

Werkgroep Meten van
klimaat in varkensstallen

Meten van klimaat in varkensstallen

*Monitoring the environment
in pig houses*



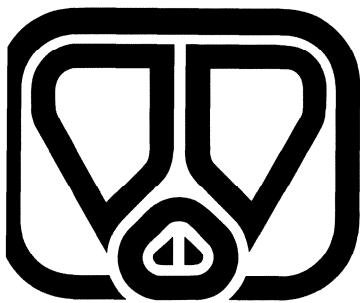
Landbouww universiteit



Wageningen



tfdl-dlo
imag-dlo



Proefstation voor de Varkenshouderij

Postbus 83
5240 AB Rosmalen
Tel.: 04192-86555

Proefverslag nummer P 1.68
oktober 1991

Foto's: blz. 16-22-24-25-25L-39B-43-45
Stichting Gezondheidsdienst voor Dieren in Zuid-Nederland
Overige foto's
Proefstation voor de Varkenshouderij

METEN VAN KLIMAAT IN VARKENSSTALLEN

MONITORING THE ENVIRONMENT IN PIG HOUSES

CE. van 't Klooster, Proefstation voor de Varkenshouderij (voorzitter)

W. van der Hel, vakgroep Veehouderij, Landbouw Universiteit

J.J.H. Huijben, Informatie en Kennis Centrum voor de Veehouderij, afdeling Varkenshouderij

A. van 't Ooster, vg Agrotechniek en Fysica, Landbouw Universiteit

E.N.J. van Ouwerkerk, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen-DLO

H.G. Pluygers, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen-DLO

C.J.M. Scheepens, Faculteit voor Diergeneeskunde, Rijks Universiteit Utrecht

G.J.W. Visscher, Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw-DLO

P. van der Voorst, Gezondheidsdienst voor Dieren in Zuid-Nederland

27 november 1991

INHOUDSOPGAVE

VERKLARENDE WOORDENLIJST	6
SAMENVATTING SUMMARY	8
1 INLEIDING	9
1.1 Probleemstelling	9
1.2 Aanleiding	9
1.3 Doelstelling	9
2 WAARNEMEN AAN DIEREN	10
2.1 Uitwendige afwijkingen	10
2.2 Luchtwegen	10
2.3 Voeropname en maagdarmstelsel	10
2.4 Lichaamstemperatuur	10
2.5 Soorten gedrag	11
2.6 Mate van activiteit	12
2.6.1 Foto-electrische meting	13
2.6.2 Meting met electromagnetische resonantie	13
2.6.3 Meting met Doppler-effect.	13
3 TEMPERATUREN	15
3.1 Luchttemperatuur	15
3.1.1 Vloeistofthermometer	15
3.1.2 Thermokoppel	15
3.1.3 Weerstandsthermometer	16
3.1.4 Bimetaalthermometer	16
3.1.5 Halfgeleidervoelers	17
3.1.6 Metaaloxiden	17
3.2 Oppervlaktetemperatuur	18
3.2.1 Contacttemperatuur	18
3.2.2 Infraroodtemperatuurmeting	18
3.3 Lichaamstemperatuur	19
4 VOCHTGEHALTE VAN STALLUCHT	20
4.1 Droge en nattebolmeting (psychrometer)	20
4.2 Mechanische hygrometer	22
4.3 Spiegeldauwpuntmeter	22
4.4 Electriche geleidingshygrometer	22
4.5 Capacitieve vochtvoeler	23
4.6 Infrarood absorptie	23
5 LUCHTSNELHEDEN	24
5.1 Thermische of hittedraad-anemometers	24
5.2 Vleugelrad- en cupanemometers	24
5.3 Pitotbuis	25
5.4 Drukverschilmeters	25
5.4.1 Inductieve opnemers	25
5.4.2 Capacitieve opnemers	26
5.4.3 Piëzo-electrische opnemers	26
5.4.4 Rekstrookopnemers	26
6 SAMENSTELLING STALLUCHT	27
6.1 Gasdetectiebuisjes	27
6.2 Infrarood absorptie	27
6.3 Andere gas- en dampconcentratieingen	28
6.4 Stofmetingen	28

7	VENTILATIE	29
7.1	Natuurlijke ventilatie	29
7.2	Mechanische ventilatie	29
7.2.1	Incidentele meting (Intermezzo ventilatoren)	31
7.2.2	Sensoren voor continu meting	36
7.2.3	Toerentalterugmelding	36
7.2.4	Meetventilator	36
8	MEETSTRATEGIE	39
8.1	Rookproeven	39
8.1.1	Rook doseren bij klepventilatie	40
8.1.2	Rook doseren bij voergangventilatie	40
8.1.3	Rook doseren bij plafondventilatie	40
8.1.4	Controle op leklucht en klimaatregeling	40
8.2	Plaats en tijdstip van de meting	41
8.2.1	Temperatuur en luchtvochtigheid	42
8.2.2	Luchtsnelheid	42
8.2.3	Katawaarde	43
8.2.4	Luchtsamenstelling	43
8.2.5	Luchtopbrengst	45
8.3	Verwerking van klimaatmetingen	47
8.4	Kwaliteit meetapparatuur	48
8.5	Kalibratie	48
9	EVALUATIE METINGEN	49
10	AANBEVELINGEN EN CONCLUSIES	51
10.1	Algemeen	51
10.2	Voor varkenshouders	51
10.3	Voor voorlichting	51
10.4	Voor onderzoek	52
10.5	Voor leveranciers en fabrikanten	53
11	REFERENTIES	55
	BIJLAGEN	
	Bijlage I Meet- en adviesrapport voor klimaat in varkensstallen	57
	Bijlage II Controleschema dierklimaat in varkensstallen	59
	Bijlage III Controleschema stalklimaat in varkensstallen	61
	Bijlage IV Controleschema klimaatregeling	64
	Bijlage V Basisuitrusting meetapparatuur	65
	Bijlage VI Leveranciers van meetapparatuur	66
	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN	69

VERKLARENDE WOORDENLIJST

GLOSSARY

Axiaal ventilator =	Ventilator die lucht verplaatst in de richting van de as van de ventilator.
Dauwpuntstemperatuur =	Temperatuur, waarbij condensatie optreedt als een bepaald lucht-mengsel met een hoeveelheid waterdamp wordt afgekoeld.
Datalogger =	Electronisch geheugen om meetwaarden op te slaan.
Debiet =	Hoeveelheid, die per tijdseenheid passeert.
Diode =	Type halfgeleider.
Justeren =	Bijstellen van een meetinstrument.
Kalibratie =	Vaststelling miswijzingsgrafiek of tabel van een meetinstrument.
Laminaire luchtstroom =	Een luchtstroom in een kanaal waarbij de lucht in een rechte baan evenwijdig aan de as van het kanaal beweegt zonder dat menging optreedt door wervels. (Treedt op bij lage lichtsnelheden in lange kanalen, in een ventilatiekoker met een diameter van 50 cm kan dit optreden bij snelheden beneden 6 cm/s, daarboven treden wervelingen op).
Meetventilator =	Schoepenturbine, met een doorsnede vrijwel gelijk aan de ventilatiekokerdoorsnede, waarin deze is gemonteerd. De schoepenturbine wordt aangedreven door de luchtstroom in de koker, waarbij het toerental van de schoepenturbine wordt gemeten als maat voor de luchtstroom.
Parameter =	Een kenmerk dat kan worden vastgesteld.
Putventilatie =	Ongewenste luchtstromen, die uit de mestput in de stal komen.
Rookproef =	Test waarbij het luchtbewegingspatroon in een stal zichtbaar wordt gemaakt door in de stallucht of ventilatielucht rook te mengen.
Rectaaltemperatuur =	Temperatuur van een dier gemeten in de einddarm van het dier op maximaal 5 cm van de anus.
Setpoint =	Waarde, waarbij in een regelsysteem een proces (bijvoorbeeld aan/uit kraan van verwarming) wordt omgeschakeld.
Stralingstemperatuur =	Temperatuur van een oppervlak, waarmee door het meetinstrument warmtestraling wordt uitgewisseld.
Tracergas =	Gas waarmee door concentratiemetingen een gasbalans voor een stal kan worden opgesteld en waaruit de ventilatiehoeveelheid kan worden herleid.
IJking =	Vaststellen miswijzingsgrafiek of tabel van een meetinstrument met een referentiemethode door een daarvoor wettelijk erkende instantie.

SAMENVATTING

Het meten van het klimaat in varkensstallen begint met het waarnemen aan de varkens. Hun gedrag qua liggen en mesten, hoesten en niezen, uitwendige beschadigingen, haar- kleeft, eetlust en mate van activiteit zegt dikwijls al veel over het klimaat in de stal. Daarnaast is het mogelijk om continu of tijdens een bezoek aan de stal een aantal gegevens over het klimaat te verzamelen met behulp van meetapparatuur. Meetbare grootheden zijn temperaturen, luchtvochtigheden, luchtsnelheden, ventilatiehoeveelheden en luchtsamenstelling. Apparatuur, waarmee lucht-, oppervlakte- en lichaamstemperaturen gemeten kunnen worden, is beschreven. Verschillende technieken voor de bepaling van de luchtvochtigheid worden behandeld. Ook de meettechnieken voor luchtsnelheid en voor drukverschillen komen in dit rapport aan de orde.

Het meten van ventilatiehoeveelheden in stallen met mechanische ventilatie door middel van een meetventilator wordt beschreven. Ook incidentele metingen aan ventilatiehoeveelheden worden behandeld. Voor vaststelling van de ventilatiehoeveelheid bij minimum ventilatie en bij zomerventilatie wordt gesteld dat in veel gevallen het meten van het kooldioxydegehalte (minimum ventilatie) of van de dagelijkse maximum binnen- en buiten-temperatuur, dus zonder meten van echte ventilatiehoeveelheden, toch voldoende informatie over het stalklimaat geeft. Meten van echte ventilatiehoeveelheden in stallen met natuurlijke ventilatie wordt niet behandeld, omdat dit in praktijksituaties nauwelijks mogelijk is.

Wat betreft meten aan de luchtsamenstelling wordt aandacht gegeven aan het meten van kooldioxyde en ammoniak met gasdetectiebuisjes en infra-rood analysatoren. Het meten van stofgehalten in stallen en van ammoniak-emissies uit stallen worden niet behandeld. De hiervoor beschikbare technieken worden nog niet zo eenvoudig, betrouwbaar en gestandaardiseerd geacht, dat deze methoden bruikbaar zijn op praktijkbedrijven.

Het meten uitvoeren op het juiste tijdstip op de juiste plaats is niet altijd eenvoudig. Om de beste plaats voor een meting te bepalen is dikwijls een rookproef nodig. Door rook met binnenkomende lucht te mengen is het lucht-bewegingspatroon zichtbaar te maken, waardoor de plaatsen waar gemiddelde, maxi-

mum en minimum waarden op zullen treden, voorspeld kunnen worden. Het optreden van lekluft door bijvoorbeeld naden en kieren kan met een dergelijke rookproef ook aangetoond worden. Soms beïnvloedt het tijdstip van meten de waarde van de meting. Dit komt door schommelingen in produktie van warmte, kooldioxyde, vocht en ammoniak en variaties in ventilatiehoeveelheden en buiten-klimaat.

De noodzaak tot regelmatig onderhoud en kalibratie van apparatuur wordt in het rapport benadrukt. Er wordt kort ingegaan op evaluatie van de metingen, vergelijking van meetwaarden met normen is hierbij van belang.

Tot slot worden aanbevelingen gedaan van algemene aard en bestemd voor varkenshouders, voorlichters, dierenartsen en onderzoekers, fabrikanten en leveranciers van meetapparatuur, gericht op verbeteringen in het meten van klimaat in varkensstallen.

SUMMARY

Measuring the indoor climate in pig houses begins with observing the pigs. Their behaviour with respect to laying and dunging, liaisons, condition of haircoat, appetite and degree of activity often provide very useful information on indoor climate. Furthermore, it is possible to measure some physical or chemical properties of the air environment in piggeries. These measurements can either be on a continuous basis or have an incidental nature. Characteristics of the indoor climate include temperature, humidity, air velocity, ventilation flow and air composition. Equipment for measuring air-, surface- and body temperatures are described when they are proven to work in pig houses. Different methods for measuring air humidity are covered. Equipment that can either measure air velocity directly, or can measure pressure differences, and indirectly, air velocity, is mentioned. Attention is paid to measurement of ventilation flow. The report does not cover methods that give accurate results for naturally ventilated pig houses. For pig houses with mechanical ventilation attention is paid to methods that measure flow in cylindrical ducts or chimneys on a continuous basis.

Measurement of air composition is concentrated on the detection of carbon dioxide and ammonia concentrations with gas detection tubes or infra-red analysis. Measurement of aerosol concentrations and ammonia emissions from pig houses is not covered in this report as available techniques are not yet thought to be simple, reliable and established well enough for work in commercial piggeries. Making measurements at the right time, in the right place, is not easy. To establish the best location, it is necessary to know the airflow patterns in the pig house. Release of smoke can help to find the spots where average, minimum or maximum values are likely to occur. Leakage of air through the building shell can also be detected by this technique. To find the level of minimum and maximum ventilation it is often unnecessary to measure the ventilation rate. Measuring of carbon dioxide levels (for minimum ventilation) or daily maximum ambient temperature and room temperature (for maximum ventilation) can frequently provide sufficient information. For some measurements, time of the day can have a considerable effect on the reading and must be taken into account. This effect is

due to fluctuations in heat, carbon dioxide, vapour and ammonia production in the pig house as well as variations in ventilation flows and outside climate.

The need for regular maintenance and calibration of equipment is emphasized. Brief attention is also given to evaluation of measurement data. Finally, recommendations are given to pig producers, extension workers, researchers, manufacturers and suppliers of measuring equipment on how to improve the measurement of climate in pig houses.

1. INLEIDING

INTRODUCTION

1.1 Probleemstelling

Wat is een goed stalklimaat? Voordat deze vraag kan worden beantwoord, moet men weten hoe het stalklimaat is en men moet weten hoe het zou moeten zijn. Men moet dus meten en men heeft normen nodig. Dit rapport gaat over meten en niet over normen. Over normen is een rapport "Klimaatnormen voor varkens" (van 't Klooster, Hendriks, Henken, van 't Ooster, van Ouwkerk, Scheepens & van der Voorst, 1989) verschenen.

Stalklimaat is niet gemakkelijk eenduidig te beschrijven. Veel factoren hebben invloed op het stalklimaat. Ook de eisen, die het dier en de mens aan het stalklimaat stellen staan nog niet onomstotelijk vast. Niettemin zijn naar de huidige kennis normen voor het klimaat in varkensstallen opgesteld. Belangrijke klimaatparameters zijn daarbij luchttemperatuur en luchtsnelheid rondom het dier en temperaturen van vloeren, wanden, plafonds en drinkwater. Daarnaast is vooral de voeropname en ook het gedrag van de dieren (zoals liggedrag) van grote invloed op de warmtebalans van het eigen lichaam van de varkens.

1.2 Aanleiding

In 1989 heeft een werkgroep een rapport uitgebracht met de naam "Klimaatnormen voor varkens". In dat rapport wordt geconstateerd, dat het meten van het thermische klimaat in varkensstallen meer aandacht nodig heeft. Daarom is door de toenmalige Taakgroep Huisvestings- en Verzorgingsonderzoek van de Nationale Raad voor het Landbouwkundig Onderzoek, NRLO, een werkgroep ingesteld, die dit thema hier beschrijft.

1.3 Doelstelling

Doel van de werkgroep "Meten van klimaat in varkensstallen" is inventariseren welke meetmethoden bruikbaar zijn voor het vaststellen van thermische parameters en kengetallen op praktijkbedrijven. Daarbij moet aandacht worden besteed aan continu meetmethoden voor de klimaatregeling, alsmede aan methoden voor incidentele meting om klimaatregelsystemen te kunnen beoordelen. In feite dient ant-

woord gegeven te worden op de volgende vragen:

- welke grootheden moeten er gemeten worden?,
- op welke horizontale en verticale positie moet er gemeten worden; wanneer en hoe vaak?,
- met welke instrumenten moet er gemeten worden?

Duidelijke antwoorden op deze vragen kunnen leiden tot betere klimaatmetingen in de praktijk en tot een betere vergelijkbaarheid van deze metingen. Door te verwijzen naar normen en advieswaarden kunnen de meetresultaten worden toegepast bij de beoordeling en evaluatie van het klimaat in de stal.

Hier worden achtergronden, richtlijnen en methoden gegeven voor

a. het vaststellen van het thermisch klimaat in varkensstallen

b. het meten van concentraties van de gas-
sen CO₂ en NH₃ in praktijksituaties.

Stof in stallucht blijft buiten beschouwing.

Ook aan metingen van licht en geluid in varkensstallen is in dit rapport geen aandacht besteed.

Als zodanig is dit rapport een logisch vervolg op het rapport "Klimaatnormen voor varkens".

De werkgroep ziet vooral de varkenshouders en de eerstelijns voorlichting als doelgroepen

2. WAARNEMEN AAN DIEREN *OBSERVING THE ANIMALS*

Bij het meten van het stalklimaat (zowel continu als incidenteel) zal de basisgedachte moeten zijn, dat de meting aangeeft of het klimaat voor de dieren in de betreffende ruimte voldoet aan de gestelde eisen (Klimaatnormen voor varkens, 1989).

Continu-metingen, die op dit moment mogelijk zijn in de varkenshouderij, zijn temperatuur-, ventilatiehoeveelheid- en in mindere mate kooldioxydemetingen. Deze metingen vormen de basis voor de ventilatie-regeling, Voelers die gebruikt worden voor deze metingen zijn meestal op een zodanige hoogte geplaatst, dat fysiek contact tussen voeler en varkens onmogelijk is. Dit betekent echter wel, dat, bij de afstelling van de voelers, rekening gehouden moet worden met verschillen tussen klimatologische condities op dierhoogte en op meethoogte. Regelmatige controle hierop is noodzakelijk en hoort in een routinematige controle van de klimaatregeling thuis.

Een meer biologische manier van continu meting, die informatie geeft over het stalklimaat, zijn de veranderingen die in het lichaam van de dieren optreden. Onder andere het observeren van de ongestoorde varkens in alle hokken van (een) afdeling(en) kan waardevolle informatie geven. Een hulpmiddel hierbij is het controleschema dierklimaat in bijlage II. Dit waarnemen aan de dieren kan alleen worden uitgevoerd buiten de voertijden. Deze procedure geeft ook aan wanneer uitgebreid klimaat meten (met behulp van meetapparatuur) noodzakelijk is. Gezondheidsproblemen kunnen, door onder andere een niet optimaal klimaat, leiden tot een groot aantal afwijkingen die door de varkenshouder bij het individuele dier kunnen en moeten worden waargenomen. Deze staan hieronder genoemd.

2.1 Uitwendige afwijkingen

Een lang haarkleed en een grauwe huidskleur kunnen evenals uitwendige beschadigingen (oren, poten, staart) wijzen op klimaatfouten.

2.2 Luchtwegen

Toegenomen hoest- en niesfrequentie door continue prikkeling van de luchtwegen kan worden veroorzaakt door het klimaat in de stal. Dagelijkse registratie van aantallen hoestende en/of niezende dieren op een afdelingskaart is aan te bevelen. In bijlage I is terug te vinden dat dit 5 minuten per afdeling geteld kan worden. Bevindingen aan de slachtlijn kunnen ook waardevolle informatie geven over longaandoeningen.

2.3 Voeropname en maagdarmsstelsel

Een verlaagde respectievelijk een verhoogde voeropname van gezonde varkens kan wijzen op een te warme respectievelijk te koude omgeving voor de varkens. Een toename van het aantal dieren met diarree en/of de ernst van de diarree kan te maken hebben met een suboptimaal klimaat. Dieren met diarree hebben een sterk verminderde voeropname, vaak gecombineerd met een sterk vervuild hok. Lage produktieresultaten, zoals veel uitval, geringe groei, slechte voerconversie, kunnen ook aanwijzingen zijn voor een suboptimaal klimaat.

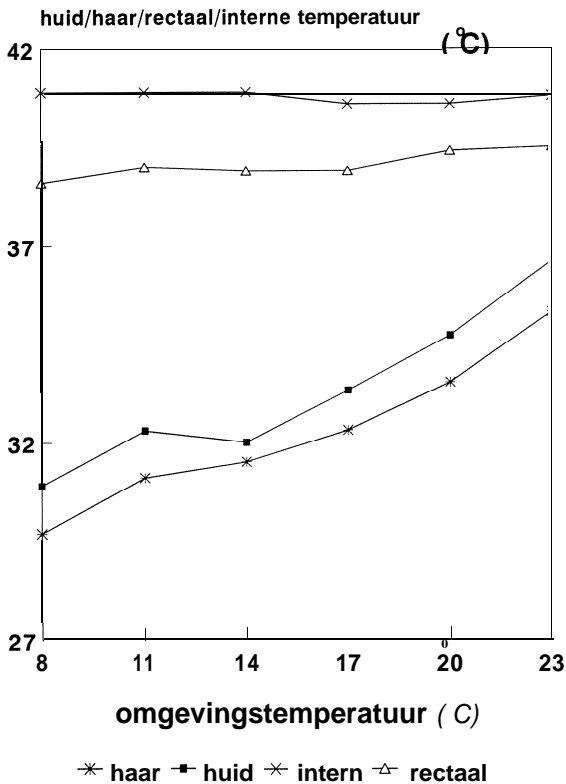
2.4 Lichaamstemperatuur

De lichaamstemperatuur van varkens wordt meestal vastgesteld aan de hand van de rectaaltemperatuur. De rectaaltemperatuur is lager dan de lichaamstemperatuur in het centrum van het varken, de "deep body temperature". De rectaaltemperatuur is sterk afhankelijk van de omgevingstemperatuur en voeropname-niveau en kan dus informatie verschaffen over het stalklimaat in de voorgaande periode, zie figuur 1. Een sterk verhoogde rectaaltemperatuur betekent dat het dier koorts heeft en infectie(s) doormaakt. De ernst van de infectie wordt mede door de omgeving (ondermeer stalklimaat) bepaald. Een indicatie van onder- en bovengrenzen van rectaaltemperaturen voor gezonde dieren onder optimale klimatologische omstandigheden wordt gegeven in tabel 1. Een bovengrens van de rectaaltemperatuur bij pasgeboren dieren is niet te geven omdat ook een gezond dier dan nog moeite heeft zijn

lichaamstemperatuur te regelen.

Het meten van de rectaaltemperatuur kan incidenteel gebeuren maar met de voort-schrijdende techniek kan men dit tegenwoor-dig ook intensief en continu uitvoeren. Beide methoden worden besproken onder hoofd-stuk 3, temperaturen.

De rectaaltemperatuur kan bij een ziek dier sterk fluctueren. Een enkele incidentele meting kan daarom een onbetrouwbaar beeld geven en meerdere metingen, liefst continu, zijn nodig om tot een goede diagnose te komen. Zelfs de deep-body temperatuur van een varken kan zich verlagen als het varken aan een ongunstig, te sterk koelend klimaat wordt blootgesteld.



Figuur 1. Rectaaltemperatuur, deep-body temperature, huid- en haartertemperatuur van varkens bij verschillende omgevingstemperaturen.

Figure 1 Rectal temperature, deep-body temperature, skin- and hair temperature of pigs at different ambient temperatures.

2.5 Soorten gedrag

Een aantal gedragsoorten moet als afwijkend gedrag worden beschouwd en kunnen mogelijk informatie verschaffen over de klimaattoestand in een varkensstal.

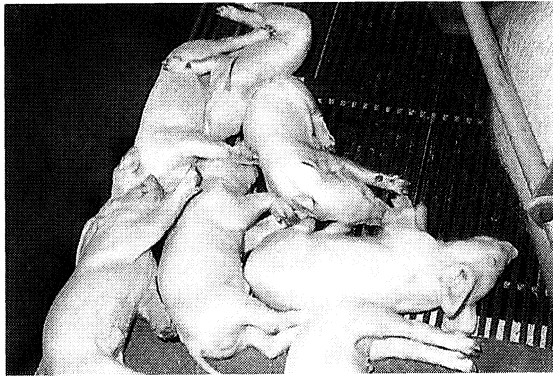
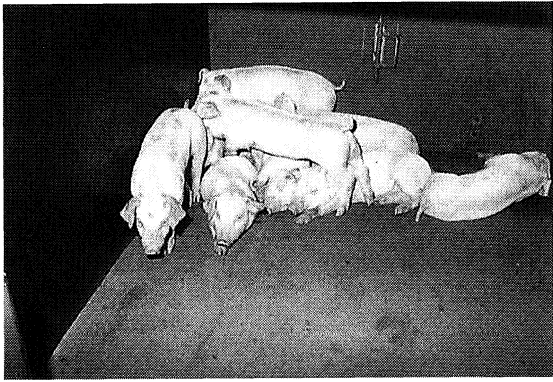
Verhoogde activiteit: dieren, die in groepen gehuisvest zijn (zogende biggen, gespeende biggen, vleesvarkens, in een enkel geval zeugen) zijn onder optimale klimatologische omstandigheden (buiten voertijd) voor minimaal 60-70 % in rust. Een sterk verhoogde activiteit (= onrust) kan duiden op klimaatfouten. Ongestoord observeren van varkens is daarbij uitgangspunt. Ramen in afdelingsdeuren zijn daarvoor noodzakelijk. Indien ongestoord observeren niet mogelijk is, is het aanbrengen van activiteitsmeters een mogelijkheid (zie volgende paragraaf).

Verhoogde agressie: een sterk toegenomen agressie bij in groepen gehuisveste varkens (oor-, staart-, pootbijten) duidt ook vaak op klimaatfouten, waarbij met name koude luchtstromen met hoge luchtsnelheden (= tocht) opgespoord dienen te worden.

Liggedrag: van alle gedragswaarnemingen is deze het gemakkelijkst te beoordelen en het geeft heel veel informatie over het klimaat.

Rustende varkens, in groepen gehuisvest, dienen vrijwel los van elkaar te liggen. Dieren, die op een hoop liggen (huddling), geven aan dat de omgevingstemperatuur te laag is. Dieren, die niet op de daarvoor bestemde ligplaats liggen, maar bijvoorbeeld op de roosters, geven vaak aan dat de omgevingstemperatuur te hoog is. Pasgeboren biggen, die op het rooster geboren worden, dienen niet achter de zeug te blijven liggen, maar moeten zo snel mogelijk naar het verwarmde biggennest verplaatst worden, als ze dat niet uit zichzelf doen.

Wanneer één of meerdere van bovengenoemde afwijkingen regelmatig worden geconstateerd, dan zal met behulp van een controle-schema stalklimaat (bijlage 3), een systematisch klimaatonderzoek moeten plaatsvinden,



liggedrag: te koud, te warm

waarbij de metingen volgens een standaard-formulier zoals in bijlage 1, uitgevoerd kunnen worden.

2.6 Mate van activiteit

Het varken reageert gedragsmatig zeer snel op veranderingen in het klimaat. Daarom kan men alleen al door het observeren van de dieren veel te weten komen over het welbevinden van de dieren.

Reeds genoemd is het liggedrag van varkens als aanwijzing bij het beoordelen van de temperatuur in de stal.

Ook andere soorten van activiteit kunnen van belang zijn in verband met het klimaat. Om deze reden is het meten van activiteit onder bepaalde omstandigheden dan ook belangrijk. Over het algemeen kan gesteld worden, dat geprobeerd moet worden het activiteitsniveau van de dieren niet extra te verhogen. In de praktijk wordt bijvoorbeeld ook wel een bel gebruikt bij het begin van het voeren. Dan kan de varkenshouder tussen de voertijden door de stal in gaan zonder de rust te verstoren, omdat de varkens het binnenkomen niet meer associëren met een voertijd en niet meer opspringen.

Tabel 1. Indicaties voor ondergrenzen (slecht klimaat) en bovengrenzen (slechte gezondheid) van rectaaltemperatuur van varkens.

Table 1. Indications of lowerlimits (poor climate) and upperlimits (bad health) for rectaltemperatures of pigs.

	Rectaaltemperatuur	
	ondergrens(klimaat) <i>lower limit (climate)</i>	bovengrens (gezondheid) <i>upper limit (health)</i>
Pasgeboren big <i>Newborn piglet</i>	38,0	n.v.t.
Big 1 uur oud <i>Piglet 1 h of age</i>	36,0	n.v.t.
Big 12 uur oud <i>Piglet 12 h of age</i>	37,0	n.v.t.
Big 24 uur oud <i>Piglet 24 h of age</i>	37,5	n.v.t.
Zogende big <i>Suckling piglet</i>	37,5	39,5
Gespeende big <i>Weaned piglet</i>	37,5	40,0
Vleesvarken <i>Growing pig</i>	38,0	40,5
Zeug <i>sow</i>	38,0	40,0

Activiteit is op twee manieren vast te leggen. De eerste mogelijkheid is de activiteit vast te leggen als serie van soorten gedragingen in de tijd. Dit kan worden gedaan door de gedragingen van de varkens in de tijd te observeren en te noteren eventueel met behulp van film, foto en/of video. Met deze methoden kan het gedrag van een individueel dier worden vastgesteld, terwijl ook onderscheid in type gedrag gemaakt kan worden.

De tweede mogelijkheid is de activiteit vast te leggen als aantal bewegingen in de tijd. Deze bewegingen kunnen door een objectief meetinstrument worden gemeten. De beschikbare technieken laten het veelal niet toe een hoeveelheid beweging aan een individueel dier te koppelen of de hoeveelheid beweging uit te splitsen naar aard van de beweging. Verschillende methoden kunnen hiervoor worden gebruikt:

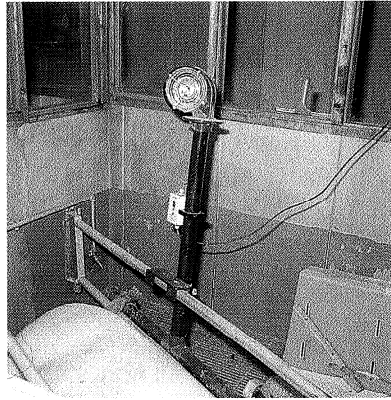
a. Methodes die bewegingen van het varken direct aan het dier zelf meten. Hiervoor kan een mechanische bewegingsopnemer worden gebruikt. Dit is een apparaat dat met een band aan het dier wordt vastgemaakt en alle bewegingen kwantitatief vastlegt die het dier in de richting van zijn lengte-as maakt.

b. Methodes die bewegingen van het varken meten met niet-mechanische systemen. Hiervoor kunnen verschillende systemen worden gebruikt die hierna besproken worden.

2.6.1 Foto-electrische meting

Elke onderbreking van de lichtstraal tussen lichtbron en ontvanger, eventueel via een reflectieplaatje, wordt geregistreerd. Voeropname- en loopactiviteit kunnen hiermee worden gemeten. Dit systeem is zeer eenvoudig toepasbaar en niet duur. Bij "biggenblazers" wordt dit systeem in de praktijk gebruikt. Zodra de zeug opstaat wordt het lichtcontact verbroken. Door vervolgens een luchtstroom onder de zeug te blazen, wordt doodliggen van biggen door de zeug voorkomen. In de naaste toekomst zou dit systeem mogelijk eenvoudig gecombineerd kunnen worden met levensnummers, waardoor bijvoorbeeld vastgelegd kan worden wanneer en hoelang welke varkens eten. Er zijn nu al dierherkenningssystemen waarbij de voeropname kan worden vastgelegd (voerstations voor zeugen)*

Een nadeel van dit systeem is dat steeds nagegaan dient te worden of de lichtstraal



biggenblazer met foto-electrische cel.

goed op het eventuele reflectieplaatje is gericht en dat het apparaat geregeld moet worden schoongemaakt.

26.2 Meting met electromagnetische resonantie

Op het dier wordt een klein staafmagneetje bevestigd. Het hok, waarin het dier zich bevindt, is omhuld met draadwindingen. Bij beweging van het dier (magneetje), zowel in horizontale als in verticale richting, wordt een meetbaar stroompje in de spoel om het hok opgewekt. Uit de uitslag van de aangesloten spanningsmeter kunnen (volgens Petry, 1970) de snelheid en de grootte van de beweging worden afgeleid. Voor de praktijk zal dit systeem moeilijk toepasbaar zijn.

2.6.3 Meting met Doppler-effect.

Dit is een Doppler-radar systeem, of inbrekersalarm, om totale activiteit te meten. Radiogolven van constante lengte en sterkte worden uitgezonden en gereflecteerd. Bij een beweging in dit veld ontstaat een verandering in de lengte van de gereflecteerde golven. Deze verandering wordt gemeten in de vorm van een signaal. Deze meetwaarde kan worden vastgelegd in een datalogger en/of computer. Met dit systeem is het activiteitsniveau van een groep varkens in een hok uitstekend te meten gedurende lange tijd. Individuele dieren en hun activiteit zijn niet te onderscheiden. Uit onderzoek en praktijk is bekend dat de activiteit van varkens over en binnen dagen verschillend is. Bij de voertijden is het activiteitsniveau het hoogst. Bij tweemaal per dag voeren zijn dan ook twee pieken te zien. Wanneer ad libitum wordt gevoerd ontstaan er meerdere pieken, die echter minder hoog zijn. Met dit systeem is dat dan ook goed aan

te geven. Hoewel dit systeem in het onderzoek zijn dienst al heeft bewezen, met name in relatie tot het berekenen van de activiteitswarmte van de varkens (Verstegen, Henken & van der Hel, 1987), zijn er geen referenties bekend van metingen in de praktijk. Een standaard referentie-(ijk)waarde is niet aan te geven. Een probleem is ook dat de individuele meters van elkaar verschillen. Een vaste, gestandaardiseerde ijkopstelling zou een oplossing kunnen zijn om de onderlinge verhouding van de meters bij verschillende grootte en frequentie van activiteit t.o.v. het ijkapparaat vast te stellen. Bij een vaste ijkopstelling dient rekening gehouden te worden met:

- de afstand en oppervlakte van de meting,
- de frequentie van de beweging,
- de grootte van de beweging,
- de oppervlakte van de beweging,
- de instelling van de gevoeligheid van de meter,
- de materiaalsoort die beweegt.

Een activiteitsmeter is wel direct te gebruiken om het verschil aan te geven van de activiteit van varkens tussen groepen/hokken wanneer per groep/hok over een langere tijd (b.v. twee dagen) wordt gemeten.

3. TEMPERATUREN *TEMPERATURES*

Het meten van temperaturen is de meest gebruikte klimaatmeting. De meting kan niet alleen veel zinvolle informatie opleveren, maar is ook met geringe kosten uit te voeren. De meest bekende temperatuurmeting is de luchttemperatuurmeting. Door een thermometer in de zon te hangen wordt meteen duidelijk dat de afgelezen temperatuur op een dergelijke thermometer niet alleen door de luchttemperatuur maar ook door straling wordt beïnvloed. Het is ook mogelijk om temperaturen van oppervlakken en van vloeistoffen te meten. Eveneens zijn lichaamstemperaturen en stralingstemperaturen met daartoe geschikte instrumenten te meten.

3.1 Luchttemperatuur

Voor de meting van deze grootte staan de volgende mogelijkheden ter beschikking:

- vloeistofthermometers
- thermokoppels
- weerstandthermometers
- bimetaalthermometers
- halfgeleidervoelers
- metaaloxidoelers met negatieve temperatuurcoëfficiënt (ntc).

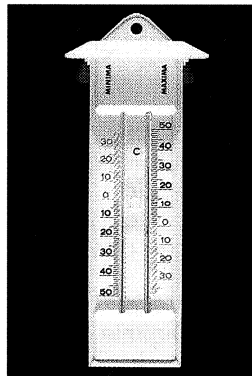
3.1.1 Vloeistofthermometers

In de praktijk zijn dit vaak kwik-in-glas thermometers. Er zijn diverse meetbereiken mogelijk. Ook zijn diverse onderverdelingen van de schaal (0,01 tot 1°C) mogelijk. Bij een vereiste meetnauwkeurigheid van bijv. 0,25°C is een schaalverdeling in 0,5°C voldoende. Uitvoeringsvormen: als staafthermometer, met de schaalverdeling op de buitenkant van een dikwandig haarbuisje (robuust), of als thermometer met ingesloten glasschaal, waarbij een dunwandig haarbuisje en een glasschaal in een glazen omhulling zijn ondergebracht (betere aflezing mogelijk). Voorts is de thermometer al dan niet voorzien van een extra metalen beschermhuls. Wanneer kwikverontreiniging bij breuk niet toelaatbaar is (kwikdampen, milieubelastend), kan gekozen worden voor een andere vloeistofvulling (bijv. alcohol, hoewel dat meestal iets minder nauwkeurig is).

Voordelen van dit meetprincipe zijn dat het betrekkelijk goedkoop is (maximaal enkele tientjes) en geen hulpspanning vereist.

Een nadeel is dat een vloeistofthermometer vrij kwetsbaar is. Ook is er geen uitgangssignaal voor continue elektronische meting beschikbaar. In het algemeen is dit een trage meting (enkele minuten in stilstaande lucht voordat werkelijke luchttemperatuur wordt aangegeven). Verkeerde aanwijzing treedt op bij onderbreking van de vloeistofkolom. Kalibratie eenmaal per twee jaar is voldoende; wanneer regelmatige controle in een mengsel van ijs en water geen verloop te zien geeft kan deze periode zelfs verlengd worden tot 5 jaar.

Een bijzondere uitvoering is de minimum/maximumthermometer die de minimum en maximumwaarde sinds de laatste nulstelling laat zien. De minimum/maximumthermometer is zeer geschikt voor controle-doeleinden in varkensstallen.



de min/max thermometer

3.1.2 Thermokoppels

Het principe van een thermokoppel is dat bij een las tussen twee draden van verschillende metalen een spanningsverschil optreedt, dat afhankelijk is van de temperatuur. Bij een gesloten meetkring is er steeds sprake van twee meetlassen, die gemakshalve "warme las" (= de meetlas) en "koude las" (= de referentielas) worden genoemd. De temperatuur van de koude las wordt of constant gehouden (bijvoorbeeld in smeltend ijs), of op andere wijze gemeten. Gebruikelijke combinaties van metalen zijn koper/konstantaan (in het jargon aangeduid als type T), ijzer/konstantaan (type J) en chromel/alumel (type K). Het meetbereik vormt geen enkel probleem (bijv. type T van -250 tot +400°C). De nauwkeurigheid van het koppel zelf is in de regel 0,75% van het gemeten verschil, de voltmeter zelf voegt hier tenminste enkele tienden van graden aan toe.

De stabiliteit is redelijk; herkalibratie eenmaal per jaar zal in de praktijk vaak voldoende blijken te zijn.

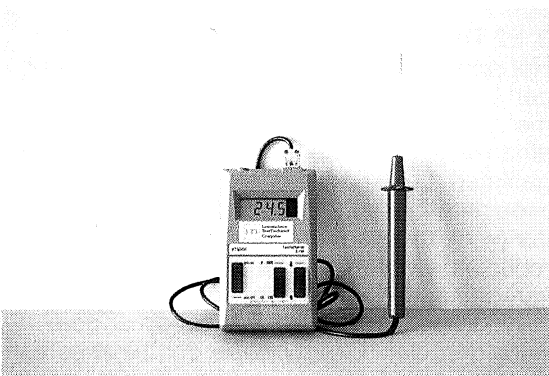
Voordelen: Door keuze van de draaddikte (bijv. 0,25 mm) zijn kleine en snelle voelers te maken, die bovendien bij draad van dezelfde rol onderling identieke meetresultaten geven. Bij een type T thermokoppel met een gangbare draaddikte van 0,5 mm zal de juiste temperatuur in stilstaande lucht na ongeveer een halve minuut gemeten worden. Luchtbeweging van 1 à 2 m/s doet deze tijd tot 5 à 10 seconden afnemen.

Nadelen: klein uitgangssignaal (circa 40 μ V/°C), dus gevoelig voor stoorspanningen. In de praktijk bezitten temperatuurmeters nogal eens een twijfelachtige "automatische koudelaskompensatie", waardoor de beloofde nauwkeurigheid niet wordt gehaald.

De voorlichter moet oppassen wanneer het instrument net uit de auto komt. Als het apparaat een stabiele uitlezing heeft, is het apparaat voldoende opgewarmd.

Het instrument moet niet dicht bij electromotoren, voedingskabels en andere bronnen van stoorspanningen worden gebruikt. Bij lange thermokoppels moeten knikken in de draad (die als extra lussen kunnen gaan werken) worden vermeden.

Thermokoppeldraad is te koop vanaf f 1,50 per meter (niet afgeschermd). Digitale handinstrumenten zijn vanaf f 200,- in de handel verkrijgbaar.



handinstrument op basis van thermokoppelmeting

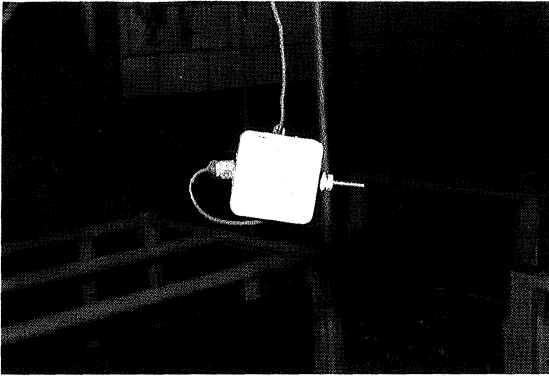
3.1.3 Weerstandthermometers

De weerstand van een zuiver metaal verandert ongeveer 0,4%/°C. Meestal wordt platina gebruikt, in mindere mate ook nikkel of koper.

Een veelgebruikte voeler is "de Pt-100": dit is een platinaweerstand van 100 Ω bij 0°C. De "Ni-100 voeler" is een nikkelweerstand. Er bestaan vele uitvoeringsvormen, draadgewonden of opgedampt, in de meest uiteenlopende afmetingen. De responsietijd hangt uiteraard van de uitvoering af; voor opgedampte exemplaren is een responsietijd van seconden in bewegende lucht mogelijk. Voordelen: vooral de platinavoeler is zeer stabiel (voor de gangbare types is het verloop minder dan 0,05°C per jaar). Voelers zijn onderling uitwisselbaar indien gespecificeerd volgens bestaande normen. Meestal wordt hierbij gerefereerd aan DIN-norm 43760. Een voeler die aangeduid wordt als "1/3 DIN" ligt binnen 1/3 van de toegestane afwijking volgens de DIN-norm. De toegestane afwijking is 0,3°C bij 0°C, oplopend tot 0,8°C bij 100°C. Hoge nauwkeurigheid is mogelijk, afhankelijk van de gebruikte meetapparatuur. Een kalibratietermijn van twee jaar is ruim voldoende. Alleen als het gevaar bestaat dat er door de gebruiksomstandigheden vocht de voeler binnendringt is vaker kalibreren nodig. Nadelen zijn er nauwelijks, behalve dan, dat er bij een zogenaamde tweedraadsmeting miswijzingen kunnen ontstaan als gevolg van de lengte van de aansluitdraden tussen voeler en electronica (niet te verwarren met de verbinding tussen meetvormer en uitlezing, die best tweedraads kan zijn). Zo geeft een kabel van 1 m lang en een diameter van 0,5 mm zoveel extra weerstand dat een fout in de temperatuur wordt afgelezen van 0,45°C. Deze afwijking is in principe "weg te ijken", maar bij een meetsysteem met meerdere voelers en verschillende kabellengtes wordt dit moeilijker. Bij een tweedraadsmeting fungeren de aansluitdraden mede als temperatuurvoeler. Om dit te vermijden is het aan te raden alleen meetapparatuur aan te schaffen, die gebruik maakt van een drie- of vierdraadsmeting. Met deze meetmethoden wordt of gecompenseerd voor kabellengte, de driedraads meting, of onafhankelijk van de kabellengte (en kabeltemperatuur) juist gemeten, de vierdraadsmeting (figuur 2). De prijzen voor dit type voelers, er zijn enkele fabrikanten en veel leveranciers, lopen op vanaf ongeveer f 40,- voor een losse voeler en vanaf f 500,- voor handmeetinstrumenten.

3.1.4 Bimetaalthermometers

Twee metalen met verschillende uitzettingscoëfficiënt, op elkaar gelast, geven een ster-



Ni- 100 voeler

ke buiging bij temperatuurvariaties. Een dergelijke thermometer is zeer robuust, maar traag. Een voordeel is dat de beweging van de metaalstrip direkt op een wijzer kan worden overgebracht (thermograaf). De nauwkeurigheid ligt in de orde van 0,5°C. De prijs loopt van ruim honderd gulden voor een aanwijzend exemplaar tot circa f1.000,- voor een thermograaf (het is voordeliger dit instrument als thermohygrograaf aan te schaffen). Het is aan te bevelen om eenmaal per jaar onderhoud en kalibratie uit te (laten) voeren.

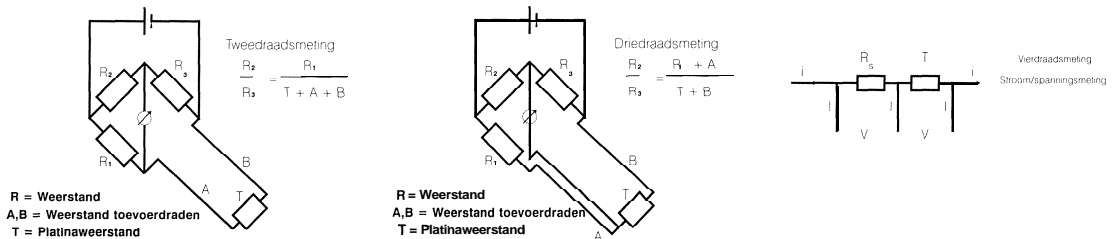
3.1.5 Halfgeleidervoelers

Halfgeleiderkristallen in diodes en transistoren zijn uitstekend bruikbaar als temperatuurvoeler. Er is sprake van een goede lineariteit en een grote temperatuurcoëfficiënt. Het meetgebied loopt voor de gangbare types van -40 tot +100°C. De voeler biedt de mogelijkheid om als onderdeel van een chip te fungeren, waardoor er in de toekomst zeker nog nieuwe toepassingen te verwachten zijn. De onderlinge uitwisselbaarheid per fabrikaat is goed, overigens is er geen sprake van standaardisatie zoals bij thermokoppel of weerstandthermometer. Er bestaat gevaar voor miswijzing tengevolge van zelfopwarming, vooral bij meting in lucht. De responsietijd is in het algemeen groter dan bij een platina-voeler (afhankelijk van de behuizing). De prijs voor een handmeetinstrument ligt in de regel onder die van een platinaweerstandthermometer.

De kalibratietermijn wordt naar bevind van zaken gekozen, dat wil zeggen in het begin frequent (bijvoorbeeld eenmaal per half jaar).

3.1.6 Metaaloxiden

De weerstand van een metaaloxide, verkre-



Figuur 2. Bij Pt-100 voelers telt de weerstand van de toevoerdraden mee in de temperatuurmeting bij 2-draadsmeting, deze invloed is veel minder bij 3 draadsmeting, terwijl bij 4-draadsmeting de toevoerdraden geen invloed op de meting hebben.

Figure 2. In Pt- 100 sensors the resistance of the cable is part of the temperature measurement in case of 2-wire measurement, the resistance of the cable has much less influence with 3-wire measurement, whereas with 4-wire measurement the influence of cable resistance is completely eliminated.

gen door het samenbakken van een poeder-
vormig metaaloxijde, varieert sterk met de
temperatuur; de temperatuurcoëfficiënt is
ongeveer 5%/°C. In de gebruikelijke uitvoe-
ring neemt de weerstand af als de tempera-
tuur stijgt; we spreken dan van een negatieve
temperatuurcoëfficiënt of ntc. Vaak wordt de
term "thermistor" gebezigd. Het meetbereik
loopt globaal van -50 tot +150°C. In de prak-
tijk zijn nauwkeurigheden van 0,2 à 0,3°C
haalbaar.

Voordelen zijn dat de voeler kleiner kan zijn
dan een platinaweerstand (met een diameter
vanaf 0,2 mm) en derhalve sneller is
(responstijd vanaf 1s in stilstaande lucht). De
gevoeligheid is hoog en door de hoge weer-
stand van de voeler is de leidingweerstand
van minder belang.

Nadelen zijn dat de voeler niet-lineair is en
minder stabiel is dan een Pt-100 voeler. De
voeler is alleen te vervangen door een exem-
plaar van hetzelfde fabrikaat. De omrekening
van weerstand naar temperatuur (bijvoor-
beeld in een datalogger) is afhankelijk van
het type voeler. Bij continue meting in een
ammoniakhoudende atmosfeer bestaat
gevaar van aantasting van de meestal dunne,
onbeschermde aansluitdraden van de voeler.
De kalibratietermijn kan gelijk zijn aan die
voor halfgeleidervoelers.

Losse voelers zijn te koop vanaf enkele gul-
dens per stuk. Gemonteerd in een meetvoeler
of -naald is de prijs vergelijkbaar met die van
een halfgeleidervoeler. Aanwijzende meetin-
strumenten zijn vanaf f 150,- te koop.

3.2 Oppervlaktemperatuur

3.2.1 Contacttemperatuur

De oppervlaktemperatuur wordt uiteraard ook
met een temperatuurvoeler gemeten. Het
bovenstaande is dus ook op de meting van
de oppervlaktemperatuur van toepassing.
Een oppervlak kan vast zijn (vloer, wand, pla-
fond, verwarmingsbuis) of mobiel (huidtem-
peratuur van dier).

Bij de meting van een oppervlaktemperatuur
met behulp van een contactthermometer
dient het warmtecontact tussen voeler en
oppervlak optimaal te zijn, bijvoorbeeld door
gebruikmaking van een warmtegeleidende
pasta op de meetplaats. Verder is alleen die
temperatuurvoeler geschikt waarbij de warm-
tegeleiding vanuit de voeler naar de meet-
plaats verwaarloosd kan worden, dus in het
algemeen een voeler met een kleine warmte-

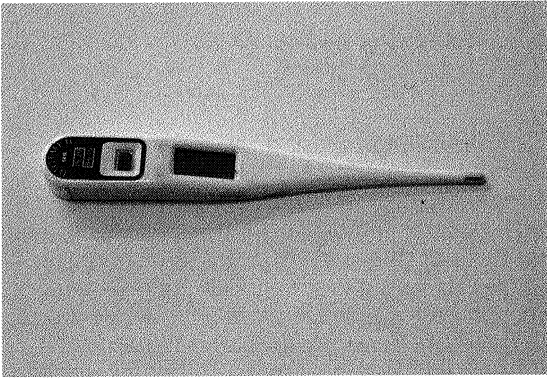
capaciteit en dunne toevoerdraden (meetdra-
den).

3.2.2 Infrarood temperatuurmeting.

Een oppervlaktemperatuur kan, anders dan
luchttemperatuur, ook vanaf afstand worden
gemeten. Het is namelijk mogelijk de stra-
lingstemperatuur van een oppervlak te
meten. Infrarood meetapparatuur maakt
gebruik van de warmtestraling die het te
bestuderen object uitwisselt met zijn omge-
ving. De metingen zijn contactloos, niet
belastend en kunnen worden gebruikt bij een
bepaling van de interne warmtehuishouding
van een varken (Geers, van der Hel & Goed-
seels, 1987). Het temperatuurgebied tussen -
20°C en +1500°C is bruikbaar en gevoelighe-
den tot 0,1°C zijn mogelijk. Bij straling speelt,
bij het bepalen van de temperatuur, de emis-
siefactor een rol van het te meten oppervlak.
Een volledig zwart oppervlak heeft een emis-
siefactor van 1. De emissiefactor van varkens
kan, mede door het ruwe oppervlak, gesteld
worden op gemiddeld 0,95 (0,93-1). Ook
andere te meten oppervlakken in varkensstal-
len hebben emissiefactoren die dicht bij 1,0
liggen. Hierdoor heeft een fout in de emissie-
factor maar een kleine invloed op de uitlezing
van de temperatuur, enkele tienden °C.
Oppervlaktemperaturen van varkens, bijvoor-
beeld haar- en huidtemperaturen, kunnen
daarom goed met deze infrarood meetappa-
raat worden gemeten. Met haartertemperatuur
wordt hier bedoeld: het oppervlak van het
varken bedekt met haar. De huidtemperatuur
is een onbedekt (of geschoren) klein opper-
vlak van het varken. Uit onderzoek is bekend
dat een verandering in bijvoorbeeld de
omgevingstemperatuur een verandering
geeft van de haar- en huidtemperatuur van
varkens (McArthur, 1981). Een eventueel



Infraroodthermometer



Een rectaalthermometer

effect van een koude of warme omgeving kan derhalve direct worden bepaald. Met deze meetapparatuur kan ook de (stralings)temperatuur van de wanden, plafond en vloer worden gemeten en eventueel worden vastgelegd in een datalogger en/of computer. Hierdoor kan ook de isolatie van de stallen bekeken worden op eventuele isolatielekken.

Bij het gebruik van deze meting is ook de zichthoek van belang. De zichthoek bepaalt de grootte van het oppervlak dat wordt gemeten bij een bepaalde afstand tussen meter en oppervlak.

3.3 Lichaamstemperatuur

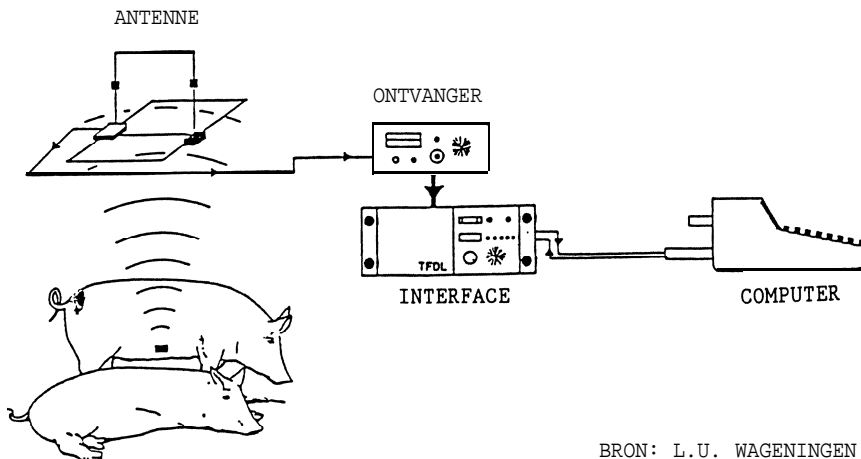
Incidentele meting.

De incidentele meting van de lichaamstemperatuur wordt in de praktijk, als rectaaltemperatuur, meestal gemeten met een normale vloeistof- of kwikthermometer die na gebruik

moet worden afgelezen. Ook met thermokoppels en thermistors is de rectaaltemperatuur te meten. Er zijn solid-state koortsthermometers zonder breukgevaar te koop voor enkele tientjes. Deze instrumenten kunnen meestal digitaal worden afgelezen en de waarden kunnen worden vastgelegd met een datalogger of computer. Een nadeel van het op deze wijze meten van de rectaaltemperatuur is dat de rust tijdens het meten binnen de groep verstoord wordt. Hierdoor ontstaat extra activiteit. Vanwege deze "stress" is er een invloed op de meting zelf.

Continu meting.

Het continu meten van de lichaamstemperatuur kan ook worden uitgevoerd met behulp van telemetrie. Bij telemetrie wordt de gemeten temperatuur door de voeler in het dier via een antenne uitgezonden en op afstand door een ontvanger opgepikt. Hiervoor worden temperatuurzenders of sensoren in het dier gebracht die de lichaamstemperatuur continu blijven meten en op geregelde tijden doorzenden aan de hiervoor uitgeruste computer. Deze meettechniek verstoort de rust binnen de groep niet en zo kan ook het verloop van de temperatuur over langere tijd worden aan gegeven (figuur 3). In de toekomst zullen zeker systemen ontstaan, waarbij in of aan het dier aangebrachte levensnummers voor het dier worden gecombineerd met een temperatuurmeting. Hierdoor is dan een continue controle van dieren en een betere meting van de echte lichaamstemperatuur bij juiste plaatsing van de sensor mogelijk.



BRON: L.U. WAGENINGEN

Figuur 3 Opstelling voor het op afstand uitlezen van lichaamstemperatuur.
 Figure 3 Scheme of telemetric body-temperature measurement.

4. VOCHTGEHALTE VAN STALLUCHT MOISTURE CONTENT OF AIR IN PIG HOUSES

De relatieve luchtvochtigheid wordt soms in stallen gemeten om bijvoorbeeld te kunnen beoordelen of eventuele stoornissen aan de luchtwegen van dieren veroorzaakt worden door te lage of te hoge luchtvochtigheid of om het risico op condensvorming aan de stalconstructie door te hoge luchtvochtigheid in te kunnen schatten. De luchtvochtigheid heeft ook grote invloed op de overlevingsmogelijkheden van micro-organismen (Webster, 1981). Uit onderzoek is tot dusverre het belang van een goede vochtregeling in varkensstallen echter niet gebleken. Varkens zweten niet. Vochtmeting kan dus soms zinvol zijn, maar mede door de hogere kosten van vochtmeting ten opzichte van temperatuurmeting, wordt het vochtgehalte vooralsnog niet op grote schaal gemeten. Een snelle uitlezing van vochtvoelers is vaak niet mogelijk, zeker als weinig geventileerd wordt en als het instrument beschermd is tegen stof. Een minimum responstijd van enkele minuten is in de praktijk niet altijd haalbaar.

De volgende mogelijkheden zijn beschikbaar om het vochtgehalte van stallucht te meten:

- de psychrometer
- de mechanische hygrometer
- de spiegel dauwpuntmeter
- elektrische geleidings-hygrometer
- capacitieve vochtvoeler
- infraroodabsorptie

4.1 Droge en natte bol meting (psychrometer)

Twee temperatuursensoren, werkend volgens één van de onder 3.1 genoemde technieken, worden naast of achter elkaar in de te meten luchtstroom geplaatst. Eén temperatuursensor, de "natte bol", is voorzien van een natte katoenen kous. De afkoeling van de natte bol wordt bepaald door de hoeveelheid vocht, die door de langsstromende lucht wordt opgenomen. Hoe lager de luchtvochtigheid, hoe hoger de vochtafgifte aan de lucht en hoe lager de natte boltemperatuur. Het verschil tussen droge en natte boltemperatuur is een maat voor de heersende relatieve vochtigheid. Voorwaarden voor een goede werking zijn een voldoende luchtsnelheid ter plaatse van de natte bol ($> 2,5$ m/s) en een goed aanzuigend kousje dat niet vervuild is.

In de praktijk betekent dit bij continuumeting dat het kousje éénmaal per week vervangen moet worden. In een stoffige atmosfeer dient deze frequentie nog hoger te liggen (eenmaal per twee of drie dagen). Uiteraard mogen beide thermometers niet door zonnestraling worden beïnvloed. De omrekening van droge en natte bol naar relatieve vochtigheid (r.v.) gebeurt met behulp van een tabel (zie tabel 2), een diagram, zoals het Mollier-diagram of door een berekening in een computer.

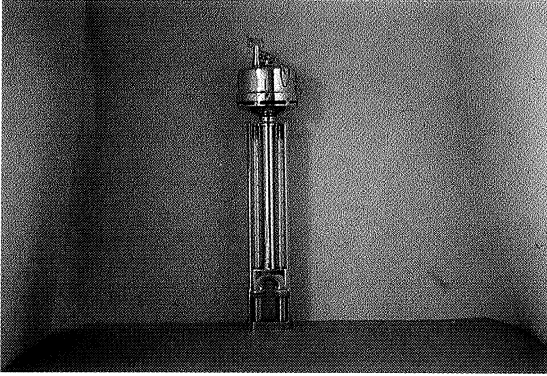
Tabel 2. De relatieve luchtvochtigheid met de natte en droge bol meting in °C.
 Table 2. Relative humidity based on dry and wet bulb temperature measurement in °C.

Temp. droge bol (°C)	Verschil tussen droge en natte bol (°C) Difference between dry and wet bulb (°C)																	
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	
1	100	91																
2	100	91	84	75														
3	100	92	84	76	69	62												
4	100	92	85	77	70	64	56	50										
5	100	93	86	78	72	65	58	51	45	38								
6	100	93	86	79	73	66	60	54	47	40	35	29						
7	100	93	87	79	74	67	61	55	49	43	37	31	25	20				
8	100	93	87	80	75	69	63	56	51	45	40	34	29	23	18	13		
9	100	94	88	81	76	70	64	59	53	47	42	36	31	26	21	16	11	
10	100	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	39	34	29	24	19	15	
11	100	95	88	83	77	72	66	61	56	51	45	41	36	31	27	22	18	
12	100	95	89	83	78	73	68	63	57	53	47	43	38	33	29	25	20	
13	100	95	89	84	78	74	69	64	59	54	48	45	40	36	32	27	23	
14	100	95	90	84	79	74	70	65	60	55	50	47	42	38	34	30	26	
15	100	95	90	84	80	75	71	66	61	57	52	48	44	40	36	32	28	
16	100	95	90	85	81	76	71	67	63	58	53	50	46	42	38	34	30	
17	100	95	90	85	81	77	72	68	64	60	55	51	47	43	40	36	32	
18	100	95	90	86	82	77	73	69	65	61	56	53	49	45	42	38	34	
19	100	95	91	86	82	78	74	70	66	61	57	54	50	46	43	39	36	
20	100	96	91	87	83	78	74	71	66	62	58	55	51	47	45	41	38	
21	100	96	91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	53	49	46	42	39	
22	100	96	92	87	83	80	76	72	68	64	61	58	54	50	47	44	40	
23	100	96	92	87	84	80	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	63	60	56	53	50	47	43	
25	100	96	92	88	84	80	77	74	70	67	63	61	57	54	51	47	45	
26	100	96	92	88	85	81	78	74	71	68	64	61	58	55	52	49	46	
27	100	96	92	88	85	81	78	74	71	69	65	62	58	56	52	50	47	
28	100	96	93	89	85	82	78	75	72	69	65	62	59	57	54	51	48	
29	100	96	93	89	86	82	79	75	72	69	66	63	60	58	55	52	49	
30	100	96	93	89	86	82	79	76	73	69	67	63	61	58	55	52	50	
31	100	97	93	90	86	83	80	76	73	70	67	64	62	59	56	53	51	
32	100	97	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	63	60	57	54	52	
33	100	97	93	90	87	84	80	77	74	71	69	65	63	61	58	55	52	
34	100	97	94	91	87	84	81	78	75	72	69	66	64	61	58	56	53	
35	100	97	94	91	87	84	81	78	75	73	70	67	64	62	59	56	54	
36	100	97	94	91	87	85	82	79	76	73	70	67	65	62	60	57	55	
37	100	97	94	91	87	85	82	79	77	74	71	68	66	63	60	57	56	
38	100	97	94	91	87	85	82	80	77	74	72	68	66	63	61	58	56	
39	100	97	94	91	87	86	82	80	77	74	72	69	66	64	62	59	57	

Het meetbereik van de psychrometer is ruim voldoende. In varkensstallen is het optreden van ijs op de natte bol niet aan de orde, tenzij men buiten de relatieve vochtigheid wil meten bij lage temperaturen. De nauwkeurigheid ligt, met inachtneming van de goede voorzorgsmaatregelen, in de orde van 2 à 3 %

R.V. Herkalibratie is eenmaal per twee jaar nodig. Er zijn diverse uitvoeringsvormen mogelijk, waarvan de bekendste de zogenaamde Assmann-psychrometer is: twee mechanisch geventileerde kwikthermometers in een dubbelafgeschermd, verchroomde behuizing.

Prijs circa f 1.200,- tot f 1.900,-. Verder zijn er wat duurdere uitvoeringen, die een continue uitlezing mogelijk maken. Ook kan een psychrometer al dan niet voorzien zijn van directe omrekening naar relatieve luchtvochtigheid. Prijzen kunnen daardoor oplopen tot f 5.000,-.



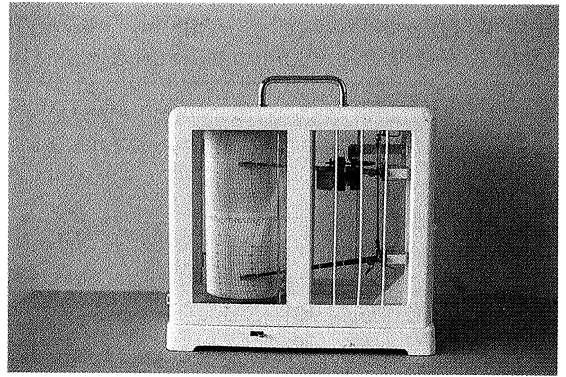
de Assman-psychrometer

4.2 Mechanische hygrometer

Van diverse materialen veranderen de afmetingen met de luchtvochtigheid. De bekendste en meest toegepaste zijn ontvet mensenhaar, katoen, kunstvezel en kunststoffolie. In principe is het meetbereik 0 tot 100 % R.V. Haar reageert echter boven 95 % R.V. praktisch niet meer. Mechanische hygrometers kunnen niet snel afgelezen worden, de responstijd varieert van 10 tot 60 minuten (Clark & Cena, 1981).

Een voordeel is, dat directe mechanische overbrenging mogelijk is (hygrograaf of potentiometerstandregeling).

Er is regelmatig onderhoud en herijking nodig. Een onderhoudsbeurt inclusief herijking is tenminste eenmaal per jaar zeer aan te bevelen. De kosten van een onderhoudsbeurt en herijking bedragen bij een thermohygrograaf al snel f 300,-. Veel materialen vertonen hysteresis in de orde van 5 % R.V. Met hysteresis wordt bedoeld dat de uitlezing van het vochtgehalte afhangt van welke kant men nadert, vanaf lage vochtigheid of vanaf hoge vochtigheid. Met een haarhygrograaf is met een gemiddelde zorg een praktijknauwkeurigheid van circa 5 % R.V. te verwachten. De kosten van een nieuw instrument bedragen circa f 1.300,-.



thermohygrograaf voor luchtvochtigheid- en temperatuurregistratie.

4.3 Spiegeldauwpuntmeter

Wordt een oppervlak, in aanraking met vochtige lucht, afgekoeld tot juist onder het dauwpunt van de lucht dan treedt condensatie op. Is het oppervlak uitgevoerd als een spiegel dan kan de aanwezigheid van de dauw laag optisch worden vastgesteld. De temperatuur van het oppervlak wordt gemeten en levert samen met de luchttemperatuur de relatieve vochtigheid.

Als de waterdampdruk (p , in pascal) van lucht bekend is kan de dauwpunttemperatuur van lucht worden berekend. De volgende formule is geldig voor luchttemperaturen tussen 0 en 70°C (Albright, 1990):

$$T_{\text{dauwp}} = -35,957 - 1,8726 \ln(p_w) + 1,1689(\ln(p_w))^2$$

De meting is fundamenteel. In principe is alleen temperatuurijsing nodig. Nauwkeurige meting is mogelijk en de meting is stabiel op lange termijn. Meerpuntsmeting via monstername is mogelijk.

Een nadeel is dat vervuiling van het spiegeloppervlak de meting verstoort. Een goed instrument is relatief duur (meer dan f 6.000,-). Meting tot 100 % R.V. is problematisch omdat er een zekere afstand tussen lucht- en dauwpunttemperatuur vereist is voor een goede meting. Dit type instrument is dus eerder een onderzoek- dan een praktijkinstrument.

4.4 Elektrische geleidingshygrometer

Deze categorie omvat een groep meetelementen, waarvan het geleidingsvermogen varieert met de heersende relatieve vochtigheid. Soms is het vochtgevoelig materiaal een elektrolyet, soms een kunststof met een

chemische oppervlaktebehandeling of een vochtgevoelige verf.

Voordelen van dit principe zijn dat het meetelement klein is, vaak goedkoop (vanaf guldens per stuk) is en dat een snelle meting mogelijk is.

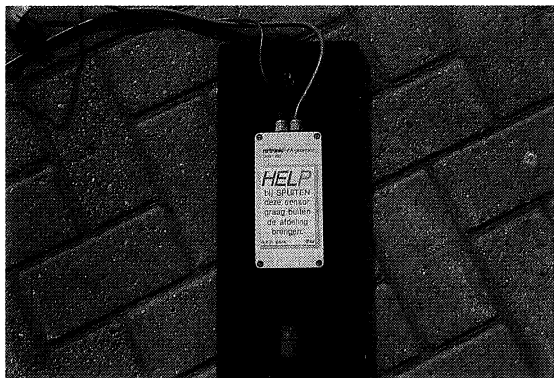
Nadelen zijn dat de voeler vaak niet tegen aanraking met water kan, gevoelig voor stof en vuil is (direkte invloed op de weerstand tussen de elektroden) en gevoelig is voor diverse luchtverontreinigende gassen. Daarom is een herkalibratie ongeveer iedere 3 maanden noodzakelijk bij gebruik in varkensstallen.

Een voeler met meetomvormer is te koop voor circa f 1.250,-.

4.5 Capacitieve vochtvoeler

Bij dit type voelers vormt een dunne vochtgevoelige kunststoffolie het medium tussen twee elektrodes, waarbij de capaciteit van de voeler een maat is voor de heersende relatieve vochtigheid.

Een voordeel is dat de voeler klein en snel is.



capacitieve vochtvoeler met signaaluitgang

Een goede uitlezing van een voeler zonder stofkap is na ongeveer 10 seconden mogelijk, met stofkap duurt het iets langer. Deze voelers zijn betrekkelijk ongevoelig voor stof en vuil. Nat worden is niet desastreus en afwassen is meestal mogelijk. De temperatuurvoeligheid is aanzienlijk minder dan bij de voelers uit de vorige categorie, de stabiliteit is beter.

Bij een gewenste nauwkeurigheid van 2 % R.V. is een ijkfrequentie van tweemaal per jaar aan te bevelen. Een geschoolde gebruiker van capacitieve of geleidingshygrometers is in staat om met de nodige voorzorgen zijn voelers met behulp van zoutoplossingen te

controleren. Afhankelijk van het soort voeler blijft de voeler gevoelig voor bepaalde luchtverontreinigingen. Proeven in varkensstallen wezen niet op een groot verloop ten gevolge van ammoniak en stof.

Wat prijzen betreft zijn losse voelers voor gemiddeld f 150,- à f 200,- per stuk te koop, aanwijzende instrumenten vanaf circa f 600,- en degelijke industriële meetomvormers met voelers voor f 1.000,- of meer.

4.6 Infraroodabsorptie

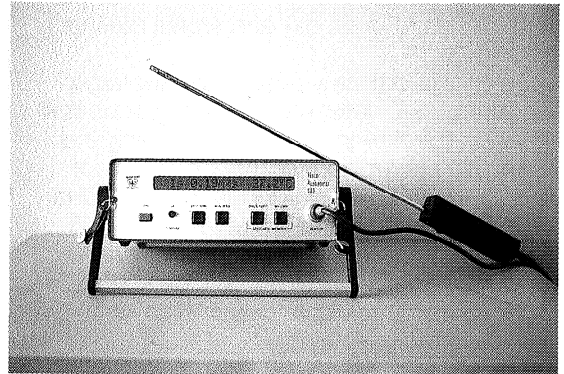
Dit principe wordt ook gebruikt bij andere gassen en dampen in varkensstallen en wordt in hoofdstuk 7 beschreven.

5. LUCHTSNELHEDEN *AIR VELOCITY*

Om luchtsnelheden te meten maken praktische meetmethoden gebruik van door lucht-beweging ontstane verschijnselen als drukveranderingen, mechanische effecten en afkoeling van een verwarmd lichaam. Tot de eerste categorie behoren de pitotbuis, tot de tweede de vleugelrad- en de cupanemometer en tot de derde de thermische (of hittedraad-) anemometer. Het laatstgenoemde principe leent zich bij uitstek voor de meting van de toelaatbare luchtsnelheden rondom het dier (tot 0,2 m/s). Voor de volledigheid is hieronder niettemin ook een opsomming van de mogelijkheden en beperkingen van de andere principes gegeven.

5.1 Thermische of hittedraad-anemometers

De kracht van deze categorie ligt vooral in de meting van lage luchtsnelheden (vanaf centimeters tot enkele meters per seconde). De ondergrens wordt bepaald door de luchtbe-weging die door de eigen opwarming van de voeler wordt veroorzaakt (in de orde van 5 à 6 cm/s). De (door de fabrikant opgegeven) meetnauwkeurigheid loopt, afhankelijk van de uitvoering, van 0,01 m/s tot 10% van de gemeten waarde. De invloed van de lucht-temperatuur is belangrijk, vooral bij hogere luchtsnelheden (boven 5 m/s). Ervaringen wijzen uit dat toegepaste temperatuurcompensaties kritisch bekeken moeten worden. Er zijn uitvoeringen die praktisch richtingsonafhankelijk zijn, terwijl andere juist op dit punt zeer gevoelig blijken. De leverancier of de kalibrerende instantie kan hierover meestal op basis van de gedane windtunnelexperimenten een duidelijke uitspraak doen. Afhankelijk van het type komen responsietijden voor die liggen tussen 1 seconde en 1 minuut. Hittedraadanemometers zijn te koop vanaf circa f 2.000,-. Stof en vuil beïnvloeden de aanwijzing. De vereiste kalibratiefrequentie hangt af van de gebruiksomstandigheden. Een minimum van eenmaal per jaar is zeker aan te bevelen.



thermische anemometer

5.2 Vleugelrad- en cupanemometers

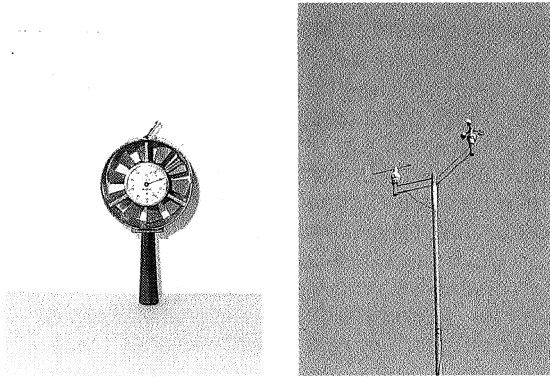
De vleugelradanemometer is in de meeste uitvoeringen een windmolentje met 8 tot 12 schoepen en een diameter van 10 of 20 mm (miniaturuitvoeringen) tot 80 à 120 mm. Het meetbereik loopt, afhankelijk van de kwaliteit (=aanloopsnelheid) van het instrument, van ongeveer 0,2 tot 20 m/s. De nauwkeurigheid ligt in de orde van 2% van het meetbereik. Bij de vleugelradanemometer dient de luchtsnelheid loodrecht op de dwarsdoorsnede te staan (Visscher & Kornet, 1980). Bij meting in kanalen dient rekening gehouden te worden met het feit dat de windsnelheidsmeter de stroming verstoort. De responsietijd loopt van tienden van seconden voor de miniaturuitvoering tot 10 seconden voor de meest robuuste exemplaren (en is afhankelijk van de windsnelheid en toe- dan wel afname van de wind).

De prijzen van deze meters beginnen bij f 1.000,-.

De cupanemometer wordt hoofdzakelijk gebruikt in de meteorologie, als onderdeel van een weerstation. De aanloopsnelheid hangt ook hier sterk af van de uitvoering: deze varieert van 0,2 tot wel 2 m/s. Het meetbereik loopt tot 60 m/s. De responsietijd is in het algemeen wat hoger dan bij een vleugelradanemometer. Ook hier prijzen vanaf f 1.000,-.

Zowel de vleugelrad- als de cupanemometer dienen regelmatig (eenmaal per een of twee jaar) te worden gekalibreerd. Kalibratiekosten variëren van f 100,- tot f 300,-.

De vleugelradanemometer is binnen een hoek van circa 25° richtingsonafhankelijk, de cupanemometer kent in het horizontale vlak geen beperking.



vleugelradanemometer (links) en cupanemometer (rechts)

5.3 Pitotbuis

De pitotbuis is praktisch bruikbaar in lange luchtkanalen voor luchtsnelheden vanaf enkele meters per seconde. In varkensstallen komen alleen lange luchtkanalen voor als centrale afzuigsystemen worden gebruikt. De pitotbuis zal daarom slechts in een beperkt aantal varkensstallen kunnen worden gebruikt. Met de pitotbuis wordt een verschil-druk gemeten. Bij snelheden beneden 2 m/s wordt de meting van het drukverschil een probleem. Bij 4 m/s is het drukverschil ongeveer 10 Pa . Wanneer men wil meten met een nauwkeurigheid van 1% dan betekent dat een drukmeting tot op $0,1 \text{ Pa}$. De openingen in de pitotbuis mogen niet vervuild raken. De responsietijd hangt af van de lengte van de slangen tussen pitotbuis en aanwijsinstrument, en ligt in de orde van seconden. De pitotbuis is toepasbaar in kanalen, of in luchtstromen waarvan de richting binnen een hoek van 20° bekend is. Bij zorgvuldige behandeling van de pitotbuis is geen herkalibratie nodig. De drukmeter dient regelmatig te worden gecontroleerd op reinheid en functioneren. Samengevat: het gebruik van de pitotbuis vereist in het algemeen nogal wat ervaring en de pitotbuis is niet bruikbaar in vrije stallucht.

Een prijsindicatie is $f 1.250,-$ voor een pitotbuis met digitale manometer (sterk in beweging door de ontwikkeling van nieuwe drukvoelers). Losse pitotbuizen zijn leverbaar voor

een prijs vanaf ongeveer $f 200,-$.

5.4 Drukverschilmeters

De meest eenvoudige drukverschilmeter is ongetwijfeld de met vloeistof gevulde U-buismanometer, met de meer verfijnde uitvoeringen in de vorm van schuine-buismanometer en de zogenaamde Betzmanometer. Voor incidentele metingen in stallen is de schuine-buismanometer een bruikbaar instrument. Aangezien er echter in de meeste gevallen een elektrisch uitgangssignaal gevraagd wordt, valt het gebruik van dergelijke meetinstrumenten dan af.

Meetprincipes, die wel een elektrisch uitgangssignaal opleveren, maken gebruik van onder meer:

- inductieve opnemers
- capacitieve opnemers
- piëzo-electrische opnemers
- rekstrookjes

Factoren die de keuze bepalen zijn naast prijs en nauwkeurigheid de corrosiebestendigheid van de materialen in de drukopnemer, de overbelastbaarheid (die aan de orde komt zodra bij drukverschilmetingen er aan één zijde van de opnemer een slang los-schiet, of die alleen al bij het aanbrengen van een slang een rol speelt), de al dan niet gecompenseerde temperatuurafhankelijkheid, het volume in de drukopnemer zelf en de verandering daarin tijdens de meting enz. Per meetprincipe bestaan er, voor een bepaald doel, zowel geschikte als minder geschikte uitvoeringsvormen, zodat een algemene voorkeur moeilijk te geven is.

5.4.1 Inductieve opnemers

Dit principe is intussen meer dan 50 jaar oud en heeft zijn bruikbaarheid in de praktijk zeker bewezen. Twee meetkamers zijn van elkaar gescheiden door een membraan, waaraan de kern van een verplaatsingsopnemer bevestigd is. Als er een drukverschil ontstaat beweegt het membraan naar de kamer met de laagste druk. De beweging wordt door de kern op een zeer gevoelige manier gemeten. Hoe groter het drukverschil, hoe groter de verplaatsing van het membraan met kern. De prijs van de opnemer hangt sterk af van meetbereik en meetnauwkeurigheid. Het meetbereik loopt van 1000 Pa (volle schaal) tot soms wel 60 MPa , de voeler is redelijk tot

goed corrosiebestendig, de toegestane overbelasting ligt in de orde van tweemaal het meetbereik. De temperatuurinvloed (0,05-0,2 % per °C) is in het algemeen groter dan die bij de hiernagenoemde principes, terwijl aan de mogelijkheid tot miniaturisering grenzen zijn gesteld. In eerste instantie is dit principe alleen geschikt voor wisselspanning. Deze opnemers kunnen de drukverschillen in varkensstallen niet nauwkeurig meten.

54.2 Capacitieve opnemers

Dit eveneens lang bekende principe maakt gebruik van de capaciteitsverandering tussen twee condensatorplaten wanneer hiervan de onderlinge afstand verandert. Net als bij de inductieve opnemer wordt hier dus verplaatsing gemeten. De ondergrens van het meetbereik ligt bij 100 Pa (volle schaal). Omdat drukverschillen in varkensstallen in de orde van enkele Pascals tot tientallen Pascal kunnen bedragen, zijn metingen in varkensstallen met deze opnemers mogelijk. Als in stallen met centrale afzuigsystemen de onderdruk continu gemeten moet worden, dan is dit type opnemer hiervoor geschikt. De bovengrens gaat tot 70 MPa. De electronica stelt nogal wat eisen, terwijl de afstand tussen voeler en electronica kritisch is. Deze opnemer is meestal als laboratoriuminstrument in gebruik. De opnemers zijn relatief groot. Overbelasting tot 5 à 10 maal het meetbereik is toegestaan.

54.3 Piëzo-electrische opnemers

Sommige materialen, waaronder kwarts, vertonen aan hun oppervlak bij uitwendig aangebrachte druk ladingsverschillen, die evenredig zijn met de aangebrachte druk. Voor dit effect is praktisch geen verplaatsing nodig. Het principe is alleen te gebruiken bij dynamische verschijnselen en relatief hoge drukken. Deze opnemers komen voor gebruik in varkensstallen niet in aanmerking.

5.4.4 Rekstrookopnemers

Deze categorie omvat opnemers, die gebruik maken van het verschijnsel dat de weerstand van het gebruikte materiaal bij lengteverandering verandert. Het materiaal kan bestaan uit metaaldraad of metaalfolie (sedert ongeveer veertig jaar), opgedampt metaal of halfgeleidermateriaal als silicium volgens de dunnefilmtechniek of een combinatie van dunne- en dikkefilmtechniek met het gebruik van resistente keramische materialen (sedert

ongeveer 15 jaar). Het meetbereik loopt vanaf 1000 Pa (volle schaal) tot 500 MPa, met goede lineariteit en temperatuurcompensatie. Massaproductie maakt de voelers relatief goedkoop (globaal vanaf f 100,-, exclusief meetinstrument). Met uitzondering van de dikkefilm voeler beschadigt overbelasting tot tien maal het meetbereik de voeler niet. Kleine voelers zijn mogelijk, inclusief geïntegreerde electronica. Op dit moment behoren praktisch alle druk(verschil)voelers, die in combinatie met een digitaal handinstrument worden toegepast, tot deze categorie. Het meetbereik van deze opnemer is niet zo laag, dat de voeler geschikt is voor varkensstallen.

De hier genoemde halfgeleidervoeler wordt vaak omschreven als "piëzo-resistief", wat niet verward moet worden met piëzo-electrische opnemers.

6. SAMENSTELLING STALLUCHT COMPOSITION OF AIR IN PIG HOUSES

6.1 Gasdetectiebuisjes

Door stallucht door een glazen buisje, gevuld met deeltjes van een chemische verbinding, te pompen, kunnen gassen uit de stallucht reageren met die chemische verbinding en een verkleuring van de vulling van het buisje geven. Voor ieder gas worden één of meer specifieke stoffen in een buisje gedaan. Naast kooldioxyde- en ammoniakdetectiebuisjes bestaan er buisjes om concentraties van zwavelwaterstof, koolmonoxide, ozon en andere gassen te meten.

De meetnauwkeurigheid wordt bepaald door enerzijds de standaardafwijking van de uitlezing door variatie in buisjes en aflezers en anderzijds door systematische fouten die in de bepaling gemaakt kunnen worden. De standaardafwijking in de uitlezing geeft een relatieve standaardafwijking (ook wel variatiecoëfficiënt genoemd) van 10 tot 15%.

De systematische fouten die in de meting gemaakt kunnen worden zijn:

- kalibratiefouten bij de fabricage
- chemische veranderingen in buisjes tijdens opslag
- doorgevoerde hoeveelheid lucht wijkt af door defecten in pomp, leidingen of zuigbalgen of onjuiste bediening
- kruisgevoeligheid (storende invloed van andere gassen en dampen)

De systematische fouten kunnen laag worden gehouden door de buisjes bij temperaturen beneden 30°C te bewaren op een donkere plaats en door de pomp, leidingen en zuigbalg voor iedere gebruik te controleren op lekkages. Gasbuisjes voor kooldioxyde hebben geen kruisgevoeligheid voor andere gassen of dampen.

Gasbuisjes voor ammoniak hebben, afhankelijk van de gebruikte chemische reactie, soms kruisgevoeligheid voor andere basische gassen of dampen en soms enige kruisgevoeligheid voor enkele andere stikstofverbindingen.

Bij correct gebruik zal de totale nauwkeurigheid circa 20 % van de gevonden concentratie kunnen bedragen. Het is belangrijk de voorschriften van de fabrikant nauwgezet op te volgen, wil men met genoemde nauwkeurigheid kunnen meten.

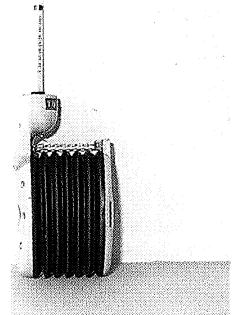
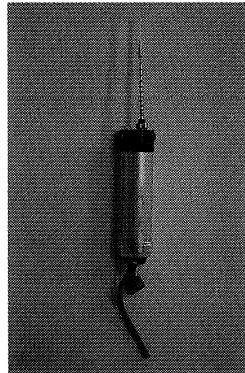
De colorimetrische bepaling met gasbuisjes

is een methode die moet voldoen aan (inter)nationale standaarden:

- BS 5343 Gas Detector Tubes
- IUPAC Performance Standard for Detector Tube Units
- Council of Europe: Resolution AP (74) 4, On the Manufacture of Detector Tubes to control the Atmosphere in Work Places.
- Title 42 - Public Health Service Part 84 - Certification of Gas Detector Tube Units
- ISO9001 en ISO9002

Gasbuisjes kosten circa f 7,- per stuk. Men heeft een monstername apparaat nodig, dat in de meest eenvoudige uitvoering circa f 600,- kost.

Het gebruik van gasbuisjes van verschillende merken kan tot grote verschillen in uitkomsten leiden, als niet alle voorschriften nauwgezet in acht worden genomen. Het is daarom zinvol om door een onafhankelijke instelling te laten onderzoeken in hoeverre en onder welke omstandigheden gasbuisjes tot betrouwbare metingen leiden.



pomp en gasdetectiebuisje

6.2 Infraroodabsorptie

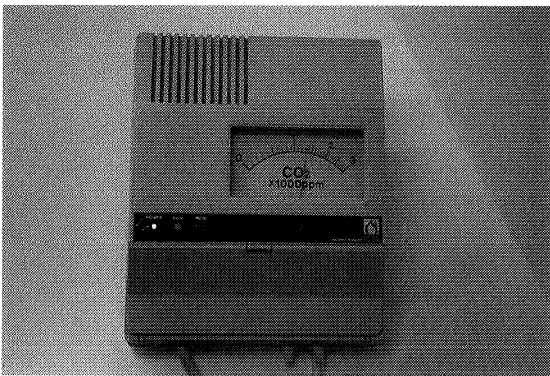
Een meeratomig gas- of dampmolekuul absorbeert straling bij een aantal golflengtes in het nabije infrarood. In de gebruikelijke gasanalysatoren wordt de absorptie van een bundel straling met een bepaalde golflengte in de meetbuis gemeten en vaak vergeleken met die in een referentiebus.

Voordeel is dat een snelle meting mogelijk is

met hoge meetnauwkeurigheid (tot 1% van het meetbereik). In principe is een weglenge over de volle lengte of breedte van een stal mogelijk. Meerpuntsmeting door meerdere aanzuigpunten is ook mogelijk.

Nadelen zijn dat minstens iedere twee maanden controle met ijkgas nodig is en dat de gevoeligheid afhankelijk is van het vochtgehalte van het referentiegas. De meting is vrij gevoelig voor vervuiling, een stoffilter is noodzakelijk. De meetapparatuur is betrekkelijk duur, f 3.000,- tot f 20.000,-. Door aan de analyser een systeem te koppelen waarbij lucht beurtelings uit verschillende afdelingen kan worden aangezogen, kunnen de kosten per afdeling van de meting worden teruggebracht. Mogelijke storing door onbekende componenten in het gasmengsel is niet uitgesloten.

Dit principe wordt veel toegepast bij metingen van kooldioxyde, maar kan ook voor bijvoorbeeld waterdamp of andere meeratomige gassen worden gebruikt, maar dan is een andere lichtbundel met een andere golflengte en/of een andere detector nodig.



CO₂-meter

6.3 Andere gas- en damconcentratie metingen

Er zijn veel methoden om gas- en damconcentraties te meten. De methoden, die hierboven genoemd zijn, worden in varkensstallen al geruime tijd toegepast. In het kader van het onderzoek naar vermindering van de ammoniakemissie is recentelijk ook veel aandacht besteed aan metingen van ammoniakconcentratie. Hiervoor zijn inmiddels een aantal technieken beschikbaar, die bewezen hebben in varkensstallen gebruikt te kunnen worden. In het algemeen zijn deze methoden

erg duur. Voor onderzoekinstellingen is het soms noodzakelijk om dure technieken te gebruiken teneinde betrouwbare meetresultaten te produceren. In de praktijk worden deze methoden (nog) niet toegepast. De geïnteresseerde lezer wordt verwezen naar het binnenkort te verschijnen DLO-rapport "Meetmethoden voor NH₃-emissies uit stallen". In dit rapport worden de verschillende meettechnieken beoordeeld op hun voor- en nadelen.

6.4 Stofmetingen

In de praktijk wordt het stofgehalte in stallen (nog) zelden gemeten. Het meten van stof in varkensstallen kan op veel manieren gebeuren, en vereist enige apparatuur. Ook kost het meten veel arbeid. Het is nog niet volledig duidelijk wat men moet meten. Is het nodig om de concentratie op een bepaald moment te weten of wil men een gemiddelde stofbelasting weten? Is de stofbelasting van zowel mens als varken belangrijk? Is het voldoende de totale gewichtsconcentratie van stof in de lucht van varkensstallen op een bepaalde hoogte te meten, of is de deeltjesgrootte belangrijker of de samenstelling van de deeltjes? Dit zijn vragen waar onderzoekers nog steeds mee worstelen. Afspraken die binnen de EEG gemaakt zijn, houden onder meer in dat binnen onderzoeksprojecten in ieder geval de gemiddelde stofconcentratie over 24 uur zo dicht mogelijk bij de dieren gemeten moet worden, zodat onderzoeksresultaten op dat punt vergelijkbaar zijn (Wathes & Randall, 1989). Op dit moment wordt het nog niet mogelijk geacht om voor de praktijk adviezen uit te brengen over hoe stof in stallen gemeten moet worden, door de onduidelijkheid over wat zinvol is om te meten en omdat de thans beschikbare methoden ofwel omslachtig en duur zijn ofwel nog niet bewezen hebben betrouwbare methoden te zijn.

7. VENTILATIE VENTILATION

Ventilatie is noodzakelijk in varkensstallen om de luchtkwaliteit in een stal acceptabel te houden en om overtollige warmte en vocht uit een stal af te voeren. Bij regeling van luchtkwaliteit wordt de ventilatiehoeveelheid soms gemeten, omdat een meer directe meting van luchtkwaliteit moeilijk of onmogelijk is. In stallen met natuurlijke ventilatie is het echter moeilijk de ventilatiehoeveelheid te meten. Voor het meten van de hoeveelheid ventilatie zou men in principe kunnen volstaan met een meting van het verschil in temperatuur tussen stal en buitenlucht, mits de warmteproductie bekend is. Het verloop van dit proces is echter traag, doordat de stal als warmtebuffer werkt. Bovendien is een dergelijke meting niet erg nauwkeurig. Omdat de hoeveelheid ventilatie ook al wordt gemeten voor de luchtkwaliteit, kan men het meten van de ventilatiestroom ook gebruiken als veel warmte afgevoerd moet worden en de ventilator voluit draait.

Als de uitstoot van een stal gemeten moet worden, is dit nog een andere reden om ventilatiehoeveelheden te meten. Dit gebeurt soms om de uitstoot van ammoniak te meten. Bij het vaststellen van de milieubelasting wordt de concentratie van de verontreinigende stalluchtcomponent in de uitgaande lucht gemeten, evenals de uitgaande luchtstroom (ventilatiehoeveelheid). In het binnenkort te verschijnen rapport "Meetmethoden voor NH₃-emissie van stallen" (Jongebreur e.a., 1991) wordt ingegaan op het meten van ventilatiehoeveelheden.

Bij het meten van ventilatiehoeveelheden moet een onderscheid worden gemaakt tussen natuurlijk en mechanisch geventileerde stallen.

7.1 Natuurlijke ventilatie

In natuurlijk geventileerde stallen zijn de ventilatieopeningen groot en de drukverschillen klein. Op dit moment zijn geen door de praktijk bruikbare methoden beschikbaar om de ventilatiehoeveelheden in natuurlijk geventileerde stallen direct te meten. Wel zijn enkele indirecte methoden beschikbaar of in ontwikkeling die meer of minder nauwkeurig de ven-

tilatiehoeveelheid berekenen door een balans op te stellen op stalniveau van producten, die door ventilatie worden getransporteerd. Te denken valt aan in de stal geproduceerde of bewust ingebrachte componenten, zoals kooldioxyde, waterdamp, warmte en tracer-gassen. Een beschrijving van deze methoden is te vinden in het genoemde rapport "Meetmethoden voor NH₃-emissie van stallen".

7.2 Mechanische ventilatie

Het meten van ventilatiehoeveelheden in mechanisch geventileerde stallen is ook beschreven in het hierboven genoemde rapport "Meetmethoden voor NH₃-emissie van stallen". Enkele van de daar beschreven methoden worden ook hier genoemd, omdat deze in praktijkstallen ook kunnen worden toegepast bij de regeling van het stalklimaat of bij een periodieke controle van de werking van de ventilatie.

7.2.1 Incidentele meting

Voor incidentele metingen van ventilatiehoeveelheden in stallen wordt een aantal methoden gebruikt:

- Als alleen de minimum ventilatie gemeten hoeft te worden, kan met een CO₂ meting worden volstaan, tenzij er gasbranders met open verbranding in de stal zijn. Hierdoor wordt indirect met een CO₂-balans gewerkt om de ventilatiehoeveelheid te schatten van de minimum ventilatie.
- Als alleen de maximum ventilatiehoeveelheid gemeten hoeft te worden, kan dikwijls worden volstaan met een buiten- en binnentemperatuurmeting, waarmee indirect met een warmtebalans de ventilatiehoeveelheid wordt geschat.
- Door het meten van luchtsnelheden om te rekenen naar totale luchtverplaatsing, wordt de ventilatiehoeveelheid op een meer directe wijze gemeten, hoewel dit niet altijd nauwkeuriger hoeft te zijn.

De minimum ventilatie kan in de praktijk gemeten worden door het kooldioxydegehalte met bijvoorbeeld een gasdetectiebuisje in de afdeling te meten. Men moet dit pas gaan

meten, nadat de ventilatieregeling in de afdeling al gedurende een periode van 1 uur of langer op deze minimum ventilatiehoeveelheid is ingesteld. Bovendien moet de diervooractiviteit worden meegenomen tijdens de meting. In paragraaf 8.2.4 wordt op het tijdstip van meting ingegaan. De gemiddelde etmaalconcentratie mag maximaal 0,20 vol.% CO₂ bedragen.

De meting kan worden uitgevoerd zoals hierboven is omschreven. Als het kooldioxydegehalte dan minder dan 0,20 vol.% bedraagt, wordt er meer geventileerd dan nodig is en zijn de verwarmingskosten onnodig hoog of is de ruimtetemperatuur onnodig laag. Als het gehalte hoger dan 0,20 vol.% is, dan is de minimum ventilatiehoeveelheid te laag ingesteld en kan de luchtkwaliteit minder goed zijn.

CO₂ wordt in deze meting uitsluitend gezien als een tracer gas om de ventilatiehoeveelheid vast te stellen. In praktijkomstandigheden wordt als etmaalgemiddelde voor CO₂, een gehalte van 0,20 vol.% aangehouden als bovengrens voor een acceptabele luchtkwaliteit. Mocht er aanleiding zijn te veronderstellen, dat de luchtkwaliteit in de stal afwijkt van die in gangbare situaties, dan kan de luchtkwaliteit ook vastgesteld worden door aanvullende metingen van bijvoorbeeld het ammoniakgehalte van stallucht of andere stalluchtcomponenten.

Als er meer dan de minimum ventilatiehoeveelheid wordt geventileerd is meting van het CO₂-gehalte alleen zinvol om een indicatie van de ventilatiehoeveelheid te krijgen. De schatting kan als volgt worden uitgevoerd:

De warmteproductie van varkens is afhankelijk van gewicht en voeropname. Bij gezonde dieren kan de totale warmteproductie per dier (WP) geschat worden op

$$WP \text{ (Watt/dier)} = 15 + 3,74 * m - 0,014 * m^2$$

(voor m < 120 kg)

Hierbij is m het diergewicht in kg. De productie van kooldioxyde bedraagt per Watt warmteproductie circa 0,17 liter per uur. De ventilatie in de stal kan geschat worden met onderstaande formule:

Ventilatie (m³/dier/h) = 0,017 * WP / (vol-% CO₂ - [CO₂buiten])

[CO₂buiten] = Buitenluchtconcentratie kooldioxyde in vol.-%.
(meestal 0,0345 vol.-%)

Als in een stal niet wordt bijverwarmd en er ontstaan voor de dieren op basis van hun warmteproductie geen problemen met veel ventilatie, dan kan de volgende methode worden toegepast. De geïnstalleerde ventilatiehoeveelheid kan voldoende nauwkeurig worden vastgesteld door de stalluchttemperatuur en de buitentemperatuur te meten. De staltemperatuur moet daarvoor op een geschikte plaats in de stal gemeten worden, zie paragraaf 8.2.1. De buitentemperatuur moet in de nabijheid van de luchtinlaat worden gemeten op een beschaduwde plaats. Meting kan plaatsvinden met minimum/maximum thermometers voor zowel binnen- als buitentemperatuur. De thermometers kunnen het beste worden afgelezen nadat ze over de periode van maximum buitentemperatuur en van maximum binnentemperatuur hebben gemeten en de te onderzoeken maximum ventilatiehoeveelheid in die periode ook daadwerkelijk geventileerd is. In de praktijk zal meting over de periode van omstreeks 11.00 uur tot 19.00 uur hiervoor in vrijwel alle gevallen voldoende zijn. Als de binnentemperatuur meer dan 3°C hoger blijkt te zijn dan de buitentemperatuur bij warm weer, dan werkt de klimaatregeling niet goed. Door de warmteproductie van de dieren zal de temperatuur in de stal tot hogere waarden stijgen dan de buitentemperatuur. In de praktijk kan door stallen met een goede klimaatbeheersing dit verschil tot 3°C of minder beperkt worden. Als dit niet lukt moet onderzocht worden of de isolatie van de stal voldoende is en of het ventilatiesysteem goed werkt. Mogelijk is de ventilatiehoeveelheid onvoldoende om de overtollige warmte af te voeren. Een weinig effectieve ventilatie kan een andere oorzaak zijn. Met een effectieve ventilatie wordt bedoeld dat de binnenkomende lucht niet direct door de ventilator weer naar buiten wordt afgevoerd maar eerst goed mengt met de aanwezige stallucht, of de aanwezige stallucht verdringt.

De ventilatiehoeveelheid kan op de volgende wijze geschat worden. Uitgangspunt is een totale warmteproductie (WP) van gezonde varkens als:

$$WP \text{ (Watt/dier)} = 15 + 3,74 * m - 0,014 * m^2$$

Een deel van deze warmte wordt als waterdamp afgevoerd, de rest moet als voelbare warmte worden afgevoerd. De verdeling tussen waterdamp en voelbare warmte hangt af van de temperatuur. Als 54% van de warmte bij 26°C als voelbare warmte wordt afgevoerd

(Strom & Feenstra, 1980) dan kan de volgende formule de ventilatie schatten:

$$V \text{ (m}^3\text{/uur/kg dier)} = \frac{WP(\text{Watt}) * \text{Fractie voelbaar} * 3600}{\text{srt.warmte (J/m}^3\text{)} * (T_{\text{stalmax}} - T_{\text{buitenmax}})}$$

De soortelijke warmte van lucht is bij 25°C ongeveer 1170 J/m³.

Helaas is vrij weinig bekend over de verdeling van de warmteafgifte in voelbare warmte en waterdamp. De warmteverliezen via wanden, dak en vloer zijn hier verwaarloosd. De nauwkeurigheid van de schatting van de ventilatiehoeveelheid is daardoor erg beperkt.

- Luchtsnelheid dient in de ventilatiekoker gemeten te worden. Bij deze methode wordt vaak van de in paragraaf 5.2 genoemde vleugelradanemometer gebruik gemaakt. Er mag nooit een arm in de koker zitten bij dergelijke metingen, want dat verstoort de luchtstroom. Als in de ventilatiekoker wordt gemeten is het belangrijk dat, door de meter gelijkmatig over het kokeroppervlak te bewegen, de gemiddelde snelheid zo goed mogelijk wordt benaderd. Theoretisch zijn daarom de beste metingen mogelijk met vleugelradanemometers met erg kleine doorsnede, omdat dan de luchtsnelheden dicht bij de kokerwand beter meegenomen worden in de meting. Gebruik van deze methode onder en boven de koker geeft verschillende uitkomsten. Bij het verklaren van verschillen moet naast meetonauwkeurigheden, mede omdat de vleugelradanemometer zelf de luchtstroming beïnvloedt, ook rekening worden gehouden met het feit dat alleen luchtstromen in één richting worden gemeten. Redelijke resultaten zijn daarom slechts te verwachten als in laminaire luchtstromen wordt gemeten. Dit is in varkensstallen vrijwel onmogelijk. De minste turbulentie en daarom de meest nauwkeurige resultaten kunnen verwacht worden als tussen de instroomrand en (meet) ventilator wordt gemeten. De nauwkeurigheid van zorgvuldig uitgevoerde ventilatiehoeveelheidsmetingen op basis van deze luchtsnelheidsmeting is beperkt. Deze meetresultaten zijn daarom slechts bruikbaar in vergelijkende metingen (verdeling bij centrale afzuigsystemen, schone en stoffige ventilatieplafonds) en niet als absoluut getal.

Vaak kan niet onder de ventilator gemeten worden, omdat de ventilator aan de onderkant van de koker is gemonteerd. Men schat

dat dit in 90% van de stallen het geval is. In dat geval kan dan slechts op het dak boven de ventilator worden gemeten. De vleugelradanemometer wordt dan aan een stok bevestigd, zodat de arm van de persoon die de meting uitvoert, niet de luchtstroom verstoort. Er wordt dan 0,5 m boven de ventilator gemeten.

Ventilatoren: Achtergronden werking ventilatiesystemen

Voor een goed begrip van de meettechnieken aangaande de ventilatiehoeveelheden is een inzicht in de werking van mechanische ventilatiesystemen en met name de ventilatoren die het hart hiervan vormen noodzakelijk. Stalventilatoren zijn vooral axiaal ventilatoren. Andere ventilatorsoorten worden dan ook niet behandeld.

Ventilatoren zijn in de eerste plaats luchtpompen, die het opgenomen elektrische vermogen omzetten in potentiële energie ofwel een statisch drukverschil, kinetische energie ofwel luchtbeweging en warmte. Het aandeel kinetische energie is in feite de direct nuttig aangewende energie, omdat deze te vertalen is naar de luchtopbrengst van de ventilator. De potentiële energie, het statische drukverschil, is niet direct in een ventilatiehoeveelheid uit te drukken maar wel noodzakelijk om de ventilatiehoeveelheid over de weerstanden van het ventilatiesysteem, zoals kokers, kleppen, windkappen, ventilatieplafond en dergelijke te kunnen realiseren. Voor de gangbare ventilatiesystemen kan gesteld worden: 'Zonder statisch drukverschil geen luchtverplaatsing'. Het rendement van een ventilator wordt uitgedrukt als: het afgegeven vermogen (= ventilatiehoeveelheid * statisch drukverschil) gedeeld door het opgenomen elektrische vermogen maal 100 %. De geleverde ventilatiehoeveelheid gedeeld door het opgenomen elektrische vermogen wordt wel de ventilatie efficiëntie ratio genoemd. In Nederland wordt meer met het begrip specifiek vermogen in W per 1000 m³/h luchtverplaatsing gewerkt. Zowel het rendement als de ventilatie efficiëntie ratio als het specifiek vermogen variëren afhankelijk van de voedingsspanning, de tegendruk, het toerental en diameter van de ventilator in het bereik van 5-50 %.

De nuttig aanwendbare energie kan worden verdeeld tussen een statisch drukverschil

over de ventilator en een debiet door de ventilator, dat wil zeggen een groter statisch drukverschil betekent een geringer debiet en een groter debiet betekent een geringer statisch drukverschil. Dit komt tot uitdrukking in de zogenaamde ventilatorkarakteristiek (figuur 4).

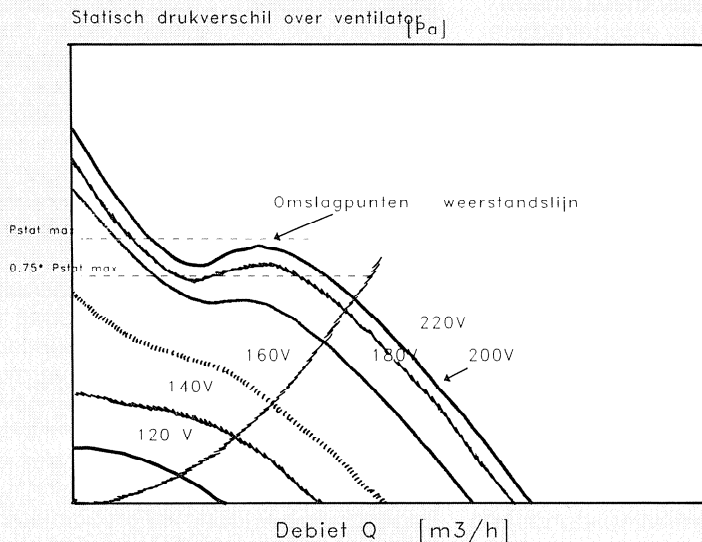
Krijgt de ventilator een geringer elektrisch vermogen aangeboden, meestal door spanningsverlaging zoals bij toerentalregeling, dan ontstaat een andere samenhang tussen de statische druk en het debiet. Het totaal afgegeven vermogen zal afnemen. Er ontstaat een nieuwe Q/P-kromme onder de lijn bij de niet verlaagde spanning, ook wel nominale spanning genoemd (in varkensstallen 220V of 380V). Het verband tussen het opgenomen vermogen en de voedingsspanning is niet lineair.

Vrijwel alle ventilatorkarakteristieken tonen een gebied, waarin de ventilator instabiel is, dat wil zeggen dat, bij een geringe statische drukvariatie, het debiet enorm kan variëren. Dit gebied dient gemedend te worden bij in ventilatiesystemen ingebouwde ventilatoren. De maximale statische druk, die een ventilator in het stabiele werkgebied kan bereiken, is gedefinieerd als de druk die minstens 3 Pa onder het omslagpunt van de ventilatorgrafiek ligt en het dichtstbij zijnde daaronder liggende veelvoud van 5 Pa is. Aan de hand

van de maximale statische druk wordt beoordeeld voor welk ventilatiesysteem een ventilator nog geschikt is.

De luchtweerstand in een ventilatiesysteem wordt bepaald door de weg die de lucht door de stal moet afleggen. Hoe meer obstakels, nauwe doorgangen en dergelijke, hoe hoger de weerstand. Om een debiet door het systeem te realiseren moet de zogenaamde tegendruk overwonnen worden. Hiervoor geldt de volgende algemene relatie: De tegendruk is evenredig met de systeemweerstand R_w en het debiet (Q) in het kwadraat. Voor een constante weerstand zijn alleen de snijpunten van de ventilatorkarakteristiek en de weerstandslijn van belang. Het systeem is namelijk alleen dan in een fysisch correcte toestand, als de tegendruk en de statische druk aan elkaar gelijk zijn. Dit is het geval indien aan de in- en uitlaatopening een gelijke atmosferische druk heerst (geen windinvloeden). Deze snijpunten worden ook wel de werkpunten van de ventilator genoemd.

Indien een ventilator niet goed tegen windinvloeden beschermd is, kan de wind de ligging van het werkpunt van de ventilator sterk beïnvloeden. De winddruk is evenredig met het kwadraat van de windsnelheid en hangt ook af van de ligging van de stal en de plaats van de inlaatopeningen. Bij volle inwerking van de wind kan de winddruk gemakkelijk



Figuur 4. Ventilatorkarakteristiek, ook wel Q/P-kromme of ventilatorgrafiek genoemd bij diverse spanningen.

Figure 4. Characterization of fan for different voltages.

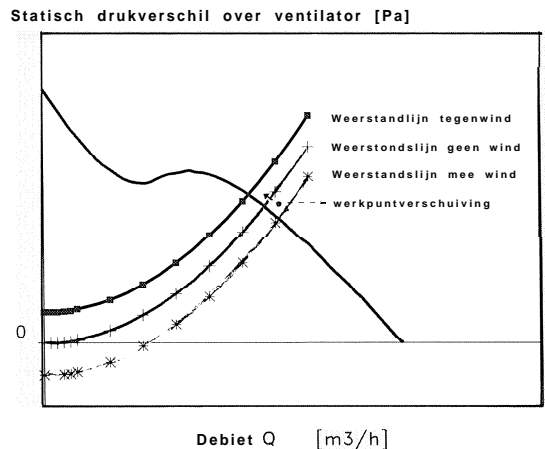
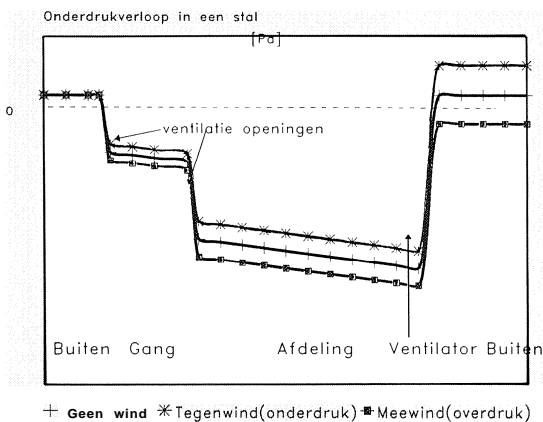
oplopen tot boven 50 Pa bij harde wind. Deze druk verlegt de weerstandslijn van het systeem vertikaal omhoog of naar beneden afhankelijk van het feit of er sprake is van 'meewind' of 'tegenwind'. Een voorbeeld wat is toegelicht in figuur 5.

Het voorbeeld in figuur 5 is een onderdrukstelsysteem. In geval van 'tegenwind' aan de uitlaatopening (overdruk) of aan de inlaatopening (onderdruk of zuiging) wordt de atmosferische druk aldaar enkele Pa verhoogd respectievelijk verlaagd. Gevolg is dat er bij een afgeschakelde ventilator een luchtstroom tegen de normale richting in optreedt. Een deel van de statische druk van de ventilator is nodig om deze natuurlijke drukval eerst op te heffen. Pas daarna gaat het systeem werken zoals gewenst. Netto betekent dit dat de ventilator in een werkpunt met een hogere statische druk en een geringer debiet terecht komt. Bij meewind zal het ventilatiedebiet toenemen, de ventilator wordt als het ware geholpen. Bij een uitgeschakelde ventilator is er al sprake van een debiet in de gewenste richting. Door gebruikmaking van goede windkappen bij in- en uitlaatopeningen, kan

de ongewenste windinvloed op het systeem zeer sterk gereduceerd worden. Het effect van tegenwind op een ventilator, ingebouwd in de stalomgeving, kan worden uitgedrukt in een procentuele capaciteitsafname. Op de ventilatortest opstelling op het IMAG-DLO in Wageningen kan de invloed van tegenwind op de ventilator getest worden. Indien de capaciteitsafname kleiner is dan 6% bij een windsnelheid van 7 m/s op 2 m afstand voor de ventilator, dan wordt de ventilator als weinig windgevoelig geklassificeerd.

Het debiet van een ventilatiesysteem is op drie principieel verschillende manieren te regelen:

1. aan-/uitschakelen van ventilatoren
2. regelen van het toerental van de ventilator via regeling van de hoogte of frequentie van de spanning op basis van toerentalterugmelding of een signaal van de meetventilator of regeling direct op de voedingsspanning
3. verhogen van de luchtweerstand in het ventilatiesysteem, door het verstellen van de luchtinlaten. Dit wordt ook wel smoren genoemd.

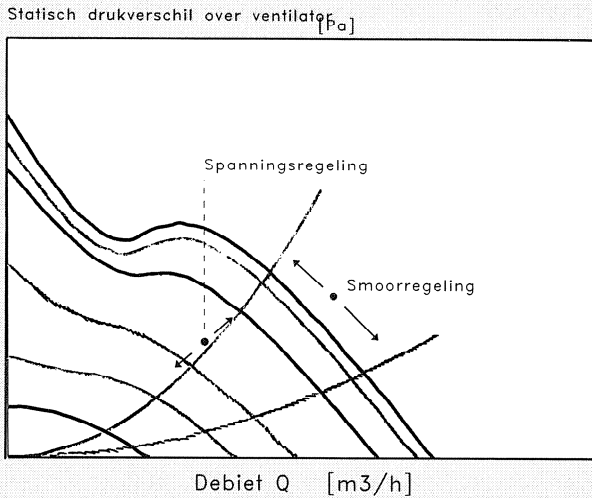


Figuur 5. Een voorbeeld van het effect van wind op de drukdistributie in de stal en op het werkpunt van de ventilator.
Figure 5. An example of the wind effect on pressure distribution in the pighouse and performance of fan.

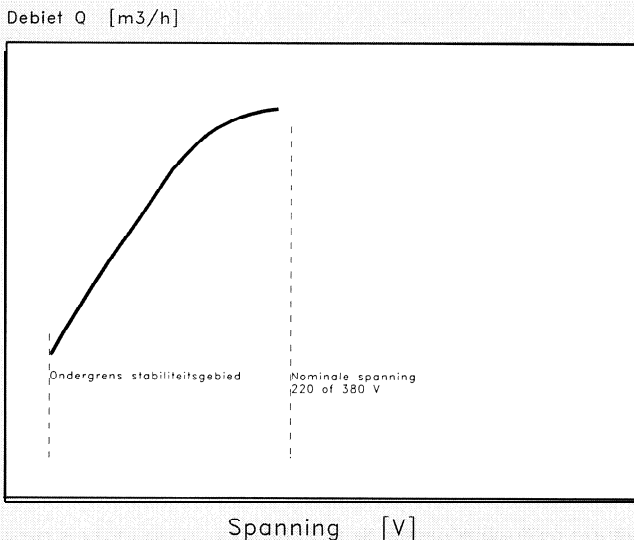
Diverse combinaties van bovengenoemde regelmethodeken zijn mogelijk. Zo worden de 2e en 3e regeloctie vaak gecombineerd om het debiet en de snelheid van de lucht in de inlaatopeningen beide in de hand te houden. Meestal vindt de regeling in een afzonderlijke regelkast plaats. Bij methode 2 is het ook mogelijk de feed-back van de toerentegrugmelding of de meetventilator reeds in de ventilatorbehuizing onder te brengen. In een aantal gevallen biedt dit het voordeel dat meer ventilatoren door de regelkast kunnen

worden gestuurd en er op de bekabeling bespaard kan worden.

Bij regeling volgens methode 1 wordt het debiet van die ventilator in het relevante werkpunt toegevoegd of weggenomen. Bij regeling volgens methode 2 kan stapsgewijs of continu, bij continue spanningsregeling, langs de weerstandslijn een werkpunt worden gevonden, terwijl bij methode 3 door wijziging van de systeemweerstand het werkpunt op de ventilatorgrafiek wordt verlegd (zie figuur 6).



Figuur 6. Spanningsregeling en smoorregering, twee verschillende benaderingswijzen.
 Figure 6. Voltage- and resistance control, two different ways to control fans.



Figuur 7. Een voorbeeld van een regelgrafiek volgens spanningsregeling.
 Figure 7. An example of performance characteristic of a fan with voltage control.

Voor de bepaling van de regelbaarheid van de capaciteit door spanningsverandering, moet de ventilatorgrafiek voor het betrokken ventilatortype en de weerstandslijn van het betrokken stalsysteem bekend zijn. De regelgrafiek, waarin de capaciteit in m^3 per uur is uitgezet tegen de spanning, kan worden samengesteld uit de snijpunten van de weerstandslijn met de ventilator karakteristieken voor de diverse spanningen. De regelgrafiek begint bij de nominale spanning en een statische druk van $0,75 \cdot P_{\text{stat,max}}$ en eindigt bij die spanning, waarbij de ventilatorgrafiek net niet voldoende stabiel meer is. Dat wil zeggen dat de capaciteitsafname per 10 Pa drukverhoging niet meer dan 20% mag bedragen. Figuur 7 geeft een voorbeeld van een regelgrafiek.

Toepassing van een toerentalregeling heeft als voordeel, dat er een lineair verband bestaat tussen toerental en debiet zolang de omstandigheden, klepstanden en dergelijke, niet wijzigen en er geen windinvloed is. Bij gebruikmaking van een meetventilator kunnen invloeden door wisselende omstandigheden beter genivelleerd worden. Bij gebruik van een meetventilator kan de regelactie zowel uitgaan naar de kleppen (smoorregeling) als naar de ventilator. Zolang het werkpunt binnen de ventilator karakteristieken gerealiseerd kan worden, zal het gewenste debiet gehandhaafd kunnen worden.

Wordt de capaciteit bij gegeven (nominale) spanning geregeld door smoren, dat wil zeggen door verandering van de weerstandslijn, dan wordt de regelgrafiek gegeven door het stabiele deel van de ventilatorgrafiek voor die spanning. Ook hier wordt de stabiliteit begrensd door de bovengenoemde stabiliteitsgrenzen.

In veel klimaatcomputers wordt een ventilatieniveau gegeven uitgedrukt in procenten. 100% betekent maximale capaciteit. De minimale ventilatie is veelal te programmeren in procenten van de maximale capaciteit. Nadeel van deze methode is dat nauwkeurig gedefinieerd moet worden hoe de maximale capaciteit precies gedefinieerd dan wel bepaald is. Is dat bijvoorbeeld de nominale spanning met alle ventilatiekleppen van de betrokken stal open of betreft het een maximale capaciteit onder geconditioneerde omstandigheden. Zo dient ook van de relatie-

ve schaal bekend te zijn hoe deze in absolute hoeveelheden kan worden omgezet. Betreft de relatieve schaal de ventilatiehoeveelheid, het toerental van een meetventilator of de stuurspanning? Zonder nadere informatie is de relatieve schaal van de ventilatiecapaciteit niet juist te interpreteren. Aanbevolen wordt daarom geheel van deze benaderingswijze af te stappen. Een voorlopige tussenoplossing kan zijn een exacte definitie van, in de klimaatcomputer gebruikte, relatieve schalen in de handleiding van de computer te voegen, zodat de instellingen beter interpreteerbaar worden bij de klimaatsbeoordeling.

Regeling van ventilatiesystemen.

In een modern compleet regelsysteem voor verwarming en ventilatie wordt veelal uitgegaan van een streefwaarde verwarming, een neutrale zone in de regeling, een begintemperatuur ventilatie en een P-band, waarin het ventilatiedebiet van minimum ventilatie naar maximale capaciteit continu en lineair of stapsgewijs wordt opgevoerd. De kwantitatieve instellingen worden aan de varkenshouder overgelaten. Deze laatste doet er goed aan deze instelling af te stemmen op de comfortzone van de in de stal aanwezige dieren. De streefwaarde verwarming is een setpoint temperatuur voor verwarming. Het is goed deze 1 à 2 graden boven de onderste kritieke temperatuur van de aanwezige varkens te kiezen (van 't Klooster et. al, 1989). Als de eigen warmteproductie van de dieren een hogere binnenlucht temperatuur tot gevolg heeft dan kan dat vooralsnog geen kwaad. Het regelsysteem bevindt zich in de neutrale band. In dat gebied is de verwarming uitgeschakeld en de ventilatie nog minimaal. Deze neutrale zone in de klimaatregeling dient tenminste enkele graden Celsius breed te zijn om samenwerking tussen de ventilatieregeling en de verwarmingsregeling te voorkomen. De bovenzijde van de neutrale zone, dat is de begintemperatuur ventilatie, dient binnen de comfortzone van de dieren te liggen. In het traject begintemperatuur ventilatie tot enkele graden daarboven wordt de ventilatie dan proportioneel opgevoerd van minimum ventilatie naar de maximale ventilatiecapaciteit. Dit laatste traject wordt de P-band genoemd.

7.2.2 Sensoren voor continu meting

Bij regeling van de ventilator door zowel toerentalterugmelding als bij een meetventilator is een voeler nodig om het toerental van het waaierblad vast te stellen. Hiervoor kunnen verschillende principes worden gebruikt:

- **Electrisch oog met zichtbaar of infrarood licht.**
Aan het huis wordt een lampje aangebracht, aan de andere zijde van de ruimte waar het waaierblad passeert een fotodiode. Als een blad van de waaier de lichtstraal passeert, wordt door de diode een puls afgegeven. Die puls kan in een teller geregistreerd worden. Deze teller kan worden omgezet in een analoog signaal of het kan als digitaal signaal naar de klimaatregelaar, datalogger of PC worden verstuurd. Het aantal bladen wordt dus geteld. Dit moet worden teruggerekend tot het aantal omwentelingen van het waaierblad. Dit principe is gevoelig voor vervuiling van de diode en/of het lampje.
- **Ultrasone sensor**
Bij deze meetmethode wordt een ultrasoon signaal afgegeven aan één zijde van het waaierblad. De tijd wordt gemeten van terugkeer van het signaal na reflectie. Deze methode is in ontwikkeling, maar nog niet mogelijk voor praktijkmetingen.
- **Inductieve of capacitieve sensor**
Bij dit meetprincipe wordt een 'benaderings-schakelaar' gebruikt. Deze schakelaar werkt op basis van inductieve werking van een spoel, waarop een kleine spanning staat. De schakelaar wordt beïnvloed door benadering van een object zoals een waaierblad. Er worden hierbij pulsen afgegeven, die eventueel met een F/V-converter tot een analoog signaal omgezet kunnen worden.
- **Microswitch (mechanisch)**
Bij deze meting worden één of enkele excentriek(en) op de as van het waaierblad geplaatst, die bij passage de microswitch schakelt. De microswitch geeft pulsen af, die geteld worden of omgevormd worden naar een analoog signaal. Dit systeem is gevoelig voor slijtage.
- **Reed-relais (electromagnetisch)**
Op de as van het waaierblad wordt een

magneetje bevestigd. Bij elke omwenteling van de as wordt het reed-relais bekrachtigd door het magneetje, waardoor er een puls ontstaat, die gemeten wordt. Als één magneetje is gemonteerd, dan wordt het toerental van de as gemeten.

Behalve de meting van het toerental is het voor nauwkeurige metingen van de ventilatiehoeveelheid ook wenselijk om drukverschillen te meten. Hiervoor worden principes toegepast die bij het hoofdstuk over luchtsnelheid reeds beschreven zijn.

7.2.3 Toerentalterugmelding

Als van de ventilator, vanuit een hierboven genoemde sensor, een toerentalterugmelding naar de regelaar gaat op basis waarvan de stuurspanning kan worden bijgesteld, kan deze toerentalterugmelding worden gezien als een regeling om het toerental van de ventilator constant te houden. Dit is daarmee geen meting om de ventilatiehoeveelheid te regelen. Omdat de tegendruk veel invloed heeft op de relatie toerental en luchtverplaatsing, kan op deze wijze de luchtverplaatsing niet nauwkeurig worden gemeten als de tegendruk niet bekend is. De onnauwkeurigheid van de meting kan onder ongunstige omstandigheden tot 100% oplopen, maar onder optimale omstandigheden, dat wil zeggen, minder dan 10 Pa variatie in tegendruk, circa 15%. Als windrichting en windsnelheid sterk schommelen zijn met dit systeem daarom meestal geen goede metingen mogelijk. In de praktijk wordt toerentalterugmelding nog veelvuldig gebruikt, omdat de kosten lager zijn dan die van een meetventilator, terwijl een terugkoppeling van het toerental van de ventilator toch een betere regeling van de ventilator geeft dan helemaal geen terugkoppeling.

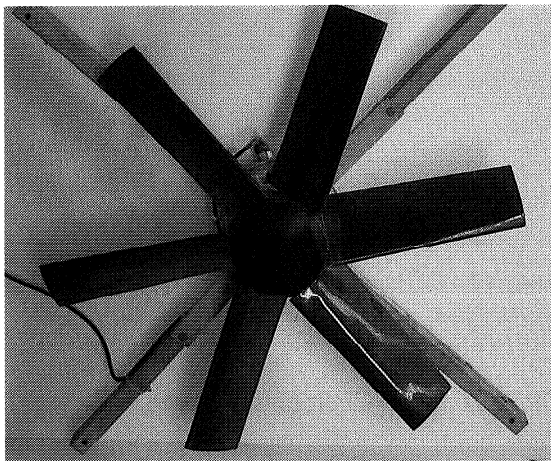
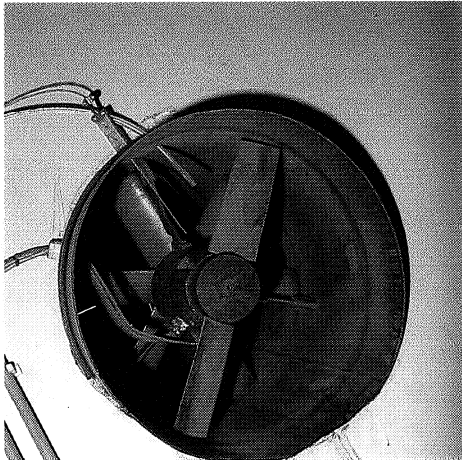
7.2.4 Meetventilator

Een andere mogelijkheid is een "meetventilator" te gebruiken. Deze waaier wordt alleen aangedreven door de luchtstroom in de ventilatiekoker en is niet gekoppeld aan de motor voor de ventilator. De meetventilator wordt in varkensstallen meestal gebruikt in ventilatiekokers met een diameter tussen 30 en 63 cm. Een ventilatiekoker moet bij voorkeur lang zijn, maar is in de praktijk meestal kort, bijvoorbeeld 1 m. De lengte/diameter verhouding is dan bijvoorbeeld 3:1 of 2:1. Er kan derhalve niet voldaan worden aan voorschrift-

ten van bijvoorbeeld DIN-normen of ASHRAE-normen, waarin vrije aanstroming door de koker over minstens 5 maal de kokerdiameter wordt vereist.

De meetventilator kan het beste onder de ventilator worden gemonteerd. Montage van de meetventilator boven de ventilator zou vervanging van de ventilator in geval van storing eenvoudig maken. Nadeel daarvan is dat het drukverschil tussen ventilator en uitstroomrand meer fluctueert dan het drukverschil tussen instroomrand en ventilator. Een ander nadeel van meting boven de ventilator is dat de luchtkolom door de ventilator ook een roterende component kan krijgen. Deze roterende component, die de meetventilator niet goed kan meten, is na de ventilator groter dan ervoor.

Er moet een instroomrand met een straal van minstens 4 cm worden toegepast. Een



enkele typen meetventilatoren

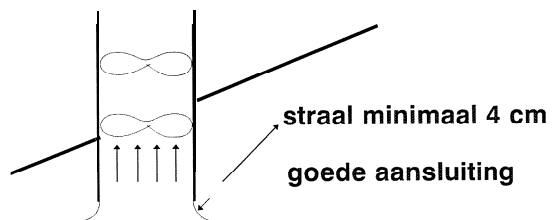
instroomrand vermindert de wervelingen bij intrede. Gevolg is dat de luchtverplaatsing energetisch efficiënter verloopt en dat de lucht een betere aanstroming naar de meetventilator vertoont als de meetventilator onder de ventilator is gemonteerd.

De maximaal toegestane tipspeling is 5% van de kokerdiameter. De meetventilator mag nooit aanlopen. Voor een meetventilator is de tipspeling minder belangrijk dan voor een ventilator.

Als eenheid voor debiet bij meting met een meetventilator wordt de eenheid m^3/h of m^3/s aanbevolen. Wordt het debiet slechts uitgedrukt als percentage van de maximale lucht-opbrengst, dan is dit alleen bruikbaar als de maximale lucht-opbrengst van de ventilator in de ventilatiekoker is bepaald.

Het aantal bladen van een meetventilator bedraagt, afhankelijk van de fabrikant, 2 tot 6. Een meetventilator geeft minder weerstand als er minder bladen zijn. De lucht-opbrengst van de ventilator daalt dus het minst bij 2-bladige meetventilatoren. De bladvorm is merkafhankelijk.

Voor een meetventilator geldt dat bij een bepaalde druk en toerental, een bepaalde volumestroom behoort. De relatie toerental - volumestroom is dus drukafhankelijk. Uit metingen in windtunnels blijkt dat de invloed van de statische druk echter erg klein is bij

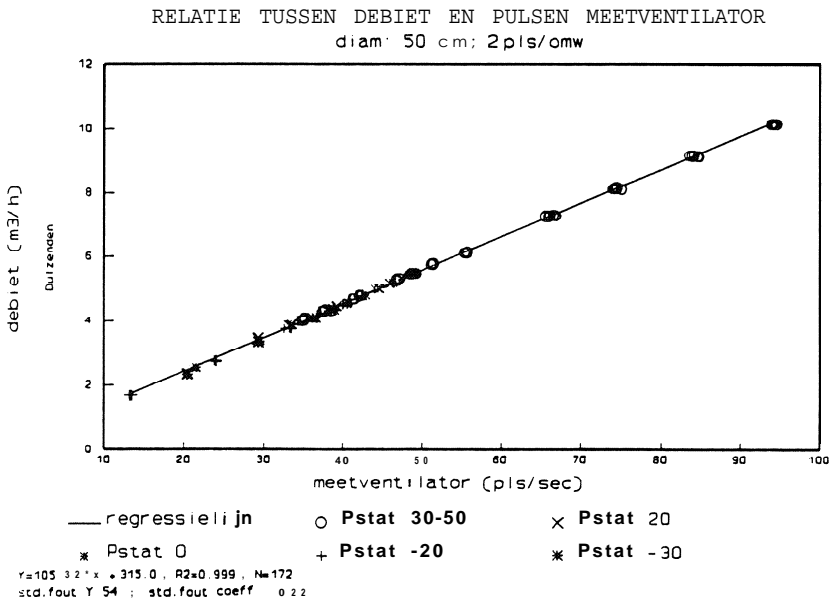


Figuur 8. Een instroomring verlaagt niet alleen de energiekosten, maar verbetert ook de meting.

Figure 8. A curved entrance not only reduces energy costs, but also improves the measurement in the ventilation shaft.

een aantal moderne meetventilatoren. Uiteraard heeft de windinvloed wel invloed op de luchtopbrengst van de ventilator maar dus weinig invloed op de meting van de luchtopbrengst. Afhankelijk van het type meetventilator en de plaatsing in de koker kan de onnauwkeurigheid tot 5 % van de capaciteit van de ventilator bedragen. Dit mag bij maximale capaciteit acceptabel lijken, maar een dergelijke absolute meetfout geeft bij een ventilatiedebiet van 25 % van de maximale capaciteit een meetonnauwkeurigheid van 20 % van het debiet. Gelukkig zijn er ook meetventilatoren die in windtunnels ook bij minimum ventilatie een meetonnauwkeurigheid van 5% van het debiet geven. Metingen aan (meet)ventilatoren worden in windtunnels verricht, waar de aangelegde drukverschillen heel stabiel zijn. In de praktijk zijn deze drukverschillen door windinvloeden niet stabiel. Een ventilator en een meetventilator lopen daardoor zelden op een constant toerental, maar zijn vaak aan het afremmen of aan het versnellen. Over deze effecten, de dynamische effecten, is nog weinig bekend.

In figuur 9 staan gegevens over een meetventilator, Om nauwkeurig met een meetventilator de ventilatiehoeveelheid vast te stellen is het mogelijk de opstelling van complete ventilatiekoker met meetventilator en ventilator in een windtunnel te plaatsen (zie bijvoorbeeld IMAG, 1982). Voor onderzoeksdoeleinden is dit ten zeerste aanbevolen. Voor praktijkmetingen zal het veelal voldoende zijn om de gegevens van de fabrikant te gebruiken. Een andere bruikbare kalibratietechniek voor meetventilatoren is de stal door te meten met een tracergasmethode. Een voordeel van deze techniek is dat onder de plaatselijke omstandigheden wordt gemeten. Deze techniek wordt nog weinig toegepast.



Figuur 9. De relatie uitgangssignaal en door windtunnel gemeten luchtopbrengst van een meetventilator.

Figure 9. Relationship between signal and airflow for an airflowmeter as measured in a wind-tunnel.

8. MEETSTRATEGIE STRATEGY FOR MEASUREMENTS

De luchtverdeling in een stal wordt onder andere bepaald door het inlaatsysteem. Het inlaatsysteem moet er op gericht zijn om, naast een goede luchtverdeling, de lucht met een lage snelheid en een voldoende temperatuur bij de dieren te krijgen. Het is belangrijk de luchtverdeling te kennen van een stal, zodat men kan meten op die plaatsen waar men minimum en maximum waarden mag verwachten. De meest gebruikte techniek om de luchtverdeling in stallen vast te stellen is het doen van rookproeven.

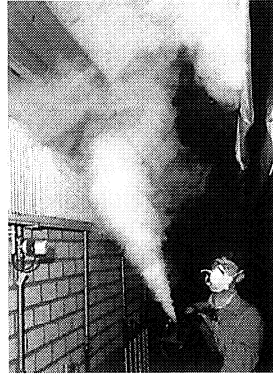
8.1 Rookproeven

Het luchtbewegingspatroon kan in de praktijk zichtbaar worden met rook. Dit zichtbaar maken van de luchtbeweging geeft een duidelijk beeld en is voor de varkenshouder ook heel sprekend. Voordat tot andere metingen wordt overgegaan, is het daarom zeer wenselijk eerst een rookproef uit te voeren.

Het is belangrijk hoe en waar de rook een stal binnengebracht wordt en hoe de luchtbeweging beoordeeld wordt. Er zijn verschillende factoren die van invloed zijn op de luchtbeweging in een stal. Door thermiek ten gevolge van warmteproductie van varkens, vloerverwarming of andere verwarmingsbronnen ontstaat een stijgende luchtbeweging. Op plaatsen waar weinig warmteproductie is of waar veel koude lucht wordt ingelaten valt de lucht en kunnen hoge luchtsnelheden optreden. Zo kan bijvoorbeeld het leeg laten liggen van één hok in een afdeling funest zijn voor de luchtverdeling. Bij niet geïsoleerde ramen of muren treedt vaak luchtval op. Bij het nemen van rookproeven moet men zich ook altijd goed realiseren bij welke inlaattemperatuur, welk ventilatieniveau en welke hokbezetting men werkt. Als een van deze factoren zich wijzigt kan ten gevolge daarvan het ventilatiepatroon veranderen.

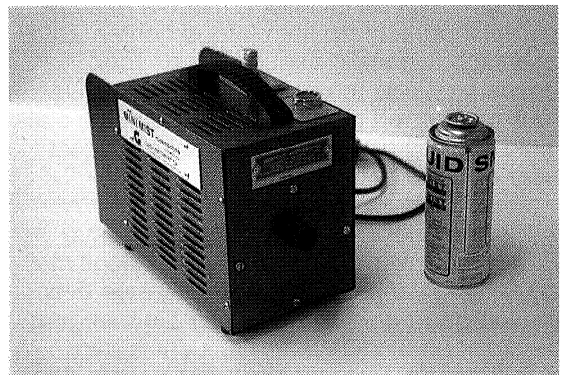
Rookproeven zijn ook uitermate geschikt om de afdichting van een stal te testen (leklucht). Stallen moeten, behalve in de ventilatieopeningen, volledig dicht zijn. Een andere belangrijke toepassing van rookproeven is het in kwalitatief opzicht beoordelen van de effectiviteit van de ventilatie. Is menging van verse lucht met de aanwezige stallucht niet optimaal, dan bestaat het risico dat verse buitenlucht (deels)

door de ventilator direct wordt afgevoerd. In een dergelijke situatie kan de ventilatiecapaciteit voldoende lijken terwijl toch te hoge staltemperaturen worden gemeten. Rookproeven nemen in lege stallen is zinloos, tenzij ze bedoeld zijn om lekken op te sporen.



rookproef

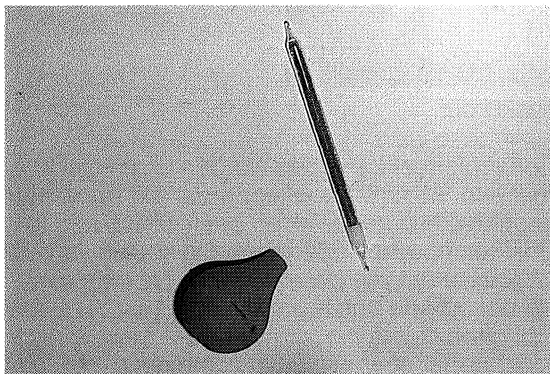
Een rookproef kan goed worden uitgevoerd met een "Minimist" rookapparaat. Dit apparaat is gebruikersvriendelijk en geeft eenvoudig te doseren hoeveelheden rook. De kosten van dit rookapparaat zijn circa f 1500,-. De prijs van de benodigde bus is ongeveer f 18,-. Het gebruik van mogelijke andere rook, zoals rookpoeder of ammonia in combinatie met zoutzuur, moet worden ontraden in verband met aanwezige gevaren voor de gezondheid van de gebruiker. Imkerpotten zijn, hoewel goedkoop in gebruik, minder gebruikersvriendelijk, terwijl ook vonken vrij kunnen komen wat een brandrisico geeft. De wijze van inlaat van rook is afhankelijk van het ventilatiesysteem.



rookapparaat

Als op een bepaalde plaats in een stal de richting en grootte van de luchtbeweging moet worden vastgesteld, is een groot rookapparaat soms niet praktisch. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het vaststellen van de luchtbeweging rond dieren. In die situaties kunnen zogenaamde rookbuisjes worden ingezet. Deze buisjes geven, nadat de punten van de buisjes gebroken zijn, en als men in een luchtbalg knijpt, een kleine hoeveelheid rook af. Deze buisjes worden gebruikt bij detailwaarnemingen van de luchtbeweging, zoals rond het dier, bij luchtstromen in de roosterspleten, etc.

Bij zowel rookapparaten als bij rookbuisjes wordt de lucht opgewarmd. Warme lucht heeft de neiging op te stijgen. Voorzichtigheid blijft geboden bij het vaststellen van de richting van de luchtbeweging.



rookbuisje met balg

8.1.1 Rook doseren bij klepventilatie.

Bij een klepventilatiesysteem zal men vanaf de centrale gang rook in de afdeling moeten brengen. Het is ook mogelijk om in de afdeling zelf rook te doseren. Dan moet men de rook direct bij de inlaatklep met het rookapparaat loodrecht op het plafond richten. Dit is praktisch, wanneer degene die de rook doseert, ook de rook moet waarnemen. De rook moet goed mengen met aanwezige stal-lucht en mag niet met grote snelheid direct naar de vloer afzakken.

8.1.2 Rook doseren bij voergangventilatie

Bij voergangventilatie mag de rook nooit met de richting van de luchtbeweging mee over de voergang geblazen worden. De menging van rook en binnenkomende lucht is dan onvoldoende. Het rookapparaat moet in deze situatie loodrecht op de luchtbeweging in de

inlaatopening geplaatst worden. De rook moet op de voergang mengen met reeds aanwezige lucht en moet terug te zien zijn boven alle hokken.

8.1.3 Rook doseren bij plafondventilatie

Bij een plafondventilatiesysteem zal er altijd rook in de bufferruimte boven het ventilatieplafond geblazen moeten worden om nauwkeurig het luchtbewegingspatroon in de afdeling te kunnen zien.

Bij minimumventilatie zal het echter erg moeilijk zijn om rook in de afdeling te krijgen. Dit is met name het geval bij een mineraalwol plafond. Bij plastic folies en gootjesplafonds is dit probleem kleiner. De richting van de luchtstromen kan in deze situatie met rookbuisjes onder het plafond worden vastgesteld. Er hoort een egale verdeling van de rook op te treden.

8.1.4 Controle op leklucht en klimaatregeling

In het algemeen wil men dat de lucht onder de roosters zich niet mengt met lucht boven de roosters. Als dit onbedoeld wel optreedt, dan spreekt men van putventilatie. Zo kunnen extra ammoniak en andere verontreinigingen vanuit de mestkelder in de door mens en dier in te ademen lucht komen. Putventilatie kan bijvoorbeeld met een rookproef zichtbaar gemaakt worden.

Er moet rook geblazen worden op die plaats waar lucht de kelder in gaat. Om een duidelijk zichtbaar beeld te verkrijgen is veel rook gewenst.

Mogelijke oorzaken van putventilatie zijn:

- Klepventilatie: Onvoldoende menging van binnenkomende lucht met stallucht. Bij een groot temperatuurverschil kan dit leiden tot het snel door de roosters vallen van de koude binnenkomende lucht. Bij veel ventilatie kan de snelheid en massa van de binnenkomende lucht zo groot zijn, dat de binnenkomende lucht door de hele afdeling stroomt en op het eind van de afdeling nog zoveel snelheid heeft dat deze daar door de roosters dringt.
- Voergangventilatie: De lucht kan met grote snelheid binnenkomen gaat te snel naar achter in de afdeling en komt voor een deel door de mestkelder terug.
- Plafondventilatie: Met name bij geperforeerde folies wordt regelmatig geconstateerd dat teveel koude, verse lucht te snel naar de dieren zakt, vooral naar de roostervloer.

- Lekken in het putdeksel.
- Schrobgaten in de vloer van de centrale gang.
- Niet gesloten voegen in de kelderwanden
Dit is aan te tonen door in een afdeling maximaal te ventileren en in een naastgelegen afdeling bij minimum ventilatie rook in de kelder te brengen.

Lekken in de dakisolatie zijn zichtbaar te maken door rook tussen de dak- en de isolatieplaten te brengen. Ook hierbij is veel rook nodig.

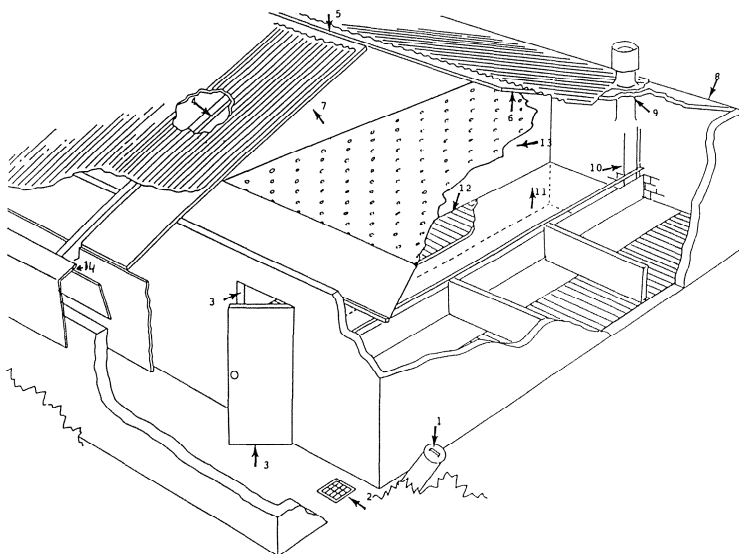
Mogelijke plaatsen voor leklucht:

1. Mestkelderdeksel
2. Schrobutje in de centrale gang
3. Rondom de afdelingsdeur
4. Tussen isolatie en binnenwanden
5. Tussen isolatieplaten in de nok
6. Tussen isolatieplaten onderling
7. Gaten in plafond (bijvoorbeeld veroorzaakt door muizen)
8. Tussen isolatieplaten en buitenwanden
9. Rondom de ventilatiekoker
10. Langs de spanten
11. Afdelingen onderling via de put
12. Tussen de roosters onder de wand
13. Afdelingen onderling en tussen afdeling en centrale gang (o.a. open voegen, gaten voor vijzel of verwarming)
14. Afsluitbaarheid van de winterventilatieklep

Regelmatig dient in een stal een aantal andere punten ook gecontroleerd te worden. Ook voordat met een incidentele meting van een stal wordt begonnen dienen deze punten nagelopen te worden. De luchtinlaat van buiten naar de centrale gang kan verstopt raken als holle bouwstenen worden toegepast of als vogelgaas wordt gebruikt. Voorfilters bij mineraalwolplafonds kunnen verstopt raken. De klep voor winterventilatie kan minder goed gaan sluiten, De luchtinlaat naar de afdeling kan verminderen door toename van de weerstand van mineraalwolplafonds als deze meer stof gaan bevatten. Ook regelbare plafonddinlaatsystemen kunnen verkeerd afgesteld staan. Wat betreft luchtafvoer is het nodig te controleren of de ventilatiekoker nog schoon is. Bij onderafzuiging moeten de aanzuigopeningen nog steeds schoon zijn. De regelkasten moeten goed ingesteld zijn, dat wil zeggen, de temperatuur, de ventilatiehoeveelheden, de bandbreedtes, de alarmering en het schakelen van de verwarming kan gecontroleerd worden. De verwarmingsketel dient ook regelmatig te worden gereinigd. In bijlage IV is een lijst gegeven die gebruikt kan worden bij periodieke controle van de klimaatregeling in een stal.

8.2 Plaats en tijdstip van een meting

Omdat het om klimaatmetingen voor de dieren gaat zal er bij voorkeur op dierhoogte



Figuur 10. Mogelijke plaatsen voor leklucht.
Figure 10. Possible places for air leakage.

moeten worden gemeten. Nadere plaatsbepaling is pas mogelijk nadat het luchtbewegingspatroon in de stal bekend is bij de dierbezetting op het moment van meten. De reeds genoemde rookproeven zijn daarbij het meest gebruikte hulpmiddel. Ook analyse van de geometrie en konstruktie van de stal, waarbij naar plaatsen van ventilatieopeningen, verwarming en dergelijke wordt gekeken, kan, met de nodige voorzichtigheid, worden gebruikt om representatieve en kritieke meetpunten te vinden. Het is derhalve niet zonder meer mogelijk één enkel punt in de stal aan te wijzen, dat als representatief voor de hele stal kan gelden.

8.2.1 Temperatuur en luchtvochtigheid

In de praktijk hangen temperatuurvoelers vaak niet op dierhoogte. Als de voelers hoger hangen dan op dierhoogte kan men op deze wijze dus een niet correcte temperatuur meten. De fout die hiermee gemaakt wordt kan worden voorkomen door de voeler te verplaatsen naar dierhoogte en deze te beschermen. Als dit niet mogelijk is, dan kan de fout die gemaakt wordt door op de verkeerde plaats te meten worden verkleind door handmatig te controleren hoe groot de verschillen zijn tussen meetplaats en dierplaats. Het verschil zal niet constant zijn. Men moet dus in diverse situaties meten. Het maximaal gevonden verschil is dan belangrijk om te weten. Dit verschil moet worden opgenomen in de regeling van de verwarming en ventilatie, zodat de temperatuur altijd voldoende hoog is op de dierplaats. In stallen met roostervloer is het zinvol de temperatuur van de lucht vlak onder de roosters periodiek te meten. Deze lucht wordt soms door convectiestromen naar de dieren gevoerd en is dan de luchttemperatuur zoals de varkens dat ervaren. Als men de temperatuur niet goed kan of wil meten, zal men echter ook de consequenties daarvan moeten accepteren. Het stal klimaat wordt dan niet optimaal geregeld.

Temperatuurvoelers moeten niet te dicht bij een wand of achter obstakels in de luchtstroom worden gehangen. Het gevaar bestaat dat langs muren luchtstromen lopen, die (onder bepaalde omstandigheden) niet representatief zijn voor de rest van het hok. Door middel van rookproeven moeten deze luchtstromen worden opgespoord en zo mogelijk worden verholpen. In het algemeen is een afstand van minimaal 0,5 meter tussen

voeler en een wand aan te bevelen. Temperatuurvoelers en luchtvochtigheidsvoelers kunnen worden afgeschermd. Om meetfouten te voorkomen is het zelfs noodzakelijk deze voelers van een dubbele afscherming te voorzien, ter voorkoming van stralingsinvloeden.

Een echte puntmeting kan zinvol zijn als een rookproef bij individueel gehuisveste dieren een slechte plaats heeft aangetoond. Als dieren in groepen zijn gehuisvest, dan hebben dieren enige mogelijkheden om extreem slechte plaatsen te mijden. Toch doen varkens dit niet altijd omdat op een plek met een wat beter klimaat bijvoorbeeld de vloer een stuk minder comfortabel kan zijn. Bij een echte puntmeting moet men denken aan een plaats die precies kan worden aangegeven. Het meten van een dergelijk punt kan alleen plaatsvinden met een ongeventileerde voeler. Zodra rond een voeler veel luchtuitwisseling is, zal een gemeten temperatuur altijd de gemiddelde temperatuur van een hoeveelheid lucht rond dat punt zijn. De drogeboltemperatuur van een Assmannpsychrometer is de gemiddelde temperatuur van een vaag gedefinieerd, aanzienlijk volume lucht. Dit laatste kan ook een voordeel zijn, bijvoorbeeld als men niet op een bepaald punt wil meten maar een gemiddelde waarde voor de omgeving van een punt.

8.2.2 Luchtsnelheid

Meting op dierhoogte wil zeggen dat zowel de voeler als de toevoerkabels beschermd moeten zijn tegen vreetneigingen van de dieren, of dat deze buiten het bereik van de dieren moeten liggen. De luchtsnelheid wordt incidenteel gemeten. Als men het klimaat bij de dieren wil meten kan men meestal volstaan met het meten van de luchtsnelheid in drie hokken boven de ligruimte. De drie hokken zijn, gezien vanaf de centrale gang, een eerste hok, een middenhok en een laatste hok in een afdeling. Als een rookproef een grote rookstroom laat zien op een bepaalde plaats, dan dient de luchtsnelheid op die plaats ook bepaald te worden. Bij voorkeur wordt de luchtsnelheid gemeten op hoogte van liggende dieren boven de vloer. Ook wat betreft hoogte geldt, dat als een rookproef wijst op een koude luchtstroom, die als het ware over de vloer glijdt, de luchtsnelheid (en de temperatuur) van die luchtstroom gemeten dient te worden. Als rookproeven wijzen op

putventilatie, dan kan de luchtsnelheid, op plaatsen waar rook de mestkelder in- of uitgaat, ook gemeten worden. Op gedeeltelijk roostervloeren kan de luchtsnelheid boven de roosters ook in het voorste en achterste hok worden vastgesteld. In een stal met een ideaal klimaat zijn de luchtsnelheid respectievelijk luchttemperatuur boven de roosters iets hoger respectievelijk lager dan boven de dichte vloer.

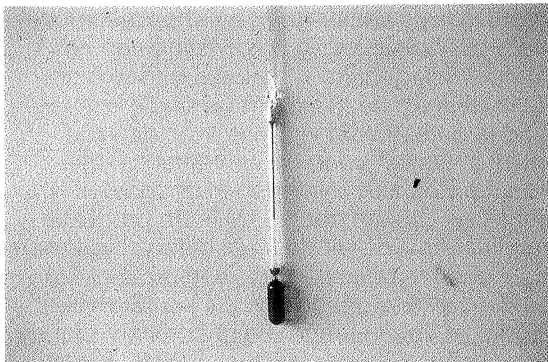
8.2.3 Katawaarde

De afkoelende werking van een luchtstroom wordt bepaald door de combinatie van luchttemperatuur en luchtsnelheid. Deze twee grootheden dienen op precies dezelfde plaats gemeten te worden. Hierboven is genoemd waar het zinvol is om deze twee grootheden te meten. Als dit op de juiste wijze is gebeurd, kan men met behulp van tabellen de afkoelende werking van deze luchtstroom vaststellen (Crauwels, Lommerse & Tielen, 1991). Deze afkoelende werking wordt ook wel katawaarde genoemd. Katawaarde is afgeleid van het griekse woord kata, wat dalend betekent. De afkoelende werking kan ook met een zogenaamde "kathermometer" gemeten worden, maar dit instrument is erg kwetsbaar en de bepaling omslachtig (Dufton, 1934). Vandaar dat tegenwoordig de voorkeur wordt gegeven aan meting van luchttemperatuur en luchtsnelheid. Deze twee grootheden zijn echter slechts onderdelen van het thermisch comfort van varkens.

Ontwikkeling van een nieuw meetinstrument voor het meten van thermisch comfort van varkens, dat goed het thermisch comfort meet, eenvoudig in gebruik is, en aangesloten kan worden op dataloggers zou het meten van het thermisch comfort van varkens sterk kunnen verbeteren. Mogelijk dat in de praktijk al wat ervaring kan worden opgedaan met soortgelijke instrumenten voor de bepaling van onder andere arbeidsomstandigheden, de zogenaamde behaaglijkheidsmeters, die voor mensen in gebruik zijn.

8.2.4 Luchtsamenstelling

Met gasdetectiebuisjes wordt de bepaling van bijvoorbeeld het ammoniakgehalte meestal uitgevoerd door een aantal luchtmonsters van 100 cm^3 door het buisje te leiden. Afhankelijk van type buisje kan het aantal monsters variëren. De aanbevelingen van de leverancier moeten strikt in acht worden



ka ta thermometer

genomen. Als het doel van de meting is om

de ammoniakconcentratie in de hele afdeling vast te stellen, kan men in de stal in maximaal zoveel hokken meten als het aantal monsters dat door de buisje gaat. Men meet dan in dezelfde afdeling boven de ligplaats van de dieren meten op bij voorkeur de neushoogte van de varkens. Indien men hierbij teveel door de dieren gehinderd wordt, kan iets hoger worden gemeten.

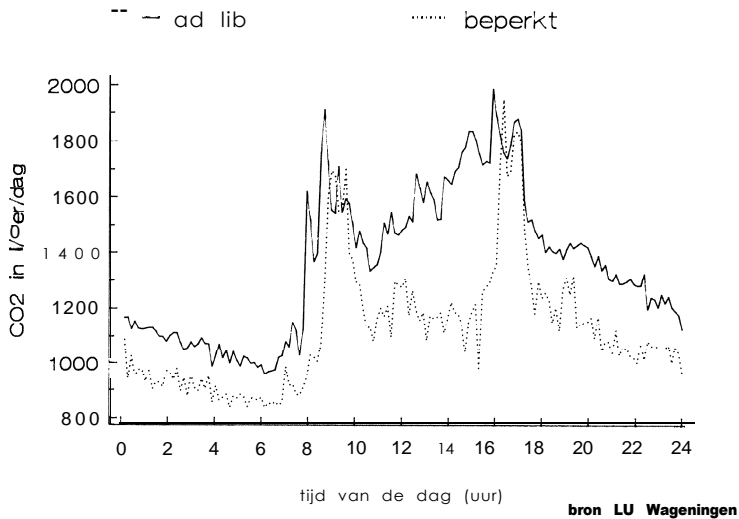
Als de aanleiding van de meting is om van putventilatie verdachte stallen te meten, dan verdient het juist aanbeveling alle luchtmonsters op dezelfde plaats in de afdeling te meten. Dit dient de plaats te zijn waar met rookproeven is geconstateerd dat een luchtstroom uit de mestput opstijgt of waar hokken erg bevuild zijn. Op die plaatsen is veel ammoniak te verwachten en kan ook veel kooldioxyde gemeten worden.

Meting van het ammoniakgehalte is meestal bedoeld om na te gaan of door mestopslag in de stal de luchtkwaliteit nog voldoende is. Hoge ammoniakconcentraties kunnen verwacht worden bij het afvoeren van mest uit de stal. Ook ernstige hokbevuilding of erg weinig ventilatie in de stal kan aanleiding zijn het ammoniakgehalte te gaan meten. Mocht bij een stalklimaatmeting een hoge waarde voor de ammoniakconcentratie worden vastgesteld, dan dient de oorzaak hiervan opgespoord te worden en zo mogelijk verholpen worden. Als dieren na het voeren gaan mes-ten, komt er relatief veel ammoniak vrijkomt.

Bij de meting van kooldioxyde met de veel gebruikte gasdetectiebuisjes wordt de bepaling meestal uitgevoerd door een aantal luchtmonsters van 100 cm^3 door het buisje te lei-

den. De leverancier geeft aan hoeveel monsters per buisje nodig zijn. Meting van het kooldioxydegehalte is meestal bedoeld om na te gaan of de minimum ventilatie hoeveelheid in de stal voldoende is. Kooldioxyde wordt in stallen vooral door varkens uitgeademd. Zoals uit metingen in onderzoek is gebleken (Schneider, 1987) is de productie van kooldioxyde uit de mest steeds maar een klein deel, minder dan 5%, van de kooldioxyde die varkens uitademen. De kooldioxydeproductie van varkens is niet constant binnen een etmaal (Van der Hel e.a., 1984). Tijdens

voertijden is de productie van kooldioxyde erg hoog, in ongeveer 7 uur na de voeropname neemt de kooldioxydeproductie langzamerhand af, daarna daalt de kooldioxydeproductie tot een rustniveau. Dit productiepatroon kan worden verstoord door extra activiteit van de varkens. Dit is bijvoorbeeld het geval als de dieren worden opgeschrikt door de persoon, die het kooldioxydegehalte wil meten. De kooldioxydeproductie van de varkens kan over een etmaal dalen of stijgen door verschillen in bewegingsactiviteit en voerverteringsactiviteit (tabel 3 en figuur 11).



Figuur 11. Het verloop over een etmaal van de kooldioxydeproductie bij beperkt en bij onbeperkt gevoerde varkens.

Figure 11. Carbon dioxide production of pigs fed ad-lib and restricted.

Tabel 3. Toelaatbaar CO₂ gehalte bij onbeperkt gevoerde, niet opgejaagde varkens op een tijdstip voor een toelaatbaar etmaalgemiddelde van 0,20 vol.-% CO₂.

Table 3. Acceptable CO₂ level at various moments for ad-lib fed, resting pigs when a daily average level of 0.20 vol.-% is used as maximum level for CO₂.

Tijdstip Max. (uur)	CO ₂ gehalte (vol. %)	Tijdstip Max. (uur)	CO ₂ gehalte (vol. %)
0:00	0,19	12:00	0,22
1:00	0,18	13:00	0,22
2:00	0,18	14:00	0,23
3:00	0,17	15:00	0,24
4:00	0,17	16:00	0,24
5:00	0,17	17:00	0,23
6:00	0,17	18:00	0,23
7:00	0,18	19:00	0,21
8:00	0,19	20:00	0,20
9:00	0,21	21:00	0,19
10:00	0,21	22:00	0,19
11:00	0,21	23:00	0,19

Ook de temperatuur kan invloed op de produktie van kooldioxyde hebben, omdat de voeropname mede afhangt van de omgevingstemperatuur. Deze temperatuureffecten zijn echter pas merkbaar als varkens buiten hun comfortzone worden gehuisvest. Omdat steeds getracht zal worden varkens binnen hun comfortzone te houden, zullen deze effecten in de praktijk veelal beperkt zijn. Als het ventilatieniveau verlaagd of verhoogd wordt, moet men enige tijd wachten, voordat het kooldioxydegehalte gemeten kan worden. Hoe groter het stalvolume per dier, hoe langer men moet wachten. Meestal kan 1 uur na een verandering in de ventilatiehoeveelheid het kooldioxydegehalte voldoende betrouwbaar gemeten worden. Ruim 80% van de verandering in het kooldioxydegehalte zal dan inmiddels terug te vinden zijn in het meetresultaat.

Als men het kooldioxydegehalte in stallucht wil meten kan dat zijn om een gemiddelde van de afdeling te meten. In dit geval wordt de procedure gevolgd, die hierboven ook voor ammoniak genoemd is. Als de aanleiding van de meting is om in "dode" hoeken in de luchtbeweging in de stal te meten, dan verdient het juist aanbeveling alle luchtmonsters op dezelfde, slecht geventileerde, plaats in de afdeling te meten. Deze specifieke plaats is dan door rookproeven vastgesteld.

Als in een stal gasconcentraties continu worden gemeten dan beschikken de meters over aanzuigleidingen, die boven de dieren op de ligruimte lucht aanzuigen. Middels T-stukken, waaraan gelijke lengten slang zijn bevestigd, kan een mengmonster vanaf bijvoorbeeld 4 meetpunten dicht bij de dieren in verschillende hokken worden aangeboden aan de infrarood gasanalysator.

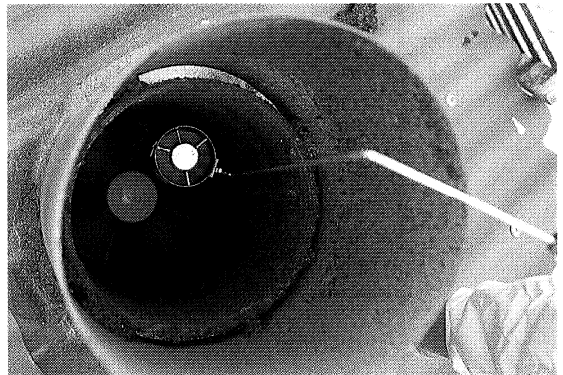
8.2.5 Luchtopbrengst

Het meten van luchtopbrengsten kan tot doel hebben om vast te stellen wat de ventilatiehoeveelheid is, en of dit overeenstemt met de gewenste (minimum of maximum) hoeveelheid. Het kan echter ook tot doel hebben om vast te stellen of leklucht optreedt.

Het meten van ventilatiehoeveelheden beperkt zich niet alleen tot het vaststellen van minimum- en maximum ventilatiehoeveelheden. In onderlinge vergelijkingen wordt soms ook een vergelijkende meting uitgevoerd aan

verschillende ventilatiesystemen, de afzuiging van diverse afdelingen bij een centraal afzuigstelsel, het controleren van de ventilator karakteristiek of de weerstand van een ventilatieplafond. Deze grootheden meten in m^3/uur is in de praktijk niet altijd nodig, zoals in hoofdstuk 6 reeds beschreven.

Bij ventilatiekokers is het niet eenvoudig de ventilatiehoeveelheid goed te meten. Als een ventilatiekoker een instroomrand heeft en de meetventilator en de ventilator zitten in de koker en niet onder aan de koker dan kan de meetmethode met de vleugelradanemometer worden gebruikt, die in een vorig hoofdstuk genoemd is. Als niet onder de ventilator gemeten kan worden, zal boven de ventilator gemeten moeten worden. De afstand tussen ventilator en vleugelradanemometer moet minimaal de doorsnede van de ventilatiekoker bedragen. De vleugelradanemometer moet ook aan een dunne stang worden bevestigd om de invloed van de arm van de meetpersoon te verminderen.



stang en vleugelradanemometer

Bij het vaststellen van wel of geen leklucht kan men kijken of ergens stofstrepen te zien zijn. Stofstrepen zijn met name te vinden in de nok en bij overgangen van dak en wand maar ook op andere plaatsen waar lekopeningen kunnen zitten, geven stofstrepen een aanwijzing dat daar lucht naar binnen komt. Daarnaast kunnen rookproeven worden gebruikt, zoals hiervoor reeds beschreven. Deze metingen geven vooral een kwalitatief beeld. Door vervolgens de opgespoorde kieren te dichtten, en nogmaals een rookproef uit te voeren, kan gecontroleerd worden, of de lekstromen verdwenen zijn.

Wil men de hoeveelheid leklucht meten, dan zijn andere meetmethoden nodig. Zo kan

men bij mechanisch geventileerde stallen alle inlaatopeningen hermetisch sluiten. Vervolgens laat men de ventilator voluit draaien en meet de luchtopbrengst van de ventilator. Door ook de onderdruk in de stal te meten, kan men, indien gewenst, deze luchtopbrengst ook nog schatten in de vorm van een totale grootte van de lekopeningen.

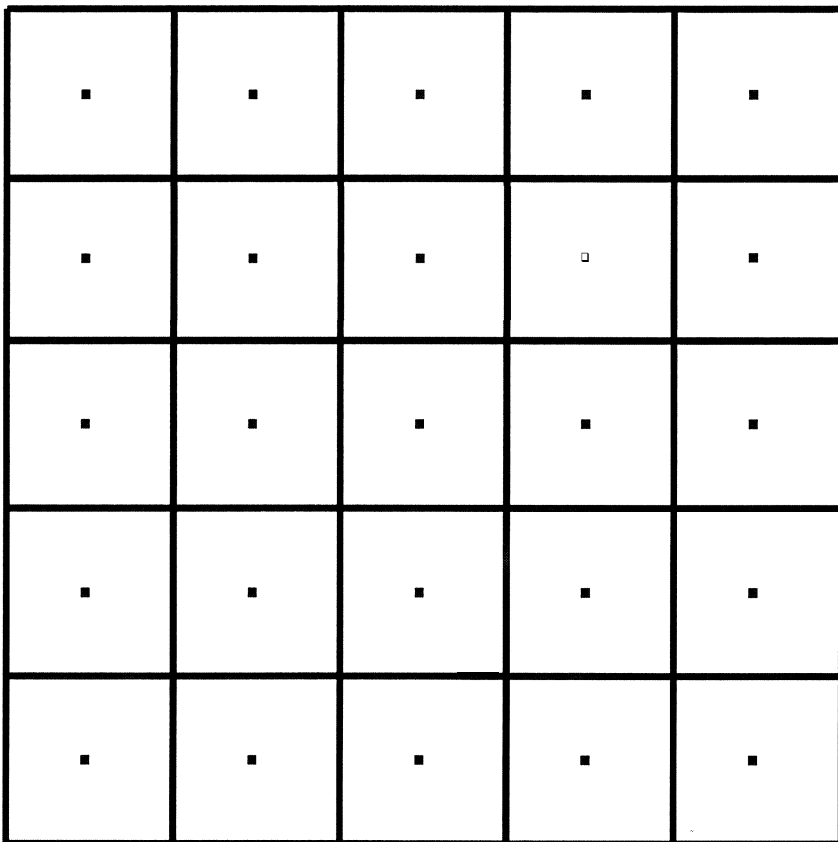
Debietmeting in een kanaal

(Bron: Meten van vloeistof- en gasstromen met pitotbuizen volgens Prandtl -Instrumentenfabriek van Essen N.V. - Blad no 12.23 c) Als ventilatie hoeveelheden wel in m^3/uur gemeten moeten worden dan kan bij centrale afzuigsystemen als volgt gemeten worden. Wanneer lucht met een snelheid van v m/s door een kanaal met een dwarsdoorsnede van A m^2 stroomt, dan is de doorgestroomde hoeveelheid per tijdseenheid, ook wel het debiet genaamd, gelijk aan $Q = v * A$ m^3/s . In de praktijk is de snelheid over de dwarsdoorsnede niet overal gelijk. Het is dan toch mogelijk om door uitbreiding van het aantal

metingen een schatting te maken van het debiet. Men gaat als volgt te werk: Men verdeelt de dwarsdoorsnede in een aantal gelijke vlakken. Bij een rechthoekig kanaal kan dat volgens figuur 12. In het midden van elk vlak wordt met behulp van een pitotbuis of een relatief kleine anemometer de luchtsnelheid bepaald. Het debiet door dat vlak is gelijk aan zijn oppervlak maal de gemeten luchtsnelheid. Het totale debiet volgt uit de afzonderlijke metingen.

Bij een rond kanaal verdeelt men de dwarsdoorsnede in een aantal concentrische ringen met gelijk oppervlak. In elk vlak meet men op tenminste 4 punten de luchtsnelheid. De variatie in het meetresultaat bepaalt of het er meer moeten zijn. De gemiddelde snelheid maal het oppervlak, gesommeerd over het totale oppervlak levert het debiet.

Voorbeeld voor een ronde doorsnede; verdeel de doorsnede in 4 concentrische delen, zoals in figuur 13, met eenzelfde oppervlakte, dat wil zeggen alle 4 gelijk aan $1/4 * \pi * r^2$. Dit betekent dat r_1, r_2 en r_3 gelijk zijn aan



Figuur 12. Meetpunten voor de luchtsnelheid in een doorsnede van een rechthoekig kanaal.
 Figure 12. Points for measuring airspeeds in a rectangular ventilation duct.

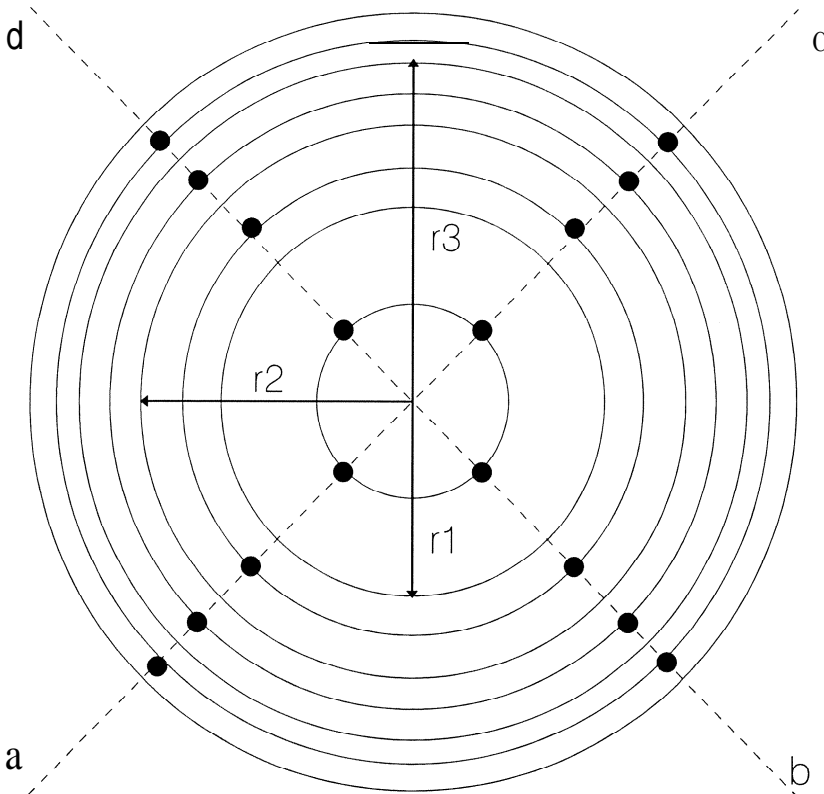
respectievelijk $0,50 * r$, $0,71 * r$ en $0,87 * r$. De meetpunten leggen we in het midden van elk vlak, d.w.z. op resp. $0,25 * r$, $0,6 * r$, $0,79 * r$ en $0,93 * r$. De metingen worden vervolgens uitgevoerd bij a, b, c en d.

Bij grote verschillen in dezelfde ring tussen a,b,c en d moet een groter aantal concentrische vlakken genomen worden of, indien mogelijk, de ongestoorde lengte van het kanaal voor de meetplaats worden vergroot (d.w.z. blijf zo ver mogelijk uit de buurt van de ventilator of de instroomopening). Vaak helpt ook het aanbrengen van stromingsgelijkrichters (honingraten e.d.).

Bij grote variaties in a,b,c en d is het zaak of om zo snel mogelijk een meetserie te verrichten, of de variaties via een soort gemiddelde per meetpunt te meten. Ervaring in het doen van metingen en de mogelijkheden van een bepaald meetinstrument bepalen in de vaak verre van ideale praktijksituaties de haalbare nauwkeurigheid.

8.3 Verwerking van klimaatmetingen

Als metingen continu plaatsvinden, dan worden meetwaarden dikwijls bewaard. Hoe meetwaarden op een efficiënte wijze kunnen worden opgeslagen, zodat voor de evaluatie van het stalklimaat weinig analysemogelijkheden verloren gaan, is nog niet duidelijk. Onder evaluatie van het stalklimaat wordt verstaan het na afloop van een periode beoordelen van het stalklimaat, waarbij ook wordt gekeken naar de in die periode behaalde productieresultaten. Evaluatie van het stalklimaat is een activiteit die nog niet veel wordt uitgevoerd. In de cluster klimaatbeheer van het Informatiemodel Varkenshouderij (1991) zijn enkele opslagmogelijkheden van klimaatmetingen aangegeven, die zinvolle informatie voor de varkenshouder kunnen geven. De meest eenvoudige kengetallen die vastgelegd kunnen worden zijn de minimum- en maximumwaarde over een bepaalde periode (bijvoorbeeld een etmaal), inclusief tijdstip van optreden, en een gemiddelde waarde



Figuur 13. Meetpunten voor de luchtsnelheid in een doorsnede van een ronde koker.
 Figure 12. Points for measuring airspeeds in a circular ventilation duct.

over een periode van een uur. Ook de stijging of daling van een waarde (bijvoorbeeld temperatuur) over een bepaalde periode (bijvoorbeeld 1 uur) kan informatie verschaffen over de kwaliteit van het proces klimaatbeheersen.

8.4 Kwaliteit meetapparatuur

Een gedetailleerde opgave van beschikbare handelsapparatuur is nauwelijks mogelijk. De ontwikkelingen op het gebied van kleine, digitale handmeetinstrumenten waarmee veel grootheden op een enkel instrument gemeten kunnen worden, gaan nog steeds in hoog tempo door (een voorbeeld hiervan is aan het slot gegeven). In bijlage VI is gekozen voor een opsomming van instrumenten en materialen waarvan gebleken is dat ze kunnen voldoen aan de eisen, die aan metingen in een varkensstal worden gesteld.

Er bestaat uiteraard veel uitstekende meetapparatuur, die hier niet genoemd is. Zodra zich apparatuur aandient die uit het oogpunt van bedieningsgemak, prijs en/of kwaliteit geschikt lijkt voor het gebruiksdoel kan er bij voldoende belangstelling, bijvoorbeeld door de Stichting Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw (TFDL-DLO) te Wageningen, een evaluatie plaatsvinden, zeker wanneer er een vorm van standaardisatie binnen een bedrijfstak optreedt.

8.5 Kalibratie

Over de kalibratiefrequentie van de diverse apparatuur is in de betreffende onderdelen al een en ander gezegd. Hierna volgt in kort bestek een opsomming van wat er door de gebruiker zelf gedaan kan worden en wat er moet worden uitbesteed.

Temperatuur

Tenzij de gebruiker over een geroerd vloeistofbad en een referentiethermometer beschikt moet deze kalibratie door derden gebeuren. Instanties die een officële erkenning hiervoor door de Nederlandse Kalibratie Organisatie (NKO) bezitten zijn Holec, de KEMA en de TFDL-DLO. Het NMI (Nederlands Meetinstituut) kan natuurlijk ook. In acute gevallen waarbij de gebruiker twijfelt aan de aanwijzing van zijn instrument is een thermosfles met schilferijs een uitstekende mogelijkheid om althans één punt te controleren

Luchtvochtigheid

Het enige tot dusverre door de NKO erkende instituut op dit gebied is de TFDL-DLO. Naast alleen kalibratie van luchtvochtigheidsmeters bestaat er ook de mogelijkheid onderhoud en justering, met name aan thermohygrografen en psychrometers uit te laten voeren. Een geschoolde gebruiker van capacitieve of geleidingshygrometers is in staat om met de nodige voorzorgen zijn voelers met behulp van zoutoplossingen te controleren.

Luchtsnelheidsmeters

Behalve het nulpunt in stilstaande lucht valt er voor de gebruiker weinig te controleren. Kalibratie van deze apparatuur, inclusief meetventilatoren, gebeurt op het NLR (het Nationale Lucht- en Ruimtevaartlab), het KNMI, TNO, TFDL-DLO en Mierij Meteo (de Bilt).

9. EVALUATIE METINGEN *EVALUATION OF MEASUREMENTS*

Als het klimaat in een varkensstal gemeten is met de juiste apparatuur op de juiste plaats en het juiste moment, kortom als goed gemeten is, dan zijn de belangrijkste kenmerken van het klimaat bekend. Om te kunnen beoordelen of het klimaat goed is moeten de metingen worden vergeleken met gewenste waarden, ook wel normen, referentiewaarden of streefwaarden genoemd. De gewenste waarden in varkensstallen staan ondermeer vermeld in "Klimaatnormen voor varkens?". In dit rapport wordt van enkelvoudige metingen, zoals een luchttemperatuur, de minimaal en maximaal gewenste waarde gegeven. Als het klimaat op alle punten als acceptabel beoordeeld kan worden is het klimaat acceptabel. In werkelijkheid heeft zowel bij het handhaven van de warmtebalans als bij het handhaven van een acceptabele luchtkwaliteit een gemeten variabele samenhang met andere variabelen. Zo is de afkoelende werking van een luchtstroom afhankelijk van luchttemperatuur en luchtsnelheid. De afkoelende werking op een varken als geheel hangt verder ook nog samen met diereigenschappen (bijvoorbeeld spekdikte) en andere omgevingsparameters (bijvoorbeeld vloertemperatuur).

In het verleden zijn veel pogingen gedaan om een aantal thermische omgevingsfactoren samen te vatten in een index. Geen van de indices is geheel bevredigend, omdat bij de indices niet alle omgevingsfactoren zijn meegenomen. Vooral de geleiding van liggende dieren naar de vloer en de reductie van warmteafgifte door contact tussen dieren onderling zouden moeten worden meegenomen in de beschouwingen. Daarnaast zeggen de indices alleen iets over de warmteafgifte van een ander lichaam of meetinstrument en minder over de warmteafgifte van een varken aan de omgeving en niets over de warmteproductie. De warmteproductie wordt naast de voeding ook beïnvloed door activiteit, de eventuele drachtigheid of het zogen van jonge dieren en andere factoren. Ook het klimaat in de stal heeft invloed op de warmteproductie van het varken.

Het geheel van warmteproductie enerzijds en de voelbare- en latente warmteafgifte anderzijds heeft geleid tot de definiëring van de zogenaamde thermoneutrale zone (Mount,

1974) en de comfort-zone van varkens.

Bij de evaluatie van een combinatie van metingen van grootheden die de warmtebalans van een varken beïnvloeden, waarbij naast de gegevens over convectieverliezen (luchttemperatuur en luchtsnelheid) ook gegevens over geleidingsverliezen (bijvoorbeeld vloertemperatuur), stralingsverliezen en warmteafvoer via verdamping zijn gemeten, kan ook gebruik worden gemaakt van rekenmodellen voor de warmtebalans van varkens. Op deze wijze kan de thermoneutrale zone en de comfortzone van varkens berekend worden. BEZOVA is een model dat hiervoor geschikt is (Sterrenburg & van Ouwkerk, 1986). In dit model wordt geen rekening gehouden met de invloed van de luchtvochtigheid. Uit proeven is gebleken, dat de luchtvochtigheid nauwelijks invloed heeft op de thermische balans van varkens. De basis van "Klimaatnormen voor varkens" is gevormd door genoemd rekenmodel, vele zoötechnische en veterinaire ervaringen, randvoorwaarden en onderzoeksresultaten.

Als tijdens een klimaatmeting de luchtsnelheid en de luchttemperatuur beide zijn gemeten, dan is de afkoelende werking van de luchtstroom beter te beoordelen dan aan de hand van "Klimaatnormen voor varkens" mogelijk is. In "Klimaatnormen voor varkens" is ervan uitgegaan dat de luchtsnelheid in het algemeen niet hoger moet zijn dan 0,15 m/s dan wel 0,2 m/s, afhankelijk van diergewicht. Voor een nauwkeuriger verband tussen luchtsnelheid en luchttemperatuur wordt men verwezen naar het rapport van Crauwels, Lommerse & Tielen uit 1991. Hierin worden adviezen voor toelaatbare katawaarden gegeven voor enkele staltypen en diercategoriën, zoals die zijn onderzocht in een klimaatstal door de Gezondheidsdienst voor Dieren. Enkele fysische aspecten van deze meting en de interpretatie van deze metingen zijn ook beschreven (van Ouwkerk, 1991).

Een gecombineerde waarde met een bijbehorende interpretatie voor de luchtkwaliteit in varkensstallen is moeilijker. In Nederland gelden voorsnog de adviezen zoals deze ondermeer in "Klimaatnormen voor varkens"

zijn vermeld. Modellen die de invloed van diverse factoren in de luchtkwaliteit afwegen zijn niet beschikbaar voor varkensstallen. Het is, mede door toenemende aantallen en erkenning van gezondheidsklachten van varkenshouders, echter wel zinvol een betere maat voor de luchtkwaliteit te ontwikkelen, dan de nu geldende minimum ventilatiehoeveelheid op basis van kooldioxydemeting.

Een incidentele meting van het stalklimaat geeft een momentopname. Bij een bevredigende situatie op een moment mag men niet concluderen dat het klimaat in de stal altijd goed zal zijn. Men zal ook onder andere omstandigheden moeten meten of inschatten hoe de situatie dan zal zijn.

Allerlei normen moeten gezien worden als een richtlijn. Het gedrag van de dieren is belangrijk. Iedere controle in een stal en iedere klimaatsbeoordeling zal dan ook moeten beginnen en eindigen met het diergedrag waar te nemen en het klimaat daarop af te stemmen.

10. AANBEVELINGEN EN CONCLUSIES

RECOMMENDATIONS AND CONCLUSIONS

10.1 Algemeen

Meetapparatuur dient regelmatig gekalibreerd te worden. Miswijzingen van instrumenten kunnen anders zo groot zijn dat metingen niet zinvol zijn.

Periodiek onderhoud van ventilatie en verwarming aan de hand van een checklist kan preventief werken en gezondheidsproblemen als gevolg van fouten in het stalklimaat voorkomen.

10.2 Voor varkenshouders

Waarnemen van de dieren is altijd een belangrijke basis om het klimaat in een stal te beoordelen. In bijlage II is aangegeven hoe dit op een systematische manier kan worden uitgevoerd. Een raam in de afdelingsdeur maakt goed waarnemen beter mogelijk. Metingen met instrumenten zijn een belangrijke aanvulling op het waarnemen van varkens. In bijlage I staat aangegeven welke metingen kunnen worden uitgevoerd.

Het is belangrijk om na te gaan of voelers op de juiste plaats hangen. De temperatuur tussen de varkens kan anders zijn dan op korte afstand van de varkens, zoals erboven of eronder. Temperatuurvoelers moeten niet te dicht bij een wand of achter obstakels in de luchtstroom worden gehangen. In bijlage III is een schema gegeven dat gebruikt kan worden bij het controleren van de klimaatregeling. Voor het onderhoud is een lijst van aandachtspunten in bijlage IV gegeven.

De temperatuurvoelers voor de ruimtetemperatuur dienen regelmatig, ongeveer eens per kwartaal, te worden gecontroleerd door met een thermosfles of bak met smeltende ijsblokken het nulpunt te controleren. Door dit steeds te noteren is het verloop in de tijd en de kwaliteit van de voelers ook te beoordelen. Bij afwijkingen kan de installateur veelal de voelers weer juist afstellen.

De vloertemperatuur is voor een varkenshouder te controleren door een minimum/maximum thermometer op de vloer te leggen en deze af te dekken met een deken. De vloerverwarming moet dan wel minstens 24 uur

van te voren zijn ingeschakeld.

Met een contactthermometer kan de temperatuur in een c.v. leiding worden gecontroleerd.

Vastleggen van uitgevoerde metingen is zinvol. Als dit op een PC gebeurt, wordt koppeling aan diergegevens dikwijls eenvoudiger. Pas als het stalklimaat aan de produktie en gezondheid gekoppeld kan worden, is een goede evaluatie van het stalklimaat mogelijk.

10.3 Voor voorlichting

Bij bedrijfsbezoeken van voorlichters of dierenartsen is het belangrijk om reeds door de varkenshouder verzamelde metingen aan het stalklimaat ook te bestuderen.

Bij het meten van het stalklimaat op praktijkbedrijven is het niet zinvol slechts een enkele meting door te geven aan een varkenshouder, maar dient een volledig meetrapport te worden opgesteld en afgegeven aan de varkenshouder.

Het luchtbewegingspatroon kan in de praktijk zichtbaar worden met rook. Dit zichtbaar maken van de luchtbeweging geeft een duidelijk beeld en is voor de varkenshouder ook heel sprekend. Voordat tot andere metingen wordt overgegaan met een klimaatmeting is het daarom zeer wenselijk eerst een rookproef uit te voeren. De plaats, waar rook binnengelaten wordt, moet zorgvuldig overwogen worden. Het leeg laten liggen van één hok in een afdeling kan funest zijn voor de luchtverdeling. Bij niet geïsoleerde ramen of muren treedt vaak luchtval op. Bij het nemen van rookproeven moet men zich ook altijd goed realiseren bij welke inlaattemperatuur, welk ventilatieniveau en welke hokbezetting men werkt. Als een van deze factoren zich wijzigt, kan daardoor het ventilatiepatroon veranderen.

Rookproeven zijn ook uitermate geschikt om de afdichting van een stal te testen (leklucht). Een andere belangrijke toepassing van rookproeven is het in kwalitatief opzicht beoordelen van de effectiviteit van de ventilatie. Bij niet effectieve systemen kan de ventilatiecapaciteit voldoende lijken, terwijl toch te hoge

staltemperaturen worden gemeten. Rookproeven nemen in lege stallen is zinloos, tenzij ze bedoeld zijn om lekken op te sporen.

De minimum ventilatiehoeveelheid kan in de praktijk gemeten worden door het kooldioxydegehalte met een gasdetectiebuisje in de afdeling te meten. Men moet dit pas gaan meten, nadat de ventilatieregeling in de afdeling al gedurende een periode van 1 uur of langer op deze minimum ventilatiehoeveelheid is ingesteld. De meting kan worden uitgevoerd zoals in dit rapport omschreven. Als het gemiddelde kooldioxydegehalte over een etmaal lager dan 0,20 vol.% is, dan wordt er teveel geventileerd en zijn de verwarmingskosten onnodig hoog of is de ruimtetemperatuur onnodig laag. Als dit gehalte hoger dan 0,20 vol % is, dan is de minimum ventilatiehoeveelheid te laag ingesteld en is de luchtkwaliteit minder goed.

De volgende methode kan worden toegepast, als in een stal niet wordt bijverwarmd en als de dieren op basis van hun warmteproductie geen problemen hebben met maximale ventilatie. De geïnstalleerde ventilatiecapaciteit kan voldoende nauwkeurig worden vastgesteld door de maximumwaarde van stalluchttemperatuur en de buitentemperatuur over een etmaal te meten, wanneer de temperatuur in de stal zo hoog is dat de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit volledig wordt benut. De buitentemperatuur moet in de nabijheid van de luchtinlaat worden gemeten op een beschaduwde plaats. Als de binnentemperatuur 3°C of meer hoger blijkt te zijn dan de buitentemperatuur, dan werkt het klimaatbeheersingssysteem niet goed. Mogelijk is de ventilatiehoeveelheid onvoldoende om de overtollige warmte effectief af te voeren. De isolatie kan onvoldoende zijn. Een weinig effectieve ventilatie, door direct wegventileren van verse binnenkomende lucht, kan een andere oorzaak zijn.

De meetnauwkeurigheid van gasdetectiebuisjes wordt bepaald door enerzijds de standaardafwijking van de uitlezing door variatie in buisjes en aflezers en anderzijds door systematische fouten die in de bepaling gemaakt kunnen worden. De standaardafwijking in de uitlezing geeft een relatieve standaardafwijking (ook wel variatiecoëfficiënt genoemd) van 10 tot 15%. De systematische fouten, die in de meting

- gemaakt kunnen worden zijn
- kalibratiefouten bij de fabricage
 - chemische veranderingen in buisjes tijdens opslag
 - doorgevoerde hoeveelheid lucht wijkt af door defecten in pomp, leidingen of zuigbalgen of onjuiste bediening
 - kruisgevoeligheid (storende invloed van andere gassen en dampen)

De systematische fouten kunnen laag worden gehouden door de buisjes bij temperaturen beneden 30°C te bewaren op een donkere plaats en door de pomp, leidingen en zuigbalg voor ieder gebruik te controleren op lekkages. Gasbuisjes voor koolstofdioxide hebben geen kruisgevoeligheid voor andere gassen of dampen.

Gebruik van de vleugelradanemometer onder en boven de ventilator in de koker geeft verschillende uitkomsten. Bij het verklaren van de verschillen moet rekening worden gehouden met meetonnauwkeurigheden, mede omdat de vleugelradanemometer zelf de luchtstroming beïnvloedt. Daarnaast moet rekening worden gehouden met het feit dat alleen luchtstromen in één richting worden gemeten, De meest nauwkeurige resultaten zijn daarom te verwachten als in een laminaire luchtstroming wordt gemeten. De kans daarop is het grootst als tussen instroomrand en (meet)ventilator wordt gemeten. Meten boven de ventilator is bijna altijd mogelijk. Dit geeft geen absolute luchthoeveelheden maar is voor vergelijkende metingen soms bruikbaar.

10.4 Voor onderzoek

Omdat het gebruik van gasbuisjes van verschillende merken tot grote verschillen in uitkomsten kan leiden, als niet alle voorschriften nauwgezet in acht worden genomen, is het zinvol om door een onafhankelijke instelling te laten onderzoeken in hoeverre en onder welke omstandigheden gasbuisjes tot betrouwbare metingen leiden.

De mogelijkheden en onmogelijkheden van vleugelradanemometers in ventilatieopbrengstmetingen moeten beter vastgesteld worden.

Op dit moment wordt het nog niet mogelijk geacht om voor de praktijk adviezen uit te brengen over hoe stof in stallen gemeten

moet worden, door de onduidelijkheid over wat zinvol is om te meten. Daarnaast zijn de thans beschikbare methoden ofwel omslachtig en duur ofwel hebben ze nog niet bewezen betrouwbare methoden te zijn. Onderzoeksinstellingen zouden eenvoudige en betrouwbare methoden hiervoor moeten ontwikkelen.

Methoden om de ventilatiehoeveelheden ook in natuurlijk geventileerde praktijkstallen nauwkeurig vast te kunnen stellen zouden ontwikkeld moeten worden. Om de milieubelasting (bijvoorbeeld ammoniakemissie) van dergelijke stallen te kunnen meten is dit noodzakelijk.

Ontwikkeling van een nieuw meetinstrument door onderzoeksinstellingen voor het meten van thermisch comfort van varkens, dat goed het thermisch comfort meet, eenvoudig in gebruik is, en aangesloten kan worden op dataloggers zou het meten van het thermisch comfort van varkens sterk kunnen verbeteren.

Het is, mede door toenemende aantallen en erkenning van gezondheidsklachten van varkenshouders, zinvol een betere maat voor de luchtkwaliteit in varkensstallen te ontwikkelen, dan het nu geldende ventilatievoud op basis van kooldioxydemeting.

Het meten en interpreteren van lichaamstemperatuur van varkens zou door het onderzoek zover uitgewerkt moeten worden, dat toepassing van deze kennis in de praktijk mogelijk wordt als varkens met een chip met temperatuurvoeler uitgerust zijn.

10.5 Voor leveranciers en fabrikanten

Door varkenshouders ook een goede, begrijpelijke handleiding ter beschikking te stellen, kan een varkenshouder de apparatuur ook optimaal benutten. Aan de leesbaarheid van de handleiding moet veel zorg worden besteed.

De bediening van alle apparatuur dient duidelijk en eenvoudig te zijn. Het gebruik van symbolen (in combinatie met teksten) kan hierbij een belangrijke rol spelen. Overwogen kan worden of de varkenshouder gebaat is bij een berekening van de normen in de regel, zonder daarmee de verantwoordelijkheid voor de instelling bij de varkenshouder weg te halen.

In veel klimaatcomputers wordt een ventilatieniveau gegeven uitgedrukt in procenten, 100% betekent dan meestal volledige benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit. Nadeel hiervan is, dat precies gedefinieerd moet worden onder welke omstandigheden deze 100% gemeten wordt. De relatie tussen de relatieve procentenschaal en de absolute $m^3/$ uur schaal is niet bekend. De werkgroep beveelt aan de absolute schaal aan de varkenshouder mee te delen en, als een relatieve schaal wordt gebruikt, precies aan te geven wat de relatie met de absolute schaal is.

De meetventilator kan het beste onder de ventilator worden gemonteerd. Montage van de meetventilator boven de ventilator zou vervanging van de ventilator in geval van storing eenvoudig maken. Nadeel daarvan is dat het drukverschil tussen ventilator en uitstroomrand meer fluctueert dan het drukverschil tussen instroomrand en ventilator. Een ander nadeel van meting boven de ventilator is dat de luchtkolom door de ventilator ook een roterende component kan krijgen. Deze roterende component, die de meetventilator niet goed kan meten, is na de ventilator groter dan ervoor.

Er moet een instroomrand met een straal van minstens 4 cm worden toegepast. Een instroomrand vermindert de wervelingen bij intrede. Gevolg is dat de luchtverplaatsing energetisch efficiënter verloopt en dat de lucht meer parallel aanstroomt naar de meetventilator als de meetventilator onder de ventilator gemonteerd wordt.

Bij het gebruik van Pt-100 voelers kunnen het beste drie- of vierdraadsmetingen worden gebruikt. Bij driedraadsmeting wordt gecompenseerd voor kabellengte, bij vierdraadsmeting wordt onafhankelijk van de kabellengte juist gemeten. Bij tweedraadsmetingen fungeert de kabel ook als temperatuurvoeler.

Als in een stal, bijvoorbeeld bij centrale afzuigsystemen, continu de onderdruk gemeten moet worden, is de capacatieve opnemer daarvoor een geschikte opnemer.

Ontwikkeling van een nieuw meetinstrument door de industrie voor het meten van thermisch comfort van varkens, dat goed het thermisch comfort meet, eenvoudig in

gebruik is, en aangesloten kan worden op dataloggers zou het meten van het thermisch comfort van varkens sterk kunnen verbeteren. Als vleugelradanemometers worden gebruikt, kunnen de beste resultaten in varkensstallen worden verwacht bij een vleugelradanemometer met de diameter van de koker (meetventilator) of anders met vleugelradanemometers met een kleine diameter van de meetwaaier.

11. REFERENTIES

REFERENCES

Albright, L.D. Environment control for animals and plants. ASAE textbook 4. St. Joseph, 1990.

Anon. Cluster Klimaatbeheer van het Informatiemodel
Varkenshouderij. SIVA, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen, 1991.

British Standards Institution: Gas Detector Tubes. BS 5343: 1976

Clark, J.A. & K. Cena. Monitoring the house environment. In:
"Environmental aspects of housing for animal production". Ed. J.A. Clark. Butterworths,
London, 1981.

Council of Europe: Resolution AP (74) 4, On the Manufacture of
Detector Tubes to control the Atmosphere in Work Places. March 1974.

Crauwels, A.P.P., J. Lommerse & M.J.M. Tielen. De Katawaarde,
rapport 20. Stichting Klimaatstal Brabant. Boxtel, 1991.

Dufton, A.E. The katathermometer. J. Instrn. Heat. Vent. Engrs. 2, 123 (1934).

Eck, B. Ventilatoren: Entwurf und Betrieb der Radial-, Axial- und Querstromventilatoren
(5e druk). Springer, Köln, 1987.

Geers, R., W. van der Hel & V. Goedseels. Surface temperatures as parameters p 105114 In:
Energy metabolism in farm animals. Eds. M.W.A. Verstegen & A.M. Henken. Martinus Nijhoff,
Dordrecht, 1987.

Hel, W. van der, M.W.A. Verstegen, W. Baltussen, H. Brandsma. The effect of ambient
temperature on diurnal rhythm in heat production and activity in pigs kept in groups. Int. J.
Biometeor. (1984) 28 4 303-315

Henry, Z.A., G.C. Zoerb & G.S. Birth. 1991. Instrumentation and measurement for
environmental sciences. ASAE, St. Joseph, MI, USA.

International Union of Pure and Applied Chemistry: Analytical
Methods for Use in Occupational Hygiene, Performance Standard for Detector Tube Units.
Pure and Appl. Chem., vol. 54, No. 9 (1982) pp 1763-1767.

Jongebreur, A.A., e.a. Meten van NH₃-emissie uit stallen.
Wageningen, nog te verschijnen.

IMAG. Merkenonderzoek Multifan stalventilatoren. Imag publicatie 166, Wageningen, 1982.

Klooster, CE. van 't, H. Hendriks, A.M. Henken, A. van 't Ooster, E.N.J. van Ouwkerk, C.J.M.
Scheepens & P. van der Voorst. Klimaatsnormen voor varkens. Proefverslag nummer P 1.43,
Rosmalen, 1989.

McArthur, A.J. Thermal insulation and heat loss from animals. In:
Environmental aspects of housing for animal production. Ed. J.A. Clark. London, 1981.

Mount, L.E. The concept of thermoneutrality. Heat loss from animals and men. Eds. Monteith
and Mount, Butterworths, London, 1974.

Public Health Service, Department of Health, Education and Welfare: Title 42 - Part 84 - Certification of Gas Detector Tube Units, Federal Register, 38 (1973) Nr. 88.

Ouwerkerk, E.N.J. van. Enkele fysische aspecten bij het gebruik van de katathermometer in de varkenshouderij. IMAG-nota P 91-11. Wageningen, 1991.

Petry. Mobilitätsmessungen bei Tieren mit Hilfe induzierten Spannungen. Naturwissenschaften 6:313-314, 1970.

Schneider, B. Computergestutzte kontinuierliche Erfassung der Wärme-, Wasserdampf und Kohlendioxidproduktion in Nutztierställen. München, 1988.

Sterrenburg, P. & E.N.J. van Ouwerkerk. Rekenmodel voor de bepaling van de thermische behaaglijkheidszone van varkens (BEZOVA). Imag rapport 78. Wageningen, 1986.

Strom, J.S. & A. Feenstra. Heat loss from cattle, swine and poultry. ASAE Paper no 80-4020, St. Joseph, Michigan.

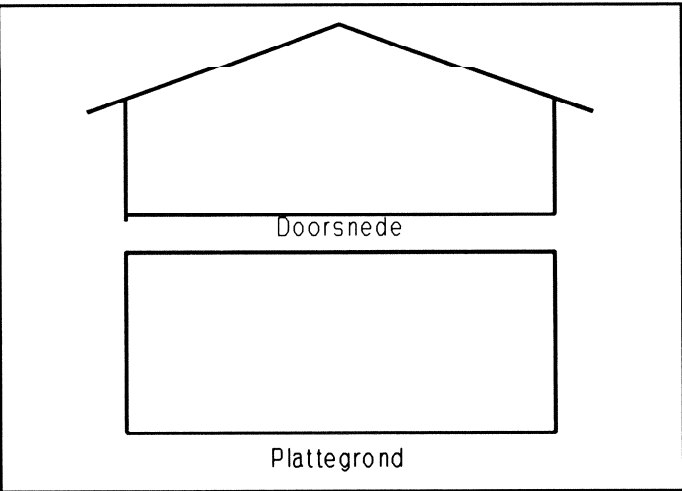
Verstegen, M.W.A., A.M. Henken & W. van der Hel. Influence of some environmental, animal and feeding factors on energy metabolism in growing pigs. p 70-86. In: Energy metabolism in farm animals. Eds. M.W.A. Verstegen & A.M. Henken. Martinus Nijhoff, Dordrecht, 1987.

Visscher, G.J.W. & J.G. Kornet. Meten met windsnelheidsmeters. TFDL Bulletin 10. Wageningen, 1980.

Wathes, C & J.M. Randall. Aerosol sampling in animal houses. EUR1 1877, Luxemburg, 1989.

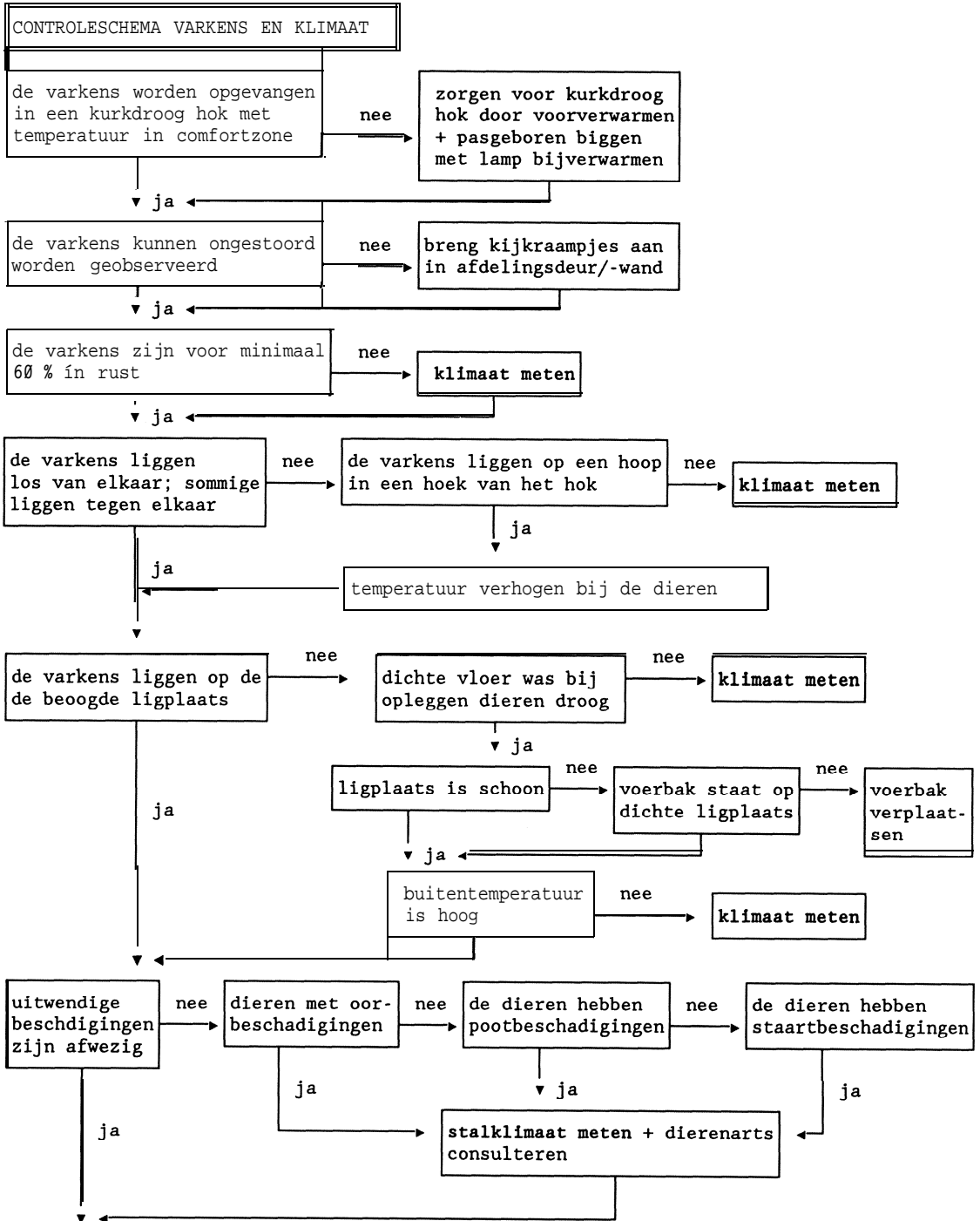
Webster, A.J.F. Optimum housing criteria for ruminants. In: Environmental aspects of housing for animal production. Ed. J.A. Clark. Butterworths, London, 1981, p217-232.

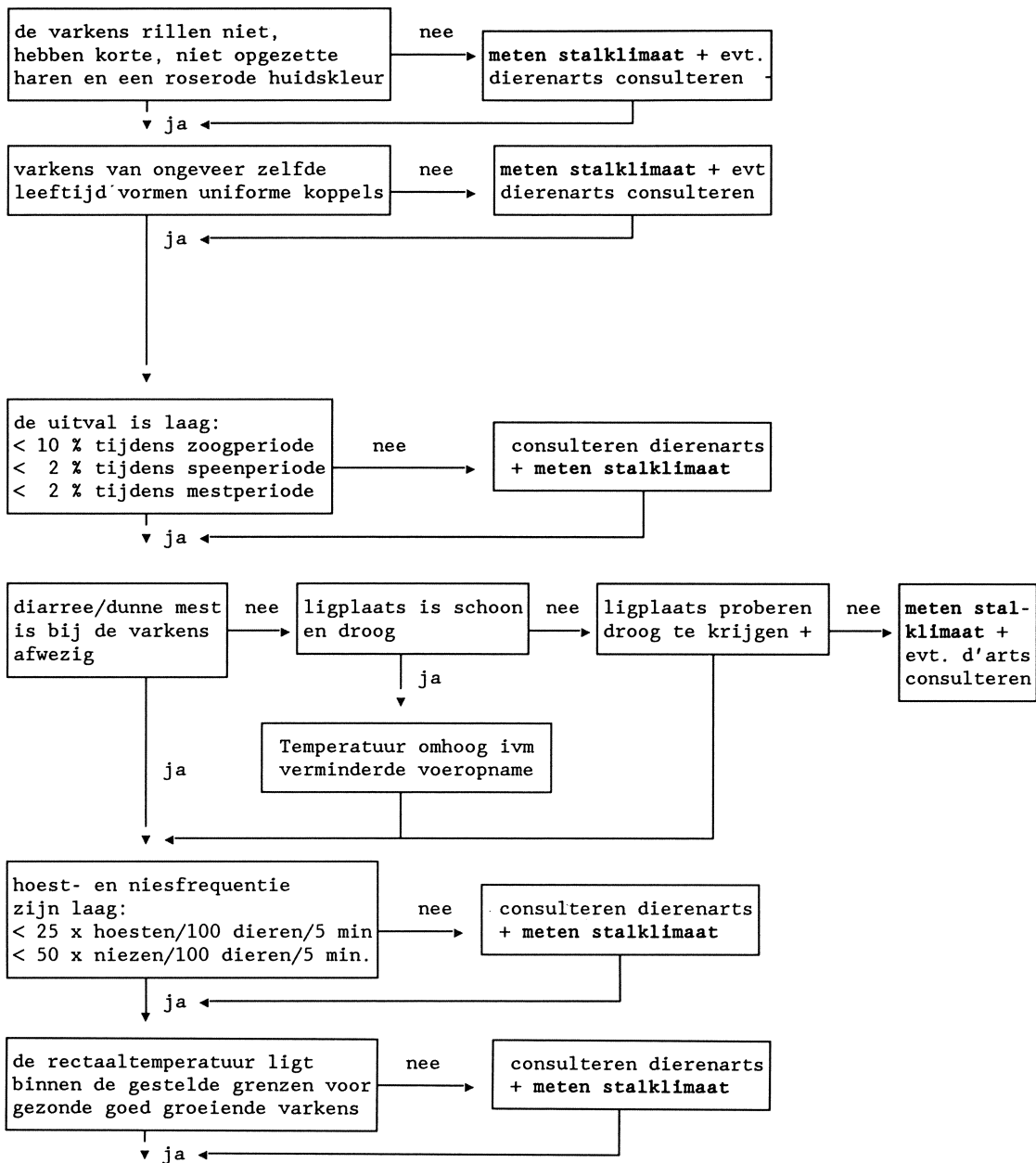
BIJLAGE I APPENDIX I

MEETRAPPORT VOOR KLIMAAT IN VARKENSSTALLEN		DATUM: DOSSIER:
Stal:kraam/opfok/ mest/..... Afdeling:	Varkenshouder: Adres: Plaats:	Telefoon:
Ventilatiesysteem Luchtinlaat Voorverwarming Naverwarming Isolatie dak Isolatie wanden	0 klep 0 deur 0 plafond 0 nat. 0 0 indirect:.. $\text{cm}^2/\text{m}^3/\text{u}$ luchtvv 0 direct:.. $\text{cm}^2/\text{m}^3/\text{u}$ luchtvv 0 radiatoren 0 0 geen 0 0 geen 0 cm 0 geen zichtbare kieren 0 cm 0 geen zichtbare kieren	
Regelapparatuur P-band instelling Neutrale zone Ingestelde T_{afd} Geinst. vent.cap. Schatting ventil. nu	0 merk en type: 0 variabel van . . tot . . °C 0 vast:..°C 0 variabel van . . tot . . °C 0 vast:..°C 0 opleg:..°C 0 einde: ..°C 0 nu: . . °C 0 .. ventilatoren van . . cm doorsnede 0	
in tekening hiernaast ruimte voor aangeven: - afzuigplaats - afzuighoogte - plaats voeler - ventilatiesyst. - hoogte plafond - inlaat - luchtbeweging - nummering hokken	 <p>The diagram consists of two parts. The top part, labeled 'Doorsnede', shows a cross-section of a pigsty with a gabled roof. The bottom part, labeled 'Plattegrond', shows a rectangular floor plan of the same structure.</p>	

T_{bui}/T_{gang}/T_{afd} Verschil T_{bui}/T_{afd} Tijdstip meting Verw. gang Voorverw. afd. T _{voeler} + plaats T _{contact} vloerverw. Luchtsnelheid m/s R.V.buĳten/gang/afd CO ₂ -gehalte afdeling NH ₃ -gehalte afdeling	°C- °C- 1 ^e : 2 ^e : 3 ^e : 4 ^e : 5 ^e hok: °C 0 °C 0 uur. 0 aan 0 uit 0 aan 0 uit o... cm hoogte bij ..● e hok;T _{voeler} =.. °C 1 ^e : 2 ^e : 3 ^e : 4 ^e : 5 ^e hok: °C 1 ^e : 2 ^e : 3 ^e : 4 ^e : 5 ^e hok: m/s % ▶ % ▶ ‰ 0 max. vol.-% 0 gemiddeld: vol*-% 0 max. ppm 0 gemiddeld: ppm
Aantal dieren Stalbezetting(kg) Voeropname (±) Ligplaats dieren Hokbevuĳing:waar: wanneer: Hoestfrequentie Niesfrequentie Uitwendige besch. Diarree Achterblijvers	0 per hok: . . . 0 per afdeling :.... 0 opleg:.... 0 opleg:.... 0 eind:.... 0 nu:.... 0 .*.* kg/dag 0 E.W.:.... 0 rooster 0 dicht 0 droog 0 nat 0 hoknrs.... 0 opleg 0 voeroverschakeling 0 eind 0 altijd 0 bij binnenkomst stal:.... / 5 minuten 0 bij binnenkomst stal:.... / 5 minuten 0 oor- / 0 poot- / 0 staartbesch: % 0 aantal hokken / afdeling: 0 percentage van aanwezige dieren:.... %
Opmerkingen:	
Adviezen:	Naam adviseur:

BIJLAGE II APPENDIX II



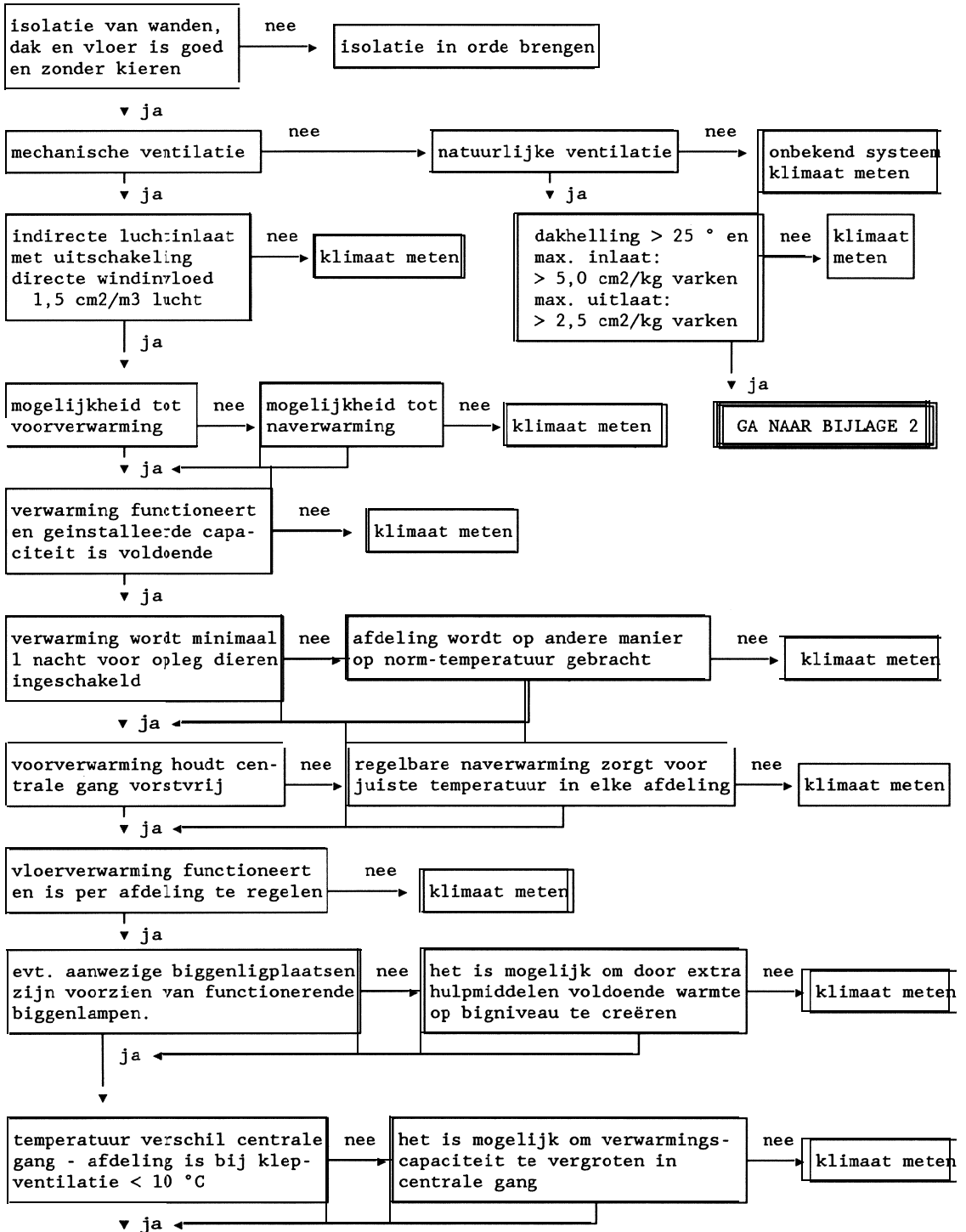


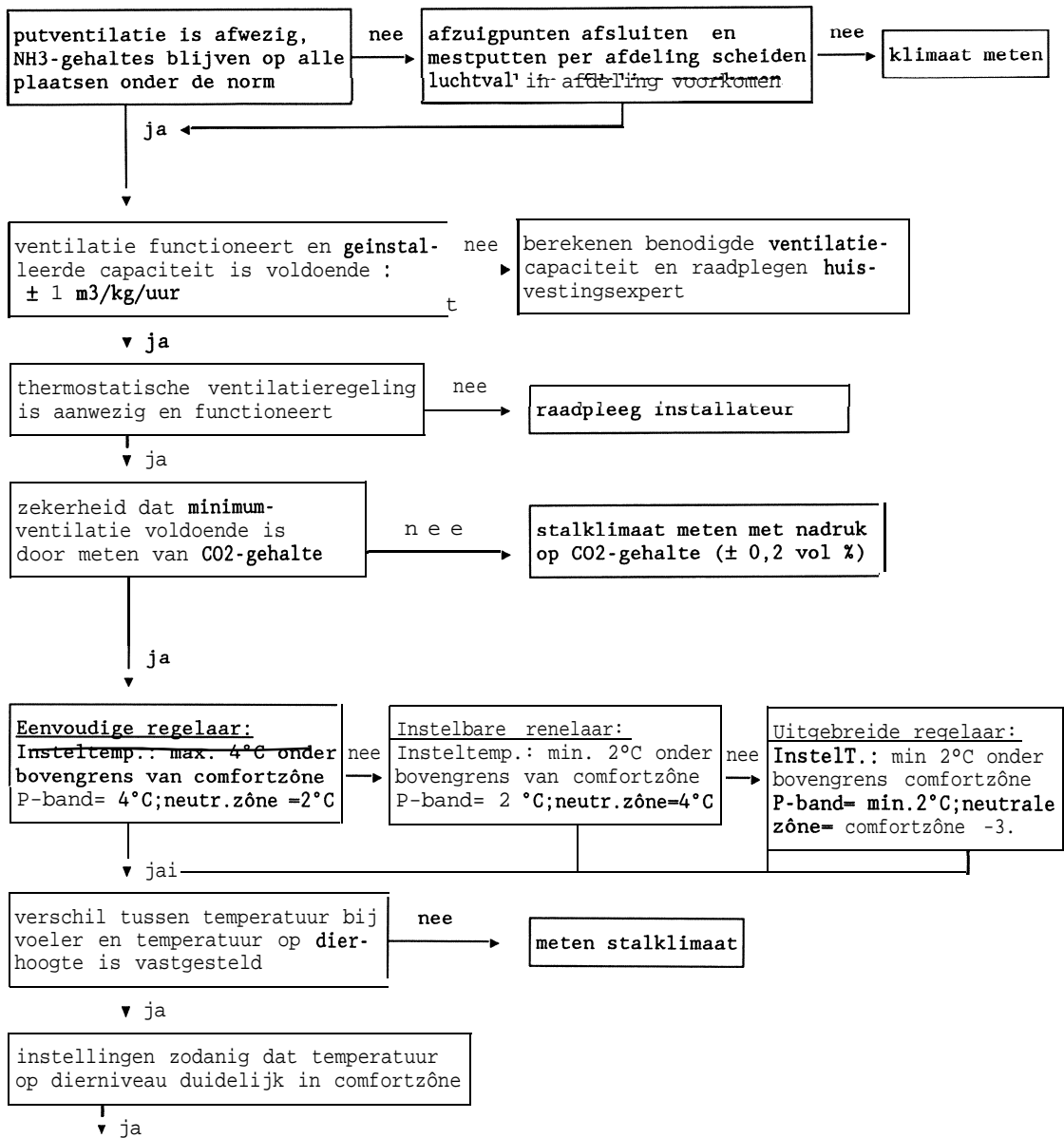
DE VARKENS MAKEN HET GOED

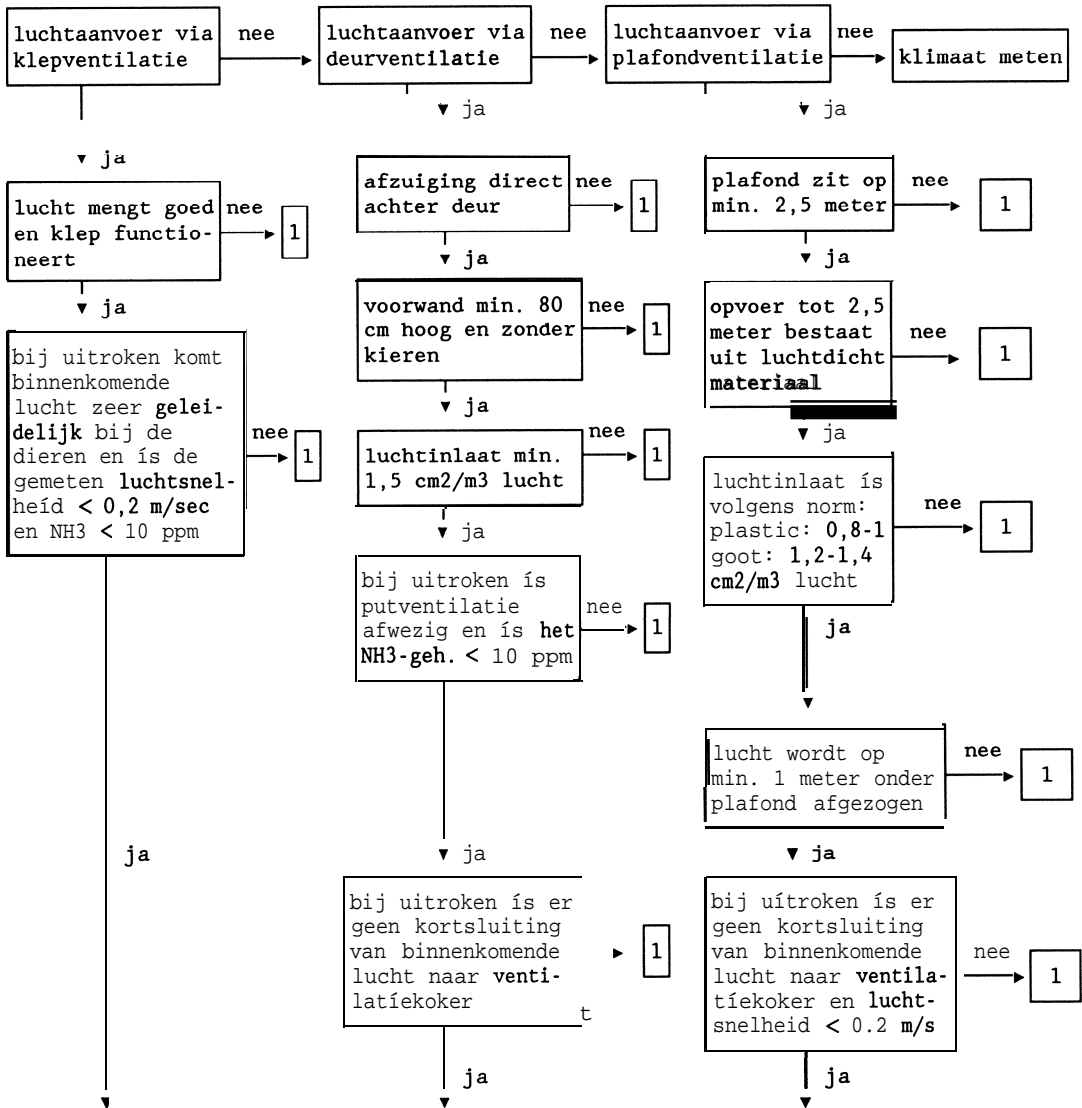
BIJLAGE III

APPENDIX III

CONTROLE SCHEMA STALKLIMAAT







dit protocol ieder half jaar en indien nodig vaker herhalen voor alle afdelingen

1 = klimaat meten

BIJLAGE IV

APPENDIX IV

Periodieke Controle Klimaatregeling

Luchtinlaat

holle bouwstenen: stof

vogelgaas: stof

plafondventilatie voorfilter: stof

functioneren winterklep: afsluitbaarheid

Luchtinlaat naar afdeling

mineraalwolplafond: weerstand

regelbaar plafondinlaat: afstelling

balansklep: afstelling

gestuurde klep: afstelling

Luchtafvoer

ventilatiekoker: stof

onderafzuiging: mest en stof in afzuigopeningen

Regelkasten

instellingen: correct

alarmering: functioneren

Verwarming: kraanstanden, controle ketel, controle vloerverwarming

Isolatie: stofstrepen, gaten, vocht

Noodstroomaggregaat: functioneren

BIJLAGE V

APPENDIX V

BASISUITRUSTING MEETAPPARATUUR

In bezit van de varkenshouder:

Minimum/maximum thermometers, één per afdeling, één per centrale gang en één voor buiten-temperatuur.

Thermosfles met smeltend ijs.

Rectaalthermometer.

Daarnaast wordt geacht voldoende kennis aanwezig te zijn bij de varkenshouder van visueel beoordelen varkens en klimaat.

In bezit van bedrijfsbezoeker:

Rookapparaat

Meetlint

Snelle temperatuurvoeler (Pt-100 voeler of thermokoppel) die tevens geschikt is als contact-thermometer.

Pomp met gasbuisjes voor CO, en NH₃,

In bezit van gespecialiseerde klimaatadviseur:

Rookapparaat

Rookbuisjes

Meetlint

Snelle temperatuurvoeler (Pt-100 voeler of thermokoppel) die tevens geschikt is als contact-thermometer.

Pomp met gasbuisjes voor NH₃

Infra-rood analyser voor kooldioxyde.

Apparatuur voor het continu meten van temperatuur, kooldioxyde, luchtvochtigheid en luchtsnelheid (thermische anemometer).

Voor het meten van luchttopbrengsten zijn nauwelijks betrouwbare en nauwkeurige methoden voorhanden. Zodra betere meetmethoden beschikbaar zijn, zou overgegaan moeten worden tot het gebruik van deze methoden.

Aanbevolen wordt om over een portable-PC te kunnen beschikken, waarmee de warmtebalans van het dier en van de stal doorgerekend kan worden.

BIJLAGE VI APPENDIX VI

Leveranciers van meetapparatuur

Voor een uitgebreide lijst met leveranciers van meetinstrumenten wordt verwezen naar de "Instrumentengids", tel.: 0215518204.

Een gedetailleerde opgave van beschikbare en geschikte handelsapparatuur is nauwelijks mogelijk. De ontwikkelingen op het gebied van kleine, digitale handmeetinstrumenten waarmee een stoet van grootheden op een enkel instrument gemeten kan worden gaan nog steeds door. In onderstaand overzicht zijn instrumenten en fabrikaten genoemd waarvan gebleken is dat ze kunnen voldoen aan de eisen die aan metingen in een varkensstal worden gesteld.

Er bestaat uiteraard veel uitstekende meetapparatuur, die hier niet genoemd is. Zodra zich apparatuur aandient die uit het oogpunt van bedieningsgemak, prijs en/of kwaliteit geschikt lijkt voor het gebruiksdoel kan er, bijvoorbeeld door de TFDL-DLO op het gebied van meetinstrumenten en sensoren of door het IMAG-DLO op het gebied van (meet)ventilatoren, een evaluatie plaatsvinden, zeker wanneer er een vorm van standaardisatie binnen een bedrijfstak optreedt. Leveranciers van meetapparatuur die menen dat hun apparatuur ook aan de eisen, gesteld in varkensstallen, voldoet, kunnen dit kenbaar maken aan het redactieadres, zodat in een volgende versie van deze bijlage dit aangepast kan worden,

Instrument	Fabrikant	Leverancier	Plaats
Hoofdstuk 2			
Foto-electr. cel		Technische Unie	Pb 117,2400 AC Alphen a/d Rijn
Activiteit meter		Vierpool	Pb 1501,3600 BM Maarssen
Hoofdstuk 3			
Bimetaal-thermometers	Lambrecht Thies	Bakker Leica	Pb 1235,3330 CE Zwijndrecht Pb 80,2280 AB Rijswijk
	Haenni Rueger	Hoekloos Tamson	Pb 663,1000 AR Amsterdam Pb 208,2700 AE Zoetermeer
Thermokoppel	Honeywell	Honeywell	Pb 12683,1100 AR Amsterdam
	Tempcontrol	Tempcontrol	Pb 481,2270 CL Voorburg
	Thermo-electra	Thermo-electra	Pb 73,2640 AB Pijnacker
	Thermo-electric	Thermo-electric	Pb 65,2360 AB Warmond
	Heraeus	Heraeus bv	Pb 34,3960 BA Wijk b.Duurstede
	Rössel	Rössel Ned. bv	Pb 2041,2400 CA Alphen ad Rijn
Thermistor thermometers	Comark	Nenimij	Pb 122,2700 AC Zoetermeer
	Drijf hout	Drijfhout	Pb 22666,1100 DD Amsterdam
Weerstand thermometers	YSI	Salm & Kipp	Pb 55,3620 AB Breukelen
	Testotherm	Testotherm bv	Pb 1026,1300 BA Almere
	Solomat	Hitma	Pb 175,1420 AD Uithoorn
Inf rarood thermometers	Siemens	Leica	Pb 80,2280 AB Rijswijk
	Testoterm	Siemens	Pb 16068,2500 BB Den Haag
Inf rarood thermometers	Digitap	Testoterm	Pb 1026,1300 BA Almere
	Kleiber	Digitap	Pb 21125202 CC Den Bosch
		Ai r-parts	Pb 255,2400 AG Alphen a/d Rijn

	Heimann	Mera Benelux	Pb 77,5056 ZH Berkel-Enschot
Temperatuur- zenders	TFDL-DL0	TFDL-DL0	Pb 356,6700 AJ Wageningen
Levens- nummers	Nedap TI SIS	Nedap TI SIS	Pb 9,7255 ZG Hengelo Pb 43,7600 AA Almelo Pb 422,7600 AK Aadorp

Hoofdstuk 4

Assmannpsy- chrometers	Lambrecht Thies Rössel	Bakker Leica Rössel Ned.	Pb 1235,3330 CE Zwijndrecht Pb 80,2280 AB Rijswijk Pb 2041,2400 CA Alphen a/d Rijn
Psychro- meters	Ultrakust E + H	Multitechnic Endress+Hauser	Pb 226,3720 AE Bilthoven Pb 5102,1410 AC Naarden
+ signaal	TFDL-DL0	TFDL-DL0	Pb 356,6700 AJ Wageningen
Thermohygro- grafen	Lambrecht Thies Haenni	Bakker Leica Hoekloos	Pb 1235,3330 CE Zwijndrecht Pb 80,2280 AB Rijswijk Pb 663,1000 AR Amsterdam
Cap. vocht- voelers	Rotronic Vaisala Coreci Testoterm	Proces & Milieu Leica o.a. Isted Testoterm	Pb 437,4100 AK Culemborg Pb 80,2280 AB Rijswijk Pb 155,2160 AD Lisse Pb 1026,1300 BA Almere

Hoofdstuk 5

Thermische anemometers	Alno/Thies Dantec Lambrecht Schiltknecht Casella	Leica Dantec El. bv Bakker Electromach Koenders Inst.	Pb 80,2280 AB Rijswijk Pb 2205,3440 DE Woerden Pb 1235,3330 CE Zwijndrecht Pb 175,7550 AD Hengelo Pb 4016,1200 LA Hilversum
Vleugelrad- anemometers	Lambrecht Schiltknecht Thies Testoterm Höntzsch Horst Siggelkov	Bakker Electromach Leica Testoterm van Vugt Wittich&Visser	Pb 1235,3330 CE Zwijndrecht Pb 175,7550 AD Hengelo Pb 80,2280 AB Rijswijk Pb 1026,1300 BA Almere Pb 403,1200 AK Hilversum Pb 19191,2500 CD Den Haag
Drukverschil opnemers	Valydine Rixen Mensor Dwyer Furness Druck Honeywell Hartmann&Braun Rosemount Keller Kavlico MKS	Depex Bakker van Essen Hitma Instrucal bv Druck Nederland Honeywell H&B Rosemount Difa Difa MKS	Pb 27, 3730AA De Bilt Pb 1235,3330 CE Zwijndrecht Pb 553,2600 AN Delft Pb 175,1420 AD Uithoorn Pb 37113,3005 LC Rotterdam Pb 232,2990 AE Barendrecht Pb 12683,1100 AR Amsterdam Pb 5072,2600 GB Delft Pb 196,3100 AD Schiedam Pb 3132,4800 DC Breda Pb 3132,4800 DC Breda Kalfjeslaan 40,2623 AJ Delft

Hoofdstuk 6

Gasdetectie- buisjes	Dräger Kitagawa SKC (NH,) Sabre	Dräger AMS Envicare Hoekloos	Pb 310, 2700 AH Zoetermeer Voorerf 4,4824 GN Breda Pb 319,1270 AH Huizen Pb 663,1000 AR Amsterdam
IRgas ana- lyse	Hori ba Horiba Fuji Hartmann&Braun Siemens ThiS ADC Brüel & Kjaer	Intechmij Priva Envico H&B Siemens ThiS Eijkelpamp B&K	Pb 187,1110 AD Diemen Pb 18,2678 ZG de Lier Pb 8,2380 AA Zoeterwoude Pb 5072,2600 GB Delft Pb 16068,2500 BB Den Haag Heerbaan 222, 4817 NL Breda Pb 4,6987ZG Giesbeek Pb 1205, 3430 BE Nieuwegein

Hoofdstuk 7

Meetventila- toren	Multifan Fancom EMI EMI	Multifan Fancom EMI Itho	Pb 3025,5902 RA Venlo Pb 71315980 AC Panningen Pb 8100,3503 RC Utrecht Pb 21,3100 AA Schiedam
-----------------------	----------------------------------	-----------------------------------	--

Hoofdstuk 8

Rook- apparaat	Minimist “	Scan-Air BV Koenders Instr.	Karstraat 35,5451 AW Mill Pb 4016,1200 LA Hilversum
Rookbuisjes	Dräger Kitagawa	Dräger AMS	Pb 310, 2700 AH Zoetermeer Voorerf 4,4824 GN Breda

Een voorbeeld van een digitaal handinstrument, waarop diverse meetvoelers (achtereenvolgens) kunnen worden aangesloten, is hieronder gegeven. Hiermee kunnen ook gemiddelde, maximum en minimum meetwaarde worden bepaald.

Eenheid	Meetbereik*)	Nauwk. heid*)	Prijs (ex.BTW)
Digitale basiseenheid Pt-100	voelerafh.		f 1950,-
temp.voeler	-80/+ 150 °C 0 °C (DIN)	0,3 °C bij	f 375,-
Thermokoppelvoeler	-80/+600 °C 0 °C	0,8 °C bij	f 250,-
Capacit. R.V.-voeler	0-98 %R.V.	2 “ 3 %R.V.	f 900,-
Thermische anemometer	0,01-12 m/s	2 %_ 0,1m/s	
Vleugelradanemometer	0,5 -40 m/s	2% _ 0,1m/s	ff 1350,-1350,-
Drukmeter (voor pitot)	1,5-100 m/s	1%0 ₁	f 1350,-

Er bestaat ook de mogelijkheid het instrument voor de meting van toerental te gebruiken.

*) Volgens de fabrikant

Een dergelijk instrument biedt aantrekkelijke mogelijkheden met betrekking tot de opslag en de verdere verwerking van de verzamelde meetgegevens. Het zal duidelijk zijn dat een instrument eerst via een wat uitgebreidere evaluatie aangetoond moet hebben aan zijn specificaties te voldoen, voordat het voor de gebruiker interessant wordt de gemeten waarden in zijn computer te stoppen.

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN

PUBLISHED RESEARCH REPORTS

Proefverslag P 1.1

“Toepassing van een onderkomen in de Veluwestal”

Proefverslag P 1.2

“Mogelijkheden tot verbouwing van volledig roostervloerstallen tot gedeeltelijk rooster- vloer- en kistenstallen voor mestvarkens”.

Proefverslag P 1.3

“Vergelijking van de kistenstal en de volledig roostervloerstal voor mestvarkens”.

Proefverslag P 1.4

“De Turbomat voerautomaat in vergelijking met de droogvoerbak bij mestvarkens”.

Proefverslag P 1.5

“Het effect van speenkorrel en babybiggenkorrel (vanaf ± 2 weken na spenen) op de opfok- en mestresultaten”.

Proefverslag P 1.6

“De systematische verschillen in bedrijfsresultaten op varkenshouderijbedrijven”.

Proefverslag P 1.7

“Wel of geen verwarming in halfroostervloerstallen”.

Proefverslag P 1.8

“De invloed van één- of tweemaal insemineren in dezelfde bronstperiode op de vruchtbaarheid van zeugen”.

Proefverslag P 1.9

“Vergelijking van drie luchtinlaatsystemen bij mestvarkens”.

Proefverslag P 1.10

“Verloop van groei en voederconversie tijdens de mestperiode”.

Proefverslag P 1.11

“De invloed van de volgorde van onbepert voeren op de mesterijresultaten van vleesvarkens”.

Proefverslag P 1.12

“Vergelijking van brijvoeding m.b.v. een volautomatische brijvoerinstallatie met droogvoeding via de droogvoederbak”.

Proefverslag P 1.13

“Methode voor een economische evaluatie van bedrijfsaanpassingen in de varkenshouderij”.

Proefverslag P 1.14

“Praktijkonderzoek naar groepshuisvesting van zeugen in combinatie met een krachtvoerstation”

Proefverslag P 1.15

“Het voeren van Corn-Cob-Mix in brijvorm aan mestvarkens”

Proefverslag P 1.16

“Het mesten van beren”

Proefverslag P 1.17

“Vergelijking van twee brijvoersystemen en twee water/voerverhoudingen voor mestvarkens”

Proefverslag P 1.18

“Het effect van direct beercontact bij gelten”

Proefverslag P.1.19

“Ervaringen met grondbuisventilatie in een kraamafdeling”

Proefverslag P. 1.20

“Huisvesting van gespeende biggen buiten het kraamopfokhok”

Proefverslag P.1.21

“De invloed van de voersoort tijdens de zoogen opfokperiode op de opfokresultaten van biggen”

Proefverslag P.1.22

“Voorstudie naar mogelijkheden van procesbesturingen in de varkenshouderij in de jaren negentig”

Proefverslag P 1.23

“Vergelijking van drie- met viermaal daags voeren van mestvarkens m.b.v. een volautomatische brijvoerinstallatie”

Proefverslag P 1.24

“Opfok- en mesterijresultaten van beren en borgen”

- Proefverslag P 1.25
"Drinkwatervoorziening voor gespeende biggen"
- Proefverslag P 1.26
"Nestverwarmingssystemen voor zogende biggen: gebruikservaringen en energieverbruik"
- Proefverslag P 1.27
"Beroepsuitoefening door varkenshouders"
- Proefverslag P 1.28
"Verschillen tussen praktijkbedrijven in voeding van zeugen en biggen"
- Proefverslag P 1.29
"Economische verkenningen naar het perspectief van poliklinische kraamhokken"
- Proefverslag P 1.30
"Invloed van de voerverdeling tijdens de dracht op de produktieresultaten van zeugen"
- Proefverslag P 1.31
"Aflleveren mestvarkens"
- Proefverslag P 1.32
"Waterverbruik bij onbepert gevoerde varkens"
- Proefverslag P 1.33
"Lysine- en energiegehalte in vleesvarkensvoer"
- Proefverslag P 1.34
"Invloed van voeding van biggen en slachtvarkens op groei en karkaskwaliteit"
- Proefverslag P 1.35
"Opfok gespeende biggen"
- Proefverslag P 1.36
"Inseminatie van opfokzeugen bij eerste bronst of tweede bronst"
- Proefverslag P 1.37
"Vergelijking tussen twee plafondventilatiesystemen en werkgangventilatie bij mestvarkens"
- Proefverslag P 1.38
"Wel of niet aanbinden van zeugen in het kraamopfokhok"
- Proefverslag P 1.39
"Periodiek werk op zeugenbedrijven, het weekschema en alternatieven"
- Proefverslag P 1.40
"Bedrijven met Scharrelvarkens. Een enquête onder bedrijven met scharrelvarkens in 1988"
- Proefverslag P 1.41
"Kwaliteitsverschillen bij biggen en vleesvarkens"
- Proefverslag P 1.42
"Opfok van gespeende biggen"
- Proefverslag P 1.43
"Klimaatsnormen voor varkens"
- Proefverslag P 1.44
"Kwaliteitsverschillen bij biggen en mogelijkheden tot meten en uitbetalen"
- Proefverslag P 1.45
"Brijvoeding gespeende biggen"
- Proefverslag P 1.46
"Ruwe celstofrijke voeders voor dragende zeugen"
- Proefverslag P 1.47
"Toepassing van biobedden in de varkenshouderij"
- Proefverslag P 1.48
"Toevoeging van Calprona-P aan biggenvoeders"
- Proefverslag P 1.49
"Ontsloten gerst en Borcilac in biggenvoeders"
- Proefverslag P 1.50
"De invloed van het aantal zaadcellen per inseminatie op de reproductie-resultaten bij varkens"
- Proefverslag P 1.51
"Mestscheiden onder de roosters"
- Proefverslag P 1.52
"Invloed van granen in het voer op de produktiviteit van zeugen"
- Proefverslag P 1.53
"Lysine- en eiwitgehalte in vleesvarkensvoer bij driefasenvoeding"

Proefverslag P 1.54
"Praktijkonderzoek naar groepshuisvesting van drachtige zeugen anno 1990"

Proefverslag P 1.55
"Buitenopslag van varkensmest"

Proefverslag P 1.56
"Vergelijking brijbak/droogvoerbak bij gespeende biggen"

Proefverslag P 1.57
"Hokvorm en hokuitvoering voor groeiende varkens; een synthese"

Proefverslag P 1.58
"Praktijkervaringen met de K² stal"

Proefverslag P 1.60
"Bedrijfscontrôle ten aanzien van het voorkomen van de ziekte van Aujeszky"

Proefverslag P 1.61
"Voerligboxsysteem, aanbindboxsysteem en groepshuisvestingssysteem vergeleken"

Proefverslag P 1.62
"Mestscheiden door bezinken"

Proefverslag P 1.63
"Huisvestingstrajecten voor biggen en vleesvarkens"

Proefverslag P 1.64
"De invloed van beperking van de drinktijd op het waterverbruik en technische resultaten bij mestvarkens"

Proefverslag P 1.65
"Porcine parvovirus"

Proefverslag P 1.66
"Informatiemodel Technisch Model Varkensvoeding"

Proefverslag P 1.67
"Het effect van het lysine/eiwit gehalte in het voer voor lacterende zeugen op de prestaties van de zeugen en hun biggen"

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 15,00 per verslag over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer.

U kunt zich ook abonneren op het periodiek PRAKTIJKONDERZOEK VARKENSHOUDE-RIJ. U ontvangt dan 6 keer per jaar een perio- diek met daarin de resultaten van het onder- zoek. U heeft dan de mogelijkheid om onder- zoeksverslagen gratis te bestellen. Boven- dien ontvangt u de jaarverslagen van de regionale proefbedrijven en het Proefstation gratis. U kunt zich hierop abonneren door f 45,— over te maken op postgirorekening- nummer 51.73.462 ten name van het Proef- station voor de Varkenshouderij, Lunerkamp- weg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermel- ding van POV, Nieuw abonnement