

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 751

Ammoniakemissie-arme wroetstal voor vleesvarkens

Januari 2014



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, 2014

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

In this study requirements and example designs are given to decrease ammonia emission from houses for growing-finishing pigs with sawdust bedding.

Keywords

pigs, bedding system, ammonia emission

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

H.W.J. Houwers
K.H. de Greef
A.J.A. Aarnink

Titel

Ammoniakemissie-arme wroetstal voor vleesvarkens

Rapport 751

Samenvatting

In deze studie worden de eisen gegeven voor en voorbeelden gegeven van emissiearme wroetstallen voor vleesvarkens.

Trefwoorden

varkens, strooiselstal, ammoniakemissie



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 751

Ammoniakemissie-arme wroetstal voor vleesvarkens

Low ammonia emission bedding system for growing-finishing pigs

H.W.J. Houwers

K.H. de Greef

A.J.A. Aarnink

Januari 2014

Voorwoord

Welzijn en milieu kunnen tegenstrijdige eisen stellen aan de huisvesting van varkens. Uit oogpunt van welzijn streven we naar meer ruimte per varken en gebruik van stro(oisel) waarin de varkens kunnen wroeten. Een aantal jaren geleden is het zogenaamde 'Canadian bedding system' geïntroduceerd in Nederland. In dit systeem wordt veel strooisel, meestal zaagsel of houtkrullen, gebruikt waarin de varkens kunnen liggen en wroeten. Deze stal is nu omgedoopt tot de 'wroetstal'. Metingen in een aantal wroetstallen heeft aangetoond dat de ammoniakemissie niet voldoet aan de grenswaarde die voor alle varkensstallen per 2013 gaat gelden. Daarom heeft het Ministerie van EZ aan Livestock Research gevraagd om aan te geven hoe de ammoniakemissie in wroetstallen kan worden beperkt. Hiertoe is een tweetal workshops gehouden met varkenshouders met een wroetstal en varkenshouders die geïnteresseerd zijn om een wroetstal te bouwen. In dit rapport worden een paar ontwerpen gegeven van potentieel ammoniak-emissiearme wroetstallen. Of ze daadwerkelijk emissiearm zijn, zullen metingen moeten uitwijzen. Hierbij willen wij de varkenshouders en Dhr. Hoochantink van ForFarmers van harte bedanken voor hun bijdrage aan de workshops. Een speciaal woord van dank voor varkenshouder Dhr. van Schijndel voor zijn gastvrijheid om de workshops op zijn bedrijf te mogen houden. Wij hopen dat dit rapport bij zal dragen aan de verdere ontwikkeling van milieu- en welzijnsvriendelijke huisvesting van varkens.

Mede namens de co-auteurs

André Aarnink
Projectleider



Samenvatting

In de varkenshouderij krijgt dierenwelzijn steeds meer maatschappelijke aandacht. Vanuit de EU en de Nederlandse overheid zijn verschillende regels opgesteld waaraan de huisvesting moet voldoen om het welzijn van varkens te verbeteren. Het beschikbaar stellen van strooisel aan varkens wordt in het algemeen beschouwd als een belangrijke manier om het welzijn van de dieren te verbeteren. Naast een verbetering van het dierenwelzijn is het ook belangrijk om de emissies van milieuvervuilende componenten zoveel mogelijk te beperken. In de praktijk zijn de afgelopen jaren initiatieven ontplooid om welzijnsvriendelijke systemen te ontwikkelen. Eén van deze initiatieven betreft de Canadese strooiselstal die in de huidige versie met de benaming wroetstal wordt aangeduid.

Het principe van de wroetstal is het gebruik van veel zaagsel (ca. 15-20 cm) in hokken met een oppervlakte van 1,0 m² per dier met veel dichte vloer, waarbij de dieren zelf het zaagsel gemengd met mest en urine naar een mestgoot toewerken. De mix van vaste mest, urine en zaagsel wordt dagelijks uit de stal verwijderd naar een composteerruimte. Het zaagsel zorgt voor een aangenaam ligbed voor de varkens en ze hebben tevens de mogelijkheid om te wroeten in het strooiselbed. Het systeem is daarom erkend als een welzijnsvriendelijk systeem (comfortclass) en door de Dierenbescherming gewaardeerd met één Ster.

Uit metingen aan een (vrijwel) nieuwe wroetstal blijkt dat de ammoniakemissie niet lager is dan die van een traditionele stal op hetzelfde bedrijf. Ook uit eerdere oriënterende metingen aan wroetstallen is gebleken dat de ammoniakemissie steeds boven de huidige grenswaarde (1,4 kg per jaar) uit het 'Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij' komt. De doelstelling van dit onderzoek was om onderbouwde ontwerpen te maken van ammoniakemissiearme wroetstallen voor vleesvarkens.

Uit een analyse van de factoren die de ammoniakemissie beïnvloeden kan geconcludeerd worden dat de emissie uit een wroetstal vooral beperkt kan worden door een verkleining van het emitterend oppervlak, een verlaging van de urease-activiteit en een snellere (gescheiden) afvoer van mest en urine. Op basis van deze kennis zijn tijdens twee workshops met varkenshouders, onderzoekers en een voorlichter die nauw betrokken is bij de bouw van wroetstallen vier ontwerpen gemaakt van emissiearme wroetstallen.

Op basis van deze studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Er is een grote betrokkenheid en motivatie onder de varkenshouders om het concept wroetstal te laten slagen, zowel op het vlak van dierenwelzijn als milieu.
- De ammoniakemissies van de huidige wroetstallen voldoen niet aan de grenswaarde in 'Besluit huisvesting'.
- De uitdaging om de ammoniakemissie uit wroetstallen te verlagen ligt vooral in het verminderen van de bevulling van het strooisel in (vooral het achterste gedeelte van) de ligruimte.
- Er zijn vier ontwerpen gemaakt van emissiearme wroetstallen. Deze zijn vooral gebaseerd op het verminderen van de bevulling van de ligruimte en op een vermindering van de emissie vanaf de mestruimte. Dit wordt bereikt door het metalen rooster, waar de dieren niet graag op mesten, te vervangen door een betonnen rooster of door een dichte vloer en door de mest regelmatig te verwijderen met een mestschuif. Ook bij deze ontwerpen zal het echter niet eenvoudig zijn om de grenswaarde voor ammoniak te halen. Slechts één van de ontwerpen voldoet aan deze grenswaarde en twee andere ontwerpen voldoen bijna aan de grenswaarde. Deze ontwerpen kunnen echter alleen aan de grenswaarde voldoen als de bevulling van het strooisel in het ligbed bij hoge omgevingstemperaturen kan worden beperkt.
- Door de stal of de dieren bij hoge omgevingstemperaturen te koelen kan de bevulling van de ligruimte worden gereduceerd.
- De emissiearme ontwerpen zoals beschreven in dit rapport zullen in de praktijk moeten worden getoetst op functioneren. Daarnaast zullen de berekende ammoniakemissies moeten worden gevalideerd door metingen in praktijkstallen.

Summary

In pig production animal welfare gets more and more attention from society. By the EU and the Dutch government different legislation has been formulated on housing of pigs to improve the welfare of pigs. Offering pigs bedding material is recognized as an important measure to improve pig welfare. Besides animal welfare, it is also important to reduce emissions of environmental pollutants from the animal house. In practice, initiatives have been evolved to develop welfare friendly housing systems for pigs. One of these initiatives is the Canadian bedding system; in its present version also called the 'Wroetstal'.

The main principle of the Wroetstal is the use of a lot of sawdust (ca. 15-20 cm) in pens with an area of 1.0 m² per animal and with mainly solid floors. The pigs themselves mix the sawdust with the faeces and urine and grub this mixture to the manure channel with scraper. This mixture is removed daily from the animal house to a composting unit. The sawdust bedding makes a comfortable lying area for the pigs and it gives the pigs the opportunity to grub in the bedding material. The Wroetstal is therefore recognized as a welfare friendly system (comfort class) and is honoured by the Welfare Agency with one star.

Measurements in a (almost) new Wroetstal show that the ammonia emission is not lower than in a traditional house for growing-finishing pigs on the same farm. Also from preliminary measurements in other Wroetstallen it appeared that ammonia emissions were clearly above the maximum required value stated in 'Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij' of 1.4 kg per pig place per year. The objective of this study was to make designs of Wroetstallen for growing-finishing pigs with a low ammonia emission.

From an analysis of the factors that influence ammonia emission it can be concluded that the emission from a Wroetstal mainly can be reduced by a reduction of the emitting surface area, a lowering of the urease activity and a fast (and separate) removal of faeces and urine. Based on this knowledge, within two workshops with pig farmers, researchers, and an extension person four designs of low emitting Wroetstallen have been made.

From this desk study the following can be concluded:

- There was a big commitment and motivation of the pig farmers to further development of the Wroetstal concept to a system that not only improves pig welfare, but also reduce emissions to the environment.
- Ammonia emissions from the present Wroetstal buildings are not fulfilling the requirements set in 'Besluit huisvesting'.
- The challenge to reduce ammonia emissions from the Wroetstal is mainly to reduce the fouling of the bedding in the lying area, especially at the back of the lying area, near the slatted floor.
- Four designs of low emission Wroetstal buildings have been made. These designs are mainly based on reduction of the fouling of the lying area and on lowering emission from the excreting area. This is reached by replacing the metal slatted floor by a concrete slatted floor or by a solid floor and by regularly removing the urine and faeces with a scraper. However, also with these designs it will not be easy to keep ammonia emission below the maximum legislated value. Only one of the designs fulfilled this requirement and two others almost did. These designs, however, can only reach a sufficient low emission when fouling of the bedding during the summer is limited.
- The fouling of the lying area during the summer can be reduced by cooling of the pig house or by cooling the animals.
- The low emission designs as described in this report should be tested under practical conditions. Furthermore, the calculated ammonia emissions should be validated by measurements in practice.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 2 | Huidige wroetstallen en ammoniakemissie | 2 |
| 2.1 | Beschrijving huidige wroetstallen | 2 |
| 2.2 | Wroetstallen in Nederland | 2 |
| 2.2.1 | Stal 'Limburg' | 2 |
| | Stal 'Overijssel1' | 4 |
| 2.2.2 | Stal 'Overijssel2' | 5 |
| 2.2.3 | Stal 'Gelderland' | 6 |
| 2.3 | Ammoniakemissie uit huidige wroetstallen | 7 |
| 2.3.1 | Stal 'Limburg' | 7 |
| 2.3.2 | Stal 'Overijssel1' | 7 |
| 2.3.3 | Stal 'Overijssel2' | 8 |
| 2.3.4 | Stal 'Gelderland' | 8 |
| 2.3.5 | Conclusie ammoniakmetingen aan huidige stallen | 9 |
| 3 | Factoren die de ammoniakemissie in een wroetstal beïnvloeden | 10 |
| 3.1 | Verkleining emitterend oppervlak | 10 |
| 3.2 | Verlaging urease-activiteit | 12 |
| 3.3 | De snelheid van (gescheiden) afvoer van mest en urine | 12 |
| 3.4 | Ammoniakemissie vanaf een vloer met strooisel | 12 |
| 4 | Mogelijkheden voor ammoniakreductie in de wroetstal | 14 |
| 5 | Perspectievolle ammoniak-emissiearme ontwerpen voor wroetstallen | 16 |
| 5.1 | Ontwerp 1: Verbeterde roostervloer, onderafzuiging en deelwassing | 16 |
| 5.2 | Ontwerp 2: Mestschuif op dichte vloer boven mestkanaal | 18 |
| 5.3 | Ontwerp 3: Schuin getrokken mestschuif en afstort in een mestspleet | 19 |
| 5.4 | Ontwerp 4: Schuin getrokken mestschuif en afstort buiten hok | 20 |
| 6 | Inschatting ammoniakemissie | 22 |
| 7 | Discussie | 24 |
| 8 | Conclusies | 25 |

Literatuur

Bijlagen

1 Inleiding

In de varkenshouderij krijgt de manier van houden van de dieren steeds meer aandacht. Vanuit de EU en de Nederlandse overheid zijn verschillende regels opgesteld waaraan de huisvesting moet voldoen om het welzijn van varkens te verbeteren. Naast een verbetering van het dierenwelzijn is het ook belangrijk om de emissies van milieuvervuilende componenten zoveel mogelijk te beperken. In 2013 moeten alle stallen voldoen aan de ammoniakemissie-eisen zoals die zijn gesteld in het 'Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij' ('Besluit huisvesting') (2005). Uit onderzoek is bekend dat het verstrekken van stro(oisel) een belangrijke bijdrage kan leveren aan het welzijn van varkens (Day et al., 2002; Spoolder et al., 1995).

Het effect van stro(oisel) huisvesting op de emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijnstof in de varkenshouderij is tot dusver maar beperkt gekwantificeerd. Uit onderzoek bij zeugen is echter gebleken dat ook in strohuisvesting de ammoniakemissie beperkt kan worden (Groenestein et al., 2006). Voor vleesvarkens of biggen zijn er in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) geen stalsystemen met stro(oisel) opgenomen. Omdat er geen bovenwettelijke maatregelen voor deze strooiselstallen bekend zijn, kunnen ze op dit moment ook niet voldoen aan de Maatlat Duurzame Veehouderij. Dat lijkt een belangrijke reden waarom deze stallen in de praktijk nog nauwelijks gebouwd worden. In de praktijk zijn de afgelopen jaren initiatieven ontplooid om dergelijke systemen te ontwikkelen. Eén van deze initiatieven betreft de Canadese strooiselstal die in de huidige versie met de benaming wroetstal wordt aangeduid.

Het principe van de wroetstal is het gebruik van veel zaagsel (laagdikte ca. 5 -20 cm) in hokken met een oppervlakte van 1 m² per dier met veel dichte vloer, waarbij de dieren zelf het zaagsel gemengd met mest en urine naar een mestgoot toewerken. De mix van vaste mest, urine en zaagsel wordt dagelijks uit de stal verwijderd naar een composteerruimte. Het zaagsel zorgt voor een aangenaam ligbed voor de varkens en ze hebben tevens de mogelijkheid om te wroeten in het strooiselbed. Het systeem is daarom erkend als een welzijnsvriendelijk systeem (ComfortClass) en door de Dierenbescherming gewaardeerd met één Ster (De Dierenbescherming, 2011). In een eigen keten wordt het vlees ook verkocht als het Krull concept van de stichting Maatschappelijk Bewuster Varkensvlees. Het systeem is bedoeld voor gangbare varkenshouders die een meerwaarde aan hun varkensvlees willen geven.

Uit metingen aan een (vrijwel) nieuwe wroetstal blijkt dat de ammoniakemissie niet lager is dan die van een traditionele stal op hetzelfde bedrijf. Ook uit eerdere oriënterende metingen aan wroetstallen is gebleken dat de ammoniakemissie steeds ruim boven de in het Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij (2005), kortweg 'Besluit huisvesting' genoemd, gestelde grenswaarde van 1,4 kg per jaar ligt. Varkenshouders en onderzoekers zien nog wel mogelijkheden om de ammoniakemissie te beperken. In deze studie zijn verschillende opties voor reductie van de ammoniakemissie uit de wroetstal voor vleesvarkens op een rij gezet. Van de meest perspectiefvolle opties zijn stalontwerpen en schetstekeningen gemaakt.

De doelstelling van dit onderzoek is om onderbouwde ontwerpen te maken van ammoniak-emissiearme wroetstallen voor vleesvarkens.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de huidige wroetstallen en wordt een overzicht gegeven van de kennis die tot dusver is opgedaan ten aanzien van de ammoniakemissie uit wroetstallen. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de factoren die de emissie uit een wroetstal beïnvloeden en op de mogelijkheden om via verandering van deze factoren de emissie te verlagen. In hoofdstuk 4 wordt een long-list gegeven van mogelijke opties om de ammoniakemissie in wroetstallen te verlagen. In hoofdstuk 5 zijn de meest perspectiefvolle opties uitgewerkt. Het rapport wordt afgesloten met een discussie over deze ontwerpen (hoofdstuk 6) en worden de belangrijkste conclusies van dit onderzoek weergegeven (hoofdstuk 7).

2 Huidige wroetstallen en ammoniakemissie

2.1 Beschrijving huidige wroetstallen

In Canada is een nieuw huisvestingssysteem ontwikkeld voor vleesvarkens, het zogenaamde 'Canadian Bedding System'. Het principe van het systeem is het gebruik van veel zaagsel in hokken met een volledig dichte vloer, waarbij de dieren zelf het zaagsel gemengd met mest en urine naar een mestgoot toewerken. Het zaagsel zorgt voor een aangenaam ligbed voor de varkens. Het systeem werd als Eco Barn beschreven door Luymes (2001, figuur 1).

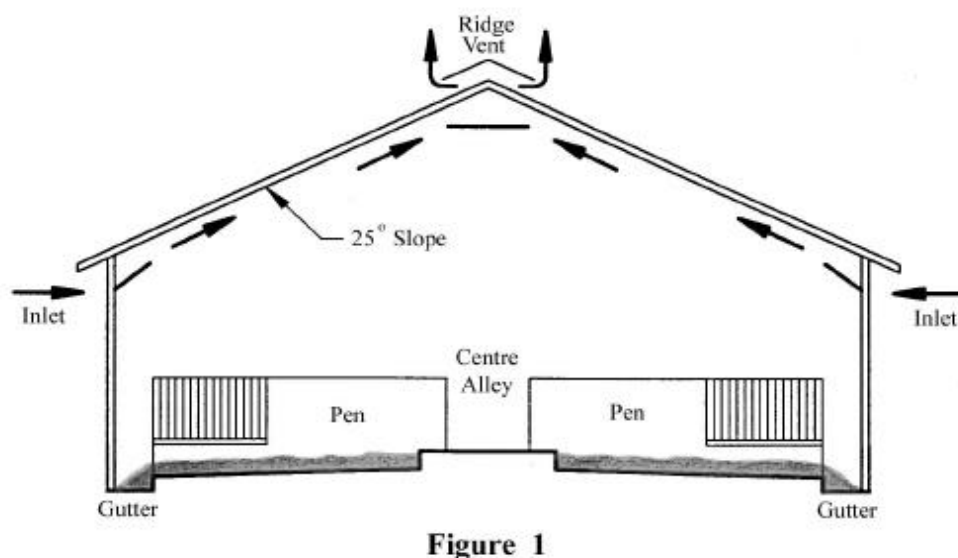


Figure 1

Figuur 1, De Eco Barn (Luymes, 2001)

2.2 Wroetstallen in Nederland

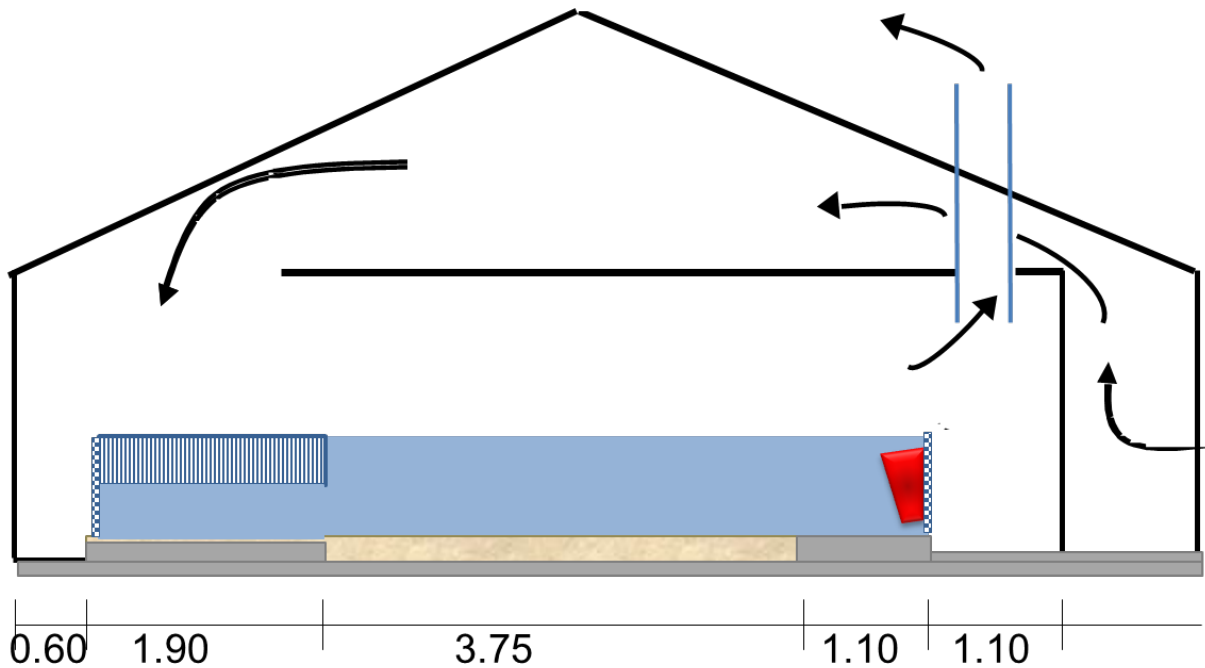
In dit hoofdstuk worden enkele uitvoeringen van de wroetstal in Nederland beschreven inclusief schetstekeningen en foto's. De betekenis van de verschillende symbolen in de figuren wordt weergegeven in de legenda van bijlage 1. Als eerste wordt de stal 'Limburg' beschreven; het eerste 'Canadian bedding system' in Nederland. Vervolgens worden twee wroetstallen beschreven in Overijssel en één in Gelderland.

2.2.1 Stal 'Limburg'

Dit huisvestingssysteem is in Nederland voor het eerst toegepast in het Zuid Limburgse Schimmert. In deze stal waren 14 hokken met netto afmetingen van 2,49 x 6,75 m² (figuur 2) (Aarnink et al., 2004). Er werden ca. 40 vleesvarkens per hok opgelegd. Bij een gewicht van ca. 40 kg werden de varkens verdeeld over twee hokken met ieder ca. 20 dieren. De vreetplaats en de mestplaats waren iets verhoogd t.o.v. de ligruimte. Een dwarsdoorsnede van stal en hok wordt gegeven in Figuur 3. De mestplaats had een helling van ca. 2% naar de mestgoot. De vloer van de mestgoot lag 10 cm lager dan de vloer van de mestplaats. In de ligruimte lag ca. 15 cm zaagsel. In de mestruimte ca. 5 cm. Het zaagselgebruik was gemiddeld 2,25 l/d per varken. Eén liter zaagsel woog ca. 0,18 kg. Drie maal per week werd zaagsel bijgevuld. Het zaagsel was afkomstig van inlands hout (o.a. vuren, dennen).

De hokafscheidingen ter hoogte van de ligruimte waren volledig dicht, terwijl de hokafscheidingen voor en achter in het hok gemaakt waren van spijlen. De hokafscheiding bij de mestruimte was voor de onderste 47 cm dicht, daarboven was de hokafscheiding open met spijlen. Voor de luchtverversing waren 5 ventilatoren, verdeeld over de lengte van de voergang, aangebracht. De laatste ventilatiekoker was afgesloten. De ventilatoren werden op basis van de staltemperatuur geregeld.

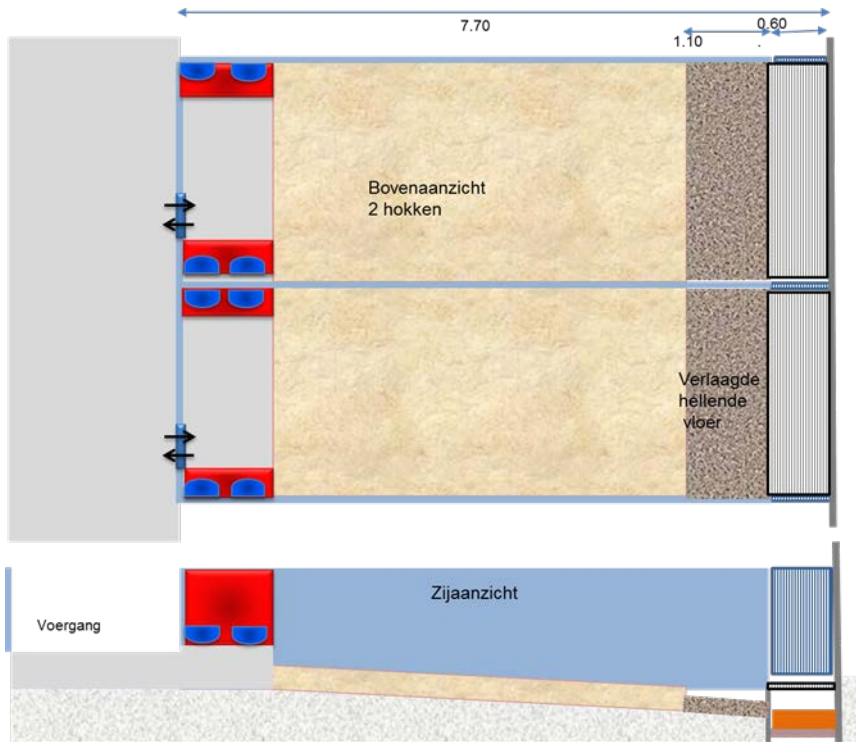
Verse lucht kwam binnen via openingen in de buitengevel van de smalle voorruimte die evenwijdig aan de voergang gelegen was en zich uitstrekte over nagenoeg de hele lengte van de stal. Van hieruit kon de lucht naar de ruimte boven het verlaagde plafond en het dak stromen. Boven de mestruimte van de hokken was geen plafond aangebracht en hier kon de lucht dus ongehinderd in de hokken stromen.



Figuur 2. Doorsnede van de stal 'Limburg', met links verhoogde mestplaats met gedeeltelijk open tussenafdeling en rechts verhoogde voerplaats. Met de pijlen wordt de luchtstroom weergegeven. Voor de legenda zie bijlage 1.

Stal 'Overijssel1'

De stal 'Overijssel1' heeft een verhoogd eetplatform en een hellende vloer van 1% in het lig- en activiteiten deel en van 2% in het achterste deel van het hok bij het verhoogde rooster (figuur 3). In figuur 4 zien we op de linker foto het open voorfront en de droogvoerbak in de hoek en op de rechter foto het verhoogde metalen rooster en de natte vloer voor het rooster.



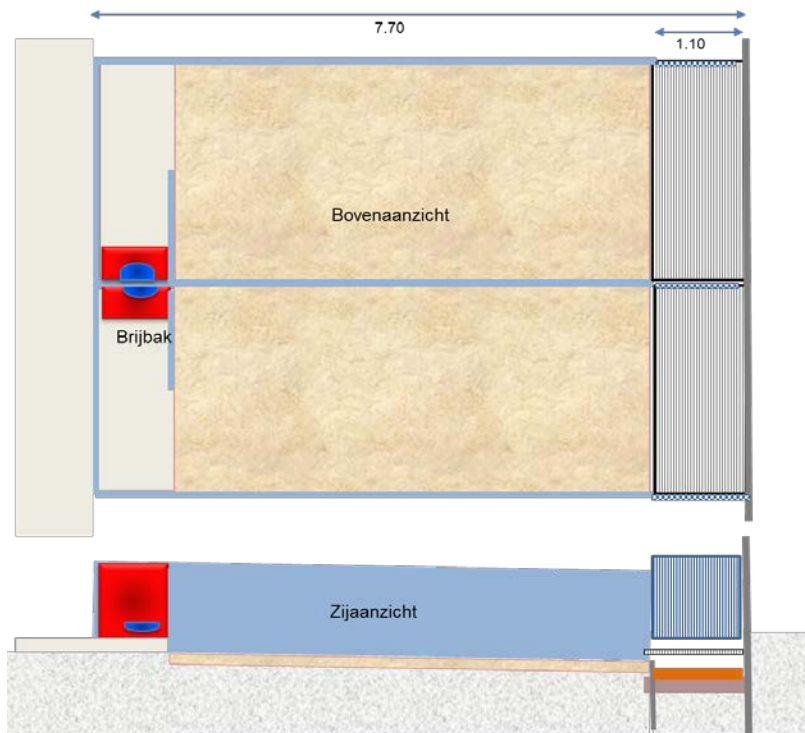
Figuur 3. Plattegrond (boven) en doorsnede (onder) van stal 'Overijssel 1'



Figuur 4. Foto's van de stal van Overijssel 1, met links een vooraanzicht van het hok en rechts een detail van de mestruimte met verhoogd rooster tegen de achterwand.

2.2.2 Stal 'Overijssel2'

De stal 'Overijssel 2' (figuur 5 en 6) heeft een hellende vloer naar een verhoogd rooster. Er wordt brij gevoerd in een brijbak op een platform dat met een schotje is afgescheiden van de ligruimte.



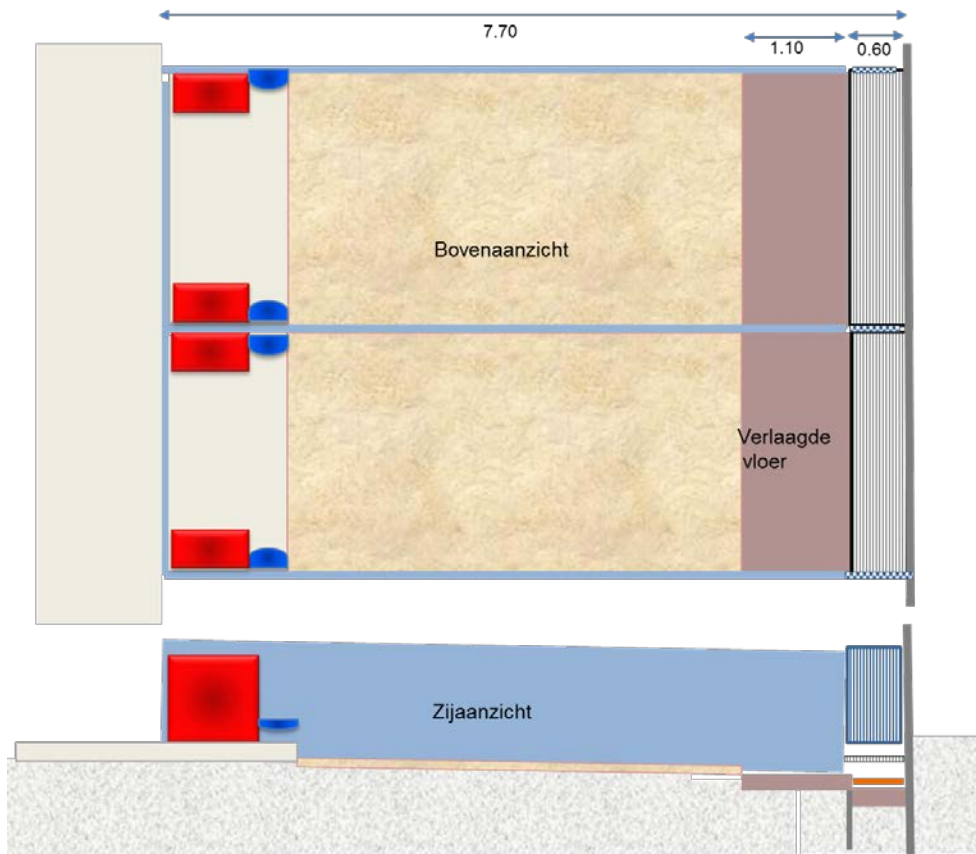
Figuur 5. Plattegrond (boven) en doorsnede (onder) van stal 'Overijssel 2'



Figuur 6. Foto's van de stal 'Overijssel 2', met links een beeld van de ligruimte en rechts een detail van het verhoogde rooster

2.2.3 Stal 'Gelderland'

De stal 'Gelderland' wordt gekenmerkt door een verlaagde vloer voor een smal rooster van 0,60 m breed. Figuur 7 geeft een schematische weergave van het systeem met een bovenaanzicht van twee hokken en een zijaanzicht ter hoogte van de tussenafdeling. Figuur 8 laat het verhoogde metalen rooster zien en zaagsel in de verdiepte vloer voor het rooster.



Figuur 7. Plattegrond (boven) en doorsnede (onder) van stal 'Gelderland' met tegenover elkaar geplaatste voerbakken, op een verhoogde vloer, en de verlaagde vloer voor het rooster.



Figuur 8. Foto's van stal 'Gelderland' met links een verhoogde voerruimte met tegenover elkaar staande voerbakken en rechts een verhoogd metalen rooster en zaagsel op de lager liggende vloer voor het rooster.

2.3 Ammoniakemissie uit huidige wroetstallen

2.3.1 Stal 'Limburg'

Bij stal 'Limburg' zijn metingen gedaan van 7 achtereenvolgende dagen gedurende twee meetperiodes, de eerste in mei, de tweede in december. Gedurende de eerste periode was de gemiddelde temperatuur van de inkomende lucht 18,7°C en de relatieve luchtvochtigheid (RV) 69,5%; gedurende de tweede periode was dit respectievelijk 1,3°C en 83,1%. Uit lokale metingen met een meetdoos bleek dat ca. 2/3 deel van de ammoniakemissie afkomstig was van de mestruimte en ca. 1/3 deel van de ligruimte. Uit deze metingen werd destijds geconcludeerd dat de wroetstal lagere emissies heeft van ammoniak en methaan dan traditionele gedeeltelijk roostervloer stallen, echter de gemeten ammoniakemissie ligt wel boven de grenswaarde van 1,4 kg.

Tabel 1. Emissies uit wroetstal 'Limburg' gemeten in mei en december.

| Gas | Mei-periode | | December-periode | |
|---------------------------|-------------|-----------|------------------|-----------|
| | (g/d) | (kg/jaar) | (g/d) | (kg/jaar) |
| Ammoniak, NH ₃ | 7,1 | 2,32 | 5,7 | 1,88 |
| Lachgas, N ₂ O | 0,87 | 0,29 | 0,43 | 0,14 |
| Methaan, CH ₄ | 8,3 | 2,7 | 6,2 | 2,0 |

2.3.2 Stal 'Overijssel1'

In de stal 'Overijssel1' is op 6 mei 2009 de ammoniakconcentratie in twee afdelingen gemeten. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het ventilatiesysteem niet goed functioneerde waardoor de luchtkwaliteit niet optimaal was. Dit kan van invloed zijn geweest op het mestgedrag, waardoor een overschatting van de ammoniakemissie het gevolg kan zijn.

De ammoniakconcentratie bleek in de twee afdelingen resp. 30 en 32 ppm te zijn, dus erg hoog, alhoewel er in de praktijk ook weleens waarden van boven de 50 ppm gemeten worden. Ook de CO₂ concentratie is gemeten om op basis daarvan een inschatting te maken van het ventilatiedebiet. Op basis van deze meting en op basis van de berekende CO₂ productie van de dieren werd een debiet van 13,4 en 18,0 m³/uur per dier berekend. Het geschatte gemiddelde gewicht van de dieren in de afdelingen was 35 en 70 kg. Op basis van deze gegevens kon de ammoniakemissie indicatief berekend worden, deze was respectievelijk 1,91 en 2,74 kg per dierplaats per jaar. Dit is dus te hoog met oog op de maximale uitstoot van 1,4 kg per dierplaats per jaar die gesteld is binnen het 'Besluit huisvesting'.

De metingen in de stal 'Overijssel1' zijn op 26 juni 2009 opnieuw uitgevoerd (Tabel 1 en 2). Op die dag was het erg warm en is er gemeten op ongeveer het warmste moment van de dag (16:00 uur). Er kan echter wel geconcludeerd worden dat de 1,4 kg ammoniaknorm bij lange na niet gehaald wordt.

Tabel 2. Gemeten ammoniakemissie in de wroetstal van 'Overijssel1' op 26-06-2009 om 16.00 uur bij een buitentemperatuur van 25,2°C en een RV van 76%.

| Afdeling | Gewicht (kg) | Voer (kg/dag) | EW-voer | [CO₂]stal (vol%) | [CO₂]buit (vol%) | [NH₃] (ppm) | CO₂-prod¹⁾ (m ³ /h) | Ventilatie (m ³ /uur) | NH₃-emissie (kg/jaar) |
|-----------------|------------------------|-------------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|--|--|
| 1 | 45 | 2,0 | 1,1 | 0,18 | 0,036 | 30 | 0,025 | 17,1 | 2,4 |
| 2 | 65 | 2,35 | 1,1 | 0,19 | 0,036 | 39 | 0,030 | 19,7 | 3,7 |
| 3 | 80 | 2,55 | 1,1 | 0,20 | 0,036 | 43 | 0,034 | 20,7 | 4,2 |
| 4 | 100 | 2,6 | 1,1 | 0,18 | 0,036 | 40 | 0,037 | 26,0 | 4,9 |
| 5 | 21 | 1,0 | 1,1 | 0,15 | 0,036 | 17 | 0,013 | 11,3 | 0,9 |
| 6 | 90 | 2,6 | 1,1 | 0,18 | 0,036 | 38 | 0,036 | 24,9 | 4,5 |
| Gem. | | | | | | | | | 3,4 |

¹⁾ Gebaseerd op berekeningen met het rekenmodel Anipro (Van Ouwerkerk, 1999)

2.3.3 Stal 'Overijssel2'

In de stal 'Overijssel2' was het mestgedrag goed en de luchtkwaliteit was prima. Desondanks lag de ammoniakemissie toch nog ruim boven (1,78 kg) de 1,4 kg die de norm stelt. De buitentemperatuur was op het moment van meten wel relatief hoog (20,3 °C). Bij lagere temperaturen zal de ammoniakemissie waarschijnlijk iets lager zijn.

Tabel 3. Gemeten ammoniakemissie in de wroetstal 'Overijssel2' op 13-05-2009 om 16:00 uur bij een buitentemperatuur van 20,3°C en een RV van 50%.

| Ventilator | Gewicht (kg) | Voer (kg/dag) | EW-voer | [CO₂]stal (vol%) | [CO₂]buit (vol%) | [NH₃] (ppm) | CO₂-prod¹⁾ (m ³ /h) | Ventilatie (m ³ /uur) | NH₃-emissie (kg/jaar) |
|-------------------|------------------------|-------------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|--|--|
| 1 | 60 | 2,15 | 1,1 | 0,130 | 0,038 | 11,9 | 0,0288 | 31,3 | 1,77 |
| 2 | 60 | 2,15 | 1,1 | 0,115 | 0,038 | 10,0 | 0,0288 | 37,4 | 1,78 |
| 3 | 60 | 2,15 | 1,1 | 0,135 | 0,038 | 12,5 | 0,0288 | 29,7 | 1,77 |
| Gem. | | | | | | | | | 1,78 |

¹⁾ Gebaseerd op berekeningen met het rekenmodel Anipro (Van Ouwerkerk, 1999)

2.3.4 Stal 'Gelderland'

In tabel 4 worden de gemiddelde emissies weergegeven die zijn gemeten tijdens 3 metingen van 24 uur in de herfst/winter periode in de wroetstal 'Gelderland'. Op dezelfde dagen werden tevens de emissies gemeten in een traditionele stal op hetzelfde bedrijf. Uit deze tabel kan geconcludeerd worden dat de wroetstal ten opzichte van een traditionele stal een vergelijkbare ammoniakemissie, lagere geur-, stof- en methaanemissies en een iets verhoogde lachgasemissie had.

Tabel 4. Ammoniak-, geur, stof- (PM10 en PM2,5), methaan (CH₄) en lachgas- (N₂O) emissies uit de wroetstal 'Gelderland' tijdens 3 metingen in de herfst/winter periode.

| Metingnummer | 1 | | 2 | | 3 | |
|---|-----------|---------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| | Wroetstal | Trad. ¹⁾ | Wroetstal | Trad. | Wroetstal | Trad. |
| Debiet [m ³ /dier/uur] | 22.6 | 39.3 | 34.3 | 23.9 | 8.0 | 12.3 |
| NH ₃ emissie [kg/dpl/jaar] ²⁾ | 6.7 | 7.4 | 8.0 | 7.9 | 1.7 | 4.6 |
| Geur emissie [OU _E /dpl/s] | 1.5 | 4.8 | 10.9 | 19.9 | 1.0 | 6.7 |
| PM10 emissie [g/dpl/jaar] | 64.9 | 83.1 | 93.4 | 156.5 | 12.4 | 50.7 |
| PM2.5 emissie [g/dpl/jaar] | 2.4 | 3.0 | 2.9 | 7.1 | 0.0 | 1.1 |
| CH ₄ emissie [kg/dpl/jaar] | 0.5 | 9.7 | 0.9 | 13.3 | 0.3 | 4.7 |
| N ₂ O emissie [kg/dpl/jaar] | 0.28 | 0.00 | 1.02 | 0.01 | 0.03 | 0.00 |

¹⁾ Trad. = traditionele huisvesting; ²⁾ dpl = dierplaats

2.3.5 Conclusie ammoniakmetingen aan huidige stallen

Op basis van bovenstaande (indicatieve) metingen aan huidige wroetstallen kan geconcludeerd worden dat er nog een flinke stap gezet moet worden om de ammoniakemissie onder de grenswaarde van 1,4 kg/jaar per vleesvarkensplaats te brengen. Emissies van geur en methaan zijn wel sterk verlaagd ten opzichte van traditionele stallen. Ook de emissie van fijnstof (PM10 en PM2,5) lijkt verlaagd te worden door de wroetstal. De emissie van lachgas is iets verhoogd, maar blijft relatief laag.

3 Factoren die de ammoniakemissie in een wroetstal beïnvloeden

De ammoniak komt in varkensstallen vooral uit de urine op de vloer en de mengmest in de mestkelder. Deze ammoniakemissie wordt vooral beïnvloed door:

1. Het ammoniumgehalte
2. De pH
3. Het emitterend oppervlak
4. De temperatuur
5. De luchtsnelheid / het ventilatiedebiet
6. De urease-activiteit
7. De snelheid van (gescheiden) afvoer van mest en urine.

Vooral de punten 3, 6 en 7 kunnen worden beïnvloed binnen de wroetstal. Ook de andere invloedsfactoren kunnen beïnvloed worden binnen de wroetstal, echter dit is niet wezenlijk verschillend voor een wroetstal ten opzichte van reguliere huisvesting van vleesvarkens.

In de navolgende paragrafen zal ingegaan worden op de mogelijkheden om de ammoniakemissie in de wroetstal te verlagen via een verkleining van het emitterend oppervlak, een verlaging van de urease-activiteit en een snellere (gescheiden) afvoer van mest en urine. Daarnaast zal kort worden beschreven wat het verschil is tussen een vloer met strooisel ten opzichte van een kale betonvloer ten aanzien van de ammoniakemissie.

3.1 Verkleining emitterend oppervlak

Ammoniak is goed oplosbaar in water daarmee ook in urine en mengmest. De mate waarin ammoniak uit de oplossing emitteert naar de lucht is daarom vooral afhankelijk van het oppervlak dat bevuild is met de ammoniakoplossing en minder met het volume van deze oplossing. Ammoniak wordt vooral gevormd door omzetting van ureum in de urine met behulp van het enzym urease. Het enzym urease wordt gevormd door urease-bacteriën. Deze bacteriën zitten o.a. in de feces van de varkens. Oppervlakken in een varkenshok die emitteren zijn daarom de met mest en urine bevuilde vloer en de met mest en urine of met mengmest bevuilde mestkelder. Het emitterend kelderoppervlak en de mate van vloerbevuiling bepalen daarom in belangrijke mate de ammoniakemissie uit varkensstallen. De ammoniakemissie uit een homogene ammoniakoplossing is evenredig met het oppervlak van deze oplossing (Aarnink & Elzing, 1998).

Verkleining van het emitterend oppervlak in een wroetstal kan worden bereikt door:

1. sturing van met mestgedrag;
2. verkleining van het rooster- en kelderoppervlak;
3. goed doorlatende roostervloeren.

Ad 1.

Sturing van het lig- en mestgedrag van varkens is een belangrijk uitgangspunt bij het ontwerp van hokken. Varkens zijn van nature zindelijke dieren en ze bevuilen in principe niet hun eigen lignest. Dit principe kan worden gebruikt om de varkens te sturen om op een relatief kleine, vaste plek te mesten. De overige ruimte in het hok hoeft dan niet als een mestruimte te worden ingericht. Dit sturen van het mestgedrag heeft er voor gezorgd dat hokken met volledig roostervloer konden worden vervangen door hokken met gedeeltelijk roostervloer. Belangrijk bij hokken met een groot deel dichte vloer is dat deze niet bevuild wordt met feces en urine. Dit geeft namelijk een sterke stijging van de ammoniakemissie.

Wanneer varkens in een nieuw hok komen, kiezen ze eerst een comfortabele ligplaats. Varkens urineren en mesten niet bewust op één bepaalde plek. Het is meer zo dat ze bepaalde plekken mijden om te mesten en urineren, bijvoorbeeld de lig-, eet- en drinkplaatsen, de overige ruimte is in principe beschikbaar / geschikt om te mesten. Dit betekent ook dat bij het groter worden van de oppervlakte per dier, de beschikbare ruimte voor mesten en urineren, toeneemt en dat ze deze hiervoor in principe ook zullen benutten. Bij een groter oppervlak per dier zal daarom de ammoniakemissie in het

algemeen toenemen. Echter, varkens zullen de plaats om te mesten op enige afstand aanbrengen van de ligplaats. Onder semi-natuurlijke omstandigheden is vastgesteld dat de afstand tussen lig- en mestplaats 5 à 15 m bedraagt. De hokvorm, bijvoorbeeld smalle diepe hokken, kan er toe bijdragen dat de varkens een duidelijke scheiding aan kunnen brengen tussen lig- en mestplaats en dat de mestplaats relatief klein is.

Varkens mesten meestal ook niet op een plek waar veel onrust of activiteit is. Ze zullen daarom in het algemeen niet bij een vreetplaats of drinkplaats gaan mesten of op een plek waar de varkens druk in de weer zijn met bijvoorbeeld een touw, ketting of ander speeltje. Varkens mesten het liefst in een rustige hoek. Dit heeft ook te maken met de relatief instabiele houding die ze aannemen bij het urineren en defeceren. Dit maakt ze kwetsbaar voor aanvallen van soortgenoten of andere dieren. Beren hebben bij het urineren een stabielere houding dan zeugen. Dit veroorzaakt dat beren voor het urineren minder genegen zijn om zich af te zonderen dan zeugen.

De keuze van de ligplaats wordt sterk beïnvloed door thermo-comfort. Bij lage temperaturen zullen varkens dicht bij elkaar gaan liggen op een dichte geïsoleerde vloer, al dan niet voorzien van stro(oisel). Bij hoge temperaturen zullen varkens verder uit elkaar gaan liggen en zullen ze een niet geïsoleerde vloer (bijvoorbeeld de roostervloer) kiezen boven de geïsoleerde of ingestrooide dichte vloer om te liggen. Het gevolg hiervan is dat het vaste lig- en mestpatroon van de dieren wordt verstoord, ze gaan liggen op de roostervloer en mesten op de dichte vloer. Hokbevuiling in de zomerperiode is een bekend fenomeen in de varkenshouderij, vooral bij vleesvarkens, die veel warmte produceren en daardoor snel problemen krijgen bij hogere temperaturen. Koelen van de stallucht, koelen van de vloer of rechtstreeks koelen van de dieren, b.v. via bevochtiging, zijn manieren om hittestress bij varkens en als gevolg daarvan het optreden van hokbevuiling te voorkomen.

Varkens hebben tevens de neiging, vooral de beren, om hun eigen territorium te markeren met mest en urine. Dit zou de reden kunnen zijn dat varkens meer genegen zijn om te mesten en te urineren bij een open hokafscheiding naar een naastgelegen hok, dan bij een dichte hokafscheiding. Hokafscheidingen op de dichte vloer worden daarom meestal dicht of halfdicht gemaakt, terwijl de hokafscheidingen op de roostervloer meestal bestaan uit open hekwerk.

Wanneer het mestgedrag goed gestuurd wordt, kan hiermee het emitterend oppervlak belangrijk worden verkleind. Daarnaast kan de mest dan effectief worden afgevoerd door op de mestplek de mest regelmatig af te voeren via een roostervloer of bijvoorbeeld met behulp van een schuif. Regelmatige en volledige verwijdering van de mest uit de stal en vanaf de uitloop kan de ammoniakemissie verder beperken. Een (vrijwel) volledige verwijdering van de mest is hierbij van belang, aangezien een dunne laag mest langdurig ammoniak kan emitteren.

Ad 2.

Wanneer het mestgedrag in het hok goed gestuurd wordt, kan het rooster- en kelderoppervlak worden gereduceerd. Daarmee kan de ammoniakemissie met name uit de mestkelder belangrijk worden gereduceerd. De ammoniakemissie uit de mestkelder is namelijk evenredig met het oppervlak van de urine/mengmest dat blootgesteld is aan de stallucht. De ammoniakemissie vanaf de roostervloer zal waarschijnlijk niet veel beïnvloed worden door het oppervlak, aangezien de varkens, bij een goede sturing, op een klein deel van dit oppervlak zullen mesten, onafhankelijk of er een groot of een klein rooster ligt.

Ad 3.

Goed doorlatende roostervloeren zijn van belang om de ammoniakemissie te reduceren. Uit onderzoek is gebleken dat metalen driekantroosters een lagere emissie geven dan betonnen roosters (Aarnink et al., 1997). Dit werd met name veroorzaakt door een lagere urease-activiteit. Op een glad oppervlak, zoals het geval is bij metalen roosters, kunnen bacteriën zich minder gemakkelijk afzetten en daarmee wordt er minder urease gevormd op dit type rooster. Ook de mate waarin de urine snel en volledig wordt afgevoerd is van belang om de ammoniakemissie te beperken.

3.2 Verlaging urease-activiteit

De urease-activiteit bepaalt de omzettingssnelheid van ureum in urine naar ammoniak/ammonium. Urease is een veel voorkomend enzym en komt tevens voor in de feces die de varkens uitscheiden. De urease-activiteit in de mengmest in een mestkelder is meestal geen beperkende factor voor de ammoniakemissie. Voor de ammoniakemissie vanaf de roostervloer en vanuit de mestgoot waar de urine en mest wordt weggeschoven of vanaf een roterende mestband kan dit wel een beperkende factor zijn. Dat wil zeggen dat hier misschien wel mogelijkheden liggen om de ammoniakemissie te beperken. De urease-activiteit wordt sterk bepaald door de vloereigenschappen, en met name de ruwheid van de vloer (Braam & Hoorn, 1996; Braam & Swierstra, 1999). Op dichte vloeren en betonnen roostervloeren is de urease-activiteit meestal niet beperkend voor de ammoniakemissie. Dichte vloeren en betonnen roosters worden namelijk ruw afgewerkt om te zorgen dat de varkens op deze vloeren kunnen lopen. Door de ruwheid van deze vloeren zal er een laagje op deze vloeren worden gevormd met een hoge urease-activiteit. Uit onderzoek is gebleken dat bij metalen driekantroosters de urease-activiteit waarschijnlijk wel beperkend kan zijn (Aarnink & Elzing, 1998; Aarnink et al., 1997). De ammoniakemissie, gevonden in voornoemd onderzoek, was bij metalen driekantroosters significant lager dan bij betonnen roosters. Dit had waarschijnlijk voor een deel te maken met een gereduceerd emitterend oppervlak, maar voor een ander deel met een lagere urease-activiteit op het metalen rooster. Alhoewel hierover cijfers ontbreken zou bij kunststofroostervloeren de urease-activiteit ook verlaagd kunnen zijn.

3.3 De snelheid van (gescheiden) afvoer van mest en urine

Door de urine en mest snel en regelmatig af te voeren, b.v. met een schuif zoals gebruikelijk in een wroetstal, zou de ammoniakemissie beperkt kunnen worden doordat niet alle ureum is omgezet naar ammoniak. De urease-activiteit is op dat moment beperkend. Dit zou versterkt kunnen worden door het gebruik van een gladde (schuif)vloer, waar de ureasebacteriën zich niet aan vast kunnen hechten. Dit effect wordt ook gevonden bij gebruik van mestbanden. Op gladde mestbanden wordt een verlaagde urease-activiteit gevonden (Persoonlijke mededeling A.J.A. Aarnink, 2013).

Ook de scheiding van mest en urine kan voorkomen dat urease vanuit de mest zich kan mengen met de urine, waardoor de urease-activiteit ook lager is. Met behulp van een bolle (Aarnink & Ogink, 2007) of een V-vormige (Aarnink et al., 2007) mestband kan er voor gezorgd worden dat de urine continu afloopt naar een gesloten opslag. De vaste mest wordt regelmatig afgedraaid met de rondgaande band, b.v. 1x per dag.

3.4 Ammoniakemissie vanaf een vloer met strooisel

In relatie tot de ammoniakemissie zijn een aantal verschillen aan te wijzen tussen een vloer met strooisel, zoals in de wroetstal, en een kale betonvloer, zoals in de meeste reguliere stallen:

- De urine die in het strooiselbed terecht komt wordt geabsorbeerd door het strooisel. Urine geproduceerd op een kale betonvloer loopt voor een belangrijk deel van de hellende vloer af naar de mestput. Het voorgaande betekent dat bij een urinelozing in de ligruimte vrijwel alle urine in het ligbed wordt geabsorbeerd door het strooisel. Afhankelijk van de urease-activiteit van het strooisel, zal de ureum in de urine meer of minder snel worden omgezet naar ammoniak/ammonium. Het is niet bekend hoeveel urease-activiteit al aanwezig is in vers zaagsel/houtkrullen. Naar verwachting zal dit niet hoog zijn. Wanneer het strooisel echter wordt bevuild met feces, zal de urease-activiteit toenemen.
- Het strooisel kan enige ammoniak binden. De bindingscapaciteit is echter niet groot, waardoor (sterk) vervuild strooisel dan ook veel zal emitteren.
- Het strooisel vergroot het emitterend oppervlak. Doordat het strooisel poreus is, heeft bevuild strooisel een veel groter emitterend oppervlak dan een kale dichte betonvloer.
- Wanneer regelmatig vers strooisel over het bevuilde strooisel wordt toegevoegd, zal het emitterend oppervlak min of meer worden afgedekt. Dit zal de ammoniakemissie verlagen. Dit werkingsprincipe is bijvoorbeeld toegepast in de rondloopstal voor zeugen (Groenestein et al., 2006).

Gezien de relatief hoge ammoniakemissies die we gemeten hebben uit wroetstallen zal het overall effect niet positief uitvallen voor een vloer met strooisel ten opzichte van een kale betonvloer. Het regelmatig afdekken van bevuild strooisel met vers strooisel, zou de ammoniakemissie kunnen beperken. Echter, de verwachting is dat dan relatief veel strooisel nodig is om een voldoende groot effect te bewerkstelligen. Andere opties, zoals we die hierna bespreken, lijken daarom eerder kostenefficiënt.

Wanneer we varkens op strooisel vergelijken met kippen op strooisel ten aanzien van de ammoniakemissie, dan is er een belangrijk verschil aan te wijzen: kippen scheiden stikstof in de urine vooral uit in de vorm van urinezuur, terwijl varkens dit vooral doen in de vorm van ureum. Urinezuur wordt veel minder snel omgezet naar ammoniak dan ureum. Terwijl ureum in het algemeen binnen een paar uur bijna volledig is omgezet, is hiervoor bij urinezuur enkele dagen nodig. Om deze reden kunnen maatregelen die bij kippen goed werken, b.v. het drogen van het strooisel of het dagelijks verwijderen van (een deel) van het strooisel, niet één op één overgezet worden naar varkens. Bij varkens zullen deze maatregelen, naar verwachting, veel minder effect hebben.

4 Mogelijkheden voor ammoniakreductie in de wroetstal

Gedurende twee workshops is een heel aantal ideeën geopperd om de gewenste ammoniakreductie te bereiken. Hieronder volgt de long-list van deze ideeën zoals ze, zonder verder onderbouwing, opgenoemd zijn door deelnemers aan de workshop. De meest bruikbare ideeën zijn in de ontwerpen gebruikt en in de discussie besproken.

Dier:

- Herkomst van de biggen met betrekking tot kruising en gedrag. Het is belangrijk dat de dieren uit een systeem komen waar ze goed mestgedrag hebben geleerd.
- Mestgedrag. De indruk bij de varkenshouders is dat het huidige mestgedrag redelijk goed is, ook in de zomer. Dieren kiezen vochtige plaatsen in het strooisel om te urineren en gaan direct achter in het hok urineren. Dieren nemen vaak niet het opstapje naar de roostervloer en mesten in de ruimte daar vlak voor. Dit vergroot het mestoppervlak meer dan wenselijk is. Borgen/beren hebben verschillend mestgedrag; zeugjes bevullen de ligruimte in het algemeen minder dan borgen of beren.

Management:

- Voertijden (aantal), en eetpatroon. Bij gelijktijdige beperkte voeding aan een trog zullen meer dieren tegelijk mesten, terwijl bij een onbeperkte voeding aan een droogvoerbak verwacht kan worden dat de dieren hun mestpatroon over de dag spreiden en een kleinere mestruimte nodig hebben. In de meeste gevallen wordt in de wroetstal al gevoerd via een droogvoerbak.
- Kwaliteit en hoeveelheid van het zaagsel; rulheid, droge stof van zaagselmest. Door regelmatig zaagsel bij te strooien kan vochtig (emitterend) strooisel worden afgedekt, waardoor de ammoniakemissie kan worden beperkt. Welke parameters van het zaagsel zijn relevant voor de uitstoot van ammoniak? Is het patroon van de ammoniakemissie bij varkens op strooisel hetzelfde als bij kippen op strooisel?
- De temperatuur in de ligruimte binnen de comfortzone voor stallen met dik strooisel houden. Hierdoor zullen de dieren in het droge strooisel gaan liggen en minder snel hun mestgedrag gaan spreiden. Bij een gewicht van 23 kg en 1,2 kg voer per dag zou deze tussen 15 en 23°C moeten zijn en bij 110 kg en 3,0 kg voer per dag tussen 7.6 en 19.2°C (Rekenmodel Anipro, Van Ouwerkerk, 1999).
- In warme perioden bovengrens comfortzone verhogen door dieren verkoeling aan te bieden, b.v. door een deel van de vloer niet in te strooien en deze te koelen of door de dieren een douche aan te bieden of regelmatig te besproeien met water (in de mestruimte). Hierdoor zullen de verschillende functiegebieden van de varkens beter in stand worden gehouden bij hoge temperaturen. Zonder koeling zullen de varkens meer in de mestruimte gaan liggen en daardoor meer in de ligruimte mesten. Een aanvullend voordeel zou kunnen zijn dat de ammoniak in de strooiselmest enigszins wordt verdund met water, waardoor de emissie ook enigszins kan afnemen.

Gebouw

- Indeling hok. De huidige indeling van het hok kan in principe gehandhaafd blijven, maar het moet de dieren gemakkelijker worden gemaakt om de mestruimte te betreden. Dit is mogelijk door de fysieke overgang minder groot te maken en maatregelen nemen om te voorkomen dat de mestruimte voor andere doeleinden, zoals liggen en drinken, dan mesten en urineren wordt gebruikt.
- Montage van een strooiselkering. Dit voorkomt dat er teveel zaagsel achterin komt en het markeert de ligruimte en de mestruimte. Een strooiselkering in de vorm van een drempel is voor varkens gemakkelijker te passeren dan een opstap.
- Beperken kelderoppervlak via schuine wanden; nadeel: zaagselmest droogt en plakt op de schuine wand.
- Beperken urease-activiteit van het strooiselmateriaal. Door het strooiselmateriaal te behandelen met ureaseremmer zou de ammoniakvorming misschien vertraagd kunnen worden.

- Type rooster: metaal heeft een betere doorlaat, echter op beton staan varkens stabiel. Metaal heeft een lagere urease-activiteit. De vraag is wat de urease-activiteit is van kunststofroosters.
- Geen rooster; door verwijdering van het rooster wordt één emitterend oppervlak, namelijk de roostervloer, weggehaald. Varkens staan ook comfortabeler op een dichte vloer dan op een roostervloer. Dit kan varkens stimuleren om meer in de mestruimte te mesten. Door de mest af te voeren met een mestschuif zullen de liggende dieren tevens verjaagd worden, waardoor er ruimte ontstaat voor de dieren om te mesten.
- Mestketting en schuif; min of meer afsluiten van het mestkanaal door de strooiselmest van een dichte vloer af te schuiven in openingen naar het mestkanaal.
- Deens hok; duidelijker scheiding aanbrengen tussen mest- en ligruimte.
- Gedeeltelijke onderafzuiging van ventilatielucht. Door een deel van de lucht onder de roostervloer af te zuigen en deze lucht te reinigen kan waarschijnlijk een belangrijk deel van de geëmitteerde ammoniak worden afgevangen. De luchtwasser kan dan relatief klein worden uitgevoerd, aangezien alleen een deel van de lucht, b.v. de minimumventilatie, met de luchtwasser moet worden gereinigd. Dit systeem is inmiddels uitgetest bij vleeskalveren en wordt op dit moment getest op VIC Sterksel bij vleesvarkens en zeugen.
- Versneld afvoeren van de mest uit de stal. Door de mest een aantal keren per dag af te voeren, kan het emitterend oppervlak worden verkleind. Hierdoor kan de ammoniakemissie worden gereduceerd. Hierbij moet worden voorkomen dat mest schone delen van de vloer gaat bevuild tijdens de mestverwijdering.
- Oppervlakte van het hok mee laten groeien met de varkens.
- Plaats drinkbak zodanig dat strooisel niet nat wordt.
- Drogen met warme lucht. Door middel van ventileren met warme stallucht kan de vloer en de mest gedroogd worden. Dit zou kunnen worden bereikt door splitsen van ventilatie in minimum ventilatie (10% van de maximum capaciteit) over de mest/vloer en deze te reinigen met een luchtwasser en bij hogere temperatuur extra afzuiging uit de nok of aanvullende natuurlijke nokventilatie.
- Inkomende lucht koelen. Door koeling van de inkomende lucht in de zomer wordt voorkomen dat de dieren op de roostervloer of in de mest gaan liggen en vervolgens op de ligruimte gaan mest.
- Sturen inkomende lucht. Door de inkomende lucht naar de mestplaats te sturen zal dit een onaangename plek zijn voor de dieren te gaan liggen. Hierdoor zal de mestplaats vrij blijven voor de dieren om te mesten.
- Vaker mestafvoeren. Door mest en urine frequenter af te voeren wordt voorkomen dat de ureum in de urine volledig wordt omgezet in ammoniak. Als dit wordt gecombineerd met een gladde hellend vloer die zorgt voor een continue afvoer van urine, kan de omzetting verder worden beperkt.
- Voeding. De ammoniakemissie kan ook via de voeding worden verlaagd: 1) via verlaging van het eiwitgehalte van het voer; 2) via toevoegingen (b.v. benzoëzuur) die de pH van de urine en mest verlagen. Hierbij moet worden opgemerkt dat alleen met stalmaatregelen voldaan kan worden aan de eisen van 'Besluit huisvesting'.
- Luchtbehandeling. Er kan een luchtwasser op de stal geplaatst worden. Dit wordt echter gezien als een laatste redmiddel om alsnog een vergunning te krijgen.

5 Perspectievolle ammoniak-emissiearme ontwerpen voor wroetstallen

Vanuit de long-list in hoofdstuk 4 zijn de meest perspectievolle maatregelen voor ammoniakreductie geselecteerd en in dit hoofdstuk verder uitgewerkt, o.a. in ontwerpschetsen. De volgende maatregelen zijn geselecteerd:

- Ontwerp 1. Verbeterde roostervloer en onderafzuiging en deelwassing.
- Ontwerp 2. Mestschuif op dichte vloer boven mestkanaal.
- Ontwerp 3. Schuin getrokken mestschuif en afstort in een mestspleet.
- Ontwerp 4. Schuin getrokken mestschuif en afstort buiten hok.

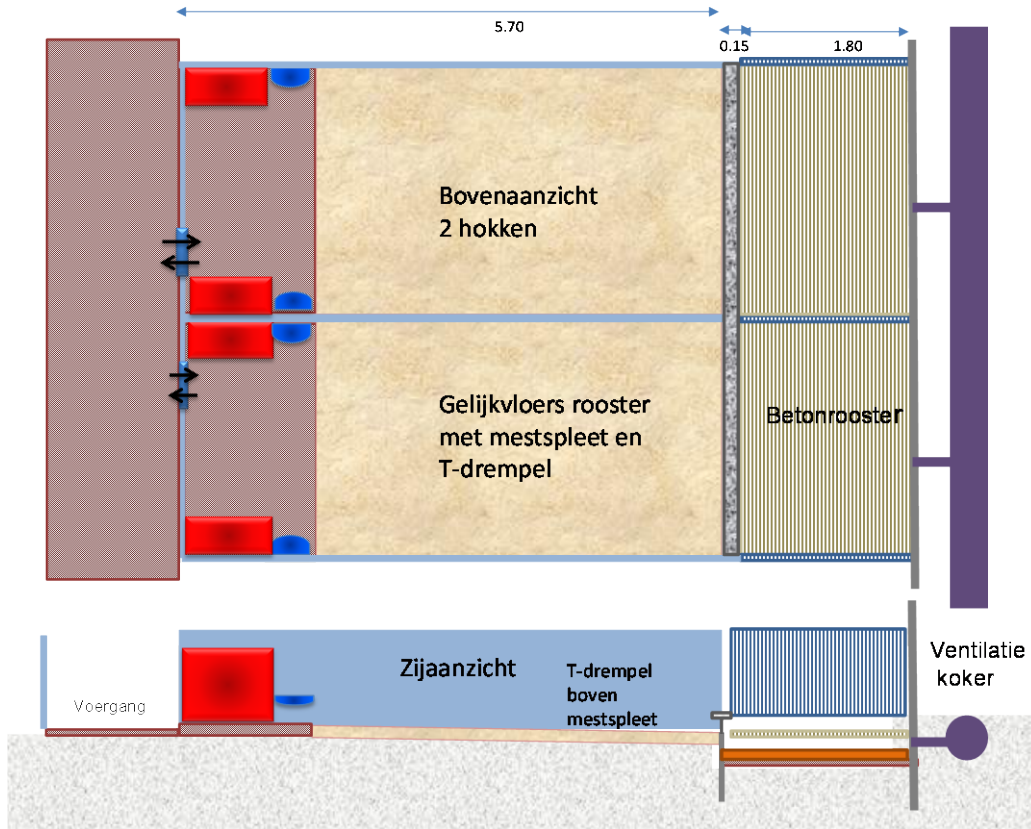
5.1 Ontwerp 1: Verbeterde roostervloer, onderafzuiging en deelwassing

Het eerste ontwerp legt de nadruk op aanpassingen om het diergedrag beter te sturen ten opzichte van het huidige ontwerp. Er wordt verwacht dat het emitterend oppervlak kan worden verkleind door te zorgen voor een duidelijke hokindeling voor de dieren, door een juiste klimaatregeling, en door een vloer aan te bieden waar de dieren goed op kunnen staan om te mesten. Bij een temperatuur boven de comfortzone zullen de dieren meer op de roosters gaan liggen om verkoeling te zoeken en daardoor meer in de ligruimte mesten. Een betonrooster zal voor de dieren comfortabeler zijn om te staan tijdens het mesten dan een metalen rooster, en daarom eerder gekozen worden als mestplaats. Een nadeel van een betonnen rooster is wel dat de emissie vanaf het rooster hoger is dan bij gebruik van een metalen driekantrooster. Hiermee wordt een ontwerp gemaakt waarbij een grotere vermindering van de ammoniakemissie wordt verwacht van een verkleining van de mestruimte dan van een vermindering van de emissie per oppervlakte-eenheid van de vloer. Daarnaast zal de toegang tot de mestruimte worden vergemakkelijkt door het huidige opstapje te vervangen door een drempel.

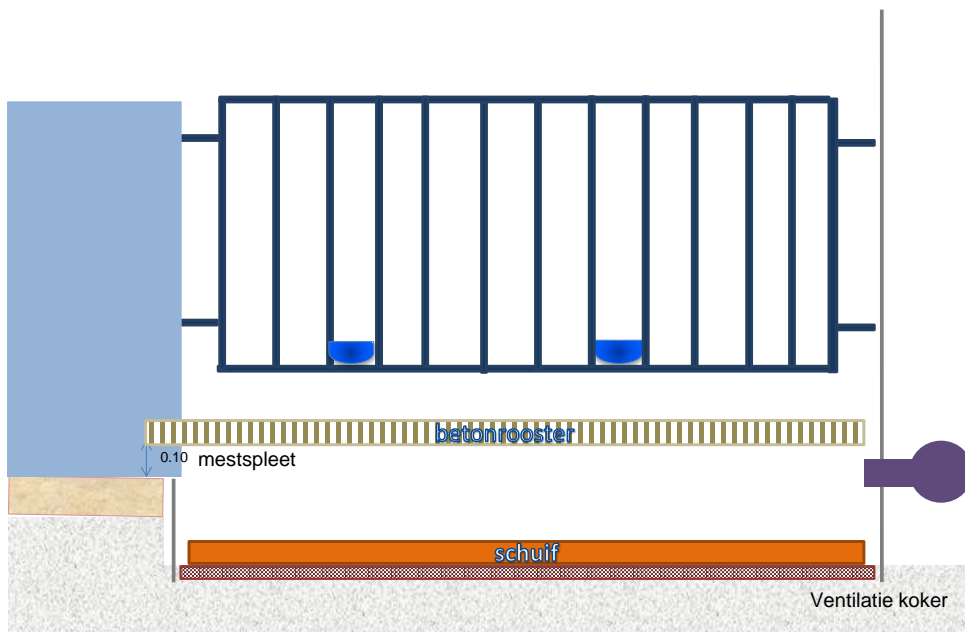
In een pilotonderzoek in de vleeskalverhouderij gedurende een lente- en zomerperiode is gebleken dat het mogelijk is om met gedeeltelijke onderafzuiging van de lucht een emissiereductie te bereiken van 30 tot 45% (Smits et al., 2008). De lucht die onder afgezogen werd (ongeveer de minimumventilatie) werd in voornoemd onderzoek met een luchtwasser gereinigd, dit wordt deelwassing genoemd. Bij toepassing in de wroetstal zou standaard de minimum ventilatie (ca. 10 tot 15% van de maximumventilatie van 80 m³ per dier per uur) onder afgezogen kunnen worden. Ventilatiehoeveelheden boven het minimum komen alleen voor bij hogere buitentemperaturen. Deze extra ventilatie zou eventueel via thermiek en een open nok kunnen worden gerealiseerd. In dit systeem zal de lucht via zijkleppen de stal in gestuurd worden en via de voergang het hok in stromen. De onder afgezogen lucht, die een relatief hoge concentratie heeft van ammoniak, wordt vervolgens gereinigd met een (kleine) luchtwasser.

Figuur 9 geeft een schematisch beeld van het ontwerp met een T-drempel als afscheiding tussen de lig- en mestruimte. Figuur 10 geeft een detail van eenzelfde hok met een verhoogd betonrooster.

Onderafzuiging van de minimum ventilatie kan ook als extra aanvulling op andere ontwerpen, waar mest in een kanaal of een goot wordt gebracht, worden toegepast. Onderafzuiging moet zodanig ontworpen en uitgevoerd worden dat er in de hele goot of ruimte onder de roostervloer een voldoende grote en gelijke onderdruk ten opzichte van de stal kan worden opgebouwd. Daarnaast moet er aandacht gegeven worden aan het voorkomen van kortsluiting tussen luchtinlaat en luchtafvoer. In de meeste huidige ontwerpen van wroetstallen valt de inkomende lucht op de roostervloer. Bij onderafzuiging moet dit worden voorkomen, aangezien er dan kortsluiting van de lucht optreedt. Als er voldoende onderdruk is in de mestruimte onder de roostervloer dan kan ook een deel van de ammoniak die gevormd wordt op de roostervloer mee worden gevoerd met de onder afgezogen lucht en vervolgens worden gewassen in een (kleine) luchtwasser.



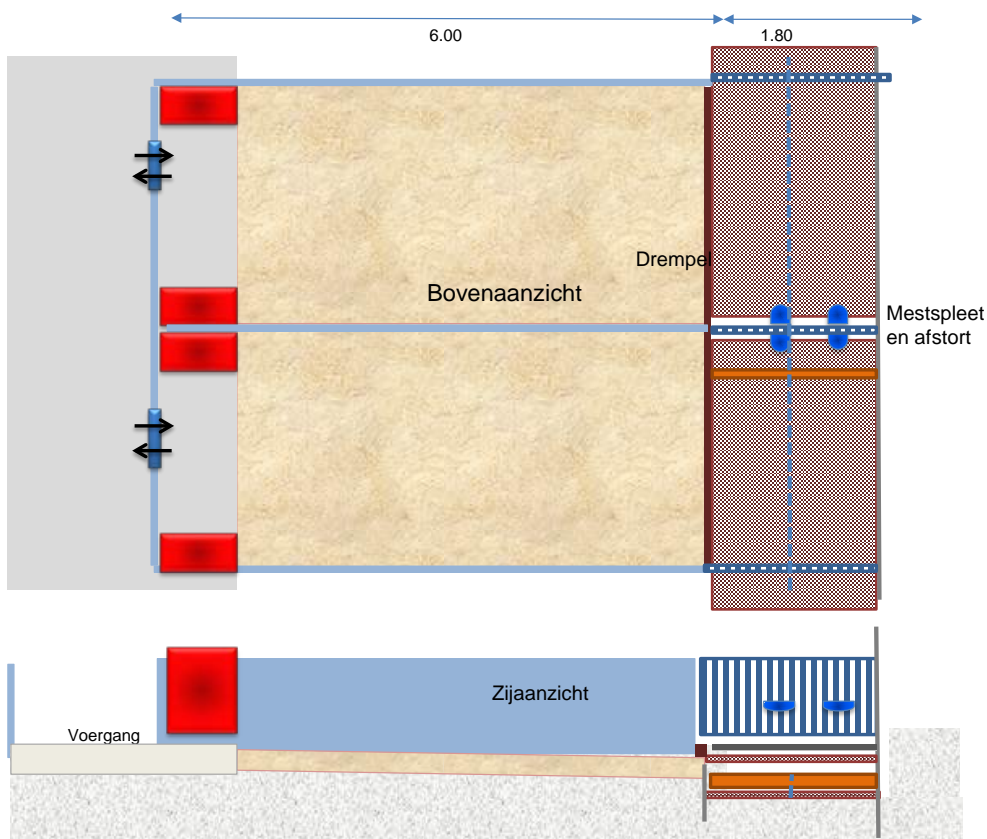
Figuur 9. Plattegrond (boven) en dwarsdoorsnede (onder) van een hok met een gelijkvloers rooster met T-drempel en schuif en afzuiging onder het rooster



Figuur 10. Doorsnede mestruimte met verhoogd rooster en onderafzuiging van ventilatielucht

5.2 Ontwerp 2: Mestschuif op dichte vloer boven mestkanaal

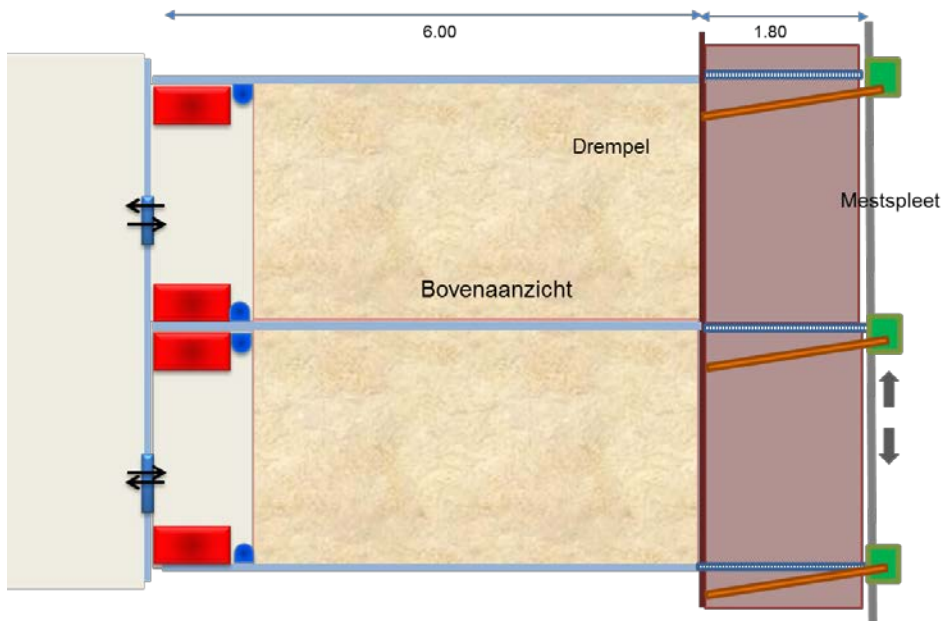
In het tweede ontwerp, weergegeven in figuur 11, wordt uitgegaan van een licht hellende dichte vloer in de mestruimte en ieder uur verwijderen van de mest met een mestschuif. Er wordt een mestplaats aangelegd van 1.80 m diep, gescheiden door een drempel van de ligruimte. De mestruimte bestaat uit een zwevende vloer van dichte betonplaten die regelmatig wordt afgeschoven met een lichte mestschuif die de mest in een spleet van 0.2 m breedte, in de vloer onder der hokafscheiding, schuift. Door drinkbakjes boven de spleet te plaatsen wordt beperkt dat dieren hier gaan liggen. Door een tweede schuif wordt de mest onder de zwevende vloer afgevoerd.



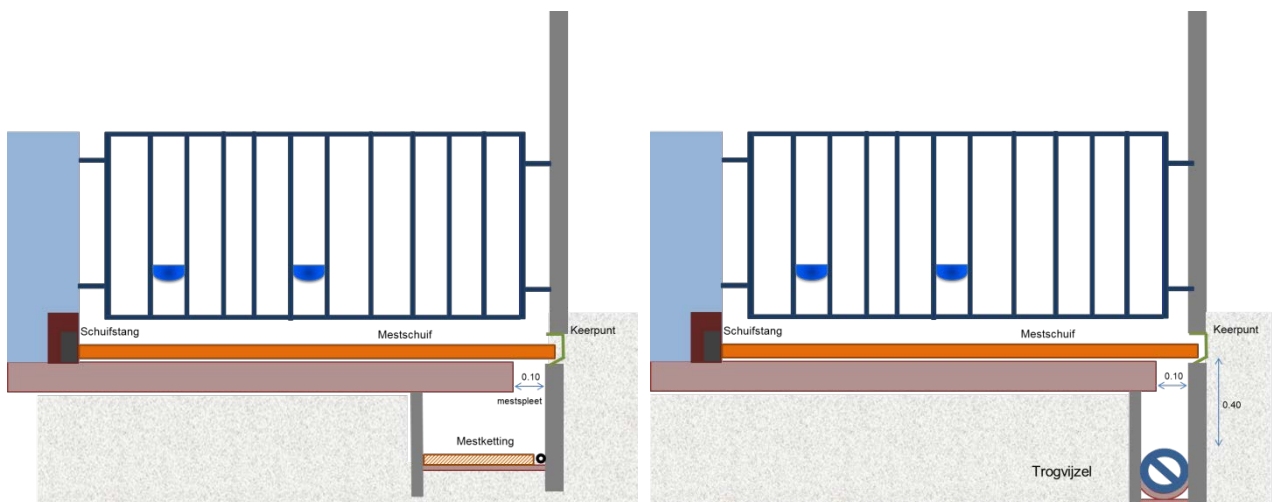
Figuur 11. Plattegrond (boven) en dwarsdoorsnede (onder) van een hok met dubbele vloer en een mestschuif over een hangende dichte vloer met daaronder een ondiepe kelder met een mestschuif.

5.3 Ontwerp 3: Schuin getrokken mestschuif en afstort in een mestspleet

Het derde ontwerp richt zich op een snelle mestafvoer per hok en het vermijden van versleping van mest tussen hokken. Aan de achterzijde van het hok wordt achter de vloer een mestspleet van 0.1 m breed gemaakt waardoor urine af kan lopen en veel mest direct in het putje daaronder valt. Omdat varkens voor het merendeel langs de achterwand van het hok zullen mesten zal veel mest en urine direct door de spleet vallen. De mest die in de mestruimte valt wordt frequent, één maal per uur, met een schuin lopende dunne en platte schuif in de spleet geveegd. Deze schuif wordt met een schuifstangsysteme binnen een hok heen en weer getrokken. Ter hoogte van iedere hokafscheiding zit een keerpunt in de buitenmuur. Door de goot onder de mestspleet loopt een mestketting. De schuif loopt langs de drempel tussen de lig- en mestruimte. Figuur 12 geeft een schematische voorstelling van dit ontwerp. In figuur 13 zijn twee mogelijkheden gegeven om de mest onder de mestspleet af te voeren. Aan de linkerkant is een traditionele mestketting geschetst. Aan de rechterkant zien we een smaller kanaal met een trogvijzel.



Figuur 12. Plattegrond van twee hokken met een schuin getrokken schuif met mestspleet en keerpunt.



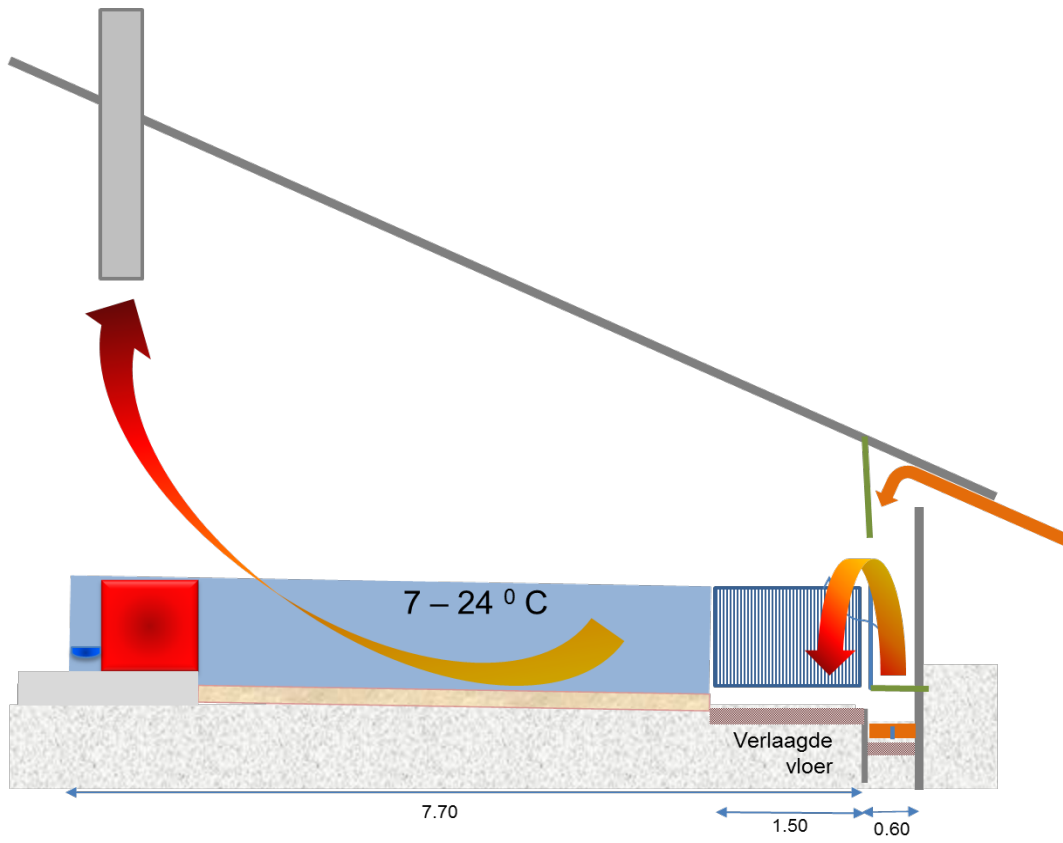
Figuur 13. Doorsnede van de mestruimte met een schuif op een dichte vloer en met een mestketting in een smal mestkanaal (links) en een vijzel in een mestgoot (rechts).

5.4 Ontwerp 4: Schuin getrokken mestschuif en afstort buiten hok

De deelnemende varkenshouders zagen de voordelen van de ontwerpen 2 en 3 voor wat betreft hygiëne en de potentie voor beperking van de NH₃-emissie. Mechanisatie onder de betonvloer is echter een overheersend praktische belemmering. In principe houdt het systeem zich onder de vloer zelf schoon en kan een schuif buiten de afdeling gereinigd en onderhouden worden. Storingen kunnen echter nooit helemaal uitgesloten worden. Omdat een betonelement veel moeilijker weg te halen is dan een metalen rooster, zijn de mestschuif, mestketting of vijzel bij storing of reiniging slecht bereikbaar. Een mestketting zou de voorkeur hebben boven een vijzel omdat de vijzel vast kan lopen of stuk slaan als er harde grove delen in het zaagsel zitten. Dit risico is afhankelijk van de kwaliteit van het strooisel en de reiniging van het zaagsel vooraf, bijvoorbeeld met magneten en door het te zeven. Vanwege voorgaande bezwaren van bereikbaarheid van bewegende delen onder een dichte vloer is een alternatief ontwerp bedacht. Dit alternatief komt dicht bij het oorspronkelijke ontwerp van de eerste wroetstal in Nederland. De stal wordt in geval van een dubbele opstelling aan beide zijden, 0.60 m breder en er wordt een mestafvoergoot achter het hok geplaatst (figuur 14). De mestgoot is van het hok gescheiden met een dichte wand die aan de onderzijde 0.20 m open is. De mest wordt middels de hierboven aangegeven schuine schuif regelmatig, bijvoorbeeld ieder uur, in de mestgoot geschoven. Dit is het verschil met het oorspronkelijke ontwerp, waarbij de mest door de varkens in de mestgoot werd gewerkt. De goot wordt van boven afgesloten om de emissie te beperken. Hierdoor ontstaat ook een gang waardoor dieren aan- en afgevoerd kunnen worden, en kan de voergang schoon blijven. De ruimte boven de mestgoot kan ook gebruikt worden om de binnenkomende lucht te dempen (figuur 15).



Figuur 14. Plattegrond van een hok met mestafvoer buiten het hok.



Figuur 12. Dwarsdoorsnede met ventilatie patroon in de wroetstal met mestafvoer buiten het hok.

6 Inschatting ammoniakemissie

In tabel 5 is een inschatting gemaakt van de ammoniakemissie uit de verschillende ontwerpen. Hierbij is als referentie de stal van 'Limburg' gebruikt, aangezien we in deze stal de lokale emissies (emissies vanaf de lig-/vreetplaats en vanaf de mestplaats) hebben gemeten (Aarnink et al., 2004). Deze lokale emissies zijn gecorrigeerd naar het niveau van de gemeten stalemissies. De gemeten lokale emissies waren namelijk omgerekend beduidend hoger dan de gemeten stalemissie door het grote ventilatiedebiet over de gebruikte meetbox. Voor berekening van de ammoniakemissie is in voornoemd onderzoek de CO₂ massabalans methode gebruikt. Hierbij is de CO₂-productie van de dieren berekend met het ANIPRO model. In dit model staan verouderde formules voor berekening van de CO₂-productie. Bij gebruik van de nieuwe formules (CIGR Working Group on Climatization of Animal Houses, 2002; Pedersen et al., 2008) worden iets hogere CO₂-producties en daarmee iets hogere ammoniakemissies berekend. In de stal van Limburg zijn metingen gedaan bij lage omgevingstemperaturen in december (gem. T = 1,3°C; gem. RV = 83,1%) en bij hoge temperaturen in mei (gem. T = 18,7°C; gem. RV = 69,5%). Als gevolg van dit temperatuurverschil was de emissie in mei hoger dan in december. We zijn bij de berekeningen er van uitgegaan dat deze extra emissie is veroorzaakt door extra bevulling van de vreet- en ligplaats en dat de emissie vanuit de mestplaats gelijk is gebleven. Opgemerkt moet worden dat in de stal van 'Limburg' de vleesvarkens al een vrij goed lig- en mestpatroon hadden. Dit werd mede veroorzaakt doordat de hokken geen roostervloer als mestruimte hadden, maar een iets verhoogde dichte vloer (zie figuur 2).

In tabel 5 zijn emissies voor de referentie en de verschillende ontwerpen geschat voor een 'schone' situatie en voor een 'vuile' situatie. Hierbij is gebruik gemaakt van het gemeten emissieverschil tussen de december- en de mei-meting in het onderzoek bij 'Limburg'. In de praktijk zouden deze verschillen tussen de 'schone' en de 'vuile' situatie groter kunnen zijn, zowel naar beneden als omhoog. Met nadruk moet vermeld worden dat de geschatte emissies in tabel 5 slechts indicatieve waarden zijn. Vooral de mate van bevulling van het strooisel is moeilijk in te schatten en dit heeft een grote invloed op de ammoniakemissie.

Uit tabel 5 is op te maken dat de ammoniakemissie alleen voor ontwerp 3 in de 'schone' situatie onder de huidige grenswaarde ligt voor ammoniak (1,4 kg/j per dierplaats) in het 'Besluit huisvesting'. Ontwerp 1 en ontwerp 4 komen bij geringe bevulling ('Schoon' in tabel 5) in de buurt van de grenswaarde. De andere waarden liggen hier boven. Bij deze berekeningen is verondersteld dat de emissie vanaf de vreet- en ligplaats steeds gelijk is aan die van de referentie

Tabel 5. Ingeschatte ammoniakemissie voor de verschillende emissie-arme ontwerpen van de wroetstal.¹⁾

| Ontwerp | Vreet- en ligplaats | | Mestplaats (incl. goot) | Jaaremissie | |
|------------|---------------------|---------------|----------------------------|------------------------------------|------|
| | schoon (g/d) | vuil (g/d) | | Schoon (kg/jaar per dierplaats) | Vuil |
| Referentie | 2.93 | 3.65 | 3.94 | 2.43 | 2.69 |
| Ontwerp 1 | 2.93 | 3.65 | 1.28 ²⁾ | 1.49 | 1.75 |
| Ontwerp 2 | 2.93 | 3.65 | 1.62 ³⁾ | 1.61 | 1.87 |
| Ontwerp 3 | 2.93 | 3.65 | 0.81 ⁴⁾ | 1.33 | 1.58 |
| Ontwerp 4 | 2.93 | 3.65 | 1.06 ⁴⁾ | 1.41 | 1.67 |

¹⁾ Voor berekening van de ammoniakemissie zijn de metingen aan de stal van 'Limburg' als uitgangspunt genomen. Hierbij zijn de volgende lokale (omgerekende) emissies gemeten:

- Emissie Vreet- en ligplaats: 'schoon': 3,96 g/(d.m²); 'vuil': 4,93 g/(d.m²).
- Emissie Mestplaats (incl. mestgoot): 'schoon': 15,55 g/(d.m²); 'vuil': 15,55 g/(d.m²).

²⁾ Hierbij is verondersteld dat alle emissie die in het mestkanaal ontstaat via de onder afgezogen lucht en via de luchtwasser de stal verlaat en dat 50% van de schuifvloer in het mestkanaal bevuild is met urine en feces. Tevens is verondersteld dat 50% van de emissie vanaf de roostervloer via de onder afgezogen luchtstroom wordt afgevoerd. De verwachting is dat onder het rooster weinig vermenging optreedt tussen het strooisel, dat vooral bij de dichte vloer ligt, en de urine en feces, die vooral tegen de achtermuur worden geproduceerd. De emissie vanaf dit oppervlak komt daardoor meer overeen met vloerbevuiling en deze is gelijk gesteld aan 12,79

$\text{g}/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$ (Aarnink et al., 2012). Er is verondersteld dat de onder afgezogen lucht wordt gereinigd in een luchtwasser met een reductierendement van 95% voor ammoniak.

- ³⁾ Hierbij is verondersteld dat 50% van de schuifvloer bevuild is met urine en feces. De verwachting is dat op de mestplaats weinig vermenging optreedt tussen het strooisel, dat vooral bij de dichte vloer ligt, en de urine en feces, die vooral tegen de achtermuur worden geproduceerd. De emissie vanaf dit oppervlak komt daardoor meer overeen met vloerbevuiling en deze is gelijk gesteld aan $12,79 \text{ g}/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$ (Aarnink et al., 2012).
- ⁴⁾ Hierbij is verondersteld dat 25% van de schuifvloer bevuild is met urine en feces. De verwachting is dat op de mestplaats weinig vermenging optreedt tussen het strooisel, dat vooral bij de dichte vloer ligt, en de urine en feces, die vooral tegen de achtermuur worden geproduceerd. De emissie vanaf dit oppervlak komt daardoor meer overeen met vloerbevuiling en deze is gelijk gesteld aan $12,79 \text{ g}/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$ (Aarnink et al., 2012).

7 Discussie

De uitdaging bij het ontwerp van een emissiearme wroetstal ligt in het beperken van de bevuiling van het strooisel in de ligruimte. In de huidige systemen wordt door de varkens vaak voor het rooster gemest. De varkens wroeten vervolgens het met mest en urine bevuilde strooisel richting de schuifvloer onder het rooster. Strooisel houdt de urine vast en het mengsel strooisel/urine kan langdurig emitteren. In de huidige wroetstallen wordt vaak een metalen driekantrooster gebruikt. Dit heeft als voordeel dat dit rooster een lagere emissie geeft dan betonnen roosters (ca. 1/3 van de emissie van betonnen roosters; (Aarnink et al., 1997)). Het nadeel is echter dat de varkens minder stabiel staan op dit rooster en daardoor liever ergens anders gaan mesten. In de wroetstal hebben de varkens, zeker in het begin van de groeiperiode, genoeg ruimte om ergens anders te mesten. Daarom wordt vaak voor het rooster op de dichte vloer gemest. Daarnaast zien varkens een opstapje naar de mestruimte als een belemmering om op het rooster te gaan mesten. Alle 3 emissiearme ontwerpen zorgen er voor dat de dieren beter in de mestruimte zullen gaan mesten, door het wegnemen van het opstapje en door het driekantrooster te vervangen door ofwel een betonnen rooster, ofwel door een dichte vloer.

De behandelde ontwerpen zullen alleen slagen als de ligruimte (vrijwel) droog blijft. Dit betekent dat meer dan ca. 80 à 90% van de mest en urine op de mestplaats moet worden gedeponereerd. Dit is sterk afhankelijk van het lig- en mestgedrag van de varkens en dit wordt belangrijk beïnvloed door de temperatuur in de ligruimte. Hiervoor is kennis van, en ervaring, met het sturen van de temperatuur binnen de comfortzone noodzakelijk. Komt de temperatuur boven de comfortzone, dan zullen varkens andere ruimten dan de ingestrooide vloer opzoeken om zich te koelen.

Volgens de inschattingen van de ammoniakemissie (tabel 5) voldoet slechts één van de vier ontwerpen aan de grenswaarde gesteld in het 'Besluit huisvesting' (Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij, 2005). Twee ontwerpen komen dicht in de buurt van de grenswaarde en één ontwerp zit daar enkele tienden boven. Voorgaande betekent niet dat deze optie dan bij voorbaat uitgesloten moeten worden. Echter hiervoor zullen dan extra maatregelen moeten worden genomen om onder de grenswaarde te komen. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het verder terugdringen van de bevuiling van het strooisel door te zorgen voor een goede klimatisering, met name in de zomer door de inkomende lucht te koelen of door de dieren direct te koelen, b.v. met vloerkoeling of door regelmatig besproeien van de dieren met water (individuele douche of een automatische sproeier boven de mestruimte). Sproeiers boven de mestruimte is in Deense stallen heel gebruikelijk, aangezien het daar verplicht is om vleesvarkens te koelen in de zomer. Een andere mogelijkheid van verdere reductie van de ammoniakemissie is het gebruik van ureaseremmers. Echter, over het effect hiervan in dit soort systemen is nog weinig tot niets bekend. Ureaseremmer zou door het zaagsel gemengd kunnen worden en zo de omzetting van ureum naar ammoniak kunnen vertragen of op de mestvloer kunnen worden toegepast. Neveneffecten van ureaseremmers op het milieu en de gezondheid van mens en dier hebben in het onderzoek nog nauwelijks aandacht gekregen. Hoewel het slechts om geringe hoeveelheden middel (milligrammen per vierkante meter per dag) gaat, zal uitgesloten moeten worden dat schadelijke contaminaties (residuen) in melk of vlees optreden. De meeste ureaseremmers werken slechts tijdelijk en worden in de bodem afgebroken (Smits & Bokma, 2008).

De ammoniakemissie van de verschillende ontwerpen kan tevens verlaagd worden door gebruik te maken van emissiearme voeders, zoals voeders met een laag eiwitgehalte en/of met toevoeging van pH verlagende toevoegmiddelen, zoals benzoëzuur. Hierbij moet worden opgemerkt dat alleen met stalmaatregelen voldaan kan worden aan de eisen van 'Besluit huisvesting'.

Mechanisatie onder een betonrooster of een dichte vloer werd door de varkenshouders als onwenselijk gezien, tenminste als de mestschuif met ketting daardoor moeilijk bereikbaar wordt. Tegen deze achtergrond is ontwerp 4 bedacht. Dit ontwerp lijkt de voordelen van de eerste drie ontwerpen, zonder het nadeel van een slecht bereikbare schuif te combineren.

8 Conclusies

Op basis van deze studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:





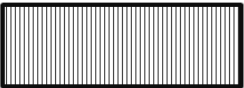
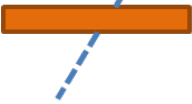







- Er is een grote betrokkenheid en motivatie onder de varkenshouders om het concept Wroetstal te laten slagen, zowel op het vlak van dierenwelzijn als milieu.
- De ammoniakemissies van de huidige wroetstallen voldoen niet aan de grenswaarde in 'Besluit huisvesting'.
- De uitdaging om de ammoniakemissie uit wroetstallen te verlagen ligt vooral in het verminderen van de bevuilding van het strooisel in (vooral het achterste gedeelte van) de ligruimte.
- Er zijn vier ontwerpen gemaakt van emissiearme wroetstallen. Deze zijn vooral gebaseerd op het verminderen van de bevuilding van de ligruimte en op een vermindering van de emissie vanaf de mestruimte. Dit wordt bereikt door het metalen rooster, waar de dieren niet graag op mesten, te vervangen door een betonnen rooster of door een dichte vloer en door de mest regelmatig te verwijderen met een mestschuif. Ook bij deze ontwerpen zal het echter niet eenvoudig zijn om de grenswaarde voor ammoniak te halen. Slechts één van de ontwerpen voldoet aan deze grenswaarde en twee andere ontwerpen voldoen bijna aan de grenswaarde. Deze ontwerpen kunnen echter alleen aan de grenswaarde voldoen als de bevuilding van het strooisel in het ligbed bij hoge omgevingstemperaturen kan worden beperkt.
- Door de stal of de dieren bij hoge omgevingstemperaturen te koelen kan de bevuilding van de ligruimte worden gereduceerd.
- De emissiearme ontwerpen zoals beschreven in dit rapport zullen in de praktijk moeten worden getoetst op functioneren. Daarnaast zullen de berekende ammoniakemissies moeten worden gevalideerd door metingen in praktijkstallen.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., Elzing, A. 1998. Dynamic model for ammonia volatilization in housing with partially slatted floors, for fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 53: 153-169.
- Aarnink, A.J.A., Huis in 't Veld, J., Hol, A., Vermeij, I. 2007. Kempfarm vleesvarkensstal: milieu-emissies en investeringskosten. Animal Sciences Group. Rapport 67.
- Aarnink, A.J.A., Ogink, N.W.M. 2007. Environmental impact of daily removal of pig manure with a conveyer belt system. *International Symposium on Air Quality and Waste Management for Agriculture, 16-19 September 2007, Broomfield, Colorado 701P0907cd.* .
- Aarnink, A.J.A., Swierstra, D., Van den Berg, A.J., Speelman, L. 1997. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. *J. agric. Engng Res.* 1997, 66: 93-102.
- Aarnink, A.J.A., Vermeer, H.M., Ploegaert, J.P.M. 2012. Ammoniakemissiearme verharde uitlopen voor varkens. Wageningen UR Livestock Research. Rapport 625.
- Aarnink, A.J.A., Wagemans, M.J.M., Nijeboer, G.M. 2004. Emissies uit een welzijnsvriendelijke stal voor vleesvarkens; het 'Canadian Bedding System'. Agrotechnology and Food Innovations. Rapport 084.
- Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij. 2005. Besluit van 8 december 2005, houdende regels ter beperking van de ammoniakemissie uit huisvestingssystemen van veehouderijen (Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij). in: *Staatsblad 2005 675*. Den Haag, pp. 1-67.
- Braam, C.R., Hoorn, C.J.v.d. 1996. Ammoniakemissie-arme betonnen stalvloeren; resultaten van experimenteel en toegepast onderzoek [Concrete floors for animal houses with low ammonia emission; Results of experimental and applied research]. *Report 96-12, IMAG-DLO Wageningen, 207 pp.*
- Braam, C.R., Swierstra, D. 1999. Volatilization of ammonia from dairy housing floors with different surface characteristics. *J. Agric. Engng Res.* 72: 59-69.
- CIGR Working Group on Climatization of Animal Houses. 2002. *Heat and moisture production at animal and house levels*. CIGR Working Group.
- Day, J.E.L., Burfoot, A., Docking, C.M., Whittaker, X., Spoolder, H.A.M., Edwards, S.A. 2002. The effects of prior experience of straw and the level of straw provision on the behaviour of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 76(3), 189-202.
- Groenestein, C.M., den Hartog, L.A., Metz, J.H.M. 2006. Potential Ammonia Emissions from Straw Bedding, Slurry Pit and Concrete Floors in a Group-housing System for Sows. *Biosystems Engineering*, 95(2), 235-243.
- Pedersen, S., Blanes-Vidal, V., Joergensen, H., Chwalibog, A., Haeussermann, A., Heetkamp, M.J.W., Aarnink, A.J.A. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: a literature review. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal*, Manuscript BC 08 008, Vol. X.
- Smits, M.C.J., Bokma, S. 2008. Verkenning perspectief van ureaseremmers voor beperking van ammoniakemissie uit Nederlandse melkveestallen. Wageningen UR Livestock Research.
- Smits, M.C.J., Campen, J.B., Huis in 't Veld, J.W.H. 2008. Emission reduction by slurry pit air separation in a veal calf house; proof of principle. Lelystad : Animal Sciences Group, Report 179.
- Spoolder, H.A.M., Burbidge, J.A., Edwards, S.A., Simmins, P.H., Lawrence, A.B. 1995. Provision of straw as a foraging substrate reduces the development of excessive chain and bar manipulation in food restricted sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 43(4), 249-262.
- Van Ouwkerk, E.N.J. 1999. ANIPRO: Klimaat- en energiesimulatiesoftware voor stallen. *Nota V99-109, IMAG Wageningen*.

Bijlage 1. Legenda voor de gebruikte figuren.

Bij alle ontwerpen zijn de symbolen gebruikt zoals weergegeven in de volgende legenda.

| | | | |
|---|-------------------------------|---|-----------------|
|  | Ingestrooide Ligrimte |  | Grond |
|  | Dichte betonvloer |  | Ventilatiekoker |
|  | Mestruimte driekantrooster |  | Mestschuif |
|  | Mestruimte betonrooster |  | Doorgang |
|  | Mestruimte Dichte vloer |  | Voer |
|  | Open hokafscheiding |  | Water |
|  | Dichte hokafscheiding | | |

Bijlage 2. Deelnemers aan de workshops

| Naam | Achtergrond |
|---------------------|------------------------------------|
| Sander Hooch Antink | ForFarmers |
| Jan van Schijndel | Varkenshouder |
| André Aarnink | WUR – LR |
| Karel de Greef | WUR – LR |
| Wim Houwers | WUR – LR |
| Jan Broenink | Varkenshouder |
| Arjan Mieras | Varkenshouder / Mieras engineering |
| Laurens Stevelink | Varkenshouder |
| Otto Offenbergh | Varkenshouder |
| Marco Oosterveld | Varkenshouder |
| Rob Hilkens | Varkenshouder |
| Bert Kleiboer | Varkenshouder |



Wageningen UR Livestock Research

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

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