

Bouwsteen stallen

Quick scan van opties voor vermindering van ammoniak- en geuremissie uit vleeskalverstallen in de Agrarische Enclave Uddel Elspeet

M.C.J. Smits
R.W. Melse
A.C. Smits
N.W.M. Ogink

Rapport 509



Bouwsteen stallen

Quick scan van opties voor vermindering van ammoniak- en geuremissie uit vleeskalverstallen in de Agrarische Enclave Uddel Elspeet

M.C.J. Smits
R.W. Melse
A.C. Smits
N.W.M. Ogink

Rapport 509, in opdracht van DLG, juli 2005

Colophon

Title	Bouwsteen stallen Quick scan van opties voor vermindering van ammoniak- en geuremissie uit vleeskalverstallen in de Agrarische Enclave Uddel Elspeet
Author(s)	M.C.J. Smits, R.W. Melse, A.C. Smits en N.W.M. Ogink
A&F number	509
ISBN-number	90-6754-943-6
Date of publication	Juli 2005
Confidentiality	Non
Project code.	630.53009.02

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: michel.smits@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.

This report is authorised by: N.W.M. Ogink

Inhoud

1 Inleiding	5
2 Uitgangssituatie vleeskalverstallen	8
2.1 Inventarisatie huidige staltypes	8
2.2 Huisvestingscondities	10
2.3 Reductie van ammoniak en stank	12
3 Oplossingsrichtingen	16
3.1 Luchtwassing	16
3.1.1 Luchtwassystemen	16
3.1.2 Scenario's	17
3.1.3 Uitgangspunten	18
3.1.3.1 Mechanisch geventileerde stallen	18
3.1.3.2 Natuurlijk geventileerde stallen	18
3.1.4 Resultaten doorgerekende scenario's	18
3.1.4.1 Scenario A: Mechanische ventilatie, 100% luchtbehandeling	18
3.1.4.2 Scenario B: Mechanische ventilatie, luchtwasser met bypass	20
3.1.4.3 Scenario C: Kelderlucht afzuigen; 10% luchtbehandeling	22
3.1.5 Regelgeving	23
3.1.5.1 Ammoniak	23
3.1.5.2 Geur	24
3.2 Technieken voor reductie van emissies uit de mestkelder	25
3.2.1 Koeldek	25
3.2.2 Sleufvloer	26
3.2.3 Drijfslag olie	27
3.2.4 Schuine putwanden (IC-V)	28
3.2.5 Spoelgoten	29
3.2.6 Hellende mestband onder de roosters	29
3.3 Additionele opties	30
3.3.1 Koeling ventilatielucht	30
3.3.2 Benzoëzuur in voer en andere voermaatregelen	31
4 Perspectievolle systemen; selectie, kosten en algehele beoordeling	33
4.1 Selectie	33
4.2 Kosten	33
4.3 Beoordeling diverse aspecten	35
5 Conclusies	38
Literatuur	40
Samenvatting	43

1 Inleiding

De Provincie Gelderland heeft de Dienst Landelijk Gebied (DLG) opdracht gegeven op korte termijn een uitwerkingsplan van de Reconstructie Veluwe op te stellen voor het gebied Agrarische enclave Uddel Elspeet. Het concept-plan dient in augustus 2005 gereed te zijn. Voor deze uitwerking zijn door DLG vijf 'bouwstenen' gedefinieerd die in uitgewerkte vorm de basis leggen onder het uitwerkingsplan. DLG heeft Agrotechnology & Food Innovations (A&F) benaderd voor de uitwerking van de bouwsteen "Stallen".

In het uitwerkingsplan zal worden ingezet op een forse vermindering van de ammoniakuitstoot uit de veehouderij in het gebied. Het betreft hier hoofdzakelijk vleeskalverproductie. De vermindering kan worden gerealiseerd door de inzet van emissiearme stalsystemen. Het kan hierbij zowel gaan om de aanpassing van bestaande stallen als om de realisatie van nieuwe emissiearme stallen. Voor de vleeskalversector zijn tot dusver geen emissiearme stalsystemen ontwikkeld die kosteneffectief kunnen worden ingezet. In de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV) wordt enkel een conventionele stal met chemische luchtwasser als emissiearm opgevoerd. De opvatting van de sector is dat deze alleen met hoge kosten inzetbaar is in de kalversector. Naast het terugdringen van ammoniak is het terugdringen van de geuruitstoot uit stallen eveneens gewenst om beperkingen door stankcirkels zoveel mogelijk te elimineren. De vermindering van ammoniakuitstoot en geurbelasting in de enclave met behoud van ontwikkelingsmogelijkheden voor vleeskalverbedrijven heeft alleen kans van slagen wanneer kosteneffectieve emissiearme stalsystemen in de vleeskalversector op korte termijn kunnen ontwikkeld. Het is niet bekend in hoeverre de huidige emissie-arme principes uit andere diercategorieën met succes kunnen worden toegepast bij vleeskalverhuisvesting en met welke extra kosten hierbij moet worden gerekend. Tevens is voor betrokken partijen onvoldoende duidelijk hoe eventuele nieuwe stalsystemen snel ontwikkeld en geïmplementeerd kunnen worden in de praktijk, en erkend worden in de RAV.

Dit project heeft tot doel op korte termijn inzicht te verschaffen in de technische mogelijkheden om emissiearme stalsystemen voor de vleeskalverbedrijven in de enclave te introduceren. Dit inzicht heeft zowel betrekking op aanpassing van bestaande stallen als nieuw te bouwen stallen. Daarmee kan op termijn een forse reductie van ammoniakemissie gerealiseerd worden en kan de beperking van bedrijfsontwikkelingen door stankuitstoot geminimaliseerd worden.

In 2001 is door Smits *et al* een eerste inventarisatie van mogelijkheden van ammoniak- en geurreductie in de vleeskalversector gemaakt. Toegespit op de situatie in de Agrarische Enclave wordt in dit rapport een geactualiseerd beeld van de meest perspectiefrijke emissie reducerende systemen, effectiviteit, kosten en andere relevante beoordelingscriteria gegeven. Dit op basis van expert judgement en gebruik makend van voortschrijdend inzicht, ervaringen met en innovaties in emissie-arme systemen.

In hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie ten aanzien van vleeskalverstallen in de Agrarische Enclave kort geschetst, alsook de eisen die wettelijk gelden ten aanzien van huisvesting, ammoniak en geur. In hoofdstuk 3 wordt het principe beschreven van emissiearme technieken die in vleeskalverstallen toegepast zouden kunnen worden alsook de mogelijke knelpunten daarbij. In hoofdstuk 4 wordt voor een selectie van emissiearme technieken een overzicht gegeven van diverse beoordelingsaspecten, zoals kosten en effectiviteit.

De omvang van deze studie was gelimiteerd door tijd en budget. Deze studie is binnen een kort tijdsbestek uitgevoerd in de vorm van een quick scan.

2 Uitgangssituatie vleeskalverstallen

2.1 Inventarisatie huidige staltypes

In de agrarische enclave (tussen Garderen, Speuld, Staverden, Elspeet en Uddel) bevinden zich in totaal circa 130 bedrijven met vleeskalveren met gemiddeld circa 450 kalverplaatsen per bedrijf. De bedrijfsgroottestructuur is in tabel 1 samengevat (bron: DLG op basis van vergunningsgegevens).

Tabel 1 Totaal aantal bedrijven met vleeskalveren (gemeentes Apeldoorn, Barneveld, Ermelo en Nunspeet) per grootteklasse van het aantal kalverplaatsen.

Grootteklasse (Aantal kalverplaatsen)	Aantal bedrijven
1 – 200	37
201-400	30
401-600	26
601-800	19
801-1000	7
1001-1500	7
> 1501	3
Totaal	129

In bijlage 1 is enige nadere informatie weergegeven over de verdeling van de bedrijven naar bedrijfsomvang en saldo.

Staltypering

Circa 70% van de kalverstallen in de Agrarische Enclave is opgezet volgens het traditionele Veluwestal-concept. Een dwarsdoorsnede van dit staltype is in bijlage 2 weergegeven. Bij dit concept zijn 3 varianten van mestopslag onder de roosters te onderscheiden:

Variant 1: onder de roosters van de groepshokken bevindt zich vrijwel direct een licht hellende vloer naar de oorspronkelijke grup (minimale kelderinhoud);

Variant 2: de gehele ruimte onder de roosters van de groepshokken is onderkelderd;

Variant 3: de gehele stal is onderkelderd, inclusief de voergang tussen de groepshokken.

Een standaard eenheid van dit staltype is 30 meter lang en ca. 6-7 meter breed. Deze standaardeenheid wordt meestal een aantal keren herhaald in de breedte. De stallen zijn oorspronkelijk gebouwd voor individuele huisvesting in boxen. In het laatste decennium zijn de meeste stallen omgebouwd naar groepshuisvesting. De stallen hebben per eenheid een centrale voergang in de lengte en aan weerskanten groepshokken. Soms zijn de tussenmuren van de eenheden verwijderd en loopt er een verbindende gang dwars op de stalrichting. Een deel is als voerkeuken ingericht.

Bij de ombouw naar groepshokken zijn meestal muurtjes aan beide kanten van de voergang opgemetseld, evenals aan de achterzijdes van de stal, waarop vervolgens betonnen lateien zijn geplaatst en dwars hierop houten roosters. De mestopslagruimte is hierdoor vergroot tot de gehele oppervlakte onder de roosters. In sommige gevallen zijn de groepen 'verbreed' over de lengte van het gehele groepshok. Aldus is dan een kelder met een vlakke vloer onder het gehele groepshok gecreëerd met dezelfde diepte (soms zelfs dieper uitgegraven) als de oorspronkelijke grup.

Ventilatie vindt op natuurlijke wijze plaats via de deuren van de voergang, met luchtafvoer via de nok. Dit kan ondersteund worden door aanwaaiers in de voergang en door ventilatoren in de nok. Het staldak is veelal aan de binnenzijde voorzien van een isolatielaag.

De gemiddelde bedrijfsgrootte van dit type stallen is in het algemeen 400-500 dierplaatsen. Op deze bedrijven wordt het 'all in – all out' principe (batchgewijze aanvoer en afvoer van dieren met een uniforme leeftijd) toegepast. De mestopslag is soms vergroot door een grup die voorlangs loopt. De mestafvoer is op verschillende wijze georganiseerd; deels via drukleidingen naar de kalvergierzuivering, deels via tanktransport.

In de laatste decennia zijn modernere stallen gebouwd (ca 30% van de stallen). Deze stallen zijn veelal ruimer van opzet en grootschaliger qua bedrijfsomvang: schaalgrootte 800-900 dierplaatsen. Een voorbeeld van een dwarsdoorsnede van een moderne stal is in bijlage 3 opgenomen. De moderne stallen hebben veelal grotere leefvolumes. Soms vindt regeling van de ventilatie via gestuurde kleppen plaats.

2.2 Huisvestingscondities

Huisvesting en Welzijn

Sinds 1 januari 2004 gelden strengere eisen ten aanzien van het welzijn van kalveren door de verplichting tot groepshuisvesting. Dit is een gevolg van een wijziging van het Nederlandse Kalverenbesluit op 1 januari 1998, welke gebaseerd is op voorschriften uit de Gezondheid- en Welzijnswet voor Dieren. De wijziging van het Kalverenbesluit vloeit voort uit een wijziging van de EU-regelgeving (Kalverenrichtlijn) en heeft tot doel het welzijn van kalveren te verbeteren. Concreet houdt dit voor de kalverhouderij het volgende in. Wanneer een stal na 1 januari 1998 verbouwd, herbouwd of in gebruik genomen is, dient de stal vanaf die datum aan de volgende eisen te voldoen:

- Kalveren ouder dan acht weken moeten in groepen worden gehuisvest, tenzij een dierenarts heeft verklaard dat een kalf in verband met zijn gezondheid of gedrag moet worden geïsoleerd om te worden behandeld;
- Indien kalveren in eenlingboxen worden gehouden (leeftijd < 9 weken, daarna alleen op indicatie van de dierenarts), moet de breedte van een eenlingbox minimaal gelijk zijn aan de schofthoogte van het daarin gehouden kalf; de lengte dient ten minste 1,1 maal de lichaamslengte van het kalf te zijn. Met uitzondering van zieke kalveren, dienen de wanden in eenlingboxen zodanig te zijn opengewerkt, dat de kalveren elkaar kunnen zien en aanraken;
- Een kalf tot 150 kg moet over ten minste 1,5 m² vrije ruimte te beschikken, een kalf van 150 kg of meer maar minder dan 220 kg, over tenminste 1,7 m² en een kalf van 220 kg of meer over ten minste 1,8 m².

Bovenstaande eisen zijn eveneens vanaf 31 december 2003 van toepassing wanneer de stal vóór 1 januari 1994 in gebruik is genomen en de stal nadien niet is ver- of herbouwd.

Bovenstaande eisen gelden echter pas vanaf 31 december 2006 wanneer de kalverhouder kan aantonen, dat de stal na 1 januari 1994, maar vóór 1 januari 1998 in gebruik is genomen en sindsdien niet is ver- of herbouwd en voldoet aan de volgende eisen:

De breedte van eenlingboxen ten minste 0,8 maal de schofthoogte is of 81 cm (90 cm plus of minus 10%) hart op hart tussen de wanden meet;

kalveren die niet in eenlingboxen worden gehouden, dienen elk te beschikken over een vloeroppervlak van ten minste 1,5 m².

De belangrijkste huisvestingstechnische karakteristieken zijn hierna samengevat:

<i>Stalvormen</i>	<ul style="list-style-type: none">• Veluwestal dwarsopstelling 25-30 kalveren per afdeling• Stallen met dwarsopstelling* ;50 kalveren per afdeling• Nieuwe stallen lengte opstelling** :250-750 kalveren per afdeling
-------------------	---

<i>Klimaat/Ventilatie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Stalinhoud Veluwestal 8- 10 m³ per kalf ; Andere stallen 10-14 m³ • Capaciteit mechanische ventilatie per kalf 200 m³/uur; • Veluwestal met natuurlijke of mechanische ventilatie: Luchtinlaat via de deuren; luchtuitlaat via nok of ventilator • Andere stallen met natuurlijke of mechanische ventilatie Inlaat via de deuren of via zijgevel uitlaat via nok of ventilator • Dwarsventilatie (inlaat in andere inlaat uit) kan maximaal wel 40-60 % bedragen • Regelbare nok
<i>Huisvesting</i> <i>Oppervlakenormen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kalveren worden in individuele boxen opgevangen (80x150 cm) en mogen daarin tot maximaal 8 weken verblijven • Na 8 weken groepshuisvesting op volledige roostervloer • Vloeruitvoering: hard houten roostervloer; • Tot 150 kg 1,5 m² per kalf; voorlopers wat betreft groepshuisvesting mogen deze norm nog tot 2006 nog toepassen • 150- 220 kg 1,7 m² per kalf; • > 220 kg 1,8 m² per kalf; bij nieuwbouw wordt deze norm gehanteerd. • dichte stallen; geen strooisel
<i>Dieren</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kalveren worden op een leeftijd van minimaal 10 dagen aangevoerd; weerstand is een probleem met name van importkalveren die over grote afstanden worden aangevoerd; ziekte insleep uit derde landen
<i>Voer/water</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Witvlees kalveren bijvoeren van ruwvoer in de vorm van maïs of ruwvoermix is verplicht. • Rosékalveren krijgen na een melkperiode van 10-12 weken enkelvoudige voeders, afvalproducten uit de voedingsmiddelen industrie, krachtvoer naast maïs; • water voor melkbereiding moet drinkwaterkwaliteit zijn daarnaast wordt drinkwater verstrekt uit eigen bron.
<i>Levensduur</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 26 – 28 weken (wit) 32-35 weken rosékalveren
<i>Hygiëne</i>	<ul style="list-style-type: none"> • all in all out systeem

* dwarsopstelling voergang en hokken dwars op de nokrichting;

** lengteopstelling voergang en hokken evenwijdig met de nok

2.3 Reductie van ammoniak en stank

Procedure emissie-arme systemen

Voor het toekennen van wettelijk erkende ammoniakemissiefactoren aan stallen wordt tot medio 2005 gewerkt onder toezicht van een commissie van deskundigen aan de hand van een beoordelingsrichtlijn uit 1996. Aan ammoniakemissie-arme systemen dienen per afzonderlijke diercategorie emissiemetingen volgens een protocol plaats te vinden. Dit protocol wordt momenteel herzien op grond van voortschrijdend inzicht. Vanwege de invloed van het bedrijfsmanagement zullen metingen in de toekomst op meerdere bedrijven uitgevoerd moeten worden (indicatie: 4 bedrijven met per bedrijf minimaal 6 kort durende metingen die redelijk verdeeld zijn in de tijd over seizoenen en daarbinnen over de leeftijden van groeiende dieren); de emissievariatie tussen bedrijven is vaak groter dan die tussen stalsystemen.

Proefstalregeling

De proefstalregeling is bedoeld om nieuwe emissiearme technieken in de praktijk te ontwikkelen en toe te passen. Op verzoek van degene die een nieuwe emissiearme techniek in een stal wil toepassen die (nog) niet op de bijlage met huisvestingsystemen van de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV) voorkomt, kan voor die specifieke stal een bijzondere emissiefactor vastgesteld worden. Dit vooruitlopend op de meetresultaten. Daarmee kan een bedrijf (stal) een voorsprong verkrijgen. Als de emissiearme techniek later qua emissieprestaties blijkt tegen te vallen, wordt de proefstal daar niet op afgerekend, maar blijft de speciale emissiefactor voor die proefstal van kracht. Verder kan de proefstal in aanmerking komen voor speciale belasting- en financieringsfaciliteiten. De proefstalregeling wordt mogelijk verruimd tot de bedrijven die volgens het nieuwe protocol bemeten dienen te worden.

In het huidige protocol (tot medio 2005) blijven de metingen en dus ook de proefstalstatus veelal beperkt tot slechts één bedrijf; soms met een simultane referentiemeting aan een gangbaar systeem; soms uitsluitend m.b.t. het emissie-arme systeem. Vanwege variaties tussen rondes moeten metingen veelal plaatsvinden in meerdere rondes; bij vleeskalveren gedurende 2 mest rondes. Vanwege mogelijk seizoensinvloeden moeten metingen zowel in de zomer als in de winter plaatsvinden bij een –afgezien van het emissie-arme systeem- gangbare bedrijfsvoering. Emissie-arme systemen kunnen aan een commissie van deskundigen (met ingang van 2005/2006 gecoördineerd door SENTER-NOVEM in opdracht van het ministerie van VROM) voorgelegd worden voor een emissiemeting volgens een protocol. Emissiemetingen worden veelal uitgevoerd door de meetploeg van A&F of door ASG.

De aanvrager dient de kosten van de meting te dragen. Soms is cofinanciering (tot maximaal 50%) mogelijk, bijvoorbeeld vanuit het LNV onderzoekprogramma gasvormige emissies (WUR) of een subsidie van de overheid (EZ, LNV, VROM). Een meting kost enkele tientallen k€. Bij

het simultaan meten van meerdere systemen in verschillende afdelingen binnen een bedrijf kunnen enige kostenvoordelen behaald worden ten opzichte van een meting aan één systeem.

Emissiefactoren geur

Voor het niveau van geuremissie zijn er in de wetgeving 2 situaties:

- De Regeling stankemissie in landbouwontwikkelings- en verwevingsgebieden (Rsv-Wsv); deze regeling is ook van toepassing in aangewezen extensiveringsgebieden.
- De Richtlijn veehouderij en stankhinder (Richtlijn, 1996) Deze richtlijn geldt voor gebieden die niet als landbouwontwikkelings en verwevingsgebied of als extensiveringsgebied zijn aangewezen.

De in tabel 2 vermelde waarden volgens de Rsv-Wsv zijn de gecorrigeerde waarden (staatscourant 28-08-2003, nr 165, p 24) omdat aanvankelijk vleeskalveren tot 8 maanden en roodvleeskalveren tot 6 maanden verwisseld waren; voor roodvleeskalveren geldt een omrekenfactor van 0,9.

Emissiefactoren ammoniak

In de RAV wordt voor vleeskalveren in gangbare huisvesting uitgegaan van 2,5 kg ammoniak per dierplaats per jaar (inclusief 7% leegstand). Deze factor is gebaseerd op de eerste serie metingen op één bedrijf in 1996 (Groenestein en Hol, 1997). Sindsdien zijn op diverse andere bedrijven emissies gemeten. Uit alle latere metingen bleken hogere emissieniveaus bij gangbare bedrijfsvoering. De werkelijke ammoniakuitstoot per dierplaats zal in de praktijk dus hoger zijn dan de RAV-waarde. Uitgedrukt in procenten zullen de effecten van emissie-arme maatregelen veelal hetzelfde blijven (proportionele effecten ten opzichte van een hoger uitgangsniveau). In absolute zin moet echter na implementatie van emissie-arme systemen rekening worden gehouden met hogere resterende ammoniakemissies dan berekend door een reductiepercentage (zoals bijvoorbeeld vastgesteld bij vleesvarkens) te vermenigvuldigen met de RAV factor van vleeskalveren in de uitgangssituatie.

Om de doelstelling tot absolute verlaging van ammoniakdepositie op gevoelige natuur daadwerkelijk te realiseren wordt de behoefte aan systemen met hoge emissiereducties hierdoor groter. Bij de dimensionering van luchtwassystemen kan rekening worden gehouden met een hogere uit te wassen hoeveelheid ammoniak. Bij de meeste andere emissie verlagende systemen is de emissiereductie niet te vergroten door een aangepaste dimensionering.

Tabel 2 Ammoniak- en geuremissiefactoren voor vleeskalveren in wetten en in recente metingen in Nederland.

	kg NH ₃ per dierplaats per jaar	OU _E /s	Omrekenfactor MVE ⁽²⁾	Opm
<u>WETTELIJKE NORMEN</u>				
Ammoniak: RAV (WAV, 2003)				
Chemische luchtwater , > 90% rendement	0,3			
Alle overige stallen	2,5			
Stank: Richtlijn 1996		(23)	1	
Stank: Rsv-Wsv, 2003				
Luchtwater		(25,6)	0,9	
Overig		(38,3)	0,6	
<u>METINGEN</u>				
Beurskens & Hol, 2004; ronde 1	4,1			zomer ⁽¹⁾
Beurskens & Hol, 2004; ronde 2	2,7	44		winter
Ogink & Lens, 2001 (Pythia project)	3,5	38		Meerdere bedrijven
Beurskens <i>et al.</i> , 2004	3,7	47		Rozé, tot 340 kg
Groot Koerkamp <i>et al.</i> , 1998	4,25	Nb		4 bedrijven
Groenestein & Hol, 1997	2,6	Nb		

⁽¹⁾ deels berekend vanwege meettechnische beperkingen in eerste helft mestronde 1

⁽²⁾ omrekening naar mestvarkenseenheden: (n dierplaatsen delen door omrekenfactor)

Bij 500 dierplaatsen dus respectievelijk $500/1,0= 500$ MVE

$500/0,9= 556$ MVE

$500/0,6= 833$ MVE

1 MVE komt overeen met 23 OU_E/s

Recente metingen

Recentelijk zijn er metingen uitgevoerd bij witvleeskalveren met gangbare huisvesting en gangbare bedrijfsvoering (Beurskens & Hol 2004) en bij rosé vleeskalveren eveneens bij gangbare omstandigheden (Beurskens *et al.*, 2004). Enkele jaren geleden zijn simultaan met geurmetingen op diverse vleeskalverbedrijven ook ammoniakemissiemetingen uitgevoerd (Ogink en Lens, 2001). Door Groot-Koerkamp *et al.* (1998) zijn eerder enkele zeer korte metingen aan een viertal vleeskalverstallen verricht.

Belasting- en financieringsfaciliteiten

De volgende instrumenten kunnen relevant zijn bij emissie-arme systemen:

Milieu-investeringsaftrek (MIA),
Vrije afschrijving Milieu-investeringen (Vamil),
Energie Investeringsaftrek (EIA),
Borgstellingsfonds+ (BF+),
groen financiering / Groen beleggen (GB).

Om ondernemers in de veehouderijsector te prikkelen tot het doen van maatschappelijk gewenste investeringen en/of investeringen die de innovatie in de primaire sectoren bevorderen worden ammoniakarme stallen al sinds jaren gestimuleerd met de VAMIL en de MIA. Hiervan is vooral in de varkens- en pluimveehouderij veel gebruik gemaakt. Onder voorwaarden is ook groenfinanciering mogelijk. Verder kan onder bepaalde condities ook aanspraak gemaakt worden op BF+.

In de nabije toekomst wordt verruiming verwacht van faciliteiten ter stimulering van investeringen in emissie-arme systemen met prestaties die verder gaan dan de wettelijke minimumeisen. Het verdient dan ook aanbeveling dat ondernemers bij investeringsbeslissingen de mogelijkheden en eisen m.b.t. belasting- en financieringsfaciliteiten goed (laten) onderzoeken.

3 Oplossingsrichtingen

In dit hoofdstuk worden emissiearme technieken beschreven die mogelijk in de vleeskalverhouderij ingezet kunnen worden. Het principe van systemen wordt kort beschreven, alsook de mogelijke knelpunten bij toepassing in een stal met vleeskalveren. Luchtwassersystemen krijgen speciale aandacht omdat daarbij hoge reducties mogelijk zijn. Door genoeg te nemen met iets lagere reducties kan de kosteneffectiviteit van luchtwassers aanzienlijk toenemen. Om hier inzicht te geven, zijn drie scenario's voor een chemisch wassysteem uitgewerkt. Daarna worden diverse systemen die de emissie vanuit de mestkelder (onder de roosters) kunnen beperken kort beschreven. Tenslotte worden koeling van ventilatielucht en het voerspoor als 'additionele opties' kort beschreven. Deze additionele opties leveren op zichzelf geen grote emissiereductie, maar combinatie met andere maatregelen kan aantrekkelijk zijn.

3.1 Luchtwassering



Foto: voorbeeld van een luchtwassersysteem

3.1.1 *Luchtwassersystemen*

Er zijn twee verschillende hoofdsystemen voor de wassing van stallucht:

- chemische luchtwassering
- biologische luchtwassering.

In Tabel 3 zijn de belangrijkste verschillen tussen een biologische en een chemische wasser weergegeven. Afhankelijk van de situatie kan op grond van Tabel 3 worden gekozen voor een chemische of biologische luchtwasser. In deze studie ligt de nadruk op een hoge ammoniakverwijdering en daarom wordt in de volgende scenario's uitgegaan van de toepassing van een chemische luchtwasser. In bijlage 4 is een indicatieve berekening voor luchtbehandeling met een biowasser opgenomen. Dit ter vergelijking met de hierna beschreven scenario's voor een chemisch wassysteem.

Tabel 3 Belangrijkste verschillen tussen chemische en biologische wasser (Melse & Willers, 2004).

	Chemische wasser	Biologische wasser ⁽¹⁾
Gemiddelde ammoniakverwijdering	90-95%	70%
Gemiddelde geurverwijdering	ca. 30%	ca. 40-50%
Spuiwaterproductie	30 liter / kg NH ₃ verwijdering	200 - 700 liter / kg NH ₃ verwijdering
Samenstelling spuiwater	ammoniumsulfaat oplossing (ca. 15 massa%)	waterige fractie die nitraat, nitriet en ammonium bevat
Chemicaliëngebruik	1,5 liter geconcentreerd zwavelzuur / kg NH ₃ verwijdering	n.v.t.

⁽¹⁾ Exclusief denitrificatie van het spuiwater.

3.1.2 Scenario's

De volgende scenario's zijn doorgerekend:

A) Volledige luchtbehandeling:

Mechanisch geventileerde stal, alle lucht wordt door een chemische luchtwasser behandeld. Eventueel kan de lucht vervolgens door een biofilter geleid worden voor een vergaande geurverwijdering.

B) Bypass (pieken doorlaten):

Mechanisch geventileerde stal, waarbij alle lucht door een chemische luchtwasser wordt geleid totdat een vooraf ingesteld maximaal debiet wordt bereikt; het overschot aan lucht wordt ongezuiverd uitgestoten via een bypass.

C) Puntafzuiging:

Mechanisch of natuurlijk geventileerde stal, waarbij puntafzuiging van lucht onder de roosters plaatsvindt en dit deel van de lucht door een chemische luchtwasser wordt behandeld.

Daarnaast is het mogelijk om in een natuurlijk geventileerde stal autonoom opererende luchtwasunits op te hangen in de nok, die zorgen voor een emissiereductie van ammoniak. Deze wasunits hebben een eigen ventilator en zuigen een hoeveelheid lucht door de wasser; na het doorlopen van de wasstap wordt de lucht weer de stal ingeblazen. Een aantal van deze units zou ook boven op de open nok kunnen gemonteerd worden. Dit scenario wordt hier niet nader uitgewerkt.

3.1.3 *Uitgangspunten*

3.1.3.1 Mechanisch geventileerde stallen

Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet bedraagt ca. $10 \text{ m}^3/\text{dier}/\text{uur}$ bij startgewicht en loopt op tot $200 \text{ m}^3/\text{dier}/\text{uur}$ bij het eindgewicht, gemiddeld ca. $100 \text{ m}^3/\text{dier}/\text{uur}$.

In de winterperiode (oktober-maart) ligt het gemiddelde debiet met $75 \text{ m}^3/\text{dier}/\text{uur}$ ongeveer 40% lager dan in de zomerperiode (april-september, $125 \text{ m}^3/\text{dier}/\text{uur}$).

Ammoniak

De ammoniakemissie bedraagt ca. $2,5 \text{ kg}/\text{dier}/\text{jaar}$. Bij een gemiddeld debiet van $100 \text{ m}^3/\text{dier}/\text{uur}$ levert dit een ammoniakconcentratie van $2,9 \text{ mg}/\text{m}^3$.

In de zomer is de ammoniakemissie ongeveer 20% hoger dan in de winter (zomer: 2,8 en winter $2,3 \text{ kg}/\text{dpl}/\text{jaar}$). De gemiddelde ammoniakconcentratie is dan $2,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ in de zomer en $3,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ in de winter.

Stalinhoud

De inhoud van de oudere stallen is $8 - 10 \text{ m}^3/\text{dier}$, de nieuwere stallen zijn met $12 - 14 \text{ m}^3/\text{dier}$ iets ruimer.

3.1.3.2 Natuurlijk geventileerde stallen

In natuurlijk geventileerde stallen kan het ventilatie-debiet wel een factor 2 hoger zijn. De ammoniakconcentratie zal dan een factor 2 lager zijn, wanneer aangenomen wordt dat de emissie niet wordt beïnvloed door de hoogte van het ventilatie-debiet.

3.1.4 *Resultaten doorgerekende scenario's*

3.1.4.1 Scenario A: Mechanische ventilatie, 100% luchtbehandeling

Kenmerken

1000 vleeskalveren (2 stallen met elk 500), mechanische ventilatie, chemische wasser (95%), volledige luchtbehandeling.

Ventilatie en ammoniak

Het mechanische ventilatiesysteem en de wasser worden gedimensioneerd op het maximaal ventilatiedebiet, d.w.z. 200 m³/dier/uur oftewel 200.000 m³/uur bij 1000 dieren. Op dit debiet is de wasser dus ook berekend.

De ammoniakconcentratie bedraagt gemiddeld 3 mg/m³.

Wasserontwerp

De uitstroomopeningen van het ventilatiesysteem worden aangesloten op een chemische luchtwassersysteem. Door de lucht te wasser met een zwavelzure oplossing wordt de ammoniak uit de lucht verwijderd met een rendement van 95%.

Het ontwerpdebiet van de wasser is 200.000 m³/uur. Bij een verblijftijd (EBRT) van 0,5 s betekent dit een wasserpakket van ca. 30 m³. Het zwavelzuurverbruik bedraagt ca. 1,5 liter H₂SO₄ (98%) per kg NH₃ verwijdering, oftewel 3,6 m³ H₂SO₄ per jaar voor een stal met 1000 vleeskalveren. De hoeveelheid spuiwater is 20 maal zo hoog, dus ruim 70 m³ per jaar.

In Tabel 4 is een inschatting gemaakt van de kosten van luchtwassing, gebaseerd op kostenberekeningen aan een nieuwbouw vleesvarkensstal.

Tabel 4 Investerings- en exploitatiekosten (€/dier, excl. BTW) van chemische wasser voor de behandeling van stallucht van vleeskalveren (200 m³/dier/uur) (gebaseerd op Melse & Willers, 2004) ⁽¹⁾

Diercategorie	Vleeskalveren
Code	A 4.2
Emissiefactor (kg NH ₃ /dier/jaar)	2,5
Investeringskosten (€/dier)	140
Exploitatiekosten per jaar (€/dier)	
<i>Vaste kosten:</i>	
Afschrijving (10%)	14
Onderhoud (3%)	4,2
Rente (6%)	4,2
<i>Variabele kosten:</i>	
Elektriciteit	18,3
Water	1,6
Chemicaliën	2,2
Afzet-/Verwerkingskosten spuiwater	1,0
Totaal exploitatiekosten (€ / dier / jaar)	46
Totaal exploitatiekosten (€ / kg NH ₃ verwijdering)	19

⁽¹⁾ De berekeningen zijn gebaseerd op een nieuwbouw vleesvarkensstal. Aangenomen wordt dat het ammoniakverwijderingsrendement 95% bedraagt.

Wanneer er sprake is van aanpassing van een bestaande stal, dienen de investeringskosten die in Tabel 4 worden genoemd aangepast te worden.

Biofilter

Nadat in de chemische wasser de ammoniak is verwijderd, kan de lucht vervolgens eventueel door een biofilter geleid worden voor een vergaande geurverwijdering. Deze geurverwijdering zal gemiddeld zo'n 90% bedragen.

Aangenomen wordt dat de luchtverblijftijd in het biofilter 5 - 10 seconde bedraagt, oftewel een luchtbelasting van 400 - 700 m³ lucht/m³ biofilter/uur.

Bij een maximaal debiet van 200 m³/dier/uur oftewel 200.000 m³/uur bij 1000 dieren, is er dus een biofilter nodig met een volume van 275 - 550 m³.

Uitgaande van een maximale hoogte van het biofilterbed van 1 m, is er dus een oppervlak nodig van evenveel m². Eventueel kan het biofilter uit meerdere lagen worden opgebouwd met units die op elkaar worden gestapeld; wanneer er 3 lagen van boven elkaar worden geplaatst, is het benodigde grondoppervlak dus 90 - 190 m².

De investeringskosten van een biofilter van deze omvang zijn ca. € 0.30 - 0.50 per m³ lucht/uur. Uitgaand van € 0.40 per m³ lucht/uur en een maximaal ventilatiedebiet van 200 m³/vleeskalverplaats/uur, bedragen de investeringskosten dus € 80/vleeskalverplaats. De jaarkosten (rente, afschrijving, onderhoud, vervanging filtermateriaal eens per 5 jaar, toename elektrakosten) zullen ca. € 40/vleeskalverplaats bedragen.



Foto: voorbeeld van een biofilter

3.1.4.2 Scenario B: Mechanische ventilatie, luchtwater met bypass

Kenmerken

1000 vleeskalveren (2 stallen met elk 500), mechanische ventilatie, alle lucht wordt door een chemische luchtwater (95%) geleid totdat een vooraf ingesteld maximaal debiet wordt bereikt; het overschot aan lucht wordt ongezuiverd uitgestoten via een bypass.

Ventilatie en ammoniak

Het mechanische ventilatiesysteem wordt gedimensioneerd op het maximale ventilatiedebiet, d.w.z. 200 m³/dier/uur oftewel 200.000 m³/uur bij 1000 dieren. De wasser wordt gedimensioneerd op 50% van dit debiet, oftewel 100.000 m³/uur. Wanneer het ventilatiedebiet hoger is dan 100.000 m³/uur, wordt dit deel van de lucht ongezuiverd uitgestoten via een bypass. Uit berekeningen voor vleesvarkens en voor vleeskuikens (Melse & Ogink, 2004) is bekend dat op deze manier 20% van de ammoniakbelasting de stal verlaat via deze bypass.

Wasserontwerp

De uitstroomopeningen van het ventilatiesysteem worden aangesloten op een chemische luchtwassysteem. Door de lucht te wasser met een zwavelzure oplossing wordt de ammoniak uit de lucht verwijderd met een rendement van 95%.

Het ontwerpdebiet van de wasser is 100.000 m³/dier/uur. Bij een verblijftijd (EBRT) van 0,5 s betekent dit een wasserpakket van ca. 15 m³. Het zwavelzuurverbruik bedraagt ca. 1,5 liter H₂SO₄ (98%) per kg NH₃ verwijdering, oftewel 2,9 m³ H₂SO₄ per jaar voor een stal met 1000 vleeskalveren waarbij 20% van alle ammoniak de stal via de bypass verlaat. De hoeveelheid spuiwater is 20 maal zo hoog, dus bijna 60 m³ per jaar.

In Tabel 5 is een inschatting gemaakt van de kosten van luchtwassing, gebaseerd op kostenberekeningen aan een nieuwbouw vleesvarkensstal.

Tabel 5 Investerings- en exploitatiekosten (€ / dier, excl. BTW) van chemische wasser voor de behandeling van lucht afkomstig van afzuiging onder de rooster bij vleeskalveren (100 m³/dier/uur) (gebaseerd op Melse & Willers, 2004) ⁽¹⁾

Diercategorie	Vleeskalveren
Code	A 4.2
Emissiefactor (kg NH ₃ /dier/jaar)	2,5
Investeringskosten (€/dier)	70
Exploitatiekosten per jaar (€/dier)	
<i>Vaste kosten:</i>	
Afschrijving (10%)	7
Onderhoud (3%)	2,1
Rente (6%)	2,1
<i>Variabele kosten:</i>	
Elektriciteit	9,2
Water	0,8
Chemicaliën	1,7
Afzet-/Verwerkingskosten spuiwater	0,7
Totaal exploitatiekosten (€ / dier / jaar)	24
Totaal exploitatiekosten (€ / kg NH ₃ verwijdering)	12

⁽¹⁾ De berekeningen zijn gebaseerd op een nieuwbouw vleesvarkensstal. Aangenomen wordt dat het ammoniakverwijderingsrendement 95% bedraagt.

Wanneer er sprake is van aanpassing van een bestaande stal, dienen de investeringskosten die in Tabel 5 worden genoemd aangepast te worden.

Door de wasser nog kleiner te dimensioneren, en dus bij een nog lager debiet de bypass in werking te stellen, kunnen de kosten per kg NH₃ verwijdering waarschijnlijk nog verder verlaagd worden.

3.1.4.3 Scenario C: Kelderlucht afzuigen; 10% luchtbehandeling

Kenmerken

1000 vleeskalveren (2 stallen met elk 500), mechanische ventilatie of natuurlijke ventilatie, puntafzuiging onder de rooster (10% van totale debiet mech. ventilatie), chemische wasser (95%) behandelt lucht uit puntafzuiging.

Ventilatie en ammoniak

In het geval van mechanische ventilatie wordt het ventilatiesysteem gedimensioneerd op het maximaal ventilatiedebiet, d.w.z. 200 m³/dier/uur oftewel 200.000 m³/uur bij 1000 dieren. Daarnaast wordt er lokaal onder de roosters met een constant debiet een kleine hoeveelheid lucht afgezogen (puntafzuiging), welke in een chemische wasser wordt behandeld. Aangenomen wordt dat 80% van de totale ammoniakemissie uit de stal van onder de roosters vandaan komt.

Aangenomen wordt het afzuigdebiet onder de roosters ongeveer 10% van het totale ventilatiedebiet bedraagt, oftewel aan het begin van de ronde ongeveer 1 m³/dier/uur en aan het eind van de ronde ongeveer 20 m³/dier/uur, en dat 80% van de ammoniak die vrijkomt van onder de roosters op deze manier wordt afgevoerd. Per dier wordt dus 2,5 kg/jaar x 80% x 80% = 1,6 kg/jaar naar de wasser geleid die deze lucht met een rendement van 95% ontdoet van ammoniak. De ammoniakconcentratie in de afgezogen lucht is dan ruim 6 maal zo hoog (gemiddeld 19 mg NH₃/m³) als in 'normale' ventilatielucht; de ammoniakconcentratie in de stal wordt dan verlaagd van 3 naar 1 mg/m³.

De totale ammoniakverwijdering met dit systeem bedraagt dan 1,5 kg/dier/jaar, hetgeen een emissiereductie betekent van 60%.

Voor een stal met 1000 dieren betekent dit dat de luchtwasser een capaciteit moet hebben van 20.000 m³/uur.

In het geval van een natuurlijk geventileerde stal, wordt de puntafzuiging op gelijke wijze uitgevoerd als hierboven beschreven wordt.

Wasserontwerp

De uitstroomopeningen van het puntafzuigstelsel worden aangesloten op een chemisch luchtwassersysteem. Door de lucht te wasser met een zwavelzure oplossing wordt de ammoniak uit de lucht verwijderd met een rendement van 95%.

Het ontwerpdebiet van de wasser is 20.000 m³/dier/uur. Bij een verblijftijd (EBRT) van 0,5 s betekent dit een wasserpakket van ca. 3 m³. Het zwavelzuurverbruik bedraagt ca. 1,5 liter H₂SO₄ (98%) per kg NH₃ verwijdering, oftewel 2,5 m³ H₂SO₄ per jaar voor een stal met 1000

vleeskalveren die uitgevoerd is met puntafzuiging. De hoeveelheid spuiwater is 20 maal zo hoog, dus 50 m³ per jaar.

In Tabel 6 is een inschatting gemaakt van de kosten van luchtwassing, gebaseerd op kostenberekeningen aan een nieuwbouw vleesvarkensstal.

Tabel 6 Investerings- en exploitatiekosten (€ / dier, excl. BTW) van chemische wasser voor de behandeling van lucht afkomstig van afzuiging onder de rooster bij vleeskalveren (20 m³/dier/uur) (gebaseerd op Melse & Willers, 2004) ⁽¹⁾

Diercategorie	Vleeskalveren
Code	A 4.2
Emissiefactor (kg NH ₃ /dier/jaar)	2,5
Investeringskosten (€/dier)	14
Exploitatiekosten per jaar (€/dier)	
<i>Vaste kosten:</i>	
Afschrijving (10%)	1,40
Onderhoud (3%)	0,4
Rente (6%)	0,4
<i>Variabele kosten:</i>	
Elektriciteit	1,8
Water	0,3
Chemicaliën	1,5
Afzet-/Verwerkingskosten spuiwater	0,6
Totaal exploitatiekosten (€ / dier / jaar)	6
Totaal exploitatiekosten (€ / kg NH ₃ verwijdering)	4

⁽¹⁾ De berekeningen zijn gebaseerd op een nieuwbouw vleesvarkensstal. Aangenomen wordt dat het ammoniakverwijderingsrendement 95% bedraagt.

Wanneer er sprake is van aanpassing van een bestaande stal, dienen de investeringskosten die in Tabel 6 worden genoemd aangepast te worden. Tevens moet bedacht worden dat het puntafzuigingsysteem mogelijk nog extra kosten met zich meebrengt.

3.1.5 Regelgeving

3.1.5.1 Ammoniak

Een techniek voor ammoniakemissiereductie krijgt een officiële emissiefactor (kg NH₃/dierplaats/jaar) voor een bepaalde diercategorie wanneer de techniek wordt opgenomen in de 'Regeling ammoniak en veehouderij' (RAV). Het Ministerie van VROM beslist of een systeem in deze regeling wordt opgenomen.

In de lijst met technieken in deze regeling komen op dit moment verschillende luchtwastechnieken voor verschillende diercategorieën:

- Chemisch luchtwassysteem met 70% emissiereductie
- Chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie
- Chemisch luchtwassysteem met 95% emissiereductie
- Biologische luchtwassysteem met 70% emissiereductie

Door de emissiefactor van de ‘overige huisvestingssystemen’ (dit zijn systemen zonder emissiereductie) van een specifieke diercategorie te vermenigvuldigen met het % emissiereductie wordt de emissiefactor voor het luchtwassysteem verkregen.

De vermelding van een luchtwassysteem in de RAV is gekoppeld aan een specifieke leverancier. Wanneer het luchtwassysteem van leverancier A in de RAV is opgenomen (met een eigen nummer), zal leverancier B die een identiek systeem op de markt wil brengen zijn systeem ook moeten aanbieden aan VROM met het verzoek dit systeem in de RAV op te nemen.

Een regulier luchtwassysteem kan in de RAV worden opgenomen wanneer er een theoretische toetsing plaats heeft gevonden (t.b.v. luchtwassystemen met een ammoniakverwijderingsrendement < 70%) of wanneer een meet programma is uitgevoerd volgens het geldende protocol (t.b.v. alle luchtwassystemen).

Wanneer een stalsysteem + luchtwassysteem qua ontwerp of dimensionering sterk afwijkt van gangbare, reeds in de RAV opgenomen systemen, bijvoorbeeld door toepassing van een bypass of puntafzuiging, kan geen theoretische toetsing plaatsvinden maar is het altijd noodzakelijk om ammoniakmetingen uit te voeren volgens het vigerende protocol. Bovendien zullen betrokken instanties hun instemming moeten verlenen om dergelijke systemen toe te passen; tot op heden wordt in alle toegelaten systemen alle ventilatielucht van een stal behandeld, terwijl een bypass- of puntafzuigingsysteem slechts een deel van de lucht behandelt.

3.1.5.2 Geur

Vooralsnog vindt de beoordeling van stankoverlast afkomstig van veehouderijen plaats volgens de Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996 (DWL\9607153) die op 30 oktober 1996 in werking is getreden. In deze richtlijn worden geen geurreductiepercentages of geuremissiecijfers genoemd voor luchtwassers. Wel wordt voor een aantal diercategorieën (vleesvarkens: D1.1., D1.2, D1.3 en D3; vleeskuikens: E4 en E5) in het geval van een Groen Label of RAV systeem een lager aantal dierplaatsen per m.v.e. gehanteerd dan voor een niet-Groen Label of RAV systeem.

Voor landbouwontwikkelings- en verwevingsgebieden en aangewezen extensiveringsgebieden geldt de Regeling stankemissie (Rsv-Wsv, 2003). Zie paragraaf 2.2. Daarin is voor een wassysteem wel een omrekenfactor naar Mestvarkeneenheden (MVE) opgenomen (Tabel 2).

In de toekomst zal mogelijk een nieuwe systematiek van kracht worden waarbij geurreductiepercentages of geuremissiecijfers voor chemische en biologische luchtwassers gehanteerd zullen worden.

3.2 Technieken voor reductie van emissies uit de mestkelder

3.2.1 Koeldek

Principe: de ammoniakemissie wordt beperkt door de laag mest boven in het mestkanaal te koelen met behulp van drijvende koelelementen. De aan de mest onttrokken warmte kan via een warmtepomp ingezet worden ten behoeve van een verwarmingscircuit. Indien er geen warmtevraag is of indien de warmtevraag onvoldoende groot is, kan het surplus aan warmte in de bodem worden opgeslagen. Indien de warmtevraag van het verwarmingscircuit het warmteaanbod uit de mest overtreft, kan het in de bodem opgeslagen warmteoverschot worden aangesproken.

Het gebruik van grondwater is gebonden aan regels. In bijlage 5 wordt dit toegelicht.

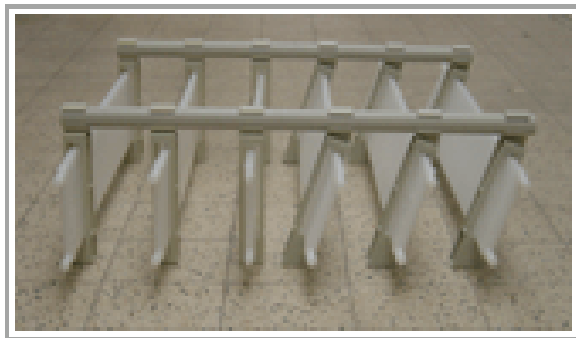


Foto links: zij-aanzicht van een koeldek unit



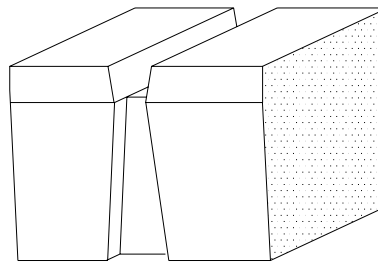
Foto rechts: bovenaanzicht van een koeldeksysteem in de mestkelder van een varkensstal in aanbouw. Zodra er voldoende mest in de mestkelder wordt opgeslagen, gaan de elementen drijven in de toplaag van de mest.

Controle op het goed functioneren van het systeem is mogelijk doordat de temperatuur van zowel de mest boven in het mestkanaal als van het opgepompt grondwater wordt geregistreerd. Bovendien kan de temperatuurregistratie van voorafgaande dagen worden opgevraagd. Ook de hoeveelheid opgepompt grondwater dient te worden geregistreerd.

Voor het oppompen en terugpompen van grondwater zijn regels gesteld die lokaal kunnen verschillen. Informatie hierover is te verkrijgen bij de betreffende gemeente of provincie. Inmiddels is het systeem bij diverse categorieën varkens uitgetest. Daarbij is gebleken dat de reductie van ammoniak sterk kan variëren afhankelijk van de bedrijfsvoering (Groenestein en Huis in 't Veld,). Het effect van een koeldek is gemiddeld waarschijnlijk lager dan de in de RAV veronderstelde 50% (Hol, persoonlijke mededeling). Voor vleeskalveren moet rekening worden gehouden met een reductie van naar schatting 20 à 40%.

3.2.2 Sleufvloer

Principe: de emissie van ammoniak uit de mestkelder wordt geminimaliseerd doordat er een nagenoeg dichte vloer op geplaatst wordt (op kleine perforaties voor urine doorstroming in sleuven na).



Figuur 1 *Links:* sleufvloer in jongveestal (opfokkalveren voor melkveebedrijf) van WUR proefbedrijf “De Ossekampen” te Wageningen. *Rechts:* detail dwarsdoorsnede van sleufvloer ter hoogte van perforatie in sleuf tussen twee balken. De perforaties zijn ‘zelflossend’ door de conische vorm en dankzij een ‘getande’ mestschuif die aan de bovenzijde enigszins in de opening drukt.

Het loopvlak van de sleufvloer bestaat uit parallelle balken en sleuven. Voor melkveestallen wordt de sleufvloer uitgevoerd in beton (Swierstra *et al.*, 1997). Daarnaast heeft het melkvee toegang tot ligboxen. Dit in tegenstelling tot de gangbare huisvestingssystemen voor vleeskalveren. Aangezien vleeskalveren in de gangbare huisvesting zowel liggen als lopen op de vloer (geen gescheiden lig- en loopgedeelte), dient de toplaag ook geschikt te zijn voor beide functies (Stefanowska *et al.*, 2001 & 2002; de Lauwere *et al.*, 2003). Het gecombineerde loop- en ligvlak dient daarom uitgevoerd te zijn in een warmte-isolerend, enigszins indrukbaar materiaal. Rubberen toplagen of een kunststof materiaal met vergelijkbare eigenschappen zijn daarom gewenst.

Een scheiding van loop- en liggedeelte is in beginsel ook bij vleeskalveren denkbaar, maar zal waarschijnlijk leiden tot een aanzienlijke vergroting van de emitterende oppervlakte, aangezien de dieren (stiertjes) waarschijnlijk ook in het liggedeelte zullen urineren.

In de eerdere quick scan (Smits *et al.*, 2001) zijn overige onderzoeksaspecten voor de sleufvloer nader beschreven.

3.2.3 Drijflaag olie

Principe: de toplaag van de mest in de kelder wordt afgedekt met een vloeibare laag, waardoor de emissie van ammoniak en geur gereduceerd wordt.

Om de vervluchtiging van ammoniak uit mest -vanaf het mestoppervlak- te beperken werd door Derikx *et al.* (1995) de effectiviteit van een vloeibare afdeklaag onderzocht. Van vier minerale oliën en drie plantaardige oliën werd in een laboratoriumopstelling onder gestandaardiseerde omstandigheden de effectiviteit getest. Bij varkensmest (mengsel van diverse batches) en kalvergieter (mengsel van 1 batch) was een laagdikte van 2,5 mm voldoende om in de labopstelling een reductie van circa 95% te verkrijgen ten opzichte van dezelfde mest zonder olielaag. Bij rundermest was een laagdikte van 5 mm nodig omdat het oppervlak van de toplaag ruwer is. Mechanische verstoring van het oppervlak met de afdeklaag gaf geen lagere emissiereductie, behalve bij één plantaardige olie die zich geleidelijk door de mest mengde. In een praktijkstal met gespeende biggen en vleesvarkens werd respectievelijk een emissiereductie van 40 en 45 % gevonden ten opzichte van onbehandelde afdelingen. Omdat in de labopstelling geen vloerbijdrage werd gesimuleerd was de emissiereductie daar veel hoger. De kelderbijdrage aan de ammoniakemissie kan echter met een dunne laag olie gereduceerd worden. Het scheiden van de af te voeren mest en het afdekmiddel functioneerde in de praktijkstal niet goed. Uit milieuhygiënisch en kostentechnisch oogpunt dient het verlies aan afdekmiddel geminimaliseerd te worden.

Milieu- en gezondheidsaspecten vloeibaar afdekmiddel

De minerale oliën (paraffinische koolwaterstoffen) kunnen in beperkte mate verdampen, maar onder normale omstandigheden zal de concentratie in de stal ver onder de explosiegrens blijven. Hoewel er geen MAC waarden bekend zijn voor deze minerale oliën, zou als de ventilatie in de stal langdurig uitgezet zou worden, bij hoge omgevingstemperaturen en een langdurige blootstelling wel een gezondheidsrisico kunnen ontstaan. Op jaarbasis zou de Nederlandse Emissierichtlijn voor emissie naar de (buiten-) lucht volgens Derikx *et al* (1995) bij één van de vier minerale oliën overschreden kunnen worden. De plantaardige oliën die als bak- en braadoliën in de winkel te koop zijn, hebben een extreem lage verdampingssnelheid en er zullen dus geen noemenswaardige concentraties van in de stal ontstaan.

In het algemeen dient open vuur vermeden te worden bij toepassing van oliën vanwege brandgevaar; dus ook bij onderhoudswerkzaamheden zoals lassen en slijpen.

Bij toepassing van een olielaag dienen ook mogelijke emissies naar bodem en grondwater kritisch te worden bekeken. Omtrent de biodegradeerbaarheid van de minerale oliën ontbreekt volgens Derikx *et al* gedetailleerde informatie. Olie-afbrekende micro-organismen hebben behoefte aan N en P, die bij toediening van dierlijke mest in voldoende mate aanwezig zijn. De kans op accumulatie in de bodem is bij de verlaagde gebruiksnormen van dierlijke mest naar verwachting

van Derikx *et al.* (1995) klein. Micro-verontreinigingen en afbraakproducten in de bodem dienen ook beschouwt te worden.

Er is behoefte aan een scheidingssysteem waarmee een zo groot mogelijk deel van de afdeklaag voor hergebruik wordt teruggewonnen zodat ongewenste emissies vermeden worden (Derikx *et al.*, 1995).

Bij grootschalige verwerking in installaties van het MeMON principe wordt één van de minerale oliën die in het onderzoek van Derikx *et al.* gebruikt werden, namelijk isopar L, gebruikt als dragerolie tijdens het indampen van varkensmest. Deze olie wordt binnen het verwerkingsproces teruggewonnen en hergebruikt. Bij een dergelijke bestemming van de mest zou dus geen scheiding van de olie op de boerderij nodig zijn.

Omtrent vermindering van de geuremissie werden geen waarnemingen gedaan en kunnen derhalve geen kwantitatieve indicaties gegeven worden. Het is wel aannemelijk dat de vervluchtiging van andere vluchtige bestanddelen in de mest, in het bijzonder die van polaire verbindingen, ook zal afnemen. Geurcomponenten zijn veelal polaire verbindingen.

De potentiële mogelijkheden in de vleeskalverenhouderij en de nevenaspecten van het gebruik behoeven nader onderzoek. De belangrijke vragen/knelpunten voor toepassing in vleeskalverstallen zijn:

- Hoe stabiel is een drijfslag van olie op kalvermest (menging)?
- Is een goed scheidingssysteem voor hergebruik van olie praktisch realiseerbaar?
- Kan de mest zonder problemen afgezet worden?

3.2.4 *Schuine putwanden (IC-V)*

Principe: verkleining emitterende oppervlakte in combinatie met snelle afvoer van mest (vaak aflatens middels een rioleringsysteem).

Bij vleesvarkens is dit erkend als emissie-arm systeem; bij vleeskalveren is effect op emissie nog nooit onderzocht. Belangrijke conditie is dat er geen aanhechting plaats vindt van mest aan de schuine wanden (uit te voeren in glad materiaal) in de kelder. Door vervuiling wordt de emitterende oppervlakte vergroot en stroomt verse urine minder goed af in de kelder. De wanden moeten na elke mestronde schoongespoten worden.

Varkens defaeceren en urineren niet willekeurig verspreid over de vloer, maar in een beperkt deel van het hok; dit i.t.t. runderen. Daardoor zal het rendement van een ICV systeem in kalverstallen waarschijnlijk lager zijn; daarnaast kan het aanhechten van dunne kalvermest aan het schuine wandoppervlak tijdens een mestronde een probleem zijn alsook het reinigen nadien (dit i.t.t.

varkens die drogere, stevigere 'keutels' produceren). In hoeverre deze problemen daadwerkelijk in de kelder van een vleeskalverenstal optreden en wat de emissiereductie is, zou proef-
ondervindelijk vastgesteld moeten worden.

Bij biggen was een schuine wand aan 2 zijden van de kelder niet effectief (Reitsma *et al.*, 1995; waarschijnlijk door kleverige mest op de schuine wanden.

Bij vleeskalveren kunnen vergelijkbare problemen verwacht worden als bij biggen en daarom ligt toepassing van schuine wanden in de mestputten onder de roosters hier niet voor de hand.

3.2.5 *Spoelgoten*

Principe: verkleining emitterende oppervlakte, verkorte verblijftijd in de stal, verdunning van de mest met spoelvoeistof.

Stalploegmetingen in een kalverenstal in 1997 en 1998 (Groenestein en Hol, 1998) gaven geen emissiereductie te zien ten opzichte van een referentie. De goten waren 'rond' uitgevoerd (U-vorm). In de varkenshouderij zijn wel emissiereducties vastgesteld bij gootuitvoeringen met een V-vorm (Hol en Groenestein, 1994; Satter *et al.*, 1997). Spoelgoten in v-vorm zouden ook bij vleeskalveren betere resultaten op kunnen leveren. Het risico dat kalvermest gaat aankleven aan de goten is echter vrij groot. Het perspectief voor de kalverhouderij is daarom onvoldoende.

3.2.6 *Hellende mestband onder de roosters*

Principe: continue afvoer van de dunne fractie van de mest en frequente verwijdering van de dikke fractie van de mest uit de stal.

In de pluimveehouderij (vooral kippen) worden mestbanden veelvuldig toegepast.

Door een frequente, volledige afvoer van de mest wordt de stalemissie effectief gereduceerd.

Hierbij is van belang dat de directe beschikbaarheid van ammonium in de excreta van pluimvee beperkt is; dit i.t.t. bij vleeskalveren. Bij runderen vervluchtigt een groot deel van de ammoniak uit verse urineplassen op de stalvloer en in de toplaag van de mest in de kelder binnen een halve dag nadat de verse urine is gevormd. Door de helling van de band kan bovendien een vergroting van de emitterende oppervlakte (film van verse urine) ontstaan.

Bij pluimvee is de bevuilde oppervlakte per dier bovendien zeer gering in vergelijking met vleeskalveren. Qua omvang van de bevuilde oppervlakte is in de vleeskalverhouderij een geheel andere orde grootte (lees: veel groter) mestbandsysteem noodzakelijk dan in de pluimveehouderij.

In de pluimveehouderij zijn de banden relatief goed bereikbaar om eventuele storingen te verhelpen. In de kalverhouderij zou reparatie van banden onder de roosters een lastige aangelegenheid worden.

Reitsma en Groenestein (1996) vonden bij biggen in twee opfokperioden in de winter (tussen 8 november en 6 maart) wel een 59% en 75% lagere emissie dan de RAV. Hier werden echter vraagtekens bij geplaatst vanwege de duur van leegstand tussen rondes en het gebruik van bactericide en bacteriostatische medicamenten die de vorming van ammoniak (urease-activiteit) wellicht geremd hebben.

Dit systeem lijkt niet aantrekkelijk bij vleeskalveren. Dit vooral vanwege de benodigde dimensionering van mestbanden bij vleeskalveren, de mogelijke vervuiling met aanklevende faeces, slechte bereikbaarheid van draaiende delen onder de roostervloer waardoor storingen tijdens een ronde lastig te verhelpen zijn. Ook de reinigbaarheid van de mestbanden (tussen rondes en indien nodig binnen een ronde) kan een knelpunt zijn. De maten van roosterbalken en spleten (relatief klein doorlatend oppervlakte) kunnen het bereik van een hogedrukspuit boven of tussen de roosters beperken.

3.3 Additionele opties

3.3.1 Koeling ventilatielucht

Door de buitenlucht te koelen voordat die de kalverafdeling in gaat kan enerzijds de totale ventilatiebehoefte –vooral 's zomers- verminderd worden (minder warmte afvoer benodigd) en anderzijds de temperatuur van emitterende oppervlakken enigszins verlaagd worden. Hierdoor kunnen nageschakelde technieken (wassystemen) ook kleiner gedimensioneerd worden. Vooral door dit laatste aspect kan luchtkoeling als additionele maatregel economisch interessant zijn. In de varkenshouderij zijn grondbuisventilatie en koeling van ingaande lucht met (grond)waterkoeling de meest aantrekkelijke systemen voor koeling (Aarnink, 2005). Door koeling in de zomer kan de maximale ventilatie bij zeugen met 50% worden verlaagd en daarmee kan ook een luchtwasser 50% kleiner worden gedimensioneerd. Door het betere stalklimaat kunnen de technische resultaten ook enigszins verbeteren. Bij vleeskalveren moet overigens rekening gehouden worden met minder grote effecten.

Grondbuisventilatie

Grondbuisventilatiesystemen maken gebruik van de relatief stabiele grond(water)temperatuur. Lucht wordt aangezogen via een stelsel van buizen op een diepte van ca 2 meter onder het maaiveld. Het kan zowel voor opwarming van ventilatielucht in de winter (besparing op kosten van bijverwarming) als voor koeling in de zomer gebruikt worden. Aangezien de ventilatiedebieten in de zomer groter zijn, moet een systeem voor koeling zwaarder (groter) gedimensioneerd worden dan voor de eventuele winterse toepassing.

Voor vleesvarkens zijn de investeringskosten per dierplaats eerder berekend op ca 80 Euro. Voor vleeskalveren zijn de investeringskosten hoger omdat het debiet een factor 3 hoger kan zijn. In nader onderzoek zou de optimale dimensionering modelmatig bepaald kunnen worden.

Koeling van ingaande lucht met (grond)waterkoeling

Voor vleesvarkens zijn de investeringskosten per dierplaats eerder berekend op ca 20 Euro. Voor vleeskalveren zijn de investeringskosten in principe hoger omdat het debiet een factor 3 hoger kan zijn. Vooral op reeds bebouwde en verharde erven en in bestaande stallen is dit systeem eenvoudiger te implementeren dan grondbuisventilatie. De kosten zijn ook beduidend lager. In nader onderzoek zou bepaald kunnen worden of koeling van de ingaande lucht daadwerkelijk in een goedkoper geheel (in combinatie met een emissiereducerend wassysteem en daarna eventueel een biofilter) kan resulteren.

3.3.2 Benzoëzuur in voer en andere voermaatregelen

Door toevoeging van 1% benzoëzuur in het voer van vleesvarkens neemt de pH van varkensurine en varkensmengmest substantieel af (indicatie: ca 1 eenheid). Daardoor daalt de emissie ook substantieel (indicatie: met circa 25%). Bij vleeskalveren kunnen vergelijkbare effecten verwacht worden.

Alvorens benzoëzuur toegelaten wordt in de voeding van een bepaalde diercategorie, dient een grondig dossier van (neven)effecten te worden opgebouwd. Voor vleesvarkens is dit dossier na een jarenlang traject inmiddels door de EU goedgekeurd.

Gezien het effect op de emissie lijkt het de moeite waard om ook voor vleeskalveren een traject voor toelating van dit zuur in het voer te overwegen. Door analogieën tussen diercategorieën is een versnelde toelating wellicht mogelijk. Bijkomend voordeel is dat dit zuur een antimicrobiële en schimmelremmende werking heeft. Bij varkens zijn dan ook gunstige effecten op groei en gezondheid gerapporteerd. Overigens wordt benzoëzuur ook in de humane voeding reeds lang en veelvuldig toegepast (E210).

Andere emissiebeperkende voermaatregelen worden in bijlage 6 beschreven. Onderzoek naar de in bijlage 6 genoemde mogelijkheden in de vleeskalverhouderij heeft vooralsnog niet plaatsgevonden. Implementatiemogelijkheden moeten dan ook op een lange(re) termijn gezien worden. Vanwege te verwachten aanscherping van emissieplafonds zijn voermaatregelen op termijn voor de vleeskalversector een interessante oplossingsrichting die toegepast kan worden naast andere maatregelen. Daarbij moet overigens geen optelsom van de afzonderlijke effecten van maatregelen toegepast worden. Door een emissiebeperkende voedingsmaatregel zal het effect van een 'hardware' maatregel slechts proportioneel doorwerken op de resterende emissie. Door de relatief lage kosten van sommige voermaatregelen kan dit desondanks de moeite waard zijn. Temeer daar dit positieve neveneffecten voor de gezondheid en het dierwelzijn kan hebben.

4 Perspectievolle systemen; selectie, kosten en algehele beoordeling

4.1 Selectie

Op grond van de technische beschrijvingen van emissie-arme systemen en de verwachte toepasbaarheid in vleeskalverstallen (zoals in hoofdstuk 3 beschreven) zijn de volgende systemen geselecteerd voor een nadere beoordeling op diverse aspecten:

- behandeling van alle lucht (‘100%’) door een chemische wasser bij mechanische ventilatie van de stal
- behandeling van lucht door een chemische luchtwasser totdat een vooraf ingesteld maximaal debiet wordt bereikt; het overschot aan lucht wordt ongezuiverd uitgestoten via een bypass
- puntafzuiging van lucht onder de roosters; alleen dit deel van de lucht wordt door een chemische luchtwasser behandeld
- behandeling van alle lucht door een biowasser bij mechanische ventilatie van de stal;
- koeldekstelsysteem;
- sleufvloer;
- olielaag op mest in kelder

Als variant is bij elk van de chemische wassystemen een daarna te koppelen biobed voor verdere geurreductie opgenomen.

4.2 Kosten

Voor toepassing van een wassysteem op de ventilatielucht uit de stal wordt uitgegaan van mechanische ventilatie. Veel oudere stallen en sommige moderne stallen zijn geheel of gedeeltelijk natuurlijk geventileerd. Een indicatie van de kosten van ombouw van natuurlijke naar mechanische ventilatie is in tabel 7 weergegeven.

Voor toepassing van een koeldekstelsysteem, een sleufvloer of een olielaag op de mest in de kelder is soms aanpassing van de mestkelder noodzakelijk: in oudere stallen met alleen een grup en een licht hellende vloer direct onder de roosters is het volledig op grupdiepte maken van de kelder onder de roosters noodzakelijk (van situatie ‘A’ naar situatie ‘B’ in bijlage 2). De kosten hiervan zijn eveneens in tabel 7 weergegeven.

Tabel 7 Kosten per dierplaats van aanpassing in bestaande stallen: aanpassing van de mestopslag onder de roosters (onderkeldering) en ombouw van natuurlijke naar mechanische ventilatie. Ter indicatie is tevens aangegeven welk percentage van de jaarkosten voortvloeit uit personele kosten voor het uitvoeren van de aanpassing (P).

	Van A naar B 'Onderkeldering'	Mech ventilatie Ipv natuurlijke ventilatie
investering/dierplaats (€)	197	30
jaarkosten/dierplaats (€/jr)	26 (67% P)	9 (22% P; 55% E)

E: energiekosten door elektriciteitsverbruik van mechanische ventilatie
Van A naar B: zie de dwarsdoorsnede in bijlage 2

Indicaties van de investeringen en jaarkosten van emissie-arme systemen zijn in een overzicht weergegeven in tabel 8. De jaarkosten betreffen de afschrijving, rente en exploitatiekosten (onderhoud, energie en overige variabele kosten)

Bij de wassystemen zijn de kosten weergegeven inclusief ombouw van natuurlijke naar mechanische ventilatie. In stallen die reeds mechanische geventileerd zijn, zijn de jaarkosten van wassystemen op de stalventilatie ca 9 Euro per jaar lager dan in tabel 8 vermeld. Bij de kosten van wassystemen in tabel 8 is rekening gehouden met de kosten van leidingenwerk vanaf de ventilatoren naar een centraal wassysteem. Bij een minder gunstige, decentrale situering van het wassysteem zullen de kosten uiteraard wat hoger zijn. Het wassysteem is overigens zelf veruit de grootste kostenpost.

Bij kelderafzuiging is uiteraard geen ombouw van natuurlijke naar mechanische ventilatie van de stal als geheel nodig. Wel is een ruwe inschatting gemaakt van de kosten van de kelderventilatie (ventilatoren, leidingwerk en energiekosten). Doordat het wassysteem in dit geval veel minder omvangrijk hoeft te zijn (dimensionering voor een veel geringer debiet) zijn de kosten van het wassysteem en die van een ventilatiesysteem voor kelderafzuiging van een gelijke orde grootte; de bedrijfsspecifieke situatie kan tot aanzienlijke verschillen leiden in het totale kostenplaatje, maar in verhouding tot wassystemen voor de totale stalventilatie zijn de kosten factoren lager.

4.3 Beoordeling diverse aspecten

In tabel 8 is een overzicht met beoordelingscriteria voor de geselecteerde emissie-arme systemen weergegeven. De volgende aspecten zijn beoordeeld:

- toepassingsmogelijkheden bij de verschillende voorkomende staltypes;
- verwachte effectiviteit in termen van ammoniak- en geurreductie (%);
- economische implicatie in de vorm van een indicatie van de omvang van de investering per dierplaats; de jaarkosten en de kosten per eenheid gereduceerde ammoniak en geur;
- het jaarverbruik van spuiwater (wassystemen), zuur (chemische wassystemen), afvoerkosten van spuiwater, afzetmogelijkheden van spuiwater en energieverbruik van de emissie-arme systemen.
- Het benodigde tijdpad voor het uitontwikkelen van het systeem; de finetuning voor de diercategorie vleeskalveren en een inschatting van het afbreukrisico dat bij de verdere uitwerking bestaat.
- De gunstige neveneffecten voor de diergezondheid en de technische resultaten die door toepassing van de betreffende emissie-arme maatregel verwacht wordt.

rangordening

Door aan de verschillende aspecten in de overzichtstabel een gewicht toe te kennen kan een gewogen eindrangorde bepaald worden. Daarbij moeten kwantitatieve en kwalitatieve aspecten gewogen worden. De weging van toepassingsmogelijkheden, emissiereductie, kosteneffectiviteit, controle & handhaving, implementatietraject en afbreukrisico is afhankelijk van beoogde doelstellingen, urgentie, etc.

Tabel 8 Overzicht van beoordelingscriteria: toepassingsmogelijkheden per staltype, verwachte ammoniak- en geurreductie (%), kosten per dierplaats, jaarverbruik, controleerbaarheid, inschatting benodigde tijdpad om systeem praktijkrijp te maken en gunstige neveneffecten.

	chem wasser ⁽¹⁾ '100%'	+biobed	chem wasser & bypass ⁽¹⁾	+biobed	kelderafzuiging & chem wasser ⁽⁴⁾	+biobed	biowasser ⁽¹⁾	koeldek ^(2,4)	sleufvloer ⁽²⁾	drijfslag olie ⁽²⁾
MOGELIJKHEDEN i.r.t. STALTYPE										
traditioneel Veluwe A ('grup')	ja; mech vent		ja; mech vent		nee		ja; mech vent	nee	nee	nee
traditioneel Veluwe B ('kelder')	ja; mech vent		ja; mech vent		ja		ja; mech vent	ja	ja	ja
Moderner	ja; mech vent		ja; mech vent		ja		ja; mech vent	ja	ja	ja
modern nat vent	nee		nee		ja		nee	ja	ja	ja
nieuwbouw (optimaal)	ja		ja		ja		ja	ja	ja	ja
EFFECTIVITEIT										
ammoniakreductie (%)	90	90-100	naar keus; stel 70	70-75	50-75	55-80	70	15-45	25-50	30-50
geurreductie (%)	30	90	25	70	20-25	70	35-50	10-20	10-30	15-50
ECONOMIE (indicatief!)										
investering/dpl (€)	190-215	+80	120-140	+40	25-30	+10	200-270	130	ca 200	pm
jaarkosten/dpl (€/jr)⁽³⁾	ca 65	+40	40-45	+20	ca 10	+5	65-95	0-30	ca 35	pm
kosten/kg NH3 (per jr, €/kg)	29		25		6		35-55	0-40	ca 35	pm
kosten/[OUe/s]	6	2	5	1	1	0.3	7-10	0-5	ca 5	pm

⁽¹⁾ inclusief kosten mechanische ventilatie ten opzichte van natuurlijke ventilatie (volgens tabel 7: per dierplaats ca 9€/jr)

⁽²⁾ waarschijnlijk geen biobed na te schakelen bij dit systeem omdat de prestaties onvoldoende zijn om vervuiling (stof), uitdroging (vocht) en/of vergiftiging (NH₃) van biobed te voorkomen.

⁽³⁾ jaarkosten zijn afschrijving, rente, onderhoud, energie (jaarkosten zijn dus inclusief exploitatiekosten)

⁽⁴⁾ mestopslagcapaciteit wordt in beperkte mate verminderd bij installatie van kelderafzuiging of een koeldeksysteem; mogelijk ook bij een sleufvloer

	chem wasser ⁽¹⁾ '100%'	+biobed	chem wasser & bypass ⁽¹⁾	+biobed	kelderafzuiging & chem wasser ⁽⁴⁾	+biobed	biowasser ⁽¹⁾	koeldek ^(2,4)	sleufvloer ⁽²⁾	drijfslag olie ⁽²⁾
JAARVERBRUIK EN AFZET SPUI										
spuiwater (m ³ /dpl) ⁽⁵⁾	0.07		0.05		0.05		0.45-1.8	0	0	0
zuurverbruik (kg H ₂ SO ₄ /dpl)	3.4		2.6		2.3		0	0	0	0
kosten spuiwater afvoer (€/dpl)	1		0.7		0.6		1-20	0	0	0
afzetmogelijkheden spuiwater	meststof ⁽⁶⁾		meststof ⁽⁶⁾		meststof ⁽⁶⁾		drijfmest/KGZI ⁽⁷⁾	nvt	nvt	nvt
energieverbruik (€/dpl) ⁽¹⁾	18		9		2		6	6	1	pm
CONTROLE / HANDHAVING										
fysieke aanwezigheid	++	++	++	++	+	++	++	++	++	+/-
functioneren	+/-	-	+/-	-	+/-	-	-	+/-	+	-
Totaal	++	+	++	+	+	+	+	++	+++	-
TIJDPAD										
R&D traject (jaar)	0		0		1		0	0	2	1
fine tuning diercategorie (jaar)	0,5		1		1		0,5	1	1	1
afbreukrisico (%)	0		0		20		0	10	50	60
GUNSTIG NEVENEFFECT										
diergezondheid & technische result	0	0	0	0	++	0	0	+	+	+

⁽⁵⁾ normale mestproductie per kalverplaats is ca 3 m³/jaar (bron: KWIN-veehouderij)

⁽⁶⁾ afzet waswater chemische wasser: als vloeibare meststof verhandelbaar (ammoniumsulfaat), of stilzwijgend in eigen toegediende mest

⁽⁷⁾ afzet waswater biowasser: uitrijden als drijfmest (lokaal of elders); naar KGZI (of locale nabehandeling-denitrificatie in grote installatie)

Voorwaarde biowasser en biobed: blijven ventileren tijdens leegstand

EINDOORDEEL: weging van emissiereductieniveaus, kosteneffectiviteit, controle & handhaving, implementatietraject en afbreukrisico; afhankelijk van doelstellingen e.d.

5 Conclusies

Met chemische wassers kan een forse reductie van de ammoniakuitstoot bereikt worden. Door naschakeling met een biobed kan ook de geuremissie fors verminderd worden. De kosten van deze ‘end of pipe’ technieken zijn echter hoog, behalve wanneer alleen de kelderlucht wordt behandeld. Putafzuiging is daarom een perspectiefrijke optie. Deze optie behoeft echter nog wel een R&D traject. Bijkomend voordeel van wassystemen is dat naast ammoniak ook de uitstoot van stof en ziektekiemen verminderd.

Een koeldekstelsysteem levert slechts een beperkte ammoniakemissiereductie, maar zou indien de onttrokken warmte benut kan worden, kosteneffectief kunnen zijn. Naschakeling van een biobed is waarschijnlijk niet mogelijk omdat de ammoniakbelasting voor het biobed waarschijnlijk te hoog is en er bovendien stof kan ophopen. Qua geuruitstoot biedt een koeldekstelsysteem dus slechts een beperkte reductiemogelijkheid.

Het afdekken van de mest in de kelder met een olielaag is in theorie een interessante optie. Voor het praktisch functioneren resteren echter nog cruciale vragen (R&D), namelijk: de stabiliteit van de drijfslaag van olie op kalvermest (menging); is een goed scheidingssysteem en hergebruik van de olie realiseerbaar en kan de mest zonder problemen afgezet worden (biologisch afbreekbare oliën zonder ophoping en zonder residuen in de bodem). De controleerbaarheid zou een knelpunt kunnen zijn: over het wel of niet effectief afgedekt zijn met een olielaag van mest in de kelder kan in praktijksituaties getwist worden.

De sleufvloer is voor de kalverhouderij een minder voor de hand liggende optie dan bij melkvee. De schuifwerking wordt gehinderd doordat de dieren op de vloer liggen. Het kunnen liggen op de vloer vereist een zachtere toplaag dan beton. Dit maakt een dergelijke vloer waarschijnlijk te duur. Een gescheiden ligruimte maakt de totale benodigde oppervlakte per dier erg groot; zowel qua kosten als qua emissie is dit minder gewenst.

Voor toepassing van spoelgoten, schuine wanden in de mestkelder en hellende mestbanden wordt onvoldoende perspectief gezien voor de vleeskalverhouderij. Dit vooral vanwege het risico dat kalvermest gaat aankleven aan de oppervlakken van deze systemen. Deze systemen zijn bovendien moeilijk bereikbaar bij ophoping van mest en stringen aan draaiende delen. Ook reiniging van de oppervlakken met een hogedrukspuit kan problematisch zijn door de beperkte toegankelijkheid.

Als additionele optie kunnen het voerspoor en koelen van de ventilatielucht interessant zijn. Als op zichzelf staande emissie-arme maatregelen kan via het voerspoor in de kalverhouderij waarschijnlijk onvoldoende emissiereductie bereikt worden. Door ventilatielucht enkele graden te koelen kunnen wassystemen kleiner gedimensioneerd worden en kan het stalklimaat verbeterd worden.

Als gunstig neveneffect van putafzuiging, koeldek, sleufvloer en afdekking van de mest in de kelder met een olielaag mag verwacht worden dat de stallucht op dierniveau schoner zal zijn (lagere gasconcentraties), dit zal de technische resultaten en de diergezondheid ten goede komen.

Literatuur

- Aarnink, 2005. Persoonlijke mededelingen.
- Bakker, G.C.M., Smits, M.C.J., Beelen, G.M., Jongbloed, A.W., 2004a. De additiviteit van voedingsmaatregelen om de ammoniakemissie te verlagen uit varkensstallen. Proef 1: Balansmetingen en in vitro ammoniakemissie. Rapport 03/0000010, Nutrition & Food ASG, Lelystad.
- Bakker, G.C.M., Hol, J.M.G., Smits, M.C.J., 2004b. De additiviteit van voedingsmaatregelen om de ammoniakemissie te verlagen uit varkensstallen. Proef 2: Stalmetingen en in vitro ammoniakemissie bij drie rantsoenen. Rapport 03/0000003, Nutrition & Food ASG, Lelystad.
- Beurskens, A.G.C. en J.M.G. Hol, 2004. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXI; stal voor vleeskalveren (witvlees productie). Agrotechnology & Food Innovations, Rapport 220, Wageningen, 45 pp
- Beurskens, A.G.C., M.J.M. Wagemans en J.M.G. Hol, 2004. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXII; stal voor vleeskalveren (rosévlees productie). Agrotechnology & Food Innovations, Rapport 313, Wageningen, 55 pp
- Den Brok, G.M., J.G.L. Hendriks, M.G.M. Vrieling and C.M.C. van der Peet-Schwering, 1997. Urine-pH, ammoniakemissie en technische resultaten van vleesvarkens na toevoeging aan het voer van organische zuren, met name benzoëzuur. Proefverslag nr. P 1.194, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, 36 pp.
- Canh, T.T., 1998. Ammonia emission from excreta of growing-finishing pigs as affected by dietary composition. PhD Thesis Agricultural University Wageningen / IMAG report 98-05, The Netherlands, 163 pp
- Corijn, P., L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen & M.W.A. Verstegen, 1990. The effect of the dietary electrolyte balance and the mineral level of a veal calf diet on blood parameters and the performance. J. Animal Physiology a. Animal Nutr. (63): 173-179
- Den Hartog, L.A., R.A.B. Mors, M.W.A. Verstegen & L.G.M. van Gils, 1990. The dietary electrolyte balance in veal calf nutrition. J. Animal Physiology a. Animal Nutr. (63): 173-179
- Derikx, P.J.L., A.J.A. Aarnink, P. Hoeksma & H.C. Willers, 1995. Vermindering van ammoniakemissie uit mest door een vloeibare afdeklaag. IMAG rapport 95-8, Wageningen, 58 pp
- Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVII: vleesvarkensstal met koeling van mestoppervlak in de kelder. DLO Rapport 96-1003, Wageningen, 15 pp. excl. bijlage.

- Groot Koerkamp P.W.G., Metz J.H.M., Uenk G.H., ... & C.M. Wathes, 1998. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70: 79-95
- Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1994. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIV: biggenopfokstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten. DLO rapport 94-1005, Wageningen, 12 pp. excl. bijlage.
- Hol, J.W.G. & C.M. Groenestein., 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXI: verschillende huisvestingssystemen voor vleeskalveren. DLO Rapport 97-1001, Wageningen, 15 pp (excl. bijlagen).
- Lauwere, Carolien de; Bram Bos, Alex Spieker, Bas Nijenhuis, Bert Loseman, Michel Smits, Dolf Smits, Willem Schouten, Han Verdonk, Koos de Vlieger (Projectteam Visieproject Vleeskalverhouderij), 2003. Toekomstvisies voor een duurzame vleeskalverhouderij, Visieproject vleeskalverhouderij. Wageningen-UR, ISBN 90 6754 693 3, 47 pp
- Lauwere, C. de, Schouten, W., Smits, D., Stefanowska, J., 2004. Oriënterend onderzoek naar het gedrag van vleeskalveren op verschillende vloeren: standaard houten roostervloer, houten roostervloer met brede balken en houten roostervoer met rubber toplaag en luchtkamers vergeleken. A&F rapport 238, Wageningen, 21 pp
- Stefanowska, J., Swierstra, D., Smits, A.C., Berg, J.V. and J.H.M. Metz, 2002. Reaction of calves to two flooring materials offered simultaneously in one pen. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.* 52: 57-64
- Stefanowska, J., Schouten, W., Smits, D., 2003. Vloer beïnvloedt het gedrag en welzijn. IMAG onderzoekt vloeren in vleeskalverstallen. *De Kalverhouder* 23 (3): 16-17.
- Le. P.D., Aarnink, A.J.A., Ogink, N.W.M., Becker, P.M. and M.W.A. Verstegen, 2005. Odour from animal production facilities: its relationship to diet. *Nutrition Research Reviews* Vol 18 (1): 3-30
- Melse, R.W. en H.C. Willers, 2004. Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 1: Techniek en kosten. *Agrotechnology & Food Innovations*, Rapport 029, Wageningen UR, Wageningen, ISBN 90-6754-739-5.
- Melse, R.W. en N.W.M. Ogink, 2004. Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 2: Mogelijkheden tot kostenverlaging van wassers. *Agrotechnology & Food Innovations*, Rapport 271, Wageningen, ISBN 90-6754-835-9.
- Mol G. en Ogink, N.W.M., 2002. Geuremissies uit de veehouderij II. Overzichtsrapportage 2000-2002. IMAG Rapport 2002-09, Wageningen, 63 pp
- Ogink, N.W.M. en P.N. Lens, 2000. Geuremissies uit de veehouderij. Overzichtsrapportage van geurmetingen in de varkenshouderij, pluimveehouderij en rundveehouderij. IMAG Nota P 2000-11, IMAG, Wageningen, 36 pp.

- RAV, 2003. Regeling ammoniak en veehouderij; een op de wet ammoniak en veehouderij (WAV, 2003) gebaseerde ministeriële regeling (VROM en LNV) die de emissiefactoren bevat die nodig zijn om in de vergunde en in de aangevraagde situatie de ammoniakemissie van een veehouderij te kunnen berekenen.
- Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1996. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVIII: biggenopfokstal met mestverwijdering door hellende mestband. DLO, Rapport 96-1004, Wageningen, 15 pp. excl. bijlage.
- Reitsma, B., C.M. Groenestein en J.W.H. Huis in 't Veld, 1995. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXII: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met reductie van mestoppervlak en verdunning van mest. DLO, Rapport 95-1005, Wageningen, 23 pp. excl. bijlage.
- Satter, I.H.G., J.M.G. Hol, J.H.W. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1997 – Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIV: vleesvarkensstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten. Wageningen, DLO, Rapport 97-1004, 17 pp. excl. bijlage.
- Smits, M.C.J., D. Swierstra, A.C. Smits, R. Scholtens, M.J.M. Wagemans & P.W.G. Groot Koerkamp, 2001. Mogelijkheden voor ammoniak- en geurreductie in de vleeskalverensector; een quick scan. IMAG-nota P 2001-75, Wageningen, 34 pp.
- Spieker, A. & M.C.J. Smits, 2001. Sleutelen aan luchtwassers, olielaagjes en voerrantsoenen; LTO en IMAG onderzoeken ammoniakreductie voor kalversector. De Kalverhouder, september, p. 8-11.
- Swierstra, D., M.C.J. Smits & C.R. Braam, 1997. Grooved concrete floors to reduce ammonia emission and to prevent slipperiness in a loose house for cows. Proceedings International Symposium Concrete for a Sustainable Agriculture, Stavanger, 21-24 May, p.263-269.
- WAV, 2003. Wet Ammoniak en Veehouderij. Ministeries VROM en LNV. Wettekst zie hyperlink:
<http://www.infomil.nl/aspx/get.aspx?xdl=/views/infomil/xdl/page&ItmIdt=28673&SitIdt=111&VarIdt=46>

Samenvatting

Toegespitst op de situatie in de Agrarische Enclave wordt in dit rapport een geactualiseerd beeld van de meest perspectiefrijke emissie reducerende systemen, effectiviteit, kosten en andere relevante beoordelingscriteria gegeven. Dit op basis van expert judgement en gebruik makend van voortschrijdend inzicht, ervaringen met en innovaties in emissie-arme systemen.

De huidige situatie ten aanzien van vleeskalverstallen in de Agrarische Enclave wordt kort geschetst, alsook de eisen die wettelijk gelden ten aanzien van huisvesting, ammoniak en geur. Het principe van emissiearme systemen wordt kort beschreven, alsook de mogelijke knelpunten bij toepassing in een stal met vleeskalveren. Luchtwassystemen krijgen speciale aandacht omdat daarbij hoge reducties mogelijk zijn. Door genoeg te nemen met iets lagere reducties kan de kosteneffectiviteit van luchtwassers aanzienlijk toenemen. Door naschakeling met een biobed kan ook de geuremissie fors verminderd worden. De kosten van deze 'end of pipe' technieken zijn echter hoog, behalve wanneer alleen de kelderlucht wordt behandeld. Putafzuiging is daarom een perspectiefrijke optie. Deze optie behoeft echter nog wel een R&D traject..Bijkomend voordeel van wassystemen is dat naast ammoniak ook de uitstoot van stof en ziektekiemen verminderd. Een koeldekstelsysteem levert slechts een beperkte ammoniakemissiereductie, maar zou indien de onttrokken warmte benut kan worden, kosteneffectief kunnen zijn. Qua geuruitstoot biedt een koeldekstelsysteem slechts een beperkte reductiemogelijkheid.

Het afdekken van de mest in de kelder met een olielaag is in theorie een interessante optie. Voor het praktisch functioneren resteren echter nog cruciale vragen (R&D).

De sleufvloer is voor de vleeskalverhouderij een minder voor de hand liggende optie dan bij melkvee. De schuifwerking wordt gehinderd doordat de dieren op de vloer liggen. Een gescheiden ligruimte maakt de totale benodigde oppervlakte per dier erg groot; zowel qua kosten als qua emissie is dit minder gewenst. Het kunnen liggen op de vloer vereist bovendien een zachte(re) toplaag. Dit maakt een dergelijke vloer waarschijnlijk te duur.

Voor toepassing van spoelgoten, schuine wanden in de mestkelder en hellende mestbanden wordt onvoldoende perspectief gezien voor de vleeskalverhouderij.

Als additionele optie kunnen het voerspoor en koelen van de ventilatielucht interessant zijn. Als op zichzelf staande emissie-arme maatregelen kan via het voerspoor in de kalverhouderij waarschijnlijk onvoldoende emissiereductie bereikt worden. Door ventilatielucht enkele graden te koelen kunnen wassystemen kleiner gedimensioneerd worden en kan het stalklimaat verbeterd worden.

Als gunstig neveneffect van putafzuiging, koeldek, sleufvloer en afdekking van de mest in de kelder met een olielaag mag verwacht worden dat de stallucht op dierniveau schoner zal zijn (lagere gasconcentraties), dit zal de diergezondheid en de technische resultaten ten goede komen. In tabel 8 wordt een beoordeling van emissiearme systemen gegeven ten aanzien van toepassingsmogelijkheden, emissiereductie, kosten & kosteneffectiviteit, controle & handhaving, implementatietraject en afbreukrisico.

Bijlagen

Bijlage 1 Verdeling van de bedrijven naar aantal kalverplaatsen en NGE

Aantal bedrijven per grootteklasse waarbij de bedrijven ingedeeld zijn in klassen naar enerzijds aantal kalverplaatsen en anderzijds totale bedrijfseconomische omvang (Nederlandse Grootte Eenheid, NGE)

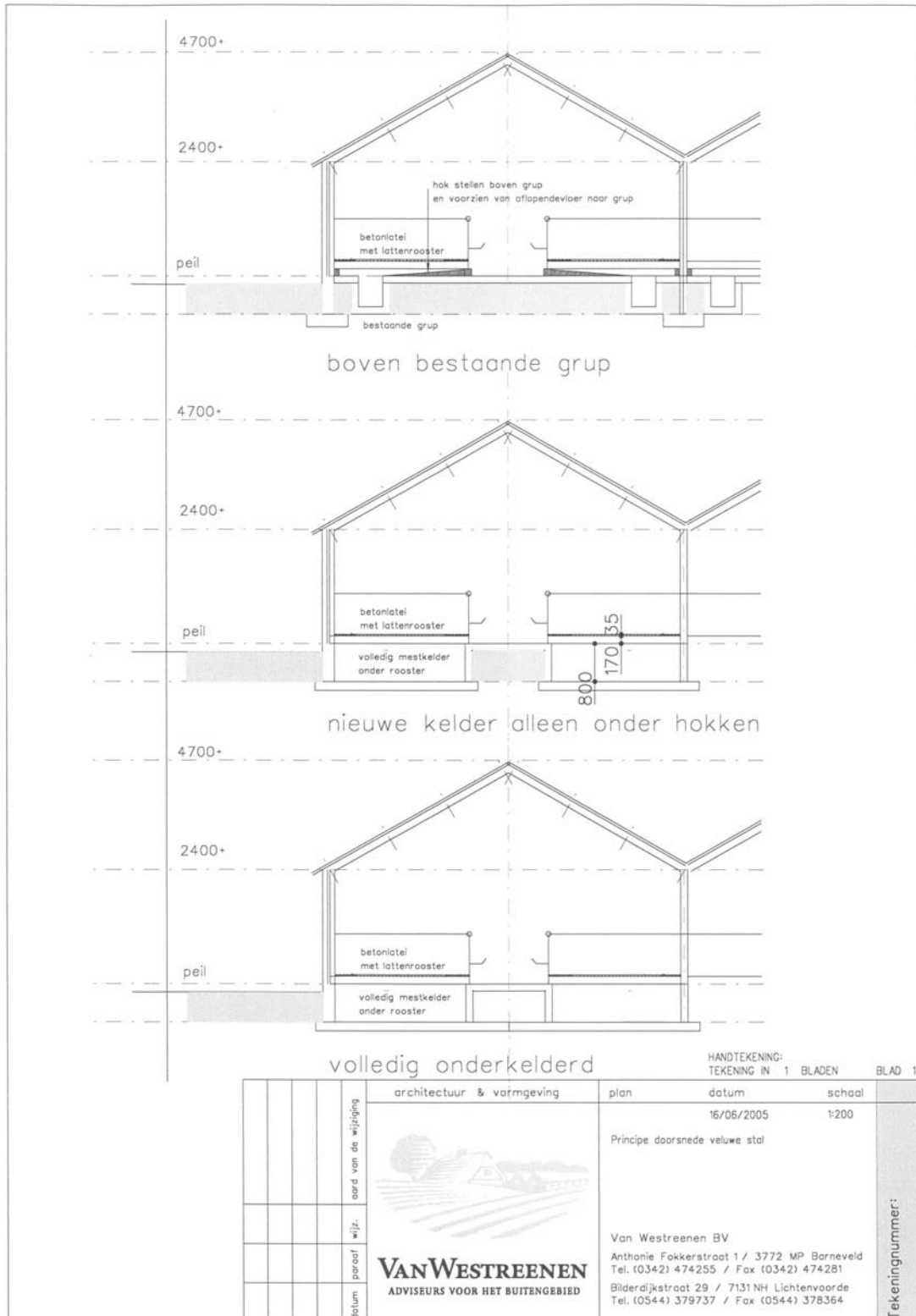
Kalverplaatsen	< 20 NGE	21-50 NGE	51-70 NGE	71-100 NGE	>101 NGE
1- 400	22	35	7	3	0
401-700	5	0	12	17	4
701-1000	2	0	1	5	6
>1000	0	1	0	0	9
Totaal	29	36	20	25	19

1 benutte kalverplaats is in 2004/2005 equivalent aan 0,1321NGE

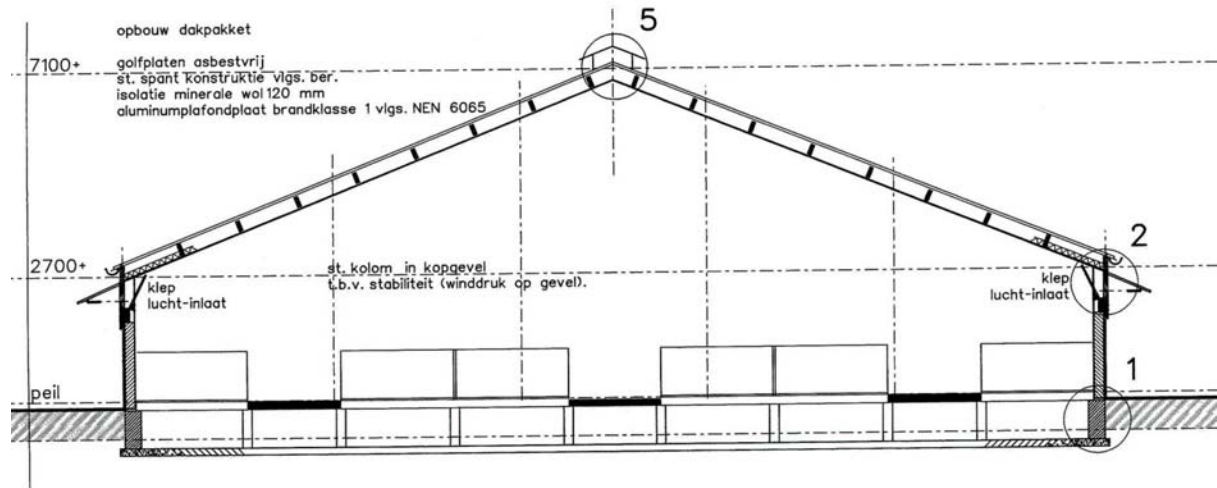
NGE is een economische maat voor het Bruto Standaard Saldo; een economische maatstaf, die elke 2 jaar wordt herzien. De normen worden berekend voor de rubrieken uit de Landbouwtelling die de bedrijfsomvang bepalen. Nederlandse grootte-eenheden (*nge*) zijn eenheden brutostandaardsaldo die gecorrigeerd zijn voor de prijsontwikkeling van het saldo in Nederland. Het wordt berekend door het bss te delen door een bepaalde deelfactor. Voor het prijsniveau van 2000 was deze 1.375 euro. De normen van '2002' (die in 2005 voor het eerst gebruikt worden) geldt.

Het *Brutostandaardsaldo (bss)* is gedefinieerd als: 'De in geldswaarde uitgedrukte totaalopbrengst minus bepaalde bijbehorende specifieke kosten'. Het bss geeft een vergoeding voor de factorkosten (arbeid en kapitaal) en de niet-toegerekende non-factorkosten zoals afschrijving en onderhoud. Het is een nominaal bedrag dat is uitgedrukt in euro.

Bijlage 2 Dwarsdoorsnede Veluwestal: (A) boven bestaande grup; (B) volledige mestkelder onder roosters; (C) volledig onderkelderd (inclusief voergang).



Bijlage 3 Voorbeeld van een moderne vleeskalverenstal; dwarsdoorsnede.



Doorsnede AA

Bijlage 4 Indicatie kosten biowasser

Mechanische ventilatie, 100% luchtbehandeling

1000 vleeskalveren (2 stallen met elk 500), mechanische ventilatie, biowasser (70% ammoniakreductie), volledige luchtbehandeling.

Ventilatie en ammoniak

Het mechanische ventilatiesysteem en de wasser worden gedimensioneerd op het maximaal ventilatiedebiet, d.w.z. 200 m³/dier/uur oftewel 200.000 m³/uur bij 1000 dieren. Op dit debiet is de wasser dus ook berekend.

De ammoniakconcentratie bedraagt gemiddeld 3 mg/m³.

In Tabel 9 is een inschatting gemaakt van de kosten van luchtwassing, gebaseerd op kostenberekeningen aan een nieuwbouw vleesvarkensstal. Hierbij zijn uitsluitend de kosten van het wassysteem en de spui weergegeven.

Tabel 9 Investerings- en exploitatiekosten (€ / dier, excl. BTW) van een biowassysteem voor de behandeling van stallucht van vleeskalveren (200 m³/dier/uur) (gebaseerd op Melse & Willers, 2004)⁽¹⁾. Bij de exploitatiekosten is onderscheid gemaakt tussen afzet van het spuiwater tegen afzettarief (inclusief langere opslag) en afzet op eigen land. Beide varianten zijn zowel bij een laag als een hoog niveau van waterverbruik en spuiafzetkosten berekend om aldus een indicatie te geven van de range.

	bio wasser afzettarief spuiwater		biowasser eigen afzet	
	<u>Laag</u>	<u>hoog</u>	<u>laag</u>	<u>hoog</u>
Investeringskosten (€/dier)	197	197	150	150
Exploitatiekosten per jaar (€/dier):				
<i>vaste kosten</i>				
afschr	20	20	15	15
onderhoud	6	6	5	5
rente	6	6	5	5
<i>variabele kosten</i>				
electriciteit	18	18	18	18
water	3	7	3	7
chem	0	0	0	0
afzet/verwerk spui	4	16	1	4
<i>Totaal jaarkosten</i>	57	73	46	54

(1) De berekeningen zijn afgeleid van een nieuwbouw vleesvarkensstal. Exclusief kosten van ombouw van natuurlijk naar mechanisch geventileerd en exclusief kosten van leidingwerk van ventilatoren naar centrale wasser(s).

Bijlage 5 Gebruik grondwater

Bij toepassing van een koeldeksysteem of een luchtkoelsysteem (inkomende ventilatielucht) is gebruik van grondwater als koelwater een optie.

Bij koude-warmteopslag in watervoerende lagen wordt de opgeslagen warmte in de winter (evt alleen op koude dagen) gebruikt om de stalruimte enigszins te verwarmen. Vooral in de eerste weken na het opstarten van een nieuwe mestronde kan dit interessant zijn. Koude-warmteopslagen wordt vooral in kantoren en ziekenhuizen e.d. toegepast om energie te besparen.

De warmte kan echter in de vleeskalverhouderij ook gebruikt worden om water voor de kunstmelkbereiding voor te verwarmen.

Grondwaterverordening Gelderland 1997

De verordening is gebaseerd op de landelijk grondwaterwet.

In een deel van Gelderland gelden strengere regels. Die zijn bedoeld als bescherming voor de hier aanwezige kwetsbare natuur. Zie kaart:

<http://geodata2.prv.gelderland.nl/apps/wateratlas/?kaartnaam=Grondwaterverordening>

De Provincie Gelderland kent een Grondwaterheffing van €0,013/m³ als meer dan 100.000 m³/jaar wordt onttrokken; boven deze hoeveelheid moet over de totaal onttrokken hoeveelheid heffing betaald worden. Voor meer informatie over de provinciale

Grondwaterheffingsverordening zie: <http://www.gelderland.nl/smartsite.shtml?id=6872&&menu=6864>

Gronwaterbelasting rijk

Daarnaast kan het zijn dat u grondwaterbelasting moet betalen.

Het Rijk legt in het kader van de Wet Belastingen Op Milieugrondslag een belasting van ongeveer € 0,18/m³ onttrokken water op met een drempel van 10m³/uur.

Hiervan dient u melding te doen bij de Belastingdienst grote ondernemingen te Arnhem.

Kortingsmogelijkheden

Zowel de provinciale heffing als de grondwaterbelasting geeft korting op het infiltreren van (oppervlakte)water en voor retourbemaling (het in een gesloten systeem op dezelfde diepte retourneren van het onttrokken water). Onttrekkingen ten behoeve van grondwatersaneringen en Koude-Warmte opslag zijn vrijgesteld van zowel de Rijksbelasting als de Provinciale Grondwaterheffing

Principes reeds getest bij varkens

Bij varkens is veel onderzoek gedaan naar de invloed van diervoeding op de ammoniakemissie. De belangrijkste principes zijn bij varkens reeds getest. Zo is bij vleesvarkens aangetoond dat naast stikstofcomponenten ook mineralen (electrolyten-balans, zuur-base balans) en niet-zetmeel koolhydraten in het voer de ammoniakemissie uit de mest beïnvloeden (Canh, 1998; Bakker *et al.*, 2004^a en 2004^b). Door één van deze invloedsfactoren gericht toe te passen kan de ammoniakemissie bij varkens volgens Canh met maximaal 50% worden gereduceerd. Door de verschillende factoren bij voeraanpassing te combineren kunnen hogere reducties behaald worden. Dit hoeft geen nadelige effecten te hebben voor de productieresultaten. Canh (1998) heeft de ammoniakemissie onderzocht van excreta van vleesvarkens geproduceerd op rantsoenen die

- (1) een verschuiving van N-uitscheiding van urine (in de vorm van snel afbreekbaar ureum) naar mest (in de vorm van organisch gebonden stikstof) veroorzaken (via dikke darm fermentatie van niet zetmeel koolhydraten)
- (2) een verlaging van de pH van de urine en mengmest veroorzaken via zuur base balans, calciumniveau en 'zuurvormende' Ca-zouten in het voer en fermentatie in de mengmest
- (3) een verlaging van de totale N-uitscheiding bewerkstelligen door een laag eiwit niveau met aanvullende essentiële aminozuren

Den Brok *et al.* (1997) vonden bij aangepaste huisvesting van vleesvarkens (metalen roosters) een additionele emissiereductie van 40% door toevoeging van organische zuren aan het voer. Er werden geen nadelige neveneffecten gevonden. Van der Peet-Schwering *et al.* (1997) vonden bij aangepaste huisvesting een additionele emissiereductie van 11% door toepassing van multifasenvoeding (bij zowel brijvoeding en droogvoeding).

Electrolytenbalans en urine-pH vleeskalv

Een verlaging van de electrolytenbalans in de kunstmelk zou tot een pH daling van de urine en daardoor ook van de mengmest kunnen leiden. Door bij de keuze van grondstoffen rekening te houden met het urine-pH effect is dus waarschijnlijk ook een emissiereductie mogelijk. Ook door vervanging van calciumcarbonaat (CaCO_3) door Ca-benzoaat of een ander verzurend calciumzout is een verlaging van de urine-pH in principe mogelijk.

Toevoegingen kunnen ook de geuremissie beïnvloeden. Zo kan toevoeging van sulfaat tot hogere H_2S -concentraties in de stallucht leiden. Dit kan leiden tot een sterke verhoging van de geurconcentratie en is dus niet gewenst.

Samenstelling kunstmelk vleeskalf

Voor de reductie van de ammoniakemissie verdienen melkeiwitvervangende bestanddelen met een goede N-verteerbaarheid en een urine-pH verlagend effect de voorkeur. De kosten per kg ammoniakemissiereductie hangen uiteraard sterk af van de marktomstandigheden (prijsverhouding van diverse grondstoffen) en van de bereikte ammoniakemissiereductie. Beide aspecten zouden in onderzoek gekwantificeerd kunnen worden. Uiteindelijk zal een afweging gemaakt moeten worden van de speelruimte binnen de samenstelling van kunstmelk, de kosten en de effecten op de emissie.

Controle & handhaving

De controle en handhaving van voedingsmaatregelen behoeft nog speciale aandacht. Bij melkkoeien is het melkureumgehalte als indicator bruikbaar. Bij vleeskalveren wordt soms urine opgevangen ter controle op hormonen. Bij twijfel zou het ureumgehalte in deze urinesteekproeven bepaald kunnen worden. Een aantrekkelijke, efficiënte optie is om onafhankelijke controleurs van de Stichting Kwaliteitscontrole Vleeskalversector (SKV) extra controlerende taken te laten uitvoeren ten aanzien van emissie beperkende voeding (voersamenstelling) en eventueel ten aanzien van de urine op dit aspect.

Voedingsmaatregelen & geur

Ook de geuremissie zou via de voeding wellicht op kosteneffectieve wijze beperkt kunnen worden (Le *et al.*, 2005). Op dit vlak is er echter nog nauwelijks kennis. Onderzoek op dit gebied is zeer wenselijk. Naar verwachting mag hier pas op de lange termijn een bijdrage van verwacht worden.

Voor meer informatie over voedingsmaatregelen bij vleeskalveren wordt verwezen naar Smits *et al.*, 2001.

