



PraktijkRapport Varkens 43

Buitenklimaatstal voor vleesvarkens



Januari 2006

Varkens





Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238 238
Fax 0320 - 238 050
E-mail info.po.asg@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

© Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

ISSN 1570 - 8608
Eerste druk 2006
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

Abstract

Cost price reduction is an important item in pig husbandry. The outdoor climate housing system claims a reduction of costs for housing and energy for ventilation and heating and to keep the cost price at a competitive level. This type of housing is tested on research farm of Wageningen University and Research Centre in Sterksel. These test resulted in lower housing costs but in poorer technical result leading to a higher cost price. Although improvements of the system will probably increase technical results the expectation is that outdoor housing systems will not be introduced in the Netherlands a large scale.

Key words: Outdoor climate housing, finishing pigs, cost price

Referaat

ISSN 1570 - 8608

Dooren, H.J.C. van, A.H.A.M. van Bussel-
van Lierop, J. Achten
Buitenklimaat voor vleesvarkens (2006)
PraktijkRapport Varkens 43
62 pagina's, 14 figuren, 15 tabellen

Kostprijsbeheersing blijft een belangrijk thema binnen de vleesvarkenhoudery. Door vermindering van de kosten voor huisvesting en energieverbruik kan concurrerend worden geproduceerd. De buitenklimaatstal biedt goedkope huisvesting met vrijwel geen energieverbruik voor ventilatie en verwarming. Deze vorm van huisvesting is getest op praktijkcentrum Sterksel. De kosten voor huisvesting waren inderdaad lager en ook de energiekosten kunnen lager uitvallen wanneer een aantal wijzigingen in het ontwerp worden doorgevoerd. De tegenvallende technische resultaten zorgden echter voor een hogere kostprijs. Het is daardoor niet waarschijnlijk dat, ook bij verbetering van het ontwerp, de buitenklimaatstal een grote vlucht zal nemen binnen de vleesvarkenhoudery in Nederland.

Trefwoorden: buitenklimaatstal, klimaatbeheersing, vleesvarkens, kostprijs



PraktijkRapport Varkens 43

Buitenklimaatstal voor vleesvarkens

Outdoor climate housing for finishing pig

H.J.C. van Dooren
A.H.A.A.M. van Bussel-van Lierop
J. Achten

Januari 2006

Voorwoord

De buitenklimaatstal in Sterksel maakte onderdeel uit van twee projecten. Allereerst het PVV-project rond klimaatbeheersing in goedkope huisverstingsystemen voor vleesvarkens. Daarin werd gezocht naar een goedkopere bouwwijze om de kostprijs te verlagen zonder dat de klimaatsbeheersing daarmee in het geding kwam. Daarnaast was de buitenklimaatstal ook onderdeel van het EDV-project (economisch duurzame varkenshouderij) waarin naast de buitenklimaatstal nog drie andere huisvestingssystemen op economische prestaties beoordeeld werden.

Deze rapportage is in eerste instantie bedoeld als verslaglegging voor het eerste project. Het rapport is grotendeels gebaseerd op het studentenverslag van Jeroen Achten die in het kader van zijn studie veeteelt aan Wageningen Universiteit een afstudeervak binnen het project heeft gedaan.

In het kader van het EDV-project is in een eerder stadium een internetrapportage beschikbaar gekomen. Deze is te vinden op www.pv.wur.nl/edv

Bij deze worden alle medewerkers van Praktijkcentrum Sterksel hartelijk bedankt voor de inzet en bijdrage in dit project.

Samenvatting

De varkenshouderij in Nederland wordt in toenemende mate geconfronteerd met goedkopere productie uit het buitenland. Aanvullende eisen in Nederland op gebied van welzijn en gezondheid brengen extra kosten met zich mee. Om in de toekomst te kunnen blijven bestaan zal de kostprijs omlaag moeten. Om de kostprijs te verlagen is het interessant om bij het bouwen van een nieuwe stal te kiezen voor een stal met een goedkope ruwbouw en een lager energieverbruik. Eén van de mogelijkheden is het bouwen van een buitenklimaatstal. De kistenstal is ook een buitenklimaatstal. In deze kistenstal maakt men gebruik van kisten, ook wel onderkomens genoemd, en natuurlijke ventilatie.

Om te kunnen beoordelen of de kistenstal met drijfmest een interessant concept is voor de Nederlandse varkenshouderij is op Praktijkcentrum Sterksel een buitenklimaatstal gebouwd die voldoet aan de Nederlandse eisen voor welzijn en milieu. De klimaatregeling van zowel het microklimaat in de onderkomens als het macroklimaat in de stal, is geheel geautomatiseerd. De ventilatie van het macroklimaat (stal) werd geregeld door gordijnen. Het microklimaat (de onderkomens) werd geventileerd met overdruk. Een ventilator blies lucht via een pvc-buis met een horizontale sleuf de kist in. Vloerverwarming in de onderkomens zorgde voor een aangename ligplek.

In het totaal zijn er vier mestronden gedraaid. Om een indruk te krijgen van het klimaat zijn de temperaturen in zowel de onderkomens als de stal, de ventilatie, de verwarming en het CO₂-gehalte in de buitenklimaatstal gemeten. Verder is er gekeken naar het gedrag van de varkens, de hokbevuiling, de benodigde arbeid, de technische en de economische resultaten.

Het klimaat functioneerde niet optimaal. De temperatuur in de onderkomens schommelde behoorlijk. De temperatuur in de onderkomens was in de koude maanden vaak te laag en in warme maanden soms te hoog. De vloerverwarming en de ventilatie van het microklimaat leken geen effect te hebben op de temperatuur in de onderkomens. De sterke luchtstroom aan het uiteinde van de pvc-buis zorgde voor plaatselijke tocht in de onderkomens. Dit had waarschijnlijk invloed op de hokbevuiling en de gezondheid van de varkens. De gewenste staltemperatuur was te laag. De gordijnen werden aangestuurd op basis van staltemperatuur. Daardoor konden de gordijnen ook bij hoge windsnelheden open staan met als gevolg tocht in de stal. Deze tocht zou invloed gehad kunnen hebben op de gezondheid van de varkens. De dwarse opstelling van de hokken ten opzichte van de openingen in de zijkant zorgde voor een verschillend klimaat per hok. In de onderkomens zonder ernstige bevuiling in de kist leek de luchtkwaliteit in orde te zijn.

Het percentage varkens dat gedurende de dag in het onderkomen verbleef, was te laag. De mate van hokbevuiling was onacceptabel. Het zuiver maken van de hokken kostte extra arbeid. De technische resultaten van de buitenklimaatstal vielen ook tegen in vergelijking met het landelijk gemiddelde in Nederland. Wel waren de bouwkosten van de buitenklimaatstal 14% lager dan van een conventionele stal. De lagere kosten voor huisvesting wogen echter niet op tegen de hogere kosten voor arbeid, voer, gezondheid, uitval en overig (onder andere energie). Gezien de slechtere technische resultaten en de hogere kosten lijkt het economisch niet interessant om een buitenklimaatstal te bouwen in plaats van een conventionele stal.

Verbetering van de technische en economische resultaten zijn waarschijnlijk mogelijk. De klimaatinstellingen kunnen verder geoptimaliseerd worden. Door gebruik te maken van donkere flappen in plaats van transparante flappen ter afsluiting van de kist en het plaatsen van de brijbakken zo dicht mogelijk bij de kist, zou men het gedrag van de varkens kunnen verbeteren. In Duitsland legt men in het begin van de mestrond in het hok een dubbel aantal biggen op en bevinden de kisten zich tegen de muur aan de zijkanten die open zijn. Het klimaat in zowel het onderkomen als stal, het gedrag van de varkens, de technische en de economische resultaten kunnen hierdoor positief beïnvloed worden. Pas dan is de buitenklimaatstal wellicht een interessant alternatief wordt voor een conventionele stal.

Summary

Dutch pig farmers have to deal with increasing cheaper production from foreign countries. Extra demands for welfare and health in The Netherlands raises production costs. To survive in the future it is necessary to reduce the cost price. To do so, it is interesting to focus on lower building cost and energy costs. One of the possibilities is an outdoor climate housing. In this system an insulated shelter is used in a naturally ventilated stable.

To see whether the housing system with outdoor climate is an interesting concept for the Dutch pig farmers, a stable was built at Pig Research Centre in Sterksel, The Netherlands, that meets the Dutch legislation and demands for welfare and environment. The climate control of the micro-climate in the shelters and macro-climate in the rest of the stable was fully automated. The ventilation of the macroclimate (stable) was regulated by the curtains. The microclimate was ventilated by overpressure. A ventilator blew air through a pvc-tube with a horizontal slot into the kennel. Floor heating in the shelters created a comfortable place to lie down.

Four rounds were monitored. To get an impression of the climate the temperatures of the micro- and macroclimate, the ventilation, the heating and CO₂-rate in the outdoor climate stable was measured. Also the behaviour, the contamination of the floor, the labour demand and the technical and the economical results were measured and calculated.

The indoor climate was not optimal. The temperature in the shelters fluctuated considerably. The temperature in the shelters was in the cold months too low and in the warm months sometimes too high. The floor heating and ventilation in the shelters did not seem to have any influence on the temperature in the shelter. The strong air stream at the ends of the pvc-tube created a local draught in the shelter. This had probably a big influence on the contamination of the floor and the health of the pigs. Also the air temperature in the rest of the stable was too low. The movement of the curtains was only controlled on basis of temperature. Therefore the curtains could stand open at high wind speeds. This resulted in a draught which probably had an considerable effect on the health of the pigs. The orientation of the shelters (rotated compared to a conventional housing system with regard to the openings in the sides of the building) resulted in a variable climate in the different pens. In the pens without severe floors contamination the air quality seemed to be okay.

The percentage of pigs that stayed in the shelter during the day was too low. The amount of contamination of the floor was unacceptable. Cleaning of the floor demanded extra labour. The technical results of the outdoor climate stable were disappointing in regard to the Dutch national average. The building costs of the outdoor climate stable however were 14% lower than the building costs of a conventional stable. The lower costs for housing did not balance against the higher costs for labour, feed, health, loss and remaining costs (e.g. energy). Considering the low technical results and the higher costs it unlikely that the outdoor climate housing system, even with improvements can compete with the traditional housing systems for finishing pigs.

Probably improvements of the technical and economical results are possible. The settings of the climate computer can be further optimised. Using dark rubbers in stead of transparent rubbers to shut off the shelters from the rest of the stable and moving the feeding trough closer to the shelters, could improve the behaviour of the pigs. In Germany at the beginning of a round a double amount of pigs is placed one pen and the shelters are located against the outdoor walls so that they can be ventilated directly. This will probably improve the micro- and macroclimate, the behaviour of the pigs, the technical and the economical results. Maybe then the outdoor climate stable could be an interesting alternative for a conventional stable.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	9
1.1	Leeswijzer	10
2	Literatuuronderzoek	11
2.1	Klimaat	12
2.2	Stof	14
2.3	Gassen en Geur	15
2.4	Gedrag	16
2.5	Hokbevuiling	16
2.6	Technische resultaten	18
2.7	Gezondheid	19
2.8	Arbeid	20
2.9	Economische resultaten	21
3	Materiaal en Methoden	23
3.1	Beschrijving van de buitenklimaatstal	23
3.2	Klimaatinstallatie en regeling	24
3.3	Instellingen microklimaat	25
3.4	Waarnemingen	25
4	Resultaten	29
4.1	Klimaat	29
4.2	Rookproeven	31
4.3	CO ₂ -meting	31
4.4	Gedrag	32
4.5	Hokbevuiling	32
4.6	Technische resultaten	32
4.7	Energie- en waterverbruik	33
4.8	Arbeidstijdregistraties	34
4.9	Economische resultaten	34
5	Discussie	36
5.1	Klimaat	36
5.2	Gedrag	38
5.3	Hokbevuiling	38
5.4	Technische resultaten	39
5.5	Energie- en waterverbruik	39
5.6	Arbeid	40
5.7	Economische resultaten	41
6	Conclusie	43
7	Aanbevelingen	44
	Literatuur	45
	Bijlage 1 Overzicht verschillende buitenklimaatssystemen	48

Bijlage 2	Standaard uitvoering Duitse buitenklimaatstal	49
Bijlage 4	Pig-post als drijfmeststelsysteem	51
Bijlage 5	Overzicht stalklimaat en luchtkwaliteit buitenklimaatstal buiten kist.....	52
Bijlage 6	Overzicht stalklimaat en luchtkwaliteit buitenklimaatstal in kist	53
Bijlage 7	Ontwerp van onderkomens.....	54
Bijlage 8	Overzicht varianten bij economische berekeningen	55
Bijlage 9	Ventilatiemogelijkheden in onderkomens.....	56
Bijlage 11	Protocol rookproeven Buitenklimaatstal Sterksel	59
Bijlage 12	Plattegronden en aanzichten	60
Bijlage 12	Plattegronden en aanzichten (vervolg)	61

1 Inleiding

De Nederlandse varkenshouder wordt in toenemende mate geconfronteerd met productie uit andere landen en zal steeds moeten proberen tegen een concurrerende kostprijs te produceren. Tevens heeft de varkenshouderij te maken met aanvullende eisen op het gebied van welzijn (varkensbesluit, mogelijk verplicht gebruik van stro en/of strooisel, groter leefoppervlak) en diergezondheid. Het voldoen aan deze (markt)eisen brengt extra kosten met zich mee. Om in de toekomst te kunnen blijven concurreren met het buitenland moet de kostprijs omlaag of de opbrengstprijs omhoog. Een hogere opbrengstprijs lijkt niet haalbaar vanwege de goedkopere productie in het buitenland. Vandaar dat kostprijsverlaging in Nederland het meest voor de hand ligt.

Een mogelijkheid om kosten te besparen is om bij nieuwbouw te kiezen voor een stal met goedkope ruwbouw en een lager energieverbruik. Het reduceren van de bouwkosten is interessant omdat in de gangbare vleesvarkenshouderij ongeveer 11% van de kostprijs veroorzaakt wordt door de kosten voor huisvesting (LTO, 2005). Door gebruik te maken van kisten en/of natuurlijke ventilatie zou men kunnen besparen op de bouwkosten en het energieverbruik. Om de bouwkosten en het energieverbruik verder te verlagen kan gekozen worden voor het weglaten van de verwarming.

Het klimaat in een stal met kisten, natuurlijke ventilatie en geen verwarming is in grote mate afhankelijk van het klimaat buiten de stal. Zo'n stal staat daarom beter bekend als een buitenklimaatstal. De kistenstal valt ook onder de groep buitenklimaatstallen. In een kistenstal wordt gewerkt met een gescheiden microklimaat in de kisten en een macroklimaat in de rest van de stal. Er kunnen hierdoor andere eisen worden gesteld aan de isolatie van het stalgebouw, aan de capaciteit en/of de aanwezigheid van een verwarmingsinstallatie.

Buitenklimaatstallen voor vleesvarkens worden in Duitsland al op relatief grote schaal gebruikt tegen tegen investeringskosten van circa € 300 à € 400 per vleesvarkensplaats. In deze zogenaamde "Außenklimaställen" worden echter geen afdelingen toegepast en komt het regelmatig voor dat dieren van alle gewichten door elkaar heen liggen. Ook is de beheersbaarheid van het klimaat, meestal gebaseerd op handmatige instellingen van luchtinlaatkleppen, gordijnen of spaceboards, minder dan is een volledig geautomatiseerde stal. Voor het behalen van goede technische resultaten moet het klimaat op dierniveau (in de kist) echter optimaal zijn. Vandaar dat de technische resultaten van de buitenklimaatstallen in Duitsland ten opzichte van de gangbare vleesvarkenshouderij in Nederland tegenvallen.

Het concept "buitenklimaatstal" heeft in Nederland waarschijnlijk alleen perspectief als de beheersbaarheid van het klimaat op dierniveau automatisch geregeld is en er all-in all-out per stal of per afdeling toegepast kan worden. Hierdoor zouden vergelijkbare technische resultaten moeten kunnen worden gehaald als in de gangbare vleesvarkenshouderij. Bovendien dient het stalsysteem te voldoen aan de Nederlandse ammoniakwetgeving en welzijns-eisen, welke criteria stellen aan de roostervloer en het emitterende oppervlak.

Om te onderzoeken of er een toekomst is voor de buitenklimaatstal in Nederland is het Praktijkonderzoek Veehouderij in 2003 in opdracht van het PVV een onderzoeksproject gestart. In dit project is het principe van de Duitse "Außenklimastall" verder ontwikkeld met als resultaat dat er begin 2003 een buitenklimaatstal is gebouwd op Praktijkcentrum Sterksel die voldoet aan de Nederlandse eisen voor welzijn en milieu. De inschatting van tevoren was dat de bouwkosten zo'n 20% lager zouden zijn dan de bouwkosten van een traditionele stal, en dat de energiekosten minder dan € 1 per dierplaats per jaar zouden bedragen (traditioneel is dit circa € 5).

Gedurende vier productieronden is er op Praktijkcentrum Sterksel gekeken naar het technisch, economisch en praktisch functioneren van de buitenklimaatstal. Verder is er door middel van een literatuuronderzoek en bedrijfsbezoeken meer informatie verzameld over onder andere de technische resultaten en bouwkosten, die in de Duitse praktijk met een buitenklimaatstal gerealiseerd worden. Het doel van het onderzoek is dan ook te inventariseren wat de technische en economische haalbaarheid is van een buitenklimaatstal onder Nederlandse omstandigheden.

Onderzoeksvragen die aan bod zullen komen zijn:

- Zorgt de klimaatregeling in de buitenklimaatstal voor het gewenste klimaat?
- Vertonen de varkens in de buitenklimaatstal het gewenste gedrag?
- Zijn de technische resultaten van de buitenklimaatstal acceptabel?
- Is de buitenklimaatstal economisch rendabel?

De hypothese is dat door een optimaal klimaat in de kist de technische resultaten van de buitenklimaatstal vergelijkbaar zijn met de technische resultaten van een conventionele stal. Door de lagere bouwkosten en het lagere energieverbruik van de buitenklimaatstal ten opzichte van de conventionele stal worden dan kosten bespaard en is de buitenklimaatstal economisch aantrekkelijker dan de conventionele stal.

1.1 Leeswijzer

De opbouw van dit rapport ziet er als volgt uit. In hoofdstuk 2 wordt met behulp van literatuur gekeken naar wat er tot nu toe bekend is over de buitenklimaatstal. Vervolgens komen in hoofdstuk 3 materiaal en methode van het onderzoek aan bod. Daarna worden in hoofdstuk 4 de resultaten weergegeven gevolgd door een discussie over de resultaten van het onderzoek in hoofdstuk 5. Tot slot komen worden in hoofdstuk 6 de conclusies en aanbevelingen gepresenteerd.

2 Literatuuronderzoek

In de jaren negentig ontstond er steeds meer weerstand onder de Duitse varkenshouders tegen de toenemende technologische ontwikkelingen en de verregaande intensivering in de varkenshouderij. Dit kwam onder meer door de hoge investeringskosten en de afnemende maatschappelijke acceptatie ten opzichte van de varkenssector. In de praktijk kwamen bouwkosten per vleesvarkensplaats voor die opliepen tot € 715 per varkensplaats (Wiedmann, 1997). Verder vonden steeds meer burgers en varkenshouders dat men in de varkenshouderij was voorbij geschoten aan de gezondheid en het welzijn van mens en dier. Dit deed de vraag naar huisvestingsalternatieven rijzen.

Eén van de alternatieven is de buitenklimaatstal. In de buitenklimaatstal wordt gewerkt met natuurlijke ventilatie. Het klimaat in de stal is in grote mate afhankelijk van het buitenklimaat, vandaar de naam buitenklimaatstal. Het isoleren van het dak, de muren en het verwarmen van de hele stal worden achterwege gelaten. Bij natuurlijke ventilatie wordt er geen gebruik gemaakt van ventilatoren. Het ontbreken van isolatie, verwarming en ventilatoren in een stal verlagen de bouwkosten per vleesvarkensplaats aanzienlijk. Het weglaten van de verwarming en de ventilatoren heeft verder ook invloed op de variabele kosten voor energie (gas en elektra). De verwachting is dat in de komende jaren de prijzen voor energie zullen blijven toenemen waardoor de besparing op energie belangrijk wordt. Door het open karakter van de stal en de betere luchtkwaliteit (ammoniak en stof) voor mens en dier (Haidn *et al.*, 1999) heeft de buitenklimaatstal in Duitsland een breder maatschappelijk draagvlak dan de gangbare stallen in de vleesvarkenshouderij.

Voornamelijk in Zuid-Duitsland is er onderzoek gedaan naar de buitenklimaatstal. Dit heeft te maken met het feit dat in deze regio zich veel kleine familiebedrijven bevonden die zich vooral gespecialiseerd hadden in de zeugenhouderij. Deze bedrijven kwamen door de dalende inkomsten in de zeugenhouderij financieel onder druk te staan. Om te kunnen continueren moest er geïnvesteerd worden. Probleem was dat de meeste bedrijven weinig kapitaal hadden om zwaar te investeren en door wetgeving was het bijna onmogelijk om dicht in de buurt van het dorp uit te breiden. Men zocht dus naar goedkope oplossingen die haalbaar waren binnen de bestaande wet- en regelgeving. Een buitenklimaatstal voor vleesvarkens op een grote afstand van het dorp was een oplossing. Het zelf afmesten van de biggen leverde hogere inkomsten op en de extra arbeid die nodig was voor het verzorgen van de vleesvarkens was op te vangen met het bestaande personeel. Het bouwen van een stal op grote afstand van het dorp leverde meestal geen hinder op (Haidn *et al.*, 1999). Daar kwam nog bij dat men geen dure aansluiting op het stroomnetwerk nodig had voor de werkzaamheden in de buitenklimaatstal. Een lichte stroomgenerator was voldoende om de voerinstallatie en de lier voor de kisten te bedienen.

In de loop der jaren zijn verschillende soorten buitenklimaatstallen ontwikkelde zoals de potstal, de "Schrägbodenstal", de kistenstal met en zonder strooisel en de Pig-port (zie bijlage I, II, III en IV). Dit literatuuronderzoek is gericht op de kistenstal met drijfmest en zonder strooisel (bijlage I, II). Deze buitenklimaatstal is het meeste gebouwd en er is veel informatie over bekend. In Duitsland ziet een standaard kistenstal er ongeveer als volgt uit (Wiedmann, 1997; Baey-Ernsten en Haidn, 2004; Lüpfer, 2004):

- De lengte van de stal staat dwars op de windrichting, dat is over het algemeen in Noord-Zuid richting (rekening houdend met zaken die de hoofdwindrichting kunnen beïnvloeden zoals bosranden en bijgebouwen).
- Door hoge geuremissie op korte afstand van de stal, is het verstandig om de buitenklimaatstal te bouwen in het buitengebied.
- De breedte van de stal is 12 tot 14 meter. De lengte van de stal is maximaal 80 meter in verband met horizonvervuiling.
- De hoogte van de zijmuur is 3 meter, de hoogte van de nok is 6 meter en dakhelling bedraagt 23°.
- De opbouw van de zijmuur ziet er van beneden naar boven als volgt uit; 0,1 meter luchtinlaat (afsluitbaar), 1 meter gesloten, 1,9 meter spaceboards (0,05 tot 0,07 meter brede planken daartussen een afstand van 0,010 tot 0,015 meter) of windbreekgaas.
- Het dak steekt 1 meter uit ten opzichte van de zijmuur om regeninslag te voorkomen.
- De controlegang is in het midden van de stal en ongeveer 1 à 1,2 meter breed.
- De kisten bevinden zich tegen de zijmuur zodat de buitenlucht niet direct bij de dieren kan komen.
- Het hoogteverschil tussen de dichte vloer en de roosters is circa 0,03 meter.
- De kist is 2,5 bij 2,5 meter groot en 1 meter hoog. Voor de kist ligt ongeveer 0,5 meter dichte vloer. De bodem is een dichte geïsoleerde vloer en heeft een verval van 4% naar de roosters. De achterwand valt naar binnen in een hoek van 45° tot 60°. Tussen de achterwand en de bodem is een opening van ongeveer 0,08 meter. Deze dient als luchtinlaat voor de ventilatie van de kist. De deksel en de achterwand zijn meestal gemaakt van sandwichelementen. De deksel is te openen met een lier. De tussenmuren hoeven niet geïsoleerd te zijn. De voorkant van de kist is afgesloten door donkere kunststofflappen.

- De waterleidingen lopen door de kisten en het water wordt door een pomp continue rondgepompt om in de winter bevrozing te voorkomen.
- Meerdere voer- en meststelsystemen zijn mogelijk.

2.1 Klimaat

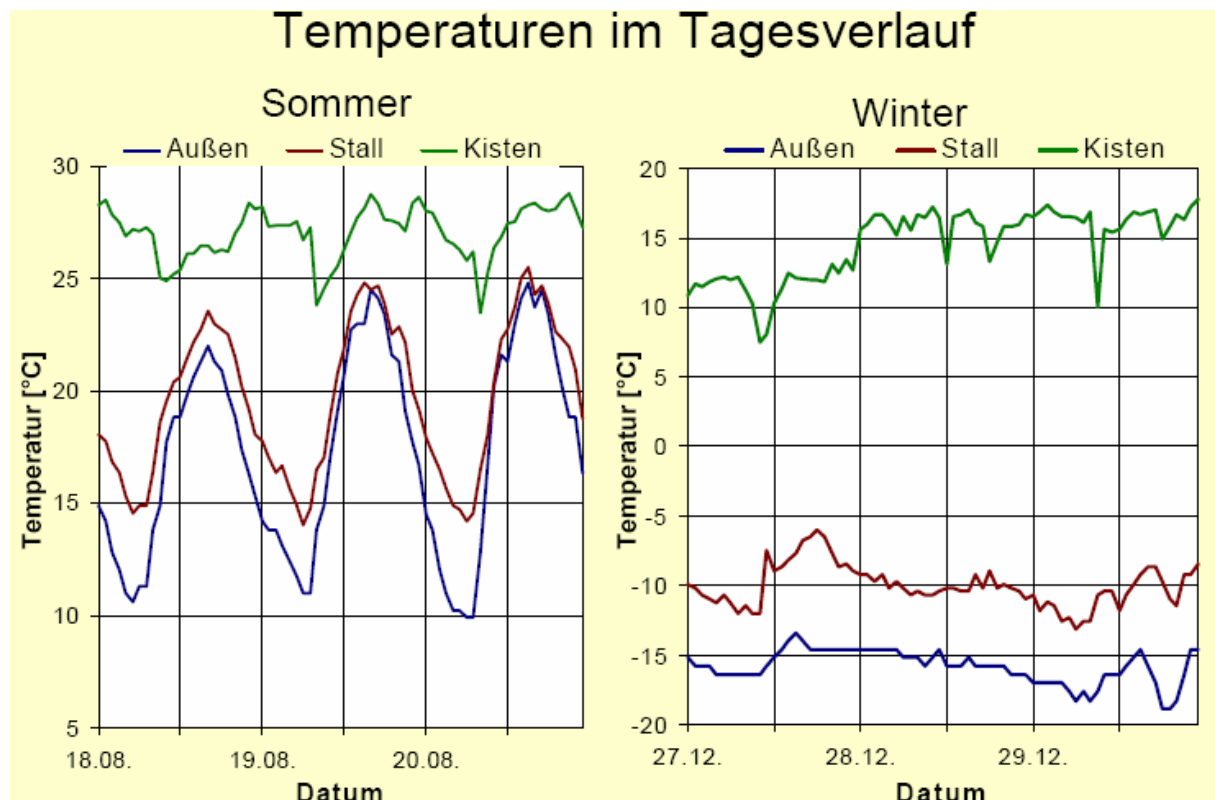
Haidn *et al.* (2000) hebben in de periode van 1996 tot en met 2000 een experiment uitgevoerd met als doel een realistische en betrouwbare vergelijking te maken tussen de buitenklimaatstal (kistenstal met en zonder stro) en de conventionele stal (70% roostervloer) in Duitsland. Daarvoor werd op een bestaande bedrijfslocatie een buitenklimaatstal gebouwd naast een conventionele stal. De bedrijfsvoering van zowel de conventionele stal als de buitenklimaatstal werd door dezelfde boer uitgevoerd. Zo konden een groot deel van milieu- en managementeffecten worden uitgeschakeld.

In dit onderzoek werd onder andere het stalklimaat tussen de buitenklimaatstal en de conventionele stal vergeleken. In Figuur 1 is te zien hoe de temperatuur op extreme dagen in de kisten, in de stal en buiten zich ten opzichte van elkaar verhouden. Op warme dagen was er nauwelijks verschil tussen de buiten- en staltemperatuur. De temperatuur in de kisten bleef ondanks de grote variatie in buiten- en staltemperatuur vrij constant. In de winter was het verschil tussen staltemperatuur en de temperatuur in de kisten groter dan in de zomer en de staltemperatuur was enkele graden hoger dan de buitentemperatuur.

De temperatuur in de buitenklimaatstal was gemiddeld over het hele jaar 3°C tot 4°C hoger dan buiten. Een temperatuur in de stal onder de 0°C kwam nagenoeg niet voor (in 1998 0,7% < 0°C, in 1999 1,1% < 0°C). In de conventionele stal was de gemiddelde temperatuur 11°C hoger dan buiten en de waarden lagen voor 88% tussen de 15°C en 25°C. Het gedeelte van de staltemperatuur dat gedurende een jaar boven de 25°C lag was bij beide staltypen 5%. De staltemperatuur van de buitenklimaatstal lag voor 95% tussen de 0°C en 25°C. In de kist bleef de temperatuur voor 90% tussen de 15°C en 25°C. De luchtvochtigheid was gemiddeld 60% in zowel de buitenklimaatstal als de conventionele stal.

Hauser en Mayer (2001) vergeleken in hun onderzoek 10 praktijkbedrijven met elkaar. In deze vergelijking zaten 2 buitenklimaatstallen met kisten. Zij vonden dat de gemiddelde staltemperatuur over twee jaar 19,8°C was in de zomer en 3,0°C in de winter. De gemiddelde temperatuur in de kisten was in de zomer 25,6°C en 17,8°C in de winter. In de conventionele stallen lag de gemiddelde staltemperatuur in de zomer op 22,6°C en in de winter op 18,6°C.

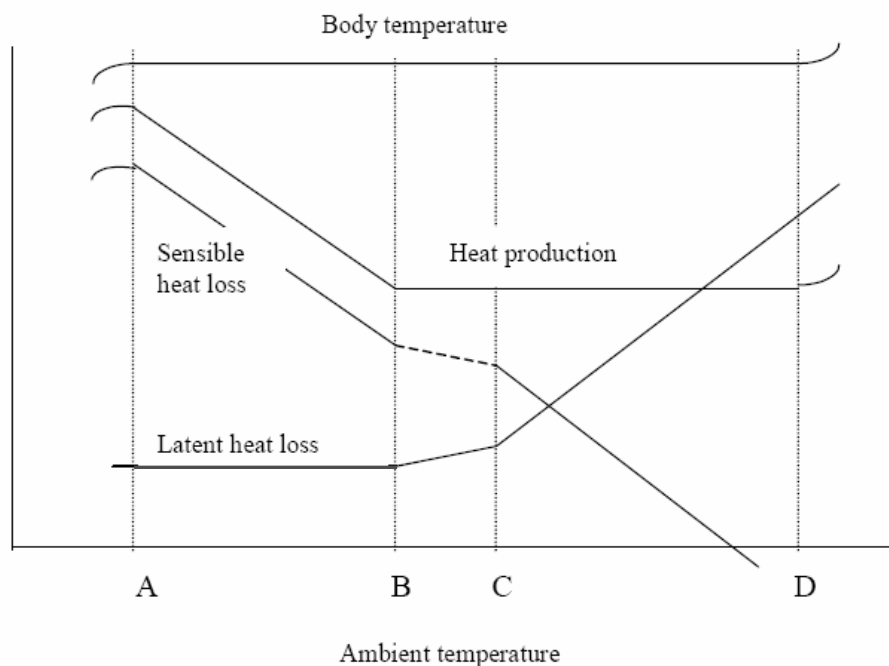
Figuur 1 Temperatuur buiten, in de stal en in de kist tijdens een extreem warme zomerdag en een extreem koude winterdag in het experiment van Haidn *et al.* (2000)



Uit het onderzoek van Haidn *et al.* (2000) kwam naar voren dat 90% van de temperatuur in de kist gedurende het jaar zich bevond tussen de 15°C en 25°C. Hauser en Mayer (2001) vonden gemiddelde temperaturen van 25,6°C in de zomer en 17,8°C in de winter. De temperatuurbehoefte van een varken hangt echter af van meerdere factoren. In Figuur 2 staat de relatie weergegeven tussen omgevingstemperatuur, warmteproductie, warmteverlies en lichaamstemperatuur. De warmteproductie blijft constant en de lichaamstemperatuur wordt niet beïnvloed wanneer de omgevingstemperatuur varieert tussen B en D. Deze zone wordt de thermoneutrale zone genoemd. Tussen B en C is de zone van de geringste thermoregulatorische moeite. Dit wordt ook wel de comfort zone genoemd (behaaglijkheidszone). Het latente warmteverlies neemt in deze zone nauwelijks toe waardoor de thermische belasting voor het varken minimaal is. Omgevingstemperaturen boven D, de bovenste kritieke temperatuur (UCT) hebben hyperthermie tot gevolg. Het warmteverlies aan de omgeving is begrensd met als gevolg dat de lichaamstemperatuur toeneemt. Omgevingstemperaturen beneden B, onderste kritieke temperatuur (LCT), veroorzaken een stijging van het warmteverlies aan de omgeving dat gecompenseerd wordt door een toename van de warmteproductie terwijl de lichaamstemperatuur wordt gehandhaafd. Wanneer A bereikt wordt is de warmteproductie maximaal en beneden dit punt treedt hypothermie op.

De bovenste en onderste kritieke temperatuur van een varken hangen af van de volgende factoren: lichaamsgewicht (Verstegen, 1971), conditie (Hovell *et al.*, 1977), thermische isolatie (Ingram, 1964), groepsgrootte (Mount *et al.*, 1973) en voerniveau (Close en Mount, 1978). De onderste kritieke temperatuur neemt af naarmate het gewicht van een varken en de thermische isolatie (subcutaan vet) toenemen. Een hogere energieopname resulteert in een hoger metabolisme en verhoogt de lijn B-D in figuur 2. Hierdoor neemt de onderste kritieke temperatuur af. Omgevingstemperaturen beneden de thermoneutrale zone veroorzaken een stijging in de benodigde energie voor onderhoud ten koste van de energie voor groei met als gevolg een hogere voederconversie. Varkens kunnen het warmteverlies aan de omgeving verminderen door dicht op/tegen elkaar aan te gaan liggen (huddling effect) en gebruik te maken van warmteproductie van de andere varkens in het hok. In het onderzoek van Hillmann *et al.* (2004) is op basis van het gedrag van varkens met verschillende gewichten het optimale temperatuurbereik bepaald. Wanneer meer dan 20% van de varkens het huddling effect vertoonden was het te koud (OKT). Lag meer dan 20% van de varkens zonder contact met hokgenoten dan was het te warm (BKT). Het optimale temperatuurbereik voor een varken van 25-35 kilogram was 19-21°C, voor een varken van 50-70 kilogram 10-17°C en voor een varken zwaarder dan 85 kilogram 5-17°C. De thermoneutrale zone is groter voor zwaardere varkens dan voor lichtere varkens.

Figuur 2 Verhouding tussen warmteproductie, warmteverlies, lichaamstemperatuur en omgevingstemperatuur (Mount, 1979)



Een licht varken heeft dus andere eisen met betrekking tot de omgevingstemperatuur dan een zwaarder varken. Uit het onderzoek van Haidn *et al.*, (2000), Hauser en Mayer (2001) en Gallmann (2003) bleek dat de temperatuur

in kist gedurende het jaar behoorlijk varieerde en waarschijnlijk niet altijd voldeed aan de gewenste temperatuur per diergewicht zoals gevonden door Hillmann *et al.*, (2004).

2.2 Stof

Stof is voornamelijk afkomstig van droge mest en voer (Donham en Gustafsson, 1982). Hoge concentraties stof in de stal vormen een bedreiging voor de gezondheid van mens en dier. Deze kunnen leiden tot irritatie en overbelasting van longenreinigingsfunctie en irritatie van de slijmvliezen. In stof zitten specifieke micro-organismen die kunnen zorgen voor infecties door pathogene kiemen. Stof en micro-organismen hebben effect op de belasting van ademhalingsmechanisme en de weerstand van mens en dier. Verder kunnen micro-organismen, producten van micro-organismen en stof allergische reacties, overgevoeligheid en toxische effecten veroorzaken (Hartung, 2002; Zeitler, 1988). In Nederland zijn grenswaarden vastgesteld voor inhaleerbaar en respirabel stof. Inhaleerbaar stof heeft een deeltjesgrootte van 10 μm tot 30 μm . Thoracaal stof passeert het strottenhoofd en heeft een deeltjesgrootte tussen de 5 μm en 10 μm . Respirabel stof (< 5 μm) wordt niet door neus en keelslijmvliezen tegengehouden en slaat zover in de luchtwegen neer dat er geen trilhaartjes meer aanwezig zijn om het weer naar buiten af te voeren (CEN, 1993). De grenswaarde in Nederland voor inhaleerbaar stof is 10 mg/m^3 en voor respirabel stof 5 mg/m^3 (SZW, 1999). Donham (1991) en Donham en Cumro (1999) adviseren op basis van epidemiologisch onderzoek de volgende grenswaarden: totaal stof 2,4 mg/m^3 , respirabel 0,16 mg/m^3 voor de mens en totaal stof 3,7 mg/m^3 , respirabel 0,23 mg/m^3 voor het varken. Bij deze concentraties zou stof schadelijk zijn en zorgen voor biologische reacties in het lichaam.

Gallmann (2003) vergeleek in haar onderzoek onder andere het verschil in stofconcentratie tussen een conventionele stal (volledig rooster) met mechanische ventilatie en een buitenklimaatstal (gedeeltelijk rooster) met natuurlijke ventilatie. In tabel 1 staan de resultaten uit haar onderzoek. Dit zijn gemiddelde waarden van 4 mestronden. De stofconcentraties in de buitenklimaatstal waren significant lager dan in de conventionele stal. Waarschijnlijk voldeed alleen de gemiddelde waarde van de buitenklimaatstal voor respirabel stof (<5 μm) aan de grenswaarde van 0,16 mg/m^3 . De hoogst gemeten stofconcentratie (<10 μm) voor de conventionele stal was 8,65 mg/m^3 en 4,10 mg/m^3 voor de buitenklimaatstal. Deze waarden liggen ver boven de grenswaarden van DONHAM (1991) en DONHAM en CUMRO (1999) voor inhaleerbaar en respirabel stof.

Tabel 1 Stofconcentratie per deeltjesgrootte voor 2 staltypen (Gallmann, 2003)

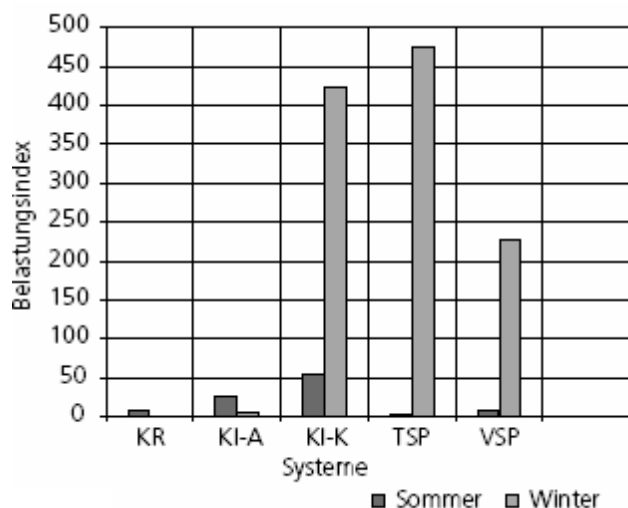
Grootte stofdeeltje	Conventionele stal	Buitenklimaatstal
<10 μm	0,46 mg/m^3	0,17 mg/m^3
<2,5 μm	0,15 mg/m^3	0,07 mg/m^3
<0,1 μm	0,12 mg/m^3	0,06 mg/m^3

In het onderzoek van Hauser en Mayer (2001) leek de concentratie van inhaleerbaar stof in de buitenklimaatstallen lager te zijn dan in de conventionele stallen. In de winter was de concentratie van inhaleerbaar stof hoger dan in de zomer. Het verschil in staltype en seizoen had waarschijnlijk te maken met de hogere doorstroming van lucht. In de zomer was nauwelijks verschil waar te nemen tussen de verschillende staltypen. In de winter zag men een toename van de concentratie respirabel stof in de conventionele stallen maar ook in de kisten van de buitenklimaatstallen. Buiten de kisten in de buitenklimaatstallen was de concentratie respirabel stof zelfs lager dan in de zomer. Dit had te maken met de lagere ventilatie in de winter en het feit dat in de winter meer varkens in de buitenklimaatstal voor het grootste gedeelte van de dag in de kisten lagen dan in de zomer door de lagere staltemperaturen. Daarbij kwam dat de kisten in de winter ook minder geventileerd werden dan in de zomer (kleppen aan de buitenkant stonden dicht).

Takai *et al.*, (1998) vonden in ongeveer 16 conventionele stallen in Noord-Europa gemiddelde concentraties van 2,08 mg/m^3 tot 2,67 mg/m^3 voor inhaleerbaar stof en 0,16 mg/m^3 tot 0,29 mg/m^3 voor respirabel stof. Deze waarden waren gevonden door het verrichten van 24 uurmetingen zowel in de zomer als in de winter. In de conventionele stal uit het onderzoek van Aarnink en Wagemans (1997) met plafondventilatie was de gemiddelde stofconcentratie 1,59 mg/m^3 . Aarnink en Wagemans (1997) zagen een significant verschil in stofconcentratie tussen lente/zomer en winter. In de winter was de stofconcentratie 66% hoger. Stofconcentraties waren ook hoger wanneer de varkens actief waren in de stal (bijvoorbeeld bij het voeren, (Gallmann, 2003). Het gevaar van de gemiddelde waarden is dat ze niet weergeven hoe hoog de stofconcentratie is wanneer de varkenshouder zich in de stal bevindt. Verder is niet alleen de concentratie maar ook de duur van de blootstelling aan de desbetreffende concentratie van belang om iets te kunnen zeggen over de belasting van stof op de gezondheid. In Figuur 3 is de belastingindex voor respirabel stof weergegeven. Dit is de gemeten concentratie respirabel stof verrekend met de duur van de blootstelling aan deze concentratie. De belasting voor de gezondheid was in de winter extreem hoog voor de conventionele stallen en in de kisten van een buitenklimaatstal. De werkelijke

belasting voor de varkens in de kist was afhankelijk van de aanwezigheid (neus van het varken) in de kist, maar deze kon niet worden gemeten.

Figuur 3 Belastingindex voor respirabel stof gevormd uit de MAC-waarde x tijd, per staltype, voersysteem en seizoen ((KR = Schrägbodenstal, KI-A = Kistenstal buiten de kist, KI-K = Kistenstal in de kist, TSP = gedeeltelijk roosters, VSP = volledig roosters) uit het onderzoek van Hauser en Mayer (2001)



2.3 Gassen en Geur

Haidn *et al.* (2000) hebben in de buitenklimaatstal (buiten de kist) een gemiddelde ammoniakconcentratie van 5 ppm gemeten. De ammoniakconcentratie in de kist was afhankelijk van de mestbevuiling in de kist. Deze constatering werd ook gedaan in het onderzoek van Gallmann (2003). Gedurende het onderzoek van Haidn *et al.* (2000) waren er nauwelijks problemen met hokbevuiling. De gemiddelde ammoniakconcentratie in de kist bedroeg 12 ppm. In de conventionele stal werd gemiddeld een ammoniakconcentratie van 34 ppm gemeten. De MAC-waarde (maximal accepted concentrations) voor ammoniak in Duitsland is 20 ppm. De ammoniakconcentratie in conventionele stal kwam zelden beneden de MAC-waarde. In het onderzoek van Aarnink *et al.* (1995) vond men echter tijdens 3 mestronden gemiddelde concentraties NH_3 van 5,03 mg/m³ tot 12,24 mg/m³ ($\pm 7,1$ ppm tot $\pm 17,3$ ppm) per varken. In de winter was de ammoniakconcentratie in de buitenklimaatstal lager dan in de zomer. Dit kwam waarschijnlijk door de lage staltemperaturen en de hogere ventilatie van de buitenklimaatstal ten opzichte van de conventionele stal in de winter. In de conventionele stal was de ammoniakconcentratie in de winter hoger dan in de zomer. Dit kwam door de lagere ventilatie in de winter ten opzichte van de zomer. Gallmann (2003) vond hogere concentraties CO_2 en CH_4 in de conventionele stal maar deze waren niet significant (zie bijlage V). Er leek geen verschil te zijn in ammoniakconcentratie tussen de conventionele stal en de buitenklimaatstal. Alle drie de gassen hadden in beide stallen acceptabele concentraties. In de kisten van de buitenklimaatstal zag men hogere concentraties NH_3 en CO_2 dan buiten de kisten (zie bijlage V en VI). De hogere ammoniakconcentraties werden waarschijnlijk veroorzaakt door bevuiling van de kisten met mest. Hierdoor was de ammoniakconcentratie regelmatig hoger dan 20 ppm en met uitschieters tot 75 ppm. De hoge koolstofdioxideconcentratie in de kisten was een indicatie voor aanwezigheid van de varkens in de kist. In de kist werd enkele malen gedurende een korte periode de grenswaarde van 3000 ppm overschreden. Koolstofdioxideconcentraties boven 3000 ppm kunnen longziektes veroorzaken (Busse, 1993) en zorgen voor verstoringen van het zien, het ademen, de motoriek en de bloedsomloop (Ni, 1998). De concentratie CO_2 was in de wintermaanden hoger dan in de zomermaanden. Dit had waarschijnlijk met de temperatuur te maken die het gedrag van de varkens beïnvloedde.

Gasconcentratie is niet hetzelfde als gasemissie. Haidn *et al.* (2000) konden door gebruik te maken van “een dynamische kamer” de gasemissies berekenen. Een gedeelte van buitenklimaatstal werd luchtdicht afgesloten. Door het andere gedeelte van de buitenklimaatstal als referentie te gebruiken werd de ventilatie in het afgesloten gedeelte van de buitenklimaatstal door ventilatoren gesimuleerd. Zo kon men door het meten van de luchtflow en de gasconcentratie van de in- en uitgaande lucht de emissies van de verschillende gassen berekenen. De ammoniakemissie lag in de buitenklimaatstal op 3,75 g/(h*500 kg levend gewicht) en bij de conventionele stal op 9,20 g/(h*500 kg levend gewicht). Gallmann (2003) vond ook een significant hogere ammoniakemissie in de conventionele stal. In de buitenklimaatstal was de ammoniakemissie gemiddeld 11,4 g d⁻¹ dier⁻¹ (3,57 g/(h*500

kg levend gewicht), 60% roostervloer) en 16,4 g d⁻¹ dier⁻¹ in de conventionele stal (5,23 g/(h*500 kg levend gewicht), 100% roostervloer). Aarnink *et al* (1995) maten in een conventionele stal (25% roostervloer) een ammoniakemissie van gemiddeld 5,8 g d⁻¹ dier⁻¹. Volgens Peet-Schwerink *et al* (1999) bedroeg de gemiddelde ammoniakemissie van een traditioneel stalsysteem in Nederland tussen de 6,8 g d⁻¹ dier⁻¹ en 8,2 g d⁻¹ dier⁻¹ (2,5 kg jaar⁻¹ dier⁻¹ gedeeltelijke roostervloer en 3,0 jaar⁻¹ dier⁻¹ kg voor volledige roostervloer).

Verder werden in het onderzoek van Haidn *et al* (2000) de CH₄-emissie, de CO₂-emissie en geuremissie bepaald. De CH₄-emissie was in de buitenklimaatstal op 2,49 g/(h*500 kg levend gewicht) en in de conventionele stal op 25,05 g/(h*500 kg levend gewicht). De CO₂-emissie was in de buitenklimaatstal 498 g/(h*500 kg levend gewicht) en in de conventionele stal 948 g/(h*500 kg levend gewicht). De geuremissie lag in de buitenklimaatstal op 3,7 GE/(s*500 kg levend gewicht) en in de conventionele stal op 18,3 GE/(s*500 kg levend gewicht). Gallmann (2003) vond een significant hogere emissie van CH₄ en de CO₂ in de conventionele stal (zie bijlage V). In het onderzoek van Gallmann *et al*, (2001) zag men alleen bij één van de drie mestronden een significant verschil in geuremissie.

Temperatuur, ventilatie, diergewicht, dieractiviteit en stalsysteem hebben invloed op de concentratie en de emissie van gassen en geur (Aarnink *et al*, 1995; Haidn *et al*, 2000; Gallmann *et al*, 2001; Gallmann, 2003). Een hoge omgevingstemperatuur heeft een positief effect op de gasconcentratie en -emissie. Waarschijnlijk waren de gasconcentraties en -emissies lager in de buitenklimaatstal vanwege de gemiddeld lagere staltemperatuur. Werd er weinig geventileerd dan namen de concentraties gassen en geur in de stal toe en emissies af. Bij een hoge luchtverversing nam de concentraties gassen en geur af in de stal en de emissies toe. De emissie van gassen was hoger bij een hoger lichaamsgewicht. De geuremissie nam af bij een toenemend lichaamsgewicht. Wanneer varkens meer activiteit vertoonden (bijvoorbeeld voeren) waren de concentraties en emissies hoger dan bij rust in de stal. Het percentage roostervloer bepaalt het emitterende oppervlak en heeft daardoor invloed op de gasconcentraties en -emissies. Emissie reducerende systemen als schuine putwanden of mestkoeling dragen bij aan de verlaging van de gasconcentraties in de stal en de gasemissies.

In de bovenstaande tekst wordt gesproken over gemiddelde waarden. Concentraties en emissies kunnen hoger of lager zijn. De belasting voor de gezondheid van mens en dier kan dus gedurende de tijd aanzienlijk variëren. Dit geldt ook voor eventuele stankoverlast.

2.4 Gedrag

In de kistenstal is het de bedoeling dat de varkens in de kist liggen om te rusten en mesten op de roosters. Op deze manier zou de kistenstal goed moeten functioneren en kunnen technische en economische resultaten worden behaald, vergelijkbaar met een conventionele stal (Wiedmann, 1997).

In het onderzoek van Haidn *et al* (2000) bevond afhankelijk van leeftijd, gewicht en stalklimaat 60% tot 90% van de varkens zich in de kisten. Buiten de kist lag 3% tot 8% van de varkens te rusten, stond 5% en was 7% aan het vreten. In de conventionele stal lag 82% van de varkens te rusten, stond 13% en was 5% aan het vreten. Hauser en Mayer (2001) zagen dat wanneer de staltemperatuur boven de 8°C kwam, het percentage varkens in de kisten lager was dan 100%. Vanaf een staltemperatuur van 18°C werd dit zelfs lager dan 50%. De temperatuur in de stal en de kist leken invloed te hebben op het gebruik van de kist. Was de staltemperatuur laag dan lagen de meeste varkens in de kist waar de temperatuur aangenamer was. Wanneer de temperatuur in de stal redelijk was en in de kist hoog kozen meer varkens voor een plek buiten de kist. Hillmann *et al* (2004) zagen dat bij een temperatuur van 22°C de varkens (>85 kilogram) de voorkeur hadden voor het liggen op de roosters in plaats van liggen op de dichte vloer. Voor varkens van 50 tot 70 kilogram en 25 tot 35 kilogram was dit bij respectievelijk 23°C en 27°C. Als de varkens de roosters gaan gebruiken om te liggen, neemt de kans op het bevuild van de kist toe. Bevuild van de kist heeft waarschijnlijk tot gevolg dat de varkens de kist niet meer gebruiken om te rusten. Ook niet wanneer de staltemperatuur zover is gedaald dat in de kist liggen interessanter is voor de thermoregulatie van het varken dan buiten de kist. Dit zou invloed kunnen hebben op de gezondheid van het varken en de technische resultaten.

2.5 Hokbevuiling

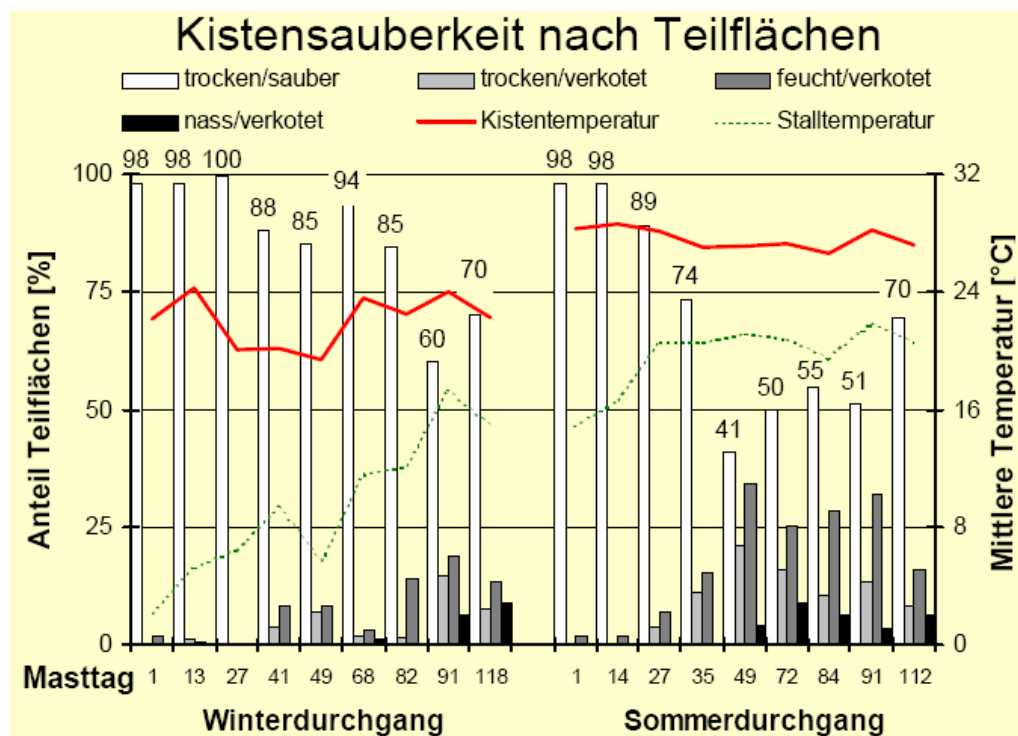
Bevuiling van de dichte vloer buiten en in de kist heeft invloed op het gebruik van de kist, stof, concentratie en emissie van gassen. Mest op de dichte vloer leidt waarschijnlijk tot hogere stofconcentraties, concentraties en emissies van gassen. Deze effecten zijn ongewenst.

In de volledig roostervloerstal werd in het onderzoek van Klooster (1987b) geen hokbevuiling waargenomen. In de kistenstal moest men in een jaar gemiddeld 2,2 keer per hok per mestronde de vloer schoon te maken.

In het onderzoek van Haidn *et al* (2000) kwam in de winter bijna geen bevuilding van de kisten voor. Op het moment dat men de zwaarste dieren uit het hok had gehaald en/of de staltemperatuur steeg nam de hokbevuilding in de kisten toe. Als een kist eenmaal bevuild was, bleef deze niet altijd bevuild (Haidn *et al*, 2000). Over een geheel jaar was 68% van de kisten schoon en droog, 11% schoon met droge mest, 17% nat of besmeurd met natte mest en 4% bevuild met een laag natte mest van dikker dan 5 cm. In Figuur 4 is een overzicht weergegeven met het verschil tussen winter en zomer. Hierin is te zien dat de temperatuur invloed leek te hebben op de bevuilding van de kist. Door de stijgende temperatuur in de stal en de kist werd de ruimte buiten de kist waarschijnlijk aantrekkelijker ten opzichte van de ruimte buiten de kist. De ruimte buiten de kist werd steeds meer gebruikt om te liggen en de kist om te mesten. Dit werd ook waargenomen in het onderzoek van Gallmann (2003).

Om hokbevuilding te voorkomen wordt in het begin van de mestperiode meestal een dubbel aantal varkens opgelegd waardoor er geen ruimte overblijft in de kist waar de varkens kunnen mesten (Wiedmann, 1997). Hierdoor worden de varkens gedwongen buiten de kist op de roosters te mesten. Bijkomend voordeel is dat er geen verwarming nodig is. Om de kans op hokbevuilding te verkleinen moet de brijbak dicht in de buurt van de kist geplaatst worden. Zo blijven de gedragzones (rust, vreet en mest) goed gescheiden. De kist dient bij hoge temperaturen aantrekkelijk te blijven. Door de deksel ongeveer 20 centimeter op te tillen kan er warmte uit de kist ontsnappen. Goede ventilatie van de kist kan ervoor zorgen dat bij hoge temperaturen de kist aantrekkelijk is en varkens de kist blijven gebruiken om te rusten.

Figuur 4 De invloed van temperatuur (kist en stal) op de hokbevuilding in de winter en de zomer.
Trocken/sauber = geen bevuilding; trocken/verkotet = droog met mest; feucht/verkotet = licht bevuild met natte mest; nass/verkotet = sterk bevuild met natte mest; kistentemperatuur = temperatuur in de kist; stalltemperatuur = staltemperatuur (Haidn *et al*, 2000)



Hauser en Mayer (2001) hadden met behulp van een scoremodel de hokbevuilding gemeten (zie tabel 2). De buitenklimaatstal (kistenstal) scoorde gemiddeld over 2 jaar een 0,72. De hokbevuilding was het hoogst in de zomer toen de staltemperaturen gemiddeld extreem hoog waren. De conventionele stallen kregen een score van gemiddeld 1,74.

Tabel 2 Scoremodel voor hokbevuilding in het onderzoek van Hauser en Mayer (2001)

Score	Beschrijving van de bevuildingsgraad
0	Totaal ligplaats schoon
1	0%-25% van het ligplaats bevuild of nat
2	25%-50% van het ligplaats bevuild of nat
3	50%-75% van het ligplaats bevuild of nat
4	75%-100% van het ligplaats bevuild of nat

2.6 Technische resultaten

Het klimaat in de buitenklimaatstal wordt sterk beïnvloed door het klimaat buiten de stal. De grotere schommelingen in stalklimaat in de buitenklimaatstal ten opzicht van de conventionele stal en het klimaat in de kisten zouden een negatieve invloed kunnen hebben op de technische resultaten. Klooster (1987b) had in zijn onderzoek gekeken naar het verschil tussen een conventionele stal (100% rooster) en een buitenklimaatstal (kistenstal). In tabel 3 staan de technische resultaten uit het onderzoek van Klooster (1987b). De groei, het percentage aangetaste longen was hoger in de conventionele stal. Het percentage AA + A was in de buitenklimaatstal hoger.

Tabel 3 Technische resultaten uit het onderzoek van Klooster (1978b)

Stal	Buitenklimaatstal	Conventionele stal
Aantal dieren	253	253
Groei (gr/dag)	762	785
Uitval (%)	2,3	2,3
Opleggewicht	23,0	23,0
Eindgewicht (kg)	106,6	106,6
Aantal dagen (dgn)	108,6	106,5
Aangetaste longen (%)	29	19
Pleuritis (%)	5	5
Voederconversie	2,83	2,83
Voeropname (kg/dag)	2,16	2,22
Type AA + A (%)	81,8	71,9

In tabel 4 staan de technische gegevens van de buitenklimaatstal en de conventionele stal uit het onderzoek van Haidn *et al* (2000) weergegeven. Tussen de buitenklimaatstal en de conventionele stal kon geen verschil in technische resultaten worden waargenomen. Het saldo per opgelegd vleesvarken leek bij de buitenklimaatstal hoger te zijn dan bij de conventionele stal. Dit kwam waarschijnlijk door de beter slachtprestaties waardoor er een hogere prijs per kilogram vlees kon worden gerealiseerd en de lagere toegerekende kosten. De lagere toegerekende kosten waren het gevolg van de lagere kosten aan energie door het ontbreken van mechanische ventilatie en verwarming. Bij het saldo per opgelegd varken zonder marktinvoer was er gecorrigeerd voor de week van afleveren. Er werd echter geen significant verschil gevonden tussen de buitenklimaatstal en de conventionele stal.

Tabel 4 Technische resultaten uit het onderzoek van Haidn *et al* (2000)

Stal	Buitenklimaatstal	Conventionele stal
Aantal dieren	170	120
Groei (gr/dag)	728	720
Uitval (%)	2,8	3,4
Uitslachtingspercentage (%)	79,3	79,3
Mager vleespercentage (%)	56,8	55,9
Eindgewicht (kg)	111,5	113,3
Geslacht gewicht (kg)	88,4	89,8
Aantal dagen (dgn)	114,6	116,7
Aangetaste lever/longen (%)	15,9	13,6
Spekdikte (mm)	16,4	17,3
Spierdikte (mm)	63,8	63,2
Vleesprijs (incl. toeslag/korting) (eur/kg)	1,04	1,01
Opbrengsten per opgelegd vleesvarken (eur)	98,18	95,70
Kosten aankoop vee en voer (eur)		
- Opgelegde big	54,33	54,33
- Mengvoer	41,69	41,69
Toegerekende kosten overig per afg. vleesv. (eur)	3,99	7,67
Saldo per opgelegd vleesvarken (eur)	-1,38	-7,99
Saldo per opgelegd varken zonder marktinvoer (eur) *	1,09	-1,59

* De gemiddelde prijs per kg vlees bij het saldo zonder marktinvoer is 1,07 euro

In het onderzoek van Gallmann (2003) was de gemiddelde groei in de buitenklimaatstal 840 gr/dag en in de conventionele stal 817 gr/dag. Dit verschil was niet significant. Bij beide stalsystemen lag de voederconversie tussen de 2,83 en 3,03.

Het bedrijf Rothkötter Kraftfutterwerk GmbH in Meppen-Versen (Duitsland) had in 2004 een vergelijking gemaakt tussen het gemiddelde van 17 buitenklimaatstallen en het gemiddelde van 163 conventionele stallen in de regio Emsland (zie tabel 5). Deze gegevens hebben we gekregen tijdens ons bedrijfsbezoek. In de regio Emsland leken de bedrijven met buitenklimaatstallen betere technische resultaten te behalen. De slachtprestaties van de bedrijven met een buitenklimaatstal waren beter dan van de bedrijven met een conventionele stal. Dit kon worden geconcludeerd op basis van het aantal punten toegekend door het Auto-Fom systeem. Auto-FoM is een methode waarbij het hele varkenskaras over een baan glijdt met daarin rondom het karkas een aantal sondes ('meet-ogen') die over de hele breedte, en al glijdend ook over de lengte, op basis van ultrakorte golven een soort echo-bepalingen doet. Op basis hiervan wordt dan een karkasclassificatie vastgesteld (Brøndum *et al*, 1998). Voor een hoger aantal punten wordt een hogere prijs per kilogram vlees betaald.

Tabel 5 Gemiddelde technische resultaten 2003/2004 van buitenklimaatstallen en conventionele stallen in regio Emsland

Stal	Buitenklimaatstal	Conventionele stal
Aantal bedrijven	17	163
Aantal dieren gemiddeld verkocht per bedrijf	2149	1860
Groei (gr/dag)	740	727
Uitval (%)	4,2	4,4
Opleggewicht (kg)	32,3	30,2
Eindgewicht (kg)	118,2	117,8
Voederconversie	2,87	2,92
Voeropname (kg/dag)	2,12	2,12
Mager vleespercentage (%)	56,3	56,2
Auto-Fom punten	0,981	0,978

De technische resultaten in de verschillende onderzoeken variëren behoorlijk van elkaar en zijn soms tegenstrijdig. De verschillen kunnen veroorzaakt zijn door allerlei factoren zoals management, voer, varkensras, etc. Afgaande op de meest recente onderzoeken mag men ervan uitgaan dat er geen duidelijke verschillen in technische resultaten zijn tussen de conventionele stal en de buitenklimaatstal.

2.7 Gezondheid

De temperatuur in de buitenklimaatstal varieerde behoorlijk en temperaturen beneden de onderste kritieke temperatuur (OKT) en boven de bovenste kritieke temperatuur (BKT) komen voor in de stal. Dit zou invloed kunnen hebben op de gezondheid van de varkens. Volgens Verhagen (1987) heeft een ongunstig stalklimaat effect op de weerstand van een varken. Een varken in een ongunstig stalklimaat is vatbaarder voor infecties dan een varken in een gunstig stalklimaat.

In het onderzoek van Klooster (1987b) was het aantal varkens behandeld voor longaandoeningen in de buitenklimaatstal hoger dan in de conventionele stal. Het percentage varkens met pleuritis verschilde niet tussen beide staltypen. Thielen (1974) vond in zijn onderzoek dat het percentage longaandoeningen toe nam bij stijging van de gemiddelde staltemperatuur. Volgens Hauser en Mayer (2001) was de gemiddelde kisttemperatuur in de zomer hoger dan de gemiddelde temperatuur in de conventionele stal. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor het hoger percentage longaandoeningen. In de conventionele stal was het aantal varkens behandeld voor diarree hoger dan in de buitenklimaatstal. Dit zou kunnen samenhangen met het verschil in ventilatie systeem. In een vergelijking van een mechanisch geventileerde kistenstal en een mechanische geventileerde volledig roostervloer stal werden er geen verschillen gevonden in het aantal behandelingen tegen diarree (Klooster, 1987a). Mogelijk heeft de temperatuur, die in de kist hoger was, hierbij een rol gespeeld. Tussen beide systemen was geen verschil gevonden in het aantal behandelde varkens voor beenwerkaandoeningen. In het onderzoek van Klooster (1987b) werd geen verschil gevonden in het totaal aantal behandelde varkens.

Haidn *et al* (2000) vonden geen significant verschil tussen een buitenklimaatstal en een conventionele stal wat betreft het voorkomen van de ziekteverwekkers *Pasteurella Multocida* en *Bordetella Bronchiseptica* (ziekteverwekkers die de snuffelziekte kunnen veroorzaken). Er werd een grote variatie in de hoeveelheid ziekteverwekkers gevonden per mestronde, dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door de herkomst van de biggen. De biggen waren niet elke ronde van dezelfde zeugenhouder afkomstig. Daardoor zag men waarschijnlijk ook een schommeling in het medicijngebruik.

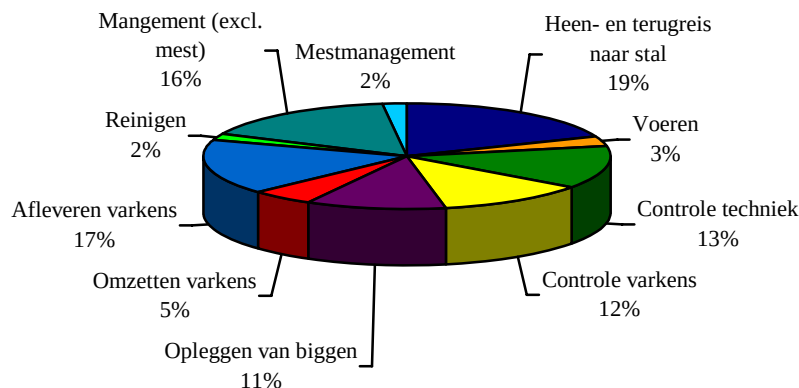
Hauser en Mayer (2001) zagen tussen de buitenklimaatstal en de conventionele stal geen onderscheid in krassen op de buik en de rug. Wat opviel was dat het percentage krassen op de buik en de rug groter was bij systemen zonder stro dan systemen met stro. Wat betreft de verwondingen aan de poten en staartbijten zag men wel een verschil. Bij de conventionele stal was het percentage verwondingen aan de poten en staartbijten groter dan in de buitenklimaatstal. Het percentage roostervloer en het al dan niet beschikbaar zijn van afleidingsmateriaal leek invloed te hebben op het percentage verwondingen aan de poten en staartbijten. In het onderzoek van Haidn *et al* (2000) werd geen verschil gevonden tussen de buitenklimaatstal en de conventionele stal in het percentage varkens dat kreupel was.

2.8 Arbeid

Een nadeel van de kistenstal zou zijn dat meer arbeid nodig is voor de diverse werkzaamheden. Meer arbeid heeft effect op de kostprijs. Wiedmann (1997) had in zijn onderzoek onder andere een overzicht gemaakt van enkele praktijkbedrijven. Arbeid was volgens Wiedmann (1997) ongeveer voor 4% verantwoordelijk voor de kostprijs van een varken.

De benodigde arbeid bij één van de praktijkbedrijven met een buitenklimaatstal voor 240 varkensplaatsen bedroeg 1,7 uur/varkensplaats per jaar. Bij een ander praktijkbedrijf (buitenklimaatstal) was de benodigde arbeid 0,55 uur/varkensplaats per jaar. Hier ging het om een bedrijf met 754 varkensplaatsen. Bij de benodigde arbeid was de tijd voor reparaties en dierbehandelingen niet mee genomen omdat deze niet waren voorgevallen tijdens de periode dat men de tijd voor de verschillende werkzaamheden had bijgehouden. In Figuur 5 is te zien hoe de 0,55 uur/varkensplaats per jaar is verdeeld over de verschillende werkzaamheden. De arbeidsbehoefte in de conventionele stal bedraagt volgens LTO, (2005) 0,78 uur/ varkensplaats per jaar.

Figuur 5 Opbouw arbeid van een praktijkbedrijf uit het onderzoek van Wiedmann (1997)



Haidn (2000) heeft in 2000 tijdens een congres in Weihenstephan de resultaten van zijn onderzoeken naar arbeid in de vleesvarkenshouderij gepresenteerd. Haidn (2000) had de arbeidsbehoefte van verschillende huisvestingssystemen vergeleken waaronder een conventionele stal (volledig roostervloer) en een buitenklimaatstal (kistenstal). Haidn (2000) vond dat de arbeidsbehoefte in de buitenklimaatstal hoger was dan in de conventionele stal (zie tabel 6). De arbeidsbehoefte voor de conventionele stal bedroeg volgens Haidn (2000) 0,66 uur/ varkensplaats en voor de buitenklimaatstal 0,75 per jaar uur/varkensplaats per jaar. De hogere behoefte aan arbeid in de buitenklimaatstal werd veroorzaakt door het omstallen van varkens door dubbel opleggen en de controle van brijbakken. De brijbakken bevonden zich tegen of voor de kist waardoor de varkenshouder gedwongen was om het hok in te komen om de inhoud van de brijbak te controleren. Verder constateerde Haidn (2000) dat de arbeidsbehoefte per varkensplaats afnam naarmate het aantal varkensplaatsen toenam (zie tabel 6).

2.9 Economische resultaten

Ondanks dat de arbeidsbehoefte in de buitenklimaatstal hoger lag dan in de conventionele stal waren de specifieke kosten per systeem voor de buitenklimaatstal lager (zie tabel 6). Dit kwam door de lagere kosten voor huisvesting en energie. De specifieke kosten per systeem waren voor de buitenklimaatstal € 10,78/varkensplaats per jaar lager dan voor de conventionele stal.

Tabel 6 Arbeidsbehoefte en specifieke kosten per huisvestingssysteem in uur of € per varkensplaats (vp) (Haidn, 2000)

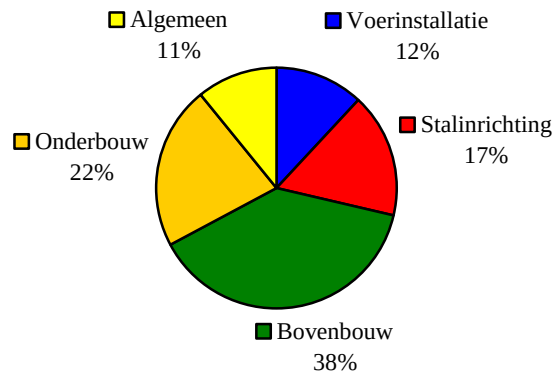
Stal	Buitenklimaatstal	Conventionele stal
Arbeidsbehoefte (uur)/vp. per jaar (240 vp.)	1,15	1,07
Arbeidsbehoefte (uur)/vp. per jaar (480 vp.)	0,93	0,87
Arbeidsbehoefte (uur)/vp. per jaar (960 vp.)	0,75	0,67
Specifieke kosten per huisvestingssysteem (€/vp per jaar)		
- Huisvesting	55,68	62,99
- Mest uitbrengen	7,46	7,46
- Arbeid	12,14	11,01
- Energie voor ventilatie en verwarming	0,51	5,11
Totaal (€/vp. per jaar)	75,80	86,58

Klooster (1987b) vond ook lagere specifieke kosten per systeem voor de buitenklimaatstal. Het verschil met de conventionele stal bedroeg maar € 6,89/varkensplaats per jaar. De lagere kosten werden ook veroorzaakt door de lagere kosten voor huisvesting en energie. De kosten voor arbeid waren voor de buitenklimaatstal eveneens hoger. De hogere arbeidsbehoefte kwam niet door het omstallen van varkens. In het onderzoek van Klooster (1987b) werd namelijk niet dubbel opgelegd. Het verwijderen van mest op de dichte vloer tijdens de mestronda (hokbevuiling) en het schoonspuiten van de stal kostten meer tijd.

De bouwkosten van een buitenklimaatstal kunnen behoorlijk variëren door het gebruik van andere materialen en constructies. Het aantal varkensplaatsen en het aantal varkens per hok heeft een grote invloed op de bouwkosten per varkensplaats bij de bouw van een buitenklimaatstal. Hoe groter het aantal varkensplaatsen en het aantal dieren per hok hoe lager de bouwkosten per varkensplaats. Het feit blijft dat de bouwkosten van een buitenklimaatstal een stuk goedkoper zijn dan de bouwkosten van een conventionele stal.

Conventionele stallen kostten in het onderzoek van Haidn *et al* (1999) gemiddeld € 409 per varkensplaats. Voor de buitenklimaatstal (kistenstal met drijfmest) moest gemiddeld € 375 per varkensplaats betaald worden. In een ander onderzoek van Haidn (2004) waren de bouwkosten voor de conventionele stal € 610 per varkensplaats en voor de buitenklimaatstal € 510 per varkensplaats. Gartung (2004) vond bouwkosten van € 575 per varkensplaats voor de conventionele stal en € 505 per varkensplaats voor de buitenklimaatstal.

De bouwkosten van de buitenklimaatstal lijken dus tussen de 14% tot 23% lager dan van een conventionele stal. In figuur 6 is de verdeling van de bouwkosten weergegeven uit een onderzoek van Haidn *et al* (2000). Het grootste deel van de bouwkosten werd veroorzaakt door de bovenbouw en onderbouw. De keuze voor het gebruik van het bouw materiaal of constructie bepaald in grote mate de bouwkosten per varkensplaats.

Figuur 6 Verdeling bouwkosten van een buitenklimaatstal

De lagere kosten voor energie in de buitenklimaatstal kwamen door het lagere energie verbruik. Het stroomverbruik was lager omdat er geen gebruik werd gemaakt van een ventilator. Kosten voor verwarming waren er niet omdat er geen verwarming was. Door dubbel op te leggen zouden de varkens samen genoeg warmte moeten kunnen produceren om het niet te koud te hebben.

Op basis van de gevonden literatuur kon worden geconcludeerd dat het klimaat in de buitenklimaatstal niet altijd optimaal is. Gemiddeld over een jaar waren er echter geen grote verschillen in klimaat tussen een buitenklimaatstal en een conventionele stal. De concentraties stof, concentraties en emissies van gassen en geur leken gunstiger te zijn voor de buitenklimaatstal dan voor de conventionele stal. Het klimaat was niet altijd optimaal waardoor de kans op afwijkend gedrag van de varkens toenam. Bevuiling van de dichte vloer in en buiten de kist kwam voor. Een sterk bevuilde kist werd niet meer gebruikt om in te liggen. Tussen beide staltypen kon geen duidelijk verschil worden gevonden in technische resultaten. De buitenklimaatstal leek economisch interessanter dan de conventionele stal. De hogere kosten voor arbeid wogen niet op tegen de lagere kosten voor huisvesting en energie. De opbrengsten leken hetzelfde te zijn en de kosten lager waardoor per vleesvarken/varkensplaats een hoger saldo werd gerealiseerd in de buitenklimaatstal.

3 Materiaal en Methoden

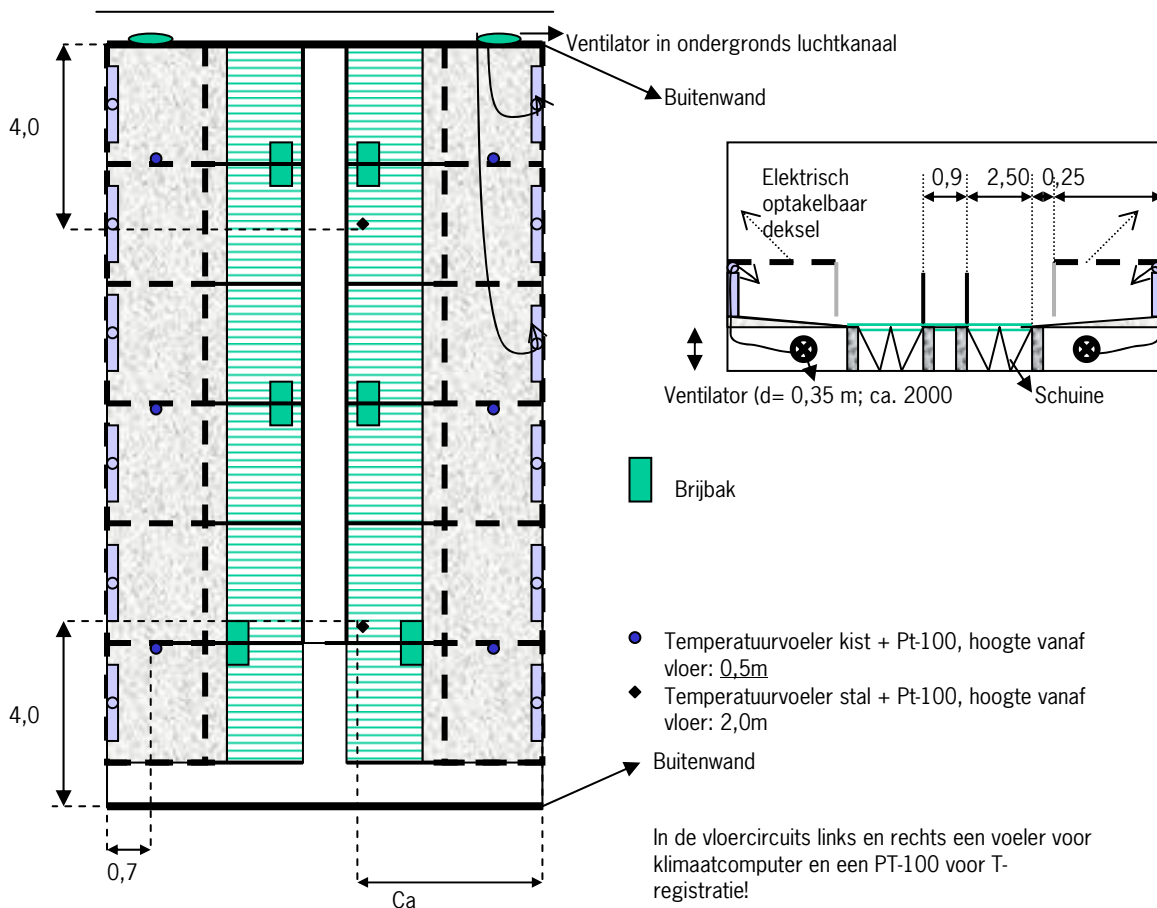
3.1 Beschrijving van de buitenklimaatstal

De buitenklimaatstal bood ruimte voor 144 vleesvarkens, verdeeld over 12 hokken met elk ruimte voor maximaal 12 dieren. Er zijn in het totaal 4 ronden geweest. De eerste twee ronden waren bedoeld als pilotronden en de laatste twee ronden als productieronden. In tabel 7 is te zien wanneer welke ronde heeft plaatsgevonden. In Figuur 7 is schematisch weergegeven hoe de buitenklimaatstal eruit zag. De rechter muur van de buitenklimaatstal bevond zicht tegen de muur van een andere stal.

Tabel 7 Tijdschema ronden van het onderzoek “Buitenklimaatstal voor vleesvarkens”

Ronde	1	2	3	4
Begin	07-05-2003	17-09-2003	09-01-2004	27-05-2004
Eind	26-08-2003	06-01-2004	18-05-2004	28-09-2004

Figuur 7 Schematisch overzicht van de buitenklimaatstal voor vleesvarkens op Praktijkcentrum Sterksel



Enkele opvallendheden/aandachtspunten staan in Figuur 7 nader toegelicht. Hieronder worden ook een aantal kenmerken opgesomd.

1. Aan beide muren achter in de hokken bevonden zich kisten (microklimaat), deze konden afhankelijk van de temperatuur op overdruk worden geventileerd via het grondkanaal. De ventilatoren bevonden zich aan de buitenzijde van de stal.
2. De hokken waren voorzien van kisten met een verschillend ontwerp aan de linker en rechterzijde (zie bijlage VII).
3. De deksels van de kisten waren in lengte verstelbaar, waardoor de oppervlakte van de kist afgestemd kon worden op de benodigde ligruimte voor de varkens. Deze ruimte hing af van het gewicht, bij zwaardere varkens werd de oppervlakte van de kist vergroot.
4. De deksels van de linker kisten waren voor controle van de dieren te bedienen met een elektromotor.

5. Het dak van de stal was niet geïsoleerd, de nok was voorzien van een niet regelbare ventilatieopening. Beide zijmuren waren open. Het ventilatiepercentage was regelbaar door een gordijn. Dit gebeurde automatisch door de klimaatcomputer. Het gordijn bestond uit windbreekgaas (94% dicht) en aan de binnenzijde van de opening bevond zich anti-vogelgaas. Er was dus sprake van natuurlijke ventilatie in de stal (macroklimaat).
6. In de dichte vloer waren vloerverwarmingslangen aanwezig, verdeeld in 3 circuits (zie Figuur 8).
7. De brijbakken waren wisselend per ronde tegen de controlegang of op de grens van dichte vloer met de roosters geplaatst (zie Figuur 7) om te kijken of dit invloed had op de hokbevuiling (mestgedrag).

Figuur 8 Dwarsdoorsnede van hok met vloerverwarmingcircuits en inschuifbaar kist van de buitenklimaatstal voor vleesvarkens

Fout! Objecten kunnen niet worden gemaakt door veldcodes te bewerken.

3.2 Klimaatinstallatie en regeling

De klimaatinstallatie en klimaatregeling waren geleverd door Vostermans Ventilation. Vostermans Ventilation was partner in het project, leverde materialen en bracht expertise in. Er werd gebruik gemaakt van een zogenaamde Master-6 klimaatcomputer. Er waren twee ventilatoren van 0,35 m diameter, twee voelers in de stal en zes voelers in de kisten. In de vloer zaten twee voelers ten behoeve van de vloerverwarming. In de afdeling hingen twee voelers voor het meten van de staltemperatuur, op circa 2 m hoogte, 4 m achter de buitenmuur en 5,15 m van de zijmuren. De gewenste staltemperatuur moest van tevoren worden ingesteld. Op basis van deze voelers werd de gordijnregeling gestuurd. Als een voeler aan één stalzijde een lagere temperatuur registreerde dan de voeler aan de andere zijde, werd het gordijn aan de koude zijde verder dicht gestuurd. Dit was een correctie voor windinvloeden. Er werd gecorrigeerd tot een verschil van maximaal 0,5°C tussen de voelers en een verschil van maximaal 20% (deze waarde is instelbaar) tussen de stand van de gordijnen. Verder kon men de deksels van de linker kisten automatisch open en dicht laten gaan op basis van staltemperatuur.

In drie kisten aan de linker zijde en drie kisten aan de rechterzijde van het voerpad waren temperatuurvoelers aanwezig. Deze voelers werden beschermd door een kunststof kabelgoot. De signalen van deze voelers stuurden de ventilatoren aan, waarbij het gemiddelde van de drie voelers het ventilatiepercentage bepaalde. De ventilatoren werden geregeld op toerental en er kon een minimale en maximale ventilatie worden ingesteld. Er was geen meetwaaier of regelklep aanwezig.

Voor de vloerverwarming gold dat wanneer de temperatuur van het retourwater beneden de ingestelde waarde kwam, de verwarmingskraan open ging. De kraan stond maximaal open wanneer de actuele temperatuur 5°C (deze waarde is instelbaar) lager was dan de ingestelde temperatuur. Tijdens alle ronden was alleen gebruik gemaakt van circuit 1 (figuur 8) omdat voor het grootste deel van een ronde de overige circuits zich buiten de kisten bevonden. Wanneer de kisten werden vergroot was er nauwelijks nog warmtevraag door de hoge warmteproductie van de varkens zelf en leek het onnodig om deze circuits nog te gebruiken. Er was een mogelijkheid om de gemeten microklimaat temperaturen als regelingang te gebruiken voor het aansturen van de vloerverwarmingen maar deze optie is niet gebruikt. Het bleek namelijk dat dit voor enorme schommelingen in de vloertemperatuur zorgde omdat de vloerverwarming steeds te laat reageerde. In tabel 8 staan de klimaatinstellingen die gebruikt zijn bij de laatste twee productieronden.

Tabel 8 Klimaatinstellingen in de Buitenklimaatstal voor vleesvarkens

Dag	T _{Begin} kist-ventilatie (°C)	Minimum kistventilatie (%)	Maximum kistventilatie (%)	T _{Begin} stal-ventilatie (°C)	Minimum stalventilatie (%)	Maximum stalventilatie (%)	T _{Begin} vloer-verwarming (°C)
1	25	0 (3) 30 (4)	50	20	0	100	40
5	23	0 (3) 30 (4)	50	18	0	100 (b)	40
15	22	0 (3) 30 (4)	80	15	0	100 (b)	40
28	X	X	X	X	X	X	35
50	22 (3) 21 (4)	0 (3) 45 (4)	100 (a)	10	0	100 (b)	30
120	21 (3) 20 (4)	0 (3) 60 (4)	100 (a)	10	0	100 (b)	25

P-band microklimaat was 5 °C, P-band macroklimaat was 10°C, P-band verwarming was 5°C

(3) instellingen tijdens ronde 3, (4) instellingen tijdens ronde 4

(a) 100% ventilatie » 2.000 m³/h per stalzijde, kwam overeen met » 27 m³/h per varken

(b) 100% ventilatie » opening van 1,1m bij 11,3 m (12,4 m²) aan een stalzijde

De klimaatinstellingen voor ronde 4 zijn na aanleiding van de waarnemingen uit ronde 3 veranderd. De gewenste temperatuur in het kisten op dag 50 en 120 was verlaagd om het verschil tussen de staltemperatuur en de

temperatuur in de kisten te verkleinen. Men hoopte op deze manier ervoor te kunnen zorgen dat de varkens bij een staltemperatuur tussen de 15°C en 20°C nog steeds de voorkeur hadden voor de kist en niet voor de dichte vloer of roosters om te rusten. De ventilatie moest minimaal op 30% staan anders draaide de ventilator niet. Bij een lager ventilatiepercentage werd de motor van de ventilator te heet en sprong de thermische beveiliging eruit. Het is waarschijnlijk dat de ventilatoren te weinig vermogen hadden om voldoende geforceerd de benodigde overdruk op te bouwen.

3.3 Instellingen microklimaat

De grootte van de kisten werd bepaald door het gewicht van de varkens en aantal dieren in het hok. Om ervoor te zorgen dat de dieren de kisten alleen gebruikten om te rusten en er niet in gingen mesten moest er weinig lege ruimte zijn. De grootte van de kiste aan de linker zijde was daarom instelbaar. Er werd gestart met de kleinste stand van de kist. De kist had dan een oppervlakte van 3,75 m². Wanneer de varkens te weinig ruimte hadden om met alle dieren tegelijk in de kist te liggen werd de oppervlakte vergroot naar 5,25 m². Pasten alle varkens daarna nog niet op hetzelfde moment in de kist dan werd de kist op de grootste stand gezet. De kist had dan een oppervlakte van 6,25 m². In de laatste productieronde werd bij enkele kisten aan de rechterkant de lengte van de flappen gevarieerd om te kijken of dit invloed had op het gebruik van de kist. Bij 3 kisten aan de rechterkant werd op dag 15, 50 en 95 de lengte van de flappen ingekort naar 80%, 75% en 50% ten opzichte van oorspronkelijke lengte. Hierdoor werd het verschil in luchtkwaliteit en temperatuur tussen in de kist en rest van het hok waarschijnlijk kleiner. Verder werden de kisten aan de linkerkant in de laatste productieronde op basis van de staltemperatuur door het optakelen dan wel laten zakken van de deksels open of dicht gestuurd.

Dit gebeurde automatisch door de klimaatcomputer. De deksel van de kist ging open wanneer de staltemperatuur boven de ingestelde waarde kwam. De ingestelde waarden op dag 1, 5, 15, 50 en 120 waren respectievelijk 23°C, 21°C, 20°C, 19°C en 17°C. Wanneer de staltemperatuur daalde beneden de ingestelde waarde dan ging de deksel weer dicht.

3.4 Waarnemingen

Klimaat

De volgende temperaturen zijn continue gemeten met een PT-100 sensor:

- Kist hok 1, 2, 5, 6, 11 en 12
- Vloertemperatuur links en rechts
- Staltemperatuur voor en achter
- Buitentemperatuur

De stand van de ventilatoren en de gordijnen oftewel ventilatie van de kisten en ventilatie van de stal zijn geregistreerd door de spanning van de motoren te meten en te vertalen naar ventilatiepercentage. Temperatuur en ventilatie werden automatisch gelogd door het Yokogawa meetsysteem.

Rookproeven

In ronde 4 zijn onder verschillende omstandigheden rookproeven uitgevoerd en de resultaten hiervan zijn vastgelegd in schetsen en beschrijvingen. De verschillende omstandigheden hielden in:

- Verschillende diergewichten
- Verschillende buitentemperaturen
- Verschillende windsnelheden buiten
- Verschillende standen van de ventilatoren

Getracht werd om één keer in de twee weken een rookproef uit te voeren. Voor de schetsen werd gebruik gemaakt van een "uitgeklede" versie van Figuur 7, waarin een plattegrond, een dwarsdoorsnede en een lengte doorsnede weergegeven werden. Het protocol is apart bijgevoegd als bijlage XI.

CO₂-meting

Tijdens ronde 4 is het CO₂-gehalte in hok 1, 2, 11 en 12 gemeten. In de hokken hingen kunststof slangen waarmee lucht werd aangezogen voor CO₂-meting. De slangen hingen op een hoogte van 0,5 m. Tevens hing in hok 2 ook een slang in de ventilatiebuis zodat het CO₂-gehalte van de ingaande lucht kan worden bepaald en verder zat er nog een slang aan de onderkant van de deksel van de kist om te kijken of het CO₂-gehalte tussen de slang op het dak en de slang op 0,5 m verschilde. De CO₂-meting werd ongeveer elke 2 weken uitgevoerd om te meten hoe de luchtkwaliteit was met het CO₂-gehalte als referentie. Gedurende 1 dag werd van 8:00 tot 16:00

om de 2 uur een CO₂-monster genomen en het CO₂-gehalte gemeten met CO₂-meter (Anagas CD 98). Het CO₂-gehalte gebruikte men om te controleren of er genoeg geventileerd werd en als referentie voor de luchtkwaliteit.

Gedrag

Met videocamera's is alleen in ronde 4 het gedrag van de varkens in verschillende hokken vastgelegd. In het totaal zijn 26 opnamen van hokken gemaakt (4 opnamen van hok 1 en 2, 2 opnamen van hok 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11 en 12 en 1 opname van hok 9 en 10). Gedurende 24 uur achter elkaar is geregistreerd waar de varkens zich bevonden in het hok. Om het uur is geteld hoeveel varkens aanwezig waren op de dichte vloer en de roosters. Door een aantal varkens op de dichte vloer en de roosters af te trekken van het totale aantal dieren in een hok kon men het aantal dieren in de kist bepalen. De beelden werden gebruikt om een indicatie te krijgen van wat de invloed was van de verschillende hokken op het gedrag van de dieren:

- Automatisch optakelen van deksel bij bepaalde staltemperatuur ten opzichte van niet optakelen.
 - Ingekorte flappen ten opzichte van niet ingekorte flappen
 - Brijbak aan de controle gang ten opzichte van brijbak op de grens van dichte vloer met de rooster.
- De gegevens uit deze waarnemingen zijn tevens gebruikt om te kijken of het microklimaat moest worden aangepast.

Hokbevuiling

In ronde 4 is volgens protocol de hokbevuiling gescoord (protocol toegevoegd als bijlage X). Er werd gescoord met punten van 0 tot en met 4. Dit is in de ochtend tegelijk uitgevoerd met de controle van de dieren. In het totaal waren er 69 waarnemingen per hok. Gekeken werd of er verschillen waren tussen de kisten.

Technische resultaten

In BIG (managementprogramma voor onderzoeksdoeleinden) waarmee gewerkt werd op Praktijkcentrum Sterksel zijn de productieresultaten van alle 4 de ronden berekend (voerconsumptie, groei, magervlees %, etc). Verder is informatie zoals slachtgegevens, biggenprijzen, voerprijzen en kosten voor gezondheidszorg verzameld, geregistreerd en gecontroleerd. Door deze informatie te koppelen aan de productieresultaten zijn de technische resultaten uit uitgerekend.

Energie- en waterverbruik

Energieverbruik van de verwarming, de ventilatie, de verlichting en de droogvoerinstallatie is gemeten door een warmte- en kWh-meter. Verder is het waterverbruik geregistreerd door een Aquados® waterlogger. Deze gegevens waren nodig voor de berekening van de technische en economische resultaten. Energie- en waterverbruik zijn automatisch gelogd door het Yokoga-wa meetsysteem.

Het gasverbruik is berekend met de formule: $\# \text{ GJ} / 0,8 / 0,03336$ ($\# \text{ GJ}$ is het aantal Giga Joule gemeten door de warmtemeter, rendement van energieoverdracht geschat op 80%, m³ gas bevatte 33,36 MJ energie). Het energieverbruik van de liermotoren is geschat door het aantal dagen dat er varkens in de stal lagen te vermenigvuldigen met de berekende hoeveelheid energie die de liermotor nodig had om het gordijn 1 keer omlaag en 1 keer omhoog te laten gaan, en om de deksels van de kisten 1 keer open en 1 keer dicht te maken. De droogvoerinstallatie transporteerde voor 4 afdelingen van 144 vleesvarkens voer. Het energieverbruik voor de buitenklimaatstal werd berekend door het totale gebruik te delen door vier.

Arbeidstijdsregistraties

De tijd, die nodig was voor alle werkzaamheden die in een reguliere stal ook moesten gebeuren en waarvan verwacht mocht worden dat deze werkzaamheden in de buitenklimaatstal meer of minder tijd kosten ten opzichte van een reguliere stal, is tijdens ronde 3 en 4 geregistreerd. Hierbij gaat het om:

- Controle en behandelingen
- Schoonmaken dichte vloer voor en in de kist
- Schoonsputten
- Varkens afleveren inclusief eindweging

Om het mestgedrag te sturen en bevuiling van de dichte vloer te voorkomen werden tijdens ronde 4 de roosters natgemaakt en werd er zaagsel gestrooid over de natte plekken op de dichte vloer. Op de binnenkant van de deur van de buitenklimaatstal hing een lijst waarop de medewerkers de tijd konden noteren die ze nodig hadden voor het uitvoeren van de verschillende werkzaamheden. De tijd die de onderzoeker kwijt was voor observeren van het functioneren van de stal, registratie van hokbevuiling en dergelijke dingen werd niet genoteerd.

Economische resultaten

Door gebruik te maken van Bedrijfswijzer Varkens (uitgave Praktijkonderzoek Veehouderij) zijn de bouwkosten en jaarlijkse kosten van de buitenklimaatstal (3 varianten) en een conventionele stal berekend. Voor het berekenen

van de economische resultaten zijn een aantal aannames gedaan. Men is uitgegaan van een basisprijs van € 1,26 per kilogram vlees. Een big van 25 kilogram kostte gemiddeld € 41,50 maar voor elke kilogram meer of minder werd een correctie van € 1,10 toegepast. De verhouding start- en afmestvoer was voor alle doorberekende varianten gelijk. Startvoer kostte € 19,97/100kg en afmestvoer kostte € 17,47/100kg. Een ondernemer (1 VAK) verdiende € 45827 per jaar. 1 VAK (2349 arbeidsuren/ jaar) kon 3000 vleesvarkens verzorgen.

De conventionele stal had de volgende kenmerken: 15 afdelingen (144 varkens per afdeling), 1 afdeling (72 varkens), muren van steen (binnen-, buiten- en putmuren), mechanische ventilatie, luchtaanvoer door grondkanaal via het voerpad, mest- en waterkanaal (betonrooster waterkanaal, metalen driekantrooster mestkanaal), hokafscheiding van trespaplaten, vloerverwarming, ICV-wanden (mestsysteem).

Buitenklimaatstal A was de buitenklimaatstal zoals die in Sterksel is gebouwd maar qua omvang vergelijkbaar was met de conventionele stal. De kenmerken van deze stal zijn: 15 afdelingen (144 varkens per afdeling), 1 afdeling (72 varkens), muren van steen (binnen-, buiten- en putmuren), geen muren tussen centrale gang en afdeling bij afdelingen die tegenover elkaar liggen, kisten (microklimaat), natuurlijke ventilatie van het macroklimaat, mechanische ventilatie van het microklimaat, luchtaanvoer door grondkanaal via pvc-buizen in de kisten, betonrooster mestkanaal, hokafscheiding van prefab-elementen, vloerverwarming, ICV-wanden.

Buitenklimaatstal B was hetzelfde als buitenklimaatstal A behalve dat de buitenmuren van prefab-elementen, de binnenmuren van kunststof en de putmuren van beton waren. Verder waren de kisten een stuk goedkoper door het gebruik van goedkoper materiaal en werd er in plaats van een centrale hoge drukreinigingsinstallatie gebruik gemaakt van een mobiele hoge drukreiniger.

Buitenklimaatstal C was een buitenklimaatstal (kistenstal) zoals die in Duitsland voornamelijk gebouwd wordt maar dan aangepast aan de Nederlandse eisen/ wensen (automatische klimaatregeling, emissiearm, m² per varken, % roostervloer) . Buitenklimaatstal C had de volgende kenmerken: 2 stallen met elk 8 afdelingen (144 varkens per afdeling), de buitenmuren van prefab-elementen, de binnenmuren van kunststof, de putmuren van beton, geen muren tussen centrale gang en afdeling bij afdelingen die tegenover elkaar liggen, kisten (microklimaat) natuurlijke ventilatie voor zowel het macro- als microklimaat, betonrooster mestkanaal, hokafscheiding van prefab-elementen, vloerverwarming, ICV-wanden, mobiele hoge drukreiniger, weerstation. Men moet 2 stallen bouwen omdat 1 stal te lang (± 260 meter) zou zijn. Dit heeft wel invloed op de bouwkosten en het aantal dieren.

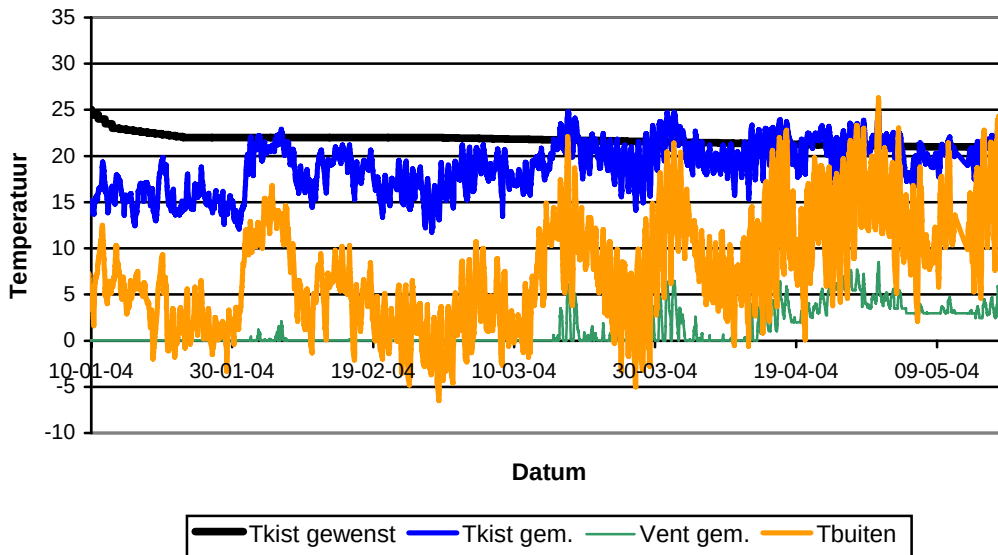
Voor alle vier de stallen heeft Bedrijfswijzer Varkens de economische resultaten berekend. Bij de berekening is ook meegenomen: een complete voerinstallatie, voersilo's, externe mestopslag (9 maanden), centrale ketelregeling, noodstroomvoorziening, een hygiënesluis en kantoor met managementcomputer. De plattegronden van de stallen en een schets van de natuurlijke ventilatie in de kist bij buitenklimaatstal C zijn terug te vinden in de bijlage VIII. De technische resultaten van Agrovision (juli 2003/juni 2004) zijn gebruikt bij de economische berekening van de conventionele stal (8% spreiding in gewicht, 2% spreiding in mager vleespercentage). Voor de economische berekening van de buitenklimaatstal A, B en C zijn de gemiddelde technische resultaten van ronden 1 t/m 4 genomen (9% spreiding in gewicht, 3,1% spreiding in mager vleespercentage). De kosten voor gas, water en elektra van de buitenklimaatstallen zijn berekend op basis van het gemiddelde verbruik tijdens ronden 1 tot en met 4 (€ 0,45991 per m³ gas, € 1,16 per 1 m³ water en € 0,176 per 1 kWh stroom).

4 Resultaten

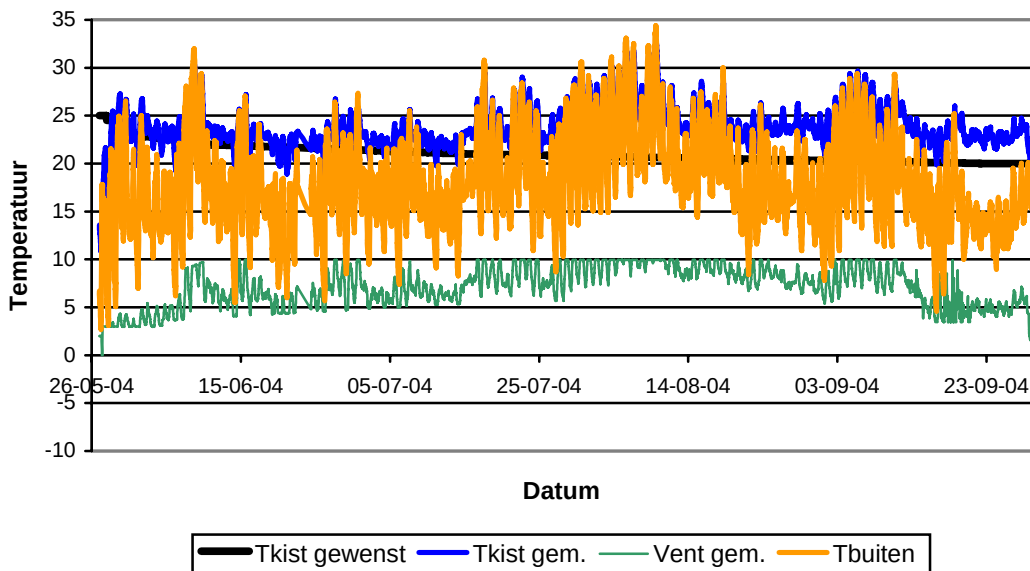
4.1 Klimaat

In Figuur 9 en Figuur 10 is de gewenste temperatuur in de kisten, de gemiddelde temperatuur in de kisten, het gemiddelde ventilatiepercentage en de buitentemperatuur tijdens ronde 3 en 4 weergegeven.

Figuur 9 Gewenste temperatuur in de kisten, gemiddelde temperatuur in de kisten, ventilatiepercentage en buitentemperatuur tijdens ronde 3 van de buitenklimaatstal voor vleesvarkens



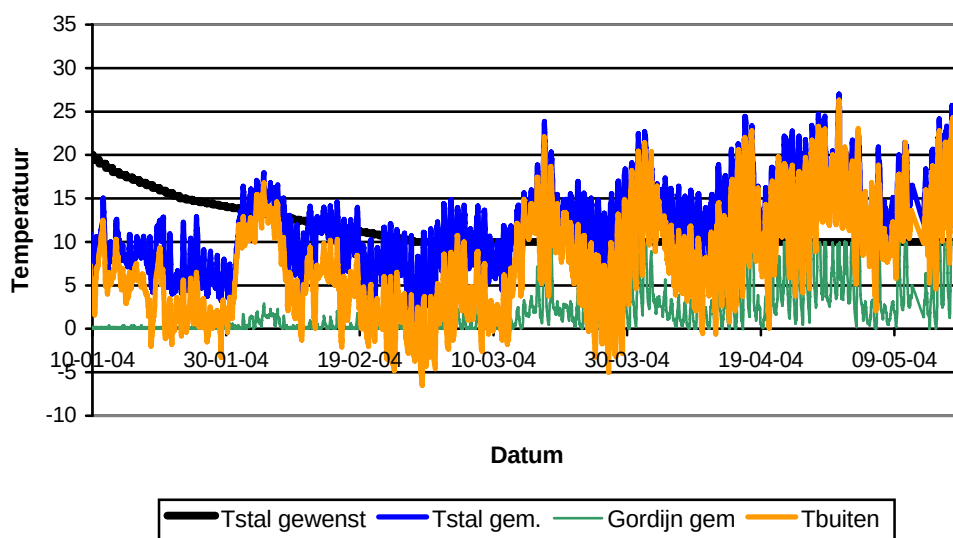
Figuur 10 Gewenste temperatuur in de kisten, gemiddelde temperatuur in de kisten, ventilatiepercentage en buitentemperatuur tijdens ronde 4 van de buitenklimaatstal voor vleesvarkens



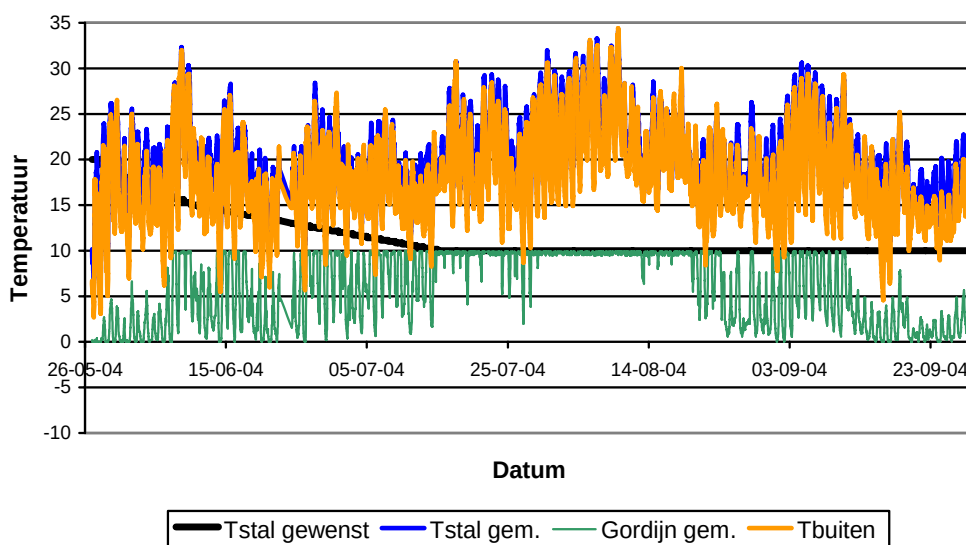
Op het einde van ronde 3 (zie Figuur 9) is de minimale ventilatie in het verloop van een aantal weken in stappen verhoogd van 0% naar 20%, 35% en 55%. De minimale ventilatie werd weer verlaagd nadat de zwaarste varkens afgevoerd waren naar de slachterij van 55% naar 25%. Dit verklaart het horizontale gedeelte van de lijn die de gemiddelde ventilatie weergeeft. De horizontale lijn geeft de minimale ventilatie weer. Op het einde van ronde 4 (zie Figuur 10) is de minimale ventilatie eveneens verlaagd van 60% naar 35% nadat de zwaarste varkens afgevoerd waren naar de slachterij. De temperatuur in de kisten en de buitentemperatuur varieerden behoorlijk.

Het leek er op dat de temperatuur in de kisten sterk beïnvloed werd door de buitentemperatuur. Wanneer de buitentemperatuur daalde, nam ook de temperatuur in de kisten af. De daling in °C was voor de temperatuur in de kisten lager dan de afname van de buitentemperatuur. Bij een stijging van de buitentemperatuur nam de temperatuur in de kisten ook in kleiner mate toe. Bij extreem lage en hoge buitentemperaturen vertoonde de temperatuur in de kisten een grote afwijking ten opzichte van de gewenste temperatuur in de kisten. Er leek een verschil te zijn tussen de gemiddelde temperatuur in de kisten rechts en links. Tijdens ronde 3 was de gemiddelde temperatuur in de rechter kisten 19,2°C en in de linker kisten 18,6°C. Tijdens ronde 4 was de gemiddelde temperatuur in de rechter kisten 24,0°C en in de linker kisten 23,6°C. De temperatuur in de stal, de stand van de gordijnen en de buitentemperatuur staan weergegeven in Figuur 11 en Figuur 12. Voor de stand van de gordijnen geldt dat 0 de openingen in de zijanten van de stal dicht zijn en 10 de opening in de zijanten van de stal zijn 100% open. De temperatuur in de stal vertoonde een behoorlijke variatie en leek beïnvloed te worden door de buitentemperatuur. Hoe groter de opening werd des te kleiner was het verschil tussen staltemperatuur en buitentemperatuur.

Figuur 11 Gewenste temperatuur in de stal, gemiddelde temperatuur in de stal, stand gordijnen en buitentemperatuur tijdens ronde 3 van de buitenklimaatstal voor vleesvarkens



Figuur 12 Gewenste temperatuur in de stal, gemiddelde temperatuur in de stal, stand gordijnen en buitentemperatuur tijdens ronde 4 van de buitenklimaatstal voor vleesvarkens



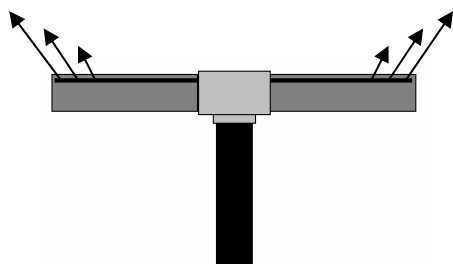
4.2 Rookproeven

Bij alle rookproeven onder verschillende omstandigheden (diergewicht, buitentemperatuur, etc.) zagen we wel dezelfde effecten. Aan de uiteinden van de ventilatiebuizen in de kisten kwam de verse lucht met hogere snelheid eruit dan bij het overige deel van de ventilatiebuis (zie Figuur 13 en Figuur 14). In sommige hokken gebeurde dit met extreem hoge snelheid. Er was dus geen sprake van een mooi gelijkmatig verdeeld ventilatiepatroon. Verder werd een circulatie van lucht in de kist waargenomen waardoor de verse lucht zich mengde met de lucht in de kist. Hoe hoger het ventilatiepercentage was hoe sneller de circulatie van lucht in de kist plaatsvond.

Figuur 13 Ventilatiebuis buitenklimaatstal voor vleesvarkens op Praktijkcentrum Sterksel



Figuur 14 Schets van het luchtpatroon en de lichtsnelheid veroorzaakt door ventilatiebuis



De verse lucht die binnen kwam door de openingen aan de zijanten van de stal, ging eerst via de onderkant van het dak omhoog en viel daarna omlaag in de hokken op de roosters en de dichte vloer voor de kist. Een groter deel van de verse lucht viel grotendeels neer in de eerste hokken naast de opening in de zijkant.

4.3 CO₂-meting

In tabel 9 staan de CO₂-gehalten die gemeten zijn tijdens ronde 4. De gemiddelde waarden van kist 1, 2, 11 en 12 waren zo laag (gemiddeld 520 ppm $\pm$ 162) dat we ervan uitgingen dat deze nauwelijks invloed hadden op het gedrag van de varkens. De waarde van 1080 ppm (1,1% CO₂) in hok 1 werd veroorzaakt doordat alle dieren op één hoop lagen vlak onder het aanzuigpunt van de slang voor de CO₂-meting. Waarschijnlijk is dezelfde situatie van toepassing voor de andere maximumwaarden. De waarden van hok 11 vielen wat lager uit omdat achteraf bleek dat er een kleine knik in de slang zat. Dit heeft de meting waarschijnlijk beïnvloed. Het CO₂-gehalte was in geen enkel hok dusdanig hoog dat men zich zorgen maakte over onvoldoende ventilatie of slechte luchtkwaliteit. CO₂-gehalten boven de 3000 ppm zijn pas een reden om zich zorgen te maken over de ventilatie en luchtkwaliteit.

Tabel 9 CO₂-gehalte in ppm van de luchtinlaat (kist hok 2), onderkant deksel (kist hok 2) en op dierniveau in het kist van hok 1, 2, 11 en 12 in de buitenklimaatstal voor vleesvarkens

	Luchtinlaat (Hok 2)	Ond. Kist (Hok 2)	Kist Hok 2	Kist Hok 12	Kist Hok 1	Kist Hok 11
Minimum	210	290	260	250	290	250
Maximum	410	840	870	850	1080	900
Gemiddeld	284	476	507	529	551	493
STDEV	53	142	145	166	170	170

4.4 Gedrag

De variatie wat betreft het aantal varkens in de kist, op de dichte vloer en de roosters tussen de verschillende hokken en dagen was groot (zie tabel 10). Het leek erop dat de kist gedurende de nacht meer gebruikt werd dan overdag. Voor de roosters was het omgekeerd. Overdag leken meer varkens zich te begeven op de roosters dan 's nachts. Het gebruik van de dichte vloer bleef vrij constant.

De grote verschillen in gedrag tussen de hokken en dagen waren waarschijnlijk het gevolg van het klimaat. Bij hogere temperaturen in zowel de stal als in de kisten leek het percentage varkens dat zich in de kist bevond lager te zijn (T stal $\leq 20^\circ$, 52%; T stal $> 20^\circ\text{C}$, 38%; T kist $\leq 25^\circ\text{C}$, 47%; T kist $> 25^\circ\text{C}$, 38%).

De plaatsing van de brijbak, het automatisch/niet-automatisch optakelen afhankelijk van de staltemperatuur en ingekorte/niet-ingekorte flappen leken geen invloed te hebben op het gedrag van de varkens.

Tabel 10 Percentage van de varkens dat zich gedurende de dag in de kist, op de dichte vloer voor de kist en op de roosters bevindt met de daarbij behorende standaarddeviatie

Linkerkant	Kist	Dichte vloer	Roosters	Rechterkant	Kist	Dichte vloer	Roosters
Hok 1	47 $\pm$ 19	23 $\pm$ 15	30 $\pm$ 21	Hok 2	41 $\pm$ 20	22 $\pm$ 15	37 $\pm$ 20
Hok 3	43 $\pm$ 18	28 $\pm$ 14	29 $\pm$ 20	Hok 4	30 $\pm$ 12	35 $\pm$ 22	35 $\pm$ 21
Hok 5	45 $\pm$ 17	20 $\pm$ 9	35 $\pm$ 18	Hok 6	40 $\pm$ 15	24 $\pm$ 12	36 $\pm$ 16
Hok 7	40 $\pm$ 13	17 $\pm$ 18	43 $\pm$ 16	Hok 8	42 $\pm$ 12	19 $\pm$ 13	39 $\pm$ 15
Hok 9	45 $\pm$ -	39 $\pm$ -	16 $\pm$ -	Hok10	51 $\pm$ -	32 $\pm$ -	17 $\pm$ -
Hok 11	43 $\pm$ 12	27 $\pm$ 14	30 $\pm$ 20	Hok 12	44 $\pm$ 15	26 $\pm$ 15	30 $\pm$ 19

4.5 Hokbevuiling

Door een communicatiefout is alleen tijdens ronde 4 de hokbevuiling gescoord. In tabel 11 staan de gevonden resultaten. In de hokken waar de brijbakken dicht bij de kist stonden, leek minder bevuiling van de dichte vloer voor de kist plaats te vinden dan in de hokken waar de brijbakken dicht bij de controleingang stonden. In de hokken met de brijbakken dicht bij de kist was de gemiddelde bevuiling van de dichte vloer voor de kist 0,8 (0%-25%). In de hokken met de brijbakken dicht bij de controleingang was de gemiddelde bevuiling van de dichte vloer voor de kist 1,9 (25%-50%). Het leek dat de bevuiling van de kist bij de hokken met ingekorte flappen hoger was dan bij de hokken zonder ingekorte flappen. In de hokken met ingekorte flappen was de gemiddelde bevuiling in de kist 1,3 (25%-50%). In de hokken zonder ingekorte flappen was de gemiddelde bevuiling van de kist 0,4 (0%-25%). Tussen automatisch optakelen en niet automatisch optakelen werd geen duidelijk verschil in hokbevuiling waargenomen.

Tabel 11 Score bevuiling kist, dichte vloer en roosters in de buitenklimaatstal voor vleesvarkens. 0-1 = 0%-25%, 1-2 = 25%-50%, 2-3 = 50%-75%, 3-4 = 75%-100%

Linkerkant	Kist	Dichte vloer	Roosters	Rechterkant	Kist	Dichte vloer	Roosters
Hok 1	0,5	0,8	2,2	Hok 2	0,4	0,6	2,3
Hok 3	0,6	0,9	2,1	Hok 4	0,5	0,5	1,8
Hok 5	0,7	1,8	1,6	Hok 6	1,6	1,0	1,1
Hok 7	0,8	2,0	2,0	Hok 8	1,2	1,0	1,3
Hok 9	0,4	0,7	2,3	Hok10	0,4	0,8	1,6
Hok 11	0,8	0,6	1,4	Hok 12	1,0	0,7	1,5

4.6 Technische resultaten

In ronde 2 en 3 (koude periode) zagen we een lagere groei en een hogere EW-conversie (zie tabel 12). Het vleespercentage leek hoger tijdens deze periode. In ronde 1 en 4 (warme periode) zag het eruit dat de groei hoger was en de EW-conversie lager. Het vleespercentage leek achter te blijven terwijl het % type A daalde en het % type B toenam. Gemiddeld over alle ronden was dat het uitvalpercentage hoog. Dit werd waarschijnlijk voornamelijk veroorzaakt door het hoge percentage uitval door longaandoeningen (30%).

Tabel 12 Technische resultaten Buitenklimaatstal voor vleesvarkens

	Ronde 1 07-05-03 tot 26-08-03	Ronde 2 17-09-03 tot 06-01-04	Ronde 3 09-01-04 tot 18-05-04	Ronde 4 27-05-04 tot 28-09-04	Ronde 1 t/m 4	AGRO- VISION (juli 2003/ juni 2004)
Aantal dieren	144	146	144	144	578	1056
Opleggewicht (kg)	28,3	35,5	27,5	18,8	27,5	26,0
Eindgewicht (kg)	113,9	114,6	115,8	112,7	114,2	115,1
Aantal dagen (dgn)	111	104	119	119	113	115
Groei (gr/dag)	771	759	741	787	764	772
Voeropname (kg/dag)	2,10	2,11	2,11	2,05	2,09	2,04
Voederconversie	2,73	2,79	2,85	2,60	2,74	2,65
EW-opname (kg/dag)	2,36	2,37	2,36	2,29	2,35	2,24
EW-conversie	3,06	3,13	3,20	2,92	3,08	2,91
Geslacht gewicht (kg)	88,8	89,4	90,6	87,6	89,1	89,8
Vleespercentage	54,5	56,5	55,3	54,5	55,2	56,1
Spierdikte (mm)	55	55,1	55,5	54,1	54,9	-
Spekdikte (mm)	18,4	15,8	17,5	18,3	17,5	-
% type AA	2,9	8,3	5,2	5,5	5,4	14,5
% type A	71,4	85,0	85,0	73,4	78,7	74,8
% type B/C	25,7	6,7	9,8	21,1	15,9	10,7
Uitval totaal	4 (2,8%)	12 (8,2%)	5 (3,5%)	12 (8,3%)	33 (5,7%)	- (3,1%)
Uitval per reden:						
- <i>luchtwegaandoeningen</i>	1	3	1	5	10	-
- <i>beenwerkaandoeningen</i>	0	2	1	0	3	-
- <i>achterblijven</i>	1	4	2	1	8	-
- <i>PIA</i>	0	0	0	2	2	-
- <i>diversen</i>	1	3	1	4	10	-

4.7 Energie- en waterverbruik

Het verbruik van gas, elektra en water is te zien in tabel 13. Tijdens ronde 1 en 2 is de verwarming op dag 28 uitgeschakeld. In ronde 3 en 4 heeft de vloerverwarming de hele ronde aangestaan. Het verschil in gasverbruik tussen ronde 3 en 4 lag waarschijnlijk aan het verschil van seizoen waarin de rondes plaatsvonden. Tijdens de maanden met lang daglicht was minder kunstlicht nodig (verlichting niet aan) dan tijdens de maanden met kort daglicht. Vandaar dat in ronde 2 en 3 het stroomverbruik voor verlichting waarschijnlijk hoger was dan in ronde 1. Het stroomverbruik voor verlichting in ronde 4 was bijna even hoog als in ronde 2 en 3 maar dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door het extra verbruik voor het maken van video-opnamen waarbij de verlichting 24 uur achter elkaar aan bleef.

In de warme maanden kwam de temperatuur in de kisten boven de gewenste waarde waardoor er volop geventileerd werd. Het verschil tussen ronde 2 en 3 was waarschijnlijk het gevolg van de instelling van de minimale ventilatie. Deze stond in ronde 2 op 0% en op het einde van ronde 3 tussen de 20% en 55%. De verschillen in stroomverbruik van de droogvoerinstallatie tussen de rondes kon men niet verklaren. Het waterverbruik in ronde 3 en 4 week af van het verbruik in ronde 1 en 2. In ronde 4 waren er problemen met de waterleiding in de buitenklimaatstal. Met het repareren van de waterleiding is water gemorst. Het hogere waterverbruik in ronde 3 kon niet worden verklaard.

Tabel 13 Overzicht verbruik gas, water en elektra tijdens ronde 1 t/m 4 van de buitenklimaatstal voor vleesvarkens

	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 4
Gas (m ³)	218	270	680	348
Electra (kWh)	1116	525	605	1252
- <i>licht</i>	200	425	415	403
- <i>ventilatoren</i>	800	37	132	744
- <i>liermotoren</i>	12	13	15	15
- <i>droogvoerinstallatie</i>	104	50	43	90
Water (m ³)	66	67	90	77

4.8 Arbeidstijdregistraties

Door een communicatiefout is alleen in ronde 4 geregistreerd hoeveel tijd nodig was om de afdeling schoon te spuiten. Voor ronde 3 heeft men dezelfde hoeveel tijd voor het schoonspuiten weggeschreven als in ronde 4. Voor afleveren en enten is de benodigde tijd geschat op basis van commentaar van de medewerkers op Praktijkcentrum Sterksel en de dierenarts. In ronde 3 had men in het totaal 27,8 manuren (0,74 uur/varkensplaats per jaar) nodig voor alle werkzaamheden en in ronde 4 had men 53,6 manuren (1,16 uur/varkensplaats per jaar) nodig (zie tabel 14). De tijd voor controle, behandelen en schoonmaken van de hokken was in ronde 4 hoger dan in ronde 3. Dit kwam waarschijnlijk door het natmaken van de roosters, het zaagsel strooien over de natte plekken op de dichte vloer, de reparatie aan de drinkwatervoorziening, extra schoonmaken van de dichte vloer en meer behandelingen in verband met de gezondheid van de dieren.

Tabel 14 Overzicht benodigde manuren voor de verschillende werkzaamheden in de buitenklimaatstal voor vleesvarkens per ronde

Werkzaamheden	Ronde 3	Ronde 4
Controle, behandelen en zuiver maken hokken	27,8	47,1
Afleveren	1,0	1,0
Enten	0,5	0,5
Schoonspuiten	5,0	5,0
Totaal	34,3	53,6

4.9 Economische resultaten

In tabel 15 zijn de resultaten van de economische berekeningen te zien. De opbrengsten van de conventionele stal waren hoger dan de opbrengsten van de buitenklimaatstallen. Dit kwam door de slechtere slachresultaten waardoor de varkens uit de buitenklimaatstal € 0,037 per kilogram vlees meer gekort werden dan de varkens uit de conventionele stal. Dit scheelde op een geslacht gewicht van 89 kilogram € 3,33. Het overige verschil in opbrengst per vleesvarken zat in het hoger geslacht gewicht van de varkens uit de conventionele stal. De vervangingswaarde per vleesvarkenplaats van de conventionele stal was € 542, buitenklimaatstal A € 502, buitenklimaatstal B € 468 en buitenklimaatstal C € 445. De bouwkosten voor buitenklimaatstal B waren 14% lager dan voor de conventionele stal. De hogere kosten voor voer, uitval, gezondheid en energie bij de buitenklimaatstallen zorgden samen met de lagere opbrengst voor een laag saldo per vleesvarken. De hogere kosten voor voer, uitval, gezondheid en energie werden niet gecompenseerd door de lagere kosten voor huisvesting. Het verschil in biggenprijs had te maken met het verschil in opleggewicht. Het verschil in saldo per afgeleverd varken per jaar bedroeg € 31,72 tussen de conventionele stal en de buitenklimaatstal. Bij een gemiddeld 2032 aanwezige dieren per jaar betekent dat ongeveer € 64500 per jaar verschil tussen beide staltypen. Het netto bedrijfsresultaat van de buitenklimaatstallen was hierdoor gemiddeld 32% lager dan het netto bedrijfsresultaat van de conventionele stal.

Tabel 15 Resultaten economische berekening

Stal	Conventioneel	A	B	C
Gemiddeld aantal aanwezige vleesvarkens	2031	2031	2031	2097
Aantal vleesvarkenplaatsen	2232	2232	2232	2304
Bezettingsgraad vleesvarkens (%)	91	91	91	91
Saldoberekening				
Opbrengsten per afgeleverd vleesvarken (€)	110,61	106,51	106,51	106,51
Kosten aankoop vee en voer (€)	90,38	94,50	94,50	94,50
- Opgelegde big	42,60	44,25	44,25	44,25
- Transport big	1,00	1,00	1,00	1,00
- Mengvoer	44,51	44,78	44,78	44,78
- Uitval	2,27	4,46	4,46	4,46
Voerwinst per afgeleverd vleesvarken (€)	20,22	12,02	12,02	12,02
Toegekende kosten overig per afg. vleesvarken (€)	5,19	7,22	7,22	7,22
- Gezondheidszorg (excl. afv. kadavers)	1,76	2,93	2,93	2,93
- Afvoer kadavers	0,33	0,56	0,56	0,56
- Heffing gezondheidszorg	0,61	0,61	0,61	0,61
- Elektriciteit	0,90	1,12	1,12	1,12
- Verwarming (brandstoffen, strooisel)	1,00	1,27	1,27	1,27
- Water	0,60	0,66	0,66	0,66
Saldo per afgeleverd vleesvarken (€)	15,04	4,88	4,88	4,88
Voerwinst per vleesvarken per jaar (€)	62,95	37,51	37,51	37,51
Saldo per vleesvarken per jaar (excl. rente) (€)	46,81	15,24	15,24	15,24
Rentekosten per vleesvarken per jaar (€)	4,21	4,36	4,36	4,36
Saldo per vleesvarken per jaar (incl. rente) (€)	42,60	10,88	10,88	10,88
Kostprijsberekening				
Kostprijs totaal per afgeleverd vleesvarken (€)	129,13	133,30	132,20	130,24
- Arbeidskosten	4,93	5,35	5,35	5,32
- Huisvestingskosten	18,86	16,53	15,44	13,50
- Rente	1,40	1,45	1,45	1,45
- Bigkosten	42,6	44,25	44,25	44,25
- Vervoerskosten	1,00	1,00	1,00	1,00
- Voerkosten	44,51	44,78	44,78	44,78
- Gezondheidszorg	2,09	3,49	3,49	3,48
- Uitval	2,27	4,46	4,46	4,46
- Afleveringskosten	3,22	3,22	3,22	3,22
- Overige kosten	8,24	8,78	8,78	8,78
Vleesprijs (excl. toeslag/korting) (€/kg)	1,260	1,260	1,260	1,260
Toeslag/korting vleesprijs (€/kg)	-0,028	-0,065	-0,065	-0,065
Vleesprijs (incl. toeslag/korting) (€/kg)	1,232	1,195	1,195	1,195
Kostprijs totaal per kg vlees (€/kg)	1,44	1,50	1,49	1,46
Bedrijfsbegroting				
Saldo bedrijf (€/jaar)	95070	30956	30956	31964
Niet toegerekende kosten (€/jaar)	195638	184342	177382	170292
- Arbeid	31162	33912	33912	34829
- Afschrijvingen	74913	65104	60742	51721
- Onroerende zaken	17113	14591	13693	13645
- Algemene kosten	12673	12673	12673	13085
- Mestkosten	23681	23681	23681	24451
- Berekende rente	36095	34380	32680	32561
Netto bedrijfsresultaat (€/jaar)	-100568	-153460	-146427	-138328
Berekende arbeid ondernemer (€/jaar)	31162	33912	33912	34829
Arbeidsopbrengst ondernemer (€/jaar)	-69406	-119548	-112515	-103500

5 Discussie

5.1 Klimaat

De gemiddelde temperatuur in de kisten was 18,9°C tijdens ronde 3 (winter-lente) en 23,8°C tijdens ronde 4 (lente-zomer). De staltemperatuur was gemiddeld 11,8°C tijdens ronde 3 en 20,1°C tijdens ronde 4. De staltemperatuur lag gemiddelde 2°C tot 4°C hoger dan de buitentemperatuur. Dit kwam nagenoeg overeen met de resultaten die Hauser en Mayer (2001) en Haidn *et al* (2000) vonden in hun onderzoeken. In het onderzoek van Haidn *et al* (2000) zag men dat wanneer de buitentemperatuur omhoog ging de staltemperatuur ook steeg maar dan in kleinere mate. De invloed van de buitentemperatuur op de temperatuur in de kisten was kleiner dan op de staltemperatuur. Het verschil tussen de temperatuur in de kisten en de staltemperatuur was in de warme maanden kleiner dan in de koude maanden. In de warme maanden was er weinig verschil tussen de staltemperatuur en de buitentemperatuur. In de koude maanden was er wel een duidelijk verschil waar te nemen. Dit werd ook waargenomen in ons onderzoek.

Het verschil in temperatuur tussen de rechter kisten en linker kisten in ons onderzoek werd waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat de linker kisten tegen de buitenmuur stonden en de rechter kisten grensden tegen de binnenmuur, die als afscheiding diende met de afdeling ernaast.

De buitentemperatuur varieerde behoorlijk waardoor ook de temperatuur in de kist schommelde. In de winter was de temperatuur in de kist te laag en in de zomer soms te hoog. De bedoeling was dat met behulp van de ventilatie en vloerverwarming een redelijk constant klimaat werd gecreëerd. De ventilatie en de vloerverwarming van het microklimaat leken echter nauwelijks invloed te hebben op de temperatuur in de kisten. Uit de rookproeven bleek dat op het uiteinde van de ventilatiebuizen de luchtsnelheid behoorlijk hoog was. Dit zou wel eens één van de oorzaken kunnen zijn voor het niet onder controle krijgen van de hokbevuiling in de buitenklimaatstal. Door de hoge luchtsnelheid ontstond er waarschijnlijk tocht waardoor de varkens in de kisten gingen mesten. Misschien had de hoge luchtsnelheid in de kist ook invloed op de uitval als gevolg van longproblemen. Wanneer alle varkens 's nachts in de kist lagen en de temperatuur in de kist hoog genoeg was, bleef de ventilator op volle toeren draaien. Buiten was de temperatuur reeds gedaald met als resultaat dat koude lucht direct terechtkwam op de varkens in de kist. Een mogelijkheid om dit effect te verkleinen zou zijn om de bandbreedte hoger af te stellen. Dit zou weer invloed kunnen hebben op het aantal varkens in de kist. Vanwege de lagere ventilatie bij de hogere temperaturen zou de aantrekkelijkheid van de kist kunnen afnemen.

Het ventileren van de kist met de door ons gebruikte constructie leek over het algemeen niet aan de verwachtingen te voldoen. De verse lucht moest mooi verdeeld en gelijkmatig in de kist komen. Dat lukte echter niet met de pvc-buisconstructie. In Duitsland zit over de gehele breedte aan de achterkant van de kist een opening van 8 centimeter van de bodem. Via deze opening kan achter in de kist verse lucht binnenkomen. Het luchtpatroon van de binnenkomende lucht in dit systeem is mooi verdeeld en gelijkmatig van aard. De ventilatie van de kist kan op drie manieren gestuurd worden (zie bijlage IX). De lucht kan direct (van buiten), indirect (vanuit de stal) of een combinatie van direct en indirect in de kist komen (Wiedmann, 1997). De directe luchtinlaat wordt geregeld door de stand van de klep aan de buitenkant van de stal te variëren. Zo kan men de hoeveelheid lucht die van buiten de kist binnenkomt regelen. Bij de indirecte luchtinlaat wordt de ventilatie van de kist geregeld door het variëren van een schot dat de opening tussen bodem en achterkant kist verkleint dan wel vergroot. De lucht komt via de space-boards of wind-breekgaas binnen in stal en wordt geconditioneerd. De verse lucht is meestal kouder waardoor deze naar beneden valt. Zo komt de verse lucht terecht bij de opening aan de achterkant van de kist. Een combinatie van de directe en indirecte luchtinlaat is ook mogelijk. Op extreem warme dagen kan de directe luchtinlaat gebruikt worden om een grote luchtstroom te creëren zodat de kist aantrekkelijk blijft voor de varkens. In de winter kan men met de indirecte luchtinlaat ervoor zorgen dat er even goed verse lucht achter in de kist komt wanneer de klep aan de buitenkant van de stal dicht staat. De regeling van de ventilatie gebeurt in Duitsland meestal handmatig. Het automatiseren van de regeling voor de kleppen en schotten kan bijdragen aan het optimaliseren van het klimaat in de kist en verbeteren van de technische resultaten. Waarschijnlijk is niet zozeer de ventilatie in de kist belangrijk maar meer de mogelijkheid van het varken om ook achter in de kist verse lucht in te kunnen ademen. Men zag namelijk zowel in ons onderzoek als het onderzoek van Wiedmann (1997) dat meerdere varkens met het hele lichaam in de kist lagen behalve met de neus/kop, die ze door de flappen naar buiten staken (zie bijlage IX). In het onderzoek van Wiedmann (1997) lagen de varkens achter in de kist allemaal met de neus naar de opening tussen de bodem en achterkant van de kist.

Tijdens een test zonder varkens in de stal bleef de temperatuur in de kist bij verschillende temperatuurinstellingen van de vloerverwarming nagenoeg hetzelfde als de staltemperatuur. De vloerverwarming leek dus geen invloed te hebben op de temperatuur in de kist. Dit wil niet zeggen dat de vloerverwarming geheel nutteloos was. De warme

vloer zorgde voor een aangename en aantrekkelijke ligplaats voor de varkens in de kist. Wanneer er geen vloerverwarming zou zijn gebruikt, hadden de pas opgelegde biggen waarschijnlijk extra warmte moeten produceren om het warmteverlies door geleiding aan de vloer te compenseren. De energie die door het gebruik van vloerverwarming gespaard bleef, kon het varken besteden aan groei en ontwikkeling. Probleem in ons onderzoek bleef dat voornamelijk in de koudere maanden de temperatuur in de kist gedurende de eerste weken te laag was. Varkens van 25 tot 35 kilogram hadden volgens Hillmann *et al* (2004) een temperatuur nodig tussen de 19°C en 21°C. De eerste maand van ronde 3 was de gemiddelde temperatuur in de kist 16,7°C. Waarschijnlijk hebben de varkens extra warmte moeten produceren om het lichaam op temperatuur te houden. Dit zou een effect kunnen hebben gehad op de technische resultaten.

Naarmate de varkens ouder en zwaarder werden, produceerden ze zoveel warmte dat de vloerverwarming niet meer nodig was. Dit kon men afleiden uit de stand van de warmtemeter die 50 dagen na opleg tot het einde van de mestronde nauwelijks nog steeg.

In Duitsland komt vloerverwarming in buitenklimaatstallen nauwelijks voor. In plaats daarvan maakt men nuttig gebruik van de warmteproductie van de varkens zelf. In een hok waarin op het einde van de mestronde maximaal 12 varkens van 85 tot 110 kilogram mogen liggen, legt men in het begin van de mestronde niet 12 maar 24 biggen op. Het idee erachter is dat de 24 biggen samen zoveel warmte produceren dat de temperatuur in de kist lekker aangenaam wordt en blijft. Als de varkens ongeveer 40 à 45 kilogram wegen worden ze gelijkmatig verdeeld over 2 hokken (Wiedmann, 1997). Met de methode van dubbel opleggen is vloerverwarming overbodig geworden. De vloer in de kist dient wel geïsoleerd te zijn. Het verdelen van de varkens over de 2 hokken kost extra arbeid. Dit minpunt wordt echter te niet gedaan door de lagere energie- en bouwkosten (Haidn, 2000) waardoor de kostprijs per vleesvarken uiteindelijk lager is. Men dient met dubbel opleggen wel rekening te houden met de minimale aantal vierkante meters per varken. Dit kan ertoe leiden dat het hok iets groter moet zijn dan nu gebruikelijk is. Extra ruimte kost geld maar dit wordt waarschijnlijk gecompenseerd door het weglaten van de verwarming en lagere energiekosten.

In ons onderzoek zag men bij de rookproeven dat de lucht die via de openingen aan de zijkanten binnenkwam sneller naar beneden viel bij de hokken die zich het dichtst bij de openingen bevonden dan de hokken die meer naar het midden van de stal lagen. Hieruit zou men kunnen afleiden dat het macroklimaat per hok verschillend was. Dit was ongewenst aangezien men wilde dat voor elk hok het macroklimaat gelijk was in verband met het afstellen van het klimaat om optimale technische resultaten te behalen. Verder had koude lucht waarschijnlijk invloed op de gezondheid van de varkens. De koude lucht kon namelijk direct terecht komen op de varkens.

Wiedmann (1997) stelde in zijn onderzoek dat het noodzaak is dat de kisten tegen de zijkanten stonden die open waren. Zo kon de koude lucht niet direct bij de varkens komen en werd de lucht eerst geconditioneerd. De koude lucht kon door te mengen met de warmere stallucht wat opwarmen voordat deze bij de varkens op de dichte vloer voor de kisten en de roosters terecht kwam. Verder was bij deze opstelling het klimaat in het dierbereik voor de kist nagenoeg hetzelfde voor elk hok in de stal. Dit zou een positief effect hebben op de technische resultaten.

De ventilatie van het macroklimaat was waarschijnlijk verkeerd afgesteld. De smalle bandbreedte en de lage ingestelde waarde voor de staltemperatuur zorgden ervoor dat de gordijnen meestal voor een groot deel open stonden. Een streefwaarde van 15 °C voor de staltemperatuur op het einde van de mestronde was waarschijnlijk beter geweest dan een streefwaarde van 10°C. Een bandbreedte van 10 °C zou hebben voorkomen dat de gordijnen vaak voor een groot deel openstonden.

Bij hoge windsnelheden kon er veel lucht door de stal stromen omdat de gordijnen gestuurd werden op temperatuur en niet werden gecorrigeerd voor windsnelheid en windrichting. Waarschijnlijk stroomde er zoveel lucht door de stal waardoor er tocht ontstond. Volgens Verhagen (1987) leidt tocht tot een verminderde kans van het varken om een infectie te bestrijden en dus zijn gezondheid te waarborgen. Het stalklimaat in de buitenklimaatstal was waarschijnlijk niet optimaal en zou een grote invloed kunnen hebben gehad op het uitvalpercentage en de gezondheid van de varkens. De staltemperaturen tijdens ronde 4 waren hoog waardoor de gordijnen meestal voor 100% openstonden. Enkele dagen stond er een stevige wind, deze blies hard door de stal. Dit verklaart waarschijnlijk de hoge uitval in ronde 4 door APP (éénzijdige longontsteking). De bedrijfsbezoeken die we gedaan hebben, bevestigden dat tocht niet alleen in de kist maar ook in de rest van de stal voorkomen moet worden. Enkele bedrijven die we bezocht hadden, hebben in het verleden ook last gehad van een te grote doorstroom van lucht in de stal. Dit leverde gezondheidsproblemen op onder andere in de vorm van luchtwegaandoeningen. Deze bedrijven hebben hun klimaatinstellingen aanpast of hebben ervoor gezorgd dat de doorstroom van lucht gestuurd kon worden. Daardoor zijn bij de meeste bedrijven deze problemen verdwenen of bevinden zich op een normaal niveau.

Optimale instellingen voor de ventilatie van het macroklimaat en de besturing van de gordijnen op basis van temperatuur, windsnelheid en windrichting zouden moet zorgen voor een optimaal klimaat en zouden hoge luchtsnelheden in de stal moeten voorkomen. Hiervoor zou een weerstation noodzakelijk zijn tenzij ervoor gekozen wordt het gordijn altijd vrijwel helemaal te sluiten.

5.2 Gedrag

Varkens hebben in de vrije natuur een voorkeur voor rustplekken. Ze zoeken afhankelijk van de temperatuur plaatsen op met weinig of veel wind maar het zijn altijd donkere of beschaduwde plekken (Wiedmann, 1997). Bij hoge temperaturen hebben varkens een voorkeur voor winderige plekken en bij lage temperaturen voor windstille plekken. Mesten doen varkens meestal op plekken waar het kouder is of trekt, zo ver mogelijk weg van de rust- en vreetplaats. De inrichting van het hok en het klimaat in de buitenklimaatstal kunnen het gedrag van de varkens beïnvloeden.

De bedoeling is dat de varkens in de kist rusten en op de roosters mesten. Om ervoor te zorgen dat de varkens de kist gebruiken om te rusten moet het in de kist altijd duister en lekker behaaglijk zijn. Licht stimuleert namelijk activiteit (Schrenk en Marx, 1982). Komt er licht in de kist dan neemt de activiteit van de dieren in de kist toe. De varkens, die proberen te rusten, worden gestoord door de varkens die actief zijn in de kist. De varkens die willen rusten gaan dan waarschijnlijk op zoek naar een andere plek buiten de kist waar ze rustig kunnen liggen. Bij lage staltemperaturen levert de scheiding van functiegebieden (rusten, vreten en mesten) meestal geen probleem op. Varkens liggen dan graag in de kist waar het lekker warm is. Bij hoge staltemperaturen wordt het een ander verhaal dat bleek ook in ons onderzoek.

Tijdens ronde 4 werd het gedrag van de varkens in de buitenklimaatstal geregistreerd. Ronde 4 liep van eind mei 2004 tot eind september 2004. In deze periode was de gemiddelde staltemperatuur 20,1°C. In ons onderzoek lagen de varkens gemiddeld 43% in de kist, 25% op de dichte vloer voor de kist en 32% op de roosters. Gedurende de nacht lagen de meeste varkens in de kist en overdag op de roosters. In het onderzoek van Haidn *et al* (2000) varieerde het percentage varkens in de kist tussen de 60% en 90%. Het lage percentage varkens in de kist in ons onderzoek kwam waarschijnlijk onder andere door de transparante kunststof flappen die in ons onderzoek zijn gebruikt. Het licht dat door de flappen in de kist scheen, bevorderde de activiteit van enkele varkens. Deze verstoorde de rust van andere varkens welke waarschijnlijk op zoek gingen naar een andere rustplek. Een andere belangrijke reden voor het lage percentage varkens in de kist was de hoge staltemperatuur in ronde 4. Bij de hoge temperaturen proberen de varkens namelijk de warmtebelasting minimaal te houden door zover mogelijk van elkaar af te gaan liggen (Wiedmann, 1997). De roosters zorgen voor meer verkoeling dan de dichte vloer vandaar waarschijnlijk de toename van het aantal varkens op de roosters. Uit het onderzoek van Hillmann *et al* (2004) bleek dat varkens (50 tot 70 kilogram en zwaarder dan 80 kilogram) vanaf een omgevingstemperatuur van 17°C meer dan 20% van de varkens in een hok lagen zonder contact met hokgenoten. Vanaf een omgevingstemperatuur van 23°C voor varkens van 50 tot 70 kilogram en 21°C voor varkens zwaarder dan 85 kilogram lagen meer dan 20% van de varkens op de roosters. Bij hoge staltemperaturen wordt het verschil in aantrekkelijkheid tussen het macro- en microklimaat waarschijnlijk steeds kleiner. Hauser en Mayer (2001) zagen dat vanaf een staltemperatuur van 18°C het gemiddelde aantal varkens in de kisten kleiner werd dan 50%. Een goede ventilatie van de kist bij hoge staltemperaturen kan volgens Wiedmann (1997) ervoor zorgen dat de kist aantrekkelijk blijft als rustplek en voorkomen dat de meeste varkens op de roosters gaan liggen. Bij een hogere luchtsnelheid neemt de bovengrens van de comfortzone toe. Hierdoor heeft het varken bij een hogere omgevingstemperatuur nog steeds behaaglijk.

5.3 Hokbevuiling

De inrichting van het hok en het klimaat in de buitenklimaatstal hebben niet alleen invloed op het gedrag maar ook op de hokbevuiling. Met hokbevuiling bedoelen we eigenlijk het mesten van de varkens op de plek(ken) waar we niet willen dat de varkens mesten zoals in de kist. Om hokbevuiling te voorkomen dient men ervoor te zorgen dat het de varkens het juiste gedrag vertonen. Rusten in de kisten en mesten op de roosters. Om mesten in de kist te voorkomen moet het in de kist aangenaam en duister zijn. Het mag in de kist absoluut niet tochten. Varkens zijn namelijk geneigd op de plekken waar het tocht of het een stuk kouder is te mesten. Tocht mag men niet verwarren met sterke luchtstroom door de kist in de zomer. De sterke luchtstroom moet voor verkoeling zorgen om de kist aantrekkelijk te houden als rustplek en te voorkomen dat de varkens de kist gaan gebruiken als mestplek. In ons onderzoek zagen we dat wanneer de varkens gingen mesten in de kist de aantrekkelijkheid van de kist afnam en de dieren op de dichte vloer voor de kist of op de roosters gingen liggen.

Mestgedrag is te sturen en men kan de hokinrichting daarop aanpassen. Bij het opleggen van de biggen is het belangrijk dat er nauwelijks ruimte vrij is in als alle biggen in de kist liggen waar. Varkens willen graag afgezonderd en in alle rust kunnen mesten (Wiedmann, 1997). Als er geen ruimte meer vrij is in de kist, worden ze gedwongen buiten de kist te mesten. Dubbel opleggen wordt daarom meestal toegepast in de buitenklimaatstal. In de Duitse buitenklimaatstallen werkt men vaak met een verhoging. De dichte vloer ligt ongeveer 3 centimeter hoger dan de roostervloer.

In ons onderzoek zagen we dat de hokbevuiling minder was wanneer de brijbakken dicht bij de kist stonden in plaats van meer richting de voergang (hok 5, 6, 7 en 8). Wiedmann (1997) gaf ook het advies de brijbakken in de buurt van het de kist te plaatsen om hokbevuiling te voorkomen. Varkens houden de plek waar ze vreten schoon en zoeken graag een rustige plek om te mesten. Door de brijbakken dicht in de buurt van de kist te plaatsen bevuilen de varkens de dichte vloer niet en mesten ze op de roosters.

Waarschijnlijk had de hoge luchtsnelheid op de uiteinden van de pvc-buis (ventilatie microklimaat) in ons onderzoek een effect op de hokbevuiling. Door de plaatselijke te hoge luchtsnelheid in de kist gingen de varkens op deze plaatsen mesten. Dit kwam misschien ook door de grote vrije ruimte in de kist die de varkens hadden bij opleg. Wij hadden maar 12 dieren per hok opgelegd. Deze hadden de beschikking over 0,31 m² in de kist per varken. In Duitsland is dit gemiddeld 0,26 m² per varken. De varkens gebruikte de vrije ruimte in de kist om te mesten. Het beperken van de vrije ruimte in de kist kan helpen bij het voorkomen van hokbevuiling (Wiedmann, 1997).

5.4 Technische resultaten

De technische resultaten uit ons onderzoek, vergeleken met het landelijk gemiddelde, vielen tegen (Agrovision, juli 2003/juni 2004). De lage technische resultaten van de buitenklimaatstal waren waarschijnlijk het gevolg van het klimaat dat niet optimaal was en de hokinrichting dat invloed had op het lig- en mestgedrag van de varkens. Het varken stopte waarschijnlijk extra energie in onder andere warmteproductie om de gevolgen van het suboptimale klimaat te compenseren. De voederconversie nam hierdoor toe en de groei daalde. Dit was waarschijnlijk gedeeltelijk ook het gevolg van de hokbevuiling en het gedrag. Door bijvoorbeeld hokbevuiling gingen de varkens de kist mijden als rustplek en op de dichte vloer voor de kist en de roosters liggen. Het klimaat op de dichte vloer voor de kisten en op de rooster was suboptimaal. Dit zou de slechtere slachteigenschappen en de hogere uitval kunnen hebben veroorzaakt. Mateman *et al* (1979) vonden in hun onderzoek dat een suboptimale omgevingstemperatuur invloed had op de technische resultaten. Een te lage omgevingstemperatuur had een lagere groei en voederconversie tot gevolg.

Uit de technische resultaten van het onderzoek van Haidn *et al* (2000) en de praktijkcijfers van het bedrijf Rothkötter Krafftutter GmbH blijkt er geen verschil te zijn in technische resultaten tussen de buitenklimaatstal en de conventionele stal. De buitenklimaatstal leek het zelfs beter te doen dan de conventionele stal. De slachteigenschappen van varkens uit de buitenklimaatstal zouden gunstiger zijn. Uit de praktijkcijfers van Rothkötter Krafftutter GmbH bleek dat de groei 13 gram per dag hoger lag dan bij de conventionele stal en de voederconversie was 0,05 lager voor de buitenklimaatstal. Er leek nauwelijks verschil te zijn in uitval en mager vleespercentage tussen de buitenklimaatstal en de conventionele stal. Met het Auto-Fom systeem dat gebruikt wordt in de slachterijen in Duitsland, behaalden de varkens uit de buitenklimaatstal gemiddeld 0,981 en de varkens uit de conventionele stal gemiddeld 0,978. Met andere woorden het leek erop dat de opbrengstprijs per kilogram vlees hoger lag bij de buitenklimaatstal dan bij de conventionele stal.

Critici zullen zeggen dat een groei van 740 gram per dag in de Duitse buitenklimaatstal nog altijd lager is dan het Nederlandse gemiddelde van 772 gram per dag. Als men de technische gegevens van Nederland zo naast de gegevens uit Duitsland legt, vergelijkt men appels met peren. Het verschil in gegevens tussen Duitsland en Nederland komt waarschijnlijk door het verschil in technisch niveau. Er zijn een aantal factoren die het verschil in technische resultaten kunnen veroorzaken zoals klimaat, genetisch materiaal, kwaliteit voer, infrastructuur, etc.

Veel varkenshouders in Duitsland krijgen biggen van meerdere vermeerderders omdat het percentage grote zeugenhouders, die genoeg biggen kunnen produceren om in één keer een stal vol te leggen, laag is. De biggen van verschillende zeugenhouders verschillen meestal qua gezondheid, leeftijd, ontwikkeling, etc. Vleesvarkenshouders in Duitsland zijn vaak ook akkerbouwers. Ze mengen hun voer zelf en gebruiken daarbij eigen geteelde gewassen. De gegevens van de Duitse buitenklimaatstallen zijn uit bepaalde regio's. Deze hoeven niet representatief te zijn voor het landelijk gemiddelde in Duitsland. Men moet dus niet kijken naar het verschil in technische resultaten tussen landen maar tussen staltypen.

5.5 Energie- en waterverbruik

Eén van de voordelen van de buitenklimaatstal zou zijn een lager energieverbruik en dus ook lagere kosten voor energie per afgeleverd vleesvarken. Het creëren van een optimaal klimaat in de kisten (kleine ruimte) in plaats van een grote ruimte te verwarmen en te ventileren zou gas en elektriciteit moeten besparen. De gemiddelde kosten van een vleesvarkenshouder met een conventionele stal voor gas en elektriciteit zijn volgens Praktijkonderzoek Veehouderij (2003) 1 m³ gas € 1,00 en voor 1 kWh € 0,90. In ons onderzoek bleek dat in de buitenklimaatstal gemiddeld per afgeleverd vleesvarken € 1,27 aan gas en € 1,12 aan elektriciteit was verbruikt. De

energiekosten van de buitenklimaatstal lijken hoger te zijn dan van de conventionele stal. Echter de energiekosten van de buitenklimaatstal zijn gebaseerd op 578 vleesvarkens en van de conventionele stal op een compleet bedrijf.

De kosten voor gas in de buitenklimaatstal zijn waarschijnlijk aan de hoge kant. In de berekening van het gasverbruik werd de aanname gemaakt dat het rendement van de energieoverdracht 80% zou zijn geweest. De afstand van ketel tot de vloerverwarming en de isolatie van de leidingen hebben invloed op het rendement van de energieoverdracht. Het rendement zou dus best hoger kunnen liggen dan 80%. Wanneer het rendement hoger zou zijn, zou er minder gas zijn verbruikt met als gevolg lagere kosten voor gas per afgeleverd varken.

In ronden 3 en 4 werd de verwarming na 28 dagen niet uitgeschakeld. Dit had als gevolg een hoger gasverbruik tijdens deze ronden ten opzichte van ronden 1 en 2. In ronden 1 en 2 liet men de klimaatcomputer de verwarming uitschakelen omdat men ervan uitging dat de varkens dan genoeg warmte produceren om de kist op temperatuur te houden. Uit klimaatgegevens bleek dat op het einde van ronde 2 (december, januari) de temperatuur in de kist beneden de gewenste waarde lag. Vandaar dat men de instellingen van de vloertemperatuur voor ronden 3 en 4 veranderde. Men beredeneerde dat de warmteproductie van de varkens de vloerverwarming zou sturen. Wanneer de varkens zoveel warmte produceerden dat de gewenste vloertemperatuur werd gehandhaafd schakelde de vloerverwarming zich vanzelf uit. Dit leek niet te werken omdat niet alle varkens voor het grootste gedeelte van de dag in de kist lagen. Er werd dan onnodig gas verbruikt.

De belangrijkste oorzaak van het hoge gasverbruik is waarschijnlijk het grote verschil tussen de oppervlaktetemperatuur van de vloer en de temperatuur in de kist. Door het grote verschil is het warmteverlies hoog en blijft de verwarmingsketel warm water aanvoeren. Al eerder is genoemd dat de vloerverwarming geen invloed lijkt te hebben op de temperatuur in de kist. Het verschil tussen de oppervlaktetemperatuur van de vloer en de temperatuur in de kist blijft bestaan. Het lijkt dus niet zinvol om vloerverwarming te gebruiken om de kist op te warmen maar wel om te zorgen voor een aangename rustplek voor de varkens in het begin van de mestperiode. Misschien kunnen de ingestelde waarden omlaag waardoor gas gespaard kan worden en een aangename rustplek behouden blijft. Verder lijkt het onnodig om de vloerverwarming de hele mestperiode te gebruiken. De varkens produceren op een gegeven moment zoveel warmte dat vloerverwarming niet meer noodzakelijk is voor een aangename rustplek. Een varken maakt dan gebruik van de warmteafgifte van de andere varkens om het behaaglijk te hebben.

In Duitsland gebruiken ze meestal geen vloerverwarming. Ze maken handig gebruik van de warmteproductie van de varkens. Door dubbel op te leggen wordt er in de kist twee keer zoveel warmte geproduceerd. De twee keer zo hoge warmteproductie maakt het gebruik van vloerverwarming onnodig. Geen vloerverwarming betekent geen gasverbruik. Dit verlaagt de energiekosten aanzienlijk.

Het elektriciteitsverbruik in ons onderzoek werd voornamelijk veroorzaakt door de ventilatoren en het licht. In de warme maanden draaiden de ventilatoren volop en in de koudere maanden nauwelijks. In de warme maanden was het ook eerder en langer buiten licht vandaar dat minder kunstlicht nodig was ten opzichte van de koudere maanden. Het stroomverbruik van de ventilatoren had omlaag gekund door de bandbreedte hoger af te stellen. Dit was waarschijnlijk ook beter geweest voor het klimaat in de kist. Het stroomverbruik zou lager geweest zijn wanneer het licht alleen aan stond indien dat nodig was. Op Praktijkcentrum Sterksel zaten de 4 afdelingen van de EDV-stal op één hoofdschakelaar. Als men alleen met de hoofdschakelaar werkte kon het licht in de buitenklimaatstal ook aanstaan wanneer men in de plateaustal bezig was met bijvoorbeeld het verrichten van metingen. Dit kon voorkomen worden door de schakelaar voor het licht in de buitenklimaatstal op uit te zetten. Uit eigen waarnemingen en gesprekken met de medewerkers bleek dit niet altijd gebeurd te zijn.

De ventilatie met de pvc-buizen en de twee ventilatoren verbruikten behoorlijk wat elektriciteit. Wanneer men zou kiezen voor de ventilatie met kleppen zoals in Duitsland kan men het stroomverbruik aanzienlijk verlagen. Het gebruik van kleppen (natuurlijke ventilatie) en dubbel opleggen (geen vloerverwarming) bespaart enorm op de energiekosten. Deze besparing kan oplopen tot 90% per mestplaats per jaar (Haidn, 2000).

Het verschil in de kosten voor water per afgeleverd vleesvarken tussen de buitenklimaatstal en de conventionele stal was klein. De hoeveelheid water voor het natmaken van de roosters in ronde 4 had geen invloed op het totale waterverbruik aangezien dit van een ander aftappunt kwam waarvan het verbruik niet geregistreerd werd.

5.6 Arbeid

In ronde 3 was de arbeidsbehoefte 0,74 uur/varkensplaats per jaar en in ronde 4 was de arbeidsbehoefte 1,16 uur/varkensplaats per jaar. De hogere arbeidsbehoefte in ronde 4 kwam door het natmaken van de roosters, het strooien van zaagsel, reparaties aan de waterleiding, het extra (goed) schoonmaken van de dichte vloer om ronde 4 tot een succes te maken en meer arbeid voor het behandelen van dieren. In ronde 4 waren er meer gezondheidsproblemen. Het is logisch dat wanneer zich problemen in de stal voordoen de arbeidsbehoefte hoger is dan wanneer er geen problemen zijn. Het natmaken van de roosters leek geen waarneembaar effect te hebben. Het strooien van zaagsel op natte plekken in de kist had waarschijnlijk invloed op de hokbevuilding. Door op natte

plekken in de kist zaagsel te strooien leek men ernstige hokbevuiling te kunnen voorkomen. De tijd nodig voor het schoonspuiten is gebaseerd op één registratie. Niet echt betrouwbaar zou men kunnen zeggen. De tijd die nodig is voor het schoonspuiten van een stal is afhankelijk van onder andere de persoon die schoonspuit, het voersysteem (brij- of droogvoer), de beschikbare hogedrukreiniger, etc. Meerdere tijdregistraties wat betreft het schoonspuiten van buitenklimaatstal met dezelfde hogedrukreiniger door verschillende personen die regelmatig stallen schoonspuiten zou een redelijk betrouwbaar gemiddelde kunnen van de arbeidsbehoefte voor schoonspuiten.

In het rapport van Heuvel (2004) heeft men naar de arbeidsbehoefte in een conventionele stal gekeken. In dit onderzoek vond men dat benodigde tijd voor het uitvoeren van de dagelijkse controle bij een groep van 12 vleesvarkens 0,10 minuten/vleesvarken per dag was. In ons onderzoek was dat in ronde 3 ongeveer 0,09 minuten/vleesvarken per dag en in ronde 4 ongeveer 0,15 minuten/vleesvarken per dag. Hieruit zou men kunnen afleiden dat er geen verschil zit in arbeidsbehoefte tussen een buitenklimaatstal en een conventionele stal. Waarschijnlijk waren er verschillen tussen het meten van de arbeidsbehoefte bij de verschillende onderzoeken. In hoeverre de gegevens van het ene onderzoek vergelijkbaar zijn met het andere onderzoek is maar de vraag.

In het onderzoek van Haidn (2000) kwam naar voren dat de buitenklimaatstal een hogere arbeidsbehoefte had dan de conventionele stal. Dit werd veroorzaakt door het omstallen van varkens in verband met dubbel opleggen en de controle van de brijbakken. De brijbakken stonden tegen de kist aan waardoor de vleesvarkenshouder het hok in moest om de brijbak te controleren. In ons onderzoek werd niet dubbel opgelegd maar de diervverzorgers moesten wel het hok in om de brijbakken te controleren. De arbeidsbehoefte in de buitenklimaatstal is waarschijnlijk iets hoger dan in de conventionele stal met name door vaker voorkomende hokbevuiling.

De kosten voor arbeid die de extra arbeidsbehoefte in de buitenklimaatstal met zich meebrengt, vallen mee. De kosten voor arbeid bedragen ongeveer 4% van de totale kosten per varkensplaas per jaar. De hoger kosten voor arbeid veroorzaken geen grote stijging van de totale kosten per varkensplaats. De totale kosten per varkensplaats per jaar zijn waarschijnlijk lager omdat de kosten voor huisvesting en energie lager zijn. Deze hebben een grotere invloed op de kosten per varkensplaats per jaar dan de hogere kosten voor arbeid.

5.7 Economische resultaten

De bouwkosten van de in ons onderzoek gebruikte buitenklimaatstal waren hoog. Mogelijk werd dit veroorzaakt door een te hoge inschatting door programma Bedrijfswijzer Varkens. Voor de vervangingswaarde per vleesvarkensplaats van een conventionele stal wordt gerekend met € 542. Volgens LTO bedragen de bouwkosten per vleesvarkensplaats van een conventionele stal in Nederland echter gemiddeld € 425 (LTO, 2005). De bouwkosten uit ons onderzoek wijken daarom waarschijnlijk af van het gemiddelde uit de praktijk. In de praktijk wordt er vaak gewerkt met kortingen en hebben de grootte van de te bouwen stal en het gebruik van standaard afmetingen invloed op de bouwkosten. Het was echter wel mogelijk om binnen ons onderzoek de bouwkosten van de verschillende stallen met elkaar te vergelijken. Hieruit bleek dat de bouwkosten van een buitenklimaatstal lager waren dan de bouwkosten van een conventionele stal. De bouwkosten van buitenklimaatstal B, dit is de buitenklimaatstal zoals gebouwd op Praktijkcentrum Sterksel maar dan met goedkopere kisten, waren 14% lager dan de bouwkosten van de conventionele stal. In de literatuur vond men ook lagere bouwkosten voor de buitenklimaatstal. Buitenklimaatstal A is met opzet niet voor de vergelijking tussen bouwkosten van de conventionele stal en van de buitenklimaatstal gebruikt omdat de kisten te duur en te luxe zijn gebouwd.

Buitenklimaatstal C is een kistenstal zoals die in Duitsland voornamelijk gebouwd wordt. De ventilatie van de kist vindt plaats door een indirecte luchtinlaat. Het ventilatiepercentage wordt geregeld door het automatisch open en dicht sturen van een klep. Er is gekozen voor een indirecte luchtinlaat omdat men bij een directe luchtinlaat regelmatig problemen heeft met tocht. Dit komt meestal door kleppen die niet goed afsluiten. Verder waren de bouwkosten voor een directe luchtinlaat moeilijk te berekenen en zou de nauwkeurigheid van de erkenning sterk afnemen. De bouwkosten van buitenklimaatstal C lagen 22% lager dan de conventionele stal. Zou men dit vertalen naar de praktijk dan kan men een buitenklimaatstal bouwen voor € 340 per varkensplaats. Dit komt overeen met de gevonden literatuur en de praktijkgegevens van buitenklimaatstallen waaruit blijkt dat de bouwkosten van een buitenklimaatstal liggen tussen de € 270 en € 375 per varkensplaats.

De lagere bouwkosten van een buitenklimaatstal worden veroorzaakt door het gebruik van goedkopere materialen en andere constructies. Men hoeft onder andere een kleiner oppervlak te isoleren (kist in plaats van stal) en men heeft een kleiner oppervlak te isoleren.

Uit het onderzoek van Haidn (2000) bleek dat ondanks de hogere kosten voor arbeid de specifieke kosten van de buitenklimaatstal lager waren dan die van de conventionele stal. Dit kwam door de lagere kosten voor huisvesting en energie. In het onderzoek van Haidn *et al.* (2000) was er geen verschil in technische resultaten tussen de twee stalsystemen. De opbrengsten lijken gelijk te zijn voor beide stalsystemen. De kosten zouden lager zijn voor de buitenklimaatstal. Hieruit zou men kunnen concluderen dat het economische resultaat van de buitenklimaatstal hoger moet zijn dan van de conventionele stal.

In ons onderzoek lijkt de bovenstaande redenering niet op te gaan. De technische resultaten van de buitenklimaatstal in ons onderzoek waren lager dan het landelijk gemiddelde. Het landelijk gemiddelde is afkomstig van een groot aantal verschillende bedrijven maar wordt in de praktijk gebruikt om nieuwe stalsystemen te toetsen. In de buitenklimaatstal op Partijcentrum Sterksel zorgden de slechtere slachresultaten voor lagere inkomsten. De lagere kosten voor huisvesting wogen niet op tegen de hogere kosten voor arbeid, voer, gezondheid, uitval en overige kosten (o.a. energie). De lagere opbrengsten en hogere kosten van de buitenklimaatstal zorgden voor een lager netto bedrijfsresultaat ten opzichte van de conventionele stal. Het netto bedrijfsresultaat van de buitenklimaatstallen was gemiddeld 32% lager dan het netto bedrijfsresultaat van de conventionele stal. Op basis van de gegevens uit ons onderzoek lijkt het economisch niet interessant om een buitenklimaatstal te bouwen.

Alle netto bedrijfsresultaten waren negatief. De beperkingen van het programma Bedrijfstijden Varkens en de aannames die gemaakt waren, hadden waarschijnlijk een grote invloed op het netto bedrijfsresultaat. Er zijn waarschijnlijk een aantal overschatting van de kosten gemaakt. De bouwkosten van een conventionele stal berekend door Bedrijfswijzer Varkens lagen € 117 hoger dan de bouwkosten in de praktijk. Volgens Praktijkonderzoek Veehouderij (2003) kostte een big van 25 kilogram € 41,50. Uit de gegevens van Agrovision (juli 2003/juni 2004) bleek dat er gemiddeld € 36,33 betaald is voor een big van 26,0 kilogram. Gemiddeld werd er in de praktijk netto € 1,15 per kilogram uitbetaald. In Bedrijfswijzer Varkens werd er met € 1,23 per kilogram gerekend. De overschatting van de kosten woog waarschijnlijk zwaarder dan de overschatting van de opbrengsten waardoor het netto bedrijfsresultaat zwaar negatief was.

In ons onderzoek waren de condities waarschijnlijk niet ideaal om het optimale resultaat uit de buitenklimaatstal te halen wat er in zat. Het verbeteren van het klimaat, hokinrichting en het toepassen van dubbel opleggen zouden de technische resultaten sterk kunnen verbeteren en de kosten verlagen. Het netto bedrijfsresultaat van de buitenklimaatstal zou hierdoor dichterbij de buurt kunnen komen van het netto bedrijfsresultaat van de conventionele stal. Misschien wordt het netto bedrijfsresultaat van de buitenklimaatstal zelfs beter dan dat van de conventionele stal. Waarschijnlijk is een buitenklimaatstal het meest geschikt voor familiebedrijven gezien de eisen en grootte die aan deze stal gesteld worden.

6 Conclusie

- Zowel het microklimaat in de kisten als het macroklimaat in de stal is niet optimaal.
 - De temperatuur in de kist schommelde behoorlijk. De temperatuur in de kist was in de koude maanden vaak te laag en in de warme maanden soms te hoog.
 - Vloerverwarming leek geen effect te hebben op de temperatuur in de kist maar biedt mogelijk wel een comfortabele ligplek voor de dieren.
 - De ventilatie leek geen invloed te hebben op de temperatuur in de kist. De sterke luchtstromen aan het einde van de pvc-buis zorgde voor plaatselijk trek in de kist. Dit had waarschijnlijk invloed op de hokbevuiling en gezondheid van de varkens.
 - Gewenste staltemperatuur was te laag. Gordijnen werden aangestuurd op basis van staltemperatuur. De gordijnen waren daardoor bij hoge windsnelheden ook open met als gevolg tocht in de stal. De tocht zou invloed gehad kunnen hebben op de gezondheid van de varkens.
 - Klimaat per hok verschilde waarschijnlijk door de dwarsopstelling van de hokken ten opzichte van de openingen in de zijkanten.
 - In kisten zonder ernstige bevuiling leek de luchtkwaliteit in orde te zijn.
- Gedrag van de varkens was niet naar tevredenheid
 - Het percentage varkens dat gedurende de dag in de kist verbleef, was te laag. Er lagen teveel varkens op de dichte vloer voor de kist en op de roosters.
 - De mate van hokbevuiling was onacceptabel. Het schoon maken en houden van de hokken kostte teveel extra arbeid.
- Een buitenklimaatstal met deze economische resultaten is niet interessant voor de Nederlandse praktijk.
 - Technische resultaten van de buitenklimaatstal waren aan de lage kant ten opzichte van het landelijk gemiddelde.
 - De bouwkosten van de buitenklimaatstal zoals die gebouwd is in Sterksel zouden 14% lager kunnen uitvallen vergeleken met een conventionele stal.
 - De lagere kosten voor huisvesting wogen niet op tegen de hogere kosten voor arbeid, voer, gezondheid, uitval en overige kosten (waaronder energie).
 - Gezien de technische resultaten van de buitenklimaatstal (lagere opbrengsten per afgeleverd varken) uit ons onderzoek en de hogere kosten per afgeleverd vleesvarken leek het economisch niet interessant om een buitenklimaatstal te bouwen. Het netto bedrijfsresultaat van de buitenklimaatstal was behoorlijk lager dan die van de conventionele stal.
- Er zijn nog verbeteringen mogelijk wat betreft het functioneren van de buitenklimaatstal. In de aanbevelingen staan enkele mogelijkheden die kunnen leiden tot een beter resultaat in de buitenklimaatstal.

7 Aanbevelingen

Hieronder staan een aantal aanbevelingen die kunnen bijdragen aan een verbetering van de technische en economische resultaten:

- Beter afstellen van klimaatinstellingen
 - Macroklimaat niet alleen regelen op basis van temperatuur maar ook windrichting en windsnelheid. Dit leidt overigens wel tot hogere kosten.
 - Een grotere bandbreedte voor ventilatie van het microklimaat.
 - Vloerverwarming op tijd uitschakelen.
 - Bij hoge temperaturen in de kist de deksels iets omhoog takelen. Warme lucht kan ontsnappen wanneer de deksel van de ene kist iets hoger of lager opgetakeld is dan deksel van de andere kist.
 - Een hogere gewenste temperatuur macroklimaat.
- Donkere flappen in plaats van transparante flappen ter afsluiting van de kist
 - Dit moet ervoor zorgen dat de varkens de kist gebruiken als rustplek en er geen andere activiteit plaatsvindt waardoor de rust verstoord wordt.
 - Een grotere benutting van de kist als rustplek draagt bij aan een beter klimaat en minder bevuiling van de kist.
- Brijbakken zo dicht mogelijk bij de kist
 - Bevuiling van de dichte vloer moet hierdoor voorkomen worden. De controle van de bakken wordt hierdoor wel bemoeilijkt hetgeen leidt tot meer arbeid tenzij er gewerkt wordt met hulpmiddelen zoals sensoren, spiegels of camera's.
- Dubbel opleggen
 - Door dubbel opleggen is vloerverwarming waarschijnlijk niet nodig. Dit bespaart energie.
 - Men hoeft niet de grootte van de kist te variëren. Dit draagt bij aan een stabiele omgeving en kost minder arbeid. Veranderingen in omgeving kunnen stress veroorzaken en hokbevuiling bevorderen.
 - Het klimaat in de kist verbetert en bevuiling van de kist kan hiermee voorkomen worden.
- Kisten positioneren tegen de zijkanten van de stal
 - Het macroklimaat is voor alle hokken aan één zijde gelijk. Het macroklimaat kan men hierdoor beter regelen.
 - Dit maakt natuurlijke ventilatie met behulp van kleppen mogelijk. Dit bespaart energie en zorgt voor een betere ventilatie dan met de pvc-buisconstructie.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., Wagemans, M.J.M. (1997) Ammonia volatilization and dust concentration as affected by ventilation systems in houses for fattening pigs. Transactions of the ASAE 40 (4), 1161-1170
- Aarnink, A., Keen, A., Metz, J., Speelman, L., Verstegen, M. (1995) Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed in partially slatted floors. Journal of Agricultural Engineering Research 62, 105-116.
- Baey-Ernsten, H., Haidn, B. (2004) Haltungsverfahren. In: Eds. Fritzsche, S., Achilles, W., Außenklimaställe für schweine - 2. überarbeitete auflage. Kuratorium für technik und bauwesen in der landwirtschaft e.V. (Darmstadt), Publisher Münster, Westfalen, Landwirtschafts-verlag Münster
- Bedrijfsvergelijking Agrovision B.V. (2004) Kengetallenspiegel aantal vleesvarkens juli 2003 - juni 2004. www.agrovision.nl
- Brøndum, J., Egebo, M., Agerskov, C., Busk, H. (1998) On-line pork carcass grading with the autofom ultrasound system. J. Anim. Sci. 76, 1859-1868
- Busse, W.F. (1993) Comparison measurements of the house climate in swine stables with and without respiratory diseases or cannibalism. In: Eds. Collins, E., Boon, C., 4th International symposium of live-stock environment, 6-9 July, University of Warwick, England, ASAE St. Joseph, Michigan, USA, 904-908.
- CEN (1993) EN 481: Workplace atmospheres; size fraction definitions for measurement of airborne particles. Comité Européen de Normalisation, Brussel.
- Close, W.H., Mount, L.E. (1978) The effect of plane of nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig. 1. Heat loss and critical temperature. Br. J. Nutr. 40, 413-421
- Donham, K.J. (1991) Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. In: American Journal of Veterinarian Research 52 (10), 1723-1730
- Donham, K.J., Gustafsson, K.E. (1982) Human occupational hazards from swine confinement. Ann. Am. Conf. Governmental Ind. Hygienists 2, 137-142
- Donham, K.J., Cumro, D. (1999) Setting maximum dust exposure levels for people and animal livestock facilities. In: Congress proceedings of the international symposium on dust control in animal production facilities, 30 May - 2 June, Århus, Denmark, 93-110
- Gallmann, E. (2003) Vergleich von zwei haltungssystemen für mastschweine mit unterschiedlichen lüftungsprinzipien, stallklima und emissionen. Proefschrift Universität Hohenheim
- Gallmann, E., Brose, G., Hartung, E., Jungbluth, T. (2001) Influence of different pig housing systems on odor emissions. Water Science and Technology 44 (9), 237-244
- Gartung, J. (2004) Baukosten. In: Eds. Fritzsche, S., Achilles, W., Außenklimaställe für schweine - 2. überarbeitete auflage. Kuratorium für technik und bauwesen in der landwirtschaft e.V. (Darmstadt), Publisher Münster, Westfalen, Landwirtschaftsverlag Münster
- Haidn, B. (2000) Arbeitszeitbedarf in der mastschweinehaltung. In: Ed. Auernhammer, H. Tagungsband 12. Arbeitswissenschaftliches seminar am 29. februar und 1. märz 2000 in Weihenstephan. Weihenstephan Landtechnik Weihenstephan, Landtechnik schrift Nr. 11, pag. 9-20
- Haidn, B. (2004) Arbeitszeit und arbeitsplatz. In: Eds. Fritzsche, S., Achilles, W., Außenklimaställe für schweine - 2. überarbeitete auflage. Kuratorium für technik und bauwesen in der landwirtschaft e.V. (Darmstadt), Publisher Münster, Westfalen, Landwirtschaftsverlag Münster

Haidn, B., Holzinger, W., Hornauer, N., Bauer, S. (1999) Analyse des stands der mast-schweinehaltung in außenklimaställen in Bayern. Landtechnischer Verein in Bayern e. V., Freising-Weißenstephan, Vöttinger str. 36, 85354 Freising

Haidn, B., Hornauer, N., Rathmer, B., Gronauer, A. (2000) Bau und nutzung eines schweine-stalles auf flüssigmistbasis als außenklimastall mit teilspaltenboden und ruhekisten. Bayer-ische Landesanstalt für Landtechnik, am Staudengarten 3, 85354 Freising-Weißenstephan

Hartung, J. (2002) Effects of bioaerosol related particulate matter on animal health. Landbau-forschung Völknerode. Sonderheft 235, 119-123

Hauser, R., Mayer, C. (2001) Klimaeinflüsse in der schweinemast; Qualitative tierschutzas-pekte in wärmgedämmten und nichtwärmgedämmten haltungssytemen. Eidgenössische For-schungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon TG

Heuvel, E.M. van den (2004) Praktijkrapport Varkens 29 "Grote groepen vleesvarkens". Ani-mal Sciences Group Praktijkonderzoek, Postbus 2176, 8203 AD Lelystad

Hillmann, E., Mayer, C. and Schrader, L. (2004) Lying behaviour and adrenocortical response as indicators of the thermal tolerance of pigs of different weights. Animal Welfare, 13: 329-335.

Hovell, F.D., Gordon, J.G., MacPherson, R.M. (1977) Thin sows. 2. Observations on the energy and nitrogen exchanges of thin and normal sows in enviromental temperatures of 20 and 5°C. J. Agric. Sci. Cambr. 89, 523-533

Ingram, D.L. (1964) The effect of heat loss and thermal insulation in the young pig. Res. Vet. Sci. 5, 357-364

Klooster, C.E. van 't (1987a) Mogelijkheden tot verbouwing van een volledig roostervloer-stallen voor mestvarkens. Varkensproefbedrijf Raalte, Proefverslag P 1.2.

Klooster, C.E. van 't (1987b) Vergelijking van de kistenstal en de volledig roostervloerstal voor mestvarkens. Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland", Proefverslag P 1.3.

LTO Nederland (2005) Landelijk biggenprijsenschema januari 2005. www.lto.nl

Lüpfter, T. (2004) Bauliches konzept. In: Eds. Fritzsche, S., Achilles, W., Außenklimaställe für schweine - 2. überarbeitete auflage. Kuratorium für technik und bauwesen in der landwirt-schaft e.V. (Darmstadt), Publisher Münster, Westfalen, Landwirtschaftsverlag Münster

Mateman, G., Brandsma, H.A., Verstegen, M.W.A. (1979) Invloed van staltemperatuur op groei, voederconversie en andere kenmerken bij mestvarkens. Rapport Instituut voor Veeteelt-kundig Onderzoek "Schoonoord" B-154

Mount, L.E. (1979) Adaptation tot thermal environment: man an his productive animals. Ed-ward Arnold. London

Mount, L.E., Close, W.H., Verstegen, M.W.A. (1973) The effective critical temperature in groups of pigs. 256th Scientific. Meeting of the Nutrition Society.

Ni, J. (1998) Emission of carbon dioxide and ammonia from mechanically ventilated pig house. Doctoraatproefschrift nr. 338 aan de faculteit landbouwkundige en toegepaste Biolo-gische wetenschappen van de K.U. Leuven.

Peet-Schwering, C.M.C. van der, Aarnink, A.J.A., Rom, H.B., Dourmad, J.Y. (1999) Ammo-nia emissions from pig houses in The Netherlands, Denmark and France. Livestock Produc-tion Science 58 (3), 265-269

Praktijkonderzoek Veehouderij (2003) KWIN-Veehouderij 2003-2004. Praktijkonderzoek Veehouderij, Postbus 2176, 8203 AD Lelystad

Schrenk, H.J., Marx, D. (1982) Der aktivitätsrhythmus von ferkeln und seine beeinflussung durch licht und futtergabe. 2. Experimentelle untersuchungen zum einfluss von licht und fut-tergabe. Berliner und Munchener Tierärztliche Wochenschrift. 95 (4), 61-65

SZW (1999) Nationale MAC-lijst 1999. Sdu uitgevers, Den Haag.

Takai, H., Pedersen, S., Johnson, J.O., Metz, J.H.M., Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H., Phillips, V.R., Holden, M.R., Sneath, R.W., Short, J.L., White, R.P., Hartung, J., Seedorf, J., Schröder, M., Linkert, K.H., Whates, C.M. (1998) Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern Europe. J. agric. Engng Res. 70, 49-58

Thielen, M.J.M. (1974) De frequentie en de zootechnische preventie van long- en leveraan-doeningen bij varkens. Dissertatie, Landbouw Hogeschool Wageningen

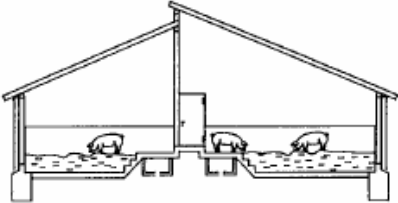
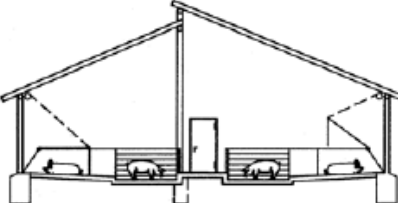
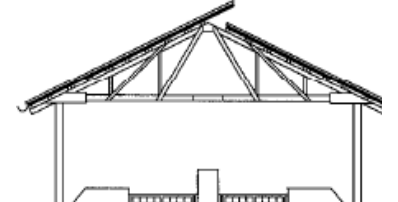
Verhagen, J.M.F. (1987) Acclimation of growing pigs to climatic environment. Proefschrift Wageningen LU-1131

Verstegen, M.W.A. (1971) Influence of enviromental temperature on energy metabolism of growing pigs housed individually and in groups. Thesis, Wageningen. The Netherlands.

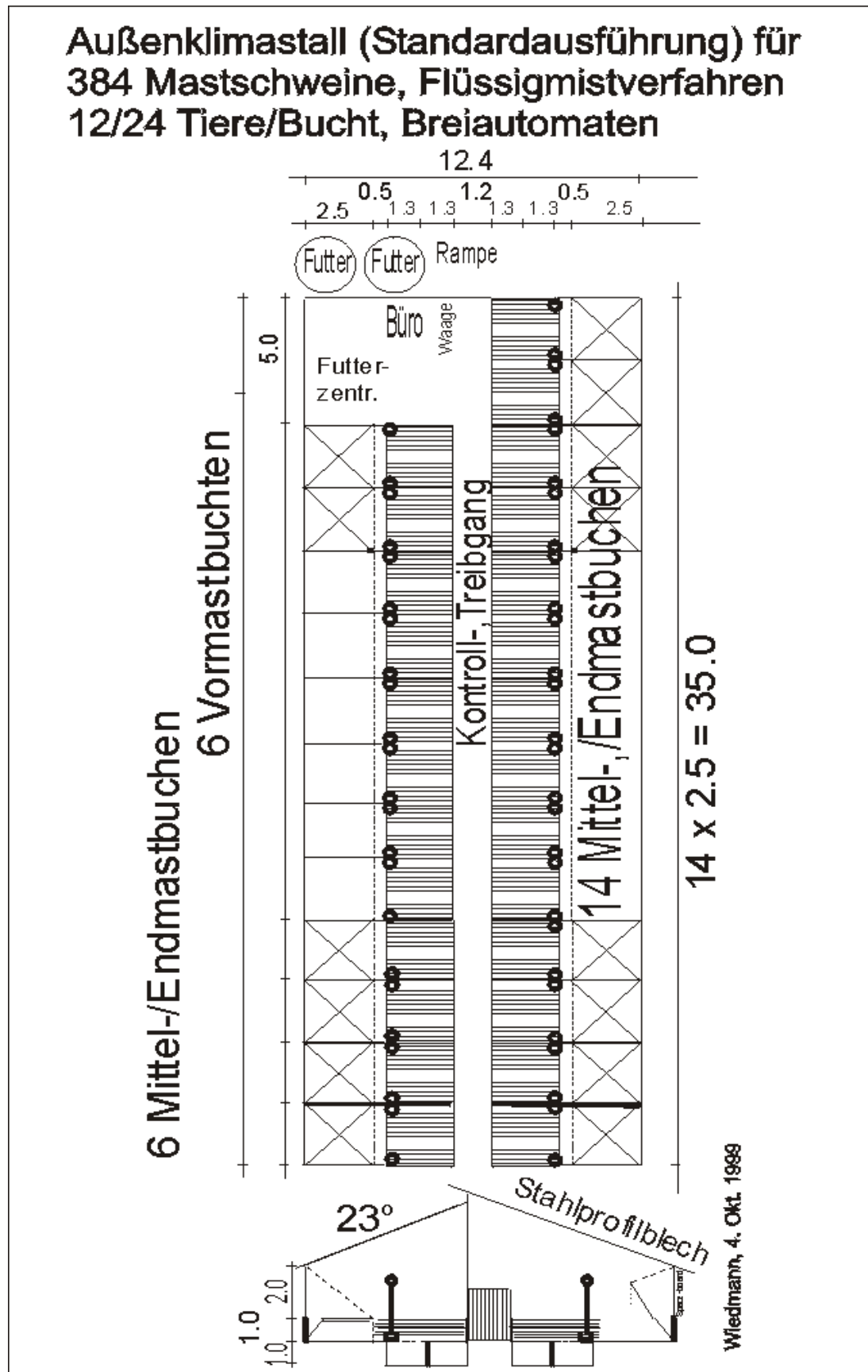
Wiedmann, R. (1997) Schweinehaltung in außenklimaställen: Grundlagen und praxis für die schweinemast. DLG-Verlags-GmbH, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main.

Zeitler, M. (1988) Hygienische bedeutung des staubes und keimgehaltes der stallluft. Bayer. Landwirtschaftl. Jahrbuch 65, 151-165

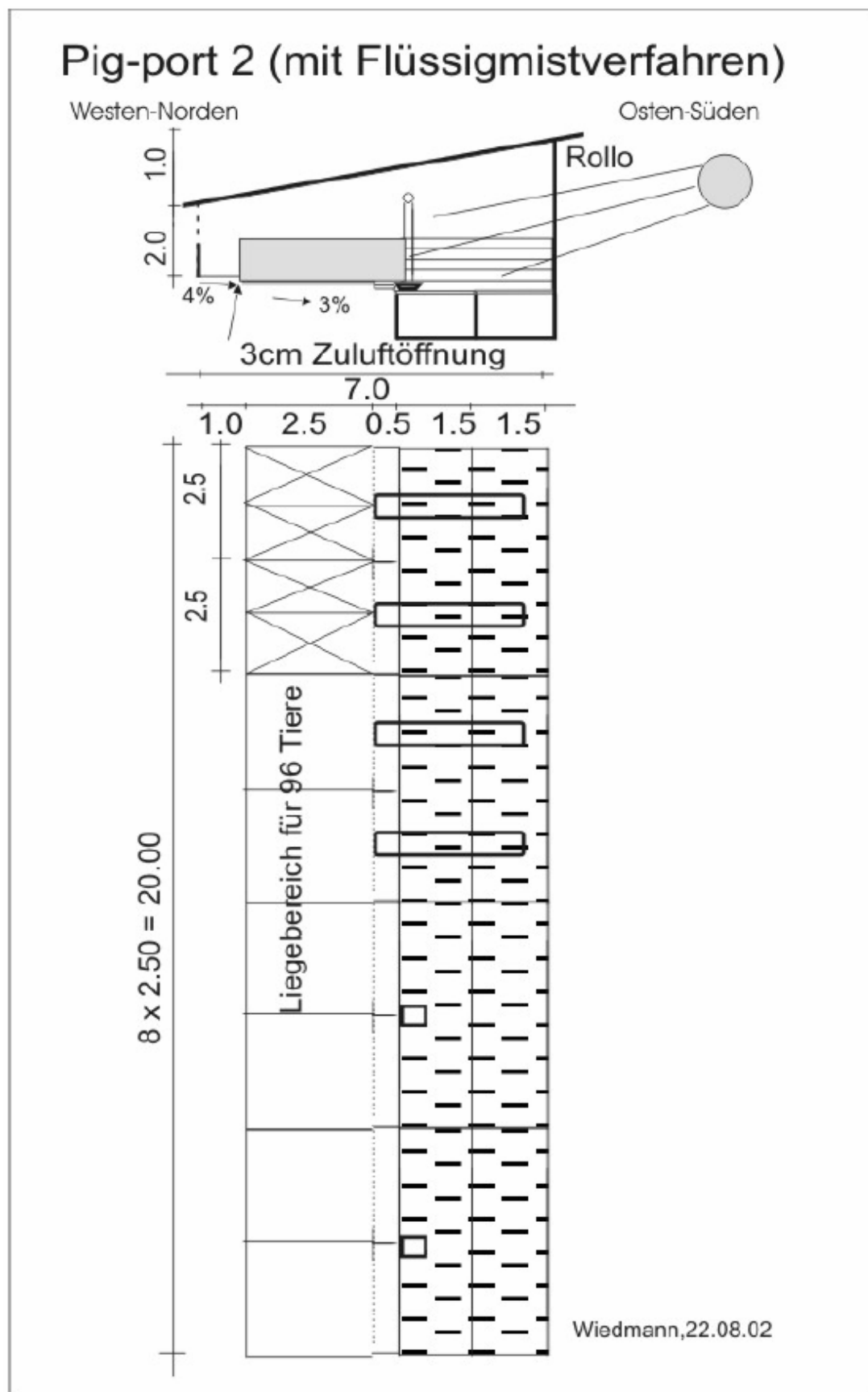
Bijlage 1 Overzicht verschillende buitenklimaatssystemen

housing system	description	characteristic data	
deep pit house 	functional area separation rest/excrements and feeding increasing muck mattress, one big bale of straw per two weeks removing of the manure at the end of the fattening period mash feeders high temperature in the manure mattress	places / pen pen area / animal laying area / animal litter / animal and day manure / animal and day dung water / animal and day	24 1,25 m² 0,8 m² 0,8-1,2 kg 3-4 kg 0,05 kg
inclined floor system 	functional area separation laying/feeding und defecation inclination (6-8%) littering by „self-service“ at a straw rack fixed manure removal machine below the slatted floor covering of the laying area in wintertime necessary	places / pen pen area / animal laying area / animal litter / animal and day manure / animal and day dung water / animal and day	14 1,1 m² 0,8 m² 0,1-0,3 kg 2-3 kg 0,8-1,0 kg
kennel system - with litter - 	functional area separation laying, feeding und defecation littering every 2 days manure removal every 2 – 3 days by using a smal tractor laying area in the heat insulated kennel	places / pen pen area / animal laying area / animal litter / animal and day manure / animal and day dung water / animal and day	14 1,1 m² 0,4 m² 0,1-0,2 kg 2-3 kg 0,8-1,0 kg
kennel system - without litter - 	functional area separation laying, feeding und defecation slurry system slatted floor abaove the slurry ditch laying area in the heat insulated kennel	places / pen pen area / animal laying area / animal litter / animal and day slurry / animal and day	14 1,0 m² 0,4 m² 0 kg 4-5 kg

Bijlage 2 Standaard uitvoering Duitse buitenklimaatstal



Bijlage 4 Pig-post als drijfmeststelsysteem



Bijlage 5 Overzicht stalklimaat en luchtkwaliteit buitenklimaatstal buiten kist

Onderzoeksresultaten van Gallmann (2003). In de onderstaande tabel staan van 4 mestronden de waarden van de gemeten variabelen voor de twee onderzochte staltypen.

Ronde	Niveau		#	Conventionele stal		Buitenklimaatstal (buiten kist)	
				Gem.	Stdev	Gem.	Stdev
1 18-10-99 tot 14-01-00	Ruimte	Temp. (°C)	61	18,9	1,8	9,1	3,7
		NH ₃ (ppm)	27	12,0	2,9	9,9	1,9
		CO ₂ (ppm)	60	1815,1	295,2	727,9	94,4
		CH ₄ (ppm)	60	9,6	2,3	4,2	0,7
	Afvoer	Temp. (°C)	61	17,9	1,7	11,1	3,7
		NH ₃ (ppm)	27	24,8	8,9	12,6	3,0
		CO ₂ (ppm)	60	1619,9	354,8	842,1	128,5
		CH ₄ (ppm)	60	16,4	4,4	5,0	1,1
		Vent. (m ³ h ⁻¹ dier ⁻¹)	60	40,4	6,2	80,3	17,4
		NH ₃ (g d ⁻¹ dier ⁻¹)	27	13,7	6,6	10,3	5,8
		CO ₂ (kg d ⁻¹ dier ⁻¹)	60	2,0	0,5	1,4	0,3
		CH ₄ (g d ⁻¹ dier ⁻¹)	60	8,7	2,6	3,1	0,9
	2 28-02-00 tot 06-06-00	Temp. (°C)	68	21,1	1,4	13,8	4,0
		NH ₃ (ppm)	64	7,7	4,2	6,0	1,4
		CO ₂ (ppm)	64	1509,5	435,2	625,8	59,3
		CH ₄ (ppm)	64	6,5	2,8	3,0	0,4
		Temp. (°C)	68	20,8	2,4	16,3	4,5
		NH ₃ (ppm)	62	21,4	3,3	10,6	4,5
		CO ₂ (ppm)	64	1578,1	306,3	813,0	100,5
		CH ₄ (ppm)	64	13,4	2,6	4,3	0,8
		Vent. (m ³ h ⁻¹ dier ⁻¹)	68	61,3	26,0	101,6	17,6
		NH ₃ (g d ⁻¹ dier ⁻¹)	64	19,6	7,1	12,3	4,0
		CO ₂ (kg d ⁻¹ dier ⁻¹)	64	2,8	0,6	1,6	0,3
		CH ₄ (g d ⁻¹ dier ⁻¹)	64	11,2	4,6	3,7	1,4
3 14-08-00 tot 01-12-00	Ruimte	Temp. (°C)	73	22,5	1,4	16,8	3,3
		NH ₃ (ppm)	69	6,4	2,3	7,6	1,7
		CO ₂ (ppm)	74	1126,5	193,1	648,1	48,0
		CH ₄ (ppm)	74	7,8	2,7	4,9	1,5
	Afvoer	Temp. (°C)	73	21,5	1,8	17,8	3,1
		NH ₃ (ppm)	69	17,7	5,4	10,8	2,6
		CO ₂ (ppm)	74	1187,6	188,9	785,1	65,7
		CH ₄ (ppm)	74	18,9	5,1	6,5	1,7
		Vent. (m ³ h ⁻¹ dier ⁻¹)	74	64,8	12,2	84,0	10,5
		NH ₃ (g d ⁻¹ dier ⁻¹)	69	15,8	4,3	11,0	3,2
		CO ₂ (kg d ⁻¹ dier ⁻¹)	74	2,0	0,3	1,3	0,2
		CH ₄ (g d ⁻¹ dier ⁻¹)	74	15,4	3,2	4,5	1,0
	4 15-01-01 tot 27-04-01	Temp. (°C)	64	21,9	0,9	11,8	3,3
		NH ₃ (ppm)	62	10,3	3,3	9,0	2,8
		CO ₂ (ppm)	22	1606,2	124,5	629,3	54,1
		CH ₄ (ppm)	22	8,3	1,7	3,1	0,4
		Temp. (°C)	64	19,3	1,4	13,0	3,1
		NH ₃ (ppm)	62	22,6	4,8	12,0	3,8
		CO ₂ (ppm)	22	1475,9	152,1	742,0	58,5
		CH ₄ (ppm)	22	12,7	2,7	3,9	0,4
		Vent. (m ³ h ⁻¹ dier ⁻¹)	64	51,1	13,6	90,8	21,1
		NH ₃ (g d ⁻¹ dier ⁻¹)	62	16,3	5,3	12,0	4,5
		CO ₂ (kg d ⁻¹ dier ⁻¹)	22	1,6	0,3	0,9	0,2
		CH ₄ (g d ⁻¹ dier ⁻¹)	22	5,9	1,9	1,4	0,6

Ruimte: temperatuur en concentratie gemeten op in de stal, Afvoer: temperatuur en concentratie gemeten van afgezogen lucht, GV: komt overeen met 500 kg leven gewicht (Groot Vee eenheid)

Bijlage 6 Overzicht stalklimaat en luchtkwaliteit buitenklimaatstal in kist

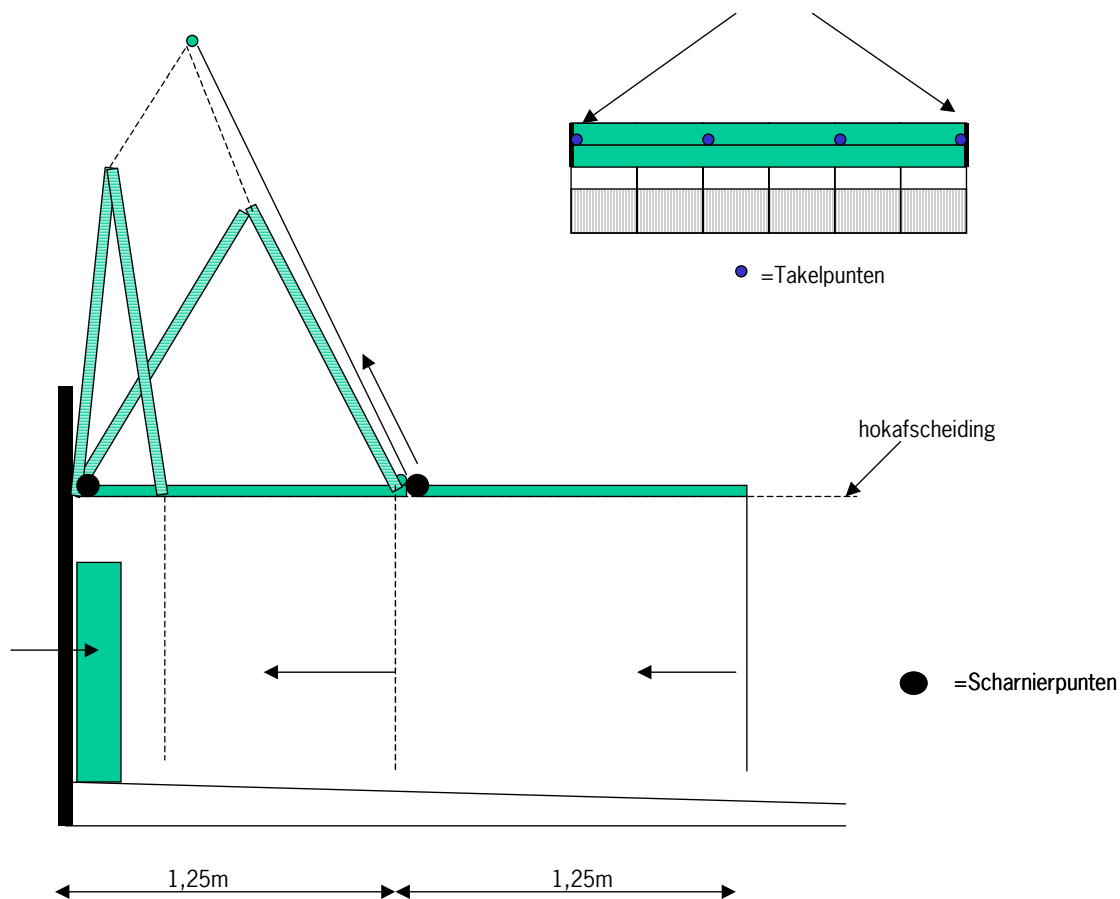
Onderzoeksresultaten van Gallmann (2003). In onderstaande tabel staan van vier mestronden de waarden van de gemeten variabelen weergegeven voor de twee kisten in de buitenklimaatstal.

Ronde	Kist		#	Buitenklimaatstal (in kist)	
				Gem.	Stdev
1 18-10-99 tot 14-01-00	1	Temp. (°C)	63	17,3	2,6
		NH ₃ (ppm)	27	18,0	4,4
		CO ₂ (ppm)	60	1230,9	290,0
		CH ₄ (ppm)	60	6,0	2,0
	2	Temp. (°C)	63	17,0	2,9
		NH ₃ (ppm)	27	25,7	14,9
		CO ₂ (ppm)	60	862,4	179,2
		CH ₄ (ppm)	60	3,8	0,7
2 28-02-00 tot 06-06-00	1	Temp. (°C)	48	22,5	2,4
		NH ₃ (ppm)	60	12,4	4,6
		CO ₂ (ppm)	60	1287,5	161,3
		CH ₄ (ppm)	60	5,5	1,5
	2	Temp. (°C)	48	18,5	3,2
		NH ₃ (ppm)	59	28,7	13,2
		CO ₂ (ppm)	59	823,6	170,0
		CH ₄ (ppm)	60	3,2	1,0
3 14-08-00 tot 01-12-00	1	Temp. (°C)	73	22,4	2,2
		NH ₃ (ppm)	69	22,0	6,1
		CO ₂ (ppm)	74	1003,5	140,0
		CH ₄ (ppm)	74	8,9	2,5
	2	Temp. (°C)	73	22,6	1,9
		NH ₃ (ppm)	69	14,2	5,6
		CO ₂ (ppm)	74	939,6	176,5
		CH ₄ (ppm)	74	4,3	1,5
4 15-01-01 tot 27-04-01	1	Temp. (°C)	61	21,3	2,4
		NH ₃ (ppm)	62	14,2	4,3
		CO ₂ (ppm)	22	1098,0	119,5
		CH ₄ (ppm)	22	4,7	0,6
	2	Temp. (°C)	61	16,1	3,3
		NH ₃ (ppm)	62	30,7	15,4
		CO ₂ (ppm)	22	656,5	58,1
		CH ₄ (ppm)	22	2,9	0,4

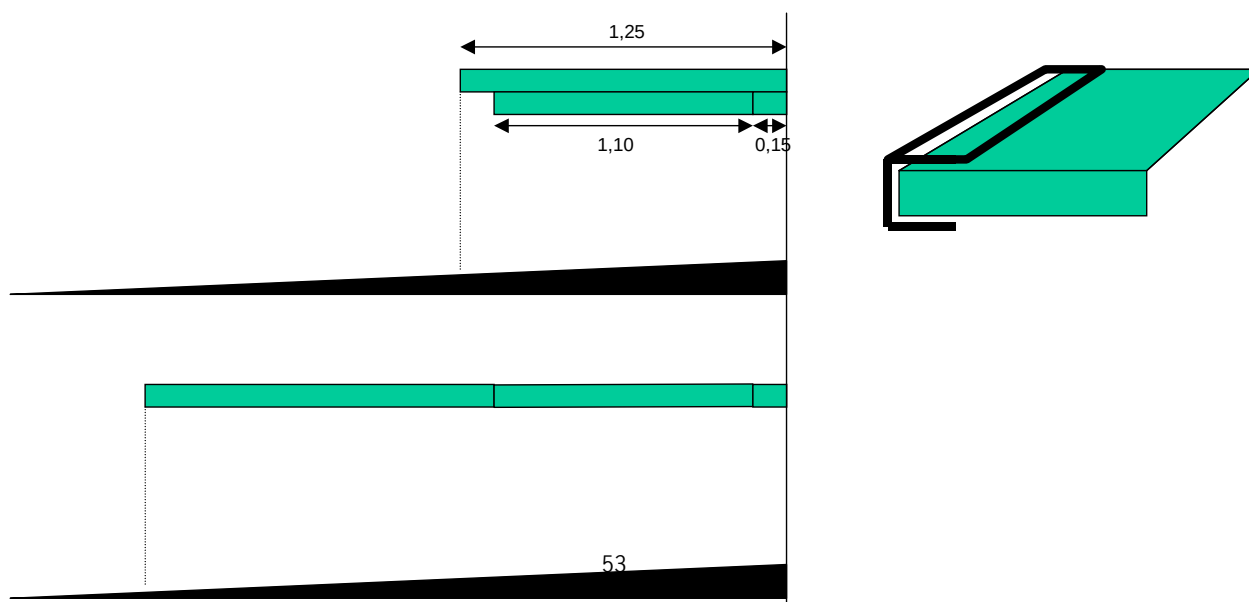
GV: komt overeen met 500 kg leven gewicht (Groot Vee eenheid)

Bijlage 7 Ontwerp van onderkomens

Type dak rechter kisten

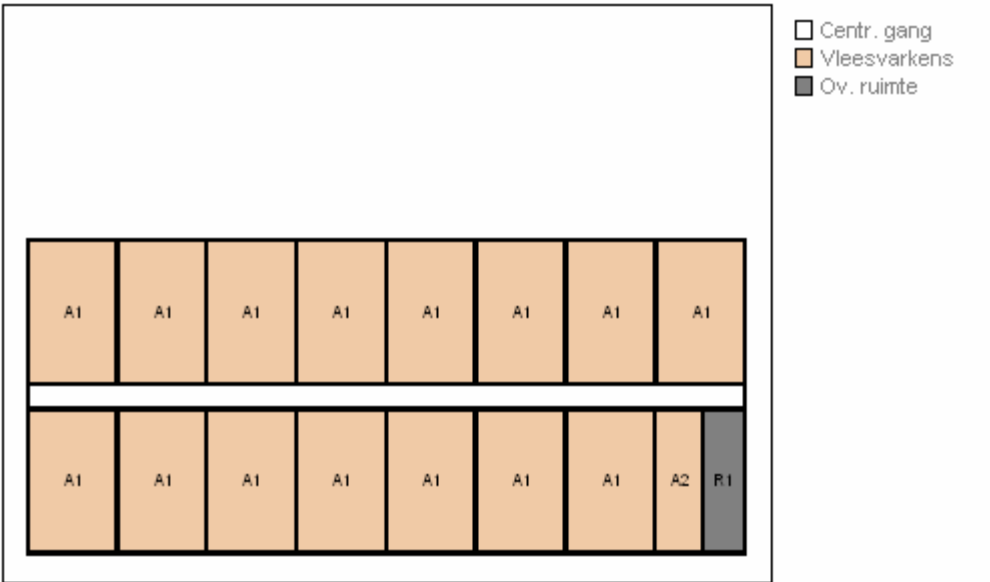


Type dak linker kisten

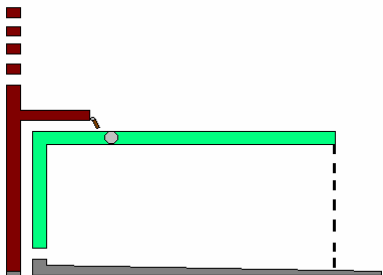
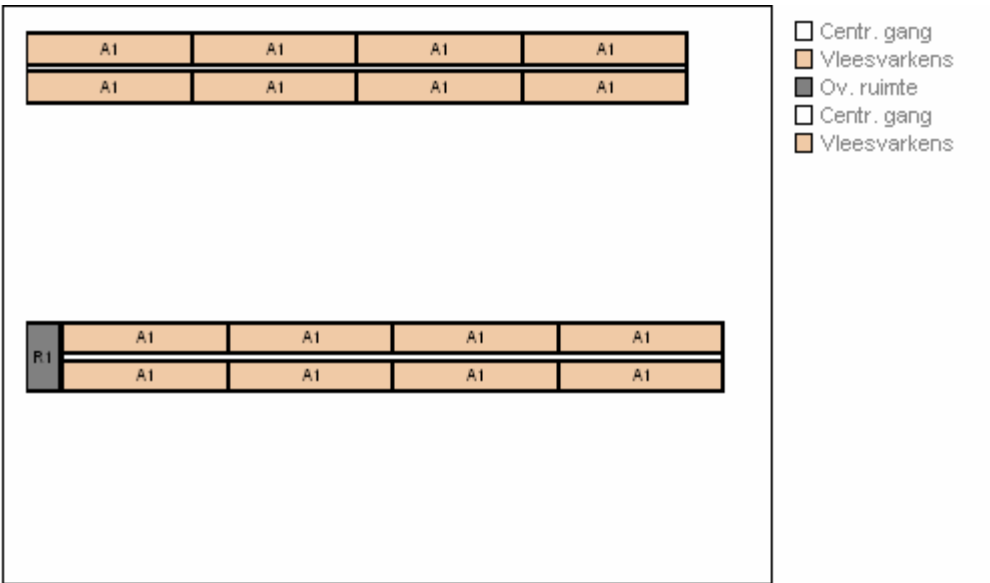


Bijlage 8 Overzicht varianten bij economische berekeningen

Conventionele stal, buitenklimaatstal A en B (stal 89 meter bij 34 meter, centrale gang 2,5 meter, elke afdeling een voerpad van 0,8 meter)



Buitenklimaatstal C (stal boven 132 meter bij 12 meter, stal beneden 125 meter bij 12 meter, centrale gangen 1,2 meter, centrale gang is voerpad)



Bijlage 9 Ventilatiemogelijkheden in onderkomens

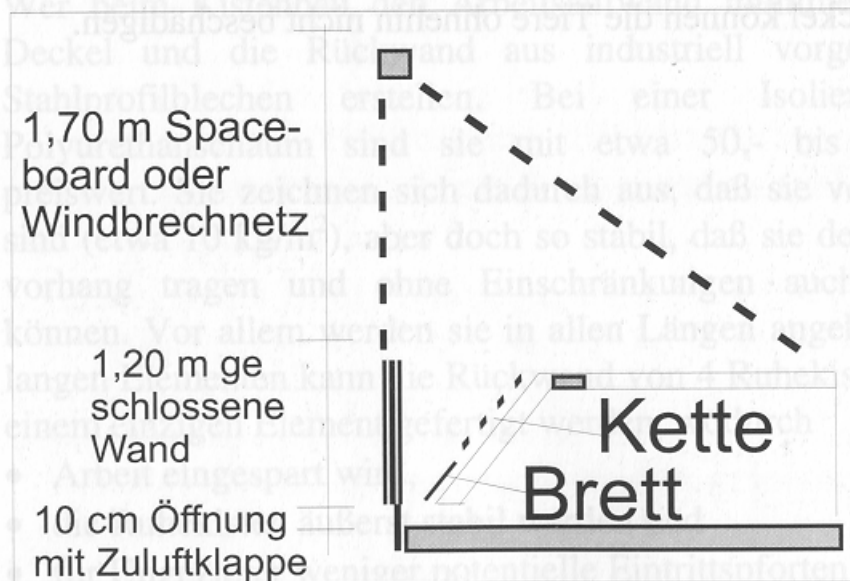


Abbildung 56: Handhabung der Zuluftöffnung: Das Brett auf der Kistenrückwand ist an einer verstellbaren Kette aufgehängt.

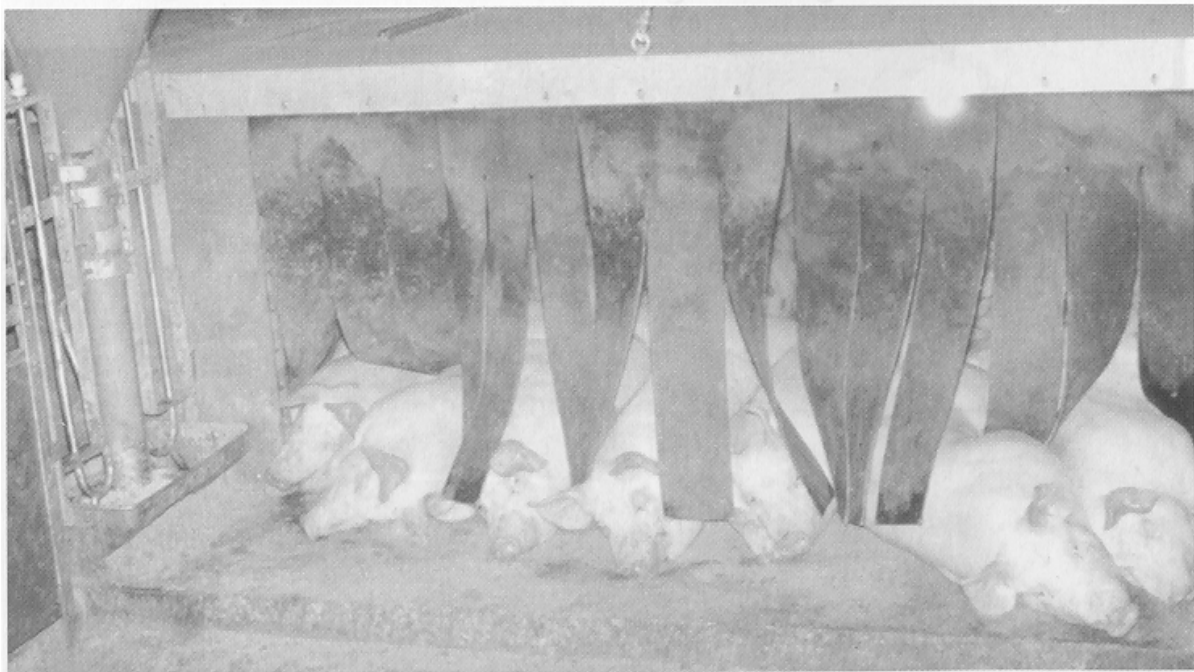


Abbildung 49: Stufe 4: Bei 110 kg Lebendgewicht müssen die vorderen Tiere auch auf dem 60 cm breiten Frontbereich liegen.

Bijlage 10 Protocol hokbevuilingsscores buitenklimaatstal

Dit protocol is gebaseerd op een 'standaard' protocol dat in het verleden door PV wel eens werd gebruikt.

Frequentie van waarnemen:	Dagelijks												
Aantal hokken:	Steeds in alle hokken van de afdeling scoren.												
Tijdstip van waarnemen:	Maakt niet uit, wel alle hokken 'gelijktijdig' beoordelen.												
Waarnemingsperiode:	Starten in de eerste volle week na opleg, stoppen als de eerste varkens afgeleverd zijn.												
Nat/droog oppervlak:	Het gaat om oppervlak besmeurd met verse en dus natte mest. Droge hopen niet meenemen.												
Onderscheid gedeelten:	Elk hok is verdeeld in drie gedeelten: 1. Het gedeelte onder de kist (de flappen hangen op de scheiding). Dit gedeelte wordt op het invulformulier met 'O' aangeduid 2. Het gedeelte dichte vloer voor de kisten (wordt kleiner naarmate de dieren zwaarder worden, omdat de panelen dan verder uitgeschoven zijn). Dit gedeelte wordt op het invulformulier met 'DV' aangeduid 3. Het gedeelte roostervloer. Dit gedeelte wordt op het invulformulier met 'R' aangeduid												
Aantal klassen:	We schatten het percentage van de vloer dat nat is of met nog vochtige mest is besmeurd. Op basis hiervan wordt een score toegekend. Gekozen is voor onderstaande indeling. <table><tr><td>Bevuiling (%)</td><td>0</td><td>0-25</td><td>25-50</td><td>50-75</td><td>75-100</td></tr><tr><td>Score</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr></table>	Bevuiling (%)	0	0-25	25-50	50-75	75-100	Score	0	1	2	3	4
Bevuiling (%)	0	0-25	25-50	50-75	75-100								
Score	0	1	2	3	4								
Uitwerking waarnemingen:	Scores moeten niet omgerekend worden naar percentages. Bij de uitwerking wordt wel het percentage per score weergegeven. Bijvoorbeeld: de roostervloer van hok 1 had tijdens 60% van de waarnemingen een score 3 en tijdens 40% van de waarnemingen een score 2.												

Invulformulier hokbevuiling Buitenklimaatstal

Invullen: wekelijks

0 = Kist

DV = Dichte vloer voor de kist

R = Roostervloer

[illegible]

% bevuild	0	0-25	25-50	50-75	75-100
score	0	1	2	3	4

Bijlage 11 Protocol rookproeven Buitenklimaatstal Sterksel

Datum : _____
Tijd : _____

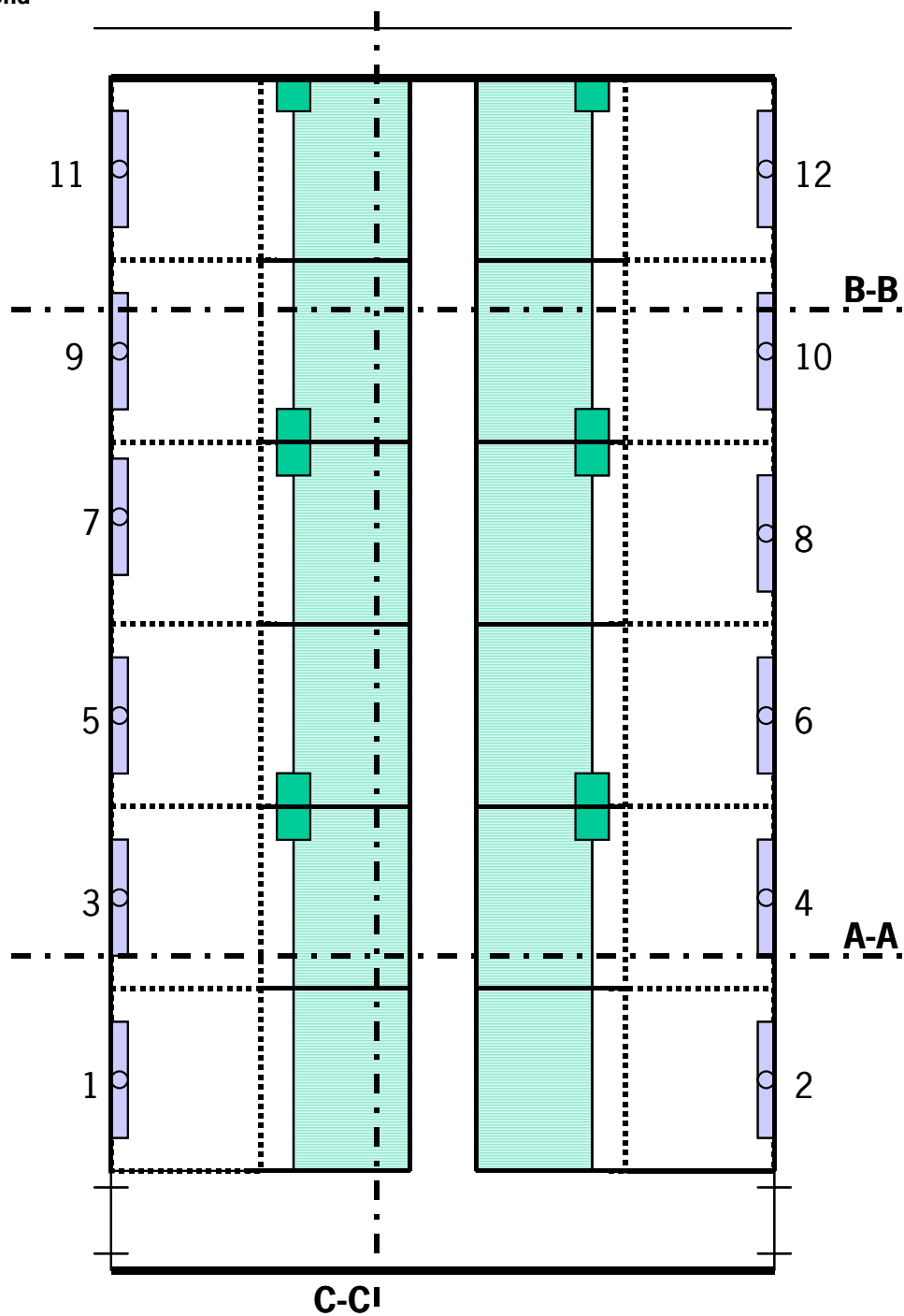
Rookproef uitvoeren met 2 personen in 2 delen. Eerste 4 weken van de 1^e ronde wekelijks, daarna om de twee weken.

Deel 1: Rook inspuiten via inlaatopening zijgevel. Hiertoe dient eerst bepaald te worden welke zijde van de afdeling als luchtinlaat wordt gebruikt. Dit kan met weinig rook bepaald worden. Vervolgens blaast 1 persoon aan de buitenzijde van de stal, parallel aan het gordijn gedurende 7 seconden rook. Persoon 2 staat midden in de controlegang en schetst de luchtbeweging in onderstaande schetsen.

Deel 2: Rook inspuiten via grondkanaal. Persoon 1 blaast in beide grondkanalen gedurende 2x5 seconden rook. Persoon 2 staat midden in de controlegang en schetst de luchtbeweging in onderstaande schetsen. In de plattegrond (figuur 15) wordt met een stip (●) aangegeven in welk hok aan de linkerkant en welk hok aan de rechterkant het eerste rook zichtbaar is. Intekenen van doorsnede C-C (figuur 18) is niet nodig.

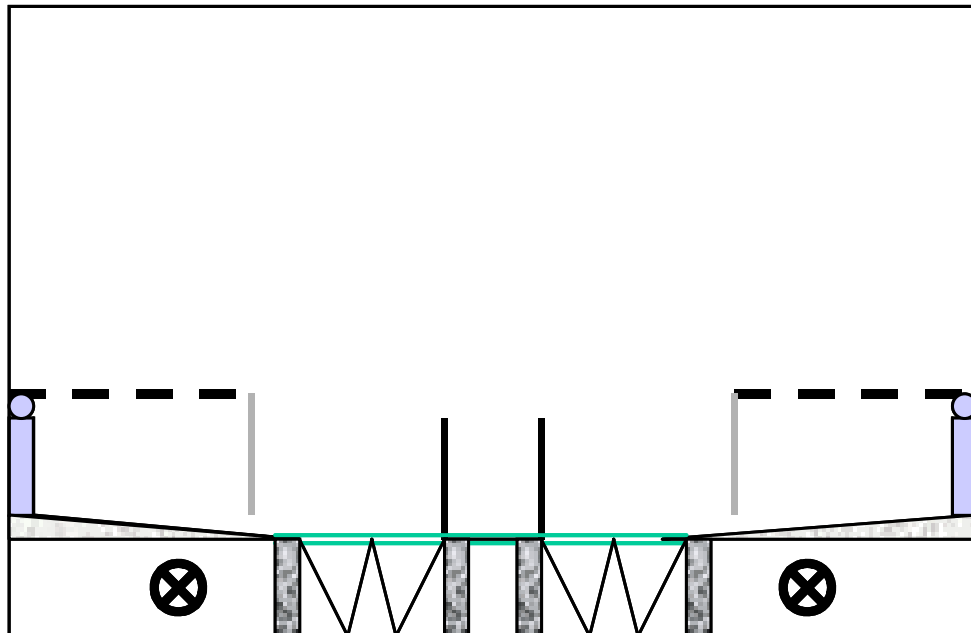
Bijlage 12 Plattegronden en aanzichten

Plattegrond

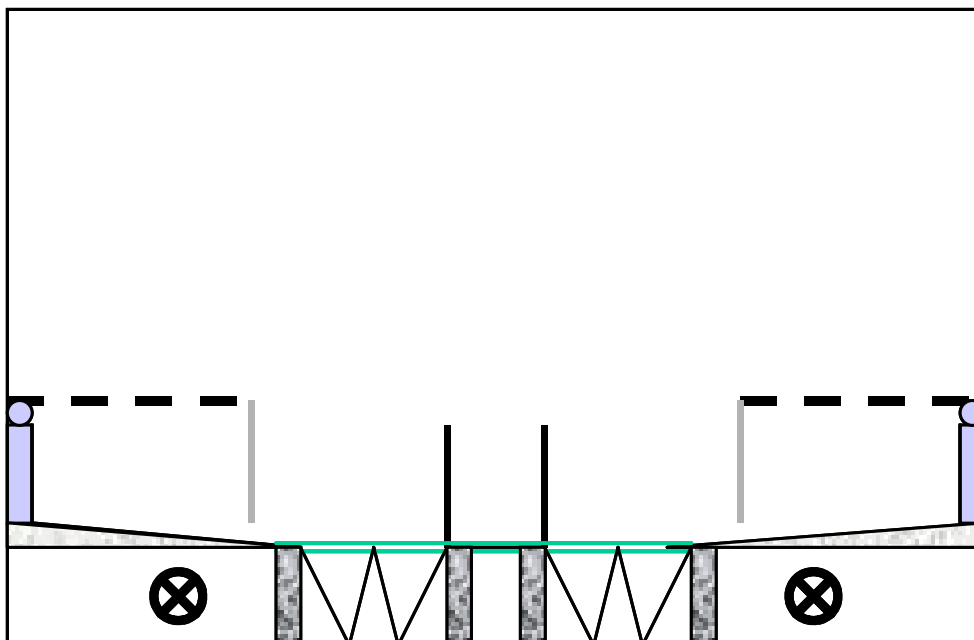


Bijlage 12 Plattegronden en aanzichten (vervolg)

Doorsnede A-A



Doorsnede B-B



Doorsnede C-C

Opmerkingen/bijzonderheden:

