



Varkens

PraktijkRapport Varkens 16

Huisvestingssystemen met gescheiden klimaatzones bij gespeende biggen

Juni 2003



Colofon

Uitgever

Praktijkonderzoek Veehouderij
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info@pv.agro.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek Veehouderij

© Praktijkonderzoek Veehouderij

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

Het Praktijkonderzoek Veehouderij 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 2003/oplage 125
Prijs € 17,50

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

Abstract

The Research Institute for Animal Husbandry developed and studied three housing systems with separate climate zones for weaned piglets. The purpose of this study was to establish the functioning and the possibilities of implementation of separate climate zones in the three housing systems. This report describes the plan and results of the study.

Key words

Climate zones, heating panels, outdoor climate, indoor climate

Referaat

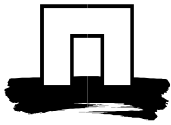
ISSN 1570-8608

Leeuw, M.T.J. de, A.V. van Wagenberg, A.H.A.A.M. van Lierop, H. Altena, H.M. Vermeer
(Praktijkonderzoek Veehouderij)
Huisvestingssystemen met gescheiden klimaatzones bij gespeende biggen (2003)
PV-PraktijkRapport 16
37 pagina's, 8 figuren, 19 tabellen

Praktijkonderzoek Veehouderij heeft drie huisvestingssystemen met gescheiden klimaatzones voor gespeende biggen ontwikkeld en onderzocht. Doel van het onderzoek was het vaststellen van de kritische ontwerpfactoren en toepassingsmogelijkheden van gescheiden klimaatzones bij gespeende biggen. Dit rapport beschrijft de opzet en resultaten van het onderzoek.

Trefwoorden

klimaatzones, stralingspanelen, buitenklimaatstal, beddenstal, staklimaat



PRAKTIJKONDERZOEK
VEEHOUDERIJ

PraktijkRapport Varkens 16

Huisvestingssystemen met gescheiden klimaatzones bij gespeende biggen

Housing systems with separate climate zones for weaned piglets

M.T.J. de Leeuw
A.V. van Wagenberg
A.H.A.A.M. van Lierop
H. Altena
H.M. Vermeer

Juni 2003

Voorwoord

Voor u ligt het rapport “Huisvestingssystemen met gescheiden klimaatzones voor gespeende biggen”. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Productschap voor Vee en Vlees (PVV) en valt onder het programma “Klimaat in huisvestingssystemen voor varkens met goedkope ruwbouw”. Dit is momenteel een belangrijk thema, omdat met lagere bouwkosten de kostprijs van varkensvlees gereduceerd kan worden, waardoor de concurrentiepositie van Nederland ten opzichte van andere landen in elk geval niet verslechtert. Door te werken met gescheiden klimaatzones in stallen kunnen mogelijk de kosten voor het stalgebouw omlaag, terwijl tevens bespaard kan worden op energiegebruik.

In de geteste huisvestingssystemen bleek het economisch voordeel gering, maar het principe biedt wel voldoende perspectief voor de nabije toekomst.

Het onderzoek is door het Praktijkonderzoek Veehouderij uitgevoerd in samenwerking met Agra-Matic bv, dat de materialen voor het creëren van gescheiden klimaatzones beschikbaar heeft gesteld.

N. Verdoes

Waarnemend hoofd Varkens, Pluimvee, Nertsen en Konijnen

Samenvatting

Twee belangrijke aspecten in de varkenshouderij zijn verhoging van het economische bedrijfsresultaat en het inspelen op ontwikkelingen in de markt. Verhoging van het bedrijfsresultaat kan enerzijds door het verminderen van de jaarlijkse kosten, of anderzijds door verhoging van de opbrengstprijzen (zoals bijvoorbeeld in de scharrelvarkenshouderij). Een mogelijkheid om de jaarlijkse kosten te verlagen is door goedkoper te bouwen en energie te besparen. De verwachting was dat door gebruik te maken van gescheiden klimaatzones in sommige gevallen bespaard kan worden op bouwkosten en op energie.

Praktijkonderzoek Veehouderij heeft drie huisvestingssystemen met gescheiden klimaatzones voor gespeende biggen ontwikkeld en onderzocht. De drie onderzochte afdelingen zijn:

- Buitenklimaatstal met biggenbedden voor scharrelbiggen op stro
- Stal met stralingspanelen voor scharrelbiggen op stro
- Stal met stralingspanelen voor reguliere biggen

Doel van het onderzoek was het vaststellen van de kritische ontwerpfactoren en toepassingsmogelijkheden van gescheiden klimaatzones in de drie onderzochte systemen. Hiervoor zijn waarnemingen gedaan ten aanzien van het stalklimaat, het lig- en mestgedrag, technische resultaten en algemene gebruikerservaringen. Daarnaast zijn de economische consequenties per systeem berekend. Ook zijn de mogelijkheden bepaald om stralingspanelen te koppelen aan een watercircuit met een temperatuur van 40 á 50°C, een temperatuurtraject waarmee het mogelijk is om gebruik te maken van duurzame energie, zoals bijvoorbeeld een zonneboiler.

De buitenklimaatstal met biggenbedden in combinatie met enige stroverstreking functioneerde goed. De afdelingstemperatuur lag gemiddeld 10°C lager dan de temperatuur in de bedden, waardoor 78% besparing mogelijk is op energie voor verwarming, ofwel € 1,91 per dierplaats per jaar. Door natuurlijke ventilatie is tevens een besparing mogelijk van € 0,97 op energie voor ventilatie. Omdat de bouwkosten van een nieuwe stal erg van specifieke situaties afhangen, is geen uitgebreide economische evaluatie gemaakt.

In de afdeling met stralingspanelen bij scharrelbiggen met stroverstreking was het klimaat op dierniveau goed. Doordat slechts onder de panelen werd verwarmd, lag de afdelingstemperatuur gemiddeld 3,3°C lager dan de temperatuur onder de panelen. Hierdoor is een besparing van 43% op energie voor verwarming te behalen ten opzichte van een traditioneel verwarmingssysteem, ofwel € 1,05 per dierplaats per jaar. Door de hoge investeringskosten van de panelen is de terugverdientijd circa 12 jaar.

In de afdeling met stralingspanelen bij reguliere biggen bleken de panelen niet voldoende te functioneren op het verwarmingscircuit met water van 40 á 50°C. De inzet van een zonneboiler voor het verwarmen van de panelen is dan ook moeilijk. Met een hogere watertemperatuur is wel een goed microklimaat gerealiseerd; de afdelingstemperatuur lag gemiddeld 2,2°C lager dan de temperatuur onder de panelen. Hierdoor is een besparing van 29% op energie voor verwarming te behalen ten opzichte van een traditioneel verwarmingssysteem, ofwel € 0,91 per dierplaats per jaar. Door de hoge investeringskosten van de panelen is de terugverdientijd met 16 jaar erg lang.

De beddenstal met een buitenklimaat biedt goede perspectieven voor de toekomst door met name de hoge energiebesparing en dierenwelzijn. Nader onderzoek naar de meest optimale vorm en indeling is echter gewenst. Het systeem is alleen bij nieuwbouw interessant.

Hoewel de systemen met stralingspanelen naar tevredenheid functioneerden, kunnen we concluderen dat de stralingspanelen in de onderzochte vorm economisch niet interessant zijn. Een goed alternatief is om voor goedkopere onderkomsen te kiezen, waardoor de terugverdientijd gereduceerd kan worden tot 5 á 7 jaar. Sandwichpanelen in combinatie met twinbuizen onder de panelen zijn hiervoor een goede mogelijkheid. Indien stralingspanelen worden gebruikt om de klimaatfunctie van de voergang (met name het verdelen van de inkomende lucht) over te nemen, kan de voergang uit de afdeling verdwijnen. Hierdoor is het makkelijker om aan het varkensbesluit 1998 te voldoen. De panelen zijn dan economisch wel interessant.

Summary

In pig husbandry it is important to improve farm profitability and to adapt to market developments. Improvement of farm profits can be realised by reducing costs or increasing benefits. Two ways to reduce costs are to build cheaper buildings and to save energy. It can be hypothesised that building costs and energy can be saved through the use of separate climate zones in pig buildings.

The Research Institute for Animal Husbandry developed and studied three housing systems with separate climate zones for weaned piglets. The three systems were:

- Naturally ventilated room with an outdoor climate and covered piglet creeps for piglets on straw
- Room with horizontal heating panels for piglets on straw
- Room with horizontal heating panels for piglets without straw

The purpose of this study was to establish the functioning and the possibilities of implementation of separated climate zones in the three housing systems. Several parameters were studied: climate parameters, animal behaviour, technical results and general experiences. Adjacent to this the economical consequences of the housing systems were calculated. Furthermore, the possibility to use the heating panels with water at a temperature of 40-50°C was investigated, as this could make the use of durable energy (such as solar energy) very interesting.

The room with the outdoor climate and piglet creeps functioned well. The average room temperature was 10°C lower than the temperature in the nests, which saved 78% of energy for heating, or € 1,91 per animal place per year. Because natural ventilation was used instead of mechanical ventilation, an extra saving of € 0,97 for electricity can be achieved. As building costs are very dependent on specific situations, no overall economic evaluation was made of this system.

In the room with heating panels for piglets on straw the climate at animal level was good. Because the area under the panels was heated only, the average room temperature was 3,3°C lower than the temperature under the panels. This resulted in an energy saving of 43% for heating, in comparison with a traditional heating system, or €1,05 per animal place per year. However, due to the high costs of the panels it will take 12 years to pay back the investment.

In the room with heating panels for piglets without straw the panels did not function well enough on the water circuit with a temperature of 40 to 50°C. This makes the use of durable energy techniques for heating the panels difficult. When the panels were connected to water with a higher temperature the climate at animal level was good, the average room temperature 2,2°C lower than the temperature under the panels. This resulted in an energy saving of 29% for heating, or € 0,91 per animal place per year. Again, due to the high price of the panels it takes a long time (an estimated 16 years) to get a return on investment.

A pig room with an outdoor climate and piglet nests is promising for the future because of the low energy use and high expected animal. However, there is more research needed to optimise the concept.

Although the heating panels functioned well, we can conclude that the panels tested were too expensive to be economically interesting.

Cheaper creeps are available and can be used, perhaps in combination with so called "twin tubes" or other traditional heating tubes under the panels.

Heating panels or other panels can be used to replace the function of the control alley in distribute the incoming air, so the control alley can be removed and more animals housed in the room. This may make the use of heating panels economically much more interesting.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Buitenklimaatstal	2
2.2	Stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro	4
2.3	Stralingspanelen bij reguliere biggen	5
2.4	Waarnemingen	7
3	Resultaten buitenklimaatstal	9
3.1	Klimaat	9
3.2	Lig- en mestgedrag	10
3.3	Technische resultaten	10
3.4	Gebruikerservaringen	11
4	Resultaten stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro	12
4.1	Klimaat	12
4.2	Lig- en mestgedrag	13
4.3	Technische resultaten	14
4.4	Gebruikerservaringen	14
5	Resultaten stralingspanelen bij reguliere biggen	15
5.1	Klimaat	15
5.2	Lig- en mestgedrag	16
5.3	Technische resultaten	17
5.4	Energiegebruik	17
5.5	Gebruikerservaringen	17
6	Economische evaluatie	18
6.1	Energiebalansmodel	18
6.2	Buitenklimaatstal	18
6.3	Stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro	19
6.4	Stralingspanelen bij reguliere biggen	19
7	Discussie en conclusies	21
8	Toepassing praktijk	24
	Literatuur	25
	Bijlagen	27
Bijlage 1	Klimaatinstellingen	27
Bijlage 2	Scoren lig- en mestgedrag	28
Bijlage 3	Stralingspanelen op laag temperatuurnet	29
Bijlage 4	Verslag brainstormbijeenkomst	30
Bijlage 5	List of tables and figures	32

1 Inleiding

Twee belangrijke aspecten in de varkenshouderij zijn verhoging van het economische bedrijfsresultaat en het inspelen op ontwikkelingen in de markt. Verhoging van het bedrijfsresultaat kan enerzijds door het verminderen van de jaarlijkse kosten, of anderzijds door verhoging van de opbrengstprijzen (zoals bijvoorbeeld in de scharrelvarkenshouderij). Daarnaast is het inspelen op ontwikkelingen in de markt voor varkenshouders een must om draagvlak onder consumenten te verkrijgen en te behouden. Voorbeelden hiervan zijn huisvestingssystemen met een hoog welzijnsniveau en het gebruik van duurzame energietechnieken.

Om een goed klimaat te creëren worden in de reguliere varkenshouderij veelal dure stallen gebouwd met daarin dure klimaatinstallaties. Dit leidt mede tot de hoge productieresultaten die in Nederland gerealiseerd worden. Het stalklimaat is een belangrijke factor die invloed heeft op de productie en de gezondheid van dieren. Door de ontwikkeling van innovatieve stalconcepten zijn er mogelijkheden om te besparen op zowel de bouwkosten als de operationele kosten (energie) zonder dat het binnenklimaat minder optimaal wordt. Deze stalconcepten maken gebruik van gescheiden klimaatzones in de hokken. Door gebruik te maken van diverse soorten onderkomens kan op dierniveau een aantrekkelijk klimaat ontstaan terwijl in de rest van de stal een klimaat heerst dat niet binnen de comfortzone van de dieren hoeft te vallen. Bij nieuwbouw kan hierdoor het stalgebouw goedkoper worden uitgevoerd. Bovendien is het mogelijk om energie te besparen door alleen het microklimaat te verwarmen. Door een lagere afdelingstemperatuur vinden er minder transmissieverliezen en ventilatieverliezen van warmte plaats vanuit het stalgebouw naar de omgeving, zodat men met minder energie voor verwarming kan volstaan. Dit geldt bij systemen met gescheiden klimaatzones in zowel nieuwbouw als verbouwsituaties.

Met name in Duitsland en Denemarken maakt men al vrij veel gebruik van gescheiden klimaatzones door gebruik te maken van eenvoudige onderkomens. In hokken met kleine groepen van circa tien dieren is met een al dan niet geïsoleerd paneel een onderkomen gemaakt. Veelal in combinatie met vloerverwarming in de dichte vloer onder de onderkomens wordt zo een microklimaat gecreëerd. In de stal heerst een binnenklimaat, vaak is er voorverwarming of afdelingsverwarming aanwezig.

Ook buitenklimaatstallen komen in het buitenland veel voor, met name voor vleesvarkens. De bovenbouw is hierbij eenvoudig en goedkoop uitgevoerd. De onderkomens zijn geïsoleerd en in sommige gevallen voorzien van vloerverwarming en ventilatie. Een aantal voorbeelden van buitenklimaatstallen zijn beschreven door Wiedmann (1997).

Ook met stralingspanelen, vergelijkbaar met de panelen zoals in dit rapport onderzocht, is reeds ervaring opgedaan in Duitsland (Weber, 2003). De verwarming van de panelen is hierbij afgestemd op de ruimtetemperatuur, die in een curve is vastgelegd. Als de ruimtetemperatuur stijgt door de warmteafgifte van de panelen, wordt de verwarming van de panelen teruggeregeld. Zo wordt voorkomen dat ventilatie en verwarming elkaar beïnvloeden en er onnodig warmte door ventilatie verloren gaat.

In het kader van het project “klimaat in huisvestingssystemen voor varkens met goedkope ruwbouw” heeft het Praktijkonderzoek Veehouderij drie huisvestingssystemen met gescheiden klimaatzones voor gespeende biggen ontwikkeld en onderzocht:

- Buitenklimaatstal met biggenbedden voor scharrelbiggen op stro
- Stal met stralingspanelen voor scharrelbiggen op stro
- Stal met stralingspanelen voor reguliere biggen

In alle stallen werd gebruik gemaakt van stralingspanelen voorzien van een warm watercircuit. In de buitenklimaatstal waren de stralingspanelen geïntegreerd in biggenbedden, in de twee andere stallen hebben we de panelen als losse elementen toegepast.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen van de kritische ontwerpfactoren en toepassingsmogelijkheden van gescheiden klimaatzones in de drie onderzochte systemen. Bovendien zijn de mogelijkheden bepaald om stralingspanelen te koppelen aan een apart leidingcircuit met een lagere watertemperatuur (40 á 50°C), zodat de mogelijkheid ontstaat om de stal met duurzame energie (bijvoorbeeld een zonneboiler) te verwarmen.

Van de toepassing van de drie onderzochte systemen met gescheiden klimaatzones zijn tevens de economische consequenties berekend.

2 Materiaal en methode

Het onderzoek is uitgevoerd in drie verschillende afdelingen voor gespeende biggen met hierin gescheiden klimaatzones. Deze afdelingen zijn in dit hoofdstuk beschreven. Bovendien is aangegeven welke waarnemingen zijn uitgevoerd.

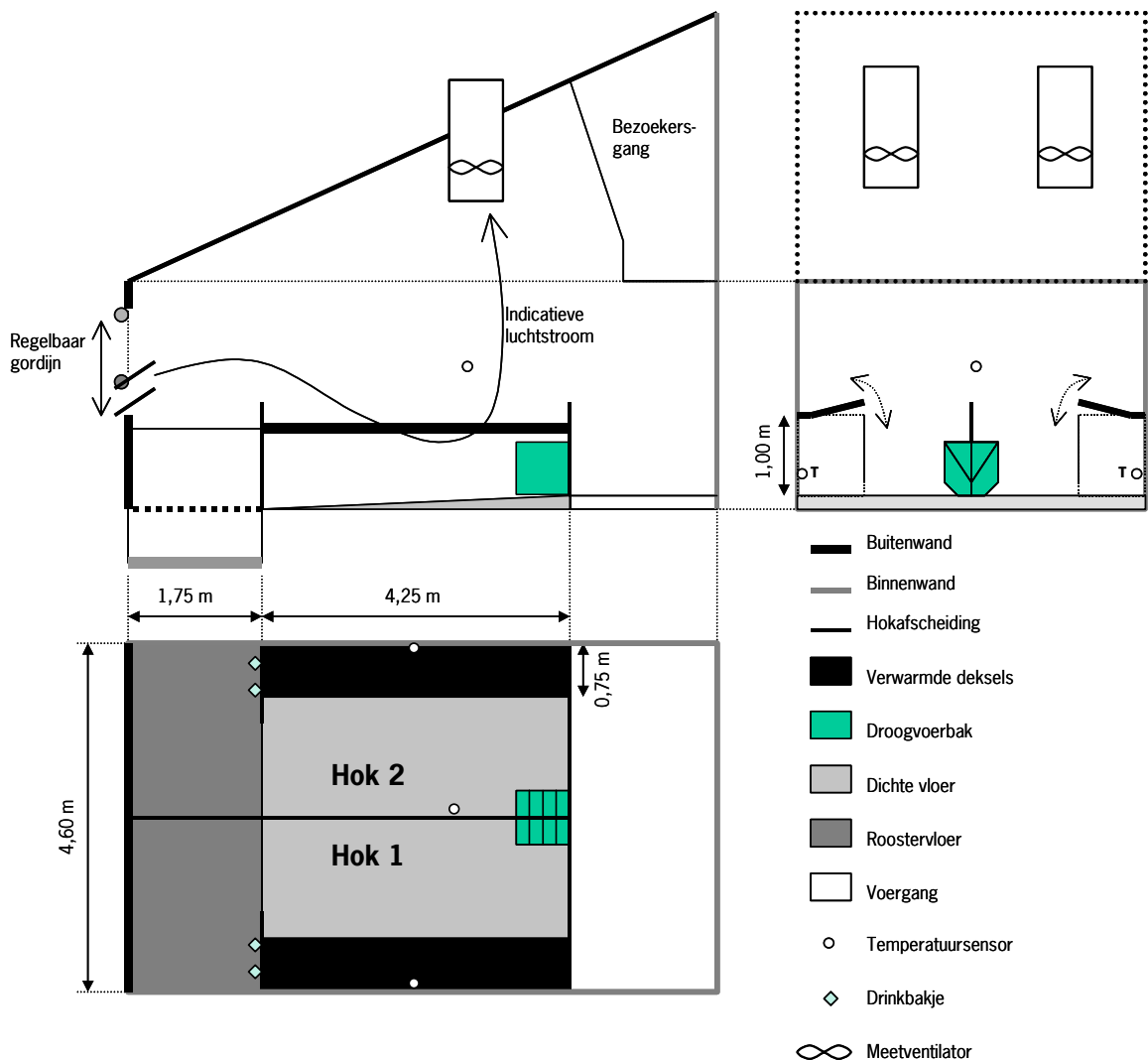
2.1 Buitenklimaatstal

Op het Praktijkcentrum Raalte hebben we in twee rondes van oktober tot en met december 2001 onderzoek gedaan in een afdeling voor scharrelbiggen met een buitenklimaat en biggenbedden (figuur 1). Er werd gehakseld stro verstrekt op de dichte vloer.

In de buitenklimaatstal (of beddenstal) waren twee groepen van 30 biggen op stro gehuisvest. De hokken waren 2,3 m breed en 6,0 m diep. Per big was 0,46 m² vloeroppervlak beschikbaar. Het dichte vloergedeelte was 4,25 m diep en het gedeelte met driekant stalen roosters 1,75 m. Tussen dichte vloer en rooster was een houten strokering gemonteerd van 0,15 m hoog. De afscheiding tussen de twee hokken en de voorste hokafdeling was 0,90 m hoog, waarbij het gedeelte boven de roostervloer gedeeltelijk bestond uit een metalen hekwerk. De mest en stroresten werden met behulp van spoelgoten uit de mestput verwijderd. De ammoniakemissie bij dit systeem is 0,27 kg per dierplaats per jaar.

De dieren werden voor in het hok gevoerd via een droogvoerbak met vijf eetplaatsen. Water kregen zij in een drinkbakje boven het rooster.

Figuur 1 Schets van de afdeling met het buitenklimaatstelsysteem



In de afdeling was geen verwarming aanwezig. Om een warm microklimaat te kunnen creëren stond in elk hok tegen de zijwand een onderkomen (bed) van 4,30 m lang en 0,75 m diep (0,12 m²/big), voorzien van doorzichtige kunststofflappen aan de voorzijde. Het deksel van het onderkomen op ongeveer 0,7 m hoogte was aan de bovenzijde geïsoleerd en voorzien van een watercircuit dat verwarmd kon worden. Dit systeem van de verwarmbare onderkomens met flappen wordt "Beddenstal" genoemd. De watertemperatuur in de deksels werd automatisch geregeld op basis van de luchttemperatuur onder de deksels. Hiertoe bevond zich in de beide hokken onder de panelen een temperatuurvoeler op ongeveer 0,25 m hoogte. De temperatuurvoelers waren voorzien van een metalen beschermmandje. De deksels van de panelen kon men handmatig opklappen ten behoeve van controle van de dieren. De kunststof flappen konden echter niet mee omhoog bewegen.

De buitenklimaatstal werd natuurlijk geventileerd, de klimaatinstellingen staan in bijlage 1. Verse lucht kwam binnen door een regelbare luchtinlaat in de zijgevel van de stal, waarvan het bovenste deel (circa 0,75 m) bestond uit windbreekgaas. Het onderste deel was open en voorzien van geleidingsplaten. Door een oprolbaar gordijn kon men de luchtinlaatopening afsluiten op basis van de ruimtetemperatuur in de afdeling. In de tabel is te zien dat de gordijnstand bij minimumventilatie voor ronde 2 is bijgesteld, omdat vooral bij vorst het gordijn helemaal dicht mag zijn. Ook als het gordijn dicht is, kan er nog voldoende lucht door de inlaat komen.



Overzicht van de afdeling met de twee beddenstalhokken. Linksboven en rechtsboven de luchtafvoerkokers, de koker in het midden was afgesloten en deed niet mee in de proef



Biggenbedden met flappen

De ruimtevoeler hing boven de hokafscheiding van de dichte vloer op een hoogte van 1,2 m. Er waren twee niet regelbare luchtafvoerkokers (Ø 56 cm) beschikbaar. Deze kokers waren voorzien van een meetwaaier en bevonden zich in het dak van de afdeling op een hoogte van circa 4 m. We konden deze kokers afzonderlijk afsluiten, zodat eventueel ook slechts één koker gebruikt kon worden.

2.2 Stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro

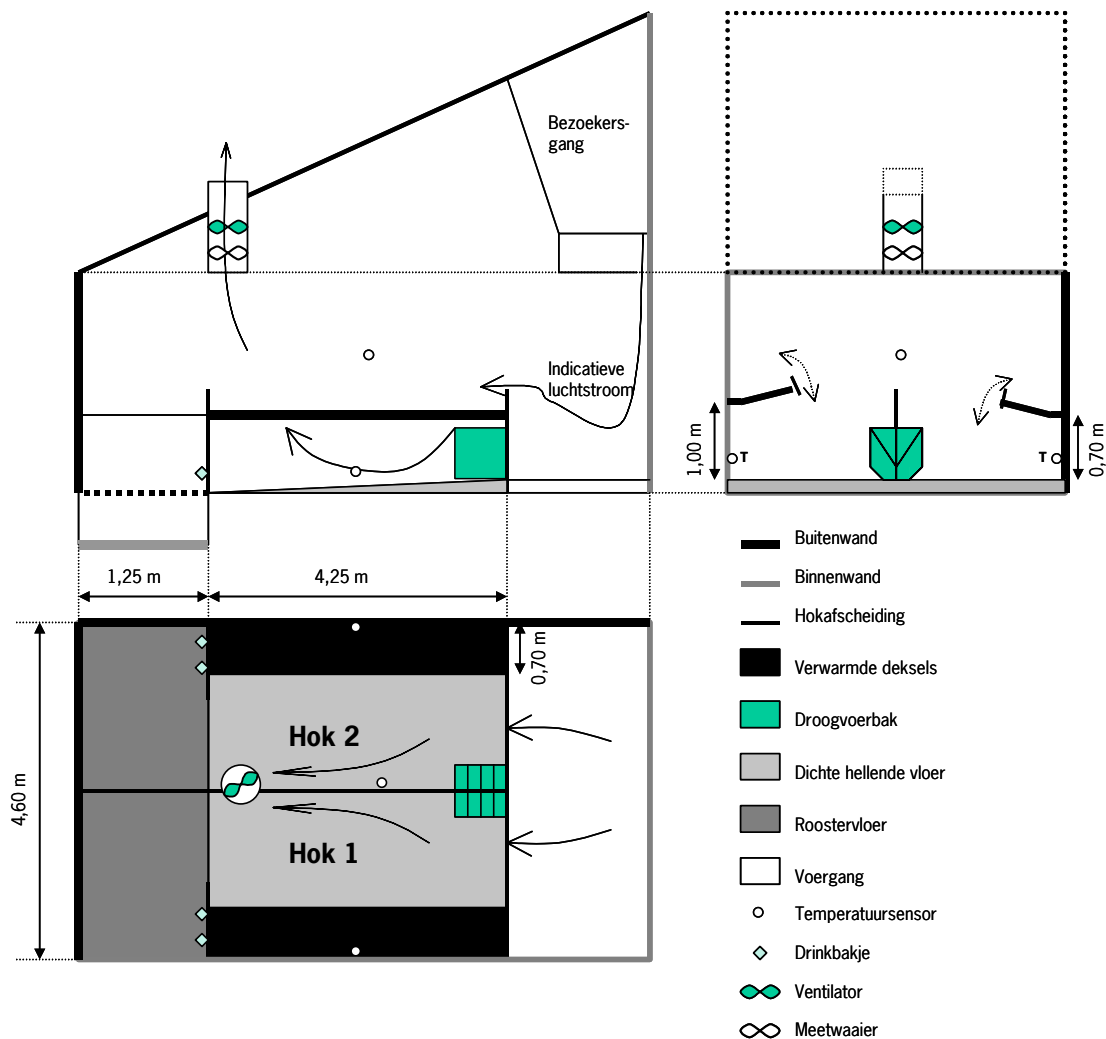
Op het Praktijkcentrum Raalte is in vier ronden van oktober 2001 tot en met maart 2002 onderzoek gedaan in een afdeling met stralingspanelen bij scharrelbiggen op een gedeeltelijk dichte vloer en stroverstreking (figuur 2).

De afdeling is hetzelfde opgebouwd als de afdeling met het buitenklimaat (paragraaf 2.1). De hokken waren echter 2,3 m breed en 5,5 m diep. Per big was 0,42 m² vloeroppervlak beschikbaar. Het dichte vloer gedeelte was 4,25 m diep en het gedeelte met driekant stalen roosters 1,25 m.

De mest en stroresten zijn met behulp van een rioleringsysteem uit de mestput verwijderd.

Om een warm microklimaat te kunnen creëren waren in beide hokken aan de zijwand twee scharnierende deksels van elk 2,00 m lang en 0,70 m diep gemonteerd, ook wel stralingspanelen genoemd. Deze waren aan de bovenzijde geïsoleerd, in de onderzijde bevond zich een watercircuit dat verwarmd kon worden. Er was in de afdeling geen andere verwarming dan de stralingspanelen aanwezig. In het linker hok (hok 1) hing het paneel op een hoogte van 1,00 m, voorzien van een verticaal schot op 0,83 m hoogte. In het rechter hok hing het paneel op een hoogte van 0,70 m.

Figuur 2 Schets van de afdeling met stralingspanelen bij scharrelbiggen



De panelen waren niet voorzien van kunststof flappen, dus er was geen sprake van bedden. De stralingspanelen bestonden uit een geïsoleerde plaat waarin een watercircuit is aangebracht. De watertemperatuur in de panelen werd op dezelfde manier geregeld als in de biggenbedden in de buitenklimaatstal. Tussen de ruimte onder de stralingspanelen en het roostervloergedeelte bevond zich een dichte scheidingswand, bedoeld om ongewenste luchtstromingen onder de panelen tegen te gaan.

De afdeling werd mechanisch geventileerd, de klimaatinstellingen staan in bijlage 1. Verse lucht kwam voorverwarmd tot circa 5°C door een spleet boven de voergang de afdeling in, waarbij de lucht vanuit de voergang over de hokafscheiding het hok binnen kon stromen. De afvoer van de lucht gebeurde via een ventilatorkoker met daarin een ventilator en een meet- en smoorunit (Ø 0,35 m). Deze was geplaatst boven het achterste gedeelte van de dichte vloer op de scheiding tussen de hokken. Het ventilatie-debiet werd geregeld op basis van de temperatuur van de ruimtevoeler. Deze hing boven de hokafscheiding van de dichte vloer op een hoogte van 1,2 m.



Stralingspaneel als onderkomen bij scharrelbiggen op stro

2.3 Stralingspanelen bij reguliere biggen

Op het Praktijkcentrum Sterksel is in twee ronden van november 2002 tot en met februari 2003 onderzoek gedaan in een afdeling met stralingspanelen bij reguliere biggen. Vooraf aan deze ronden is een oriënterende ronde gedraaid, om te komen tot een definitief ontwerp van de hokinrichting en de juiste klimaatinstellingen. In figuur 3 staat een schets met een plattegrond en doorsnede van de afdeling.

In de afdeling waren vier hokken met elk 25 dierplaatsen. De hokken waren 4,55 m breed en 2,15 m diep. Per big was circa 0,40 m² vloeroppervlak beschikbaar. Het gehele hok was oorspronkelijk uitgevoerd in volledig stalen roostervloer met een kunststof coating. De afscheiding tussen de hokken en de voorste hokafscheiding was 0,80 m hoog en volledig dicht uitgevoerd.

Op basis van ervaringen in de eerste oriënterende ronde is in het midden van elk hok loodrecht tegen de voorste hokafscheiding een schotje van 0,70 m breed geplaatst, met de bedoeling hier een mesthoek te creëren. Zonder dit schotje bleken de biggen regelmatig onder de panelen te mesten.

De mest is opgevangen in de mestkelder onder de roosters, waar het met een rioleringsstelsel werd verwijderd. De gehele afdeling was onderkelderd.

De dieren kregen brijvoer in troggen die over de gehele diepte van het hok stonden opgesteld tegen de hokafscheiding aan die zich tussen de hokken bevond. Tegen de buitenwand van de afdeling bevonden zich in elk hok twee drinkbakjes.

In de afdeling was verwarming aanwezig, in de vorm van een rondgaande kasbuis onder het plafond. Deze afdelingsverwarming was echter grotendeels uitgeschakeld. Om een warm microklimaat te kunnen creëren waren in alle hokken aan de achterwand twee scharnierende deksels van elk 2,00 m lang en 0,70 m diep gemonteerd,

De afdeling werd mechanisch geventileerd, met luchtaanvoer via het plafond. De klimaatinstellingen staan in bijlage 1. Verse lucht werd aangevoerd door de centrale gang met een minimum temperatuur van 5°C, vanwaar het boven het ventilatieplafond werd gebracht. De lucht kwam vervolgens door het plafond de afdeling binnen om hier te mengen met de aanwezige stallucht. De afvoer van de lucht gebeurde via een ventilatorkoker met daarin een ventilator en een meet- en smoorunit (Ø 0,35 m). Deze was achter in de afdeling geplaatst boven de voergang. Het ventilatiedebiet werd geregeld op basis van de temperatuur van de ruimtevoeler.



*Stralingspanelen als onderkomen bij reguliere biggen.
Onder de panelen zorgen houten platen ervoor dat ongewenste luchtstromingen worden voorkomen*

2.4 Waarnemingen

In de diverse proefafdelingen is een aantal waarnemingen uitgevoerd. Grotendeels kwamen de waarnemingen voor de verschillende afdelingen overeen, op een aantal punten waren er verschillen.

Klimaat

In de drie afdelingen werd de temperatuur van de lucht in de bedden en onder de stralingspanelen continu gemeten en per kwartier geregistreerd door de klimaatapparatuur. De posities van de voelers zijn aangegeven in figuur 1 t/m 3. Ook de temperaturen van het water in de panelen en de ruimtetemperatuur werden op deze manier gemeten en geregistreerd.

Het ventilatiedebiet is met een meetwaaier gemeten en door de klimaatapparatuur elk kwartier geregistreerd; dit geldt bij de buitenklimaatstal ook voor de stand van het ventilatiegordijn.

Lig- en mestgedrag

Tweemaal per week is het lig- en mestgedrag van de dieren gescoord om het gebruik van de functiegebieden in kaart te brengen. Het ging hierbij steeds om een momentopname vanuit de bezoekersgang of de centrale gang. In bijlage 2 staat beschreven hoe het lig- en mestgedrag is gescoord.

Technische resultaten

Per ronde hebben we de technische resultaten van de biggen verzameld om een algemene indruk te krijgen van het prestatieniveau en dus het functioneren van de stal. Technische resultaten inclusief het voerverbruik worden standaard vastgelegd op de Praktijkcentra. Dit geldt in de beddenstal en het systeem met de stralingspanelen bij scharrelbiggen ook voor het stroverbruik.

Overige waarnemingen

Bij de drie afdelingen is gedurende de proef een logboek bijgehouden, naast de registratie van veterinaire behandelingen op de veterinaire lijst van de afdeling. In dit logboek zijn waarnemingen geregistreerd met betrekking tot de volgende aandachtsvelden:

- Arbeidsomstandigheden. De diervverzorgers hebben de goede en slechte ervaringen met betrekking tot de algemene werkzaamheden in de afdeling vastgelegd. Het ging hierbij onder andere om stof, arbeidstijd en controle van de dieren.

- Overig. Alle overige onvoorziene zaken die betrekking hebben op het gebruik en praktisch functioneren van het hok zijn regelmatig geëvalueerd. Op basis hiervan en op basis van alle hiervoor genoemde waarnemingen zijn gedurende de proef desgewenst wijzigingen in het ontwerp of management doorgevoerd.

Energiegebruik

Alleen van het systeem met de stralingspalen bij reguliere biggen is het energiegebruik voor verwarming van zowel de proefafdeling als de nevenliggende afdeling gemeten met een warmtemeter. De nevenliggende afdeling werd verwarmd met een rondgaande kasbuis onder het plafond en een rondgaande deltabuis op 1,2 m hoogte, terwijl de proefafdeling is verwarmd met de stralingspanelen. De klimaatcurve van de nevenliggende afdeling was gelijk aan de curve van de proefafdeling. In de nevenliggende afdeling werd de verwarming echter geregeld op basis van de ruimtevoeler, die halverwege de afdeling boven de hokafscheiding hing op 1,80 m. De verwarming in de proefafdeling werd geregeld op basis van een voeler onder de panelen.

Economische evaluatie

Van de drie afdelingen is een economische evaluatie uitgevoerd. Hierbij is uitgegaan van een bepaalde energiebesparing voor verwarming, die met een energiebalansmodel is berekend. Dit is een spreadsheet waarin de warmtestromen vanuit de afdeling naar omliggende ruimten, warmteverliezen door ventilatie en warmteproductie van de dieren berekend worden. De basis hiervoor bestaat uit een graadurentabel, klimaatcurven, groei, voeropname, aantal dieren per afdeling en dimensionering van de afdeling. De energiebesparing door toepassing van de onderkomens is berekend door de lagere ruimtetemperatuur als gevolg van de onderkomens, waardoor minder warmteverliezen door transmissie en ventilatie optreden. Er is hierbij uitgegaan van een ketefficiëntie van 80%.

3 Resultaten buitenklimaatstal

De resultaten van de twee ronden in de buitenklimaatstal met biggenbedden voor scharrelbiggen zijn in onderstaande paragrafen beschreven.

3.1 Klimaat

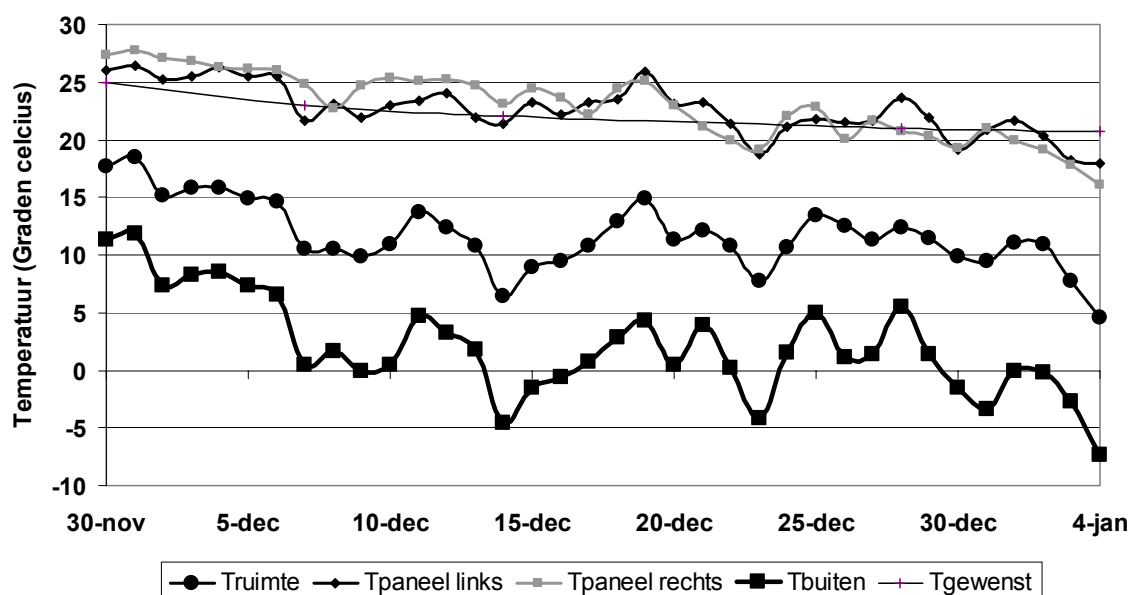
In tabel 1 zijn de belangrijkste klimaatcijfers weergegeven. Tijdens de eerste ronde was de gemiddelde ruimtetemperatuur in de afdeling 16,6°C, gedurende de tweede ronde gemiddeld 11,8°C. In het biggenbed was de temperatuur in de eerste ronde gemiddeld 25,8°C, tijdens de tweede ronde 22,8°C. In de tweede ronde waren de bed- en ruimtetemperaturen dus lager, wat veroorzaakt is door de lagere buitentemperatuur. De verwarming in de biggenbedden was tijdens de tweede ronde vaker aan dan in de eerste ronde. Dit is te zien aan de gemiddelde temperatuur van het water dat door de deksels stroomde. Dit was tijdens de eerste ronde 26,1°C en in de tweede ronde 43,9°C, met maxima van respectievelijk 60,2°C en 67,9°C.

In ronde 1 lag de temperatuur van de bedden het grootste deel van de tijd boven de gewenste temperatuur, terwijl de gemiddelde temperatuur in het bed in ronde 2 steeds rond de gewenste temperatuur lag. Echter, de temperatuur van de panelen schommelde in beide ronden; een schommeling in een range van 5 á 10°C binnen enkele uren was niet ongewoon. De schommeling is ook te zien aan de minimum en maximum temperaturen. In figuur 4 is het verloop te zien van de daggemiddelden van een aantal temperaturen gedurende ronde 2 in de afdeling met de biggenbedden. Toen het in januari tot bijna 9°C vroom, was de temperatuur in het bed niet boven de 20°C te handhaven, terwijl de afdeling net vorstvrij bleef.

Tabel 1 Temperaturen (°C) en ventilatiedebiet in de buitenklimaatstal gedurende twee ronden

Ronde	Hok 1 Temperatuur in biggenbed (°C)			Hok 2 Temperatuur in biggenbed (°C)			Watertemperatuur (°C)			Gehele afdeling Ruimte- temperatuur			Buiten- Temperatuur			Ventilatie (m ³ /h)	Opening gordijn (%)
	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	gem
1	25,9	12,4	31,3	25,7	13,1	31,0	26,1	20,2	60,2	16,6	8,6	20,8	9,5	-3,2	21,8	425	14
2	22,6	12,4	30,4	23,0	12,3	30,7	43,9	20,7	67,9	11,8	3,7	19,6	2,3	-8,9	12,7	473	2

Figuur 4 Daggemiddelden van de temperaturen (°C) in de buitenklimaatstal in ronde 2



3.2 Lig- en mestgedrag

Liggedrag

Tabel 2 toont een overzicht van het percentage staande en liggende dieren. Tijdens de eerste ronde bevond op het moment van de waarneming de helft van de biggen zich in het biggenbed, de meeste hiervan lagen. Op de dichte vloer bevond zich gemiddeld 42% van de dieren, waarbij iets meer dieren lagen dan stonden. Op de roosters was ongeveer 7% aanwezig, waarbij deze voornamelijk stonden.

Tijdens de tweede ronde, waarin het in de afdeling gemiddeld 5°C kouder was, lag gemiddeld 72% van de biggen in het biggenbed. Op de dichte vloer bevond zich circa 25%, waarvan de helft lag. Op de roosters was ongeveer 4% van de biggen aanwezig, die allemaal stonden. Met name tijdens koude periodes werden de biggenbedden dus goed gebruikt.

Tabel 2 Liggedrag in procenten van het totaal aantal aanwezige biggen in de buitenklimaatstal

Ronde	Hok 1						Hok 2					
	Biggenbed		Dichte vloer		Roosters		Biggenbed		Dichte vloer		Roosters	
	liggen	staan	liggen	staan	liggen	staan	liggen	staan	liggen	staan	liggen	staan
1	53	0	23	17	3	3	50	0	22	22	1	6
2	71	0	7	17	0	4	72	0	10	15	0	3

Mestgedrag

Tabel 3 geeft een overzicht van de hokbevuiling in de buitenklimaatstal. In de biggenbedden werd tijdens de twee rondes niet gemest. De dichte vloer naast de bedden bleef redelijk schoon. De dieren mesten hier op een specifieke plek: bij de strokering tegenover de bedden. In de tweede ronde was er meer bevuiling op de dichte vloer dan tijdens de eerste ronde. Mogelijk dat door de lage omgevingstemperatuur de biggen al eerder de neiging hadden om te mesten, voordat ze op de roosters waren.

Tijdens de eerste ronde was gemiddeld een kwart van de roosters bevuild met mest. In de tweede ronde was dit gemiddeld een derde. Tussen de hokken was gedurende beide rondes weinig verschil. Opvallend was dat de roosters tijdens de tweede ronde meer bevuild waren, terwijl de biggen tevens meer mesten op de dichte vloer. De verklaring hiervoor is dat de biggen in de tweede ronde minder op de roosters aanwezig waren, waardoor ze mogelijk ook minder mest door de roosters traptten.

Tabel 3 Hokbevuiling in procenten in de buitenklimaatstal

Ronde	Hok 1					Hok 2				
	Biggenbed		Dichte vloer		Roosters	Biggenbed		Dichte vloer		Roosters
	voor	achter	voor	achter		voor	achter	voor	achter	
1	0	0	0	0	27	0	0	0	5	25
2	0	0	0	13	31	0	0	0	7	31

3.3 Technische resultaten

In tabel 4 zijn de technische resultaten samengevat. Deze waren niet bevredigend in de twee proefronden. De biggen groeiden goed met een wat hoge voederconversie, maar de hoge uitval tijdens beide rondes was een negatief aspect. Tijdens de eerste ronde was er gemiddeld 7% uitval, bij de tweede ronde 23%. Dit kwam met name door slingerziekte, waardoor het moeilijk is om de technische resultaten goed te interpreteren. Ook de grote temperatuurschommelingen in de biggenbedden hadden mogelijk een invloed op de uitval. Gemiddeld over beide rondes is circa 2 kg stro per opgelegde big verstrekt en 0,35 kg zaagsel.

Tabel 4 Technische resultaten van de biggen in ronde 1 en 2

Ronde	Hok 1						Hok 2					
	Begin- gewicht (kg)	Eind- gewicht (kg)	Groei (g/d/d)	Voer- conv.	Voer pdpd ¹ (kg)	Uitval (%)	Begin- gewicht (kg)	Eind- gewicht (kg)	Groei (g/d/d)	Voer- conv.	Voer pdpd ¹ (kg)	Uitval (%)
1	12,2	34,4	507	1,89	0,96	13,3	11,2	32,4	480	1,83	0,88	0,0
2	11,2	21,8	359	1,91	0,69	16,6	11,7	22,4	395	1,62	0,64	30,0
Gem.	11,7	28,1	433	1,90	0,83	15,0	11,5	27,4	438	1,73	0,76	15,0

¹ per dier per dag

3.4 Gebruikerservaringen

Ondanks dat de dieren stro kregen en het ventilatie-debiet van gemiddeld circa 450 m³ per uur erg laag was, werd de afdelingslucht in de buitenklimaatstal niet als zeer stoffig ervaren.

Door de open luchtinlaat en de afwezigheid van afdelingsverwarming was de invloed van de buitentemperatuur in de afdeling erg groot. Bij een bedrijf met zowel open als gesloten afdelingen, zoals op Praktijkcentrum Raalte, bleek dit nadelig voor de diervverzorgers, omdat het moeilijk is om de kleding op de werkomstandigheden af te stemmen.

Het vangen van de biggen, zoals bij behandeling of bij afleveren, ging door de aanwezigheid van de biggenbedden moeizaam. De kleppen van de biggenbedden kon men wel omhoog klappen, maar de flappen die aan een horizontale balk waren bevestigd niet. Dit vormde een hindernis om de biggen goed te kunnen vangen. Er zijn geen tijdsregistraties uitgevoerd die aangeven hoeveel extra tijd de reiniging van de buitenklimaatstal kost. Het is aannemelijk dat voor het reinigen van de bedden meer tijd vereist is dan voor het reinigen van een reguliere afdeling.

4 Resultaten stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro

De resultaten van de vier ronden in de afdeling met stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro zijn in onderstaande paragrafen beschreven.

4.1 Klimaat

Tabel 5 toont een overzicht van de gemeten temperaturen in de afdeling met de stralingspanelen bij scharrelbiggen. De gemiddelde ruimtetemperatuur in de afdeling lag voor ronde 2 t/m 4 rond 20,2°C. Voor de eerste ronde is dit niet bekend, omdat toen niet alle gegevens geregistreerd waren. De afdelingstemperatuur lag hiermee gemiddeld ruim 3°C lager dan de temperatuur onder de panelen.

Tijdens de eerste en tweede ronde hingen de stralingspanelen in hok 1 op een hoogte van 1,00 m en in hok 2 op 0,70 m. Het hoogste paneel was aan de voorzijde voorzien van een verticaal geplaatste plank, waardoor de 'effectieve hoogte' 0,86 m was. De gemiddelde temperatuur onder de stralingspanelen in hok 1 was tijdens ronde 1 en 2 ongeveer 0,7°C lager dan in hok 2, terwijl de gemiddelde watertemperatuur met name in ronde 2 tot circa 10°C hoger was. Dit duidt erop dat de hogere panelen minder efficiënt verwarmen. Op basis hiervan is besloten om ook in hok 1 de panelen in ronde 3 en 4 op een hoogte van 0,70 m te hangen. Onverwachts bleek dat ook in ronde 3 en 4 de gemiddelde temperatuur in hok 1 circa 1°C lager bleef dan in hok 2, terwijl de watertemperatuur gemiddeld circa 9°C hoger was. Een verklaring voor de lagere temperatuur in hok 1 is niet gevonden.

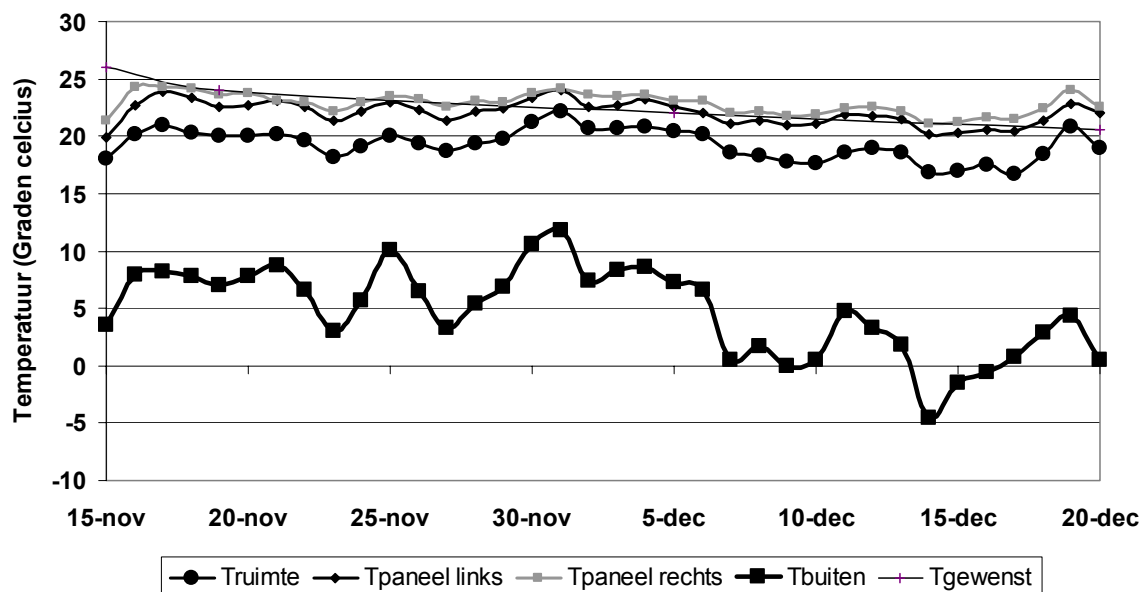
Uit tabel 5 blijkt dat de temperatuur onder de panelen gerelateerd is aan de buitentemperatuur. In bijvoorbeeld ronde 1, met de hoogste buitentemperatuur, werd de hoogste temperatuur onder de panelen bereikt met de laagste gemiddelde watertemperatuur. De verwarming van de stralingspanelen is tijdens ronde 1 weinig ingeschakeld en tijdens ronde 2 het vaakst, wat ook te zien is aan de hoogste gemiddelde watertemperatuur. De temperatuur onder de stralingspanelen lag het grootste deel van de tijd binnen enkele graden vanaf de gewenste temperatuur. Alleen tijdens de eerste dagen na opleg bij buitentemperaturen beneden 5°C is de gewenste temperatuur niet bereikt, omdat het dan onder de panelen niet warmer werd dan circa 25°C. Met name tijdens de eerste ronde, met de hoogste buitentemperatuur, kwam de gemiddelde temperatuur onder de panelen boven de gewenste temperatuur uit, waardoor de biggen ook minder onder de panelen gingen liggen. De temperaturen onder de panelen schommelden veel minder dan bij de biggenbedden zoals beschreven in hoofdstuk 3. De schommeling lag gemiddeld tussen 1,5 en 2,5°C. Dit is te verklaren omdat de afdeling geïsoleerd was, waardoor de invloed van buiten op het binnenklimaat kleiner is dan bij de buitenklimaatstal.

Tabel 5 Overzicht temperatuur (°C) en ventilatie-debiet in de afdeling met de stralingspanelen

Ronde	Hok 1 Temperatuur onder Stralings- panelen (100 cm) ¹			Hok 2 Temperatuur onder Stralings- panelen (70 cm)			Hok 1 Watertemperatuur Stralingspanelen (100 cm)			Hok 2 Watertemperatuur Stralingspanelen (70 cm)			Gehele afdeling Ruimte- temperatuur			Buiten- Temperatuur			Venti- latie (m ³ /h) gem
	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	
1	23,4	14,0	28,0	24,1	20,2	27,9	26,9	20,4	50,3	27,3	23,4	48,5	.	.	.	13,8	5,8	21,7	.
2	22,0	17,9	25,2	22,8	18,5	26,0	48,2	25,5	66,1	38,4	24,3	65,1	19,3	15,4	23,0	4,9	-6,5	12,6	404
3	23,1	19,3	25,6	24,0	19,6	26,6	43,2	28,1	60,3	36,6	25,2	60,2	20,0	14,5	23,2	8,3	1,8	14,1	333
4	22,8	17,8	27,5	24,1	21,4	27,5	45,1	29,1	61,9	34,5	24,9	61,2	20,2	17,0	23,9	6,8	-1,4	16,7	344

¹ De panelen in hok 1 hingen tijdens ronde 1 en 2 op een hoogte van 100 cm en tijdens ronde 3 en 4 op een hoogte van 70 cm

In figuur 5 is het verloop te zien van de daggemiddelden van een aantal temperaturen gedurende ronde 2 in de afdeling met de stralingspanelen bij scharrelbiggen. Hierin is te zien dat de temperatuur onder de panelen in geringe mate de buitentemperatuur volgt en in de buurt van de gewenste temperatuur blijft. Ook zien we dat de gewenste temperatuur in het begin van de ronde niet werd bereikt door de vrij lage buitentemperatuur en dat de jonge biggen dan zelf weinig warmte produceren. Op 14 december, een dag met matige vorst, werd onder de panelen toch ongeveer de gewenste temperatuur bereikt.

Figuur 5 Daggemiddelden van de temperaturen (°C) in de afdeling met stralingspanelen in ronde 2

4.2 Lig- en mestgedrag

Liggedrag

In tabel 6 is het lig- en stagedrag weergegeven. Gemiddeld over de vier ronden bevond ruim 54% van de biggen zich in hok 1 onder de stralingspanelen, terwijl dit in hok 2 ruim 48% was. De meeste van deze dieren lagen. Uit tabel 5 bleek dat in hok 1 de temperatuur onder de panelen en wellicht ook in het gehele hok lager was dan in hok 2. Reden temeer voor de biggen om in hok 1 meer onder de panelen te gaan liggen of staan.

In hok 1 bevond gemiddeld 41% zich op de dichte vloer, waarbij iets meer dan de helft lag. In hok 2 bevond zich gemiddeld 47% op de dichte vloer, ook hierbij lag iets meer dan de helft.

In beide hokken bevond 2 tot 8% van de dieren zich op de roosters, waarbij ze voornamelijk stonden. Er kwamen nauwelijks liggende dieren voor op de roosters.

Tabel 6 Liggedrag in procenten van de totaal aanwezige biggen in de afdeling met stralingspanelen

Ronde	Hok 1						Hok 2					
	Stralingspanelen		Dichte vloer		Roosters		Stralingspanelen		Dichte vloer		Roosters	
	liggen	staan	liggen	staan	liggen	staan	liggen	staan	liggen	staan	liggen	staan
1	41	4	33	14	5	3	32	3	29	29	3	4
2	54	0	21	19	1	4	54	0	17	24	1	5
3	48	8	22	19	0	4	52	5	23	17	0	3
4	59	2	19	17	0	2	45	3	29	18	1	4

Mestgedrag

Tabel 7 geeft een overzicht van de hokbevuiling. Onder de stralingspanelen in hok 1 was tijdens alle ronden 3 tot 22% van de vloer bevuild, in hok 2 was alleen in ronde 3 en 4 een deel van de vloer bevuild (5-22%).

Ook op de dichte vloer naast de bedden werd gemest, vaak op een specifieke plek: bij de strokering tegenover de panelen. Dit gebeurde met name in ronde 2 t/m 4, waarbij 5-20% van de vloer was bevuild. Hierdoor diende men regelmatig mest te verwijderen van de dichte vloer. Op basis van de opgetreden hokbevuiling tijdens ronde 2 voor de strokering, is de doorloop over de strokering naar de roostervloer versmald van circa 1,25 m tot circa 0,30 m. De bedoeling hiervan was om voor drukker verkeer te zorgen ter hoogte van de strokering, zodat de dieren daar minder zouden mesten. Dit gebeurde inderdaad, maar als gevolg hiervan is de hokbevuiling verplaatst naar andere plekken op de dichte vloer. Met name de hokbevuiling aan de voorzijde van het hok tegen de voerbak nam in hok 1 toe, bovendien werd meer onder de panelen gemest. Ook in hok 2 werd meer onder de panelen gemest en op de dichte vloer net naast de strokering. Mogelijk dat de hokken met een totale breedte van 2,27 m te breed zijn om hokbevuiling te kunnen voorkomen.

Gemiddeld over de ronden waren de roosters in hok 1 voor 33% bevuild met mest en in hok 2 voor 37%.

Tabel 7 Hokbevuiling in procenten in de hokken met de stralingspanelen bij scharrelbiggen.

Ronde	Hok 1					Hok 2				
	Stralingspanelen		Dichte vloer		Roosters	Stralingspanelen		Dichte vloer		Roosters
	Voor	Achter	Voor	Achter		Voor	Achter	Voor	Achter	
1	5	0	0	2	25	0	0	0	0	41
2	3	0	0	5	29	0	0	0	12	30
3	8	14	12	3	39	0	11	0	20	42
4	0	5	10	10	33	5	0	0	13	33

4.3 Technische resultaten

Tabel 8 toont een overzicht van de technische resultaten. De eerste ronde liet de beste groei zien, maar ook de hoogste voederconversie. De uitval van de biggen was in bijna alle ronden laag. Alleen bij de vierde ronde in hok 1 was de uitval 10%. Gemiddeld is met een percentage van 1,9% sprake van weinig uitval.

Bij de scharrelbiggen is het opleggewicht hoger dan gemiddeld bij reguliere biggen. Gemiddeld is er circa 2,0 kg stro verstrekt per opgelegde big en bijna 1 kg zaagsel.

Tabel 8 Technische resultaten van de biggen in ronde 1 t/m 4 (scharrelbiggen)

Ronde	Hok 1						Hok 2					
	Begin- gewicht (kg)	Eind- gewicht (kg)	Groei (g/d/d)	Voer- conv.	Voer pdpd ¹ (kg)	Uitval (%)	Begin- gewicht (kg)	Eind- gewicht (kg)	Groei (g/d/d)	Voer- conv.	Voer pdpd ¹ (kg)	Uitval (%)
1	10,5	28,4	543	1,85	1,00	0,0	11,3	26,9	468	2,19	1,03	0,0
2	9,5	26,4	483	1,61	0,78	1,7	9,7	25,1	438	1,69	0,83	0,0
3	13,0	23,1	410	1,72	0,70	0,0	12,0	23,2	400	1,68	0,68	3,3
4	12,5	22,5	345	1,68	0,58	10,0	12,5	24,6	418	1,7	0,71	0,0
Gem.	11,4	25,1	445	1,72	0,77	2,9	11,4	25,0	431	1,82	0,81	0,8

¹per dier per dag

4.4 Gebruikerservaringen

In een afdeling met stro en een groot gedeelte dichte vloer komt veel stof in de lucht. Gedurende de ronde verpulverde het stro en werd kleiner. Er werd weinig geventileerd, waardoor weinig stof uit de afdeling werd gezogen. De diervverzorgers vonden de afdelingslucht stoffig en ook op de stralingspanelen bleef veel stof liggen. Bij toekomstig onderzoek naar dergelijke strosystemen is het meten van stofconcentraties wenselijk.

Tijdens de eerste twee ronden werd duidelijk dat de hoger geplaatste stralingspanelen een beter overzicht gaven op de biggen. Bij hok 2, met de lage stralingspanelen op 0,70 m hoogte was het moeilijker de biggen onder de onderkomens te controleren, daarom moesten de panelen opgeklapt worden. Bij de stralingspanelen in hok 1 (op 1,0 m hoogte, gedurende ronde 1 en 2) ging het controleren goed, zonder de panelen omhoog te brengen. Bij controle, bij het weghalen van mest en bij het vangen van de biggen, werden de stralingspanelen af en toe omhoog gebracht. Op deze wijze ontstond een vrij toegankelijke ruimte. Tijdens het omhoog zetten van de panelen kwam veel extra stof vrij in de lucht.

Er was redelijk veel hokbevuiling op de dichte vloer, wat extra arbeid met zich meebracht. Een verklaring hiervoor is dat door de hogere temperatuur onder de panelen ten opzichte van de buitenklimaatstal er minder dieren onder de panelen lagen en er wellicht eerder op die plek gemest is. Mogelijk ook dat het ontwerp van de hokken in de toekomst aangepast kan worden om hokbevuiling te voorkomen. Een suggestie hierbij is om de hokken smaller uit te voeren.

5 Resultaten stralingspanelen bij reguliere biggen

De stralingspanelen zijn gedurende twee ronden onderzocht in het systeem met reguliere biggen, voorafgegaan door een oriënterende ronde. Deze oriënterende ronde is gebruikt om de klimaatinstellingen voor de afdeling te optimaliseren en om te komen tot het juiste ontwerp van de hokinrichting. Op basis hiervan is gekomen tot de opzet van de afdeling zoals beschreven in paragraaf 2.3.

5.1 Klimaat

In de oriënterende ronde waren de stralingspanelen aangesloten op het lage temperatuurnet met een watertemperatuur van 40 á 50°C. Al snel bleek dat de temperatuur onder de panelen tot circa 5°C achterbleef bij de gewenste temperatuur. Tijdens de eerste week van ronde 1 zijn de panelen nogmaals aangesloten op het lage temperatuurnet. De resultaten hiervan zijn weergegeven in bijlage 3.

De stralingspanelen zijn na 1 week in de eerste ronde weer op het hoge temperatuurnet (watertemperatuur 70 á 90°C) geschakeld, zo ook tijdens een groot deel van de tweede ronde. Op dag 30 (7-2) van ronde 2 zijn de panelen opnieuw op het lage temperatuurnet geschakeld. De ronde was nu dusdanig ver gevorderd dat de gewenste temperatuur werd bereikt.

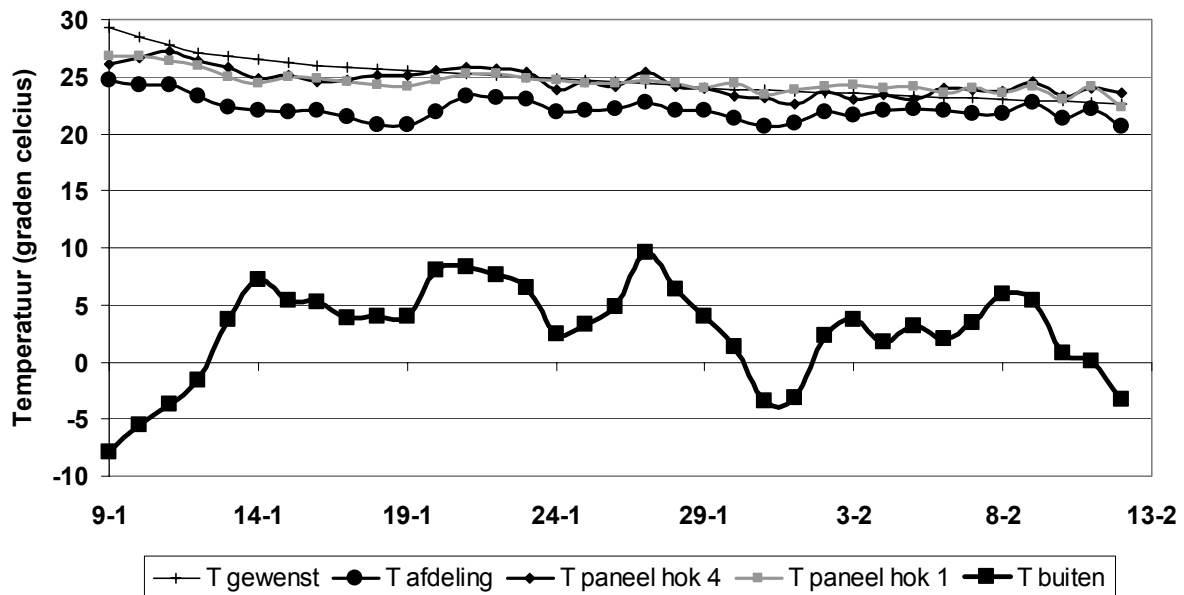
Op basis van deze resultaten en de resultaten in bijlage 3 blijkt dat een groot deel van de tijd het lage temperatuurnet niet voldoende warmte levert om in dit huisvestingssysteem een goed microklimaat te kunnen creëren.

Tabel 9 toont een overzicht van de gemeten temperaturen in de afdeling met de stralingspanelen, aangesloten op het hoge temperatuurnet. Tijdens de eerste ronde was het gemiddeld 23,3°C in de afdeling en in de tweede ronde 22,2°C. De temperatuur onder de stralingspanelen was tijdens de eerste ronde gemiddeld 25,3°C en tijdens de tweede ronde 24,6°C. De temperatuur onder de panelen lag dus circa 2,2°C hoger dan de ruimtetemperatuur. De gemiddelde watertemperatuur die hier voor nodig was lag behoorlijk hoog, namelijk 56,7°C in de eerste ronde en 65,2°C in de tweede ronde. Dit geeft dus aan dat we de panelen behoorlijk warm moesten stoken om het klimaat onder de panelen op het gewenste niveau te krijgen. Hierbij vermelden we dat de gemiddelde buitentemperatuur met 2,6°C in de eerste ronde en 3,1°C in de tweede ronde laag was.

Tabel 9 Temperaturen (°C) en ventilatiedebiet in de afdeling met stralingspanelen bij reguliere biggen

Ronde	Hok 1			Hok 4			Gehele afdeling											
	Temperatuur onder stralingspanelen (°C)			Temperatuur onder stralingspanelen (°C)			Watertemperatuur stralingspanelen (°C)			Ruimte-temperatuur			Buiten-Temperatuur			Ventilatiedebiet (m ³ /h)		
	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max
1	25,5	21,5	27,2	25,1	22,0	27,4	56,7	37,9	85,1	23,3	19,4	24,8	2,6	-4,8	9,8	687	150	1290
2	24,6	20,2	28,3	24,6	17,9	28,5	65,2	42,2	85,8	22,2	18,6	25,9	3,1	-12,2	10,4	509	120	810

Figuur 6 laat het verloop van de temperaturen in ronde 2 zien. Hieruit valt onder andere op te maken dat de eerste 10 dagen de gewenste temperatuur onder de panelen niet werd bereikt. De warmte leek niet voldoende onder de panelen te blijven hangen. De eerste twee dagen, met een gemiddelde buiten-temperatuur beneden – 5°C, was de gemiddelde watertemperatuur 72°C. Dit was blijkbaar niet voldoende om het warm genoeg te krijgen. De 8 dagen daarna steeg de gemiddelde buitentemperatuur tot circa 5°C, met als gevolg dat de gemiddelde watertemperatuur in de panelen door de stooklijn in de CV daalde naar circa 60°C. Ook in deze situatie werd de gewenste temperatuur niet bereikt. Na dag 10 was het geen probleem meer om de gewenste temperatuur te halen.

Figuur 6 Daggemiddelden van de temperaturen (°C) in de afdeling met stralingspanelen in ronde 2

5.2 Lig- en mestgedrag

Liggedrag

In tabel 10 is het lig- en stagedrag weergegeven, verdeeld over de twee rondes en over de vier hokken in de afdeling. Over de verschillende hokken zijn in beide rondes weinig opvallende verschillen te zien. Gemiddeld over de eerste ronde bevond ruim 65% van de dieren zich onder de stralingspanelen, in de tweede ronde 70%. Dit verschil zal voornamelijk veroorzaakt zijn doordat zowel de buitentemperatuur als de afdelingstemperatuur in ronde 2 lager lag dan in ronde 1, waardoor meer dieren onder de panelen kropen. De meeste van de dieren onder de panelen lagen.

Op het overige deel van de roostervloer, midden en voor in het hok, waren de dieren actiever. Op dit vloer gedeelte was het gemiddeld percentage staande dieren namelijk groter dan het percentage liggende dieren. Een aantal van deze dieren was aan het eten, drinken of aan het mesten.

Tabel 10 Liggedrag in procenten van het totaal aanwezige biggen in de afdeling met stralingspanelen

	Hok	Stralingspanelen		Midden		Voor	
		liggen	staan	liggen	staan	liggen	staan
Ronde 1	1	45	24	11	10	6	5
	2	49	14	8	7	16	8
	3	52	14	10	16	4	6
	4	49	15	7	10	8	13
Ronde 2	1	61	14	5	6	4	10
	2	62	8	8	8	4	10
	3	58	9	3	13	2	15
	4	65	3	9	8	8	7

Mestgedrag

Tabel 11 geeft een overzicht van de hokbevuiling, verdeeld over de twee rondes en over de vier hokken in de afdeling. Over de verschillende hokken zijn in beide rondes weinig opvallende verschillen te zien. De dieren hebben niet onder de stralingspanelen gemest en in zeer geringe mate in de middelste strook van het hok. Bijna altijd werd gemest aan de voorzijde van het hok en dan met name in het midden, tegen de schotjes aan die speciaal waren geplaatst om een mesthoek te creëren. Hieruit blijkt dat met het plaatsen van een eenvoudig schotje men het mestgedrag van de dieren kan beïnvloeden.

Tabel 11 Hokbevuiling in procenten in de hokken met de stralingspanelen bij reguliere biggen

	Hok	Stralingspanelen			Midden			Voor		
		voer	midden	water	voer	midden	water	voer	midden	water
Ronde 1	1	0	0	0	0	0	0	7	44	18
	2	0	0	0	0	0	0	17	48	27
	3	0	0	0	0	1	0	12	51	14
	4	0	0	0	1	5	1	13	50	21
Ronde 2	1	0	0	0	0	1	0	6	47	28
	2	0	0	0	0	0	0	9	39	27
	3	0	0	0	0	0	0	7	47	22
	4	0	0	0	0	0	0	14	56	39

5.3 Technische resultaten

Tabel 12 toont een overzicht van de technische resultaten in de afdeling met de stralingspanelen bij reguliere biggen. De resultaten zijn niet te vergelijken met die van de twee andere huisvestingssystemen, omdat daar sprake was van scharrelbiggen, waardoor met name het begin- en eindgewicht afwijkt. Onze algemene indruk is dat met name de groei aan de lage kant en de voederconversie aan de hoge kant is.

Tabel 12 Technische resultaten van de biggen in de oriënterende ronde (0), ronde 1 en ronde 2

Ronde	Begingewicht (kg)	Eindgewicht (kg)	Groei (g/d/d)	Voer-conv.	Voer pdpd ¹ (kg)	Uitval (%)
0	9,0	22,6	367	1,73	0,63	3,0
1	7,9	19,6	315	1,89	0,60	2,0
2	9,5	22,0	347	1,84	0,64	2,0

¹ per dier per dag

5.4 Energiegebruik

Het gasverbruik van de onderzoeksafdeling met stralingspanelen was in ronde 225 m³ en 156 m³ in respectievelijk ronde 1 en ronde 2. Omgerekend naar gasverbruik per biggenplaats per jaar is dit 21,0 m³/jaar en 14,6 m³/jaar, uitgaande van een ketefficiëntie van 80%. In de tweede ronde was het gasverbruik waarschijnlijk lager door een iets hogere buitentemperatuur. Hoewel we een energiebesparing verwachtten, lag het gasverbruik in de nevenafdeling echter niet hoger, zelfs wat lager. De oorzaak hiervan is dat de proefafdeling op een hoek lag, met drie zijden aan een koude kant, terwijl de referentieafdeling een tussenafdeling was met slechts één zijde aan een koude kant (de centrale gang). In hoofdstuk 6 blijkt uit modelberekeningen dat wel degelijk een energiebesparing te behalen is door gebruik van stralingspanelen in een afdeling voor reguliere biggen.

5.5 Gebruikerservaringen

Ook bij dit systeem bleek dat het belangrijk is dat de panelen opklapbaar zijn, met name bij het vangen en afleveren van de dieren. Het overzicht op de dieren is wat minder dan wanneer er geen panelen hangen, maar dit vormde geen probleem. Het was ook niet nodig om de panelen voor controle van de dieren op te klappen. Het lig- en mestgedrag was met name de eerste 3 weken zeer goed, waardoor de panelen nauwelijks voor extra arbeid zorgden.

Zoals beschreven in paragraaf 2.3 waren onder de panelen houten platen op de roostervloer gelegd om een aantrekkelijke ligplaats te creëren en ongewenste luchtstromingen tegen te gaan. Deze platen bleken snel te slijten en lastig schoon te maken. In de praktijk moet men dan ook voor ander materiaal kiezen, bijvoorbeeld een kunststof plaat met een antislip profiel. Voor een bedrag vanaf circa € 20/m² zijn deze verkrijgbaar.

6 Economische evaluatie

Dit hoofdstuk geeft een economische evaluatie van de drie onderzochte systemen.

6.1 Energiebalansmodel

In de economische evaluatie is voor elk systeem uitgegaan van een bepaalde energiebesparing voor verwarming, berekend met een energiebalansmodel. In tabel 13 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. Bij de afdeling met de biggenbedden in de buitenklimaatstal bleek uit het onderzoek dat de ruimtetemperatuur gemiddeld 10°C lager was dan de temperatuur in de bedden. Voor de beide afdelingen met stralingspanelen was dit respectievelijk gemiddeld 3,3°C en 2,2°C. Als gevolg van deze lagere afdelingstemperatuur is de besparing op energie te behalen zoals die is weergegeven in tabel 13.

In de tabel is voor elk systeem het berekende gasverbruik opgenomen voor twee situaties:

1. Het gasverbruik indien geen onderkomens in de afdeling zijn toegepast en er in de afdelingen sprake is van een binnenklimaat. Dit betekent dat de buitenklimaatstal en de stal met stralingspanelen bij scharrelbiggen nagenoeg een gelijk gasverbruik hebben. De afdelingen hebben namelijk gelijke afmetingen, een gelijk aantal dieren en een nagenoeg gelijk klimaat. Het gasverbruik voor de afdeling met stralingspanelen bij reguliere biggen ligt hoger, met name door de hoger ingestelde temperatuur. Bij dit systeem zonder onderkomen is sprake van een volledig roostervloer, met onderkomen is de situatie met dichte vloerdelen onder de panelen.
2. Het gasverbruik indien in alle afdelingen onderkomens zijn toegepast zoals beschreven in hoofdstuk 2, uitgaande van de reductie in ruimtetemperatuur die te bereiken is. Met het systeem van de buitenklimaatstal is een energiebesparing van 78% mogelijk, voor de afdelingen met stralingpanelen 43 en 29%.

Bij de economische evaluatie per stalsysteem is geen rekening gehouden met een eventuele invloed van het huisvestingssysteem op productie van de dieren. De technische resultaten van de dieren in de onderzoeksafdelingen gaven slechts een indicatie; op basis hiervan kunnen we geen uitspraken doen over de relatie tussen huisvestingssysteem en productie. Er is een gasprijs aangehouden van € 0,30/m³ en een ketefficiëntie van 80%.

Tabel 13 Resultaten berekeningen energiebalansmodel voor de drie onderzochte huisvestingssystemen

Systeem	Reductie ruimte-temperatuur (°C)	Gasverbruik zonder onderkomen (per dierplaats per jaar)		Gasverbruik met onderkomen (per dierplaats per jaar)		Energiebesparing (%)
		m ³	€	m ³	€	
Buitenklimaatstal	10,0	8,15	2,44	1,76	0,53	78
Stralingspanelen systeem 1	3,3	8,16	2,45	4,69	1,40	43
Stralingspanelen systeem 2	2,2	10,51	3,15	7,48	2,24	29

6.2 Buitenklimaatstal

De buitenklimaatstal is alleen bij nieuwbouw interessant. Bij nieuwbouw zal de afdeling niet gebouwd worden zoals de onderzoeksafdeling, maar zullen bijvoorbeeld meer dieren per afdeling gehouden worden, waardoor de investeringskosten lager liggen. Om toch te bepalen in welke situatie een buitenklimaatstal economisch interessant is, gaan we ervan uit dat eventuele hogere investeringskosten van de stal binnen 10 jaar terugverdient moeten worden door de besparing op energie, dus een besparing op verwarming en ventilatie. Hierbij is uitgegaan van de afdeling zoals die onderzocht is, waarbij in de berekening van de afdeling zonder buitenklimaat is uitgegaan van verwarming met deltabuizen en plafondventilatie. Het benodigde leidingwerk voor de bedden komt overeen met het leidingwerk voor de deltabuizen, zodat hierin geen verschil in kosten berekend is. Dat geldt ook voor de benodigde tijd voor het bevestigen en aansluiten van het verwarmingssysteem.

Uit tabel 14 blijkt dat met de buitenklimaatstal een energiebesparing voor verwarming te behalen is van € 1,91 per dierplaats per jaar. Uit onderzoek van Wagenberg en Smolders (2001) bleek het elektriciteitsverbruik voor ventilatie bij plafondventilatie 8,8 kWh per dierplaats per jaar te bedragen, ofwel € 0,97 bij een elektriciteitsprijs van € 0,11/kWh. In de buitenklimaatstal is geen sprake van mechanische ventilatie. Totaal is dus een energiebesparing te behalen van € 2,87 per dierplaats per jaar.

Tabel 14 Jaarkosten voor energiegebruik en investeringskosten voor verwarming, omgerekend naar euro's per dierplaats

	Kosten gasverbruik voor verwarming (euro/jaar)	Electriciteitskosten voor ventilatie (euro/jaar)	Investering verwarming (euro)
Binnenklimaatstal	2,44	0,96	3,00
Buitenklimaatstal	0,53	0,00	43,00
Vershil	1,91	0,96	-40,00

De investeringskosten van deltabuizen bedragen circa € 3,- per dierplaats. Dit is inclusief ophanging en koppelingen. Voor de gehele afdeling zijn de kosten voor de biggenbedden € 43,- per dierplaats. De extra investeringskosten van de biggenbedden ten opzichte van een traditioneel verwarmingssysteem zijn dus € 40,- per dierplaats. Ten opzichte van de totale investeringskosten van tussen € 200,- en € 350,- per dierplaats (KWIN 2002-2003) in een traditionele stal is dit vrij hoog.

Als we ervan uitgaan dat de terugverdientijd voor de investering van een buitenklimaatstal door energiebesparing ten opzichte van een vergelijkbare binnenklimaatstal maximaal 10 jaar mag zijn, dan mogen de investeringskosten per dierplaats dus maximaal € 28,70 hoger zijn. De investeringskosten voor het stalgebouw (exclusief biggenbedden) moeten dan minimaal € 40,00 - € 28,70 = € 11,30 per dierplaats lager zijn. Dit bedrag is zeker te realiseren. De besparing in de kosten voor het stalgebouw zijn met name te behalen op besparing op isolatie en buitenwanden. De kosten voor de klimaatregeling zullen vergelijkbaar zijn met een traditionele stal vanwege het gordijn en bijbehorende regeling. Er dient rekening mee gehouden te worden dat in de proefafdeling de buitenklimaatstal op kleine schaal is nagebouwd. Op een grotere schaal kan meer bespaard worden op bouwkosten door extra besparing op bijvoorbeeld binnenwanden en hokinrichting. Bovendien is het mogelijk om voor goedkopere bedden te kiezen met een eenvoudiger verwarmingssysteem, waardoor de totale investeringskosten dalen.

6.3 Stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro

Bij de economische evaluatie van de stralingspanelen bij scharrelbiggen is uitgegaan van de afdeling zoals die onderzocht is. De afdeling is voorzien van moderne regelapparatuur, met de mogelijkheid om zowel afdelingsverwarming als verwarming van de panelen de kunnen regelen. Uit tabel 15 blijkt dat met de stralingspanelen een energiebesparing te behalen is van € 1,05 per dierplaats per jaar.

De investeringskosten van deltabuizen bedragen circa € 3,00 per dierplaats. Dit is inclusief ophanging en koppelingen. De investeringskosten van de stralingspanelen bedragen €15,60 per dierplaats. Hierbij is uitgegaan van 15 biggen per paneel en een prijs van € 234,- ex. BTW per paneel.

De investeringskosten voor de stralingspanelen liggen dus € 12,60 per dierplaats hoger dan de investeringskosten voor een traditioneel verwarmingssysteem. Hiermee komt de terugverdientijd op 12 jaar.

Tabel 15 Economische evaluatie van de afdeling met stralingspanelen bij schareelbiggen

	Jaarkosten gasverbruik (€/dierplaats)	Investering verwarming (€/dierplaats)	Terugverdientijd (jaren)
Zonder stralingspanelen	2,45	3,00	
Met stralingspanelen	1,40	15,60	
Vershil	1,05	-12,60	12

6.4 Stralingspanelen bij reguliere biggen

Ook bij de economische evaluatie van de stralingspanelen bij reguliere biggen is uitgegaan van de afdeling zoals die onderzocht is. We hebben er rekening mee gehouden dat de roosters onder de panelen voorzien moeten zijn van vloerplaten, omdat deze in verbouwsituaties aangeschaft dienen te worden.

Uit tabel 16 blijkt dat met de stralingspanelen een energiebesparing te behalen is van €0,91 per dierplaats per jaar.

De investeringskosten van deltabuizen bedragen € 3,00 per dierplaats. De investeringskosten van de stralingspanelen bedragen ook hier €15,60 per dierplaats. De kosten worden echter nog verhoogd doordat er vloerplaten of matten onder de panelen gelegd dienen te worden, die minimaal € 2,00 per dierplaats kosten.

De investeringskosten voor de stralingspanelen liggen dus €14,60 per dierplaats hoger dan de investeringskosten voor een traditioneel verwarmingssysteem. Hiermee komt de terugverdientijd op 16 jaar.

Tabel 16 Economische evaluatie van de afdeling met stralingspanelen bij reguliere biggen

	Jaarkosten gasverbruik (€/dierplaats)	Investering verwarming (€/dierplaats)	Terugverdientijd (jaren)
Zonder stralingspanelen	3,15	3,00	
Met stralingspanelen	2,24	17,60	
Verschil	0,91	-14,60	16

7 Discussie en conclusies

Praktische ervaringen

De diervverzorgers ervaren de buitenklimaatstal als minder stoffig dan de afdeling met stralingspanelen bij scharrelbiggen. Dit kwam wellicht door de open luchtinlaat. Hierdoor was het in de afdeling frisser en was de relatieve luchtvochtigheid hoger dan in een afdeling met een binnenklimaat. Hierdoor was de ervaring dat het leek alsof er weinig stof in de lucht zat. Ook kan het zijn dat de luchtinlaat niet altijd alleen als inlaat fungeerde, maar ook deels als uitlaat. Er kan dan stof via de luchtinlaat uit de afdeling zijn verdwenen. Dit is echter niet uit waarnemingen gebleken.

In een stal met een buitenklimaat bestaat in de winter de kans dat het in de stal gaat vriezen. In het onderzoek met de buitenklimaatstal gebeurde dit bijna, de laagste gemeten ruimtetemperatuur was 3,7°C. Met lage temperaturen dient men rekening te houden met eventuele bevrozing van waterleidingen. Deze moet men isoleren. Een andere en goedkopere mogelijkheid is om de leidingen door de bedden te laten lopen.

In bijlage 4 is een verslag opgenomen van een brainstormbijeenkomst met een aantal deskundigen over de toepassingsmogelijkheden van gescheiden klimaatzones. Een belangrijk punt hierin is de regeling van de verwarming in de panelen. Uit het onderzoek bleek met name in de buitenklimaatstal dat de temperatuur in de bedden een grote schommeling vertoonde, wat met name veroorzaakt werd door grote temperatuurschommelingen van het water in de panelen. Door gebruik te maken van een regeling die de temperatuur van het water proportioneel kan regelen is het mogelijk om een constanter microklimaat te creëren. Wellicht dat de hoge uitval van dieren tijdens het onderzoek in de buitenklimaatstal mede veroorzaakt is door de temperatuurschommelingen. De twee ronden zijn echter niet voldoende om hier een goede uitspraak over te doen.

Bij geen van de drie onderzochte systemen vonden de waarnemingen plaats in de zomerperiode. Tijdens warme perioden zal de temperatuur in de biggenbedden en onder de stralingspanelen wellicht dermate hoog worden dat de dieren deze plaatsen als ligplaats gaan mijden. Hierdoor wordt de kans op problemen met hokbevuiling groter. Het verdient aanbeveling om de deksels van de bedden en de stralingspanelen tijdens warme perioden in elk geval overdag omhoog te klappen. Om de hoeveelheid arbeid te beperken bestaat de mogelijkheid om de deksels automatisch met een druk op een knop omhoog te brengen, door gebruik te maken van een elektromotor.

Het is wel een belangrijke noot bij dit onderzoek dat de systemen niet jaarrond in onderzoek zijn geweest, waardoor geen ervaring is opgedaan tijdens zomerronden. Voor alle afdelingen geldt echter dat als de stralingspanelen of de deksels van de bedden zijn opgeklapt, de afdelingen te vergelijken zijn met traditionele afdelingen voor scharrelbiggen of reguliere biggen.

Met name in de afdeling met stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro kwam hokbevuiling voor. De verwachting is dat bij smallere en diepere hokken de kans op hokbevuiling kleiner is.

Toepasbaarheid duurzame energie

In de afdeling met stralingspanelen bij reguliere biggen bleek dat een groot deel van de tijd het lage temperatuurnet met een watertemperatuur van 40 à 50°C niet voldoende warmte leverde om een goed klimaat te kunnen creëren onder de panelen. De onderzoeksronden vonden echter allen plaats in de winterperiode. Bovendien waren de klimaatinstellingen 2°C hoger dan de geadviseerde instellingen volgens het klimaatplatform, met name omdat de biggen brijvoer kregen. Wellicht dat men buiten het winterseizoen en bij biggen op droogvoer eerder gebruik kan maken van het lage temperatuurnet en dus van duurzame energie. Voor de koude perioden moet er echter altijd de mogelijkheid bestaan om de panelen al dan niet automatisch op een watercircuit met een hogere temperatuur aan te kunnen sluiten. Een gescheiden hoog en laag temperatuurcircuit is dan vereist.

Andere vormen van onderkomens

Uit de economische evaluatie bleek dat de investeringskosten van biggenbedden en van stralingspanelen erg hoog zijn, waardoor de terugverdientijd lang is. Er zijn echter creatieve oplossingen om op een goedkopere manier van dezelfde voordelen te kunnen profiteren als bij de onderzochte bedden en stralingspanelen. Zo kan men in plaats van met stralingspanelen bijvoorbeeld een onderkomen creëren worden met twinbuizen onder een eenvoudige afdekking met sandwichpanelen. De twinbuizen worden op 0,5 à 0,6 m hoogte boven de vloer tegen de wand geïnstalleerd. Hierboven bevindt zich het sandwichpaneel met isolatie. Ook hier verdient het de voorkeur om bij biggen op volledig roostervloer vloerplaten of rubber matten op de roosters te leggen om ongewenste luchtstromingen tegen te gaan. Eventueel kan men aan de rand van de panelen nog circa 15 cm

doorzichtige flappen hangen om de warmte beter vast te houden. Dit kan echter ten koste gaan van het overzicht in de afdeling. De kosten van twinbuizen zijn vergelijkbaar met een traditioneel verwarmingssysteem, zoals deltabuizen. Inclusief de sandwichpanelen en vloerplaten op volledig roostervloer zijn de investeringskosten € 8,- à € 10,- per dierplaats, afhankelijk van het gebruikte materiaal. Hierdoor is de terugverdientijd 5 à 7 jaar. Op grotendeels dichte vloer is de terugverdientijd nog korter.

Door de sandwichpanelen aan de voorzijde geheel te voorzien van kunststof flappen, de achterwand van het onderkomen te isoleren en/of de onderkomens te voorzien van een laag stro, is het onderkomen ook geschikt voor toepassing in een buitenklimaatstal. Ook hierbij liggen de kosten lager dan die van de onderzochte biggenbedden. Verder onderzoek naar de meest optimale vorm en indeling van de buitenklimaatstal is gewenst. Hierbij kan men denken aan stallen met zeer eenvoudige bovenbouw, zoals bijvoorbeeld een 'tentstal'.

Een andere mogelijkheid om verwarmde onderkomens te creëren bij biggen op volledig roostervloer en een binnenklimaat is door het HOT-PIPE[®]-systeem in de roosters te gebruiken. Hierbij zijn onder het rooster diverse buizen aangebracht waardoor een verwarmingssysteem loopt met warm water. Dit verwarmingssysteem verwarmt zowel de buizen als de roosters. Door boven de roosters een eenvoudig onderkomen te maken met bijvoorbeeld sandwichpanelen, kan de afdelingsverwarming achterwege blijven. Nadeel van het systeem is dat met de roosters het verwarmde oppervlak kleiner is waardoor de warmteafgifte ook kleiner zal zijn. Bovendien straalt het systeem ook warmte naar beneden in de put, waardoor warmte verloren gaat.

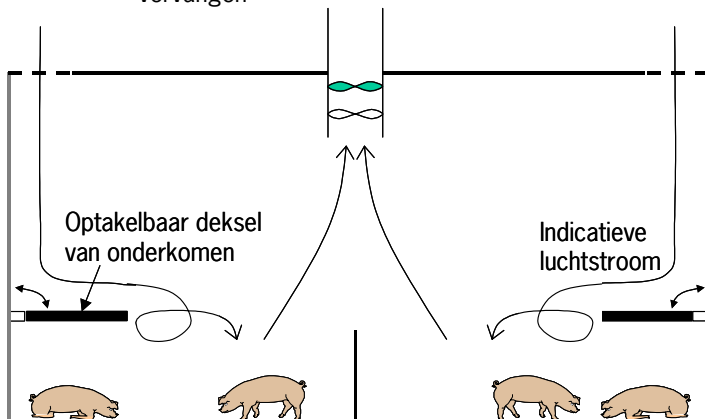
Indien men bij grotendeels dichte vloer gebruik maakt van vloerverwarming kan dit ook gecombineerd worden met onderkomens. De temperatuur van de vloer en de warmteafgifte zijn echter dermate laag dat in koude perioden problemen op kunnen treden met een te koud microklimaat. Er moet dan voorverwarming of afdelingsverwarming aanwezig zijn om dit probleem te ondervangen, waardoor de energiebesparing geringer is dan bij stralingspanelen.

Onderkomens vervangen voergang

Om te voldoen aan het varkensbesluit 1998 moeten de reguliere biggen bij verbouw gehuisvest worden op 0,4 m². In de afdeling met de stralingspanelen en plafondventilatie bij reguliere biggen waren de biggen al gehuisvest op 0,4 m². Als ze echter nog op 0,3 m² gehuisvest zijn, hadden er 30 biggen meer in de afdeling gekund. Als in dat geval overgeschakeld wordt op 0,4 m², dan moet voor deze 30 biggen vervangende huisvesting gezocht worden. De mogelijkheid bestaat echter om de voergang uit de afdeling te halen om meer oppervlakte te creëren. Bij de onderzoeksafdeling ontstaat zo circa 8 m² extra beschikbaar vloeroppervlak, ofwel ruimte voor 20 biggen. Er moet dan voor slechts tien biggen vervangende huisvesting gezocht worden. De voergang vervult bij plafondventilatie echter een belangrijke functie bij het behouden van een goed stalklimaat. Als de voergang uit de afdeling verdwijnt, is de kans groot op koude luchtval op de dieren en op putventilatie. Om dit te voorkomen kunnen onderkomens de functie van de voergang overnemen. Door de verse lucht boven de onderkomens binnen te laten, valt de lucht eerst op de onderkomens alvorens in het hok. Het verwijderen van een strook glaswol op het plafond boven de onderkomens of het dichtleggen van de rest van het plafond is voldoende om de lucht op de onderkomens te sturen (figuur 7).

Het gebruik van de stralingspanelen is economisch interessant als men de voergang weglaat. In het voorbeeld van de onderzoeksafdeling wordt voor 20 biggen vervangende huisvesting bespaard. Bij investeringskosten voor nieuwbouw per biggenplaats van circa € 250,-, wordt zo dus € 5000,- bespaard, terwijl de totale investeringskosten van de stralingspanelen met € 1760,- veel lager zijn.

Figuur 7 Schets van een afdeling met plafondventilatie waarbij de stralingspanelen de functie van de voergang vervangen



Conclusies

- De buitenklimaatstal met biggenbedden in combinatie met enige stroverstreking functioneerde goed. Nader onderzoek naar de meest optimale vorm en indeling van de buitenklimaatstal is gewenst.
- Er kan in de buitenklimaatstal 78% bespaard worden op energie voor verwarming, ofwel € 1,91 per dierplaats per jaar. Ook is een besparing mogelijk op energie voor ventilatie van € 0,97 door natuurlijke ventilatie.
- De buitenklimaatstal is alleen interessant bij nieuwbouw
- Het systeem met stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro functioneerde goed, wel kwam enige hokbevuiling voor.
- Met de stralingspanelen bij scharrelbiggen is een besparing van 43% op energie voor verwarming mogelijk ten opzichte van een traditioneel verwarmingssysteem, ofwel € 1,05 per dierplaats per jaar. Door de hoge investeringskosten van de panelen is de terugverdientijd met circa 12 jaar erg lang.
- Het systeem met stralingspanelen bij reguliere biggen functioneerde goed.
- Met de stralingspanelen bij reguliere biggen is een besparing van 29% op energie voor verwarming mogelijk ten opzichte van een traditioneel verwarmingssysteem, ofwel € 0,91 per dierplaats per jaar. Door de hoge investeringskosten van de panelen is de terugverdientijd met 16 jaar erg lang.
- Stralingspanelen op een hoogte van 70 cm verwarmen efficiënter dan op een hoogte van 100 cm.
- De inzet van duurzame energie voor het verwarmen van stralingspanelen is lastig. De aanwezigheid van een hoog temperatuurscircuit met water van minimaal 60°C is vereist.
- Bij toepassing van onderkomens in een afdeling met volledig roostervloer dient men vloerplaten of matten op de roosters onder de panelen te leggen om ongewenste luchtstromingen tegen te gaan.
- De onderzochte biggenbedden en stralingpanelen bleken duur. Door te kiezen voor eenvoudigere onderkomens wordt dit economisch interessanter.
- Onderkomens kunnen de klimaatfunctie van de voergang vervullen in stallen met plafondventilatie, als bij verbouw voldaan moet worden aan het varkensbesluit 1998. Het gebruik van onderkomens is dan economisch zeer interessant.

8 Toepassing praktijk

Als men bij nieuwbouwplannen overweegt om een buitenklimaatstal te bouwen, dan dient men zich te realiseren dat de werkomstandigheden anders zijn dan in een stal met een binnenklimaat. Door het open karakter zal de lucht minder stoffig zijn, maar ook de buitentemperatuur veel meer volgen. Hierdoor kan het in de winter erg koud worden in de stal. Om bevrozing van waterleidingen te voorkomen moet men deze isoleren. Een andere mogelijkheid is om de leidingen door de bedden te laten lopen.

Het verdient aanbeveling om de deksels van de bedden of onderkomens te voorzien van een systeem om ze automatisch omhoog te kunnen brengen. Dit maakt controle en vangen van de dieren en schoonspuiten eenvoudiger.

In een buitenklimaatstal voor gespeende biggen is een energiebesparing te bereiken van € 2,88 per dierplaats per jaar, door besparing op verwarming en ventilatie. Ook kunt u besparen op de bouwkosten, met name doordat de bovenbouw minder geïsoleerd hoeft te worden. De hokinrichting is duurder dan traditionele stallen, door de hoge investeringskosten voor de bedden of onderkomens. Of de buitenklimaatstal economisch interessant is, hangt sterk af van de uitvoering van de bovenbouw en de onderkomens.

Bij de toepassing van gescheiden klimaatzones in mechanisch geventileerde stallen bij gespeende biggen kan men € 0,91 - € 1,05 per dierplaats per jaar besparen op energie voor verwarming. Het is hierbij belangrijk dat de vloer onder de onderkomens dicht is. Bij toepassing op volledig roostervloer dient men dus vloerplaten of matten op de roosters onder de onderkomens te leggen. Dit gaat ongewenste luchtstromingen tegen. Problemen met hokbevuiling onder de onderkomens ontstaan vaak omdat er geen rustige mestplek in het hok is. Dit kan in veel gevallen eenvoudig ondervangen worden door op de gewenste mestplek met een schotje een mesthoek te creëren.

In afdelingen met plafondventilatie kunnen onderkomens de klimaatfunctie van de voergang vervullen. De voergang is van belang om in de afdeling een goede luchtverdeling te krijgen. Door de lucht via spleten in het plafond boven de onderkomens binnen te laten, valt de lucht op de onderkomens voordat deze in het hok komt. Zo wordt koude luchtval op de biggen en putventilatie voorkomen. De voergang kan dan eventueel uit de afdeling verdwijnen, zodat gemakkelijker voldaan wordt aan het Varkensbesluit.

Om het gebruik van onderkomens economisch interessant te maken is het van belang dat het onderkomen gecreëerd wordt met goedkope, maar toch duurzame materialen.

Literatuur

KWIN, 2002-2003. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2002-2003. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

Wagenberg, A.V. van en M.A.H.H. Smolders, 2001. De effectiviteit van ventilatie bij drie ventilatiesystemen in afdelingen voor gespeende biggen. Rapport 199, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, p. 22.

Weber, M., 2003. Auf Zonenheizung im Aufzuchtstall umstellen? SUS januari 2003, p. 16-18.

Wiedmann, R. 1997. Schweinehaltung in Außenklimaställen. Grundlagen und Praxis für die Scheinmast. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, p. 163-206.

Bijlagen

Bijlage 1 Klimaatinstellingen

Tabel 17 Klimaatinstellingen van de buitenklimaatstal

Dagnummer	Begin T ventilatie (°C)	Minimum ventilatie (stand gordijn, %) ¹	Maximum ventilatie (stand gordijn, %)	Begin T verwarming (°C)
1	24	5 (0)	90	25
9	22	5 (0)	90	23
16	20	5 (0)	90	22
23	19	10 (0)	90	22
30	18	10 (0)	90	21
60	18	10 (0)	90	20

¹Tussen haakjes instelling ronde 2

Tabel 18 Klimaatinstellingen van de proefafdeling met stralingspanelen bij scharrelbiggen op stro

Dagnummer	Begin T ventilatie (°C)	Minimum ventilatie (m ³ /uur per dier)	Maximum ventilatie (m ³ /uur per dier)	Begin T verwarming (°C)
1	28	3	12	26
6	26	4	15	24
22	24	6	18	22
43	22	9	25	20
60	22	9	25	20

Tabel 19 Klimaatinstellingen van de proefafdeling met stralingspanelen bij reguliere biggen

Dagnummer	Begin T ventilatie (°C)	Minimum ventilatie (m ³ /uur per dier)	Maximum ventilatie (m ³ /uur per dier)	Begin T verwarming (°C)
1	32	3	12	30
4	30	4	13,5	27
8	28	4,8	15	26
21	26	6	18	24
43	24	9	25	22

Bijlage 2 Scoren lig- en mestgedrag

Voor het liggedrag is het aantal liggende en staande dieren op de verschillende onderdelen van het vloeroppervlak geregistreerd.

Bij de buitenklimaatstal en het systeem met de stralingspanelen bij scharrelbiggen hebben we voor het scoren van het lig- en mestgedrag onderscheid gemaakt in het gedeelte dichte vloer in het bed, het gedeelte overige dichte vloer en het gedeelte roostervloer.

Bij het systeem met de stralingspanelen bij reguliere biggen werd onderscheid gemaakt in de strook vloer onder de panelen (achter in het hok), de strook in het midden van het hok over de gehele breedte van het hok en de strook aan de voorzijde van het hok over de gehele breedte.

Voor de hokbevuilingsscore hebben we het standaard protocol van het Praktijkonderzoek Veehouderij gebruikt. Hieruit volgde per vloeronderdeel de hokbevuiling in procenten. Bij de buitenklimaatstal en systeem 1 met de stralingspanelen en stro werd het hok verdeeld in zes delen:

- voorste gedeelte dichte vloer in het bed of onder het paneel
- achterste gedeelte dichte vloer in het bed of onder het paneel
- voorste gedeelte overige dichte vloer
- achterste gedeelte overige dichte vloer
- voorste gedeelte roostervloer
- achterste gedeelte roostervloer

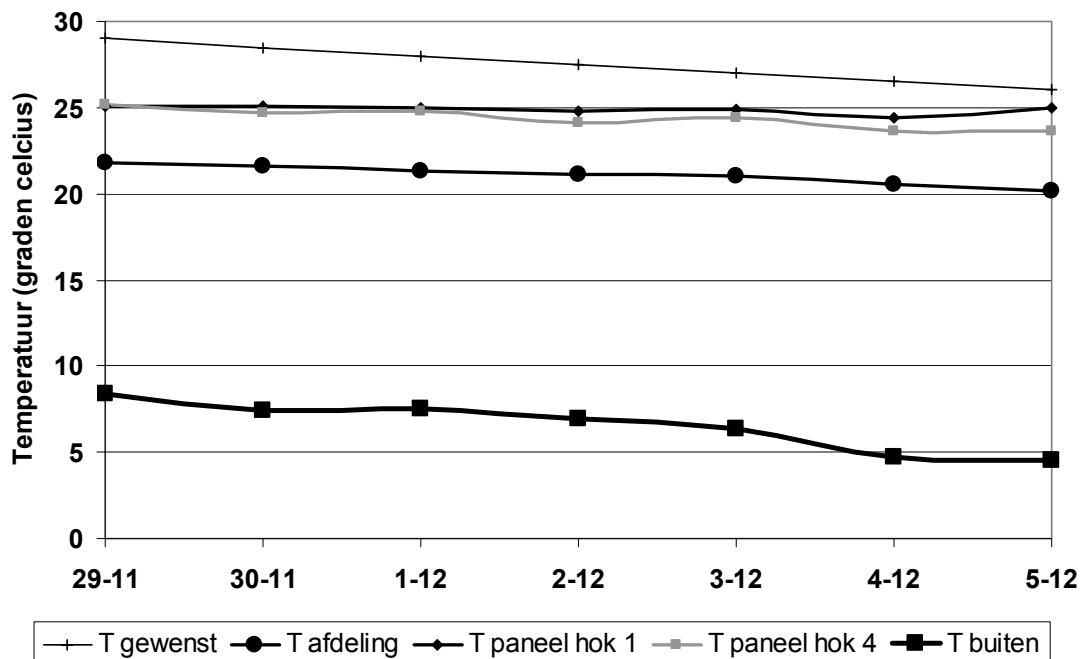
Bij het systeem met de stralingspanelen bij reguliere biggen was het hok verdeeld in dezelfde drie gelijke stroken als bij het scoren van het liggedrag. Elke strook was echter weer onderverdeeld in drie gelijke vlakken: het vlak dat grenst aan de brijvoerbak (Voer), het vlak precies in het midden van het hok (Midden) en het vlak dat is gesitueerd aan de kant van de waterbakjes (Water).

Bijlage 3 Stralingspanelen op laag temperatuurnet

Gedurende de eerste week van ronde 1 zijn de stralingspanelen in het systeem met reguliere biggen zonder stro aangesloten op het verwarmingcircuit met een watertemperatuur van 40 á 50°C.

Het water in de panelen had deze periode een gemiddelde temperatuur van 46,2°C, met een minimum van 42,0°C en een maximum van 49,1°C. De temperatuur onder de panelen lag gemiddeld circa 3,0°C onder de gewenste temperatuur en de afdelingstemperatuur gemiddeld 6,4°C onder de gewenste temperatuur. Dit duidde op een te lage verwarmingscapaciteit van het lage temperatuurnet.

Figuur 8 Daggemiddelden van de temperaturen (°C) gedurende de eerste week van ronde 1, waarbij panelen aangesloten waren op lage temperatuurnet



Bijlage 4 Verslag brainstormbijeenkomst

In een brainstormbijeenkomst met een groep deskundigen uit het bedrijfsleven en van het Praktijkonderzoek Veehouderij zijn een aantal perspectievolle toepassingsmogelijkheden bepaald van gescheiden klimaatzones in varkenshokken. Hieronder een verslag van de punten die besproken zijn tijdens de bijeenkomst.

Algemeen

De regeling van de verwarming in de panelen op basis van bijmenging kan leiden tot redelijk snelle variaties in temperatuur van het stralend oppervlak. Met name in de afdeling met biggenbedden was de temperatuurschommeling enorm: een schommeling van 5 á 10°C binnen enkele uren was niet ongewoon. In de afdelingen met stralingspanelen schommelde de temperatuur binnen een range van 1,5 á 2,5°C.

Grote schommelingen in temperatuur op korte termijn kan nadelig werken op het comfort van de dieren. Mogelijk ook dat hierdoor de uitval in de buitenklimaatstal behoorlijk hoog was. Dit is echter moeilijk te beoordelen omdat de buitenklimaatstal slechts gedurende twee rondes is gevolgd. Het is beter om de temperatuur van het water te kunnen regelen. Als bijvoorbeeld de temperatuur in het onderkomen x°C beneden de streefwaarde ligt zou de watertemperatuur met bijvoorbeeld y°C moeten stijgen. Dit is dan in een curve vast te leggen.

Buitenklimaatstal

Een buitenklimaatstal met biggenbedden is alleen bij nieuwbouw interessant. De onderzochte afdeling was kleinschalig ten opzichte van de buitenklimaatstallen die normaal gebouwd worden. Vaak bestaat de stal uit grotere afdelingen of één grote ruimte, waar gespeende biggen van verschillende leeftijden gehuisvest zijn. Voordeel hiervan is dat de investeringskosten voor het gebouw dalen, nadeel is dat de stal nooit goed gereinigd kan worden omdat hij nooit geheel leeg is.

In de buitenklimaatstal met biggenbedden is het welzijn van de dieren hoog ten opzichte van een traditionele stal. Met name een goede scheiding tussen de verschillende functiegebieden draagt hieraan bij. Ook het verstrekken van stro is hierbij belangrijk. Het welzijn hangt in belangrijke mate ook samen met het thermocomfort van de dieren. Bij een buitenklimaatstal is het van belang dat de temperatuur in de bedden op de gewenste temperatuur te houden is. Toch bestaat bijvoorbeeld vaak de kans dat het in het bed eigenlijk te warm is en buiten het bed te koud. Hierdoor mesten de dieren eerder in de bedden, wat gevolgen heeft voor arbeid, emissie en gezondheid van de dieren.

Ten aanzien van emissies en energiegebruik scoort de stal gunstig. Het is een emissiearm systeem (0,23 kg NH₃), wat een goede reden kan zijn om voor dit systeem te kiezen. De lagere temperatuur in de stal heeft waarschijnlijk ook een lagere emissie van broeikasgassen tot gevolg, want deze is in sterkere mate afhankelijk van de temperatuur dan van de ammoniakemissie. Door het gunstige energiegebruik en de lage emissies is de buitenklimaatstal een systeem dat zeker toekomstperspectief heeft.

Een nadeel van de beddenstal is dat het overzicht in de afdeling beperkt is omdat de bedden voorzien zijn van flappen. Bovendien is er meer arbeid nodig voor het schoonmaken van de afdeling en het afleveren van de dieren, zoals ook uit de gebruikerservaringen in de proefafdeling bleek. De beddenstal is echter een open systeem met een goede luchtkwaliteit, zelfs bij stroverstreking, wat juist ten goede komt aan de arbeidsomstandigheden.

Stralingspanelen

Stralingspanelen zijn meestal goed inpasbaar bij verbouw van bestaande, geïsoleerde stallen en zijn met name geschikt voor grotere groepen gespeende biggen. De panelen kunnen echter niet in elk willekeurig systeem opgehangen worden. In een afdeling waarin de biggen in kleine groepen zijn gehuisvest op een deels bolle vloer is het lastig om de afdeling om te bouwen naar een afdeling met grote groepen biggen en stralingspanelen. Uit het onderzoek in de twee systemen met stralingspanelen blijkt dat de panelen te duur zijn om ze alleen te gebruiken om energie te besparen. Slechts als men ook van andere voordelen van de panelen gebruik kan maken, zijn ze interessant om toe te passen. Andere voordelen dan energiebesparing kunnen zijn:

- Als in een afdeling met plafondventilatie en volledig roostervloer bij verbouw de voergang moet verdwijnen om voldoende oppervlakte per dier te kunnen creëren, bieden stralingspanelen een oplossing. Bij plafondventilatie is de aanwezigheid van een voergang essentieel om een goede luchtverdeling en een goede kwaliteit van het klimaat te waarborgen. De stralingspanelen kunnen echter dienen als vervanger van de voergang: door de verse lucht van boven het plafond binnen te halen door een spleet boven de panelen, valt de verse lucht eerst op de panelen alvorens in het hok. Zo wordt met name putventilatie voorkomen.
- De panelen verhogen het dierenwelzijn door een duidelijke aanwezigheid van verschillende functiegebieden en een goed microklimaat onder de panelen.
- Goede sturing van het lig- en mestgedrag is mogelijk.

Ten opzichte van de beddenstal is het overzicht in een afdeling met stralingspanelen beter door de afwezigheid van flappen. De hoogte van de panelen ten opzichte van de vloer staat in relatie tot het overzicht in de afdeling. Uiteraard geldt: hoe hoger de panelen hangen hoe beter het overzicht, maar hoe minder efficiënt de panelen het microklimaat verwarmen. Ook de hoeveelheid arbeid voor schoonmaken van de afdeling zal minder zijn dan bij de buitenklimaatstal.

Bijlage 5 List of tables and figures

Table 1	Temperatures and airflow in the room with the outdoor climate during two rounds
Table 2	Lying behaviour in the room with the outdoor climate (% of the total amount of piglets in the pen)
Table 3	Pen fouling (%) in the room with the outdoor climate
Table 4	Technical results of the piglets in the room with the outdoor climate in round 1 and 2
Table 5	Temperatures and airflow in the room with heating panels for piglets on straw
Table 6	Lying behaviour in the room with heating panels for piglets on straw (% of the total amount of piglets in the pen)
Table 7	Pen fouling (%) in the room with heating panels for piglets on straw
Table 8	Technical results of the piglets in the room with heating panels for piglets on straw in round 1-4
Table 9	Temperatures and airflow in the room with heating panels for piglets without straw
Table 10	Lying behaviour in the room with heating panels for piglets without straw (% of the total amount of piglets in the pen)
Table 11	Pen fouling (%) in the room with heating panels for piglets without straw
Table 12	Technical results of the piglets in the room with heating panels for piglets without straw in round 0, 1 and 2
Table 13	Results calculations energy balance model for the three studied housing systems
Table 14	Yearly costs for energy-use and investment costs for heating, shown in euro per animal place
Table 15	Economic evaluation of the room with heating panels for piglets on straw
Table 16	Economic evaluation of the room with heating panels for piglets without straw
Table 17	Climate settings in the room with the outdoor climate
Table 18	Climate settings in the room with heating panels for piglets on straw
Table 19	Climate settings in the room with heating panels for piglets without straw
Figure 1	Room with the outdoor climate
Figure 2	Room with heating panels for piglets on straw
Figure 3	Room with heating panels for piglets without straw
Figure 4	Temperature in the room with the outdoor climate in round 2 (average per day)
Figure 5	Temperature in the room with heating panels for piglets on straw in round 2 (average per day)
Figure 6	Temperature in the room with heating panels for piglets without straw in round 2 (average per day)
Figure 7	Room with ceiling ventilation, where the heating panels replace the function of the control alley
Figure 8	Heating panels on the low temperature water circuit