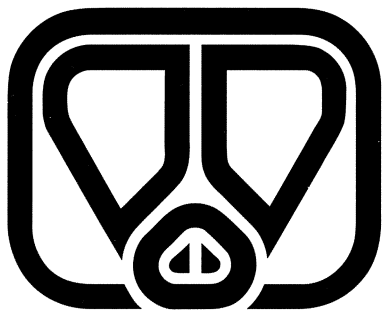


ir. A.V. van Wagenberg
ing. A.J.A.M. van Zeeland

Vernevelen van water voor koeling in varkensstallen

*Evaporative cooling in
pig houses*



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Locatie:
Varkensproefbedrijf
"Zuid- en West-Nederland"
Vlaamseweg 17
6029 PK Sterksel
tel. 040 - 226 23 76

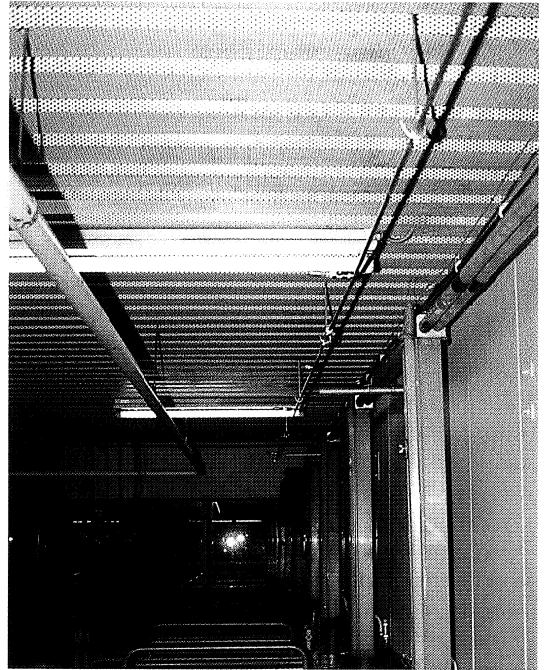
Proefverslag nummer P 1.227
juni 1999
ISSN 0922 - 8586

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	4
	SUMMARY	5
1	INLEIDING	6
2	MATERIAAL EN METHODE	
21	Testen van de vernevelaar	
2'1.1	Beschrijving van de proefafdelingen	7
2'1.2	Beschrijving van de vernevelaar	
2'1.3	Instellen van de vernevelaar	7
2'1.4	Waarnemingen	8
2 2	Theoretische benadering	8
2'2.1	De invloed van de vernevelaar op de afdelingstemperatuur	8
2'2.2	Gegevens van het buitenklimaat	9
2'2.3	Gegevens van het binnenklimaat	9
2'2.4	Economische berekening	9
3	RESULTATEN	10
31	Testen van de vernevelaar	10
3'1.1	De invloed van de vernevelaar op het staklimaat	10
3.1.2	Energie- en waterverbruik	10
3.1.3	Praktische ervaringen en aanbevelingen	10
3 2	Theoretische benadering	12
3'2.1	Hoogdrachtige zeugen	12
3'2.2	Zogendezeugen	12
3'2.3	Vleesvarkens	12
4	DISCUSSIE EN CONCLUSIE	13
4.1	Werkings van de vernevelaar	13
4.2	Instellingen van de vernevelaar	13
4.3	Toepassing van een vernevelaar in de varkenshouderij	13
4.4	Conclusie	14
	LITERATUUR	15
	BIJLAGEN	16
	Bijlage 1: Klimaatinstellingen in de proefafdelingen	16
	Bijlage 2: Mollier-diagram	17
	Bijlage 3: Economische evaluatie vernevelaar	18
	Bijlage 4: Kosten van uitval van hoogdrachtige zeugen	19
	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN	20

SAMENVATTING

Hittestress kan onder Nederlandse omstandigheden een probleem vormen bij hoogdrachtige zeugen, zogende zeugen en vleesvarkens. Hittestress heeft negatieve economische gevolgen bij hoogdrachtige zeugen vanwege een verhoogd risico op uitval. Bij zogende zeugen en vleesvarkens verslechtert als gevolg van een verlaagde voeropname het economisch resultaat. Op het Varkensproefbedrijf te Sterksel zijn waarnemingen verricht met betrekking tot het technisch en praktisch functioneren en het energieverbruik van een vernevelaar in een kraamafdeling. De installatie was goed instelbaar. Door te vernevelen kon de afdelingstemperatuur gedurende warme periodes enkele graden afkoelen zonder dat er problemen door een hoge luchtvochtigheid optraden. De jaarkosten van een vernevelaar zijn geschat op f 17,- per drachtige zeugenplaats, f 9,- per kraamhok en f 8,- per vleesvarkensplaats. Uitgaande van een gemiddeld jaar lijkt het onwaarschijnlijk dat de jaarkosten van een vernevelaar kunnen worden terugverdiend in perioden van hittestress.



Drukleiding van het vernevelsysteem in de afdeling

SUMMARY

Under Dutch conditions heat stress can be a problem among pregnant sows, lactating sows and growing-finishing pigs. Heat stress has negative economic consequences. The risk that a pregnant sow will die increases. Lactating sows and growing-finishing pigs will have a lower feed intake, which results in a lower production.

At the Experimental Farm for Pig Husbandry "South and West-Netherlands" at Sterksel the technical and practical functioning of an evaporative cooler in a farrowing compart-

ment has been studied. The installation could easily be adjusted and during hot periods the temperature in the compartment could be reduced some degrees without causing problems due to high humidity. The yearly costs of an evaporative cooler have been estimated at Dfl 17.- per pregnant sow place, Dfl 9.- per farrowing pen and Dfl 8.- per growing-finishing pig place. In an average year it seems unlikely that the yearly costs can be recovered in periods of heat stress.



Nozzle

1 INLEIDING

Toepassing van een vernevelaar in de Nederlandse varkenshouderij kan interessant zijn voor diercategorieën waarbij hittestress een probleem vormt. Bij gespeende biggen en guste zeugen treedt weinig hittestress op (Van Ouwerkerk, 1998). Deze twee diercategorieën worden in dit onderzoek verder buiten beschouwing gelaten.

Hoogdrachtige zeugen hebben een hoge voeropname en een hoge warmteproductie. Bij deze diercategorie ontstaat een verhoogd risico op uitval bij een plotselinge stijging van de temperatuur. De voerhoeveelheid die voorafgaand aan de hete periode opgenomen is zorgt voor een hoge warmteproductie, maar de warmteafgifte verloopt moeizaam waardoor de lichaamstemperatuur stijgt.

Bij zogende zeugen ligt onder normale omstandigheden de ruimtetemperatuur al enkele graden boven de bovengrens van de thermoneurale zone van de zeug (Makkink et al., 1994). Bij hoge afdelingstemperaturen ten gevolge van hoge buitentemperaturen wordt de bovengrens van de thermoneurale zone fors overschreden. Dit heeft voor de zeug een aantal nadelen. Zo zijn de voeropname en de melkproductie verlaagd, met als gevolg een verlaagde biggengroei en een toenemend gewichts- en conditieverlies gedurende de lactatie. Prunier et al. (1997) vonden bij een omgevingstemperatuur van 18°C een gemiddelde voeropname van 6,1 kilogram en een gewichtsverlies van 0,92 kilogram per zeug per dag. Bij een omgevingstemperatuur van 27°C vonden zij 4,4 kilogram voeropname en 1,12 kilogram gewichtsverlies per zeug per dag.

Hittestress kan ook leiden tot een verlengd interval spenen-eerste inseminatie (Prunier et al., 1997, Mullan, 1991, Makkink et al., 1994 en Raap et al., 1998). Ook bij zogende zeugen kunnen hoge omgevingstemperaturen leiden tot een verhoogde lichaamstemperatuur (Bull et al., 1997), hetgeen zelfs de dood van de zeug tot gevolg kan hebben (Kruger et al., 1997).

De comfortzone van vleesvarkens is afhankelijk van het gewicht en de voeropname. Door de voeropname te verlagen wordt voor een varken de bovengrens van de comfortzone

en thermoneurale zone verlaagd, waardoor de hittestress afneemt (Van Ouwerkerk, 1998). Een verlaagde voeropname leidt echter tot een slechtere productie en slechter economisch resultaat.

Uit onderzoek van Nienaber et al. (1995) blijkt dat de voeropname met 13% en 26% afneemt bij een stijging van de omgevingstemperatuur van respectievelijk 6 en 10 graden. Een verschil in voederconversie werd niet gevonden. Ook Serres (1992) vermeldde dat een hoge omgevingstemperatuur invloed heeft op de voeropname, maar niet op de voederconversie.

Hittestress kan optreden bij hoogdrachtige en zogende zeugen én bij vleesvarkens. Om hittestress te verminderen zijn er verschillende mogelijkheden om de leefomgeving van de dieren koeler te maken, bijvoorbeeld door de lucht in de afdeling te koelen of door de ligvloer te koelen.

Eén van de manieren om de lucht te koelen is het vernevelen van water in de afdeling of in de luchtaanvoer. Het water verdampt en de warmte die hiervoor nodig is wordt onttrokken aan de lucht. De hoeveelheid afkoeling hangt af van de hoeveelheid verdampt water. In verzadigde lucht (RV 100%) zal geen water meer worden opgenomen en treedt er geen verkoelend effect op. Volgens de norm van de Werkgroep Klimaatsnormen (1989) dient de relatieve luchtvochtigheid voor jonge varkens (tot 25 kg) tussen de 60% en 80% te liggen. Brent (1986) hanteert een bovengrens van 85%. Een verdere afkoeling door het hanteren van een hogere relatieve vochtigheid is mogelijk, maar leidt mogelijk tot andere problemen. Bij verneveling tot een RV van 80 à 85% blijft de afdeling droog, zodat geen risico's voor de hygiëne ontstaan.

Het doel van dit onderzoek is het verkrijgen van praktische ervaringen en het meten van het water- en energieverbruik van een vernevelaar in kraamafdelingen. Op basis van economische berekeningen worden ook de jaarkosten van een vernevelaar geschat voor hoogdrachtige en zogende zeugen en vleesvarkens.

2 MATERIAAL EN METHODE

In het kader van het onderzoek zijn een proef en een economische berekening uitgevoerd. In paragraaf 2.1 worden de proefafdelingen en de vernevelaar beschreven, in paragraaf 2.2 de uitgangspunten en de methode voor de theoretische benadering van de afkoeling door het vernevelen van water.

2.1 Testen van de vernevelaar

2.1.1 Beschrijving van de proefafdelingen

De proef werd in twee afdelingen uitgevoerd: één afdeling met vernevelaar en één zonder vernevelaar. Beide afdelingen waren uitgerust met plafondventilatie (damwandprofiel met steenwol: en aan weerszijde van de werkgang kraamhokken van 2,2 meter lang en 1,8 meter breed. In de afdeling met vernevelaar waren tien kraamhokken, in de afdeling zonder vernevelaar twaalf. Het klimaat werd geregeld op basis van een gemeten afdelingstemperatuur, een ingegeven curve op de klimaatcomputer (bijlage 1) en een debietmeting met behulp van een meetwaaier. De maximale ventilatiecapaciteit per kraamhok was gelijk in beide afdelingen. Ruimteverwarming vond plaats met behulp van kasbuizen. Gedurende de proef is in beide afdelingen de ruimteverwarming continu gebruikt om de binnentemperatuur te verhogen, zodat de werking van de vernevelaar onderzocht kon worden.

2.1.2 Beschrijving van de vernevelaar

De vernevelinstallatie bestond uit een compressor, een regelkast met meetsensoren en een drukleiding met nozzles. Op de regelkast kon ingesteld worden bij welke temperatuur de vernevelaar moest gaan werken. Om problemen met vocht te voorkomen kon ingesteld worden boven welke relatieve luchtvochtigheid de vernevelaar afsloeg. Met behulp van de meetsensoren werden in de afdeling de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid (RV) gemeten. De gemeten waarden werden in de regelkast vergeleken met de ingestelde waarden. Als er verneveld kon worden ging er vanuit de regelkast automatisch een signaal naar de compressor. De

compressor zette het water in de drukleiding onder druk en het water werd door de nozzles geperst, waardoor er een fijne nevel ontstond. De druk was instelbaar en bepaalde de grootte van de afgegeven druppeltjes en de hoeveelheid afgegeven water van een nozzle per tijdseenheid.

Als de vernevelaar in werking was, werd er verneveld gedurende de ingestelde verneveltijd. Wanneer deze tijd verstreken was volgde een rustperiode. De lengte van dit interval werd ook ingegeven op de regelkast.

2.1.3 Instellen van de vernevelaar

Op basis van een vooronderzoek zijn instellingen vastgesteld. Uitgangspunten waren dat de koelende werking van de vernevelaar geen nadelige invloed mocht hebben op het comfort van de biggen en dat de afdeling niet nat mocht worden.

Met de drukinstelling kan de fijnheid van de nevelwolk worden ingesteld. De instelling vond plaats vlak na de compressor.

Drukverlies in de leidingen naar de nozzles als gevolg van bijvoorbeeld bochten leidt er mogelijk toe dat de werkdruk bij de nozzles lager is dan de ingestelde druk. Een hogere druk zorgt voor een fijnere nevel die relatief snel verdampst en dus minder snel in de afdeling neer zal slaan. De lengte van de vernevelperiode dient zodanig te zijn dat de koele, verzadigde 'vernevelpluim' de hokinrichting niet raakt. Deze pluim met verzadigde lucht en kleine druppeltjes valt naar beneden en verdwijnt snel door menging met afdelingslucht.

De drukinstelling was op 60 bar gezet. Bij deze druk was de waterafgifte van de nozzles 6 liter per nozzle per uur (dit is afhankelijk van het type nozzle).

Het interval tussen twee vernevelperiodes dient lang genoeg te zijn om de verzadigde lucht direct voor de nozzle te mengen met de afdelingslucht. Dit was vrij snel gebeurd (enkele seconden) omdat er tijdens het vernevelen veel luchtverplaatsing in de afdeling was (in verband met maximale ventilatie bij hoge temperatuur).

De temperatuur waarboven de vernevelaar in werking trad was ingesteld op 27 graden Celcius, om geen negatieve effecten te verwachten voor de zuigende biggen. Bij 27 graden Celcius was de ventilatie maximaal (200 m³/uur per zeug).

Redenen om de vernevelaar buiten het regelgebied van de ventilator te laten werken waren:

- voorkomen dat er een instabiel binnenklimaat ontstaat met veel variatie in de ventilatiehoeveelheid (en luchtsnelheid);
- koelen met extra lucht is goedkoper dan koelen met de vernevelaar (opgenomen elektrisch vermogen uitgedrukt per graad afkoeling van de vernevelinstallatie is hoger dan dat van de ventilator). Pas als koelen met de buitenlucht niet meer gaat, gaat de vernevelaar werken.

Voor de bepaling van het aantal benodigde nozzles dient de gewenste maximale waterafgifte van de vernevelinstallatie te worden bepaald. Deze dient afgestemd te worden op extreem hoge buitentemperaturen met lage luchtvochtigheden (bijvoorbeeld 35 graden Celcius en RV 35%). Om lucht van 35 graden met een RV van 30% te koelen naar 27 graden bij een debiet van 2.000 m³/uur dient de waterafgifte 8,1 liter per uur te zijn. Bij het in gebruik hebben van vier nozzles met ieder zes liter per nozzle per uur dient de vernevelaar dus 20 minuten per uur te vernevelen (dus 1 nozzle per 500 m³/uur maximale ventilatie).

Om te voorkomen dat de normen voor de RV van de binnenlucht worden overschreden is er een RV-sensor aan de vernevelinstallatie gekoppeld. Ingesteld is dat bij een RV van 80% de installatie afslaat.

2.1.4 Waarnemingen

In de proefafdelingen zijn elke tien minuten waarnemingen gedaan aan het binnenklimaat. In de afdeling zonder vernevelaar werden de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de afdelingslucht gemeten op 1 meter hoogte boven de hokafscheiding tussen het tweede en derde hok. In de afdeling met vernevelaar werden elke tien minuten de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid op twee plaatsen gemeten

(1 meter hoogte, boven de hokafscheiding tussen het tweede en derde hok (links van de voergang) en boven de hokafscheiding tussen het derde en vierde hok (rechts van de voergang)).

Het waterverbruik van de vernevelaar is gemeten door een watermeter, bij de aanvoer van water naar de compressor. Het energieverbruik is gemeten met een kWh-meter. Driemaal per week zijn de meterstanden geregistreerd. Ook zijn door de dierversorgers gebruikservaringen geregistreerd.

2.2 Theoretische benadering

Met een theoretische benadering kan worden geschat wat de afkoeling in een afdeling is ten gevolge van het vernevelen van water. Met een economische berekening kunnen de jaarkosten worden geschat.

2.2.1 De invloed van de vernevelaar op de afdelingstemperatuur

De afdelingstemperatuur is afhankelijk van de hoeveelheid en de temperatuur van de binnenkomende ventilatielucht, transmissie door wanden en plafond en de interne warmteproductie. De temperatuur van de in de afdeling binnenkomende lucht is afhankelijk van de buitentemperatuur en van de opwarming of afkoeling in het systeem voordat de lucht de afdeling binnenkomt (bijvoorbeeld centrale gang, ruimte boven plafond, voorbehandeling). Het temperatuurverschil tussen binnen en buiten is de drijvende kracht voor transmissie. Als gevolg van de interne warmteproductie is in een afdeling de temperatuur doorgaans hoger dan de temperatuur van de binnenkomende ventilatielucht. Door middel van verneveling van water kan de temperatuur omlaag worden gebracht. Aan de hand van een voorbeeld wordt de invloed van de vernevelaar op de afdelingstemperatuur berekend voor zowel verneveling in de afdeling als verneveling in het luchtaanvoerkanaal. In het volgende voorbeeld wordt het vertragende effect van warmte-opslag in bijvoorbeeld muren verwaarloosd.

Bij een buitentemperatuur van 23°C (dit is de temperatuur van de binnenkomende lucht), een RV van 70% en een ventilatiede-

biet van 200 m³ per uur per kraamhok ligt de evenwichtstemperatuur in de afdeling rond de 27°C (Van Ouwerkerk, 1998). Door toepassing van koeling van lucht in de afdeling kan de afdelingstemperatuur verlaagd worden en hittestress worden voorkomen of verminderd. Niet volledig verzadigde lucht zal door waterverneveling afkoelen. De temperatuur van de lucht zal dalen omdat verdampingswarmte van het water wordt onttrokken aan de lucht. De luchtvochtigheid neemt dan toe. De afdelingslucht van 27°C met een RV van 60% kan afkoelen naar lucht van 23,8°C met een RV van 80% bij gelijkblijvende enthalpie (energie-inhoud), (bijlage 2, lijn 1).

Naast het vernevelen van water in de afdeling zelf kan ook water worden verneveld in de luchtaanvoer. De temperatuur van de binnekomende lucht wordt dan omlaag gebracht. Ook hier is belangrijk dat de lucht binnen de afdeling niet te vochtig wordt. In beide situaties kan evenveel water worden verneveld, dus er is in beide situaties evenveel energie-onttrekking aan de lucht. In dit voorbeeld is de binnekomende lucht 23°C met een RV van 70%. Deze lucht kan worden afgekoeld naar 19,2°C met een RV van 100% (bijlage 2, lijn 2). Wanneer deze lucht de stal binnenkomt, is de berekende evenwichtstemperatuur 23,9°C, met een RV van 80% (Van Ouwerkerk, 1998). Het uiteindelijk afkoelende effect van vernevelen in de afdeling of in de luchtinlaat is gelijk.

2.2.2 Gegevens van het buitenklimaat

Voor gegevens van het buitenklimaat wordt gebruik gemaakt van een selectie-jaar waarin uurwaarden voor de belangrijkste klimaatsfactoren staan (Lund, 1984). Er zijn uurwaarden van onder andere temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, zonnestraling en windsnelheid. Deze representatieve gegevens voor het klimaat in Nederland zijn gebaseerd op metingen aan het buitenklimaat in de periode 1971 tot 1980. In de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid.

2.2.3 Gegevens van het binnenklimaat

Voor bepaling van de optredende binnentemperatuur zijn de interne warmteproductie

en de buitentemperatuur meegenomen. Andere invloeden zijn buiten beschouwing gelaten.

Hoogdrachtige zeugen

Bij een binnentemperatuur van 25 graden Celcius zal de ventilatie maximaal zijn in een afdeling met drachtige zeugen (klimaatinstellingen volgens Praktijkonderzoek Varkenshouderij, 1999). Een binnentemperatuur van 25 graden of hoger zal volgens modelberekeningen optreden wanneer de buitentemperatuur hoger of gelijk is aan 21,8 graden (Van Ouwerkerk, 1998).

Zogende zeugen

Pas bij hoge afdelingstemperaturen (boven 26°C) zal koeling van de afdeling geen negatieve gevolgen hebben voor de biggen. Ook zal de ventilatie dan maximaal zijn (klimaatinstellingen volgens Praktijkonderzoek Varkenshouderij, 1999). Koelen van de lucht door vernevelen tot 26°C zal in de praktijk bijna altijd mogelijk zijn. Uit modelberekeningen blijkt dat bij buitentemperaturen boven de 21,4 graden de binnentemperatuur 26 graden of hoger zal zijn (Van Ouwerkerk, 1998).

Vleesvarkens

Voor de gegevens van het stalklimaat is gebruik gemaakt van resultaten van een simulatie van het binnenklimaat in een vleesvarkensafdeling (Berckmans et al., 1993). De gerealiseerde temperatuur in de afdeling is berekend door het simulatiemodel, evenals de relatieve vochtigheid en het ventilatie-debiet.

2.2.4 Economische berekening

Bij de economische berekeningen is uitgegaan van één vernevelregeling per afdeling met RV- en temperatuursensor. De jaarkosten van de installatie zijn opgebouwd uit afschrijving, onderhoud en rente. In de post onderhoud zit tevens de extra arbeid voor het schoonmaken van de vernevelinstallatie. Aan de andere kant kan ook werk worden bespaard omdat een vernevelinstallatie ook geschikt is om de afdeling in te weken voordat deze gereinigd wordt. Deze besparing wordt meegenomen bij zogende zeugen en vleesvarkens. Bij drachtige zeugen wordt hiervoor niets gerekend, omdat een drachtige-zeugenafdeling zelden leeg komt te staan.

3 RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden eerst de resultaten van de proef beschreven en vervolgens de resultaten van de theoretische benadering.

3.1 Testen van de vernevelaar

De waarnemingen zijn verricht gedurende één kraamperiode van 28 dagen (20-8-'98 tot 17-9-'98) op het Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland" te Sterksel en vonden plaats in twee afdelingen.

3.1.1 De invloed van de vernevelaar op het stalklimaat

Om het effect van de koeling op de binnentemperatuur aan te geven is in figuur 1 het temperatuurverloop van drie representatieve dagen opgenomen van de proef- en de referentie-afdeling. Van de twee gemeten temperaturen in de referentieafdeling is het gemiddelde genomen.

Uit de figuur is af te leiden dat de binnentemperatuur in de afdeling met vernevelaar niet boven de 27°C uitkomt. In de referentieafdeling gebeurt dit in deze periode wel en worden temperaturen tot 29°C gemeten. Hoewel de afdelingen niet identiek zijn, wat blijkt uit het verschil in afdelingstemperatuur gedurende de nacht, zijn er voldoende

gegevens verzameld om het perspectief van een vernevelaar in te schatten.

In figuur 2 is het verloop van de relatieve luchtvochtigheid uitgezet van dezelfde drie dagen. Van de twee gemeten waarden voor de relatieve luchtvochtigheid in de proefafdeling met vernevelaar is het gemiddelde genomen.

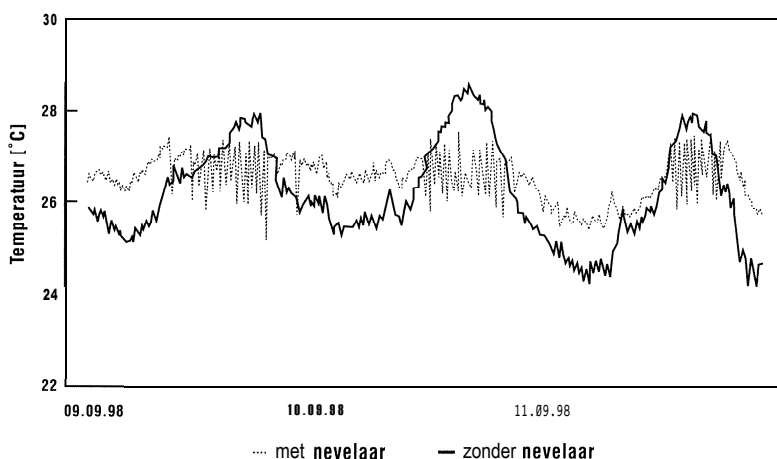
Uit figuur 2 is af te leiden dat enkele pieken boven de 80% uitkomen. Dit is echter kortstondig en heeft te maken met de nevelwolk die na de korte periode van vernevelen voor de nozzles ontstaat. Omdat de wolk ook om de meetsensor zal gaan hangen is ter plekke de RV boven de 80%. Problemen door een te vochtige afdelingslucht zijn echter niet opgetreden en worden ook niet verwacht.

3.1.2 Energie- en waterverbruik

Gedurende een ronde (28 dagen) heeft de installatie 624 liter water verbruikt en 14,9 kWh elektrische energie. Bij een tegendruk van 60 bar is het energieverbruik derhalve 0,024 kWh per afgegeven liter water.

3.1.3 Praktische ervaringen en aanbevelingen

Gedurende het vooronderzoek en de proefronde zijn een aantal punten aan het licht



Figuur 1: Verloop van binnentemperatuur in afdeling met en zonder vernevelaar

gekomen waarmee rekening gehouden dient te worden bij toepassing van een vernevelaar.

Door kalkafzetting kunnen de filters in de nozzles verstopt raken. Bij de compressor het water voorfilteren (kalkfilter) vermindert dit risico. Afhankelijk van de hardheid van het water en de aanwezigheid van een voorfilter dienen de filters uit de nozzles regelmatig schoongemaakt te worden. Dit kan door de filters gedurende enkele uren in een oplossing met zuur te leggen.

Ook de locatie van de nozzles is belangrijk. Er dient een vrije uitblaasruimte te zijn. Obstakels die direct voor de nozzle hangen worden door de nevelwolk omringd. Druppeltjes in de nevelwolk slaan neer op de obstakels en verdampen niet om de lucht te koelen. Neergeslagen druppeltjes vallen in de hokken en kunnen hokbevuiling (hygiëne) veroorzaken. Extra aandacht dient er te zijn voor de meetsensoren die de klimaatcomputer en de vernevelaar aansturen. De RV-sensor is erg gevoelig voor water en wanneer een temperatuursensor nat wordt zal deze een lagere temperatuur meten dan de luchttemperatuur en dus met een verkeerd signaal het klimaat gaan regelen,

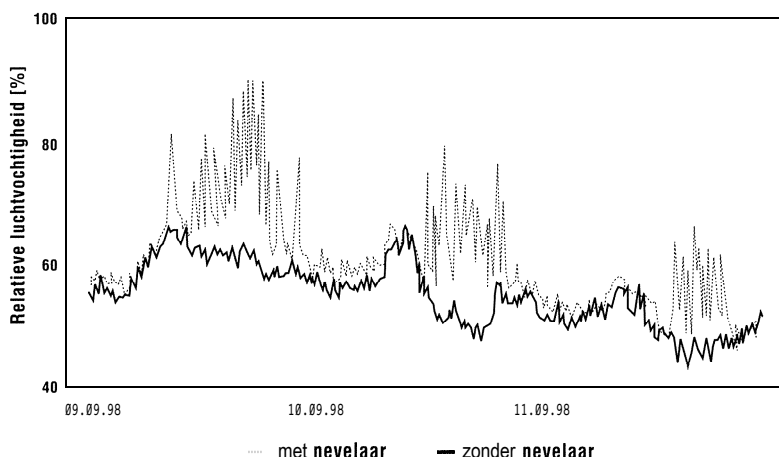
Behalve voor koelen kan een vernevelinstallatie ook worden gebruikt voor inweken.

Hiervoor zijn eenvoudig de instellingen te wijzigen. Bij gebruik voor inweken zal de vernevelinstallatie arbeidsbesparend werken

Ten aanzien van de gebruikersvriendelijkheid kan gesteld worden dat de geteste vernevelaar eenvoudig te bedienen is. De instellingen die gehanteerd moeten worden zijn vrij eenvoudig aan de hand van de in paragraaf 2.1.3 genoemde aandachtspunten te bepalen. Een RV-regeling is noodzakelijk om risico's van een té vochtige lucht uit te sluiten.

Een extra kastje dat ingesteld dient te worden naast de klimaatcomputer betekent echter weer extra aandacht. Ook bestaat het risico dat de klimaatinstellingen en de vernevelinstellingen 'tegenstrijdig' zijn. Dit kan bijvoorbeeld wanneer de vernevelinstallatie en de verwarming beide aanstaan. Voor het voorkomen van dergelijke fouten en het gebruikersgemak is bij een grootschalige toepassing integratie met de klimaatcomputer wenselijk. Een koelcurve zou toegevoegd kunnen worden naast de reeds gebruikelijke instellingen voor ventilatie en verwarming. In klimaatcomputers voor pluimveestallen is dit reeds gebruikelijk.

Tenslotte kan worden gesteld dat het klimaat in de afdeling met de vernevelinstallatie als erg aangenaam wordt ervaren voor de dierverzorgers.



Figuur 2: Verloop van relatieve luchtvochtigheid in afdeling met en zonder vernevelaar

3.2 Theoretische benadering

3.2.1 Hoogdrachtige zeugen

In het gebruikte selectiejaar (Lund, 1984) wordt de 21,8°C 233 uur per jaar overschreden. De vernevelaar is dus 233 uur in werking in een drachtige-zeugenafdeling en de gemiddelde afkoeling is 2,46°C.

Bij het maximale debiet van 150 m³/uur per zeug betekent dit dat er gemiddeld 0,20 liter water per uur verneveld wordt. Het waterverbruik is 45,7 liter per zeugenplaats per jaar. Uit de praktijkproef blijkt dat er 0,024 kWh per liter verneveld water gebruikt is. Het kWh-verbruik is 1,1 kWh per dierplaats per jaar.

Uit de economische berekening (bijlage 3) blijkt dat de jaarkosten per drachtige-zeugenplaats met f 12,- tot f 22,- zullen stijgen.

3.2.2 Zogende zeugen

In het gebruikte selectiejaar (Lund, 1984) wordt de 21,4°C 269 uur per jaar overschreden. Dit betekent dat de installatie in de kraamstal 269 uur per jaar in werking is. De gemiddelde afkoeling door de vernevelaar is 2,52°C. Bij het maximale debiet van 200 m³/uur per kraamzeug betekent dit dat er gemiddeld 0,27 liter water per uur verneveld wordt. Het waterverbruik is 72 liter per kraamhok per jaar.

Uit de praktijkproef blijkt dat er 0,024 kWh per liter verneveld water gebruikt is. Het kWh-verbruik is 1,73 kWh per kraamhok per jaar. Het gebruik van de vernevelinstallatie om de afdeling in te weken voordat deze gereinigd wordt kan aan arbeidstijd 2,2 minuten per kraamhok per ronde besparen (Roelofs et al., 1999).

Uit de economische berekening (bijlage 3) blijkt dat de jaarkosten per kraamhok met f 2,50 tot f 16,- zullen stijgen.

3.2.3 Vleesvarkens

Bij de berekening van de invloed van de vernevelaar is een van de uitgangspunten dat de vernevelaar gaat koelen zodra de temperatuur waarbij er maximaal geventileerd wordt overschreden wordt. De vernevelaar koelt dan net zo lang totdat de temperatuur waarbij maximaal geventileerd wordt weer gehaald is, tenzij de relatieve vochtigheid boven de 80% komt. Bij een RV boven 80% slaat de vernevelaar af.

Uit de berekening blijkt dat gedurende de eerste ronde (opleg eerste dag van het jaar) de vernevelaar 69 uur in werking trad. De gemiddelde afkoeling in die 69 uur was 1,43°C. Gedurende de tweede ronde trad de vernevelaar 736 uur in werking en was de gemiddelde afkoeling 1,56°C.

Gedurende de derde ronde trad de vernevelaar 15 uur in werking, met als gemiddelde afkoeling 0,81°C. Per dierplaats per jaar wordt 37,4 liter water verneveld. Uit de praktijkproef blijkt dat er 0,024 kWh per liter verneveld water gebruikt is. Het kWh-verbruik is 0,90 kWh per dierplaats per jaar.

Het gebruik van de vernevelinstallatie om de afdeling in te weken voordat deze gereinigd wordt kan aan arbeidstijd 3,75 minuten per hok van acht vleesvarkens per ronde besparen (Roelofs et al., 1999).

Uit de economische berekening (bijlage 3) blijkt dat de jaarkosten per dierplaats tussen de f 5,- en f 12,- hoger zijn door toepassing van een vernevelaar.

4 DISCUSSIE EN CONCLUSIE

4.1 Werking van de vernevelaar

Een vernevelaar kan goed werken wanneer bij de installatie en het gebruik van de vernevelaar rekening wordt gehouden met de volgende punten:

- voorkómen van verstopping van de nozzles.
- vrije uitblaas van de nozzles. De vernevelpluim moet zich in de vrije ruimte bevinden. Objecten die zich in de pluim bevinden worden nat en het neergeslagen water druppelt eraf. Dit is slecht voor de hygiëne en vermindert het koelend effect.
- voelers voor sturing van ventilator en vernevelaar mogen niet nat worden, omdat hierdoor het meetsignaal wordt beïnvloed.

Voor de locatie van de vernevelaar zijn meerdere plaatsen geschikt: in de luchtaanvoer of in de afdeling. In principe is dit onafhankelijk van de verkoelende werking van de vernevelaar. Het voordeel van een vernevelaar in de luchtaanvoer is besparing op de aanlegkosten van de installatie, omdat bij dit principe de inlaatlucht gekoeld wordt. Het voordeel van het plaatsen van een vernevelaar in de afdeling is dat deze ook gebruikt kan worden als inweekinstallatie en dat de regeling per afdeling makkelijker wordt.

4.2 Instellingen van de vernevelaar

Algemene instellingen voor een vernevelaar zijn niet te geven. Er zijn te veel invloedsfactoren, zoals ventilatiesysteem, inrichting van de afdelingen en locatie van de nozzles in de afdeling.

Voor de druk geldt: hoe hoger de druk hoe fijner de nevel. Een fijnere nevel zal sneller verdampen. Dit heeft dus ook weer invloed op de lengte van de koelperiode. Een ondergrens van ongeveer 50 bar is echter aan te bevelen, omdat bij lagere drukken de grootte van de afgegeven druppels toeneemt, waardoor ook de kans op bevochtiging van de afdeling door onvolledige verdamping toeneemt.

Omdat de pluim altijd de neiging heeft naar beneden te vallen dient de koelperiode hier-

op afgestemd te worden. De vallende pluim dient verdwenen (opgelost) te zijn voordat deze de hokinrichting of dieren kan raken. Wanneer de activeringstemperatuur niet bij extreem hoge waarden ligt dient er een RV-regeling te zijn, om nat worden te voorkomen. Wanneer de activeringstemperatuur binnen het regelgebied van de ventilator ligt bestaat het risico dat er een instabiel binnenklimaat ontstaat. Wanneer de vernevelaar en de ventilatie aparte systemen zijn is het aan te bevelen de vernevelaar in werking te laten treden bij maximale ventilatie.

4.3 Toepassing van een vernevelaar in de varkenshouderij

In de economische berekening voor het bepalen van de binnentemperatuur zijn de interne warmteproductie en de buitentemperatuur meegenomen. De binnentemperatuur is echter ook afhankelijk van onder andere luchtinlaatsysteem en zoninstraling.

Hoogdrachtige zeugen

Per dierplaats per jaar stijgen de jaarkosten met f 12,- tot f 22,- door toepassing van een vernevelaar. Dit bedrag moet worden terugverdiend door een lager uitvalsperscentage onder de hoogdrachtige zeugen (laatste vier weken van de dracht). In dit productiestadium bevindt een zeug zich ongeveer 64 dagen per jaar. Gemiddeld 17,5% procent van de zeugen is hoogdrachtig.

De 'waarde' van een hoogdrachtige zeug is gelijk aan de waarde van een guste zeug plus de kosten die gemaakt zijn tijdens de drachtperiode. Deze waarde wordt in dit onderzoek geschat op f 1.1 10,- (bijlage 4). De invloed van hittestress tijdens de dracht op de embryo's (bijvoorbeeld aantal doodgeboren biggen) is niet bekend en dus hier niet meegenomen. Als de uitval van de hoogdrachtige zeugen met 5% kan worden verminderd, worden de extra jaarkosten terugverdiend.

Wanneer er een plotselinge temperatuurstijging optreedt als de hoogdrachtige zeugen net naar de kraamstal zijn verplaatst, zijn de

problemen groot als de kraamstal niet van een vernevelaar is voorzien.

Zogendezeugen

Per kraamhok per jaar bedragen de jaarkosten van een vernevelaar f 2,50 tot f 16,-.

Door een verbetering van de productieresultaten in de kraamstal dient dit te worden terugverdiend. De verbeteringen kunnen liggen in zwaardere biggen die het beter doen in de biggenopfok, maar ook in een verminderd conditieverlies van de zeug en daarmee een verkort interval spenen - bronst.

Vanwege de tegenstrijdige eisen van zogende zeugen en zuigende biggen aan het klimaat, is een verbetering voor de ene categorie vaak een verslechtering voor de andere. Alleen bij extreme hitte kan wat afkoeling voor de biggen geen kwaad. Bij een verdere afkoeling van de omgeving moeten weer extra voorzieningen worden getroffen om de biggen een warm klimaat te bieden (bijvoorbeeld een biggenonderkomen).

Wanneer een vernevelaar ingezet wordt om bij extreme hitte de ruimte enkele graden te koelen zonder het comfort van de biggen te beïnvloeden, is het aantal uur dat de installatie werkt beperkt tot zo'n 250 tot 300 uur per jaar. Gedurende deze tijd moeten de extra jaarkosten van de vernevelaar worden terugverdiend. Een veel hogere voeropname van de zeugen is echter niet te verwachten omdat er hittestress blijft optreden en slechts de mate van overschrijding van de tempera-

tuur-bovengrens wordt afgetoet. Als er niet verder afgekoeld wordt dan tot 26°C, gedurende enkele dagen per jaar, zal het effect van een vernevelaar minimaal zijn.

Locale koeling van de zeug ligt dan ook meer voor de hand in de kraamstal, waar door hittestress beter bestreden kan worden. Hiervoor worden bij het Praktijkonderzoek Varkenshouderij momenteel verschillende systemen onderzocht.

Vleesvarkens

Bij de vleesvarkens bedragen de jaarkosten van een vernevelaar f 6,- tot f 13,- per dierplaats. Deze extra jaarkosten dienen hoofdzakelijk terugverdiend te worden in een warme zomerronde. Als dit als uitgangspunt wordt gekozen dient de gemiddelde groei per dier per dag 10% tot 25% hoger te zijn dan in de situatie zonder vernevelaar (Geisterfer, 1998). Dat betekent dat ook de voeropname 10 tot 25% hoger moet zijn.

4.4 Conclusie

Uit de waarnemingen in de proefafdelingen kan worden geconcludeerd dat de werking van de vernevelinstallatie goed is. Uit de economische berekeningen blijkt dat het over het algemeen niet reëel is te veronderstellen dat de extra jaarkosten van een vernevelaar worden terugverdiend. Hiervoor is het aantal uur dat de vernevelinstallatie onder Nederlandse omstandigheden kan worden ingezet te gering.

LITERATUUR

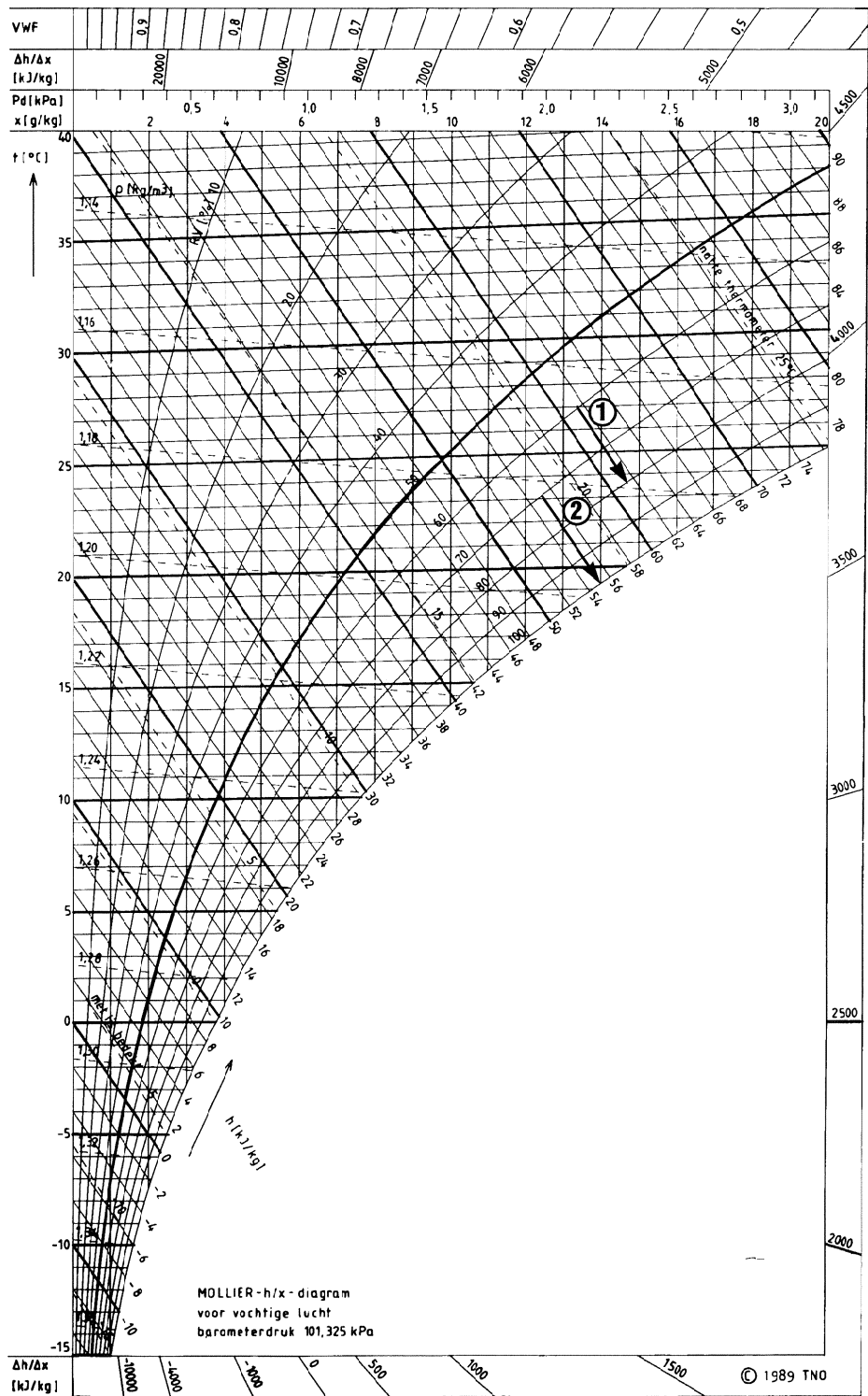
- Berckmans, D., E. Vranken en M. van de Pee 1993. *Analysis of the control of livestock environment by simulation technique and field data*. International ASAE meeting Chicago Illinois, paper No. 934562. 13 p.
- Brent, G. 1986. *Housing the pig*. Farming Press Ltd., Groot-Brittannië, 248 p.
- Bull, R.P., P.C. Harrison, G.L. Riskowski en H.W. Gonyou 1997. *Preference among cooling systems by gilts under heat stress*. Journal of animal science 75, p. 2078 - 2083.
- Kruger, I., G. Taylor en F. Crosling 1992. *Australian pig housing series, Summer cooling*. NSW Agriculture, Tamworth Australië. 99 p.
- KWIN, Projectgroep 1997. *Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1997- 1998 (K WIN)*. IKC-veehouderij.
- Lund, H. 1984. *Test Reference Years*. CEC Programme Solar Energy.
- Makkink, C.A., C.M.C. van der Peet-Schweering, C.E. van 't Klooster, M.W.A. Verstegen en J.W. Schrama 1994. *Temperatuurbehoefte van lacterende zeugen in relatie tot voeropname, productie en energieverbruik*. Proefverslag P 1.105, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Mullan, B.P. 1991. *The Response of the Breeding Sow to the Climatic Environment*. Department of Agriculture, Victorian Institute of Animal Science. Symposium: Manipulating Pig Production III; Environment and feed intake. p. 167 - 177.
- Nienaber, J.A., G.L. Hanh., T.P. McDonald and R.L. Korthals 1995. *Feeding Patterns and Swine Performance in Hot Environments*. Transactions of the ASAE. Vol. 39(1): p. 195 - 202.
- Ouwerkerk, E.N.J. van 1998. *ANIPRO Versie 1.15, productiekenmerken voor landbouwhuisdieren*. IMAG-DLO.
- Prunier, A., M. Messias de Bragança en J. le Dididich 1997. *Influence of high ambient temperatures on performance of reproductive sows*. Livestock production science 52, p. 123 - 133.
- Raap, D.L., D.P. Froelich, J.L. Julson en R. Woerman 1988. *Zone and Drip Comparisons for Lactating Swine*. Dakota, Transactions of the ASAE. Vol 31: p. 1774 - 1781.
- Roelofs, P.F.M.M., M.G.A.M. van Asseldonk en M. van der Schilden 1999. *Taaktijden in de varkenshouderij (concept 2 februari 1999)*. Concept proefverslag, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Serres, H. 1992. *Manual of Pig Production in the tropics*. CTA.
- Werkgroep Klimaatnormen 1989. *Klimaatnormen voor varkens*. Proefverslag P 1.43, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

BIJLAGEN

Bijlage 1: Klimaatinstellingen in de proefafdelingen (P-band = 5°C)

	begintemperatuur ventilatie	minimumventilatie per kraamhok (m ³ /h)	maximumventilatie per kraamhok (m ³ /h)
voor het werpen	20	50	200
tijdens het werpen	22	50	200
na het werpen	22 - 20 (afbouwend)	50	200

Bijlage 2: Mollier-diagram



Bijlage 3: Economische evaluatie vernevelaar

uitgangspunten	invest.kosten per dierplaats van	tot	aantal dierplaatsen per nozzle	watervbruik (liter/dpl/jaar)	energieverbruik (kWh/dpl/jaar)	arbeidsbesparing voor inweken (minuut/dpl/ronde)
drachtige zeugen	f 60,-	f 130,-	3,33	45,7	1,00	0
zogendezeugen	f 80,-	f 170,-	2,5	72	1,73	2,2
vleesvarkens	f 25,-	f 70,-	6,25	37,4	0,90	0,5

jaarkosten per dierplaats	drachtige zeugen		zogende zeugen		vleesvarkens	
	van	tot	van	tot	van	tot
jaarkosten van de investering	f 8,82	f 19,11	f 11,76	f 24,99	f 3,86	f 11,03
arbeid voor reinigen nozzles	f 2,73	f 2,73	f 3,64	f 3,64	f 1,46	f 1,46
watervverbruik (f 2,25 m³)	f 0,10	f 0,10	f 0,16	f 0,16	f 0,08	f 0,08
elektriciteitsverbruik	f 0,24	f 0,24	f 0,42	f 0,42	f 0,22	f 0,22
besparing arbeid voor inweken			- f 13,36	- f 13,36	- f 0,85	- f 0,85
jaarkosten per dierplaats	f 11,89	f 22,18	f 2,62	f 15,85	f 4,77	f 11,94

- de jaarkosten van de investering zijn berekend op basis van een afschrijvingstermijn van 10 jaar, een onderhoudspercentage van 1,2% en een rente van 7%
- de kosten voor arbeid voor het reinigen van de nozzles zijn berekend met f 36,44 per uur en 0,25 uur per nozzle per jaar

Bijlage 4: Kosten van uitval van hoogdrachtige zeugen

vervangen van zeug	f	570,00
opbrengst slachtzeug	f	341 ,00
kadaver ophalen	f	3,04
kosten voor en tijdens dracht: inseminatie	f	22,72
voer voor dracht	f	14,86
voer tijdens dracht	f	71,75
mestproductie	f	7,56
stal bezetting	f	72,65
overige toegerekende kosten (water, energie, gezondheidszorg)	f	5,95
kosten uitgevallen zeug	f	1.109,53

(KWIN, 1997)

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN

Proefverslag P 1.213

Verdamping van water uit dierlijke mest met behulp van zonne-energie. J.J.H. Huijben en Wagenberg, A.V. van, oktober 1998.

Proefverslag P 1.214

Investeringskosten van standaardstallen voor varkens anno 1996. J.H.A.N. Adams, Brakel, C.E.P. van, Backus, G.B.C. en Bens P.A.M., november 1998.

Proefverslag P 1.215

Los of in het mengvoer verstrekken van 50% tarwe en gerst aan vleesvarkens. M.M. J.A. Rijnen, Scholten, R.H.J. en Plagge, J.G., december 1998.

Proefverslag P 1.216

Reinigen van varkensstallen na inweken met schuim of met water; kosten en kwaliteit. P.F.M.M. Roelofs en Plagge, J.G., januari 1999.

Proefverslag P 1.217

Arbeidsbelasting, fysieke klachten en ziekteverzuim bij varkenshouders. E. Hartman, Oude Vrielink, H.H.E. en Roelofs, P.F.M.M., januari 1999.

Proefverslag P 1.218

Uitroeiing van schurft op varkensbedrijven. P.C. Vesseur (Ed.), Bokma-Bakker, M.H., Rambags, P.G.M., Hunneman, W.A., Heijden, H.M.J.F. van der, Smeding, T., Pieke, E. en Binnendijk, G.P., maart 1999.

Proefverslag P 1.219

Reconstructie vanaf de basis. Fase 1: toekomstverkenningen van Limburgse varkenshouders. W.P.J. Stroucken-Steeghs, Vleuten, C.W.J.M. van der, Hoff, H.M. en Backus, G.B.C., maart 1999.

Proefverslag P 1.220

De invloed van geboorte-inductie en het tijdstip van vlekziekte-vaccinatie tijdens de zoogperiode op het interval spenen-bronst van zeugen. M.C. Vonk, Binnendijk, G.P. en Vesseur, P.C., maart 1999.

Proefverslag P 1.221

Model MINERA L ENSTROOM. C. P.A. van Wagenberg en Backus G.B.C., april 1999.

Proefverslag P 1.222

Doelstellingen, inrichting en fasering van de Dierveiligheidsindex. M.H. Bokma-Bakker en Vesseur, P.C., april 1999.

Proefverslag P 1.223

Scharrelvarkens bij verschillende houderij-systemen, hokuitvoeringen en koppelgroottes. J.H. Huisjes, Roelofs, P.F.M.M., Altena, H., Plagge, J.G. en Scholten, R.H.J., april 1999.

Proefverslag P 1.224

Ammoniakemissie van grote groepen gespeende biggen met een hokoppervlak van 0,4 m² per dier. A.J.A.M. van Zeeland, Brok, G.M. den, Asseldonk, M.G.A.M. van en Verdoes, N., april 1999.

Proefverslag P 1.225

Technische en economische resultaten van bedrijven met vleesvarkens 1997. L.M.C.J. Kuunders, Mandersloot, F. en Lubben, J., mei 1999.

Proefverslag P 1.226

Technische en economische resultaten van bedrijven met zeugen 1997 L.M.C.J. Kuunders, Mandersloot, F. en Lubben, J., mei 1999.

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 25,- per verslag (m.u.v. P 1.117, deze kost f 50,-) over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. Buitenlandse abonnees betalen f 30,- per P I-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én f 15,- administratiekosten per bestelling (m.u.v. P 1.117, deze kost f 75,-). Ook bestaat de mogelijkheid een abonnement te nemen op de proefverslagen voor f 300,- per jaar. Buitenlandse abonnees betalen f 375,- per jaar.