

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 360

Milieubelasting van drie biologische volièrebedrijven voor leghennen

Luchtkwaliteit, ammoniakemissie, mestkwaliteit, N- en P-
excretie, uitloopgebruik en N- en P- belasting uitloop

Mei 2010



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

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

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010

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

Aansprakelijkheid

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

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Abstract

Within this study the environmental load of organic systems for layers was studied. It is concluded that especially the mineral load of the outdoor run should be lowered.

Keywords

Organic farming, poultry, ammonia emission, outdoor run, excretion, manure quality, aviary

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

S.E.M. Dekker
A.J.A. Aarnink
I.J.M. de Boer
P.W.G. Groot Koerkamp

Titel

Milieubelasting van drie biologische volièrebedrijven voor leghennen

Rapport 360

Samenvatting

In dit onderzoek is de milieubelasting van biologische systemen voor leghennen onderzocht. De conclusie is dat vooral de minerale belasting van de uitloop omlaag gebracht moet worden.

Trefwoorden

Biologische landbouw, pluimvee, ammoniak emissie, uitloop, excretie mestkwaliteit, volièrestal

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Biologische Pluimveehouders Vereniging



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 360

Milieubelasting van drie biologische volièrebedrijven voor leghennen

Environmental load of three aviary houses for organic layers

S.E.M. Dekker

A.J.A. Aarnink

I.J.M. de Boer

P.W.G. Groot Koerkamp

Mei 2010

Voorwoord

Op het pluimveebedrijf De Lanckerenhof van Chris en Marianne Borren is in 2007 een nieuwe stalconcept voor 6.000 leghennen en 6.000 opfokhennen gebouwd. Belangrijkste uitgangspunten voor de ontwerpen waren gebaseerd op het project 'Houden van Hennen', en betroffen het welzijn en gedrag van de hennen, maatschappelijke acceptatie, verminderen milieubelasting en meerwaarde creëren met de eieren.

Dit heeft geresulteerd in twee bijzondere stallen, met veel scharrelruimte in de stal en uitloop, droging en regelmatige afvoer van de mest op de banden. De stal heeft een modern vormgegeven dak waardoor het goed in het landschap past. Bovendien zijn de twee bezoekersruimten altijd toegankelijk voor publiek. Het project op de Lanckerenhof werd financieel ondersteund door de provincie Gelderland en de regeling subsidiëring gebiedsgericht beleid en reconstructie concentratiegebieden (SGB) zoals uitgevoerd door de Dienst Landelijk Gebied, alsmede Kennisbasis onderzoek van het Ministerie van LNV. Wageningen Livestock Research en de Farm Technology Group van Wageningen Universiteit hebben onder andere onderzoek gedaan naar de milieuaspecten van beide stallen. In dit rapport worden de resultaten van het milieuonderzoek in de legstal gepubliceerd. We zijn Chris en Marianne zeer erkentelijk voor de prettige samenwerking, alsook de pluimveehouders van de twee referentiebedrijven die betrokken waren in dit onderzoek. Ook een woord van dank aan Jaap van Deelen van de Biologische Pluimveehouders Vereniging is op zijn plaats als belanghebbende partij namens alle biologische pluimveehouders.

Prof. dr. ir. P.W.G. Groot Koerkamp
Projectleider Lanckerenhof

Samenvatting

De veranderingen in de Nederlandse en Noordwest Europese legpluimveehouderij naar welzijnsvriendelijke huisvestingssystemen zijn groot en gaan snel. Het grootste deel van de leghennen in Nederland wordt inmiddels niet meer in kooien gehuisvest, maar in scharrel- en volièrestallen. Een deel van de leghennen heeft de beschikking over een uitloop (in Freiland en biologische systemen). Als gevolg van deze ontwikkeling naar welzijnsvriendelijke systemen rijst de vraag of deze systemen wel milieuvriendelijk zijn. De doelstelling van dit project was te onderzoeken hoe groot de milieubelasting is van biologische systemen voor leghennen.

Dit project is voortgevloeid uit het project 'Houden van Hennen'. Het programma van eisen en de ontwerpen uit het project 'Houden van Hennen' vormen de basis voor het ontwerp van een nieuwe stal op de Lankerenhof. In dit rapport vergelijken we de verschillende milieuaspecten van deze stal met die van twee bestaande biologische stallen (referentiebedrijven 1 en 2).

In dit onderzoek zijn de volgende milieuaspecten onder de loep genomen:

1. De stalemissies, i.e. de ammoniakemissie, de methaanemissie en de lachgasemissie.
2. De luchtkwaliteit in de stal, i.e. de ammoniak- en de kooldioxideconcentratie.
3. De strooisel- en mestkwaliteit, i.e. het drogestofgehalte.
4. De stikstof-(N) en fosfor-(P)efficiëntie, i.e. de N- en P-opname via het voer, de N- en P-vastlegging in het ei en de N- en P-excretie in de mest.
5. Het uitloopgebruik, i.e. het gemiddeld aanwezige percentage hennen in de uitloop en de verdeling over de zones van 0 tot 10 m, van 10 tot 25 m en in de zone van meer dan 25 m van de stal.
6. De N- en P-excretie in de uitloop, i.e. gesommeerde en oppervlakte gerelateerde N- en P-excretie in de zone van 0 tot 10 m, van 10 tot 25 m en in de zone van meer dan 25 m van de stal.

De twee referentiebedrijven hadden evenals de Lankerenhof volièrestallen met mestbanden en mestbandbeluchting. Op deze drie bedrijven werd driemaal verspreid over het jaar gemeten gedurende 3 meetdagen. De metingen vonden plaats in de uitloop en in de stal. Op de Lankerenhof werd gemeten in twee afdelingen van de stal met in totaal 6.000 henplaatsen. Op de twee referentiebedrijven gebeurde dit in één afdeling met elk 3.000 henplaatsen. De mest werd wekelijks afgedraaid. De eerste meetdag viel op de laatste dag voor het afdraaien van de mestband en de tweede meetdag startte direct na afdraaien van de mestband.

De gemiddelde ammoniakemissie van de drie biologische meetbedrijven was 118 g/jaar per henplaats (sd van alle 24-uurs gemiddelden 58). De Lankerenhof had de laagste gemiddelde ammoniakemissie 100 (sd 57) ten opzichte van 148 (sd 60) en 107 (sd 42) g/jaar per henplaats op referentiebedrijf 1 en referentiebedrijf 2. De gemiddelde ammoniakemissie tijdens dagen met een volle mestband was 130 (sd 57) g/jaar en 107 (sd 61) g/jaar per henplaats tijdens dagen met een lege mestband. De gemiddelde methaanemissie was 19 (sd 9) g/jaar per henplaats. De gemiddelde lachgasemissie bedroeg 0,45 (sd 0,57) g/jaar per henplaats.

De gemiddelde ammoniak- en kooldioxideconcentraties in de stal kwam in meetweek 1 op de Lankerenhof en op referentiebedrijf 1 boven de grenswaarden van respectievelijk 20 en 2000 ppm uit. Op de Lankerenhof werd in meetweek 1 een maximale uurgemiddelde ammoniakconcentratie vastgesteld die de grenswaarde van 20 ppm ruim overschreed (35 ppm). Tijdens de andere meetweken op deze bedrijven en tijdens alle meetweken op referentiebedrijf 2 lag de gemiddelde ammoniakconcentratie onder de 20 ppm. In maar liefst 5 meetweken werd een maximale uurgemiddelde kooldioxideconcentratie vastgesteld die de grenswaarde van 2000 ppm overschreed.

De drogestofgehalten van de mestmonsters lieten dezelfde trends zien op de drie meetbedrijven. Het drogestofgehalte van de verse mestmonsters was het laagst, 23% tot 26%. De bandmest was alleen op referentiebedrijf 2 redelijk ingedroogd tot 53%. De strooiselmest uit de scharrelstal en wintergarten was goed ingedroogd met drogestofgehalten van 76% tot 84%.

Slechts een beperkt deel van de via het voer opgenomen N (3,5 g/d per hen) en P (0,67 g/d per hen) wordt in de eieren vastgelegd: gemiddeld 0,9 g N en 0,08 g P per hen per dag. Deze hoeveelheid laat geen correlatie zien met de N- en P-opname via het voer. Door de grote variatie in N- en P-opname

via het voer varieerde de stikstofexcretie van 1,88 tot 2,98 g/d per hen en de fosforexcretie van 0,51 tot 0,77 g/d per hen.

Het percentage hennen dat de uitloop gebruikt verschilde veel tussen de drie meetbedrijven:, namelijk 16, 3 en 14% voor respectievelijk de Lankerenhof, referentiebedrijf 1 en referentiebedrijf 2. Op de Lankerenhof en referentiebedrijf 2 bevonden de leghennen zich vooral in de zone van 0 tot 10 m en in de zone van meer dan 25 m van de stal. Op referentiebedrijf 1 bevonden de hennen zich vooral in de zone van 0 tot 10 m van de stal.

Op de Lankerenhof waren de N- en P-excreties op de uitloop respectievelijk 177 en 43 g/jaar per hen, waarvan 45% terecht kwam in de zone van 0 tot 10 m en 40% in de zone van 25 m en verder van de stal. Omgerekend was de N-excretie in de uitloop 18% van de totale berekende N-excretie en was de P-excretie in de uitloop 19% van de totale berekende P-excretie. Op referentiebedrijf 1 was de N- en P-excretie in de uitloop het laagst, respectievelijk 36 en 6 g/jaar per hen, waarvan 64% in de zone van 0 tot 10 m. Omgerekend waren de N- en P-excreties in de uitloop 4% van de berekende totale N- en P-excretie. Op referentiebedrijf 2 waren deze excreties in de uitloop het hoogst, respectievelijk 213 en 52 g/jaar per hen, waarvan 41% in de zone van 0 tot 10 m en 44% in de zone van 25 m en verder van de stal terecht kwam. Omgerekend was de N-excretie in de uitloop 26% en de P-excretie in de uitloop 27% van de totale N- en P-excreties. De N-belasting in de zone van 0 tot 10 m van de stal was met 6900, 3861 en 9297 kg/ha voor respectievelijk de Lankerenhof, referentiebedrijf 1 en referentiebedrijf 2 bijzonder hoog. Hetzelfde geldt voor de fosforbelasting in deze zone van 1676, 1938 en 2259 kg/ha voor respectievelijk de Lankerenhof, referentiebedrijf 1 en referentiebedrijf 2.

Op basis van de onderzochte biologische volièrestallen in dit onderzoek concluderen we het volgende:

- Het stalklimaat van biologische stallen is niet optimaal en met name op de Lankerenhof ligt de uitdaging dit te verbeteren.
- De ammoniakemissie uit biologische volièrestallen is beduidend lager dan in gangbare scharrelstallen, maar hoger dan in gangbare volièrestallen.
- De mestdroging op de mestbanden verdient extra aandacht en kan de ammoniakemissie uit de stal verder omlaag brengen.
- Variaties in voeropname kunnen de N-excretie met minimaal 20% verhogen of verlagen. Het is zowel economisch als ecologisch effectief en aanbevelenswaardig om te sturen op een lage N-opname met behoud van eierenproductie.
- Er is veel variatie in uitloopgebruik. De maatregelen om het uitloopgebruik op de Lankerenhof te stimuleren lijken vruchten af te werpen, zoals een hoog percentage hennen buiten en een redelijke verdeling van de hennen over de uitloop.
- Inrichtingsmaatregelen aan de uitloop kunnen overbemesting van de uitloop niet voorkomen, omdat ook bij een goed uitloopgebruik en omweiden de uitloop structureel wordt overbemest.

In de zone van 0-10 m van de stal is de uitloop dermate overbemest dat het noodzakelijk is de mest regelmatig te verwijderen of andere technische oplossingen te vinden (bijv. drainage) om lange termijnproblemen te voorkomen.

Summary

The changes in the Dutch and North-West European farm egg production to welfare friendly housing systems are big and fast. At the moment the biggest part of Dutch layers are already housed welfare friendly floor and aviary systems. A part of the layers have access to an outdoor run (in Freiland and organic systems). This development has put forward the question whether these welfare friendly systems are environmental friendly, as well. The objective of this project was to study the environmental load of organic systems for layers.

This project is a follow up of the project 'Houden van hennen [Keeping hens]'. The programme of demands and the designs that were developed within this project were the basis of the design of the new layer house on Lankerenhof. In this report the different environmental aspects of this organic layer house is compared with two existing organic layer houses (Reference farms 1 and 2).

In this project the following was studied:

1. The aerial emissions, i.e. ammonia emission, methane emission, and nitrous oxide emission.
2. Air quality inside the layer house, i.e. ammonia and carbon dioxide concentrations.
3. Bedding and manure quality, i.e. dry matter content.
4. Nitrogen (N) and phosphorus (P) efficiency, i.e. the N and P intake by feed, the N and P retention in eggs and the N and P excretion in manure.
5. Use of outdoor run, i.e. mean relative number of layers in the outdoor run and the distribution of the layers over the zones from 0 to 10 m, from 10 to 25 m and from > 25 m from the layer house.
6. The N and P excretion in the outdoor run, i.e. the total and the area related N and P excretion in the zones from 0 to 10 m, from 10 to 25 m and from > 25 m from the layer house.

The two reference farms had, similar to Lankerenhof, aviary housing with manure belts and manure belt aeration. On these farms measurements were done during three periods of three days, spread over the year. Measurements were done inside the layer house and in the outdoor run. On the Lankerenhof measurements were done in two rooms with in total 6000 hens. On the two reference farms measurements were done on one room, each with 3000 layers. The manure was removed weekly from the belts. Day one of the measurement period fell on the last day before the manure belt was emptied. The second measurement day started directly after the manure belt was emptied.

Mean ammonia emission of the three organic layer farms was 118 g/year per hen place (sd of all 24-h means: 58). Lankerenhof had the lowest ammonia emission 100 (sd 57), compared to 148 (sd 60) and 107 (sd 42) g/year per hen place at Reference farm 1 and 2. The mean ammonia emission with a full manure belt was 130 (sd 57) g/year and 107 (sd 61) g/year per hen place with an empty manure belt. The overall mean methane emission was 19 (sd 9) g/year per hen place and the overall mean nitrous oxide emission was 0,45 (sd 0,57) g/year per hen place.

The mean ammonia and carbon dioxide concentrations inside the layer house in measuring week 1 at the Lankerenhof and at Reference farm 1 exceeded the limits set at 20 and 2000 ppm, respectively. At the Lankerenhof maximum hourly mean ammonia concentration in measuring week 1 was 35 ppm. During the other measuring weeks mean ammonia concentrations were lower than 20 ppm. In as many as 5 measuring weeks the maximum hourly carbon dioxide concentration exceeded the limit of 2000 ppm.

The dry matter content of the manure samples had similar had a similar pattern for all the three farms. Dry matter content of the fresh manure samples were lowest, 23% to 26%. The manure on the belt was dried most at Reference farm 2 (53%). The litter manure from the house and from the wintergarten was dried well, with dry matter contents varying from 76% to 84%.

Only a small part of N in feed (3,5 g/d per hen) and P in feed (0,67 g/d per hen) is fixed in eggs: on average 0,9 g N and 0,08 g P per hen per day and this amount shows no correlation with the N and P intake with the feed. By the big variation in N and P intake by feed, there was a big variation in N excretion, varying from 1.88 to 2.98 g/d per hen, and P excretion, varying from 0.51 to 0.77 g/d per hen.

The percentage of hens using the outdoor run varied a lot between farms; it was 16%, 3% and 14% for the Lankerenhof, Reference farm 1, and Reference farm 2, respectively. At the Lankerenhof and Reference farm 2 the layers were mainly seen in the zone of 0 to 10 m and in the zone of > 25 m from the layer house. At Reference farm 1 the hens were mainly found in the zone of 0 to 10 m from the layer house.

On the Lankerenhof the N and P excretions on the outdoor run were 177 and 43 g/year per hen, respectively. Of these amounts, 45% was excreted in the zone of 0 to 10 m and 40% in the zone > 25 m. Calculations show that N excreted in the outdoor run was 18% of the total calculated N excretion and P excreted in the outdoor run was 19% of the total calculated P excretion. On Reference farm 1 the N and P excretion was lowest, 36 and 6 g/year per hen, respectively. Of this amount 64% was excreted in zone 0 to 10 m. Calculations show that N and P excreted in the outdoor run was 4% of the total calculated N and P excretions. On Reference farm 2 the N and P excretions in the outdoor run were highest, 213 and 52 g/year per hen, respectively. Of these amounts, 41% was excreted in the zone of 0 to 10 m and 44% in the zone > 25 m. Calculations show that N excreted in the outdoor run was 26% of the total calculated N excretion and P excreted in the outdoor run was 27% of the total calculated P excretion. The calculated total N load in the zone of 0 to 10 m was extremely high with values of 6900, 3861 and 9297 kg/ha for the Lankerenhof, Reference farm 1, and Reference farm 2, respectively. The same was true for the P load in this zone with values of 1676, 1938 en 2259 kg/ha.

Based on the studied organic aviary housings in this project the following can be concluded:

- The climate in these houses is not always optimal; especially at the Lankerenhof improvements should be made.
- The ammonia emission from organic aviary housings is clearly lower than in regular floor housings, but higher than in regular aviary housings.
- Manure belt drying deserves extra attention for improvements and this can further reduce ammonia emissions.
- Variations in feed intake can increase or lower N excretions with 20%. It is very effective, from economical and ecological point of views, to try to reduce the N intake without affecting egg production.
- There is a lot of variation in use of the outdoor run by the laying hens. Measures to increase this use at Lankerenhof seem to be successful, resulting in a high percentage of hens making use of the outdoor run and a fair distribution of the hens over the outdoor run.
- Design measures of the outdoor run can not prevent high mineral loads, because even with a homogenous use of the outdoor run, the soil will be structurally overloaded with minerals.
- In the zone from 0 to 10 m from the layer house the outdoor run is overloaded with minerals at such an extend that this requires regular removal of the manure or other technical solutions (e.g. drainage) to prevent long term environmental problems.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Toetsing ontwerpprincipes Lankerenhof	2
2.1	Stalemissie	2
2.2	Luchtkwaliteit in de stal	3
2.3	Stalklimaat.....	3
2.4	Strooisel- en mestkwaliteit	3
2.5	Stikstof- en fosforefficiëntie	3
2.6	Uitloopegebruik	4
2.7	Stikstof- en fosforexcretie in de uitloop	4
3	Materiaal en Methode	5
3.1	Bedrijfskarakteristieken	5
3.2	Stalinrichting en management	5
3.3	Stalritme	11
3.4	Uitloopinrichting.....	12
3.5	Proefopzet	13
3.6	Stalemissies en luchtkwaliteit stal	14
3.7	Stalklimaat.....	16
3.8	Strooisel- en mestkwaliteit	17
3.9	Stikstof- en fosforefficiëntie	17
3.10	Uitloopegebruik	18
3.11	Stikstof- en fosforexcretie uitloop.....	19
4	Resultaten.....	20
4.1	Stalemissie	20
4.2	Luchtkwaliteit stal	20
4.3	Stalklimaat.....	21
4.4	Strooisel- en mestkwaliteit	22
4.5	Stikstof- en fosfaatefficiëntie	24
4.6	Uitloopegebruik	26
4.7	Stikstof- en fosforexcretie uitloop.....	27
5	Discussie	30
6	Conclusie	32
	Referenties	33

1 Inleiding

De veranderingen in de Nederlandse en Noordwest Europese legpluimveehouderij zijn groot en gaan snel. Niet alleen de Europese en nationale regelgeving zijn daarvoor verantwoordelijk, zoals het verbod op de traditionele kooi per 2012 en het verbod in Nederland op snavelkappen per 2011 voor nieuwe stallen, maar ook de maatschappelijke 'eis' en consumentenvraag naar verantwoord geproduceerde eieren (people, planet en profit). Ook de uitkomsten van het maatschappelijk debat over de toekomst van de intensieve veehouderij (Het Portaal, 2003), het Verdrag van Utrecht (specifiek voor de pluimveesector; Anonymus, 2005) en het vervolgdebat van Groeneveld geven richting aan de toekomstige ontwikkeling van de pluimveesector in Nederland. Het grootste deel van de leghennen in Nederland huisvest men inmiddels niet meer in kooien, maar in scharrel- en volièrestallen.

Zo wordt voldaan aan de vraag naar scharreleieren. Daarnaast vervullen Freiland en biologische eieren nadrukkelijk de wens om tegemoet te komen aan verantwoord consumeren en produceren. De bijbehorende houderijvormen zijn 'bovenwettelijk' en passen in het beeld van Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MVO). Eén van de belangrijkste onderscheidende kenmerken van Freiland en biologisch ten opzichte van scharrelsystemen is de extra 'buitenuitloop'. Als gevolg van deze ontwikkeling rijst de vraag of de huidige welzijnsvriendelijke houderijsystemen wel 'duurzaam' zijn, dus zowel sociaal-maatschappelijk (people), milieutechnisch (planet) als economisch (profit) verantwoord zijn. Er is een duidelijke behoefte aan meer kennis en inzicht en verdere verbetering en innovatie van de huidige houderijsystemen met uitloop.

Dit project is voortgevloeid uit het project 'Houden van Hennen'. Het project 'Houden van Hennen' (Projectteam Houden van Hennen, 2004) ging uit van een integrale probleembenadering en werkte aan geïntegreerde oplossingen, waarbij technische innovaties werden gecombineerd met het creëren van marktkansen en vergroten van het maatschappelijk draagvlak. Het project richtte zich niet specifiek op één soort ei of één soort houderijsysteem, maar ging juist uit van de ambities van en vernieuwing bij verschillende pluimveehouders. In de overtuiging dat juist dan de innovatie sneller en effectiever tot stand komt. Het project 'Houden van Hennen' heeft enerzijds inspirerende ontwerpen opgeleverd van nieuwe houderijsystemen, waaronder 'De Plantage' en 'Het Rondeel', anderzijds is veel kennis en ervaring opgedaan over de eisen van hennen, boeren en burgers, een interactieve en interdisciplinaire ontwerpmethodologie en communicatie en interactie met de sector en de maatschappij. Zoals voorgesteld aan het einde van het 'Houden van Hennen'-rapport is op de Lankerenhof het stokje opgepakt, maar zijn de bestaande concepten niet zondermeer gekopieerd. Het programma van eisen en de ontwerpen zijn gebruikt als basis voor een eigen ontwerp dat gerealiseerd kon worden en dat past bij de ondernemer, zijn biologisch ei en zijn maatschappelijke context. In dit rapport gaan we in op de milieuaspecten die in het ontwerp van de legstal zijn verweven. Maar zoals uit het project 'Houden van Hennen' bleek zijn de ontwerpprincipes gebaseerd op de wensen van de hen, consument en pluimveehouder. Ook zijn bijvoorbeeld dierwelzijnseisen geïntegreerd met milieueisen tot één ontwerp. In dit rapport wordt daarom op enkele plaatsen ook over deze thema's geschreven. De Lankerenhof is inmiddels ontworpen, gebouwd en in gebruik genomen. Na de opstartfase is een begin gemaakt met het toetsen van een deel van de ontwerpprincipes door metingen uit te voeren op de Lankerenhof en, ter vergelijking, op twee andere biologische volièrestallen in de Gelderse Vallei.

In hoofdstuk 2 van dit rapport worden de in deze studie getoetste ontwerpprincipes toegelicht. Hier komen ook de vraagstellingen en de deeldoelstellingen aan de orde. De materialen en methoden voor deze toetsing beschrijven we in hoofdstuk 3. De resultaten, discussie en conclusies van deze toetsing worden respectievelijk beschreven in hoofdstukken 4, 5 en 6.

2 Toetsing ontwerpprincipes Lankerenhof

De ontwerpen van het 'Houden van Hennen'-project waren gebaseerd op een strikt geformuleerd programma van eisen. In het programma van eisen werden de behoeften van de leghen, de boer en de burger expliciet gemaakt. Deze behoeften werden via een aantal stappen gespecificeerd tot kwantitatieve eisen en vervolgens tot een totaalontwerp geïntegreerd. Dezelfde aanpak is op biologische leghennenbedrijf de Lankerenhof gehanteerd. De uiteindelijke inrichting van de Lankerenhof is een kruising tussen een voliëresysteem en een scharrelsysteem. In dit experiment werd het functioneren van de ecologische aspecten uit het ontwerp getoetst op de Lankerenhof en vergeleken met twee andere biologische voliërebedrijven. De volgende milieuaspecten werden onder de loep genomen:

1. De stalemissies, i.e. de ammoniakemissie, de methaanemissie en de lachgasemissie.
2. De luchtkwaliteit in de stal, i.e. de ammoniak- en de kooldioxideconcentratie.
3. Het stalklimaat, i.e. de staltemperatuur, de relatieve luchtvochtigheid van de stal en het ventilatiedebiet van de stal.
4. De strooisel- en mestkwaliteit, i.e. het drogestofgehalte, het totaal stikstof- en totaal fosforgehalte van de verse mest, bandmest, strooiselmest en wintergartenmest.
5. De stikstof- en fosforefficiëntie, i.e. de stikstof- en fosforopname via het voer, de stikstof- en fosforvastlegging in het ei en de stikstof- en fosforexcretie in de mest.
6. Het uitloopgebruik, i.e. het gemiddeld aanwezige percentage hennen in de uitloop en de verdeling over de zones van 0 tot 10 m, van 10 tot 25 m en in de zone van meer dan 25 m van de stal.
7. De stikstof- en fosforexcretie in de uitloop, i.e. gesommeerde en oppervlakte gerelateerde stikstof- en fosforexcretie in de zone van 0 tot 10 m, van 10 tot 25 m en in de zone van meer dan 25 m van de stal.

In de volgende paragrafen zijn de achtergronden van deze thema's uitgewerkt.

2.1 Stalemissie

Pluimveestallen emitteren de milieuvervuilende stoffen ammoniak, methaan, lachgas, stof en geur. In dit onderzoek zijn de ammoniakemissie, de methaanemissie en de lachgasemissie vastgesteld. Geur- en stofmetingen werden niet in dit onderzoek opgenomen, omdat hier andere meetprogramma's voor zijn. Depositie van ammoniak werkt verzurend en vermestend. Methaan en lachgas dragen bij aan het broeikas effect. Ammoniak wordt gevormd bij de afbraak van urinezuur. De afbraaksnelheid wordt sterk beïnvloed door het vochtgehalte van de mest. Bij een afnemend vochtgehalte van de strooiselmest neemt de afbraaksnelheid van urinezuur af (Groot Koerkamp, 1998). Methaan en lachgas zijn producten van afbraakprocessen in de mest. Door droging van mest op mestbanden en een regelmatige afvoer van de mest uit de stal is de stalemissie in reguliere voliërestallen lager dan in reguliere scharrelstallen, respectievelijk 25-90 en 315 g/jaar per henplaats (Anon., 2005).

80% van de biologische pluimveestallen in Nederland is ingericht als scharrelstallen. De laatste jaren kregen enkele biologische stallen een voliëresysteem met mestbanden met beluchting (Dekker et al., 2009). Het is aannemelijk dat de ammoniakemissie van biologische stalsystemen afwijkt van vergelijkbare reguliere stalsystemen door verschillen in rantsoen, ventilatie, bezettingsgraad, diergedrag en door de aanwezigheid van een uitloop en wintergarten. De ammoniak-, methaan- en lachgasemissies van biologische pluimveestallen zijn niet eerder gemeten. De doelstelling van dit proefonderdeel was vast te stellen of de ammoniakemissie van de drie gemeten biologische voliërestallen vergelijkbaar is met reguliere voliërestallen. Daarnaast werd getoetst of de Lankerenhof afwijkende ammoniak-, methaan- en lachgasemissies heeft ten opzichte van de overige gemeten biologische voliërestallen en of de in het onderzoeksvoorstel beschreven verwachte ammoniakemissie van tussen de 90 en 150 gram per henplaats per jaar op de Lankerenhof gerealiseerd wordt.

2.2 Luchtkwaliteit in de stal

Hoge ammoniak- en kooldioxideconcentraties in de stal zijn een indicatie voor een slechte luchtkwaliteit, wat schadelijk is voor de gezondheid van de pluimveehouder en de legghen. Om de gezondheid van de boer en de legghen te garanderen was in het programma van eisen vastgesteld dat de ammoniak- en kooldioxideconcentraties in de stal respectievelijk onder de 20 en 2000 ppm moesten blijven.

De doelstelling van dit proefonderdeel was vast te stellen of de ammoniak- en kooldioxideconcentraties op de drie gemeten biologische stallen onder de grens van respectievelijk 20 en 2000 ppm bleven.

2.3 Stalklimaat

Een goed leefklimaat is van belang voor de productie-efficiëntie en de gezondheid van de legghen, maar daarnaast ook voor de pluimveehouder. Het stalklimaat beïnvloedt ook de mestkwaliteit en de ammoniakemissie. Door de aanwezigheid van uitloopgaten en een lagere dierbezetting is het moeilijker biologische stallen goed te klimatiseren dan reguliere stallen.

In het programma van eisen werd een streeftemperatuur voor de legstal van tussen de 18 en 27 °C gedefinieerd.

De doelstelling voor de relatieve luchtvochtigheid lag op 60%. Doel van dit proefonderdeel was vast te stellen of een temperatuur in de stal tussen de 18 en 27 °C gerealiseerd kon worden en of er verschillen waren tussen de drie meetbedrijven. Daarnaast is onderzocht of de relatieve luchtvochtigheid in de stal de 60% benaderde en of er verschillen waren tussen de drie meetbedrijven.

2.4 Strooisel- en mestkwaliteit

Goede pluimveemest heeft een hoog drogestofgehalte en een hoog stikstofgehalte, omdat droog strooisel van belang is voor het welzijn van de legghen en het de ammoniakemissie vertraagd. Bovendien is het van belang de stikstof in de mest te behouden om pluimveemest goed te kunnen afzetten.

Doel van dit proefonderdeel was vast te stellen wat de samenstelling was van verschillende soorten mest in biologische stallen: mest in de scharrelruimte, de wintergarten en op de mestband en of er verschillen waren tussen de drie meetbedrijven. Een tweede doel was het vaststellen van het uitgangspunt van de mest i.e. de samenstelling van verse biologische pluimveemest en het vaststellen van de verschillen tussen de drie meetbedrijven.

2.5 Stikstof- en fosforefficiëntie

De hoeveelheid stikstof en fosfor die op een leghennenbedrijf aangevoerd wordt en het deel daarvan dat in het ei en de mest terecht komt, zijn bepalend voor de milieuefficiëntie van het bedrijf. Op de meetbedrijven bestond het rantsoen uit verschillende voeders. Dit is vaak het geval in de biologische leghennenhouderij. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de voederconversie de belangrijkste productieparameter is op het biologische leghennenbedrijf om de integrale milieubelasting van een biologisch ei te verlagen (Dekker et al., 2009).

Het registreren van de stikstof- en fosforopname, vastlegging in het ei en de excretie zijn dan ook goede aanknopingspunten voor het verbeteren van de milieubelasting van biologische eieren. Voor de reguliere pluimveehouderij wordt een excretie van 600 gram stikstof en 148 gram fosfor per dierplaats per jaar gegeven voor batterijhuisvesting en 726 gram stikstof en 172 gram fosfor per henplaats per jaar voor voliëre- en grondhuisvesting (Jongbloed en Kemme, 2005).

Doel van dit proefonderdeel was het vaststellen van verschillen tussen meetdagen, tussen meetbedrijven en tussen de stikstofexcretie op reguliere en biologische leghennenbedrijven.

2.6 Uitloopgebruik

In de regelgeving voor de biologische pluimveehouderij is een uitloopoppervlak van minimaal 4 m² per opgezette leggen vastgelegd. Het is wenselijk dat veel hennen de uitloop gebruiken. Vanwege het welzijn en de stikstof- en fosforbelasting van de uitloop is het van belang dat de hennen zich goed over de uitloop verspreiden. Het aanbieden van voldoende beschutting zorgt voor een betere verspreiding (Knierim, 2006). De uitloop van de Lankerenhof bood de meeste beschuttingselementen, referentiebedrijf 2 een gemiddelde beschutting en referentiebedrijf 1 de minste beschuttingselementen.

In dit proefonderdeel werd vastgesteld of er verschil was tussen de drie meetbedrijven in het totale percentage hennen dat zich in de uitloop bevond en in de verdeling van de hennen over de zones van 0 tot 10 meter, 10 tot 25 meter en 25 meter en verder van de stal.

2.7 Stikstof- en fosforexcretie in de uitloop

Met een toenemend aantal hennen in de uitloop neemt ook de stikstof- en fosforbelasting in de uitloop toe. De bemestingsnorm is in Nederland vastgesteld op 170 kg stikstof per hectare en 44 kg fosfor per hectare (Anon, 1991). Aarnink et al. (2006) stelden vast dat de stikstof- en fosforexcretie in de eerste 20 meter van de uitloop deze norm ruim overschrijdt.

Doel van dit proefonderdeel was vast te stellen of de totale stikstof- en fosforexcretie per hen in de uitloop verschilde tussen de drie meetbedrijven. Een tweede doel was vast te stellen of er verschil in mestbelasting was tussen de zones van 0 tot 10 meter, 10 tot 25 meter en 25 meter en verder van de stal, binnen en tussen de drie meetbedrijven.

3 Materiaal en Methode

3.1 Bedrijfskarakteristieken

In de Nederlandse biologische leghennensector waren op het moment van de proefaanvang niet veel volièrestallen beschikbaar. Dit beperkte de selectie van de twee referentiebedrijven. Naast de Lankerenhof vonden we twee volièrestallen met mestbanden + mestbandbeluchting, waarvan de pluimveehouders interesse hadden om deel te nemen aan de proef. De drie meetbedrijven lagen in de Gelderse Vallei. Bedrijfskarakteristieken van de drie geselecteerde bedrijven zijn opgenomen in tabel 1.

Tabel 1 Bedrijfskarakteristieken meetbedrijven

Bedrijf	Bedrijfstakingen	Omschakel- -ing (jaar)	Leghennen (aantal)	Legstallen (aantal)	Afdelingen (aantal)
Lankerenhof	- Biol. leghennenhouderij - Biol. opfok van leghennen	1999	12000	2	4
Referentiebedrijf 1	- Biol. leghennenhouderij - Biol. melkveehouderij	1999	25000	2	9
Referentiebedrijf 2	- Biol. leghennenhouderij - Biol. Melkveehouderij - Gangbare fokzeugen - Biol. akkerbouw voor eigen veevoerproductie.	2004	15000	1	5

3.2 Stalinrichting en management

In tabel 2 is te zien dat het leefoppervlak per henplaats op de drie meetbedrijven redelijk overeenkomt.

Tabel 2 Scharreloppervlak, mestbandoppervlak en wintergartenoppervlak per henplaats van de stallen uit dit onderzoek; Lank = Lankerenhof, Ref. 1 = referentiestal 1; Ref. 2 = referentiestal 2

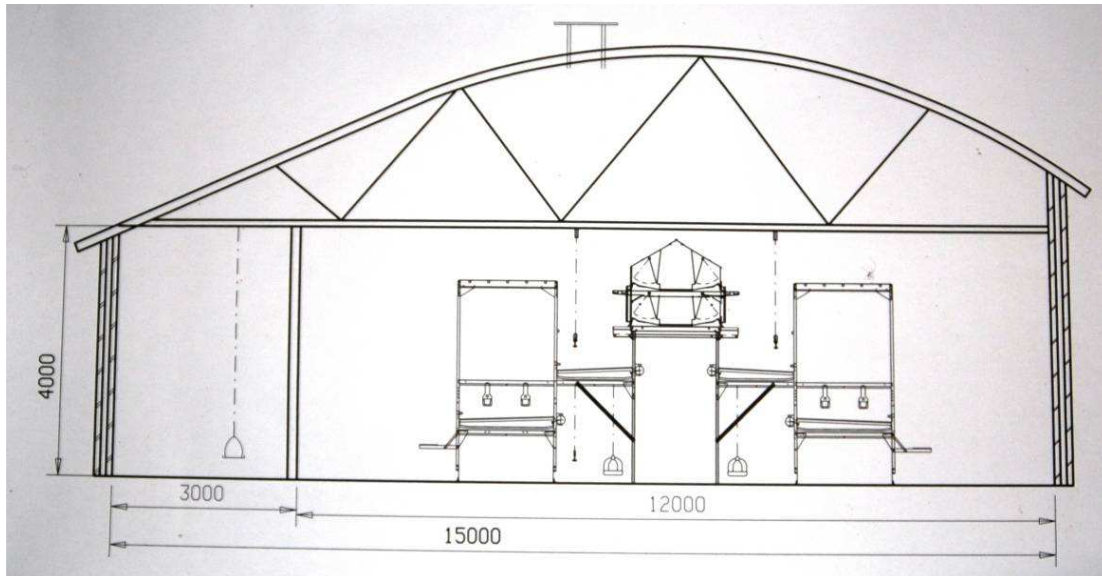
		Lank	Ref. 1	Ref. 2
Scharreloppervlak	m ² /henplaats	0,10	0,09	0,08
Mestbandoppervlak	m ² /henplaats	0,04	0,06	0,07
Wintergartenoppervlak	m ² /henplaats	0,03	0,03	0,05
Totaal	m ² /henplaats	0,17	0,19	0,20

Lankerenhof

De stal op de Lankerenhof waar de metingen plaatsvonden, is gebouwd in 2007. De stal is ingericht met een volièresysteem, met mestbanden en mestbandbeluchting. De stellingen zijn piramidevormig opgebouwd (figuur 1). In de stal bevinden zich vier roosters met daaronder mestbanden met mestbandbeluchting van 1,2 meter breed. Een deel van de voer- en waterlijnen en alle zitstokken bevinden zich boven de roosters. De beluchtingbuizen liggen aan één zijde van de mestband. De mestbanden worden eenmaal in de 2 weken afgedraaid. Aan de noordoostzijde van de stal bevindt zich de wintergarten en de toegang tot de uitloop. Tussen de wintergarten en de stal is een regelbaar plastic windscherm dat van bovenaf en van onderaf geheel gesloten kan worden. Tussen de stal en de wintergarten bevindt zich een betonnen drempel van zo'n 30 cm hoogte. De stal is zeer open met veel natuurlijke lichtinval en volledig natuurlijke ventilatie. De lucht komt afhankelijk van de windrichting aan één zijde de stal binnen en verlaat de stal aan de andere zijde. De beide buitenwanden bestaan uit een transparant luchtdicht plastic zeil dat op een hoogte van 90 cm start aan de zuidwestzijde van de stal en op een hoogte van 40 cm start aan de noordoostzijde van de stal. Het zeil loopt tot aan de dakgoot die zich op een hoogte van 3,2 meter bevindt. Het zeil kan geopend en gesloten worden om de ventilatie te regelen en wordt aangestuurd door een weerstation. Bij een windsnelheid hoger dan 2 meter per seconde of bij een staltemperatuur onder de 20 °C gaan de schermen (vrijwel) dicht. Het dak van de stal is helemaal dicht en heeft een boogvorm (figuur 2) om de luchtstroom door de stal te geleiden. De stal is opgedeeld in twee afdelingen van 3.000 hennen. Uitwisseling van stallucht tussen de afdelingen kan niet worden uitgesloten, omdat de afscheiding bovenin de stal tussen de afdelingen uit gaas bestaat. De hennen in beide afdelingen beschikken over een gemeenschappelijke uitloop. De hennen kunnen zich hierdoor ongelijk over de beide afdelingen

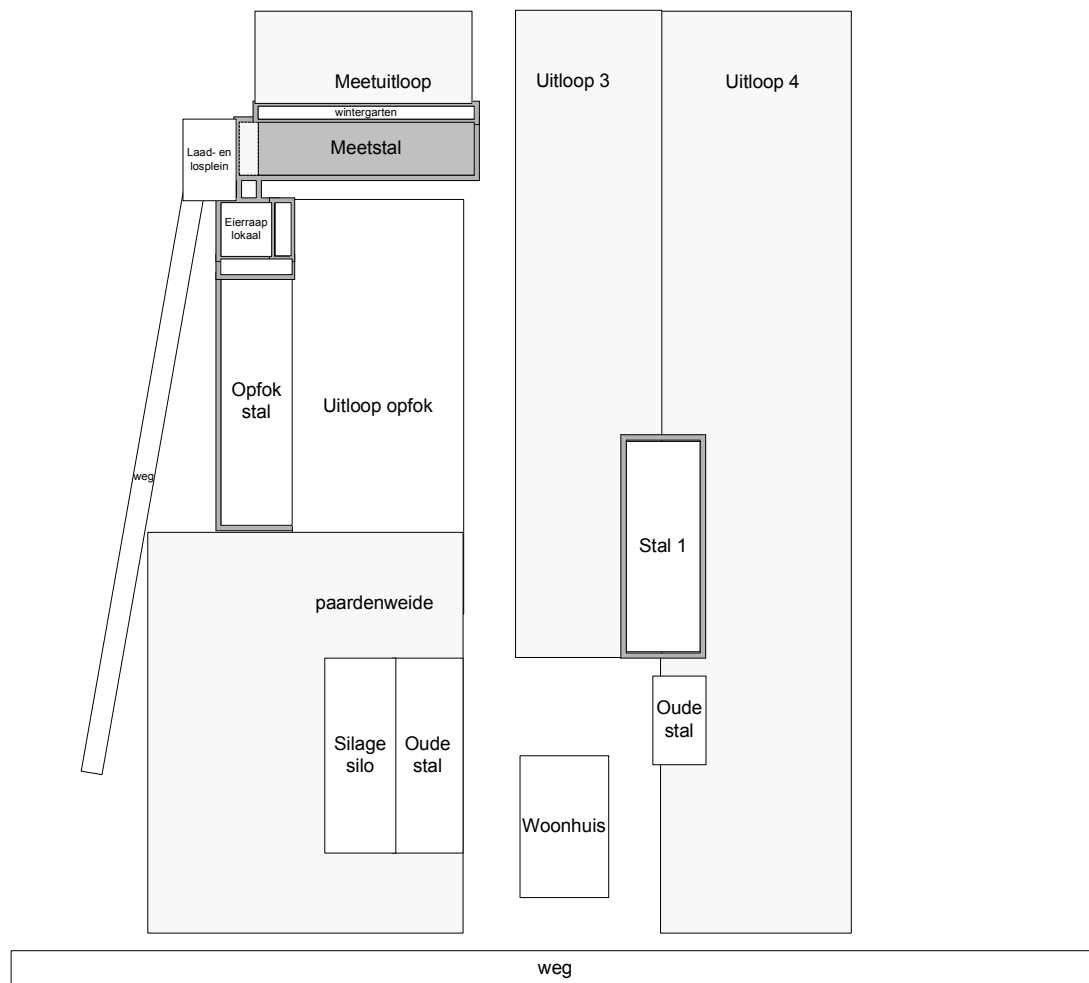
verdelen. Als meeteenheid is daarom de hele stal gekozen. Figuur 3 geeft een overzicht van alle bedrijfsgebouwen.

Figuur 1 Zijaanzicht meetstal Lankerenhof.



Figuur 2 Boogconstructie dak en transparante zeilen zuidwestzijde van de meetstal op de Lankerenhof

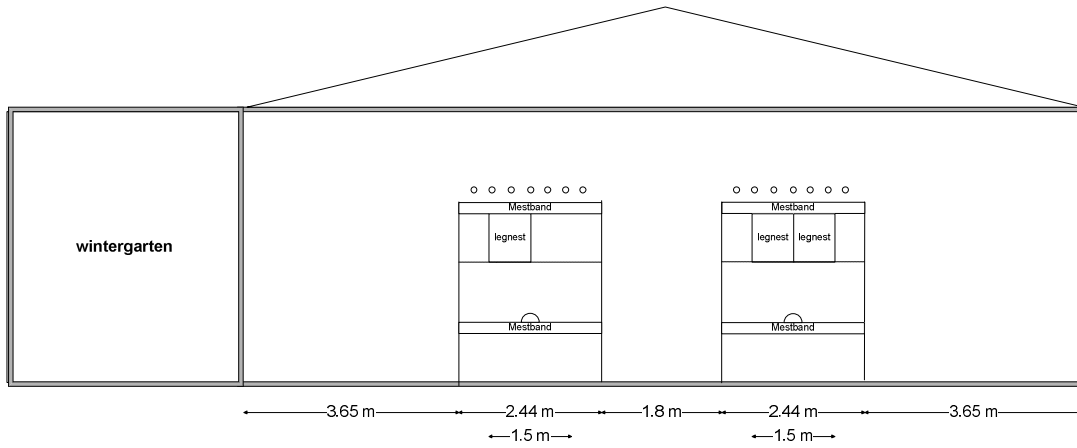


Figuur 3 Overzicht bedrijfsgebouwen Lankerenhof**Referentiebedrijf 1**

De meetstal op Referentiebedrijf 1 dateert uit 1999 als scharrelstal. In 2007 is de stal met 18 meter verlengd en ingericht met twee even hoge volièrestellingen met mestbanden en mestbandbeluchting. De beun is verwijderd. Er zijn vier 2,44 meter brede roosters met daaronder mestbanden op twee niveaus (figuur 4). De mest die op een derde tussenliggend niveau terechtkomt, daar waar de legnesten zich bevinden, valt door de roosters op de onderliggende mestband. De zitstokken bevinden zich boven de bovenste mestband. De mestbeluchtingbuis bevindt zich in het midden van de mestband. De mestbanden worden eenmaal in de week afgedraaid. Aan de noordzijde van de stal ligt een wintergarten die toegankelijk is via uitloopopeningen in dichte zijwanden. Vanuit deze wintergarten hebben de hennen via een oplierbare gaaswand toegang tot de uitloop. Aan de zuidzijde van de stal is een smalle wintergarten van 50 cm breed, met toegang via uitloopgaten. Deze wintergarten wordt niet gebruikt en de uitloopgaten zijn altijd gesloten. De stal is mechanisch geventileerd, maar door de uitloopgaten is dwarsventilatie niet uitgesloten. De luchtinlaat in de stal verloopt via de uitloopopeningen aan de noordzijde en via kleppen onder de dakgoot aan de noord- en zuidzijde van de stal. Bij koud weer staan minder uitloopopeningen open dan bij warm weer. De inlaatkleppen stbevinden zich over de volle lengte van de stal permanent ingesteld op 10 cm. In de stal zijn acht stalventilatoren (twee per afdeling) aanwezig voor de luchtafvoer. De ventilatoren komen van Boon Agrosystems. De ventilatorkokers zijn uitgerust met balanskleppen, maar deze worden niet gebruikt. In de voorste afdeling, waar de meting plaatsvindt, bevinden zich twee ventilatoren aan weerszijden van de nok (figuur 5).

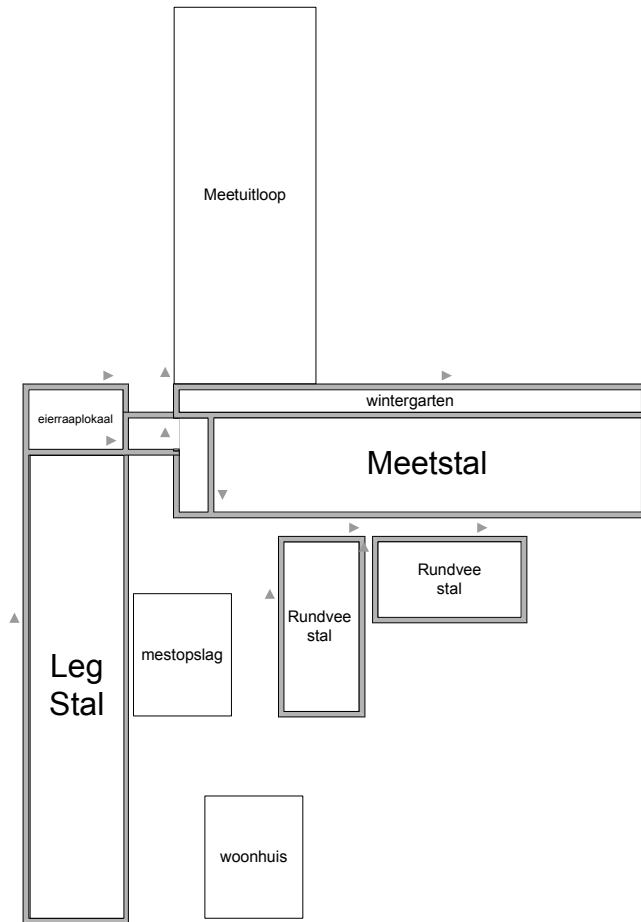
De ventilatoren worden geregeld op basis van de staltemperatuur, waarbij de setpointtemperatuur is ingesteld op 20°C. De stal, uitloop en wintergarten zijn opgedeeld in vier afdelingen van ieder 3.000 leghennen. Figuur 6 geeft een overzicht van alle bedrijfsgebouwen.

Figuur 4 Zijaanzicht meetstal Referentiebedrijf 1



Figuur 5 Middelste gangpad meetstal referentiebedrijf 1



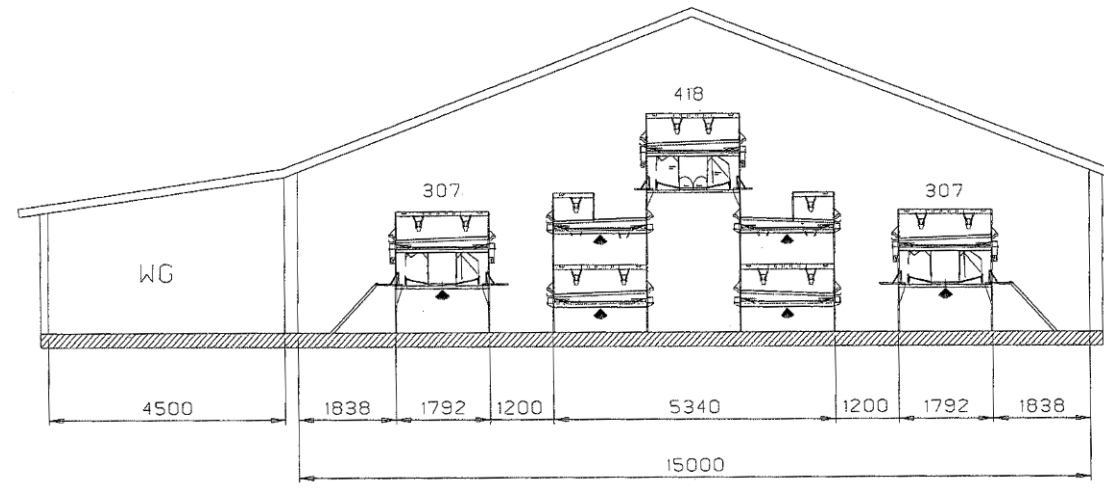
Figuur 6 Overzicht bedrijfsgebouwen referentiebedrijf 1**Referentiebedrijf 2**

De meetstal op referentiebedrijf 2 dateert uit 2004. In februari 2008 is de stal uitgebreid met een extra afdeling en een aan de stal vastgebouwde mestopslag. In de stal bevinden zich zes mestbanden van 2,1 meter breed op vier even hoge voliërestellingen (figuur 7). De buitenste twee stellingen zijn uitgerust met één mestband en de binnenste twee met twee mestbanden. De middelste stellingen zijn met elkaar verbonden door een 1,4 meter breed hoger gelegen rooster met een zevende mestband. De mest van de roosters naast de legnesten komt bij de binnenste twee stellingen wel op de mestband terecht, maar bij de buitenste twee stellingen niet. De zitstokken, de voer- en de waterlijnen bevinden zich boven de mestbanden.

In de wintergarten is een extra drinklijn aanwezig en worden balen kuilgras geplaatst.

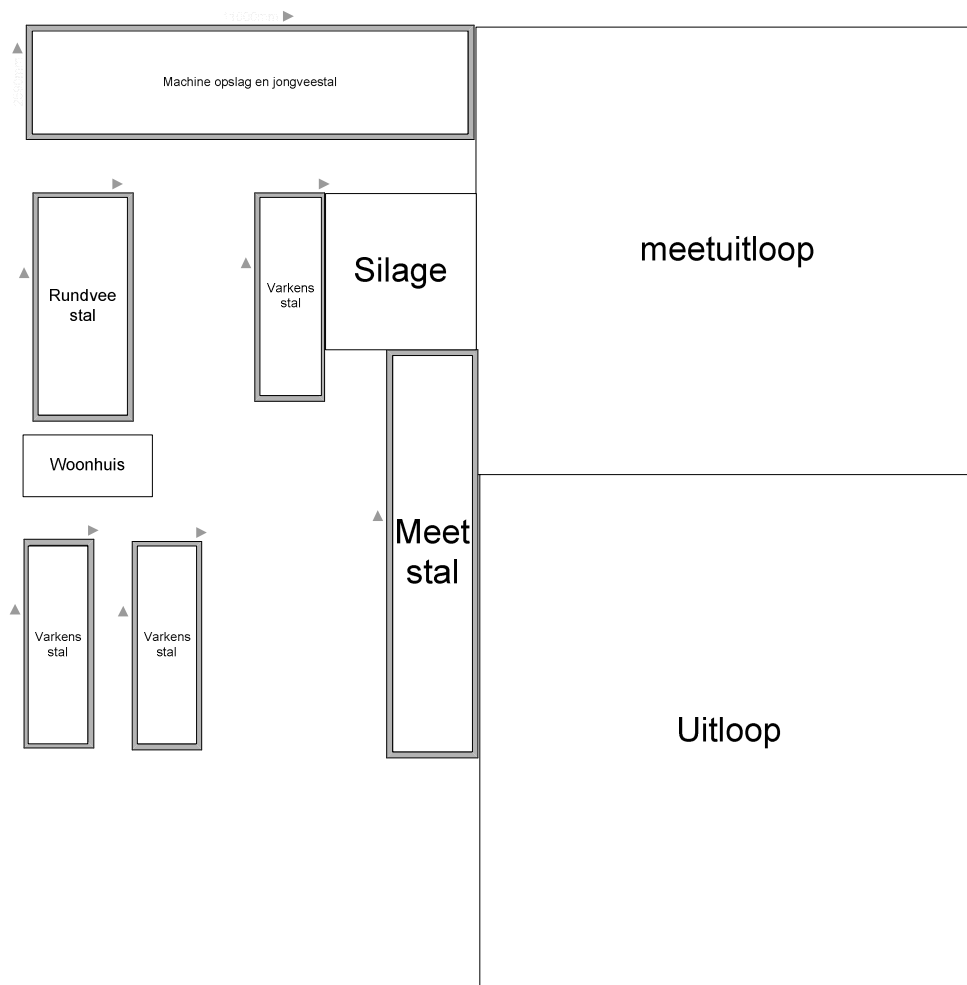
De beluchtingbuizen liggen aan weerszijden van de mestbanden. De mestbanden worden eenmaal in de week afgedraaid. Aan de zuidoostzijde van de stal ligt een wintergarten die toegankelijk is via uitloopopeningen in een dichte wand. Vanuit de wintergarten is toegang tot de uitloop via een oplierbaar gordijn van windbreekgaas (figuur 8). De stal wordt in principe mechanisch geventileerd, maar dwarsventilatie is niet uitgesloten door de aanwezigheid van uitloopgaten. De luchtinlaat in de stal verloopt via de uitloopopeningen aan de zuidoostzijde van de stal en via inlaatkleppen aan de zuidoost- en noordwestzijde van de stal op dakgoothoogte. De lucht wordt afgevoerd met behulp van vijf ventilatoren, één per afdeling. De ventilatoren komen van Farmer Automatic, zijn uitgerust met een balansklep, bevinden zich aan de zuidoostzijde van de nok en worden geregeld door de staltemperatuur waarbij de setpoint temperatuur 20 °C was. De stal, de wintergarten en de uitloop zijn opgedeeld in vijf afdelingen met ieder 3.000 hennen. Er werd gemeten in de voorste afdeling. Figuur 9 geeft een overzicht van alle bedrijfsgebouwen.

Figuur 7 Zijaanzicht meetstal referentiebedrijf 2



Figuur 8 Wintergarten van de meetstal van referentiebedrijf 2

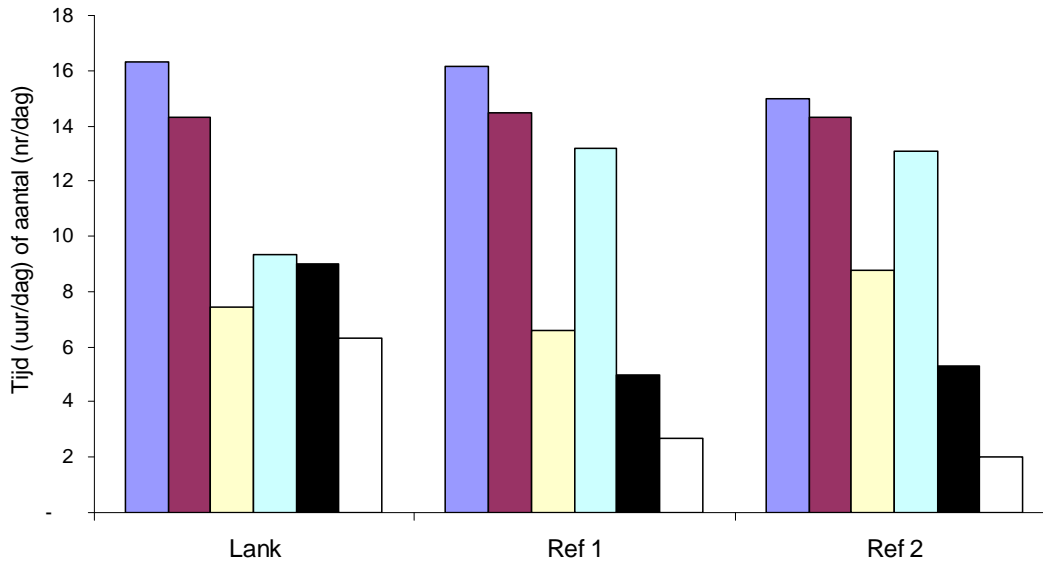


Figuur 9 Overzicht bedrijfsgebouwen referentiebedrijf 2

3.3 Stalritme

In de Europese regelgeving voor het houden van biologische leghennen is vastgelegd dat het minimaal 8 uur aaneengesloten donker moet zijn in de stal (Anon., 1991). De uitloop moet tenminste 8 uur per dag voor de leghen toegankelijk zijn. In dit onderzoek werden de parameters lichtschakeling, de periode waarin toegang tot de legnesten, wintergarten en uitloop mogelijk was, aantal malen voeren en het aantal controlerondes vastgelegd. Op de Lankerenhof werden in het ontwerp en in het management bewuste keuzes gemaakt om de hennen een afwisselend dagritme aan te bieden en zo problemen met kannibalisme en verenpikken te voorkomen. Dit werd gerealiseerd door de stal in te delen in functiegebieden en door de beschikbaarheid van functiegebieden en de beschikbaarheid van voer per functiegebied in de tijd te variëren. In figuur 10 is te zien dat op de Lankerenhof vaker gevoerd en gecontroleerd werd en de wintergarten minder lang toegankelijk was dan op de twee referentiebedrijven. Op referentiebedrijf 2 was de uitloop langer mogelijk dan op de overige bedrijven. De periode dat het licht in de stallen aan was, voldeed op alle bedrijven aan de norm van 16 uur per dag. De pluimveehouders gaven aan de voordelen van de toegankelijkheid van de uitloop en wintergarten af te wegen tegen het voorkomen van grondeieren tijdens de start van de legronde. Als de hennen gemiddeld genomen om 11 uur 's ochtends naar buiten gaan, wordt aan de 8 uur uitloopnorm per dag voldaan. Als de hennen tijdens de start van de legronde later naar buiten gaan, moet in een andere periode hiervoor worden gecompenseerd om aan de norm te voldoen.

Figuur 10 Stalritme in uren per dag voor licht in de stal (blauw), toegang tot de legnesten (rood), toegang tot de uitloop (geel), toegang tot de wintergarten (lichtblauw), en het aantal voerbeurten (zwart) en controlerondes per dag (wit) op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



3.4 Uitloopinrichting

In regelgeving voor biologische leghennen is vastgelegd dat leghennen een minimale oppervlakte van de uitloop moeten hebben van 4 m² meter per henplaats. Het is toegestaan een gedeelte van de uitloop af te zetten om de begroeiing te laten herstellen. In de uitloop moet voldoende beschutting zijn (Anon., 1991). Het is de bedoeling dat in de uitloop geen verdrassing optreedt en dat de stikstofnorm van 170 kg stikstof en 44 kg fosfor per hectare niet wordt overschreden (Anon, 1991). Omdat op de meetbedrijven werd omgeweid, was het beschikbare oppervlak per henplaats kleiner dan de norm en was met name het oppervlak van zone 3 aan verandering onderhevig. Hoewel de verschillende uitlopen voornamelijk bestonden uit grasland, was voorzien in beschutting om de uitloop aantrekkelijker te maken voor de leghennen. In de uitloop van de Lankerenhof bevonden zich de meeste beschuttingselementen: bessenstruiken, wilgenrijen en omgezaagde bomen (figuur 11). Referentiebedrijf 1 had de minste beschuttingselementen: vier jonge fruitbomen. De bomen waren echter nog te jong om veel beschutting te bieden. De uitloop van referentiebedrijf 2 had een aantal overkappingen van hout en een paar bomen (figuur 12).

Figuur 11 Wilgen als beschuttingselement in de uitloop van de Lankerenhof



Figuur 12 Houten overkappingen als beschuttingselement in de uitloop van referentiebedrijf 2



3.5 Proefopzet

Op drie bedrijven is driemaal verspreid over het jaar gemeten gedurende 3 meetdagen. De metingen vonden plaats in de uitloop en in de stal. Op de Lankerenhof werd gemeten in twee afdelingen van de stal met in totaal 6.000 henplaatsen. Op de twee referentiebedrijven is gemeten in één afdeling met elk 3.000 henplaatsen. De eerste meetdag viel op de zevende dag na afdraaien van de mestband. Bij aanvang van de tweede meetdag werd de mestband afgedraaid. In tabel 3 staan de metingen op de verschillende meetdagen schematisch weergegeven.

Tabel 3 Uitgevoerde metingen op de drie meetdagen

Meetdag 1	
Stalklimaat	T ¹ , RV ² en debiet
Luchtkwaliteit	NH ₃ -, CO ₂ -, CH ₄ - en N ₂ O-concentratie
Stalemissie	NH ₃ -, CH ₄ - en N ₂ O-emissie
Strooisel- en mestkwaliteit	N-totaal, P-totaal van excretiemest, mestbandmest, strooiselmest en wintergartenmest.
N- en P-efficiëntie	N-opname, P-opname, N-vastlegging ei, P-vastlegging ei, N-excretie, P-excretie
Uitloopgebruik	% hennen in zone 0-10 m, in zone 10-25 m, in zone > 25 m
Meetdag 2	
Stalklimaat	T ¹ , RV ² en debiet
Luchtkwaliteit	NH ₃ -, CO ₂ -, CH ₄ - en N ₂ O-concentratie
Stalemissie	NH ₃ -, CH ₄ - en N ₂ O-emissie
Uitloopgebruik	% hennen in zone 0-10 m, in zone 10-25 m, in zone > 25 m
Meetdag 3	
Stalritme	Lichtschakeling, toegang tot de legnesten, de uitloop en de wintergarten, aantal voerbeurten en aantal controlerondes.
N- en P-depositie uitloop	N-excretie per hen in de uitloop, P-excretie per hen in de uitloop, N-excretie per ha in de uitloop, P-excretie per ha in de uitloop

¹ T = temperatuur

² RV = relatieve luchtvochtigheid

3.6 Stalemissies en luchtkwaliteit stal

Voor het berekenen van de stalemissie was het noodzakelijk het debiet en de concentratietoename van het te meten gas vast te stellen. De kooldioxide-balansmethode die voor de berekening van het ventilatie-debiet gebruikt werd, staat beschreven in paragraaf 3.7. Voor de concentratiemeting van ammoniak, methaan, lachgas en kooldioxide is gebruik gemaakt van daggemiddelde metingen aan de ingaande lucht en de uitgaande stallucht.

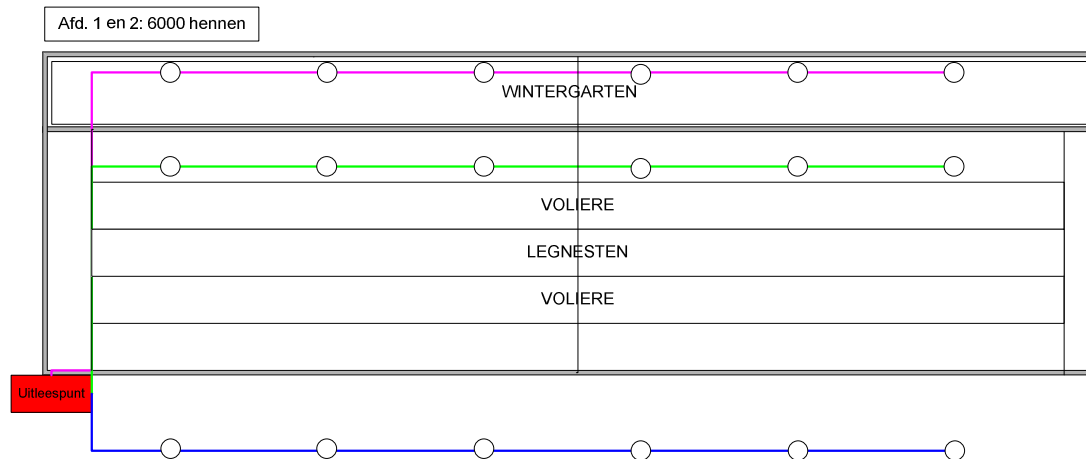
De ammoniakconcentratie werd gemeten in duplo met behulp van impingers. De methaan-, lachgas- en kooldioxideconcentraties hebben we gemeten door over een periode van 24 uur cumulatief een luchtmonster te verzamelen met behulp van een capillair met een luchtstroom van 20 ml per uur. Dit luchtmonster werd gaschromatografisch geanalyseerd. Op de Lankerenhof is een overschot aan lucht via de verzamelleiding door een teflonpomp uit de stal gepompt en vervolgens met drie andere pompen naar de multigasmonitor, de luchtcompartimenten en impingers gepompt.

Op de referentiebedrijven werden verschillende leidingen parallel geplaatst voor de multigasmonitor, luchtcompartimenten en impingers. Alle leidingen werden verwarmd met een verwarmingslint om condensvorming in de leidingen te voorkomen. Op de Lankerenhof is de ingaande lucht gemeten aan de zuidwestzijde van de stal op 4 meter afstand van de stal. Op de twee referentiebedrijven werd de ingaande lucht gemeten aan beide buitenzijden van de stal vanwege de kans op dwarsventilatie. De achtergrondmeting aan de wintergartenzijde van de referentiestallen bleek niet verontreinigd met stallucht, terwijl de lucht aan de dichte zijde van de stal in enkele gevallen wel een verontreinigde achtergrond liet zien. Voor de emissieberekening van de referentiestallen werd dan ook gekozen voor de achtergrondconcentraties aan de wintergartenzijde van de stal. De figuren 13, 14 en 15 geven gedetailleerde overzichten van de meetopstelling. In formule 1 is de berekening van de stalemissie terug te vinden. De concentraties ammoniak, methaan, lachgas en kooldioxide werden ook iedere 5 minuten gemeten met een multigasmonitor (Innova, Type 1312, Innova AirTech Instruments, Denemarken). Uurgemiddelden werden gelogd. Op de Lankerenhof is alleen gemeten als de wind vanuit het zuidwesten dwars op de stal stond. De zuidwestzijde functioneerde dan als luchtinlaat en de noordoostzijde als luchtuitlaat. Over de gehele lengte van de stal waren verzamelleidingen geplaatst, waarmee door zes capillairen met een luchtstroom van één liter per uur lucht werd bemonsterd. Op de referentiebedrijven werd de lucht enkelvoudig bemonsterd in de uitlaatventilator. Op referentiebedrijf 1 werd de lucht bemonsterd in de uitlaatventilator met het hoogste debiet.

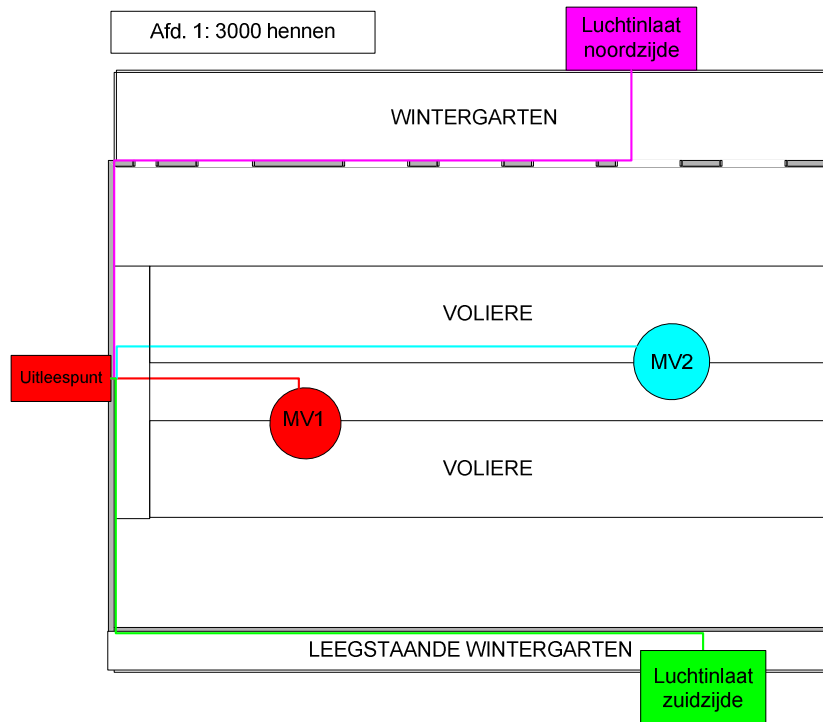
$$E = \frac{D \times (C_u - C_i) \times 24 \times 365 \times a \times b}{H_p} \quad (1)$$

- E NH₃/CH₄/N₂O-emissie in g/(henplaats x jaar).
 D Debiet per afdeling (Ref. 1 en 2) of stal (Lank.), (m³/uur).
 C_u NH₃/CH₄/N₂O-concentratie van de uitgaande lucht, (ppm).
 C_i NH₃/CH₄/N₂O-concentratie in ppm van de ingaande lucht, (ppm).
 a Constante voor de correctie voor 6% leegstand per jaar (0,94).
 B Constante voor de omrekening van ppm naar grammen per m³ 0,00071 voor NH₃, 0,00067 voor CH₄, 0,00191 voor N₂O.
 H_p Aantal henplaatsen in de stal: 6000 voor Lank, 3000 voor Ref. 1 en Ref. 2, (henplaatsen).

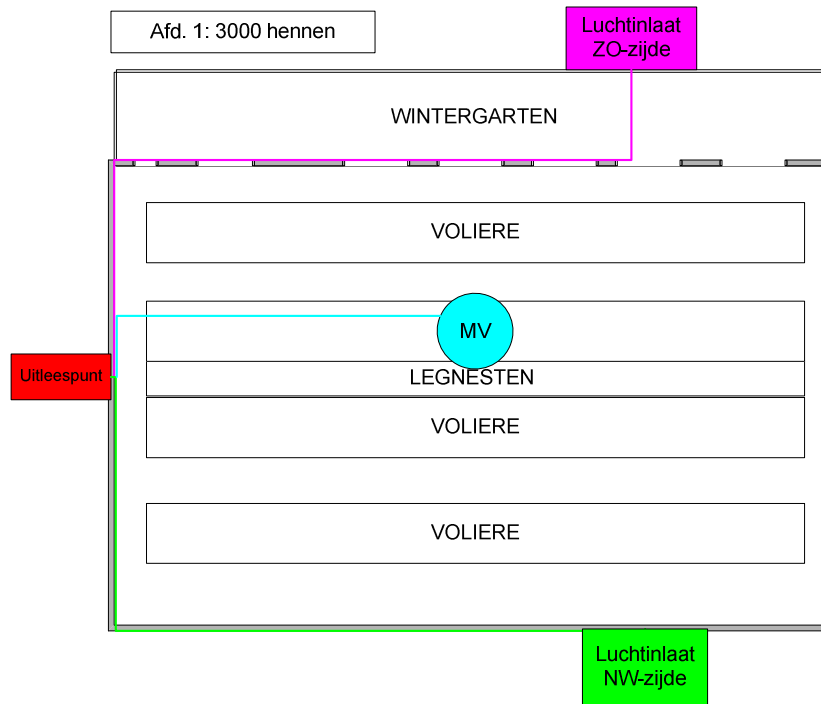
Figuur 13 Meetopstelling Lankerenhof: Uitleespunt (rood), inlaatcapillairen (o), achtergrondleiding (blauw), Stalluchtleiding (groen) en (controle) wintergartenleiding (paars)



Figuur 14 Meetopstelling Referentiebedrijf 1: Uitleespunt (rood), uitgaande luchtleiding en meetventilatoren (rood en turquoise), achtergrondmeetpunt en leidingen (groen en paars).



Figuur 15 Meetopstelling Referentiebedrijf 2: Uitleespunt (rood), uitgaande luchtleiding en meetventilatoren (rood en turquoise), achtergrondmeetpunt en leidingen (groen en paars).



3.7 Stalklimaat

De temperatuur en luchtvochtigheid naast en in de stal werden op de meetdagen 1 en 2 met gecombineerde temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS) gemeten. Uurgemiddelden werden opgeslagen in een datalogsysteem (typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS).

De temperatuur- en vochtsensoren bevonden zich bij de luchtmonsternamenpunten. Door het open karakter van de stallen is het debiet op de bedrijven bepaald met behulp van de kooldioxidebalansmethode. Alleen op referentiebedrijf 1 kon ter controle het debiet worden gemeten met behulp van twee meetventilatoren. Voor de debietmeting met behulp van de meetventilatoren op referentiebedrijf 1 werden twee meetventilatoren met een diameter van 0,63 meter geplaatst onder de twee ventilatiekokers. De meetventilatoren hebben het aantal rotatiepulsen per seconde gemeten. Deze controlemeting benaderde het met de kooldioxide- balansmethode vastgestelde debiet. Bij de kooldioxidebalansmethode wordt de kooldioxide-concentratie van de ingaande en uitgaande lucht van de stal gemeten. De kooldioxide-productie van de hennen in de stal is berekend met de CIGR-rekenregels (Pedersen et al., 2009). De variabelen in het model waren het hengewicht, de eierenproductie, het gemeten percentage hennen dat zich binnen bevond en het aantal hennen in de afdeling of stal. Het debiet werd berekend als daggemiddelde. Het dag- en nachtritme is dan ook niet opgenomen als variabele. In formule 2 is de berekening van het debiet met de kooldioxidebalansmethode weergegeven.

$$D = \frac{Hi \times Hd \times 0,18 \times (6,28 \times Mh^{0,75} + 25 \times Me)}{10^{-6} \times 10^3 \times (Cu - Ci)} \quad (2)$$

- D Debiet berekend op basis van de CO₂ balansmethode per afdeling (Ref. 1 en 2) of stal (Lank.), (m³/uur)
- Hi Percentage hennen in de afdeling (Ref. 1 en 2) of stal (Lank.) dat zich gemiddeld op de meetdag binnen bevond (%)
- Hd Koppelgrote op het moment van de meting in de afdeling (Ref. 1 en 2) of stal (Lank.), (hennen)
- Mh Hengewicht tijdens de meetweek, (kg/hen)

Me	Eiproductie tijdens de meetweek, (kg/hen)
Cu	CO ₂ -concentratie uitgaande lucht, (ppm)
Ci	CO ₂ -concentratie ingaande lucht, (ppm)

In tabel 4 is te zien dat het daggemiddelde debiet op de Lankerenhof varieerde tussen de 1,1 en 2,9 m³ per henplaats per uur. Het daggemiddelde debiet op referentiebedrijf 1 varieerde tussen de 1,1 m³ en 3,3 m³ per henplaats per uur. Het daggemiddelde debiet op referentiebedrijf 2 varieerde tussen de 1,4 en 4,2 m³ per henplaats per uur.

Tabel 4 Gemiddeld debiet (m³/uur per henplaats) tijdens de 3 metingen (gemiddelde van 2 dagen).

Bedrijf	Lankerenhof			Ref. 1			Ref. 2		
Meting	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Debiet	1,1	2,9	2,7	1,1	2,4	3,3	1,4	4,2	3,4

3.8 Strooisel- en mestkwaliteit

Op de eerste meetdag hebben we mestmonsters verzameld van de verse excretiemest, de mestband, het strooisel in de stal en het strooisel in de wintergarten. Vóór de meting werden de mesttonnetjes ingewogen en na de meting uitgewogen. In het laboratorium is de mest geanalyseerd op DS%, N-totaal en P-totaal. De monsters werden voorbehandeld met wijnsteenzuur, gedroogd en gemalen. Het drogestofpercentage is gravimetrisch bepaald, het stikstofgehalte door middel van destillatie en het totaal fosfor werd fotometrisch bepaald. Voor het verzamelen van de excretiemest is een schone transparante plexiglasplaat in de stal op de roosters geplaatst. Om het gewicht per mesthoopje te bepalen, werden om de twee uur de mesthoopjes op deze plaat geteld en in een mesttonnetje verzameld. Vertrapte hoopjes zijn niet geteld en niet verzameld. De mestton hebben we in een koeltas geplaatst met koelelementen om afbraakprocessen en indrogen te voorkomen. Voor een mestmonster werden tussen de 15 en 34 mesthoopjes verzameld. Over de in totaal negen verzamelde excretie mestmonsters werd de gemiddelde stikstof- of fosforinhoud bepaald (formule 3).

$$N_h = \frac{N_m \times M_m}{H_m} \quad (3)$$

N _h	Gemiddelde stikstof- of fosforinhoud van een vers mesthoopje (g/hoopje)
N _m	Gemiddeld stikstof- of fosforgehalte van de verse mesthoopjes (g/kg)
M _m	Gemiddelde massa van de verse mesthoopjes in kilogrammen (kg)
H _m	Gemiddeld aantal mesthoopjes in het verse mestmonster (hoopjes)

De strooiselmonsters werden tot aan de bodem uitgestoken met een rond steekmes met een straal van 3 cm. De steekmonsters werden verspreid over het scharrel- en wintergarten-oppervlak verzameld. Het aantal steekmonsters was afhankelijk van de laagdikte van het strooisel, omdat we aan het laboratorium een bepaalde hoeveelheid monster moesten leveren. Zodoende werden tussen de 5 en 62 monsters gestoken, wat tussen de 469 en 2049 gram mestmonster opleverde. De mestmonsters van de mestband werden op drie, voor aanvang random toegewezen, plaatsen op de mestbanden verzameld. De roosters werden losgemaakt en op de toegewezen plek drie mestmonsters uitgestoken. Op referentiebedrijf 2 was dit niet mogelijk. Hier is de bandmest verzameld uit de mestopslag, kort na het afdraaien van de mestbanden op de tweede meetdag.

3.9 Stikstof- en fosforefficiëntie

De stikstof- en fosforefficiëntie is het percentage van de via het voer opgenomen stikstof en fosfor dat terecht komt in de eieren en in de mest. Bij de berekening is aangenomen dat de leghennen niet groeien. De pluimveehouder heeft de voeropname en de eierenproductie per hen voor de eerste 2 meetdagen genoteerd op een formulier met productiedata.

Per meting werd één voermonster verzameld en geanalyseerd op drogestofpercentage, totaal stikstofgehalte en totaal fosforgehalte, op identieke wijze als de mestmonsters. Het stikstof- en fosforgehalte van de eieren was bekend uit de literatuur (Jongbloed en Kemme, 2005). De berekening van de stikstof- en fosforexcretie staat beschreven in formule 4.

$$Ne = (Nv \times Mv) - (Ne \times Me) \quad (4)$$

Ne	Stikstof- of fosforexcretie, (g/(hen x dag)).
Nv	Stikstof- of fosforgehalte van het monster van het voer, (g/g).
Mv	Voeropname, (g/(hen x dag)).
Ne	Stikstof- of fosforgehalte van het ei, (g/g).
Me	Eiproductie, (g/(hen x dag))

3.10 Uitloopegebruik

Het gebruik van de uitloop is uitgedrukt in het percentage van de in de afdeling aanwezige hennen dat zich gemiddeld over de dag in de uitloop bevond. Daarnaast werd vastgesteld welk percentage van de aanwezige leghennen respectievelijk in de zone van 0 tot 10 meter, 10 tot 25 meter en 25 meter en verder van de stal verbleef. Voor aanvang van het experiment hebben we de uitloop gemeten en de drie zones vastgesteld. Van deze zones werd het oppervlak vastgesteld. In sommige gevallen heeft de pluimveehouder de afmetingen van de zones gedurende de proef veranderd. Dit betrof echter altijd een klein deel van het totale oppervlak van de betreffende zone. In deze gevallen werd de oppervlakte van de zones opnieuw vastgesteld. Iedere zone is verdeeld in negen vakken door drie rijen en drie kolommen. Aan iedere rij en iedere kolom werd voor aanvang van de meting random één plot toegewezen. De exacte locatie van het plot in het meetvak werd ook random toegewezen. Op deze wijze waren de in totaal drie plots gelijkmatig over de breedte en lengte van de zone verdeeld, maar aan een willekeurige plaats toegewezen. In totaal werden zo aan het begin van de eerste meetdag negen plots van 4 bij 4 meter in de uitloop uitgezet, door vier hoekpaaltjes te plaatsen met daaromheen een nylon koord gespannen.

Bij het uittesten van deze opstelling bleek dat de hennen niet werden aangetrokken door de koordjes of de hoekpaaltjes. De koordjes waren noodzakelijk om het aantal hennen in een plot goed te kunnen tellen. Vanaf het moment van openen van de uitloop tot zonsondergang werd ieder half uur het aantal hennen in ieder plot geteld. Leghennen zijn erg bewegelijke dieren. Daarom werd bij de aanwezigheid van meer dan tien hennen in een plot een foto gemaakt, zodat we de hennen na afloop van de metingen op de foto konden tellen. De berekening van het totale aantal hennen in een zone is vastgelegd in formule 5.

$$Hz = \frac{(Aa + Ab + Ac) \times Oz}{Op \times p \times Hs} \times 100\%$$

(5)

$$Op \times p \times Hs$$

Hz	Percentage hennen dat zich gemiddeld genomen over de dag in de uitloop bevond (%)
Aa	Gemiddelde van alle halfuurwaarnemingen van het aantal getelde hennen in plot a van de betreffende zone (hennen/plot)
Ab	Gemiddelde van alle halfuurwaarnemingen aan het aantal getelde hennen in plot b van de betreffende zone (hennen/plot)
Ac	Gemiddelde van alle halfuurwaarnemingen aan het aantal getelde hennen in plot c van de betreffende zone (hennen/plot)
Oz	Totale oppervlakte in m ² van de zone op de betreffende meetdag (m ²)
Op	Totale oppervlakte van een plot (16 m ²)
p	Aantal plots per zone (drie plots)
Hs	Totaal aantal hennen in de afdeling op de betreffende meetdag (hennen)

3.11 Stikstof- en fosforexcretie uitloop

De stikstof- en fosforexcretie in de uitloop werd op de derde meetdag vastgesteld door het tellen van het aantal geproduceerde mesthoopjes per hen per uur in de uitloop. Samen met de in paragraaf 3.9 vastgestelde stikstof- en fosfaatinhoud van een mesthoopje en het in paragraaf 3.10 vastgestelde gemiddeld in de uitloop aanwezige aantal leghennen is de stikstof- en fosfaatdepositie in de uitloop berekend. Het aantal mesthoopjes per hen per uur in de uitloop hebben we vastgesteld door in ieder plot gedurende 1 uur iedere 5 minuten het aantal hennen te tellen. Voor aanvang van deze telling is de aanwezige mest uit het plot verwijderd en de tijd genoteerd. Na twaalf hennentellingen hebben we het aantal hoopjes in het plot geteld en opnieuw de tijd genoteerd. Deze waarnemingen werden uitgevoerd in drie periodes van drie plots (één plot van elke zone) per periode. Formule 6 beschrijft de berekening van het aantal geproduceerde mesthoopjes per hen per uur van een plot. Het berekende aantal geproduceerde mesthoopjes per hen per uur van de verschillende plots, zones, bedrijven en metingen werden uiteindelijk gemiddeld. De berekening van de stikstof- en fosfaatexcretie per hectare en per leghen per zone is weergegeven in respectievelijk formule 7 en 8.

$$Hh = \frac{H}{Tc \times A}$$

(6)

$Tc \times A$

- Hh Productie van mesthoopjes (hoopjes/(hen x uur))
- H Aantal in een plot getelde mesthoopjes (hoopjes)
- Tc Tijd tussen het schoonmaken van het plot en het tellen van de mesthoopjes (uur)
- A Gemiddelde van de twaalf uurwaarnemingen van het aantal hennen in een plot, (hen/plot)

$$Nz = \frac{Hh \times Nh \times Hz \times Hs \times 10000 \times 365 \times Tr \times a}{100 \times Oz}$$

(7)

100 x Oz

- Nz Oppervlakte gerelateerde stikstof- of fosforexcretie in de betreffende zone (g/(ha x jaar))
- Hh Productie van mesthoopjes, (hoopjes/(hen x uur))
- Nh Gemiddelde stikstof- of fosforinhoud van een vers mesthoopje, (g/hoopje)
- Hz Percentage hennen dat zich gemiddeld genomen over de dag in de uitloop bevond (%)
- Hs Totaal aantal hennen in de afdeling op de betreffende meetdag (hennen)
- Tr Periode per dag dat de hennen toegang hebben tot de uitloop (uur/dag)
- a Constante voor een correctie voor 6% leegstand per jaar (0,94)
- Oz Totale oppervlakte van de zone op de betreffende meetdag (m²)

$$Nz = \frac{Hh \times Nh \times Hz \times 365 \times Tr \times a}{100}$$

(8)

100

- Ni Hen gerelateerde stikstof- of fosforexcretie in de betreffende zone (g/(hen x jaar))
- Hh Productie van mesthoopjes, (hoopjes/(hen x uur))
- Nh Gemiddelde stikstof- of fosforinhoud van een vers mesthoopje, (g/hoopje)
- Hz Percentage hennen dat zich gemiddeld genomen over de dag in de zone bevond (%)
- Tr Periode per dag dat de hennen toegang hebben tot de uitloop (uur/dag)
- a Constante voor een correctie voor 6% leegstand per jaar (0,94)

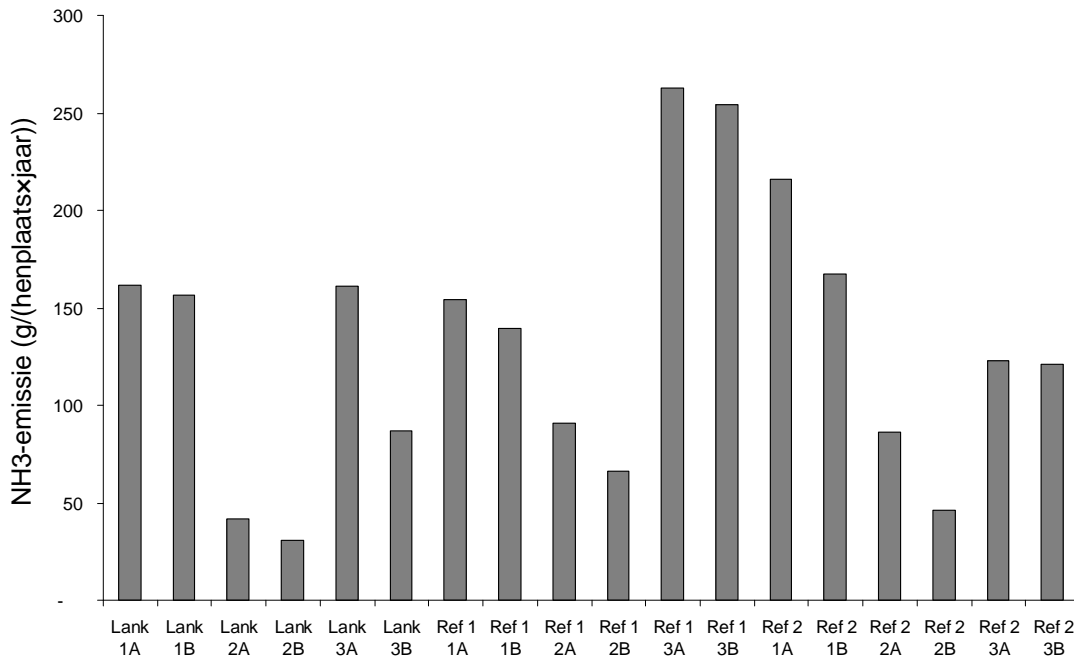
4 Resultaten

4.1 Stalemissie

De gemiddelde ammoniakemissie van de drie biologische meetbedrijven was 118 g/jaar per henplaats (sd van alle 24-uurs gemiddelden 58). De Lankerenhof had de laagste gemiddelde ammoniakemissie 100 (sd 57) ten opzichte van 148 (sd 60) en 107 (sd 42) g/jaar per henplaats op referentiebedrijf 1 en referentiebedrijf 2.

Het gemiddelde van de ammoniakemissiemetingen met een volle mestband was 130 (sd 57) g/jaar per henplaats. Het gemiddelde van de ammoniakemissiemetingen op meetdagen met een lege mestband was 107 (sd 61) g/jaar per henplaats. De gemiddelde methaanemissie bedroeg 19 (sd 9) g/jaar per henplaats. De gemiddelde lachgasemissie was 0,45 (sd 0,57) g/jaar per henplaats. Figuur 16 geeft de daggemiddelde gemeten ammoniakemissies op de drie meetbedrijven weer.

Figuur 16 Daggemiddelde ammoniakemissie van de drie meetweken (1, 2, 3) en twee meetdagen (A = volle mestband; B = lege mestband) en de drie meetbedrijven, de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



4.2 Luchtkwaliteit stal

Om vast te kunnen stellen of de ammoniakconcentraties in de stallen onder de gestelde grenswaarden van 20 ppm bleven, zijn in tabel 5 de gemiddelde ammoniakconcentraties, de bijbehorende standaard deviaties en de minimale en maximale uurgemiddelde ammoniakconcentraties weergegeven. De gemiddelde ammoniakconcentratie in de stal kwam in meetweek 1 op de Lankerenhof en op referentiebedrijf 1 boven de 20 ppm uit. Op de Lankerenhof werd een maximale uurgemiddelde ammoniakconcentratie vastgesteld die de grenswaarde van 20 ppm ruim overschreed (35 ppm).

Tabel 5 NH₃-concentraties in de stal (ppm): gestelde grenswaarde, gemiddelde, standaard deviatie, minimum en maximum in meetweek 1, 2, 3 op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)

Bedrijf	Lank			Ref 1			Ref 2		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Meting	1	2	3	1	2	3	1	2	3
NH ₃ (grens)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
NH ₃ (mean)	24	2	7	24 ¹	5	11	20 ¹	2	5
NH ₃ (SD)	4	1	3	-	1	3	-	0	1
NH ₃ (min)	17	0	2	-	3	7	-	1	4
NH ₃ (max)	35	4	12	-	7	18	-	3	7

¹ Daggemiddelde berekend op basis van wasflessen, omdat uurgemiddelde gegevens niet beschikbaar waren.

Om vast te kunnen stellen of de kooldioxideconcentraties in de stallen onder de 2000 ppm bleven zijn in tabel 6 de gemiddelde kooldioxideconcentraties, de bijbehorende standaard deviaties en de minimale en maximale uurgemiddelde kooldioxideconcentraties weergegeven. De gemiddelde kooldioxideconcentratie in de stal kwam in meetweek 1 op de Lankerenhof en Referentiebedrijf 1 boven de 2000 ppm uit. In maar liefst vijf meetweken werd een maximale uurgemiddelde kooldioxideconcentratie vastgesteld die de grenswaarde van 2000 ppm overschreed.

Tabel 6 CO₂-concentraties in de stal (ppm): gestelde grenswaarde, gemiddelde, standaard deviatie, minimum en maximum in meetweek 1, 2, 3 op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)

Bedrijf	Lank			Ref 1			Ref 2		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Meting	1	2	3	1	2	3	1	2	3
CO ₂ (grens)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
CO ₂ (mean)	2252	1047	1217	2149	1289	1192	1726	918	1033
CO ₂ (SD)	625	534	548	282	214	120	372	91	88
CO ₂ (min)	794	422	468	1674	937	999	945	795	851
CO ₂ (max)	2975	2088	2068	2856	1750	1510	2269	1096	1243

4.3 Stalklimaat

Om vast te stellen of de staltemperatuur binnen de ten doel gestelde grenzen van tussen de 17 °C en 28 °C blijft, zijn de gemiddelde temperatuur (van 2 meetdagen), de standaard deviatie en de maximale en minimaal gemeten uurgemiddelde staltemperatuur weergegeven in tabel 7. De gemiddelde staltemperatuur viel in alle gevallen binnen de gestelde grenzen. De minimale en maximale uurgemiddelde staltemperatuur van 15,0 °C werd gemeten in 2 meetweken op respectievelijk de Lankerenhof en referentiebedrijf 1. Hier viel de minimaal gemeten uurgemiddelde staltemperatuur onder de gestelde ondergrens als gevolg van lage buitentemperaturen. In 2 meetweken op respectievelijk de referentiebedrijf 1 en referentiebedrijf 2 viel de maximaal gemeten uurgemiddelde staltemperatuur boven de gestelde bovengrens door hoge buitentemperaturen.

Tabel 7 Temperaturen (°C): buiten, setpoint stal, gemiddeld stal, standaard deviatie stal, minimum stal en maximum stal in meetweek 1, 2, 3 op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)

Bedrijf	Lank			Ref 1			Ref 2		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Meting	1	2	3	1	2	3	1	2	3
T (buiten)	4,7	18,1	16,2	3,3	10,1	18,5	5,7	17,9	16,7
T (setpoint)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
T (mean)	18,5	23,1	22,0	20,6	19,8	26,8	20,0	24,9	23,4
T (SD)	1,8	1,2	1,8	1,7	1,4	1,3	1,0	2,1	0,8
T (min)	15,0	21,1	20,0	17,8	16,8	23,8	17,2	21,8	22,0
T (max)	21,3	25,3	24,7	24,7	22,1	30,5	21,2	28,6	25,3

Om vast te stellen of de relatieve luchtvochtigheid (RV) rond de 60% lag, zijn de gemiddelde RV (van 2 meetdagen), de bijbehorende standaard deviatie en de maximale en minimaal gemeten uurgemiddelde RV weergegeven in tabel 8. De range van gemiddelde relatieve luchtvochtigheid op de meetbedrijven laat een vrij grote variatie zien tussen de 51% (referentiebedrijf 2) en 75% (referentiebedrijf 1). De laagst gemeten uurgemiddelde relatieve luchtvochtigheid in de stal van 31% is gemeten op referentiebedrijf 2, bij een gemiddelde relatieve luchtvochtigheid buiten van 68%. De hoogste uurgemiddelde relatieve luchtvochtigheid in de stal van 90% werd gemeten op referentiebedrijf 2 bij een gemiddelde relatieve luchtvochtigheid buiten van 80%.

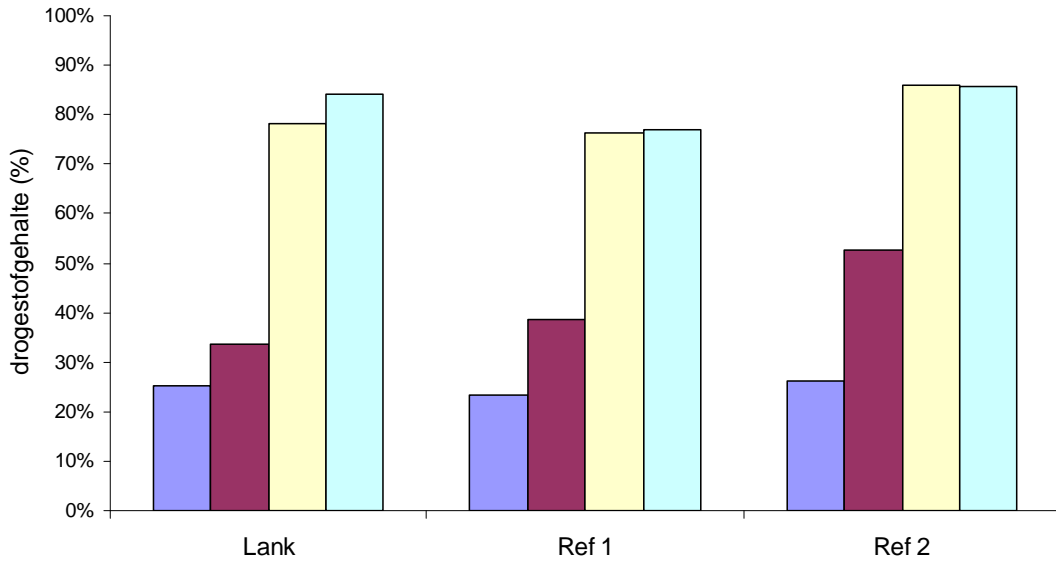
Tabel 8 RV (%): buiten, aanbevolen, gemiddeld stal, standaard deviatie stal, minimum stal en maximum stal in meetweek 1, 2, 3 op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)

Bedrijf	Lank			Ref 1			Ref 2		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Meting	1	2	3	1	2	3	1	2	3
RV (buiten)	94	73	72	87	84	80	80	68	80
RV (streef)	60	60	60	60	60	60	60	60	60
RV (mean)	69	73	66	59	51	53	62	55	75
RV (SD)	4	5	6	6	5	4	5	8	8
RV (min)	57	60	53	48	42	45	52	31	62
RV (max)	75	88	75	68	63	63	71	69	90

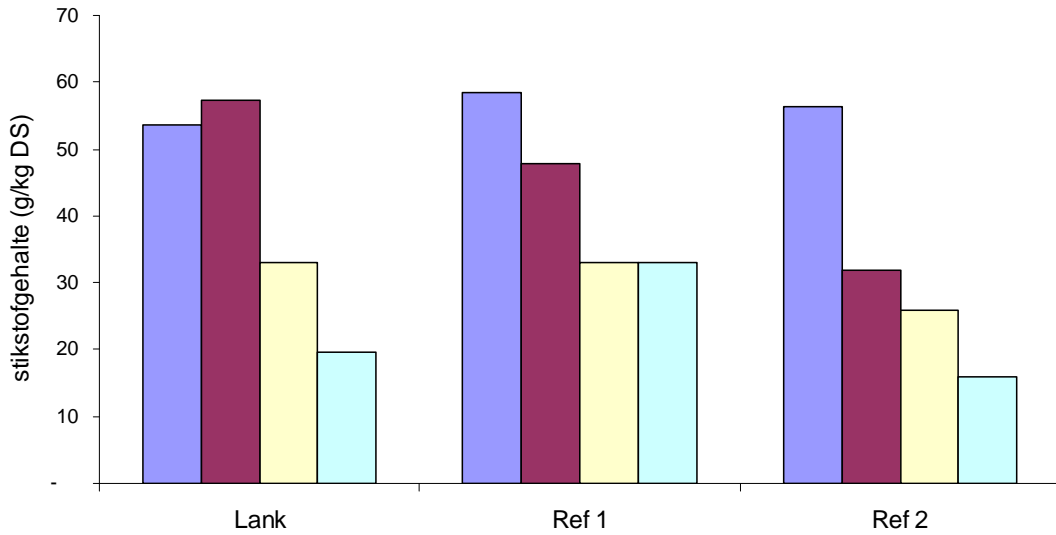
4.4 Strooisel- en mestkwaliteit

De drogestofgehaltenes van de mestmonsters op de drie meetbedrijven toonden dezelfde trends. Het drogestofgehalte van de verse mestmonsters was het laagst, 23% tot 26%. De bandmest was alleen op referentiebedrijf 2 redelijk ingedroogd tot 53%. Het drogestofgehalte van de strooiselmest uit de scharrelstal en wintergarten was goed ingedroogd met 76% tot 84% (figuur 17). Het uitgangshehalte van de verse excretiemest lag tussen de 54 en 58 gram stikstof per kg drogestof. Uit de bandmest op de Lankerenhof was nauwelijks stikstof verloren gegaan. Het stikstofgehalte van de bandmest van de referentiebedrijven was door ammoniak-vervluchtiging met 32 en 48 gram flink lager dan de verse excretiemest. Het stikstofgehalte van de strooiselmonsters uit de scharrelruimte en wintergarten was het laagst en varieerde tussen de 16 en 33 gram stikstof per kg droge stof. Deze lage gehaltenes hingen deels samen met de hoeveelheid strooisel die aan de mest is toegevoegd (figuur 18). Dit wordt duidelijk als we figuur 18 met figuur 19 vergelijken. In principe was het fosforgehalte per kg drogestof in mest constant. Door de menging van mest met strooisel met een laag stikstof- en fosfor-gehalte nam zowel het stikstof- als fosforgehalte in het monster af. In figuur 19 is dan ook te zien dat op de Lankerenhof en referentiebedrijf 2 veel strooisel is aangeboden, met name in de wintergarten, wat leidde tot lage fosforgehaltenes van de strooiselmest. Op referentiebedrijf 1 is dit niet het geval. Figuur 18 en 19 samen maken duidelijk dat de lage stikstofgehaltenes op de Lankerenhof en referentiebedrijf 2 met name verklaard kunnen worden door het strooisel-aandeel (relatief laag fosforgehalte), terwijl we op referentiebedrijf 1 het lage stikstofgehalte van de strooiselmest moeten toeschrijven aan de vervluchtiging van ammoniak (fosforgehalte gelijk aan verse excretiemest en mestband).

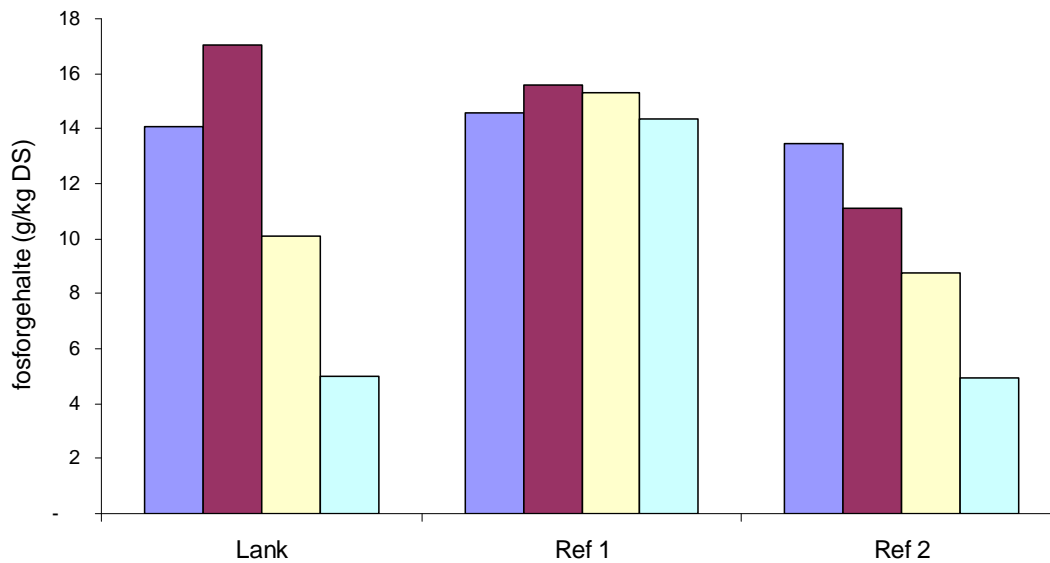
Figuur 17 Het gemiddeld drogestofgehalte van de mestmonsters van de excretiemest (blauw), mestband (rood), scharrelruimte (geel) en wintergarten (lichtblauw) op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



Figuur 18 Gemiddeld stikstofgehalte per kg drogestof van de mestmonsters van de excretiemest (blauw), mestband (rood), scharrelruimte (geel) en wintergarten (lichtblauw) op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



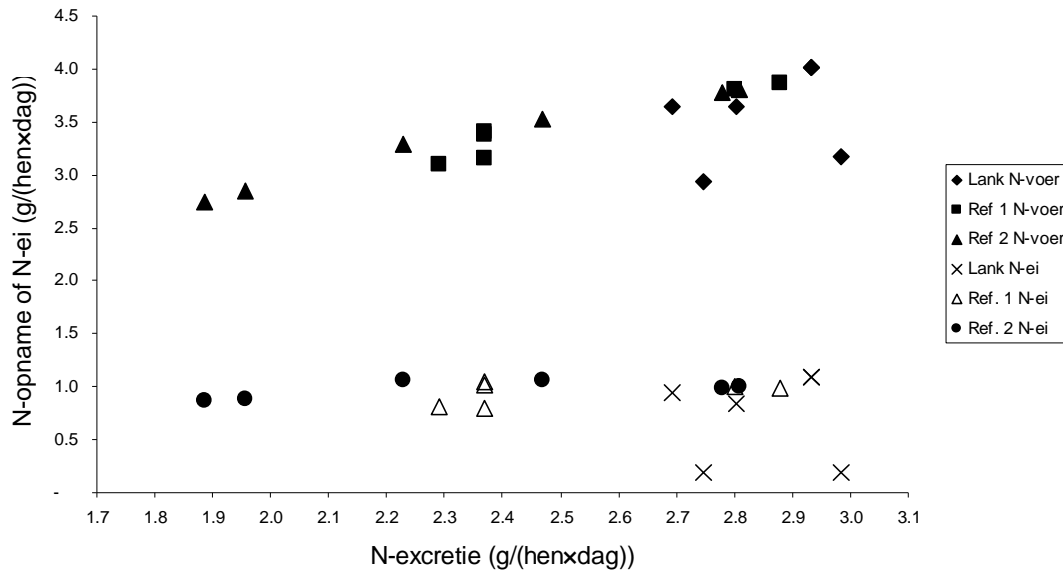
Figuur 19 Gemiddeld fosforgehalte per kg drogestof van de mestmonsters van de excretiemest (blauw), mestband (rood), scharrelruimte (geel) en wintergarten (lichtblauw) op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



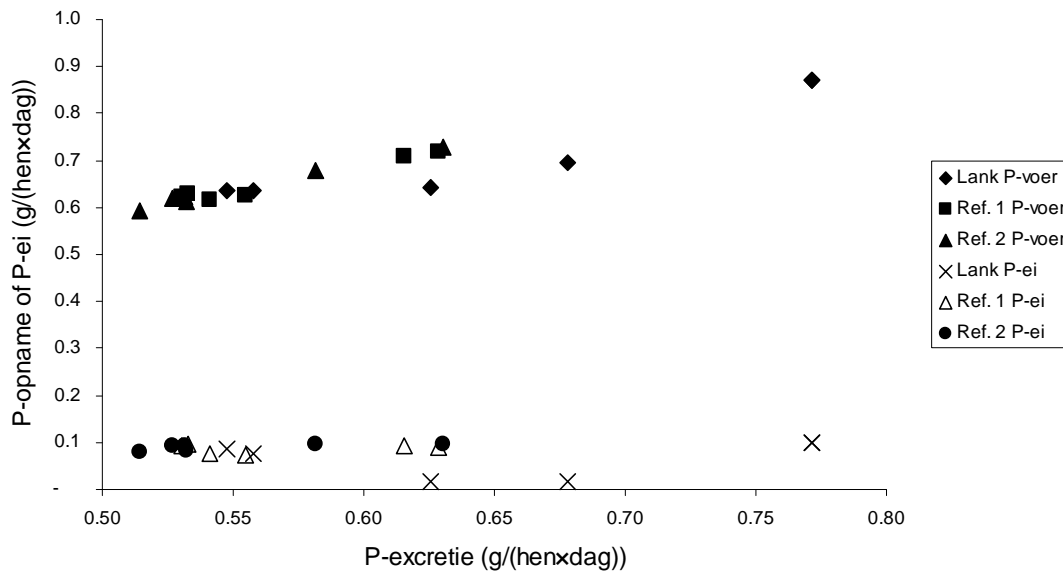
4.5 Stikstof- en fosfaatefficiëntie

Figuren 20 en 21 laten zien dat slechts een beperkt deel van de via het voer opgenomen stikstof (gemiddeld 3,5 gram per hen per dag) en fosfor (gemiddeld 0,67 gram per hen per dag) in de eieren wordt vastgelegd. Dat is gemiddeld 0,9 gram stikstof en 0,08 gram fosfor per hen per dag. Deze hoeveelheid vertoont geen correlatie met de stikstof- en fosforopname via het voer. Een logisch gevolg hiervan is dat de uit de mineralenbalans berekende stikstof- en fosforuitscheiding in de mest positief correleert met de gemeten stikstof en fosforopname via het voer. Door de grote variatie in stikstof en fosforopname via het voer varieerde de stikstofexcretie maar liefst van 1,88 gram per hen per dag tot 2,98 gram per hen per dag en de fosforexcretie van 0,51 gram per hen per dag tot 0,77 gram per hen per dag. Alleen in de eerste weken van de productieronde, toen de eierenproductie nog op gang moest komen, werd een duidelijk verlaagde stikstof- en fosforvastlegging in de eieren waargenomen. Figuren 22 en 23 laten zien dat de bedrijfsgemiddelde stikstof- en fosforexcretie per hen per jaar relatief hoog zijn ten opzichte van gangbaar en onderling niet al te grote verschillen laten zien.

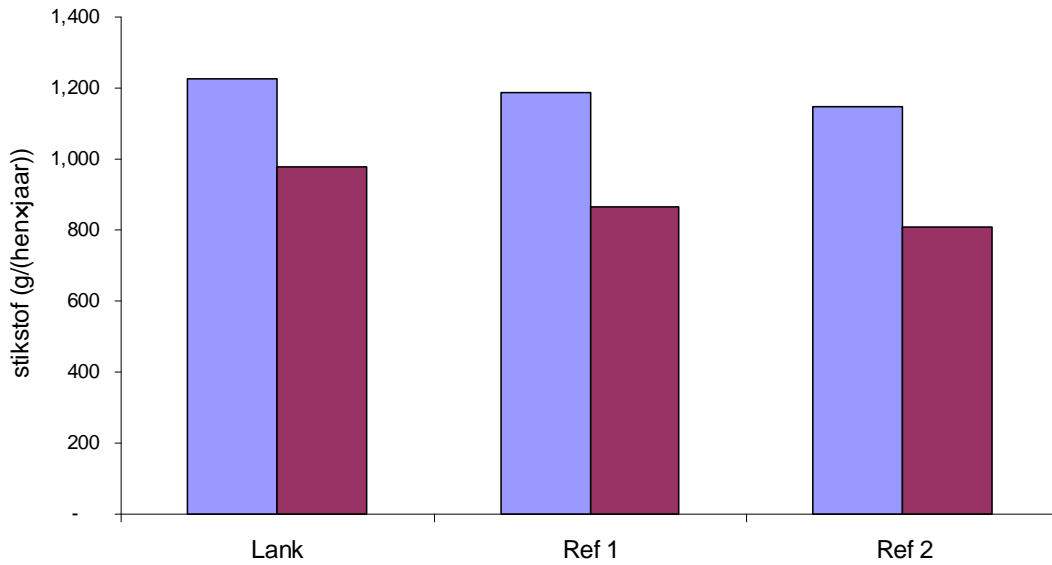
Figuur 20 Relatie tussen de stikstof opname via het voer (N-voer) of de stikstof vastlegging in het ei (N-ei) en de stikstofexcretie op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



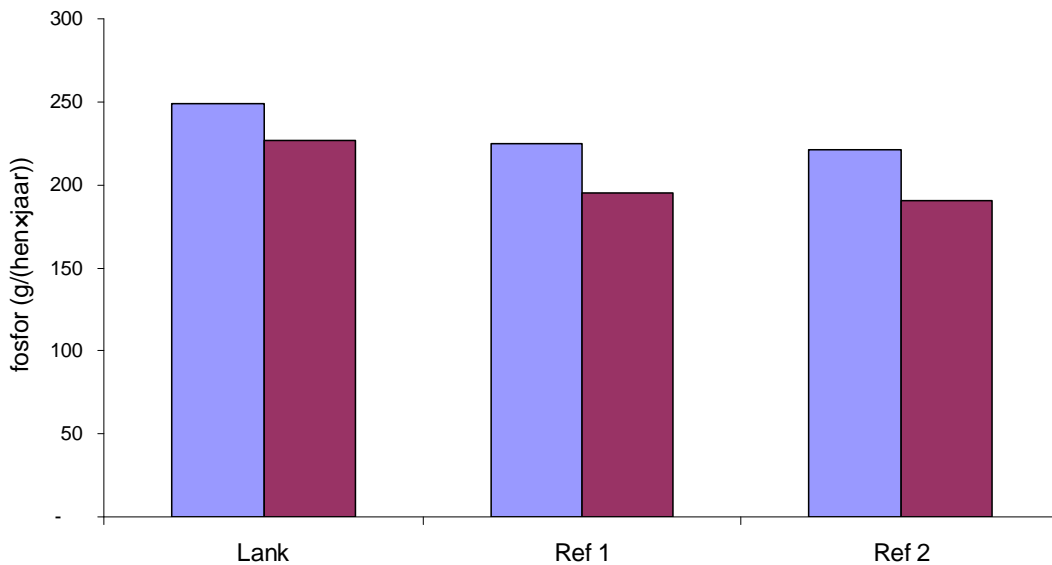
Figuur 21 Relatie tussen de fosfor opname via het voer (P-voer) of de fosfor vastlegging in het ei (P-ei) en de fosforexcretie op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref. 1) en referentiebedrijf (Ref 2)



Figuur 22 Gemiddelde N-opname via het voer (blauw) en N-excretie via de mest (rood) van de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2) in g per hen per jaar



Figuur 23 Gemiddelde P-opname via het voer (paars) en P-excretie via de mest (rood) van de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2) in g per hen per jaar



4.6 Uitloopgebruik

Het percentage hennen dat de uitloop gebruikt verschilt veel tussen de drie meetbedrijven. Dat is 16%, 3% en 14% voor respectievelijk de Lankerenhof, referentiebedrijf 1 en referentiebedrijf 2. Tabel 9 laat zien dat op de Lankerenhof en referentiebedrijf 2 de leghennen zich vooral in de zone van 0 tot 10 meter en de zone van meer dan 25 meter van de stal bevonden. Op referentiebedrijf 1 bevonden de hennen zich vooral in de zone van 0 tot 10 meter van de stal.

Tabel 9 Gemiddelde, standaard deviatie, minimale en maximale percentages van het totaal in de stal aanwezige leghennen in de zone van 0-10 meter, de zone van 10-25 meter, de zone van >25 meter en in de gehele uitloop

% leghennen	0-10 m %	10-25 m %	25 > m %	hele uitloop %
Lank (mean)	7	2	6	16
Lank (SD)	5	2	5	4
Lank (min)	2	1	0	11
Lank (max)	14	5	14	21
Ref 1 (mean)	2	0	0	3
Ref 1 (SD)	1	1	1	2
Ref 1 (min)	1	0	0	1
Ref 1 (max)	3	2	1	6
Ref 2 (mean)	6	2	6	14
Ref 2 (SD)	3	1	4	5
Ref 2 (min)	3	1	2	6
Ref 2 (max)	10	3	13	19

Tabel 10 laat zien dat op alle drie de meetbedrijven de bezettingsgraad in de zone van 0 tot 10 meter van de stal het hoogst was. Op referentiebedrijf 2 was de bezettingsgraad in de zone van 0 tot 10 meter van de stal het hoogst, 0,83 hennen per m². Op referentiebedrijf 1 lag de bezettingsgraad in de zone van 0-10 meter het laagst met 0,34 hennen per m².

De bezettingsgraad van de gehele uitloop lag met 3,2, 5,0 en 7,7 m² per hen dichtbij de wettelijke norm van 4 m² per henplaats. De wettelijke norm is echter gebaseerd op alle hennen. De pluimveehouders in dit onderzoek passen omweiden toe. Het totale oppervlak van de uitloop voldeed wel aan de wettelijke norm.

Tabel 10 Gemiddelde, standaard deviatie, minimale en maximale bezettingsgraad uitgedrukt in aantal hennen per m² in de zone van 0-10 meter, de zone van 10-25 meter, de zone van >25 meter en in de gehele uitloop

	0-10 m hennen/m ²	10-25 m hennen/m ²	25 > m hennen/m ²	hele uitloop hennen/m ²
Lank (mean)	0,41	0,16	0,04	0,20
Lank (SD)	0,27	0,11	0,03	0,11
Lank (min)	0,14	0,04	0,00	0,08
Lank (max)	0,81	0,33	0,09	0,38
Ref 1 (mean)	0,34	0,03	0,00	0,13
Ref 1 (SD)	0,17	0,04	0,00	0,07
Ref 1 (min)	0,17	0,00	0,00	0,06
Ref 1 (max)	0,61	0,11	0,01	0,21
Ref 2 (mean)	0,83	0,07	0,04	0,31
Ref 2 (SD)	0,45	0,03	0,03	0,16
Ref 2 (min)	0,44	0,03	0,01	0,16
Ref 2 (max)	1,55	0,11	0,08	0,57

4.7 Stikstof- en fosforexcretie uitloop

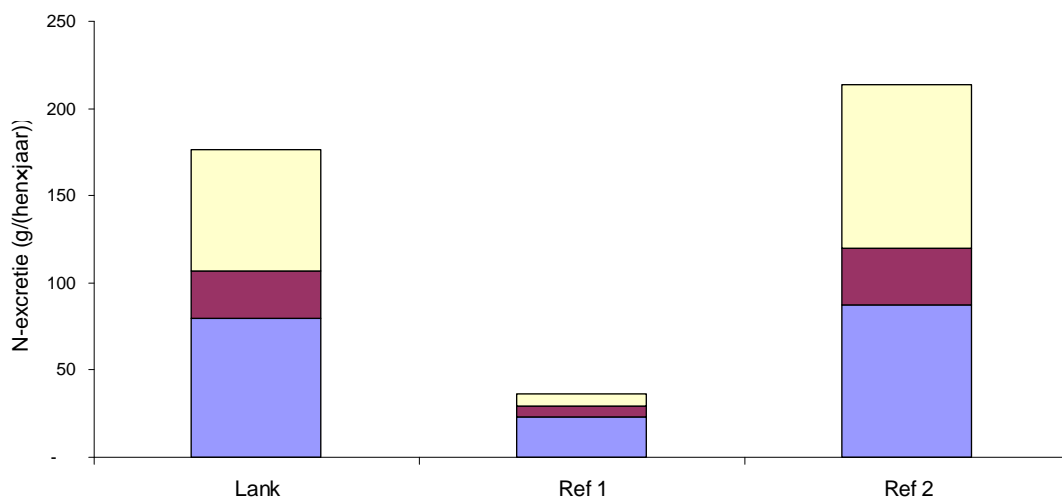
Figuren 24 en 25 laten zien dat de stikstof- en fosforexcretie in de uitloop het laagst was op referentiebedrijf 1. Dat was respectievelijk 36 gram stikstof en 6 gram fosfor per hen per jaar, waarvan 64% in de zone van 0 tot 10 meter terecht kwam. Omgerekend was de stikstof- en fosforexcretie in de uitloop 4% van de in paragraaf 4.5 berekende totale stikstof- en fosforexcretie.

De stikstof- en fosforexcretie op de Lankerenhof was hoger met respectievelijk 177 g stikstof en 43 gram fosfor per hen per jaar, waarvan 45% terechtkwam in de zone van 0 tot 10 meter en 40% in de zone van 25 meter en verder van de stal. Omgerekend was de stikstofexcretie in de uitloop 18% van de in paragraaf 4.5 berekende totale stikstofexcretie en was de fosforexcretie in de uitloop 19% van de totale fosforexcretie.

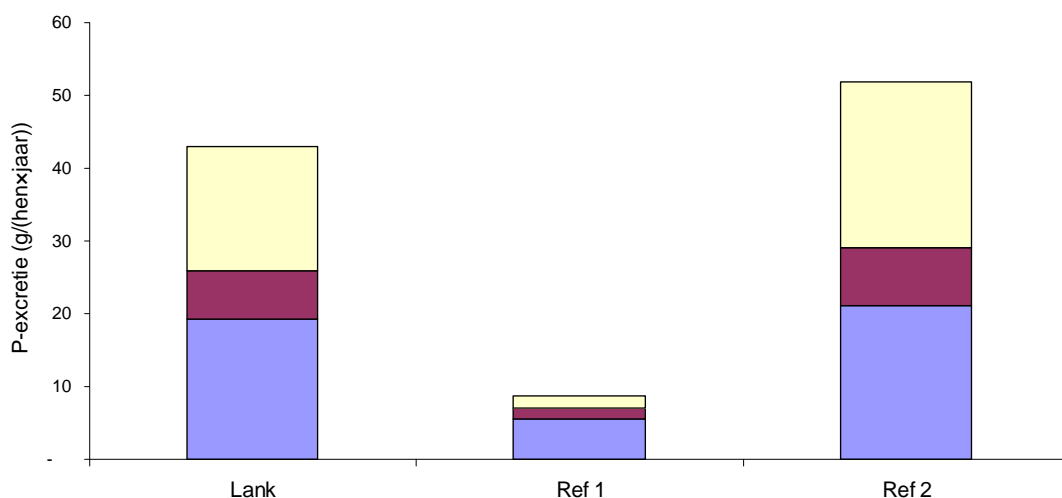
Op referentiebedrijf 2 was de stikstof- en fosforexcretie in de uitloop het hoogst: respectievelijk 213 gram stikstof en 52 gram fosfor per hen per jaar, waarvan 41% in de zone van 0 tot 10 meter en 44% in de zone van 25 meter en verder van de stal.

Omgerekend was de stikstofexcretie in de uitloop 26% van de in paragraaf 4.5 berekende totale stikstofexcretie en is de fosforexcretie in de uitloop 27% van de totale fosforexcretie. Figuren 26 en 27 laten zien dat de stikstof- en fosforbelasting op de drie meetbedrijven in de drie zones (met uitzondering van de zone van 25 meter en meer) van de stal op referentiebedrijf 1, de stikstof- en fosforbestedingsnorm van 160 kg stikstof en 44 kg fosfor per hectare per jaar overschreed. De stikstofbelasting in de zone van 0 tot 10 meter van de stal was met 6900, 3861 en 9297 kg/ha voor respectievelijk de Lankerenhof, referentiebedrijf 1 en referentiebedrijf 2 bijzonder hoog. Hetzelfde geldt voor de fosforbelasting; deze was in de zone van 0 tot 10 meter van de stal 1676, 1938 en 2259 kg/ha voor respectievelijk de Lankerenhof, referentiebedrijf 1 en referentiebedrijf 2.

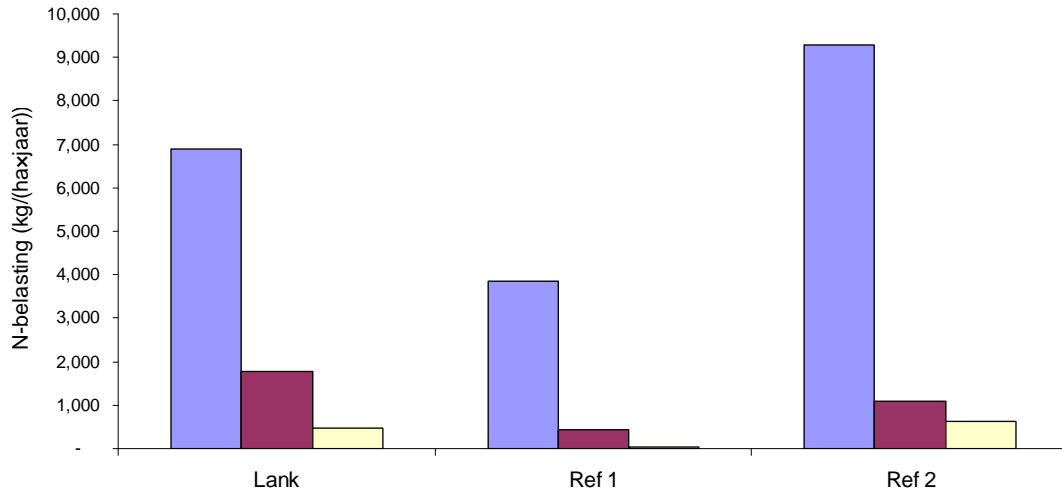
Figuur 24 De stikstofexcretie in g/(hen x jaar) in de zone van 0-10 m van de stal (blauw), 10-25 m van de stal (rood) en 25 m en verder van de stal (geel) op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



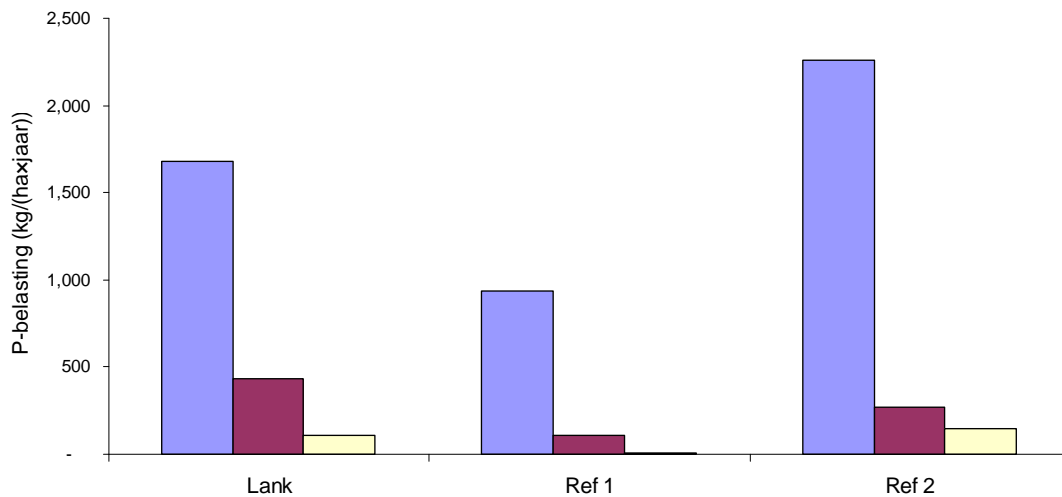
Figuur 25 De fosforexcretie in g/jaar per hen in de zone van 0-10 m van de stal (blauw), 10-25 m van de stal (rood) en 25 m en verder van de stal (geel) op de Lankerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



Figuur 26 Stikstofbelasting in kg N per hectare, voor de zone van 0-10 meter van de stal (blauw), de zone van 10-25 meter van de stal (rood) en de zone van 25 meter en verder van de stal (geel) voor de Lankeerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



Figuur 27 Fosforbelasting in kg P per hectare, voor de zone van 0-10 meter van de stal (blauw), de zone van 10-25 meter van de stal (rood) en de zone van 25 meter en verder van de stal (geel) voor de Lankeerenhof (Lank), referentiebedrijf 1 (Ref 1) en referentiebedrijf 2 (Ref 2)



5 Discussie

De ammoniakemissie van de drie meetstallen lag met 118 g/jaar per henplaats 28 gram hoger dan de hoogste emissiefactor van 90 gram per henplaats per jaar voor gangbare volière stallen. De Lankerenhof had de laagste ammoniakemissie. De doelstelling om op de Lankerenhof een ammoniakemissie van tussen de 90 en 150 g/jaar per henplaats te halen, werd met een gemiddelde ammoniakemissie van 100 g/jaar per henplaats ruimschoots gehaald. Het afdraaien van de mestband resulteerde bij alle metingen in een iets lagere ammoniakemissie op de tweede meetdag.

Op alle meetbedrijven kwam het voor dat uurgemiddelde ammoniakconcentraties in de stal boven de grenswaarde van 20 ppm uitstegen. Op zowel de Lankerenhof als referentiebedrijf 1 lag de daggemiddelde ammoniakconcentratie op een van de drie meetdagen boven de 20 ppm. Op de andere twee meetdagen bleef de ammoniakconcentratie in de stal onder de 20 ppm. Op alle meetbedrijven kwam het voor dat uurgemiddelde kooldioxideconcentraties in de stal boven de grenswaarde van 2000 ppm uitstegen. Op zowel de Lankerenhof als referentiebedrijf 1 lag de daggemiddelde kooldioxideconcentratie op een van de drie meetdagen boven de 2000 ppm.

De gemiddelde staltemperatuur bleef op de drie bedrijven binnen de grenswaarden van 18 tot 27 °C. De variatie in staltemperatuur binnen een dag was iets hoger op de Lankerenhof dan op de referentiebedrijven. Bij lage buitentemperaturen kwam het op alle drie de bedrijven voor dat de uurgemiddelde staltemperatuur onder de grenswaarde van 18 °C zakte, waarbij op de Lankerenhof met 15 °C de laagste temperatuur werd gemeten. Bij hoge buitentemperaturen kwam het op beide referentiebedrijven voor dat de staltemperatuur boven de grenswaarde van 27 °C uitsteeg. Op de Lankerenhof was dit niet het geval. Op geen enkel bedrijf werden de gestelde grenswaarden gehaald. Op de Lankerenhof leek de temperatuur in de stal lager te blijven dan in de referentiestallen en deze stal had meer dynamiek in de staltemperatuur. Op referentiebedrijf 1 werd de grenswaarde van 60% luchtvochtigheid nooit overschreden. Op referentiebedrijf 2 overschreed bij één meting de daggemiddelde en de uurgemiddelde relatieve luchtvochtigheid de grenswaarde van 60%. Op de Lankerenhof overschreed de daggemiddelde luchtvochtigheid in de stal de grenswaarde bij een meting. Maar bij alle drie de metingen op de Lankerenhof waren de daggemiddelde relatieve luchtvochtigheid en de maximaal gemeten uurgemiddelde relatieve luchtvochtigheid aan de hoge kant in vergelijking met de referentiebedrijven. De relatieve luchtvochtigheid in de stal op de Lankerenhof overschreed de gestelde grenswaarde en lag gemiddeld hoger dan op de referentiebedrijven. Het debiet op de Lankerenhof was gemiddeld lager en minder variabel dan op de referentiebedrijven.

Er waren nauwelijks verschillen in de drogestofgehaltenes van de strooisel en mestmonsters tussen de bedrijven. Alleen de bandmest op referentiebedrijf 2 was duidelijk droger dan op de andere twee bedrijven. Het drogestofgehalte van de strooiselmest was hoog genoeg om de ammoniakemissie aan banden te leggen en droog genoeg om scharrel en foeragegedrag te stimuleren. Het drogestofgehalte van de bandmest was op de drie bedrijven te laag om de ammoniakemissie aan banden te leggen. Een drogestofgehalte van 50% is optimaal voor de emissiesnelheid van ammoniak, lagere en hogere drogestofgehaltenes van de mest resulteren in een lagere ammoniakemissie. Dit is precies het beeld dat we zagen als de stikstofgehaltenes van de bandmest naast de drogestofgehaltenes werden gelegd. Hierbij was de verwachte emissiesnelheid vanaf de bandmest het hoogst voor referentiebedrijf 2, vervolgens kwam referentiebedrijf 1 en als laatste de Lankerenhof.

Maar om de ammoniakemissie permanent tot stilstand te brengen, is het de bedoeling de mest zo snel en zo ver mogelijk in te drogen. Het stikstof- en fosforgehalte van de excretiemest lieten tussen de bedrijven geen grote verschillen zien. Het lagere fosforgehalte van de strooiselmest ten opzichte van de excretiemest op de Lankerenhof en referentiebedrijf 2 en het gelijke fosforgehalte van de strooiselmest ten opzichte van de excretiemest op referentiebedrijf 1, werden duidelijk verklaard uit de hoeveelheid toegevoegd strooisel.

Op referentiebedrijf 1 gebruikte men nauwelijks strooisel, terwijl dit op de Lankerenhof en referentiebedrijf 2 wel het geval was. Met name in de wintergarten was veel strooisel aanwezig. Het gebruik van voldoende strooisel in de stal biedt een aanknopingspunt voor het behalen van een hoog drogestofgehalte van de mest en daarmee een lage stalemissie en een behoud van stikstof in de mest. De stikstof- en fosforconcentratie in de strooiselmest is lager dan bandmest door de verdunning van de mest met stro, maar de stikstof-fosforverhouding is niet lager dan van de bandmest (N:P als 3:1).

Vooral de stikstof- en fosforopname hadden invloed op de stikstof- en fosforexcretie. De stikstofexcreties van referentiebedrijven 1 en 2 lagen respectievelijk 12% en 17% hoger dan de stikstofexcretie van de Lankerenhof. De fosforexcretie van referentiebedrijven 1 en 2 lagen respectievelijk 14% en 16% hoger dan de fosforexcretie van de Lankerenhof.

Van de drie bedrijven in dit onderzoek liepen op de Lankerenhof de meeste hennen buiten (16%) en waren de hennen het beste over de uitloop verspreid. Op referentiebedrijf 1 liep 4% van de hennen buiten en zij waren vrij slecht over de uitloop verspreid. Op referentiebedrijf 2 liep 14% van de hennen buiten, en redelijk goed over de uitloop verspreid.

De hoogste dichtheid van de hennen werd waargenomen in de zone van 0 tot 10 meter op referentiebedrijf 2. De laagste dichtheid werd waargenomen op referentiebedrijf 1.

De stikstofexcretie in de uitloop was sterk afhankelijk van het aantal hennen dat de uitloop gebruikte en varieerde van 4% tot 26% van de totale stikstofexcretie en van 4% tot 27% van de totale fosforexcretie. De stikstof- en fosforbelasting overschreed in bijna alle zones op alle meetbedrijven de bemestingsnorm. De stikstof- en fosforbelasting in de zone van 0 tot 10 m van de stal was dermate hoog dat maatregelen op alle meetbedrijven noodzakelijk zijn.

6 Conclusie

Op basis van de onderzochte biologische volièrestallen concluderen we dat het stalklimaat van biologische stallen niet optimaal is en dat met name op de Lankerenhof een uitdaging ligt om dit te optimaliseren. Gezien de overschrijding van de grenswaarden van de kooldioxide- en ammoniakconcentraties in de stal bevelen we aan verder te werken aan het optimaliseren van concentraties en temperatuur in de stal door te spelen met het debiet. Het is echter twijfelachtig of in de huidige stalontwerpen zowel de stalklimaat- als de luchtkwaliteitsnormen onder alle weersomstandigheden gerealiseerd kunnen worden.

Op basis van de onderzochte biologische volièrestallen uit dit onderzoek concluderen we dat de ammoniakemissie uit biologische volièrestallen beduidend lager is dan in gangbare scharrestallen, maar hoger dan in gangbare volièrestallen. De Lankerenhof haalde de in het onderzoeksvoorstel gestelde ammoniakemissie doelstelling. De mestdroging op de mestbanden verdient extra aandacht en kan de ammoniakemissie uit de stal verder omlaag brengen. Het gebruik van strooisel lijkt een gunstig effect te hebben op de ammoniakemissie en de mestkwaliteit. Het afdraaien van de mestband resulteerde in een verlaagde ammoniakemissie ten opzichte van voorgaande meetdag.

Variaties in voeropname kunnen de stikstofexcretie met minimaal 20% verhogen of verlagen. Het is zowel economisch als ecologisch effectief en aanbevelenswaardig om te sturen op een lage stikstofopname met behoud van eierenproductie.

Er is veel variatie in uitloopgebruik. De maatregelen om het uitloopgebruik op de Lankerenhof te stimuleren lijken vruchten af te werpen in de vorm van een hoog percentage hennen buiten en een redelijke verdeling. Inrichtingsmaatregelen kunnen echter de overbemesting in de uitloop niet voorkomen, omdat ook bij een goed uitloopgebruik en omweiden structureel wordt overbemest. In de zone van 0-10 meter is de uitloop dermate overbemest dat het noodzakelijk is de mest regelmatig te verwijderen of andere technische oplossingen te vinden (bijv. drainage) om lange termijnproblemen te voorkomen.

Referenties

- Aarnink, A.J.A., J.M.G. Hol and A.G.C. Beurskens, 2006. Ammonia emission and nutrient load in outdoor runs of laying hens. *Wageningen Journal of Life Sciences* 54-2-2006: 129-234.
- Anonymous, 2005. Wijziging regeling ammoniak en veehouderij. *Staatscourant*, Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 17 pp.
- Anonymous, 2005. Besluit aanwijzing instanties Verordening identificatie en registratie van pluimveebedrijven, broedeieren en levend pluimvee (PPE) 2005. <http://lexius.nl/besluit-aanwijzing-instanties-verordening-identificatie-en-registratie-van-pluimveebedrijven-broedeieren-en-levend-pluimvee-2005>.
- Anonymous, 1991. EU-regulation on Organic Production. Council Regulation (EEC) No 2092/91 on Organic Production of Agricultural Products and Indications referring thereto on Agricultural Products and Foodstuffs. European Community, Brussels, 15 pp.
- Dekker, S.E.M., de Boer, I.J.M., Aarnink, A.J.A., Groot Koerkamp, P.W.G., 2009. Potential of LCA for designing technological innovations – the case of organic eggs., Joint International Agricultural Conference, Wageningen, Netherlands.
- Groenestein, C.M., van der Hoek, K.W., Monteny, G.J., Oenema, O., 2005. Actualisering forfaitaire waarden voor gasvormige N-verliezen uit stallen en mestopslagen van varkens, pluimvee en overige dieren. *Agrotechnology and Food Innovations*, rapport 465, Wageningen, pp. 36.
- Groot Koerkamp, P.W.G., 1998. Ammonia emission from aviary housing systems for laying hens. Inventory, characteristics and solutions. PhD thesis Wageningen University and Research Center, Wageningen, 161 pp.
- Het Portaal, 2003. De toekomst van de intensieve veehouderij nader bekeken. De sector zoekt naar oplossingen. Platform voor debat Het Portaal, november 2003.
- Jongbloed, A.W., P.A. Kemme, 2002. Oriëntatie omtrent de gehalten aan stikstof, fosfor en kalium in landbouwhuisdieren. ID Ielystad 2178.
- Jongbloed, A.W., Kemme, P.A., 2005. De uitscheiding van stikstof en fosfor door varkens, kippen, kalkoenen, pelsdieren, eenden, konijnen en parelhoenders in 2002 en 2006. Wageningen UR, Animal Sciences Group, 05/I01077, pp. 101.
- Knierim, C., 2006. Animal welfare aspects of outdoor runs for laying hens: review. *Netherlands Journal of agricultural science*, Wageningen 54-2, 133-145.
- Oenema, O., G.L. Velthof, P.W.G. Groot Koerkamp, G.J. Monteny, A. Bannink, H.G. van der Meer and K.W. van der Hoek, 2000. Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. *Alterra-rapport 107*, gewijzigde druk, Wageningen.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, H. Joergensen, A. Chwalibog, A. Haeussermann, M.J.W. Heetkamp and A.J.A. Aarnink, 2008. Carbon dioxide production in animal houses: a literature review. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal Manuscript BC 08 008*, Vol. X.
- Projectteam Houden van Hennen, 2004. Houden van Hennen, op naar gelukkige kippen, trotse boeren en tevreden burgers. Wageningen, Lelystad, Wageningen UR.



Wageningen UR Livestock Research

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

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