

Vleesvarkensstal met recirculatie van lucht

Goed stalklimaat en zeer lage emissies

Recirculatie van lucht in een vleesvarkensstal is technisch mogelijk. Door een belangrijk deel van de lucht te recirculeren en een deel te verversenen, wordt een zeer stabiel stalklimaat verkregen en worden de emissies van ammoniak en fijnstof (en geur) tot vrijwel nul gereduceerd. De extra kosten moeten terug verdiend worden met betere productieresultaten.

André Aarnink
Wageningen UR Livestock Research

Rick Verhoijzen
Student Agrotechnologie Wageningen Universiteit

Sjoerd Bokma
Wageningen UR Livestock Research

Voor een uitgebreid verslag van dit onderzoek wordt verwezen naar de site van Wageningen UR.

In varkensstallen wordt in de zomer heel veel en in de winter vaak heel weinig geventileerd. Ventilatie wordt gebruikt om de temperatuur in de stal te regelen. Nadeel van zo'n regeling is dat de concentraties aan ongewenste gassen in de stal meebewegen met het ventilatiedebiet. Het gevolg hiervan is dat in de winterperiode de concentraties ammoniak, stof en (ziekte) kiemen in de stal erg hoog zijn. Dit wordt de laatste jaren nog versterkt door de stijgende energieprijzen, waardoor menig varkenshouder de neiging heeft om 's winters nog wat minder te ventileren om zo op stookkosten te besparen. Doelstelling van dit project was om een integraal, praktisch stalsysteem te ontwikkelen met accent op een beter stalklimaat en zeer lage emissies naar het milieu, zonder dat dit leidt tot een toename van het fossiele energiegebruik. Deze doelstelling kan voor een belangrijk deel worden gerealiseerd door de lucht die uit de stal komt te reinigen en te recirculeren. Enige verversing van lucht blijft nodig om zuurstof aan te voeren en kooldioxide en andere schadelijke gassen af te voeren. Het verwachte resultaat van dit ontwerp is dat de stal gedurende het gehele jaar vrijwel op hetzelfde niveau kan worden geventileerd, zonder dat dit extra energie kost voor verwarming. Het gemiddelde ventilatieniveau is vergelijkbaar met het huidige gemiddelde ventilatiedebiet, echter met zeer geringe fluctuaties. Op deze manier kan een goed en stabiel stalklimaat gedurende het gehele jaar worden gerealiseerd.

Rekenmodel

De focus in fase 1 van dit project lag op het verkennen van de haalbaarheid en het ont-

wikkelen van een technisch ontwerp. Hiertoe is in deze studie een rekenmodel ontwikkeld dat de consequenties van recirculatie van lucht kan doorrekenen voor wat betreft de energiebalans van de stal en de luchtkwaliteit in de stal. Naast deze berekeningen zijn tevens de additionele kosten van het systeem berekend en zijn de mogelijkheden onderzocht om de benodigde elektrische energie op het bedrijf zelf te produceren. Ten slotte is bepaald op welke wijze de additionele kosten van het systeem via betere productieresultaten kunnen worden terugverdiend. De studie is uitgevoerd in opdracht van het Productschap voor Vee en Vlees (PVV) als onderdeel van het themaproject 'Energie-neutrale stal'.

Ontwerp

In figuur 1 wordt een schematisch overzicht gegeven van het gemodelleerde en doorgecalculeerde ontwerp. Uitgaande stallucht gaat naar de luchtwasser, waar de lucht voor een belangrijk deel wordt ontdaan van ammoniak en fijnstof. Tevens wordt een deel van de geurcomponenten uit de lucht gewassen. Na de luchtwasser wordt een deel van de lucht uitgewisseld met verse buitenlucht. Vervolgens gaat de gemengde lucht (recirculatie- en verse lucht) naar de eerste warmtewisselaar (gekoeld) met grondwater tot een temperatuur van circa 12 graden Celsius. In een tweede warmtewisselaar kan de lucht aansluitend (eventueel) worden opgewarmd met circa 1 graden Celsius om de relatieve luchtvochtigheid terug te brengen van verzadigd naar ongeveer 90 procent.

Uitgangspunten berekeningen

Voor de referentiestal zijn de minimum

(7 tot 14 m³/uur) en maximum (30 tot 80 m³/uur) ventilatiehoeveelheden op afdelingsniveau gebaseerd op het advies van het Klimaatplatform voor Varkens. Voor de stal met recirculatie varieert de minimumventilatie op afdelingsniveau, afhankelijk van de leeftijd, tussen 8 en 40 m³/uur en de maximumventilatie tussen 28 en 60 m³/uur. Voor de referentiestal is uitgegaan van een ammoniakproductie van 3,46 kg/jaar per vleesvarkensplaats met een luchtwater die de ammoniakemissie met 95 procent en de PM₁₀-emissie met 70 procent reduceert. Voor de stal met luchtrecirculatie is uitgegaan van een emissiearme stal (1,40 kg/jaar per vleesvarkensplaats, te weten een hok met bolle vloer voorzien van een IC-V-systeem). Voor

de PM₁₀-productie in de stal is voor alle scenario's uitgegaan van de waarde in de Rav-lijst van 153 g/jaar per vleesvarkensplaats. Naast een referentiescenario (een gangbaar geventileerde stal: Scenario 'referentie') zijn drie kansrijke alternatieve scenario's met luchtrecirculatie doorgerekend met het model:

- Scenario 'constant debiet': gemiddeld ventilatiedebiet op stalniveau is over het jaar constant en bedraagt 35 m³/uur per varken (Scenario 1);
- Scenario 'variabel debiet': gemiddeld ventilatiedebiet op stalniveau wordt constant op 30 m³/uur per varken gehouden bij buitentemperaturen onder 5 °C en op

40 m³/uur per varken bij buitentemperaturen boven 5 °C (Scenario 2);

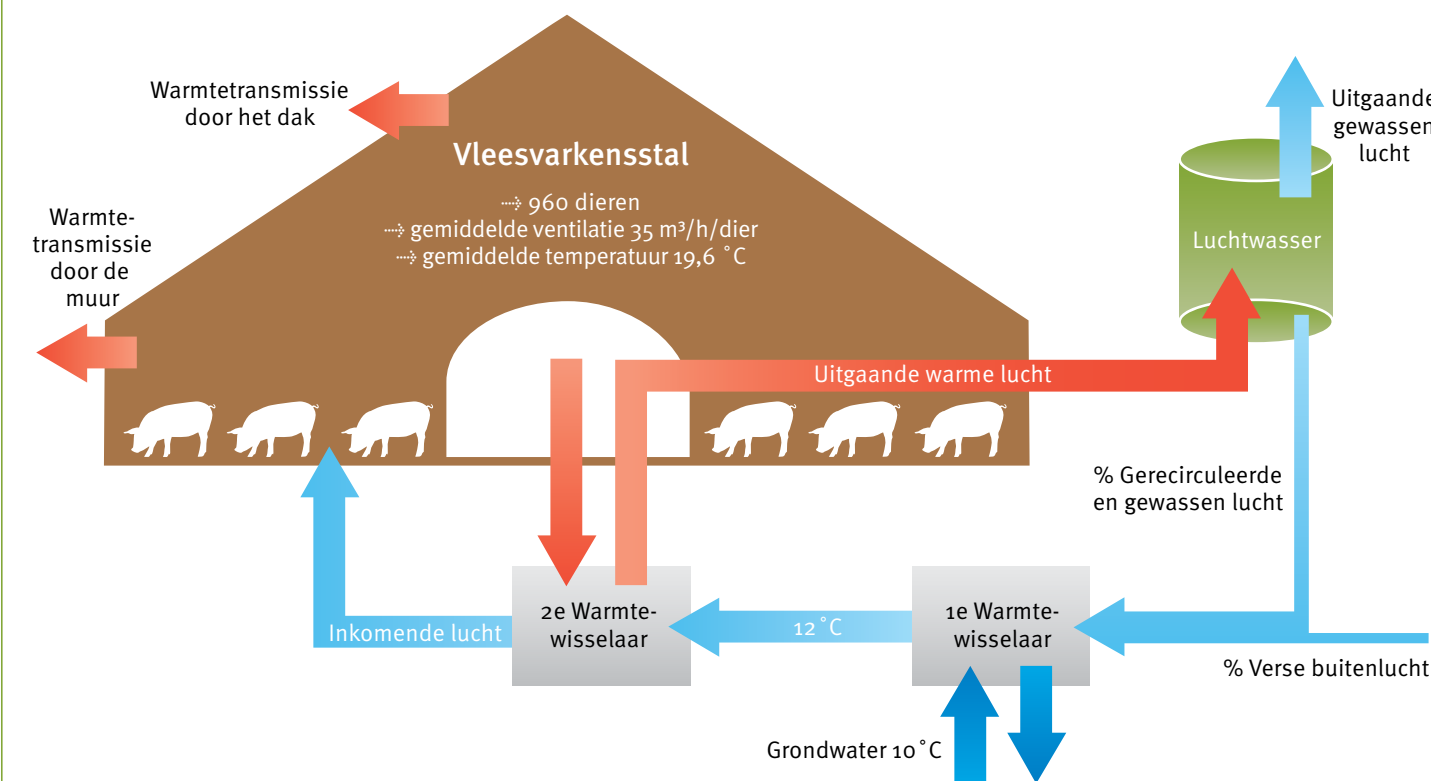
- Scenario 'zonder 2de warmtewisselaar': hetzelfde als scenario 1, behalve dat de tweede warmtewisselaar niet is geïnstalleerd (Scenario 3);

Luchtcondities op stalniveau

In Figuur 2 (pagina 40) wordt de conditie van de inkomende stallucht weergegeven bij verschillende temperaturen buiten. Hieruit blijkt dat de temperatuur van de inkomende stallucht vrijwel niet wordt beïnvloed door de buitentemperatuur. Alleen bij zeer lage buitentemperaturen zal de temperatuur van de ingaande stallucht iets (circa 1 °C) onder de streefwaarde dalen. Het percentage verse

Figuur 1

Schematische tekening van de lucht- en warmtestromen in een vleesvarkensstal met luchtrecirculatie. Dit ontwerp was de basis voor de modelberekeningen.



lucht is ook vrijwel onafhankelijk van de buitencondities van de lucht. Dit percentage is vooral afhankelijk van de randvoorwaarde die gesteld is aan de maximale CO₂-concentratie.

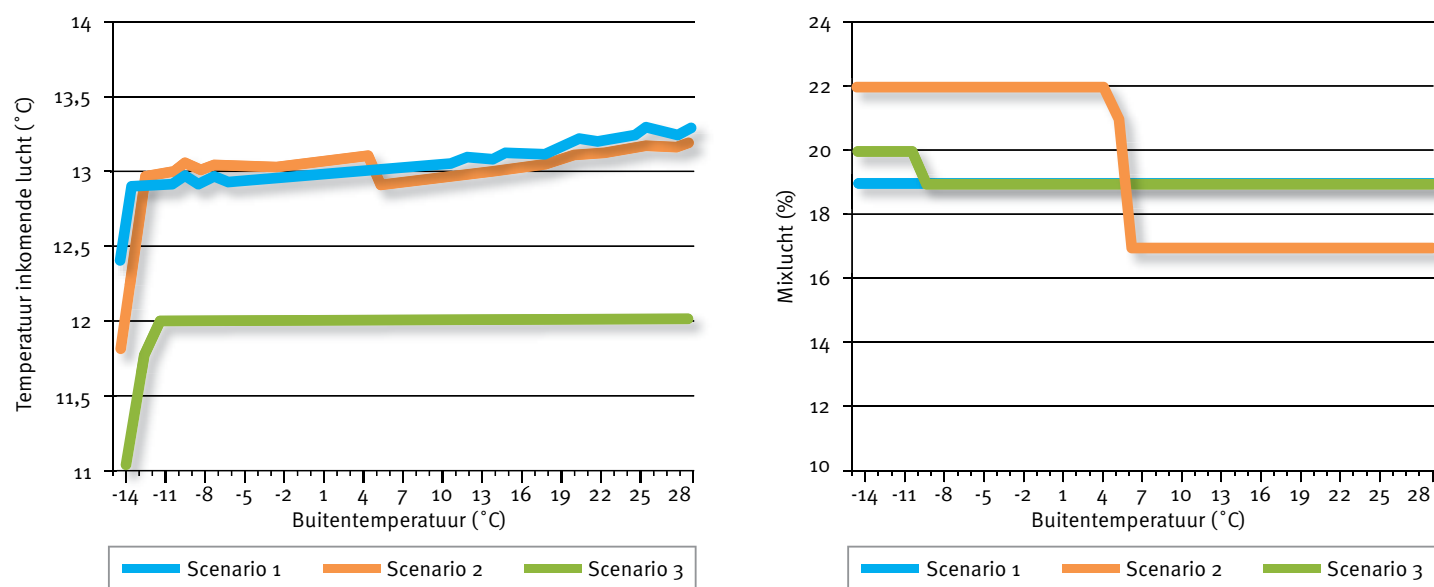
Luchtcondities op afdelingsniveau

De inkomende stallucht wordt verdeeld over de verschillende afdelingen. In elke afdeling zitten dieren in een verschillend productie-stadium, variërend van 1 tot 16 weken na opleg. Deze afdelingen hebben daarom ver-

schillende luchtcondities nodig. In figuur 3 worden de luchtcondities in de stal (T en RV) worden in afdelingen met vleesvarkens 7 weken na opleg weergegeven. De linkerfiguur geeft de situatie weer voor Scenario 1 ('constant debiet') en de rechterfiguur voor Scenario

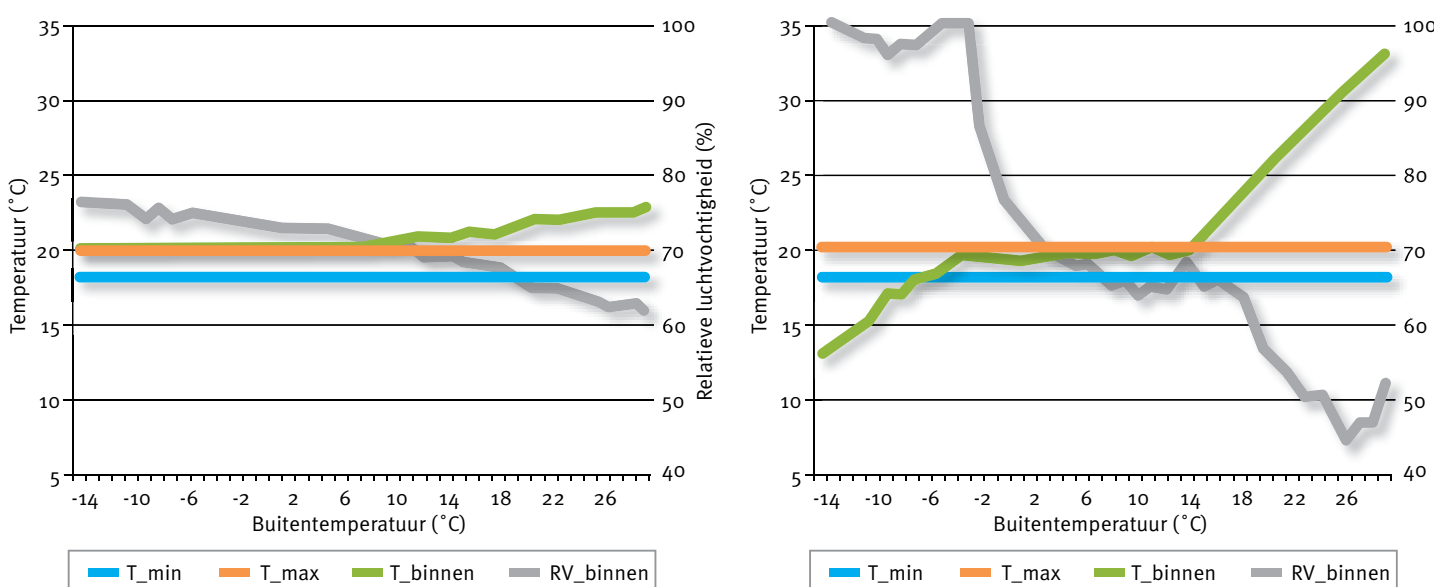
Figuur 2

Conditie van de inkomende stallucht bij verschillende temperaturen van de buitenlucht voor de drie verschillende scenario's; linkerfiguur: temperatuur inkomende stallucht; rechterfiguur: percentage verse buitenlucht (mixlucht) in de inkomende stallucht.



Figuur 3

Temperatuur in de afdelingen met vleesvarkens 7 weken na opleg. De linkerfiguur geeft de situatie weer voor Scenario 1 ('constant debiet') en de rechterfiguur voor Scenario 'referentie'. In beide scenario's werd geen additionele verwarming toegepast.



'referentie'. In beide scenario's wordt geen additionele verwarming toegepast. Uit deze figuren blijkt duidelijk dat als gevolg van recirculatie van lucht de staltemperatuur en luchtvochtigheid veel stabiel zijn dan zonder recirculatie. In de situatie van recirculatie van lucht is geen additionele verwarming nodig; voor de referentiestal is wel verwarming nodig bij lage buitentemperaturen. Een belangrijk voordeel van het recirculatiesysteem is dat de staltemperatuur nooit meer dan 3 °C hoger wordt dan de gewenste temperatuur, terwijl dit voor de referentiestal tot wel 14 °C hoger kan zijn.

Concentraties en emissies

De NH₃ en PM₁₀-concentraties zijn in het scenario met recirculatie beduidend lager dan in het referentiescenario. In het referentiescenario kunnen ammoniakconcentraties oplopen tot 50 ppm, terwijl deze in de scenario's met recirculatie steeds onder de 10 ppm blijven. De CO₂-concentraties zijn echter hoger voor de scenario's met luchtrecirculatie dan voor het referentiescenario. CO₂ wordt door de luchtwasser niet uit de lucht gewassen en zal daardoor toenemen in concentratie. De maximum berekende concentratie is 0,6 volume%. Deze concentratie is echter beduidend lager dan de concentratie waarbij effecten op de gezondheid verwacht mogen worden.

De ammoniakemissie is in de scenario's met luchtrecirculatie vrijwel tot nul gereduceerd (0,01 kg/jaar per vleesvarkensplaats). Ook de PM₁₀-emissie is zeer laag bij luchtrecirculatie (9,6 g/jaar per vleesvarkensplaats). In het referentiescenario, waar ook een vergelijkbare luchtwasser wordt gebruikt als bij het recirculatiesysteem, zijn de emissies voor NH₃ en PM₁₀ per vleesvarkensplaats respectievelijk 0,18 kg/jaar en 31,0 g/jaar.

Energieneutraal met zonnepanelen

Uit berekeningen blijkt dat er respectievelijk 54,0, 57,7 en 51,7 kWh/jaar per vleesvarkensplaats nodig is om de vleesvarkensstal energieneutraal te laten draaien voor respectievelijk Scenario 1 'constant debiet', Scenario 2 'variabel debiet' en Scenario 3 'zonder 2de warmtewisselaar'. Dit is exclusief de elektriciteit benodigd voor verlichting. Zonnepanelen hebben een opbrengst van circa 150 kWh/m². Om de energiebehoefte van de vleesvarkensstal te dekken met zonnepanelen, zijn oppervlakten zonnepanelen nodig van respectievelijk 345, 370 en 330 m² voor scenario's 1 tot en met 3. Het dak aan de zonzijde van de stal (de helft van het totale dakoppervlak) heeft een oppervlak van ongeveer 560 m². Dit betekent dat met zonnepanelen ruim aan de totale energiebehoefte van de stal kan worden voldaan.

Kosten en opbrengsten

In tabel 1 is berekend hoeveel beter de productieresultaten van de vleesvarkens moeten zijn om de extra kosten voor het luchtrecirculatiesysteem met conditionering van de lucht te compenseren. De extra kosten kunnen enerzijds worden gecompenseerd door een hogere groeisnelheid, waardoor meer varkens per jaar kunnen worden afgeleverd en anderzijds door een lagere voerconversie, waardoor de voerkosten afnemen bij een gelijke groei. Uit de tabel blijkt dat voor de scenario's 1 tot en met 3 de groei met respectievelijk 135, 165 en 79 g/dag moet toenemen om de extra kosten te compenseren. Deze extra kosten kunnen ook gecompenseerd worden door een lagere voerconversie van respectievelijk 0,19, 0,24 en 0,11 kg voer per kg groei.

Tabel 1

Extra jaarkosten voor de verschillende scenario's en de benodigde extra groei of lagere voerconversie om deze extra kosten te compenseren.

	Scenario 1 'constant debiet'	Scenario 2 'variabel debiet'	Scenario 3 'zonder 2de warmtewisselaar'
Extra jaarkosten per vleesvarkensplaats	€ 11,53	€ 14,09	€ 6,79
Benodigde extra groei (g/d)	135	165	79
Benodigde lagere voerconversie (kg/kg)	0,19	0,24	0,11

CONCLUSIE

- 1) Recirculatie van lucht in een vleesvarkensstal is technisch mogelijk. Bij een gemiddeld debiet van 35 m³/uur per vleesvarken, waarbij circa 20 procent van de lucht afkomstig is van buiten en 80 procent van de lucht wordt gerecirculeerd, kan een stabiel stalklimaat worden verkregen, met een constante temperatuur van de inkomende lucht en een geringe variatie in ventilatie-debiet.
- 2) Van de doorgerekende scenario's, Scenario 1 'constant debiet' (35 m³/h), Scenario 2 'variabel debiet' (30 – 40 m³/h) en Scenario 3 'constant debiet (35 m³/h) zonder 2de warmtewisselaar', lijkt Scenario 3 de beste keus te zijn. Een tweede warmtewisselaar om de relatieve luchtvochtigheid van de inkomende lucht te verlagen lijkt niet noodzakelijk te zijn, en dit verlaagt de kosten van het systeem aanzienlijk.
- 3) In de stal met luchtrecirculatie is de concentratie ammoniak belangrijk verlaagd, de concentratie fijnstof enigszins verlaagd en de concentratie CO₂ verhoogd. De CO₂-concentratie blijft echter onder waarden die nadelig zouden kunnen zijn voor de diergezondheid.
- 4) De emissies van ammoniak en fijnstof worden tot vrijwel nul gereduceerd; deze zijn volgens modelberekeningen respectievelijk 0,01 kg/jaar en 9,6 g/jaar per vleesvarkensplaats.
- 5) De jaarkosten van de stal met recirculatie zijn 7 tot 14 euro (afhankelijk van scenario) per vleesvarkensplaats hoger dan voor de referentiestal. Deze kosten kunnen ruim worden gecompenseerd door de verwachte extra groei en lagere voerconversie van de vleesvarkens.
- 6) De stal met luchtrecirculatie kan energieneutraal worden gemaakt door het plaatsen van zonnepanelen. Hiervoor moet circa 350 m² van de beschikbare 560 m² van de zonzijde van het dak (i.e. circa 65 procent) worden volgelegd met panelen. De zonnepanelen hebben een terugverdientijd van acht jaar.