zoals "huddling" en kan het gaan rillen. Bij hoge temperaturen (richting bovenste kritieke temperatuur) zal het een vochtige omgeving opzoeken om te koelen, vermijdt het contact met andere varkens en daalt de voeropname. Deze gedragsaanpassingen zijn dus al een signaal van verminderd welzijn. Ook signalen van frustratie ("niet lekker in het vel zitten") zoals oor- en staartbijten kunnen door een gebrekkig klimaat veroorzaakt worden. Bij de meeste dierkenmerken is gebruik gemaakt van het Welfare Quality Pig Protocol (WQ, 2009), dat tot stand gekomen is na consultatie van internationale experts op het gebied van varkenswelzijn. In dit protocol worden veel kenmerken in 3 klassen gescoord: 0=goed, 1=waarschuwing, 2=alarm. In dit project is de grenswaarde van 1 aangehouden. De oogscore wordt echter in 4 klassen gescoord, waarbij er vanaf klasse 1 sprake is van vuile en/of rode ogen. Voor sterfte, dierdagdoseringen van antibiotica en slachtafwijkingen zijn geen grenswaarden voorhanden. Hier is gebruik gemaakt van een benchmark (DDD), gemiddelde (slachtbevindingen) of een minimale waarde (oppervlak en volume).

Per bedrijf is het totaal aantal overschrijdingen van een grenswaarde voor elk van de kenmerken op een rij gezet, maar ook de hoogste score per bedrijf.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de gemeten kenmerken met gehanteerde grenswaarden voor biggen en vleesvarkens. Vanaf die grenswaarden is er sprake van een verminderd welzijn.

**Tabel 1.**

*Gemeten kenmerken met grenswaarden voor biggen en vleesvarkens.*

GRENSWAARDEN	Biggen (7-25 kg)	Vleesvarkens (25-120 kg)	Bron
0 Buitentemperatuur (°C)	-	-	-
1 Binnentemperatuur (°C)	20-31°C (LCT en UCT* bij 20 kg)	13-23°C (LCT en UCT* >60 kg)	Klimaatplatform
2 CO <sub>2</sub> dierniveau (ppm)	3000	3000	Wathes, 2003
3 NH <sub>3</sub> dierniveau (ppm)	20	20	Wathes, 2003
4 Bevuiling dier (0-2)	1	1	WQ, 2009
5 Bevuiling vloer (0-2)	1	1	WQ, 2009
6 Oogscore (0-4)	1	1	Telkänranta, 2016
7 Staartscore (0-2)	1	1	WQ, 2009
8 Oorscore (0-2)	1	1	WQ, 2009
9 Ademhaling hijgen (n)	-	-	WQ, 2009
10 Ademhaling pompen (n)	-	-	WQ, 2009
11 Hoesten-niezen (n)	-	-	WQ, 2009
12 Huddling (0-2)	1	1	WQ, 2009
13 Rillen (0-2)	1	1	WQ, 2009
14 Apart liggen (0-2)	1	1	-
15 Houding (0-2)	1	1	-
16 Staande dieren (n)	-	-	-
17 Sterfte incl euthanasie (%)	>5%	>6%	-
18 DierDagDosering (DDD)	>22	>10	SDA, 2016
19 Pleuritis (%)	Nvt	>25%	-
20 Afgekeurde longen (%)	Nvt	>10%	-
21 Opp. per varken (m <sup>2</sup> )	0,2	0,8	-
22 Stalinhoud per varken (m <sup>3</sup> )	0,8	2,5	-

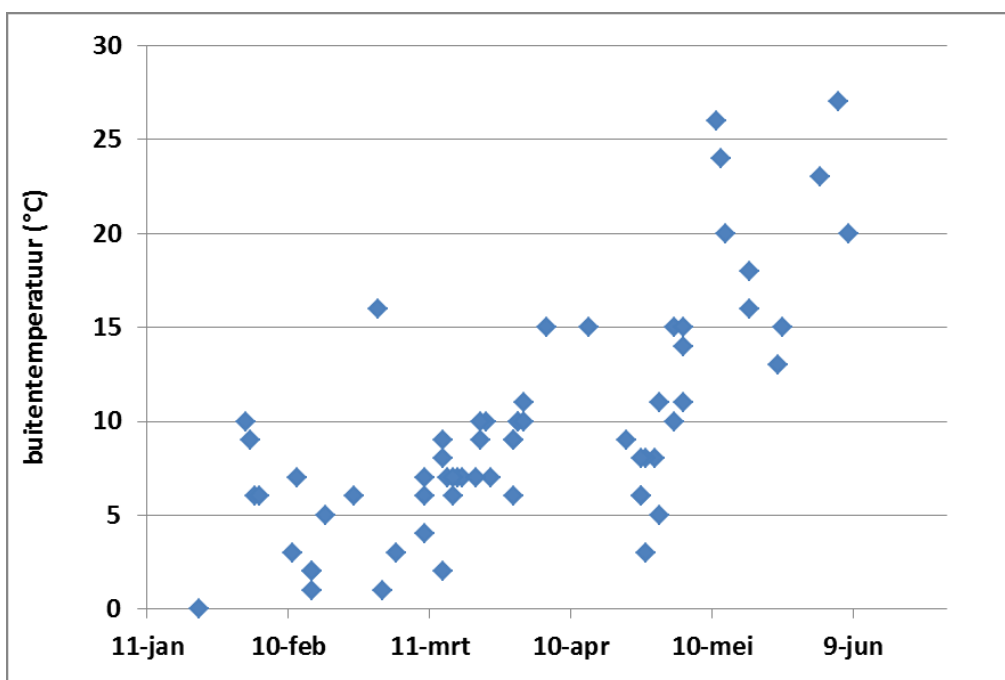
\*LCT en UCT = onderste en bovenste kritieke temperatuur; - = geen grenswaarde beschikbaar

## 3 Resultaten

### 3.1 Biggen

#### 3.1.1 Dataverzameling

In de eerste 6 maanden van 2016 zijn, bij buitentemperaturen variërend tussen de 0 en 27°C, 64 bedrijven met gespeende biggen bezocht (zie figuur 1). Bij slechts 4 bezoeken was de buitentemperatuur hoger dan 20°C. Dat er tijdens de waarnemingsperiode sprake is geweest van hittestress is dus niet aannemelijk; koudestress ligt eerder voor de hand.



**Figuur 1.** Bezoekdatum en buitemtemperatuur bij de 64 bezochte bedrijven met biggen.

De selectie van hokken met signalen van tekortkomingen was in 1% van de gevallen op basis van hoesten, 1% vanwege ogen, 1% vanwege oren en 5% vanwege bevuiling. In de overige 92% van de gevallen was er geen specifieke reden om voor bepaalde hokken te kiezen. Tabel 2 geeft een overzicht van de geregistreerde kenmerken.

#### 3.1.2 Statistische analyse

Allereerst is een correlatiematrix van de biggenkenmerken gemaakt als eerste ruwe verkenning van mogelijke associaties tussen kenmerken. Deze is weergegeven in bijlage 5. De volgende hypothetische verbanden worden hierdoor bevestigd. Voor de hand liggend is de negatieve correlatie tussen buitemtemperatuur en CO<sub>2</sub>-concentratie. Naarmate het buiten kouder is, wordt er minder geventileerd en neemt de CO<sub>2</sub>-concentratie in de stallucht toe. Verder zijn hijgen en pompen, huddling en houding en huddling en rillen gecorreleerd en met een correlatie van 0,86 komen hok- en dierbevuiling bijna overeen. Al dit gedrag is gericht op thermoregulatie en is onderling gecorreleerd. NH<sub>3</sub> concentratie is positief gecorreleerd met oogscore, hijgen en pompen. Ook dat is niet verwonderlijk. Ammoniak is een sterk prikkelend gas dat de slijmvliezen en de ademhalingsorganen aantast en de ogen irriteert. Oor- en staartscore zijn ook positief gecorreleerd. Het betreft hier lichaamsdelen die bij uitstek gevaar lopen te worden beschadigd als gevolg van bijten en knabbelen van hokgenoten die zich niet helemaal lekker voelen. De correlatiematrix is niet meer dan richtinggevend en niet absoluut, omdat veel kenmerken een score van 0 hebben en niet continu verdeeld zijn. Over het algemeen zijn de correlaties laag.

De relaties tussen de kenmerken zijn via een Principal Components Analyse (met biplot) nader onderzocht. In bijlage 7 zijn de resultaten grafisch weergegeven voor de basis biplot en in bijlage 8 als voorbeeld van de afzonderlijke toevoeging van oorscore.

**Tabel 2.**

*Overzicht van de geregistreerde kenmerken bij biggen.*

BIGGEN	N obs	gem	mediaan	min	max	stdev
varkens per hok	349	27,2	18	3	311	34,8
Hokdiepte (m)	348	3,69	3,0	2	31	3,30
Hokbreedte (m)	348	2,45	2,1	1	8	1,29
Hokken per afdeling	349	7,61	7	1	24	4,09
Afdelingsdiepte (m)	347	11,4	11,0	4	26	4,82
Afdelingsbreedte (m)	347	6,39	5,0	2	23	4,51
Afdelingshoogte (m)	349	2,83	3,0	1	6	0,73
Buitentemperatuur (°C)	349	9,42	8,0	0	27	6,01
Binnentemperatuur (°C)	349	25,5	26,0	18	30	2,28
CO <sub>2</sub> (ppm)	349	2770	2700	34	6200	1,15
NH <sub>3</sub> (ppm)	346	14,36	10,0	1	68	11,7
dierbevuiling	349	0,089	0,0	0	2	0,36
hokbevuiling	349	0,12	0,0	0	2	0,37
oogscore	349	0,14	0,0	0	3	0,49
staartscore	349	0,04	0,0	0	2	0,22
oorscore	349	0,18	0,0	0	2	0,48
hijgen	349	0,19	0,0	0	10	1,02
pompen	349	0,14	0,0	0	5	0,66
hoesten-niezen	349	4,13	0,0	0	150	15,5
huddling	349	0,22	0,0	0	2	0,52
rillen	349	0,02	0,0	0	1	0,14
apart liggen	349	0,15	0,0	0	2	0,40
houding	349	0,63	0,0	0	2	0,71
staande dieren (n)	349	24,7 (91%)	14,0	0	300	34,3
sterfte%	64	4,56	3,0	0	17	31,6
dierdagdosering	64	9,76	5,0	0	50	22,0
m <sup>2</sup> per varken	349	0,42	0,36	0,15	3,38	0,34
m <sup>3</sup> per varken	349	1,39	1,2	1,0	4,38	0,73

De basis biplot van de biggen is iets eenvoudiger dan die van de vleesvarkens, omdat de dimensie hygiëne (hokbevuiling) geen duidelijke gradiënt in de data van de biggen te zien gaf. Hokbevuiling bij biggen speelt minder dan bij vleesvarkens, omdat de meeste biggenhokken een volledig roostervloer hebben. Om die reden is hokbevuiling niet als pijl opgenomen in de basis biplot van de biggen. Wel is de bevuilingsscore van de dieren gebruikt voor de kleuren van de symbolen in de biplots van de biggen. Hierdoor is te zien dat dierbevuiling doorgaans de score 0 kreeg.

De belangrijkste kenmerken zijn getoetst en in tabel 3 weergegeven. De significante relaties ( $p < 0,05$ ) zijn met plus- en mintekens aangegeven.

Tabel 3 laat de volgende resultaten zien:

- 1) Buitentemperatuur heeft een significant negatieve relatie met de NH<sub>3</sub>- en CO<sub>2</sub>-concentratie;
- 2) De NH<sub>3</sub>- en de CO<sub>2</sub>-concentratie vertonen een significante positieve relatie;
- 3) Leeftijdscategorie van de biggen kent geen relaties;
- 4) De positieve samenhang tussen de ademhalingskenmerken 'hijgen' en 'pompen' is significant. Een keuze voor één van beide ademhalingskenmerken lijkt verdedigbaar;
- 5) De dierkenmerken Staartscore en Oorscore hebben een significante positieve samenhang;

- 6) Er is geen samenhang gevonden tussen NH<sub>3</sub>-meting en dierkenmerken, behalve voor het dierkenmerk rillen. Uit nadere beschouwing van de data bleek dat dit in sterke mate werd veroorzaakt door één bedrijfsbezoek (hetgeen de statistische conclusie mogelijk minder extrapol eerbaar maakt;
- 7) Rillen, huddling en houding hebben onderling een significant positieve samenhang.

**Tabel 3.**

Getoetste relaties tussen de belangrijkste variabelen op bedrijven met biggen; een min- of een plusteken geeft de richting van het verband aan en betekent dat dit statistisch significant is ( $p < 0,05$ ).

	Oogscore	Staartscore	Hijgen	Pompen	Hokbevuiling	Dierbevuiling	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	Huddling	Oorscore	Houding	Rillen	Hoest-nies	% staan	Apart liggen	Buitemtemp	Leeftijd	
Oogscore	■																	
Staartscore		■								+								
Hijgen			■	+														
Pompen				■														
Hokbevuiling					■													
Dierbevuiling						■												
NH <sub>3</sub>							■	+				-					-	
CO <sub>2</sub>								■										-
Huddling									■			+	+					
Oorscore										■								
Houding											■	+						
Rillen												■						
Hoest-nies													■					
% staan														■				
Apart liggen															■			
Buitemtemp																■		
Leeftijd																	■	

### 3.1.3 Vereenvoudiging van het protocol

In een aantal stappen is het aantal kenmerken teruggebracht naar een dataset met betrouwbare kenmerken zoals weergegeven in bijlage 7.

- 1 Een aantal kenmerken zoals UBN, inspecteur, laatste voertijd, type luchtinlaat, buitentemperatuur en datum zijn alleen als "logboek" vastgelegd en niet gebruikt in de analyse;
- 2 Een aantal "hulpkenmerken" zoals de lineaire afmetingen van de hokken, de leeftijd en de groepsgrootte zijn buiten beschouwing gebleven na berekening van oppervlak en volume per dier
- 3 De ervaringen over de uitvoerbaarheid van de metingen zijn meegewogen (deels na data-analyse en opvragen bij uitvoering). Zo zijn de gedragswaarnemingen aan rustende dieren deels door ramen vanaf de centrale gang of vanaf de buitengevel gedaan. De slechte zichtbaarheid, maar ook het niet kunnen waarnemen van het liggedrag zonder dit tegelijkertijd te verstoren gaf veel variatie en informatie die minder betrouwbaar was. Deze waarnemingen zijn daarom niet meegenomen.

Een aantal kenmerken dat als perspectiefvol was ingeschat bleek toch minder bruikbaar dan gedacht. De binnentemperatuur vertoonde weinig variatie en bereikte niet de grenzen van de thermoneurale zone en is ook niet gebruikt in de analyse. De kengetallen sterfte, dierdagdoseringen en slachtafwijkingen op jaarbasis bleken onafhankelijk van de kenmerken die bij de momentopname van het bedrijfsbezoek vastgelegd zijn. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat hieraan vaak andere oorzaken ten grondslag liggen. Ook waren in een aantal gevallen hierover geen gegevens beschikbaar. Ze zijn daarom geen betrouwbare maat voor het klimaat ten tijde van het bedrijfsbezoek en in de analyse niet verder gebruikt. Dit gold ook voor het hokoppervlak en het stalvolume per dier.

4 Vervolgens is gekeken naar welke dierkenmerken een positieve samenhang met een pijler in de basis biplot vertonen. Dierkenmerken zijn in dat geval te gebruiken als een bevestiging “het stalklimaat is niet goed, en je ziet het aan de dieren”. Voor zowel de biggen als de vleesvarkens is uiteindelijk met een set van 12 kenmerken gerekend. Op basis van kennis én statistiek heeft dit vervolgens geresulteerd in een aantal kenmerken, die geschikt lijken als signaalindicator. Voor de biggen zijn dit de kenmerken CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie, Oorscore, Staartscore en Oogscore.

Deze stapsgewijze reductie is in bijlage 7 weergegeven.

### 3.1.4 Grenswaarden

Vervolgens is de vraag gesteld of het gebruik van de beperkte set van 5 kenmerken ten opzichte van de set met 12 kenmerken qua aantal overschrijdingen van de grenswaarde per bedrijf hetzelfde onderscheidend vermogen heeft. Immers, in de zoektocht naar kenmerken die gebruikt kunnen worden als signaalindicatoren is uit praktische overwegingen de wens te komen tot een zo klein mogelijk aantal te meten kenmerken.

Allereerst is per bedrijf voor elk hok het aantal overschrijdingen van de grenswaarde uit tabel 4 opgeteld. Daarbij scoort een waarde boven de grenswaarde een 1 en onder de grenswaarde een 0. Binnen- en buitentemperatuur zijn hierbij niet meegenomen omdat ze of weinig variatie vertonen en niet buiten de thermoneutrale zone liggen, of de varkenshouder deze niet kan beïnvloeden. Ook de sterfte en het aantal dierdagdoseringen is niet meegenomen omdat deze jaartotalen zich slecht laten vergelijken met de momentopname tijdens de inspectie, maar ook waren er geen duidelijke relaties te zien met de overige kenmerken. Dan blijft een groep van 12 kenmerken over, grotendeels dierkenmerken. Vervolgens is dezelfde berekening gemaakt voor de groep van 5 kenmerken.

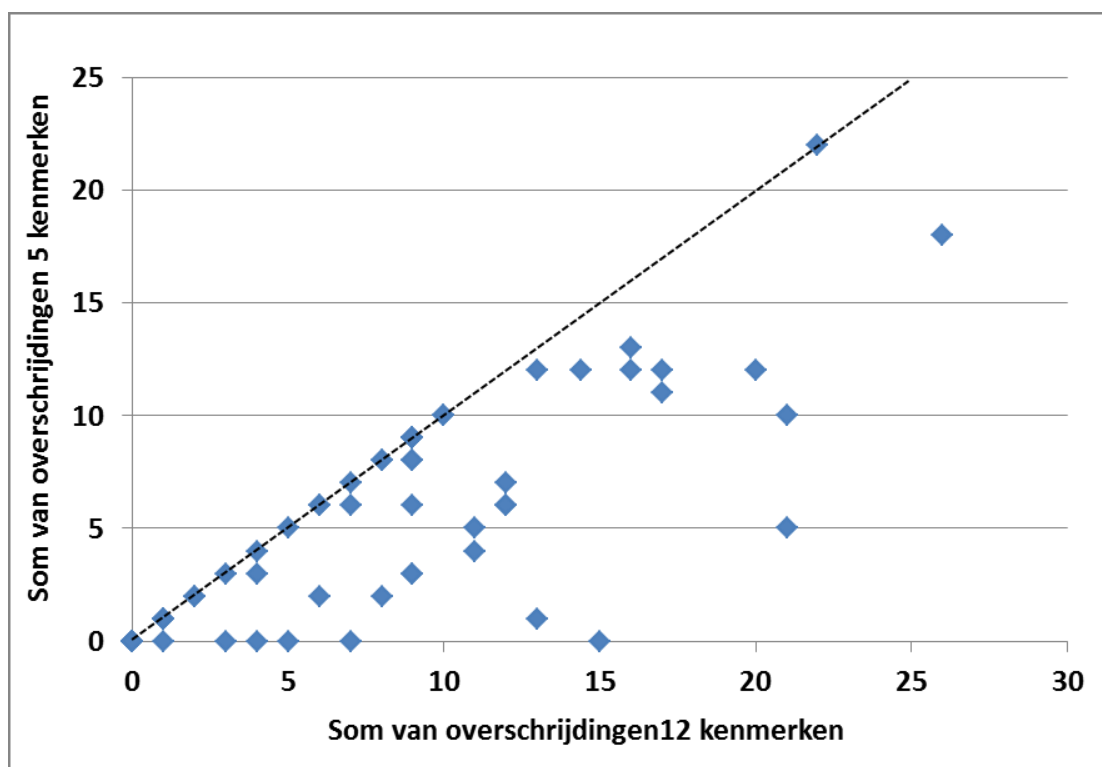
Het percentage overschrijdingen in biggenstallen is voor de CO<sub>2</sub>-concentratie en de NH<sub>3</sub>-concentratie het hoogste, gevolgd door huddling, oorscore en hokbevuiling.

De rangcorrelatie tussen deze selectie van 5 en alle 12 dierkenmerken is 0,81 (t-prob=0,000), zoals in figuur 2 te zien is. De volgorde van de bedrijven op basis van het aantal overschrijdingen blijft dus vrijwel gelijk. Als alleen de score van het slechtste hok, met het grootste aantal overschrijdingen, per bedrijf genomen wordt dan is de rangcorrelatie tussen de 5 en de 12 kenmerken 0,80 (t-prob=0,000).

#### **Tabel 4.**

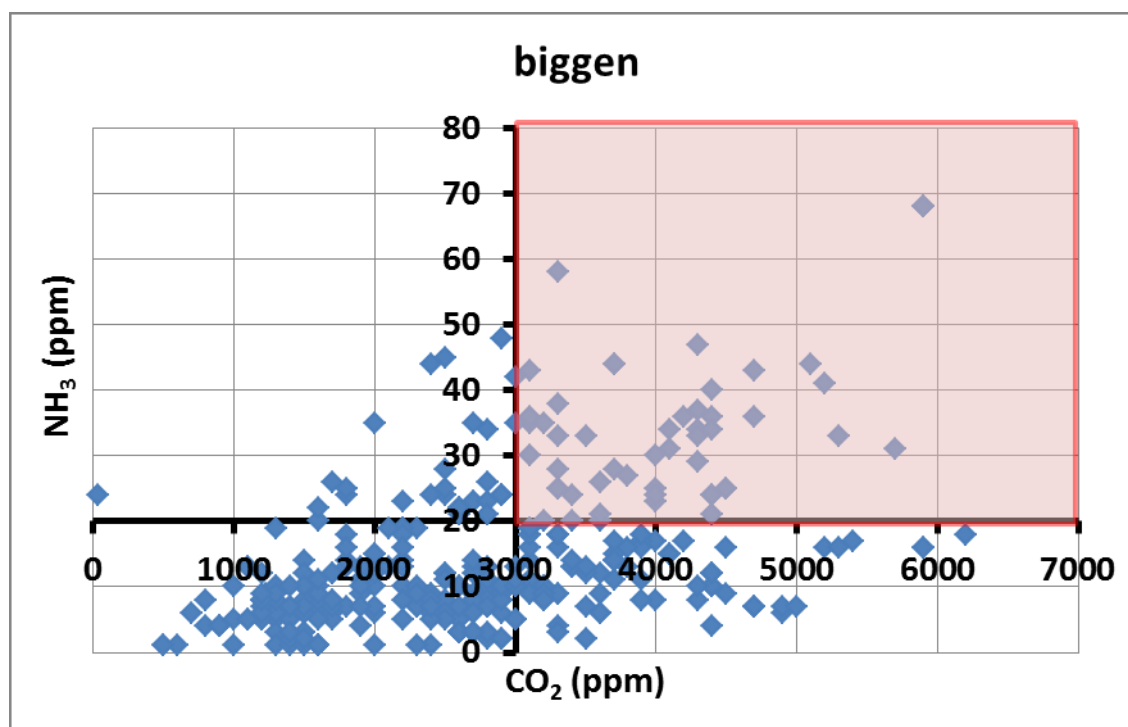
*Uitgebreide en beperkte set kenmerken, grenswaarden en overschrijdingen voor waarnemingen op biggenbedrijven.*

Kenmerken	Uitgebreide set (n=12)	Beperkte set (n=5)	Grenswaarde	Overschrijding en
CO <sub>2</sub> -concentratie dierniveau	X	X	3000 ppm	38,8%
NH <sub>3</sub> -concentratie dierniveau	X	X	20 ppm	23,6%
Oogscore	X	X	1	7,5%
Staartscore	X	X	1	3,4%
Oorscore	X	X	1	13,5%
Dierbevuiling	X		1	6,6%
Hokbevuiling	X		1	10,1%
Hijgen	X		0,2	2,3%
Pompen	X		0,2	1,4%
Hoesten-niezen	X		1	6,9%
Huddling	X		1	17,8%
Rillen	X		1	2,0%



**Figuur 2.** Relatie tussen overschrijding van grenswaarden bij biggen bij een uitgebreide ( $n=12$ ) en beperkte ( $n=5$ ) set waarnemingen ( $r_s=0,81$ ,  $t\text{-prob.}=0,000$ ); de stippellijn geeft de waarden aan waarin de twee sets niet verschillen.

Ook zijn ter illustratie in figuur 3 de overschrijdingen voor de CO<sub>2</sub>-concentratie en de NH<sub>3</sub>-concentratie in een grafiek weergegeven met de X- en de Y-as op de grenswaarden van 20 ppm voor NH<sub>3</sub> en 3000 ppm voor CO<sub>2</sub>. Duidelijk te zien is dat een flink aandeel van de hokken boven de grenswaarden uitkomt. De hokken in de rode rechthoeken hebben dus minimaal 2 overschrijdingen, voor zowel CO<sub>2</sub> als NH<sub>3</sub>.

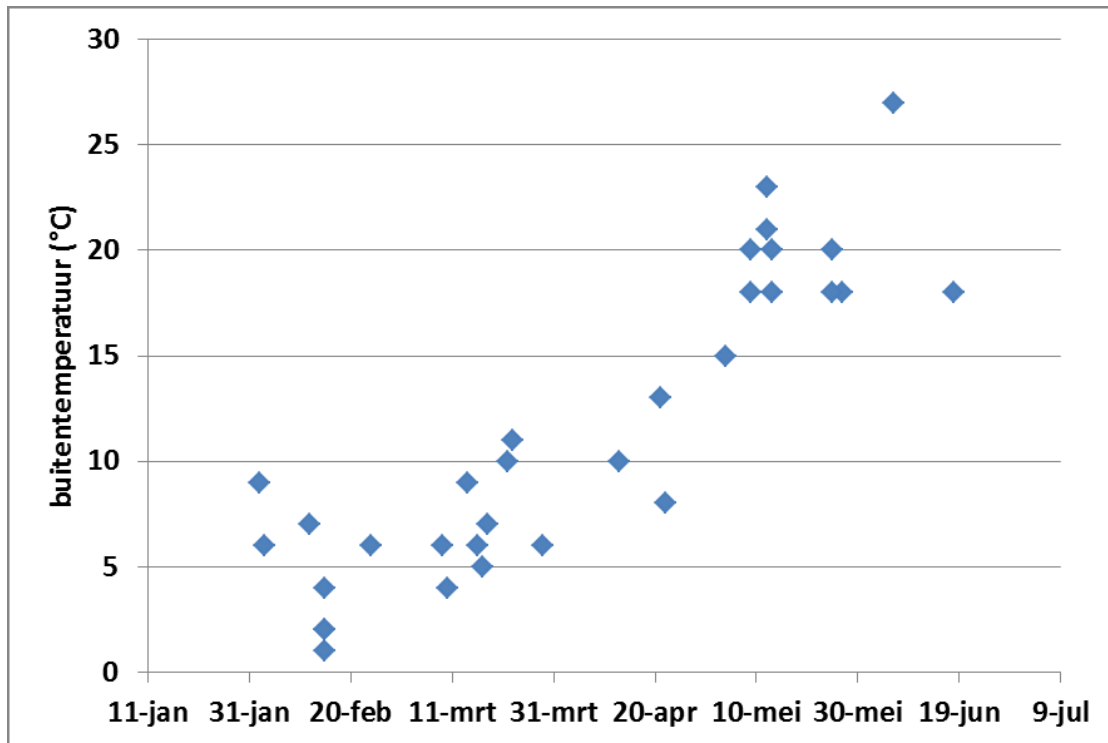


**Figuur 3.** Relatie tussen de CO<sub>2</sub>-concentratie en de NH<sub>3</sub>-concentratie in biggenhokken; de rode rechthoek omvat de punten die zowel boven de grenswaarde van CO<sub>2</sub> (3000) als boven die van NH<sub>3</sub> (20) liggen.

## 3.2 Vleesvarkens

### 3.2.1 Dataverzameling

In de eerste 6 maanden van 2016 zijn, bij buitentemperaturen variërend tussen de 0 en 27°C, 32 bedrijven met vleesvarkens bezocht (zie figuur 4). Slechts één bedrijf is bezocht bij een buitentemperatuur van meer dan 23°C. De staltemperatuur was op dat moment maximaal 28°C, zodat hittestress bij de varkens door overschrijding van de bovenste kritieke temperatuur waarschijnlijk was. De selectie van hokken met signalen van tekortkomingen was in 4% van de gevallen vanwege de ogen, in 4% vanwege hoesten en in 20% vanwege bevuilding. In 72% van de gevallen was er geen reden om voor specifieke hokken te kiezen. Tabel 5 geeft een overzicht van de geregistreerde kenmerken bij de vleesvarkens.



**Figuur 4.** Bezoekdata en buitentemperatuur bij vleesvarkensbedrijven.

**Tabel 5.**

Overzicht van de geregistreerde kenmerken bij vleesvarkens.

VLEESVARKENS	N obs	gem	mediaan	min	max	st dev
varkens per hok	183	13.05	12	3	50	7.69
Hokdiepte (m)	182	3.99	3.87	1.98	8.7	1.26
Hokbreedte (m)	182	2.58	2.4	1.53	6.71	0.84
hokken per afdeling	188	12.1	12	1	40	8.09
afd diepte (m)	188	16.0	15	3	36	7.76
afd breedte (m)	188	9.15	8	3	23	3.79
afd hoogte (m)	188	3.46	3	2	8	1.01
Buitentemperatuur (°C)	32	11.5	9.5	1	27	7.03
binnentemperatuur (°C)	184	23.8	24	17	28	2.66
CO <sub>2</sub> -concentratie (ppm)	183	2425	2300	400	4700	109
NH <sub>3</sub> -concentratie (ppm)	183	15.23	11	1	69	12.6
dierbevuiling	192	0.417	0	0	2	0.70
hokbevuiling	192	0.401	0	0	2	0.69
oogscore	192	0.297	0	0	3	0.67
staartscore	192	0.063	0	0	2	0.26
oorscore	192	0.120	0	0	2	0.39
hijgen	192	0.203	0	0	6	0.85
pompen	192	0.052	0	0	3	0.32
hoesten-niezen	192	0.708	0	0	20	2.48
huddling	192	0.198	0	0	2	0.49
rillen	192	0.010	0	0	1	0.10
apart liggen	192	0.224	0	0	2	0.49
houding	192	0.432	0	0	2	0.65
staande dieren	192	10.21	9	0	50	7.87
m <sup>2</sup> per varken	178	0.869	0.82	0.30	1.74	0.24
m <sup>3</sup> per varken	184	3.748	3.39	0.75	10.88	1.64
sterfte% incl euthanasie	32	6.031	2	0	123	21.2
dierdagdosering	32	1.875	1	0	17	3.12
pleuritis (%)	32	6.188	2	0	46	10.9
afgekeurde longen (%)	32	2.438	1.5	0	12	3.13

### 3.2.2 Statistische analyse

Ook voor de vleesvarkens is allereerst een correlatiematrix voor alle kenmerken gemaakt als ruwe weergave van de samenhang tussen kenmerken (zie bijlage 6). Een paar hypothetische relaties worden hierdoor bevestigd. Opvallend zijn de correlaties van CO<sub>2</sub>-concentratie en NH<sub>3</sub>-concentratie met ademhalingskenmerken. Hijgen is positief gecorreleerd met CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie, hok- en dierbevuiling, staartscore en pompnd ademen.



**Tabel 6.**

Getoetste relaties tussen de belangrijkste variabelen; een min- of een plusteken geeft de richting aan en betekent dat dit statistisch significant is ( $p < 0,05$ ).

	Oogscore	Staartscore	Hijgen	Pompen	Hokbevuiling	Dierbevuiling	NH <sub>3</sub> -concentratie	CO <sub>2</sub> -concentratie	Huddling	Oren	Houding	Rillen	Hoest-niezen	% staan	Apart liggen	Buitemtemp	Leeftijd
Oogscore					+	+	+				-				+		
Staartscore			+		+	+											
Hijgen					+	+											
Pompen																	
Hokbevuiling						+	+	+									
Dierbevuiling							+	+									
NH <sub>3</sub> -concentratie								+								-	+
CO <sub>2</sub> -concentratie														-		-	
Huddling																	
Oorscore																	
Houding																+	
Rillen																	
Hoesten-niezen																	
% staan																	
Apart liggen																	
Buiten temp																	
Leeftijd																	

Waarschijnlijk omdat geringe ventilatie als gevolg van relatief lage buitentemperaturen leidt tot minder verversing van stallucht waardoor de concentraties CO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub> toenemen en de staltemperatuur relatief hoog is, met ademhalingsproblemen en de behoefte van varkens aan koelmogelijkheden tot gevolg. De oogscore is positief gecorreleerd met dier- en hokbevuiling, NH<sub>3</sub>-concentratie en apart liggen. Net als bij de biggen is dat ook bij vleesvarkens niet verrassend. Ammoniak is een sterk prikkelend gas dat de ogen irriteert en in met mest bevuilde vuile hokken in hogere concentraties aanwezig is. De belangrijkste kenmerken zijn getoetst en in tabel 6 weergegeven. De significante relaties ( $p < 0,05$ ) zijn met plus- en mintekens aangegeven.

Tabel 7 leidt tot de volgende verbanden en aanwijzingen:

- 1) Buitentemperatuur is een risicofactor, d.w.z. bij lage buitentemperaturen vinden we verminderde luchtkwaliteit (vooral hogere CO<sub>2</sub>-metingen), doordat er doorgaans minder wordt geventileerd. Dit betekent dat bij vaste bovengrenzen voor CO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub>-metingen de kans op een overtreding groter zal zijn op een koude dag.
- 2) Leeftijd van de vleesvarkens is een risicofactor, maar de relaties zijn niet heel sterk. Er blijkt een significant verhoogde NH<sub>3</sub>-concentratie bij de oudste vleesvarkens-categorie. Dit betekent dat bij vaste bovengrenzen de kans op een overtreding groter zal zijn bij meting in een afdeling met relatief oude vleesvarkens.
- 3) De samenhang tussen de kenmerken 'Dierbevuiling' en 'Hokbevuiling' is sterk significant. De keuze voor 1 van beide kenmerken is daarom voldoende.
- 4) a) De dierkenmerken Oogscore, Staartscore en Hijgen hebben alle drie een significante samenhang met Hokbevuiling.  
b) Staartscore en Hijgen hebben onderlinge ook een significante samenhang.
- 5) a) Er is geen samenhang gevonden tussen NH<sub>3</sub>-meting en de dierkenmerken Hijgen, Pompen en Staartscore.  
b) Er is wel een significante samenhang gevonden tussen NH<sub>3</sub>-meting en Oogscore  
c) Er is wel een significante samenhang gevonden tussen NH<sub>3</sub>-meting en Hokbevuiling.

- 
- 6) a) CO<sub>2</sub>-meting, Huddling en Oorscore hebben onderling geen significante samenhang in deze dataset.  
b) CO<sub>2</sub>-meting heeft een significante relatie met buitentemperatuur en percentage staande dieren.
- 7) a) Rillen bevat slechts in 2 gevallen een score 1 en samenhang toetsen is in dat geval weinig krachtig en dus niet toetsbaar.

Via een Principal Components Analyse is een biplot gemaakt die meer inzage in de samenhang tussen de variabelen geeft (zie bijlage 9). Uit de analyse blijkt dat hokbevuiling en dierbevuiling vrijwel samenvallen en onafhankelijk zijn van de buitentemperatuur en het CO<sub>2</sub>-gehalte. Het NH<sub>3</sub>-gehalte ligt er tussen en is deels gerelateerd aan bevuiling, deels aan temperatuur en luchtverversing. De eerste groep is samen te vatten onder de noemer "hygiëne" en de tweede onder de noemer "luchtkwaliteit".

Het stalklimaat wordt ruwweg bepaald door binnentemperatuur, luchtsnelheid, relatieve vochtigheid (rv), CO<sub>2</sub>-, NH<sub>3</sub>- en stofgehalten. Rv, stof en luchtsnelheid hebben we niet gemeten. De binnentemperatuur is gerelateerd aan de buitentemperatuur, ventilatie en stalverwarming. Omdat binnentemperatuur relatief weinig varieert zijn buitentemperatuur en ratio (binnentemperatuur/buitentemperatuur) goede parameters voor stalventilatie.

De basis biplot van de vleesvarkens is zodanig gekozen dat het effect van de buitentemperatuur voor de varkenshouder inzichtelijk wordt. De buitentemperatuur is een risicofactor die de varkenshouder niet kan beïnvloeden. Tegelijkertijd worden hygiëne (hokbevuiling) en verse lucht (via CO<sub>2</sub>-meting) in beeld gebracht. Leeftijd van de vleesvarkens is een tweede potentiële risicofactor die zou kunnen spelen. De mogelijke invloed hiervan wordt geschetst door de waarnemingen van de drie leeftijdsgroepen van verschillende kleuren symbolen te voorzien.

CO<sub>2</sub>-, NH<sub>3</sub>- en stofgehalte hebben te maken met de hoeveelheid dieren en deze luchtverontreiniging cumuleert in de stallucht. Door luchtverversing (ventilatie) krijg je weer lagere concentratie. NH<sub>3</sub>-concentratie is wellicht hierop een uitzondering. Deze kan, afhankelijk van de bevuiling, hoger zijn. Vandaar dat "hygiëne" een extra aspect is, dat met name bij vleesvarkens geldt, vanwege de mogelijke aanwezigheid van een bevuilde dichte vloer.

Op basis van de data-analyse bij de vleesvarkens kunnen de volgende tussentijdse conclusies getrokken worden:

- Buitentemperatuur is een risicofactor
- Leeftijd is een risicofactor
- CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie en hokbevuiling geven nuttige informatie over stalklimaat, maar zijn onderling afhankelijk.
- Diermetingen als Oogscore, Staartscore, Hijgen en Dierbevuiling hebben een positieve samenhang met Hokbevuiling en kunnen in die zin aanvullende informatie leveren.
- Diermetingen als houding, apart liggen en Oogscore hebben een onderlinge relatie, maar vertonen in de dataset niet allemaal een duidelijke samenhang met CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie en hokbevuiling vloer
- Het percentage staande dieren heeft een negatieve samenhang met CO<sub>2</sub>. Dit komt mogelijk door hoge mate van ventilatie (en dus lage CO<sub>2</sub>) op warme dagen.
- De kenmerken Hoesten/niezen, rillen, oren, pompen (bij ademhaling) en huddling hebben geen statistisch significante samenhang met andere kenmerken. Dit wil niet zeggen dat ze geen samenhang vertonen, maar het kan ook zijn dat deze scores in deze dataset te vaak een waarde van 0 hadden voor een goede analyse.

Op basis van bovenstaande analyse kunnen we afleiden dat voor de vleesvarkens de CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie, Dierbevuiling, Staartscore en Oogscore de meeste variatie in de waarnemingen verklaren (tabel 7).

Via een Principal Components Analyse is een biplot gemaakt die meer inzage in de samenhang tussen de variabelen geeft (zie bijlage 9). Uit de analyse blijkt dat hokbevuiling en dierbevuiling vrijwel samenvallen en onafhankelijk zijn van de buitentemperatuur en het CO<sub>2</sub>-gehalte. Het NH<sub>3</sub>-gehalte ligt er tussen en is deels gerelateerd aan bevuiling, deels aan temperatuur en luchtverversing. De eerste groep is samen te vatten onder de noemer "hygiëne" en de tweede onder de noemer "luchtkwaliteit".

Het stalklimaat wordt ruwweg bepaald door binnentemperatuur, luchtsnelheid, relatieve vochtigheid (rv), CO<sub>2</sub>-, NH<sub>3</sub>- en stofgehalten. Rv, stof en luchtsnelheid hebben we niet gemeten. De binnentemperatuur is

---

gerelateerd aan de buitentemperatuur, ventilatie en stalverwarming. Omdat binnentemperatuur relatief weinig varieert zijn buitentemperatuur en ratio (binnentemperatuur/buientemperatuur) goede parameters voor stalventilatie.

De basis biplot van de vleesvarkens is zodanig gekozen dat het effect van de buitentemperatuur voor de varkenshouder inzichtelijk wordt. De buitentemperatuur is een risicofactor die de varkenshouder niet kan beïnvloeden. Tegelijkertijd worden hygiëne (hokbevuiling) en verse lucht (via CO<sub>2</sub>-meting) in beeld gebracht. Leeftijd van de vleesvarkens is een tweede potentiële risicofactor die zou kunnen spelen. De mogelijke invloed hiervan wordt geschetst door de waarnemingen van de drie leeftijdsgroepen van verschillende kleuren symbolen te voorzien.

CO<sub>2</sub>-, NH<sub>3</sub>- en stofgehalte hebben te maken met de hoeveelheid dieren en deze luchtverontreiniging cumuleert in de stallucht. Door luchtverversing (ventilatie) krijg je weer lagere concentratie. NH<sub>3</sub>-concentratie is wellicht hierop een uitzondering. Deze kan, afhankelijk van de bevuiling, hoger zijn. Vandaar dat "hygiëne" een extra aspect is, dat met name bij vleesvarkens geldt, vanwege de mogelijke aanwezigheid van een bevulde dichte vloer.

Op basis van de data-analyse bij de vleesvarkens kunnen de volgende tussentijdse conclusies getrokken worden:

- Buitentemperatuur is een risicofactor
- Leeftijd is een risicofactor
- CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie en hokbevuiling geven nuttige informatie over stalklimaat, maar zijn onderling afhankelijk.
- Diermetingen als Oogscore, Staartscore, Hijgen en Dierbevuiling hebben een positieve samenhang met Hokbevuiling en kunnen in die zin aanvullende informatie leveren.
- Diermetingen als houding, apart liggen en Oogscore hebben een onderlinge relatie, maar vertonen in de dataset niet allemaal een duidelijke samenhang met CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie en hokbevuiling vloer
- Het percentage staande dieren heeft een negatieve samenhang met CO<sub>2</sub>. Dit komt mogelijk door hoge mate van ventilatie (en dus lage CO<sub>2</sub>) op warme dagen.
- De kenmerken Hoesten/niezen, rillen, oren, pompen (bij ademhaling) en huddling hebben geen statistisch significante samenhang met andere kenmerken. Dit wil niet zeggen dat ze geen samenhang vertonen, maar het kan ook zijn dat deze scores in deze dataset te vaak een waarde van 0 hadden voor een goede analyse.

Op basis van bovenstaande analyse kunnen we afleiden dat voor de vleesvarkens de CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie, Dierbevuiling, Staartscore en Oogscore de meeste variatie in de waarnemingen verklaren (tabel 7).

### 3.2.3 Vereenvoudiging van het protocol

Net als voor de waarnemingen aan biggen is het aantal kenmerken in een aantal stappen teruggebracht naar een dataset met betrouwbare kenmerken. Dit is beschreven in paragraaf 3.1.3. en weergegeven in bijlage 7.

Als laatste stap is gekeken naar welke dierkenmerken een positieve samenhang vertonen met een pijler in de basis biplot. Dierkenmerken zijn in dat geval te gebruiken als een bevestiging "het stalklimaat is niet goed, en je ziet het aan de dieren". Ook voor de vleesvarkens is met een set van 12 kenmerken gerekend. Op basis van kennis én statistiek heeft dit vervolgens geresulteerd in een aantal kenmerken, die geschikt lijken als signaalindicator. Voor de vleesvarkens zijn dit de vijf kenmerken CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie, Dierbevuiling, Staartscore en Oogscore.

### 3.2.4 Grenswaarden

Als we binnen de dataset het aantal overschrijdingen van de grenswaarden voor de 12 kenmerken per bedrijf optellen en vervolgens ook voor de beperkte set van 5 kenmerken het aantal overschrijdingen per bedrijf optellen dan geeft dat vrijwel dezelfde volgorde van de bedrijven te zien. Dit gebeurt op dezelfde wijze als voor de waarnemingen op biggenbedrijven zoals die in 3.1.4 beschreven is.

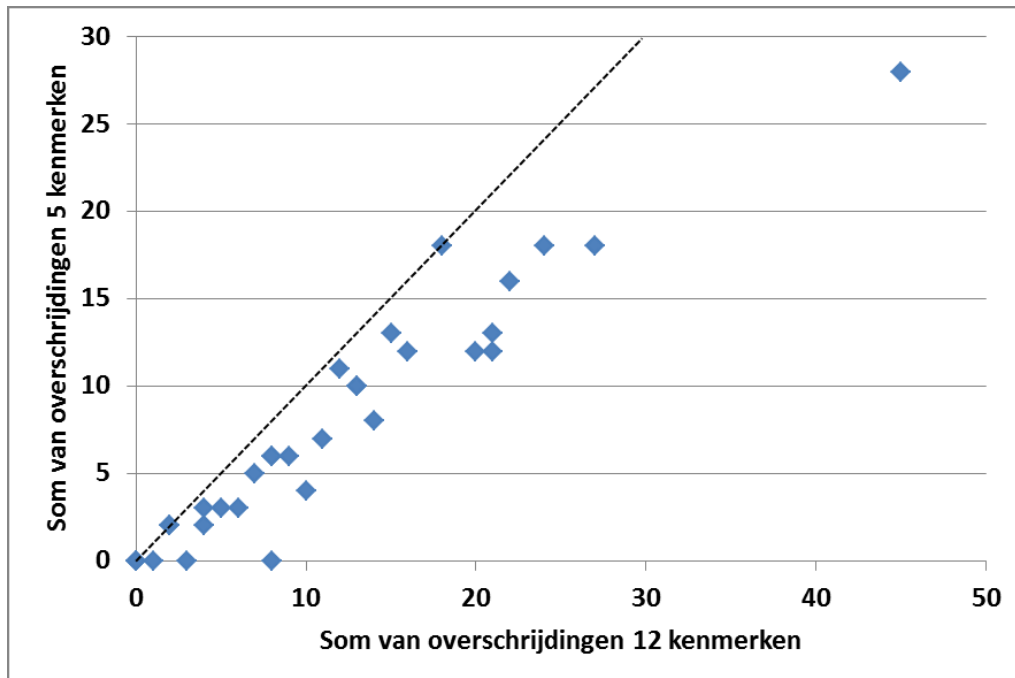
Bij de vleesvarkens ligt het percentage overschrijdingen voor zowel CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie, Dier- en Hokbevuiling rond 30%. Daarna volgen pas Oogscore, Huddling en Oorscore. Bij beide categorieën scoren pompen en rillen het laagst (tabel 7).

**Tabel 7.**

*Uitgebreide en beperkte set kenmerken, grenswaarden en overschrijdingen voor waarnemingen op.*

Kenmerken	Uitgebreide set (n=12)	Beperkte set (n=5)	Grenswaarde	Over-schrijdingen
CO <sub>2</sub> -concentratie dierniveau	X	X	3000 ppm	33,3%
NH <sub>3</sub> -concentratie dierniveau	X	X	20 ppm	31,7%
Oogscore	X	X	1	21,3%
Staartscore	X	X	1	6,6%
Oorscore	X	X	1	10,4%
Dierbevuiling	X		1	31,1%
Hokbevuiling	X		1	29,5%
Hijgen	X		0,2	5,5%
Pompen	X		0,2	0,5%
Hoesten-niezen	X		1	1,1%
Huddling	X		1	16,4%
Rillen	X		1	1,1%

In figuur 5 is de rangcorrelatie ( $r_s=0,95$ ; t-prob =0.000) tussen de 5 en de 12 kenmerken weergegeven. Als per bedrijf het hok met de meeste overschrijdingen genomen wordt dan is de rangcorrelatie 0,93 (t-prob=0,000). Net als bij de biggenbedrijven zijn de bedrijven met de hoogste totaalscore ook de bedrijven die met de beperkte set van 5 kenmerken het hoogst scoren. De beperkte set met 5 kenmerken lijkt dus prima als set signaalindicatoren te gebruiken te zijn.



**Figuur 5.** *Relatie tussen overschrijding van grenswaarden bij vleesvarkensbedrijven bij een uitgebreide (n=12) en beperkte (n=5) set waarnemingen ( $r_s=0,95$ , t-prob.=0,000); de stippellijn geeft de waarden aan waarin de twee sets niet verschillen.*

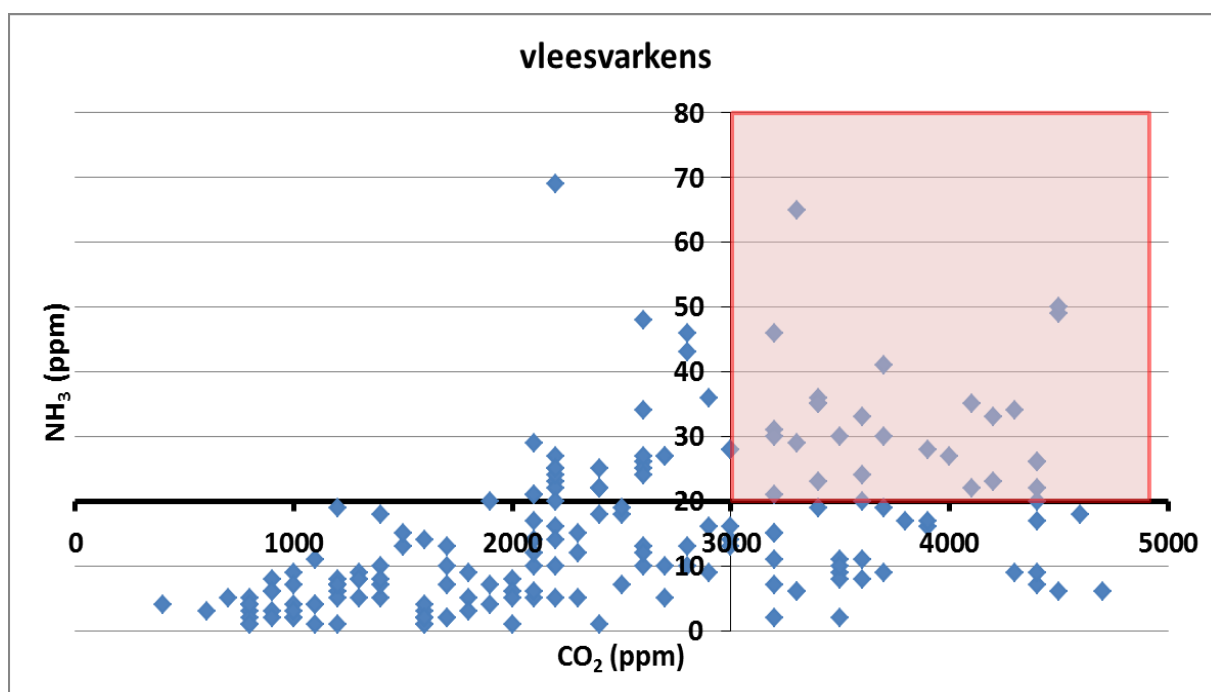
Ter illustratie geeft tabel 8 inzicht in het niveau van de signaalindicatoren per dierbevuilingsklasse voor vleesvarkens. De varkens in de 126 (69%) schoonste hokken met de laagste NH<sub>3</sub>- en CO<sub>2</sub>-concentraties zijn zelf ook het schoonst en hebben de beste oog- en staartscores. Voor de varkens in de 13% vuilste hokken geldt juist het tegenovergestelde.

**Tabel 8.**

$NH_3$ ,  $CO_2$ , ogen, staart en hokbevuiling per dierbevuilingsklasse voor vleesvarkens.

	Dierbevuilingscore			Eindtotaal
	0	1	2	
Aantal hokken	126	34	23	183
$NH_3$ -concentratie (ppm)	12,5	18,2	25,6	15,2
Oogscore (% score 0)	93,3	55,9	34,8	79,7
Staartscore (% score 0)	97,8	85,3	87,0	94,3
$CO_2$ -concentratie (ppm)	2228	2700	3091	2424
Hokbevuilingscore (% score 0)	97,0	20,6	0,0	71,9

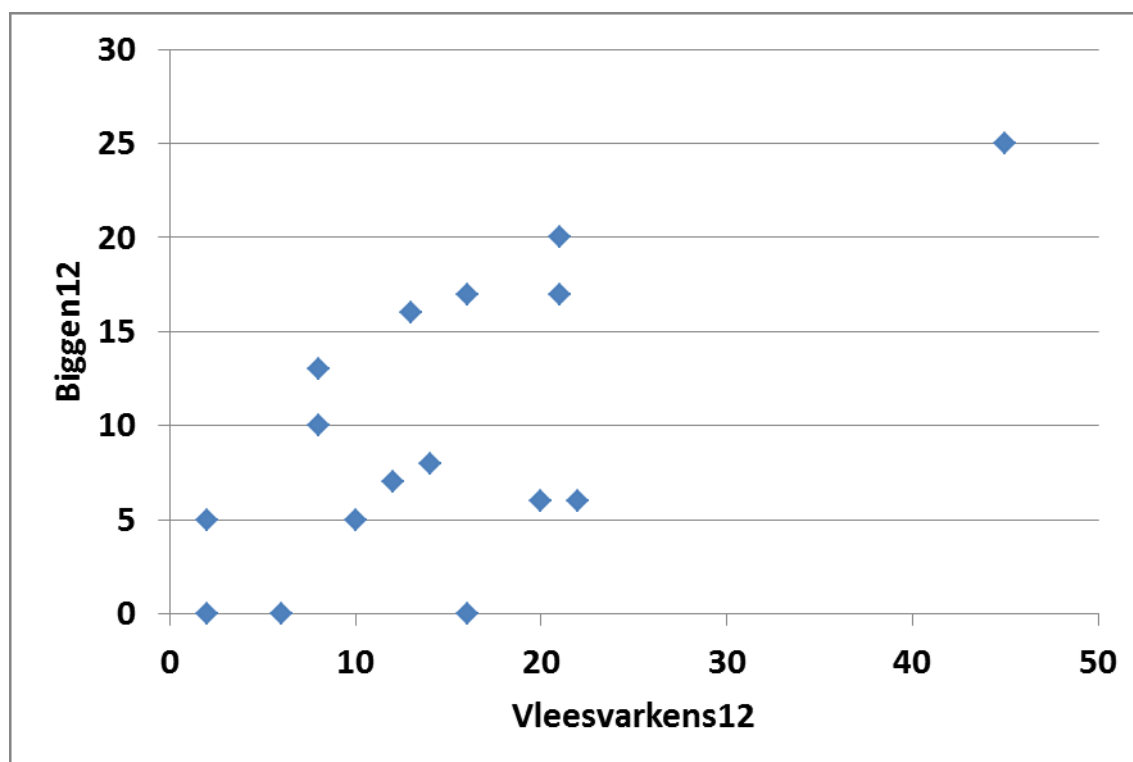
Ook zijn ter illustratie in figuur 6 de overschrijdingen voor  $CO_2$ -concentratie en  $NH_3$ -concentratie in een grafiek weergegeven met de X- en de Y-as op de grenswaarden van 20 ppm voor  $NH_3$  en 3000 ppm voor  $CO_2$ . Duidelijk is te zien dat een flink aandeel van de bedrijven boven de grenswaarden uitkomt. De hokken in de rode rechthoeken hebben dus minimaal 2 overschrijdingen, van zowel de  $CO_2$ -concentratie als de  $NH_3$ -concentratie.



**Figuur 6.** Relatie tussen  $NH_3$  en  $CO_2$  bij vleesvarkens op hokniveau; de rode rechthoek omvat de punten aan die zowel boven de grenswaarde van de  $CO_2$ -concentratie (3000 ppm) als van de  $NH_3$ -concentratie (20 ppm) liggen.

### 3.3 Relatie biggen–vleesvarkens op hetzelfde bedrijf

Op 16 van de 32 bedrijven waren zowel vleesvarkens als biggen aanwezig. Op die bedrijven zijn aan beide diercategorieën metingen verricht. Dit biedt de mogelijkheid om te toetsen of de richting van de resultaten bij beide categorieën dezelfde is, als 'interne controle' van de gebruikte methodiek. Een positief verband wordt beschouwd als bevestiging dat de gehanteerde methodiek juist is. Bij vergelijking van de som van het aantal overschrijdingen bleek dat de rangnummers voor de meeste van de 16 bedrijven voor de waarnemingen in de biggen- en vleesvarkensstal min of meer gelijk was. In figuur 7 zijn van deze 16 bedrijven de som van de bigoverschrijdingen en de vleesvarkens-overschrijdingen (op basis van 12 kenmerken) tegen elkaar uitgezet. De resultaten bij de biggen en bij de vleesvarkens wijzen in dezelfde richting.



**Figuur 7.** Relatie tussen overschrijdingen van grenswaarden in biggen- en vleesvarkenshokken op 16 bedrijven ( $r_s=0,57$ ,  $t\text{-prob}=0,02$ ).

---

## 4 Discussie

Het project "Open Normen – pilot stalklimaat varkens" heeft duidelijk handvatten opgeleverd om probleembedrijven te signaleren. Op basis van vijf signaalindicatoren kan een eerste selectie gemaakt worden van bedrijven. Op deze bedrijven zal nader onderzoek moeten uitwijzen in hoeverre er sprake is van overtreding van de geformuleerde open norm voor stalklimaat. Ondanks dat de omvang van de dataset met bijna 100 bedrijven beperkt was, zijn de eensluidende uitkomsten voor bedrijven met biggen dan wel vleesvarkens een bevestiging van de geldigheid van de gevonden signaalindicatoren.

### 4.1 Algemene discussie

Een beperking van het onderzoek is wel dat de bedrijfsinspecties voornamelijk bij relatief lage buitentemperaturen (< 15 °C) hebben plaatsgevonden. Uit praktijkervaringen en uit de metingen bleek duidelijk dat er op koude dagen minder geventileerd wordt en dat de luchtkwaliteit dan slechter is. Dat betekent dat er in de winter meer kans is op overschrijdingen dan in de zomer als het om CO<sub>2</sub>- en NH<sub>3</sub>-concentraties gaat. Van januari tot maart zijn er in deze dataset meer overschrijdingen dan van april tot juni. Hoewel de luchtkwaliteit ook in de winter goed moet zijn, is het aantrekkelijk om over seizoenenafhankelijke signaalindicatoren te beschikken. In hoeverre de gevonden signaalindicatoren eveneens bij hoge buitentemperaturen valide zijn, kan op basis van dit onderzoek niet worden geconcludeerd.

In dit project zijn geen herhaalde bezoeken aan varkensbedrijven afgelegd, zodat er niets geconcludeerd kan worden over de herhaalbaarheid. Om de herhaalbaarheid zowel binnen bedrijven als binnen inspecteurs zo hoog mogelijk te maken is het zaak om een strak protocol te hebben dat via een grondige training door alle inspecteurs op eenzelfde manier gebruikt wordt. Het streven moet er steeds op gericht zijn om de variatie in beoordelingen en scores tussen inspecteurs te minimaliseren.

In de dataset waren zowel omgevingskenmerken als dierkenmerken opgenomen. Het hokoppervlak en het stalvolume per varken hadden echter geen relatie met een van de dierkenmerken. Bovendien kent de wetgeving met betrekking tot benodigd oppervlak heldere normen (Besluit houders van dieren, art. 2.17). Deze omgevingskenmerken zijn overigens weinig variabel en verder buiten beschouwing gelaten. Daarentegen zijn staltemperatuur en luchtkwaliteit bij uitstek aan variatie onderhevig en door de instelling van het ventilatiesysteem aan te passen. Luchtsnelheden en val van koude lucht zijn bij een inspectie echter moeilijk in beeld te brengen. Varkens ervaren dit als ongerieflijk en uiten dit in afwijkend gedrag, zichtbaar als oor- en staartbijten. Om problemen met koudeval of tocht op te lossen kan een varkenshouder een rooktest uitvoeren en eventuele trekgaten afdichten. Bij te lage temperaturen kan bijverwarmd worden, bij te hoge temperaturen kunnen de stallucht en de varkens extra gekoeld worden met het vernevelen van water. Een varkenshouder heeft bij gesignaleerde klimaatproblemen technisch gezien dus voldoende handelingsperspectief om tekortkomingen op te heffen.

Een aantal kenmerken is onderling sterk gecorreleerd, zodat een van de twee zonder informatieverlies kan worden weggelaten. Dit is bijvoorbeeld het geval bij hok- en dierbevuiling. Enerzijds pleit de voorkeur om het welzijn van dieren aan het dier af te lezen voor het gebruik van dierbevuiling. Anderzijds sluit het gebruik van hokbevuiling mogelijk beter aan op vigerende wetgeving aangezien het wettelijk is vereist dat varkens *"toegang hebben tot een schone en comfortabele ruimte met een adequate waterafvoer, waar alle varkens tegelijk kunnen liggen"* (Besluit houders van dieren, art. 2.16a). Na analyse bleek dat CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie en de drie dierkenmerken oog-, staart- en oorscore (biggen) of bevuiling (vleesvarkens) als de belangrijkste signaalindicatoren overbleven. CO<sub>2</sub>-concentratie, NH<sub>3</sub>-concentratie, staartscore en oogscore waren dat bij zowel de biggen als de vleesvarkens. CO<sub>2</sub>- en NH<sub>3</sub>-concentratie als signaalindicator gebruiken sluit goed aan bij de wetgeving voor pluimvee en bij de Duitse wetgeving. Bij de vleesvarkens is bovendien bevuiling als signaalindicator aangemerkt, bij de biggen is dat de oorscore. Dat zal ermee te maken hebben dat oorbijten een typische "biggenaandoening" is en dat bevuiling op een volledige roostervloer bij biggen minder speelt.

---

De doelmatigheid van inspecties kan wellicht ook worden vergroot door nog verder te focussen op risicosituaties. Zo bleek de kans op overschrijding van de NH<sub>3</sub>-grenswaarde bij oudere vleesvarkens groter. Naast de selectie van hokken met signalen van tekortkomingen kan het alleen meten bij de oudste dieren dan het snelste duidelijkheid verschaffen over het klimaat op een bedrijf.

Van de totale set van 22 kenmerken bij de vleesvarkens en 20 bij de biggen zijn er 12 overgebleven, die geschikt waren voor een statistische analyse. Van deze set van 12 zijn 5 kenmerken overgebleven die als signaalindicatoren kunnen worden gebruikt. Ondanks dat de geposterioriseerde kenmerken in de analyse weinig toevoegden, kunnen deze prima worden gebruikt als ondersteunend bewijs. Dat geldt ook voor bedrijfsgegevens als sterftepercentages, dierdagdoseringen en slachthuisbevindingen. Dat deze bedrijfsgegevens in de analyse niet geassocieerd bleken met de signaalindicatoren heeft te maken met de multifactoriële oorzaak van mortaliteit en morbiditeit maar ook met het momentane karakter van de inspecties. Voor het opstellen van een totaalbeeld van een bedrijf zijn ze zeker relevant, ook al is de oorzaak van hoge mortaliteit en morbiditeit niet éénduidig te koppelen aan het tijdens een inspectie vastgestelde stalklimaat. Er zijn waarschijnlijk ook andere factoren in het spel waar de varkenshouder mogelijk minder grip op heeft.

Voor de varkenshouders is de mogelijkheid tot benchmarking een hoogst relevante uitkomst van een inspectie: waar sta ik met m'n stalklimaatregeling ten opzichte van m'n collega varkenshouders? En voldoen de maatregelen die ik genomen heb op gebied van stalklimaat aan de regelgeving? De conclusie dat het welzijn van varkens niet aan de wettelijke norm voldoet zal altijd moeten berusten op de daadwerkelijke overschrijding van meerdere grenswaarden, inclusief die van dierkenmerken. Na de eerste signalering is voor een betere onderbouwing van een overtreding van de wet meestal nader onderzoek vereist. Vaak gaat verbetering van stalklimaat gepaard met betere technische resultaten. Dit biedt vervolgens weer perspectief op verbetering van de omstandigheden van de dieren.

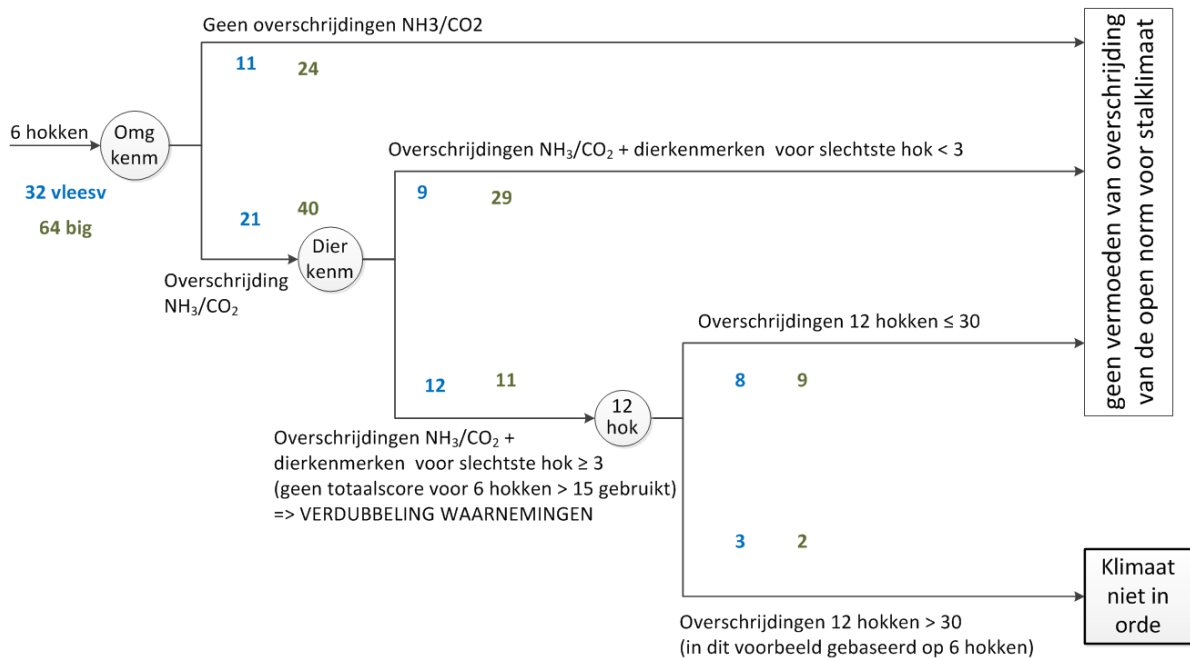
## 4.2 Voorbeeld voor praktische toepassing

De zeggingskracht van dit onderzoek is beperkt tot de klimatologische omstandigheden (relatief lage buitentemperaturen (< 15 °C)) waaronder is gemeten, bij een eenmalig bedrijfsbezoek. Dit onderzoek is dus niet een in alle opzichten wetenschappelijk verantwoorde validatiestudie. Dat was ook niet de opdracht. Als 'eerste alarm' biedt het gebruik van signaalindicatoren de gebruiker, of het nu de varkenshouder zelf is of de toezichthouder, evenwel handvatten op basis waarvan hij kan nagaan hoe het gesteld is met het stalklimaat op een varkensbedrijf. Hoe de vastgestelde signaalindicatoren zouden kunnen worden gebruikt is als volgt.

Belangrijke parameters voor de beoordeling van de kwaliteit van de stallucht zijn NH<sub>3</sub>- en CO<sub>2</sub>-concentraties (omgevingskenmerken). Hoge NH<sub>3</sub>- en CO<sub>2</sub>-concentraties duiden op onvoldoende ventilatie. Als de betreffende grenswaarden structureel worden overschreden, heeft dat zijn weerslag op de dieren. Overschrijdingen van grenswaarden voor dierkenmerken komen dan ook in beeld. Voor biggen zijn dat de oor-, staart- en oogscore, voor vleesvarkens de staart-, oog- en bevuilingsscore. Als richtlijn kan gelden dat van deze dierkenmerken minstens één overschrijding te zien moet zijn om *samen* met de omgevingskenmerken te komen tot een totaal aantal overschrijdingen van drie of meer voor het slechtste hok. Als alleen de dierkenmerken overschrijdingen te zien geven, dan bestaat er een kans dat niet aan klimaat gerelateerde oorzaken hieraan ten grondslag liggen (Spoolder et al., 2011). Als daarentegen uitsluitend grenswaarden voor NH<sub>3</sub>- en/of CO<sub>2</sub>-concentraties zijn overschreden, dan is het niet uit te sluiten dat er sprake is van incidentele klimaatproblemen waarvan dieren op zijn hoogst kortstondig hinder ondervinden.

Indien er op het bedrijf één hok is met een score van drie of meer, dan is het raadzaam om het aantal geobserveerde hokken te verdubbelen om toeval te beperken. Op die manier wordt meer zekerheid verkregen omtrent de conclusie dat het dierenwelzijn onder druk staat.





**Figuur 8.** Voorbeeld van een beslisboom met de aantallen bedrijven zoals deze in de datasets voor biggen en vleesvarkens gevonden zijn.

**Kortom:** Bij een score van drie of meer overschrijdingen voor een van de zes hokken waaronder in ieder geval NH<sub>3</sub>- en/of CO<sub>2</sub> concentraties is er reden tot verdubbeling van het aantal geobserveerde hokken. Bij zes hokken is er bij een score van bijvoorbeeld meer dan 15 een vermoeden dat het klimaat voor de dieren ontoereikend is. Als vervolgens bij verdubbeling van het aantal hokken dit vermoeden bevestigd wordt (totaalscore meer dan 30) dan is de kans groot dat het klimaat ongeschikt is voor de varkens. De grenzen van 15 en 30 in dit voorbeeld zijn niet wetenschappelijk onderbouwd, maar zijn als richtlijn bruikbaar. De varkenshouder kan volgens de beslisboom in figuur 8 besluiten tot specifieke maatregelen (actie) om het stalklimaat te verbeteren.

## 4.3 Slotopmerkingen

Resumerend is de conclusie uit dit pilot-onderzoek dat met de genoemde set van vijf indicatoren in de varkenshouderijpraktijk met voldoende zekerheid probleembedrijven gesignaleerd kunnen worden voor nader onderzoek. Een in alle opzichten wetenschappelijk verantwoorde validatiestudie is dit echter niet. Daarvoor is empirisch onderzoek nodig waarbij varkens van diverse leeftijden worden blootgesteld aan uiteenlopende klimaatcondities, dier- en omgevingsgerichte waarnemingen worden uitgevoerd en de specificiteit en de sensitiviteit van indicatoren wordt geanalyseerd. Binnen de kaders van dit onderzoek was dit niet mogelijk.

Om te voorkomen dat er teveel nadruk komt te liggen op een beperkte set van signaalindicatoren is ook blijvende aandacht nodig voor de overige bedrijfsgegevens en dier- en omgevingskenmerken. Ook is het van belang dat de wijze van scores van de kenmerken door de inspecteurs periodiek "geijkt" wordt. De ervaring leert dat na verloop van tijd het toetsingskader verloopt. Naast een voldoende brede blik vraagt het gebruik van een dergelijke methode van de inspecteur dus ook om onderhoud.

---

## 5 Conclusies

Uit het onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Om bedrijven met klimaatproblemen te signaleren kan een uitgebreide set van omgevings- en dierenkenmerken vrijwel zonder verlies aan zeggingskracht teruggebracht worden tot een vijftal kenmerken.
- In het onderzoek zijn geen dagen met hoge buitentemperaturen voorgekomen. De bruikbaarheid van de gevonden signaalindicatoren bij hoge buitentemperaturen is daardoor niet duidelijk.
- De signaalindicatoren voor bedrijven met biggen zijn: NH<sub>3</sub>- en CO<sub>2</sub> -concentraties, oorscore, oogscore en staartscore
- De signaalindicatoren voor bedrijven vleesvarkens zijn: NH<sub>3</sub>- en CO<sub>2</sub> -concentraties, bevuiling, oogscore en staartscore
- Bij vleesvarkens worden de meeste knelpunten met betrekking tot stalklimaat bij de oudste dieren waargenomen. Focus op de oudste vleesvarkens lijkt bij inspectie van stalklimaat een kosteneffectieve maatregel.
- De rangorde van bedrijven op basis van het aantal overschrijdingen bij gebruik van twaalf dan wel vijf signaalindicatoren is vrijwel gelijk.
- Training van het waarnemingsprotocol door inspecteurs is een wezenlijk onderdeel van de voorgestelde signaleringssystematiek.

---

# Literatuur

- Klimaatplatform Varkenshouderij, <http://www.wur.nl/nl/show/Klimaatplatforms-Varkens-en-Pluimveehouderij.htm>
- N.N. (2001). Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung, Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Berlin, Germany
- N.N. (2015). Handboek Varkenshouderij, Wageningen Livestock Research, Wageningen, 416 p.
- Parker, M.O., E.A. O'Connor, M.A. McLeman, T.G.M. Demmers, J.C. Lowe, R.C. Owen, E.L. Davey, C.M. Wathes and S.M. Abeyesinghe (2010) The impact of chronic environmental stressors on growing pigs, *Sus scrofa* (Part 2): Social behaviour. *Animal* 4(11):1910-1921
- SER (2009) Wettelijke grenswaarden ammoniak. <http://www.ser.nl/nl/grenswaarden/ammoniak.aspx>
- SER (2009) Wettelijke grenswaarden kooldioxide. <http://www.ser.nl/nl/grenswaarden/kooldioxide.aspx>
- H. Spoolder, M. Bracke, C. Mueller-Graf, S. Edwards (Eds., 2011). Preparatory Work for the Future Development of Animal Based Measures for Assessing the Welfare of Weaned, Growing and Fattening Pigs Including Aspects Related to Space Allowance, Floor Types, Tail Biting and Need for Tail Docking, EFSA, Parma, Italy. <http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/doc/181e.pdf> (accessed 04/05/2017)
- Telkänranta, H., J. N. Marchant-Forde and A. Valros (2016). Tear staining in pigs: a potential tool for welfare assessment on commercial farms animal, *Animal*, Volume 10-2, pp. 318-325, DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S175173111500172X>
- Wathes, C.M., T.G.M. Demmers and H. Xin (2003). Ammonia concentrations and emissions in livestock production facilities: Guidelines and limits in the USA and UK. Agricultural and biosystems engineering, paper 034112, ASAE conference proceedings 2003
- Welfare Quality® (2009). Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands

# Bijlage 1 Besluit houders van dieren

## Besluit houders van dieren

Geldig van 15-09-2015 t/m heden

### Artikel 2.5. Verlichting en ventilatie

- 1 Onverminderd [artikel 1.8, eerste lid](#), wordt een dier niet permanent in het duister of in kunstlicht gehouden zonder dat dit voor een passende periode wordt uitgeschakeld en is, indien het beschikbare natuurlijke licht niet voldoende is voor de ethologische en fysiologische behoeften van het dier, in de ruimte waarin het dier wordt gehouden geschikt kunstlicht aanwezig.
- 2 In een ruimte waarin dieren worden gehouden is voldoende verlichting aanwezig voor een grondige controle van die dieren op elk willekeurig tijdstip.
- 3 Het materiaal dat wordt gebruikt voor de behuizing waarin een dier wordt gehouden is niet schadelijk voor het dier en kan grondig gereinigd en ontsmet worden.
- 4 De luchtcirculatie, het stofgehalte van de lucht, de temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en de gasconcentraties in de omgeving van het dier zijn niet schadelijk voor het dier.
- 5 Indien de gezondheid en het welzijn van een dier afhankelijk is van een kunstmatig ventilatiesysteem, is dat voorzien van een passend noodstelsel waarmee voldoende verse lucht kan worden aangevoerd om de gezondheid en het welzijn van het dier te waarborgen als het hoofdsysteem uitvalt.
- 6 Indien het ventilatiesysteem, bedoeld in het vijfde lid, uitvalt, treedt een alarmsysteem in werking, dat regelmatig wordt getest.
- 7 Voeder- of drinkinstallaties zijn zo ontworpen, gebouwd en geplaatst dat het gevaar voor verontreiniging van voer en water, alsmede mogelijke schadelijke gevolgen van rivaliteit tussen dieren tot een minimum worden beperkt.
- 8 De in dit artikel bedoelde apparatuur die noodzakelijk is voor de gezondheid en het welzijn van een dier wordt ten minste eenmaal per dag gecontroleerd.
- 9 Indien bij de controle, bedoeld in het achtste lid, defecten worden geconstateerd, worden deze onmiddellijk hersteld of, indien herstel niet mogelijk is, worden de nodige maatregelen getroffen om de gezondheid en het welzijn van het dier veilig te stellen.

---

### Artikel 1.7 Verzorgen van dieren

Degene die een dier houdt, draagt er zorg voor dat een dier  
g. voldoende verse lucht of zuurstof krijgt.

### Artikel 2.16 Algemene eisen stalinrichting

Stallen waarin varkens worden gehouden zijn op zodanige wijze ingericht dat de varkens:

- a. toegang hebben tot een **schone en comfortabele ruimte** met een adequate waterafvoer, waar alle varkens tegelijk kunnen liggen;

# Bijlage 2 Formulier gespeende biggen

Protocol beoordelen stalklimaat gespeende biggen									
Datum .....		UBN bedrijf .....			Inspecteur .....				
Tijdstip inspectie .....				Laatste voertijd (of adlib) .....					
Gesp Biggen	leeftijdcategorie	JONGE BIGGEN			OUDE BIGGEN			opmerkingen	
	gewichtsindicatie	week 1-2 na spenen			week 4-5 na spenen				
	hoknr	Hok 1	Hok 2	Hok 3	Hok 1	Hok 2	Hok 3		
1	Selectie	reden (vuil-oor-staart-ogen-hoest)							
		aantal varkens per hok							
2	Afmetingen	hok diepte (m, 1 decimaal)							
		hok breedte							
		aantal hokken in afdeling							
		afd diepte (m, 1 decimaal)							
		afd breedte							
		gem. hoogte							
	regeling luchtinlaat		autom / hand			autom / hand			
3	Luchtmetingen	buitentemperatuur							
		binnentemperatuur							
		CO <sub>2</sub> - dierniveau							
		NH <sub>3</sub> - dierniveau							
4	Bevuiling	dier (0,1=20-50%,2=>50%)							
		hok (0,1=20-50%,2=>50%)							
5	Ogen	0,1=rood,2=vuil,3=rood+vuil							
	Staartscore	aantal 0=gezond							
		aantal 1=oud/kleine wondjes							
		aantal 2=recent bloed							
Oren (mn biggen)	0=gaaf,1=zwart(oud),2=rood(vers)								
6	Ademhaling	hijgen (aantal dieren)							
		pompen (aantal dieren)							
		hoesten en niezen (n/5min)							
7	Liggedrag	huddling (0 - 1 - 2)							
		rillen (0 - 1 - 2)							
		apart liggen (0 - 1 - 2)							
		houding (meerderheid in 0-1-2)							
Activiteit	n staande dieren bij verlaten afd								
8	Bedrijf	sterfte incl euth.							
		medicijngebruik (ddd)							

# Bijlage 3 Formulier vleesvarkens

Protocol beoordelen stalklimaat vleesvarkens									
Datum .....		UBN bedrijf .....		Inspecteur .....					
Tijdstip inspectie .....				laatste voertijd (of adlib) .....					
Vleesvarkens	leeftijdscategorie	JONG		MIDDEN		OUD		opmerkingen	
	gewichtsindicatie	30-50 kg		60-80 kg		90-110 kg			
	hoknr	Hok 1	Hok 2	Hok 1	Hok 2	Hok 1	Hok 2		
1	Selectie	reden (vuil-oor-staart-ogen-hoest)							
		aantal varkens per hok							
2	Afmetingen	hok diepte (m, 1 decimaal)							
		hok breedte							
		aantal hokken in afdeling							
		afd diepte (m, 1 decimaal)							
		afd breedte							
		gem. hoogte							
		regeling luchtinlaat	autom / hand		autom / hand		autom / hand		
3	Luchtmetingen	buitentemperatuur							
		binnentemperatuur							
		CO <sub>2</sub> - dierniveau							
		NH <sub>3</sub> - dierniveau							
4	Bevuiling	dier (0,1=20-50%,2=>50%)							
		hok (0,1=20-50%,2=>50%)							
5	Ogen	0,1=rood,2=vuil,3=rood+vuil							
	Staartscore	aantal 0=gezond							
		aantal 1=oud/kleine wondjes							
		aantal 2=recent bloed							
	Oren (mn biggen)	0=gaaf,1=zwart(oud),2=rood(vers)							
6	Ademhaling	hijgen (aantal dieren)							
		pompen (aantal dieren)							
		hoesten en niezen (n/5min)							
7	Liggedrag	huddling (0 - 1 - 2)							
		rillen (0 - 1 - 2)							
		apart liggen (0 - 1 - 2)							
		houding (meerderheid in 0-1-2)							
	Activiteit	n staande dieren bij verlaten							
8	Bedrijf	sterfte incl euth.							
		medicijngebruik (ddd)							
		pleuritis (%)							
		longen (% afgekeurd)							

# Bijlage 4 Toelichting beoordelingsprotocol

## Toelichting protocol beoordeling klimaat bij vleesvarkens en biggen

- Selectie van hokken (steeds 6 hokken/groepen per diercategorie):  
**Vleesvarkens 2 hokken** (10-15 dieren) **jong** (30-50 kg, 1 mnd na opleg), 2 hokken **midden** (60-80 kg, 2 mnd na opleg), 2 hokken **oud** (90-110 kg, 3 mnd na opleg). Kies per leeftijdscategorie random een afdeling, bekijk alle hokken in deze afdeling en kies twee hokken met de meeste signalen van een klimaatprobleem en noteer de reden (**vuil-oor-staart-ogen-hoest**).  
**Biggen**: selecteer 3 hokken met 10-15 biggen in 1<sup>e</sup> helft en 3 hokken in 2<sup>e</sup> helft van de opfok.  
**Zeugen**: selecteer 2 hokken of subgroepen van 10-15 zeugen op 30 – 60 – 90 d dracht
- Hardware: Afmetingen in meters met 1 decimaal, hokken én afdeling (1 hok/afd is genoeg)
- Temperatuur en CO<sub>2</sub>, zo mogelijk op dierniveau, anders bij verlaten afdeling  
 Temperatuur met 1 decimaal, CO<sub>2</sub> in ppm  
 Sluit de deur tijdens het meten. Meet de buitentemperatuur bij voorkeur vóór de luchtinlaat. Geef aan of de luchtinlaat handmatig/automatisch of niet (**auton/hand**) geregeld wordt.
- Hok- en dierbevuiling  
 Bevuiling dichte vloer: 0=0-20%, 1=20-50%, 2=>50% bevuiling (nat)  
 Dierbevuiling: 0=0-20%, 1=20-50%, 2=>50% bevuiling (foto: voorbeeld 0-1-2)



- Ogen, staart en oren  
 Ogen: 0=wit en schoon; 1=rood en schoon; 2=wit en vuil; 3=rood en vuil  
 Staart: 0=onbeschadigd; 1= kleine wondjes; 2= grotere wond met vers bloed.  
 Oren: 0= onbeschadigd; 1= zwarte korsten; 2= verse, rode wonden



- Ademhaling: hijgen, pompen, hoesten en niezen  
 Noteer het aantal dieren dat hijgt en het aantal dieren dat pompt per hok.  
 Zo mogelijk van twee hokken tegelijk het aantal keren hoesten én niezen gedurende 5 minuten turven en het eindtotaal per hok noteren.
- Liggedrag en activiteit  
 Huddling: 0=geen huddling, 1=tot 20%, 2=meer dan 20% huddling  
 Rillen: 0=geen rillen, 1=tot 20%, 2=meer dan 20% rillen  
 Geïsoleerd (apart) liggen: 0=als groep bij elkaar, 1=helft "los", 2=meer dan de helft "los"  
 Sternaal (buik-) of lateraal (zijligging): Noteer of grootste deel van de groep in 0=buikligging, 1=half buik/zij, 2=zijligging ligt  
 Activiteit: noteer het bij het verlaten van de afdeling het aantal staande (zittende) dieren / hok
- Bedrijfsresultaten: Sterfte, slacht (alleen vleesvarkens) en medicijngebruik  
 Sterfte: percentage sterfte inclusief euthanasie in de laatste 12 maanden  
 Medicijnen: DierDagDosering in de laatste 12 maanden of op jaaroverzicht  
 Pleuritis: Percentage pleuritis van de slachtingen in de laatste 12 maanden  
 Afgekeurde longen: Percentage afgekeurde longen in de laatste 12 maanden.

Periode	KARKASAFWIKINGEN IN %						ORGANAFAWIKINGEN IN %				
	Aantal beoordeeld	% Geen afwijk.	% Pleuritis	% Oorst. huid	% Oorst. post.	Aantal onderzocht	% Geen afwijk.	% Aangek. lever	% Afgk. lever	% Aangek. longen	% Niet te beoordelen
2009-09	100	100,0	0,0	0,0	0,0	100	98,0	0,0	0,0	2,0	0,0
2009-10	112	97,3	2,7	0,0	0,0	112	87,5	0,0	0,0	12,5	0,0
Uw locatie	212	98,6	1,4	0,0	0,0	212	92,5	0,0	0,0	7,5	0,0



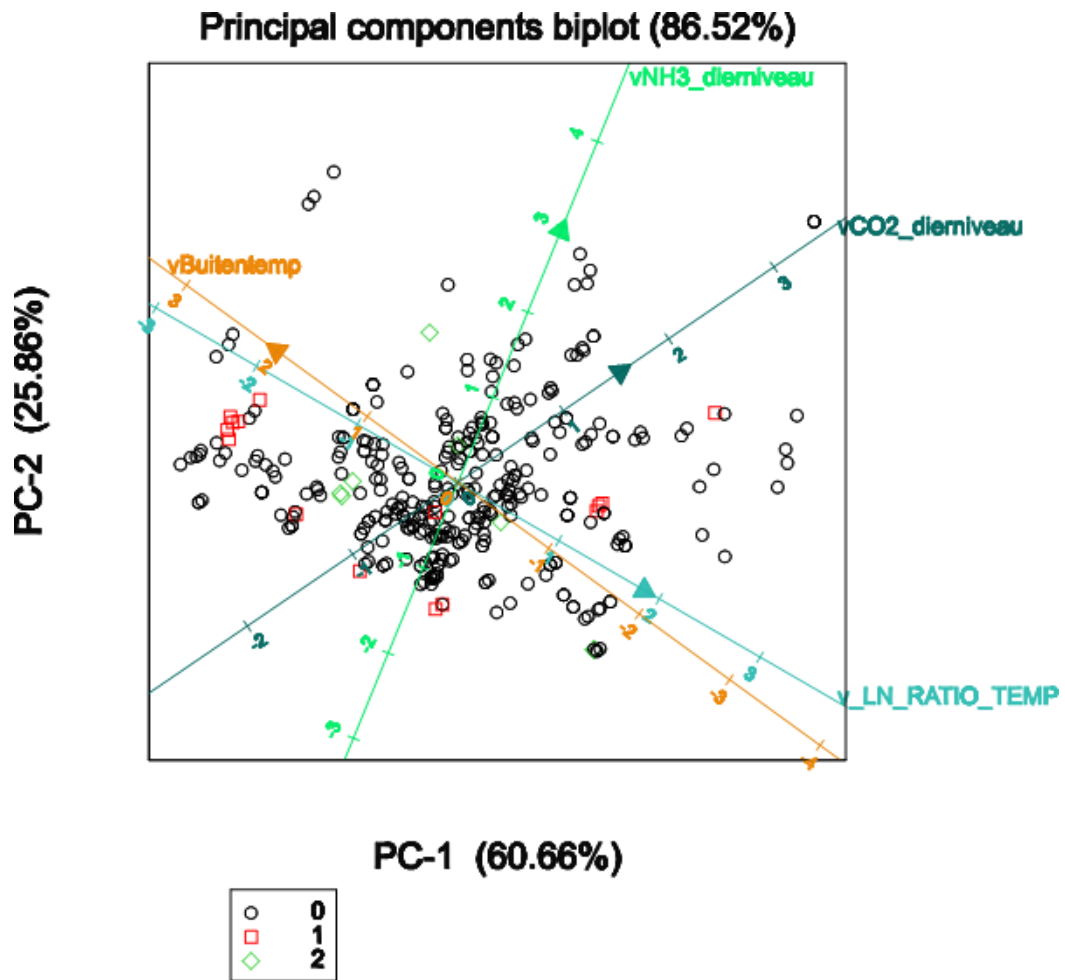




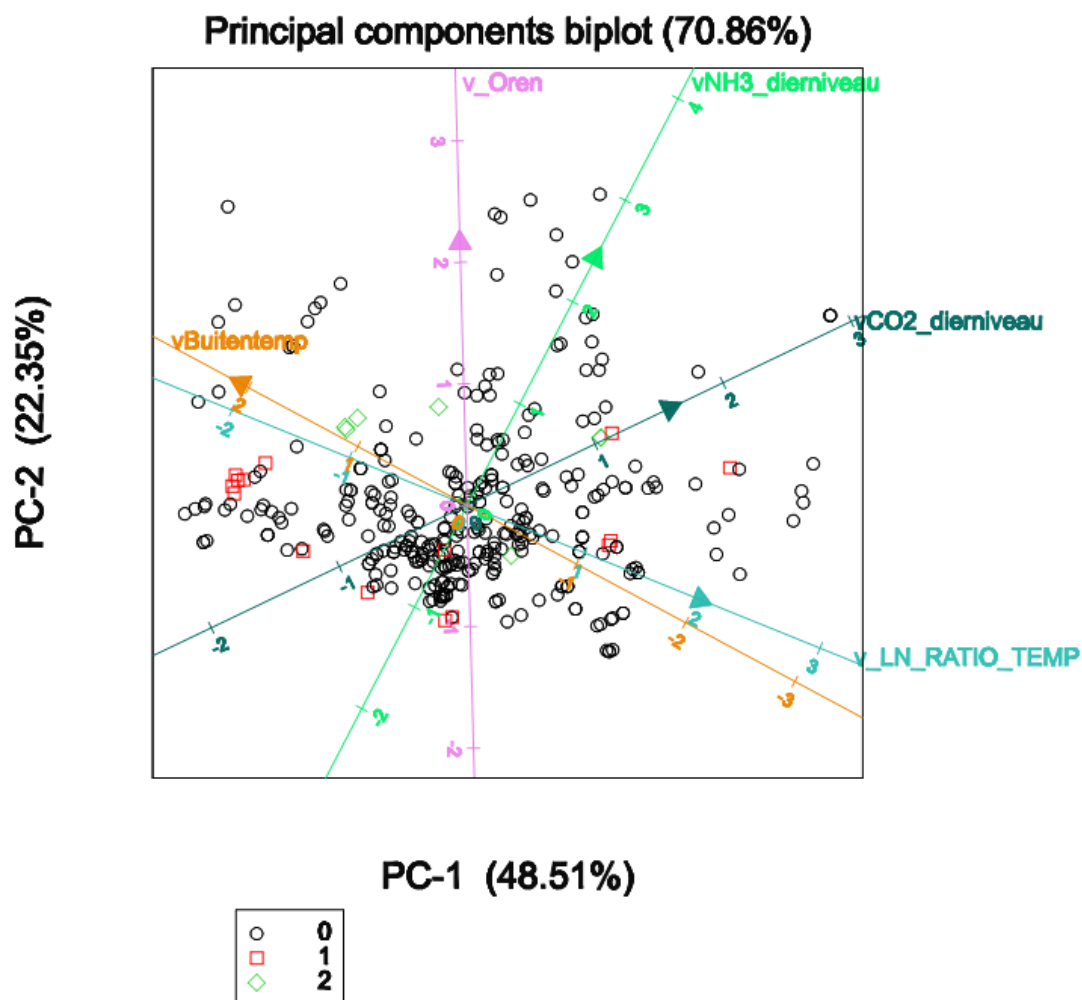
## Bijlage 7

# Reductie van het aantal gebruikte kenmerken in de verschillende analysestappen

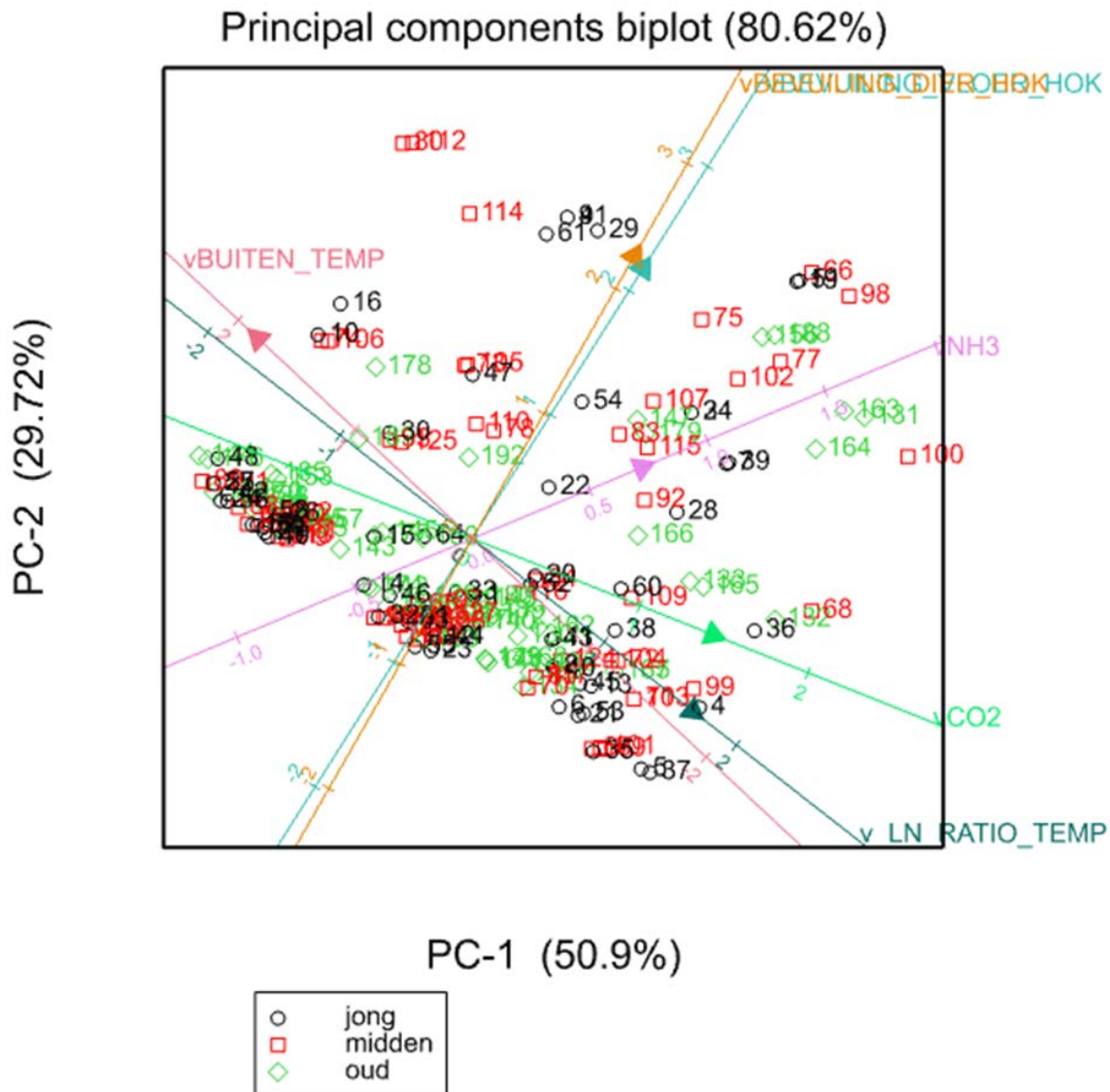
Biggen					Vleesvarkens						
1	UBN				1	UBN					
2	datum				2	datum					
3	tijdstip				3	tijdstip					
4	laatste voertijd				4	laatste voertijd					
5	inspecteur				5	inspecteur					
6	leeftijd	leeftijd			6	leeftijd	leeftijd				
7	hoknr				7	hoknr					
8	Selectiereden				8	selectiereden					
9	n varkens/hok	n varkens/hok			9	n varkens/hok	n varkens/hok				
10	hokdiepte	hokdiepte			10	hok diepte	hok diepte				
11	hokbreedte	hokbreedte			11	hok breedte	hok breedte				
12	n hokken/afdeling	n hokken/afdeling			12	n hokken/afd	n hokken/afd				
13	afdeling diepte	afdeling diepte			13	afdeling diepte	afdeling diepte				
14	afdeling breedte	afdeling breedte			14	afdeling breedte	afdeling breedte				
15	afdeling hoogte	afdeling hoogte			15	afdeling hoogte	afdeling hoogte				
16	luchtinlaat				16	luchtinlaat					
17	buitentemp	buitentemp			17	buitentemp	buitentemp				
18	binnentemp	binnentemp	binnentemp		18	binnentemp	binnentemp	binnentemp			
19	CO <sub>2</sub> dierniveau	CO <sub>2</sub> dierniveau	CO <sub>2</sub> dierniveau	CO <sub>2</sub> dierniveau	19	CO <sub>2</sub> dierniveau	CO <sub>2</sub> dierniveau	CO <sub>2</sub> dierniveau	CO <sub>2</sub> dierniveau		
20	NH <sub>3</sub> dierniveau	NH <sub>3</sub> dierniveau	NH <sub>3</sub> dierniveau	NH <sub>3</sub> dierniveau	20	NH <sub>3</sub> dierniveau	NH <sub>3</sub> dierniveau	NH <sub>3</sub> dierniveau	NH <sub>3</sub> dierniveau		
21	dierbevuiling	dierbevuiling	dierbevuiling	dierbevuiling	21	dierbevuiling	dierbevuiling	dierbevuiling	dierbevuiling		
22	hokbevuiling	hokbevuiling	hokbevuiling	hokbevuiling	22	hokbevuiling	hokbevuiling	hokbevuiling	hokbevuiling		
23	oogscore	oogscore	oogscore	oogscore	23	oogscore	oogscore	oogscore	oogscore		
24	staartscore	staartscore	staartscore	staartscore	24	staartscore	staartscore	staartscore	staartscore		
25	oorscore	oorscore	oorscore	oorscore	25	oorscore	oorscore	oorscore	oorscore		
26	hijgen	hijgen	hijgen	hijgen	26	hijgen	hijgen	hijgen	hijgen		
27	pompen	pompen	pompen	pompen	27	pompen	pompen	pompen	pompen		
28	hoest-nies	hoest-nies	hoest-nies	hoest-nies	28	hoest-nies	hoest-nies	hoest-nies	hoest-nies		
29	huddling	huddling	huddling	huddling	29	huddling	huddling	huddling	huddling		
30	rillen	rillen	rillen	rillen	30	rillen	rillen	rillen	rillen		
31	apart liggen	apart liggen	apart liggen		31	apart liggen	apart liggen	apart liggen			
32	houding	houding	houding		32	houding	houding	houding			
33	staande dieren	staande dieren	staande dieren		33	staande dieren	staande dieren	staande dieren			
34	sterfte%	sterfte%	sterfte%		34	sterfte%	sterfte%	sterfte%			
35	DDD	DDD	DDD		35	DDD	DDD	DDD			
36	m <sup>2</sup> per varken	m <sup>2</sup> per varken	m <sup>2</sup> per varken		36	pleuritis	pleuritis	pleuritis			
37	m <sup>3</sup> per varken	m <sup>3</sup> per varken	m <sup>3</sup> per varken		37	afgek longen	afgek longen	afgek longen			
					38	m <sup>2</sup> per varken	m <sup>2</sup> per varken	m <sup>2</sup> per varken			
					39	m <sup>3</sup> per varken	m <sup>3</sup> per varken	m <sup>3</sup> per varken			
n	37	29	20	12	5	n	39	31	22	12	5



# Bijlage 9 Principal components biplot biggen: Basis + Oorscore

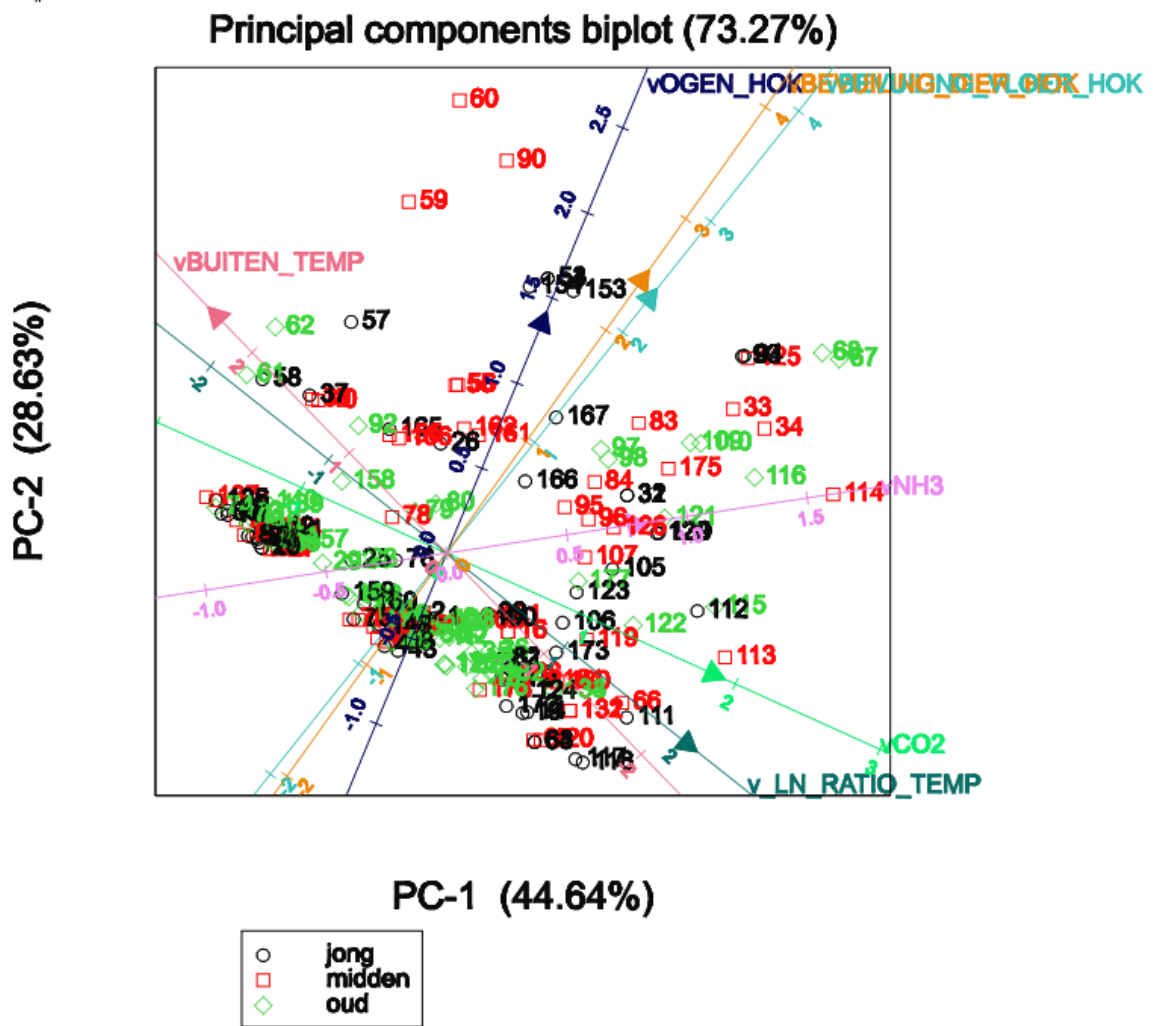


# Bijlage 10 Principal components biplot vleesvarkens - Basis



LN\_RATIO\_TEMP = Logaritmische waarde van binnentemperatuur/buitentemperatuur

# Bijlage 11 Principal components biplot vleesvarkens: Basis + Oogscore





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](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
[www.wur.nl/livestock-research](http://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 UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO 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, 6.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR 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.

