

Belang en begrippen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het belang van een goede ventilatie en op de voornaamste begrippen die nuttig zijn voor een goed inzicht en een oordeelkundige afstelling van de ventilatie in varkensstallen.

Belang van een goede ventilatie

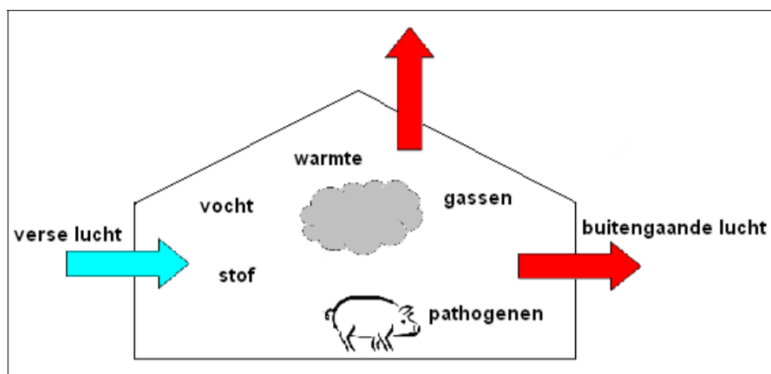
Wanneer we spreken over een goede ventilatie (of verluchting) in functie van een goed stalklimaat wordt impliciet aangenomen dat er ook zo iets bestaat als een "slecht" klimaat. Een slecht klimaat is dan een combinatie van omgevingsfactoren die nadelig zijn voor het varken en het bedrijfsresultaat. Een goed klimaat is een belangrijk element in de preventie van ziekten en het proberen voorkomen van problemen. Een slecht klimaat kan de oorzaak zijn van verschillende problemen of problemen op het bedrijf versterken. Mogelijke problemen zijn: longaandoeningen, oor- en staartbijten, verminderde voederopname, trage groei, verhoogde uitval en overmatige hokbevuiling en als gevolg daarvan suboptimale opbrengsten.

Gebruik van ventilatoren enerzijds en verwarming anderzijds brengen bovendien energie- en onderhoudskosten met zich mee, en de kosten voor het ventilatiesysteem bepalen mee de investeringskosten per dierplaats. Het economisch resultaat wordt dus mede beïnvloed door het ventilatiesysteem en de toepassing ervan.

Er is bovendien een raakvlak met milieuthema's zoals ammoniak- en geuremissie. De emissies zijn hierbij evenredig met het ventilatiedebiet. Systemen met centrale afzuiging laten toe de lucht te behandelen voor deze het milieu ingaat.

Ventilatie heeft als doel de stallucht te verversen, zoals geïllustreerd wordt in figuur 1. Dit is in principe gemakkelijk te verwezenlijken door snelle luchtbewegingen (tocht) te realiseren. Het wordt een stuk complexer als de dieren die in de stal gehuisvest zijn tegelijkertijd uit de tocht moeten worden gehouden. Om te bruuske klimaatsveranderingen te voorkomen wordt de binnenkomende verse lucht daarom met de stallucht vermengd.

Figuur 1. Doel van ventilatie



Voor een goed begrip van een goed stalklimaat wordt in de volgende paragrafen wat dieper ingegaan op de samenstelling van de stallucht, micro- versus macroklimaat en de verschillende onderscheiden temperatuurzones.

Samenstelling van de stallucht

In het ideale geval zou de samenstelling van de stallucht deze van de buitenlucht moeten benaderen. In realiteit is dit onmogelijk door de continue productie van stalassen, warmte en vocht. De stallucht bevat onder meer volgende stalassen:

- CO₂ of koolstofdioxide is een geur- en kleurloos gas dat van nature voorkomt in een concentratie van 300 ppm (ofwel 0,03%). CO₂ is (bij concentraties die in stallen voorkomen) niet schadelijk voor mens en dier. Aangezien de CO₂-concentratie in de buitenlucht constant is en de productie

van CO₂ door varkens gekend is kan de CO₂-concentratie in de stal bij minimumventilatie als maatstaf voor de luchtkwaliteit en de ingestelde minimumventilatie worden gebruikt:

- ✓ 3000 ppm: de minimale ventilatie is te laag ingesteld
- ✓ < 2000 ppm: er wordt onnodig veel geventileerd.

- NH₃ of ammoniak is een gas dat ontstaat in de mestkelder en op met mest bevuilde vloeren. Een deel van het eiwit uit de voeding wordt in het lichaam afgebroken tot ureum en wordt via de urine uitgescheiden. Dit ureum wordt na contact met (bacteriën in) de vaste mest omgezet tot ammoniak. Ammoniak is een schadelijk, sterk ruikend en irriterend gas dat vanaf een concentratie van 20 à 25 ppm schadelijk kan zijn voor mens en dier. Het tast voornamelijk de slijmvliezen aan. Het gevaar bestaat dat er gewenning optreedt voor dit gas, waardoor de schadelijke drempel wordt bereikt zonder er echt "last" van te hebben. De menselijke neus neemt ammoniak waar vanaf ongeveer 10 ppm.

Een hoge ammoniakconcentratie in de stal kan duiden op een te laag ventilatiedebiet, putventilatie of overmatige hokbevuiling. Hoge concentratieniveaus bevorderen ongewenst gedrag zoals staart- en oorbijten.

Ammoniakemissie-arme stalsystemen zijn te verdelen in twee categorieën:

- ✓ de stalsystemen waarbij getracht wordt de vorming van ammoniak te beperken en die dus in principe ook gepaard gaan met een lage ammoniakconcentratie in de stal;
- ✓ en de nageschakelde technieken waarbij de in de stal gevormde ammoniak uit de lucht wordt gehaald voor deze geëmitteerd wordt.

Het ammoniakgehalte wordt vaak gebruikt in bepaalde programma's/labels als maatstaf voor stalklimaat en dierenwelzijn (max. 10 / 20 ppm).

- H₂S of zwavelsulfide ontstaat bij anaerobe afbraak van mest en heeft bij lage concentraties de geur van rotte eieren. Kleine concentraties komen vaak voor, maar zijn moeilijk te meten. Bij het legen van mestkelders kunnen er kortstondig hoge tot extreem hoge concentraties voorkomen (>200 ppm). Concentraties van meer dan 1000 ppm zijn dodelijk.
- Andere gassen die kunnen voorkomen zijn: CO (koolstofmonoxide) en CH₄ (methaan).
 - ✓ CO is een zeer gevaarlijk gas dat kan ontstaan bij directe verbranding (bv. een slecht afgestelde petroleumbrander) en dodelijk is bij een concentratie van 50 ppm. CO zal eerder ter hoogte van de mestkelder hangen, minder op dierhoogte.
 - ✓ CH₄ is een brandbaar gas dat onder de roosters kan blijven hangen en ontploffen. Door putventilatie (binnenkomende, verse lucht die door de roosterspleten valt en verder in de mestput weer bovenkomt) kunnen deze gassen binnen dierbereik komen.

Naast gassen bevat de lucht ook stof, vocht en warmte, ook deze moeten via ventilatie worden afgevoerd.

- Stof: Stof is in een varkensstal altijd aanwezig. De concentratie waarin dit stof voorkomt en de grootte van de stofpartikels bepalen de mate van schadelijkheid. De concentratie stof in de stal moet lager zijn dan 2,4 mg/m³, in de praktijk worden concentraties gemeten die variëren van 1 tot 10 mg/m³. Voor de partikelgrootte geldt: hoe kleiner, hoe schadelijker. Vooral de deeltjes die kleiner zijn dan pm₁₀ (10 micrometer of 1/100 mm) zijn het schadelijkst, ze dringen heel diep door in de longen en kunnen zo astma en andere longproblemen veroorzaken. Het fijn stof in een stal is meestal van organische oorsprong (afkomstig van o.a. voeder, huidschilfers, faeces,...) en is drager van bacteriën en virussen.
- Vocht: Deze fysische parameter wordt uitgedrukt als de relatieve vochtigheid (RV of de mate waarin de lucht bij een bepaalde temperatuur met water is verzadigd). De relatieve vochtigheid is afhankelijk van de buitenomstandigheden, de staltemperatuur, de ademhaling en de huidademhaling van de dieren, de drinkwatervoorzieningen en de mest- en urine-uitscheiding.

Zowel te hoge als te lage RV zijn nadelig. Een te hoge RV gaat gepaard met condensvorming en verhoogde infectiedruk en is dus zowel voor de stalinrichting als voor de dieren nadelig.

Oorzaken van een te vochtige lucht zijn onder meer: (1)

1. er wordt teveel koude lucht binnengetrokken,
2. de luchtinlaat is te klein waardoor de lucht te snel binnenkomt zonder zich te mengen,
3. er wordt te weinig stallucht afgevoerd. Een te droge lucht irriteert de luchtwegen en veroorzaakt zo luchtwegaandoeningen.

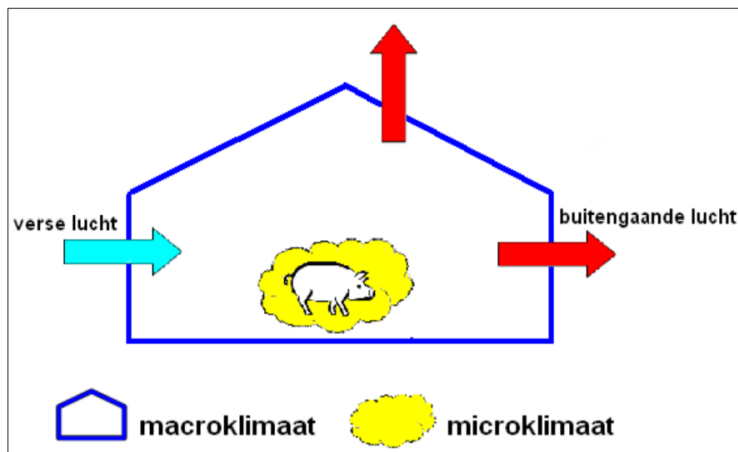
De ideale relatieve luchtvochtigheid situeert zich tussen 50 en 80%.

Microklimaat versus macroklimaat

Voor de dieren die in de stal verblijven is het niet zozeer het macroklimaat dat hun thermisch comfort bepaalt, wel het microklimaat dat heerst in het stalvolume in hun onmiddellijke nabijheid.

Het is dus in de eerste plaats het microklimaat dat moet voldoen aan de klimaateisen van de dieren.

Figuur 2. Micro- versus macroklimaat (Bron: Praktijkkompas varkens)



Meestal wordt de ventilatie gestuurd op basis van de temperatuur, vaak met behulp van een voeler die eerder de temperatuur van het macroklimaat meet dan de temperatuur van het microklimaat. De plaats van de voeler is dus een belangrijk aspect van een goede klimaatregeling.

Het microklimaat is het klimaat in een stal ter hoogte van de dieren. In de praktijk kan de temperatuur afhankelijk van de plaats in de stal variëren tussen bijvoorbeeld 12 en 24 °C. Voor het varken hoeven deze temperatuurverschillen niet noodzakelijk een groot probleem te zijn, op voorwaarde dat deze verschillen voorspelbaar en stabiel zijn. Een strikt homogeen stalklimaat, is in de praktijk niet realiseerbaar (bijvoorbeeld in grote hokken), bovendien wordt er gewoonlijk slechts één voeler gebruikt om de verwarming en/of ventilatie te sturen. Een meer haalbare doelstelling zou kunnen zijn om een voorspelbare heterogeniteit te creëren die stabiel is in tijd en ruimte.

Verschillende temperatuurzones helpen samen met de stalinrichting om verschillende activiteitszones te creëren (rustzone, mestzone, eetzone). Klimaat is dus een belangrijke factor in het sturen van het diergedrag én diergedrag is een belangrijke indicator voor de kwaliteit van het stalklimaat. Liggen doen varkens bijvoorbeeld het liefst in een rustige, tochtvrije omgeving, de slaapzone wordt daarom ver van de eetzone geplaatst. Ter hoogte van de mestzone mag wel tocht voorkomen. Als een homogeen stalklimaat niet mogelijk is, moeten de onvermijdbare verschillen voorspelbaar en stabiel zijn. Tocht is niet noodzakelijk een probleem als het beperkt blijft tot de mestzone.

Klimaatparameters

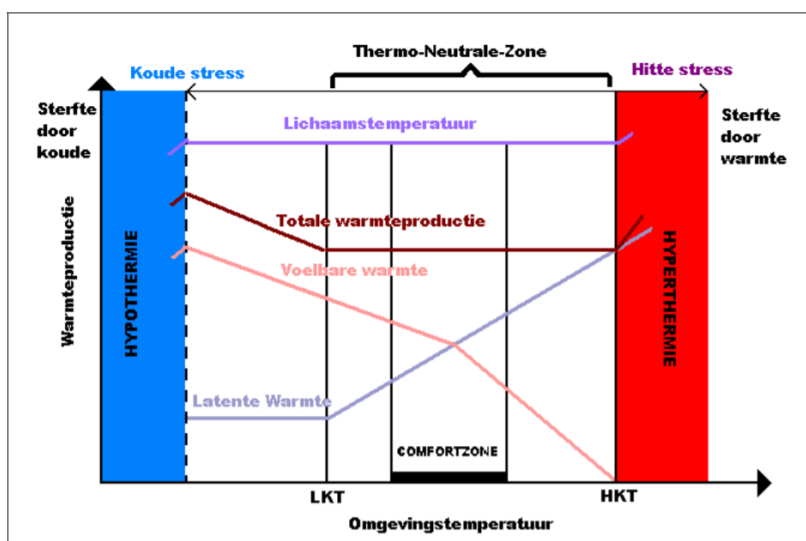
Temperatuur

Klimaatregeling is hoofdzakelijk temperatuurregeling. Temperatuur is een uiterst belangrijke parameter van het stalklimaat. Het is op deze parameter dat de ventilatieregeling gebaseerd is. Hiervoor moet dus uitgegaan worden van de optimale omgevingstemperatuur van een diersoort. Om de eisen op het vlak van temperatuur concreet te kunnen uitdrukken wordt een onderscheid gemaakt tussen verschillende temperatuurzones in functie van het thermische diercomfort.

In onderstaande figuur geeft de horizontale as de omgevingstemperatuur weer. De uiterste grenzen hiervan worden gevormd door de lage en de hoge temperatuur die aanleiding geven tot sterfte, m.a.w. de respectievelijke temperaturen vanaf de welke de dieren “sterven van de kou” (onderkoeling of hypothermie) of “sterven van de warmte” (hyperthermie). Het zijn de temperaturen waarbuiten warmbloedige dieren niet meer in staat zijn hun lichaamstemperatuur constant te houden. Binnen de range die door deze zeer extreme temperaturen wordt gevormd is er een nauwere range die bovenaan begrensd wordt door de hoogste kritieke temperatuur (HKT) en onderaan door de laagste kritieke temperatuur (LKT). Dit bereik wordt de thermoneutrale zone genoemd. Het is de zone waarbinnen de warmteproductie constant blijft ondanks de verandering in omgevingstemperatuur. Hoe zwaarder de varkens, hoe breder de thermoneutrale zone en hoe lager de LKT en de HKT. Binnen deze zone onderscheidt men nog de comfortzone waarbinnen de lichaamstemperatuur constant wordt gehouden met minimale moeite, aan beide grenzen geflankeerd door zones waar het handhaven van de lichaamstemperatuur wel lukt maar meer inspanningen vergt.

De totale warmte die door dieren geproduceerd wordt als gevolg van lichaamsprocessen is de som van de latente warmte en de voelbare warmte. Om een constante lichaamstemperatuur te behouden is de warmteproductie gelijk aan de warmteverliezen. Latente warmteafgifte of evaporatieve verliezen zijn verliezen als gevolg van respiratie (ademhaling), perspiratie (afgifte van damp via de huid) en transpiratie. Bij varkens is dit vooral via respiratie. Voelbare warmte wordt afgegeven via convectie (stroming), radiatie (straling), conductie (geleiding) en ook via respiratie. De latente warmteafgifte of evaporatieve verliezen zijn bij lage temperatuur laag en nagenoeg constant, bij toenemende temperatuur nemen ze rechtlijnig toe. De voelbare warmteafgifte neemt over het ganse traject af bij stijgende temperatuur.

Figuur 3. Thermoregulatie van varkens en temperatuurzones



Ventilatie heeft dus niet alleen tot doel de concentratie aan bepaalde stoffen laag te houden, maar ook de omgevingstemperatuur binnen de thermoneurale zone, of liever nog binnen de comfortzone te houden. Deze zone kan omschreven worden als de temperatuurzone van de omgeving waarbij de varkens zonder 'oncomfortabel gedrag' thermisch comfort ervaren. Dit wil zeggen dat gedragingen zoals hijgen, liggen op de dichte vloer, stereotiepe gedragingen, abnormale lighoudingen tot een minimum beperkt zijn. De thermoneurale zone is dan eerder de temperatuurzone waarbij de varkens zonder productieverlies gehuisvest worden, ze zullen bijvoorbeeld wel hijgen, liggen op de roostervloer, en de poten onder het lichaam houden. Buiten deze zone is productieverlies mogelijk als gevolg van een verhoogde warmteproductie en/of verminderde voeropname t.g.v. hitte- of koudestress. Anders geformuleerd is de thermoneurale zone het temperatuurinterval waarbinnen de warmteproductie van een dier nagenoeg constant is, gegeven een bepaald niveau van energieopname.

De thermoneurale zone is de omgevingstemperatuurzone waarbinnen een varken zijn lichaamstemperatuur constant kan houden zonder de warmteproductie aan te passen; de comfortzone is de nauwere zone waarbinnen hijgen of aangepast liggedrag niet nodig is.

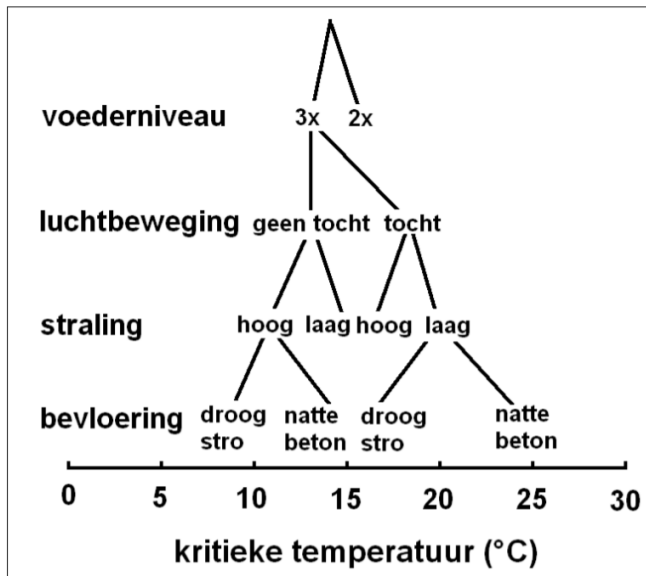
Om de dieren binnen de comfortzone te houden heeft men volgende mogelijkheden:

1. als het te koud wordt, zo weinig mogelijk ventileren (warmte afvoer beperken) en eventueel bijverwarmen en
2. als het te warm wordt, zo veel mogelijk ventileren (warmte afvoeren en tocht creëren) en eventueel koelen.

Naast de gemeten temperatuur geldt voor het varken echter nog een "gevoelstemperatuur". De gevoelstemperatuur is de mate waarin het varken koude of warmte ervaart, vooral onder invloed van de luchtsnelheid en de luchtvochtigheid in de stal. Bij een hogere luchtsnelheid zal het varken meer warmte verliezen aan de omgeving, en ervaart het bijgevolg een koudere temperatuur dan de gemeten temperatuur (tenzij de omgevingstemperatuur boven de lichaamstemperatuur zou oplopen). Gelijkaardig geldt: hoe lager de luchtvochtigheid hoe kouder het aanvoelt. Dit is dus in principe nadelig in winteromstandigheden, maar juist gunstig op warme zomerdagen.

Zo zou een windsnelheid van 0,2 m/s ter hoogte van het varken een impact op de gevoelstemperatuur hebben van 4 °C (m.a.w. de gevoelstemperatuur is 4 °C lager dan de effectieve gemeten temperatuur), bij een snelheid van 0,5 m/s is dit al 7 °C. De maximale luchtsnelheid ter hoogte van het varken mag in principe hoogstens 0,2 m/s bedragen, bij het instellen van de ventilatie moet hier dan ook rekening mee worden gehouden. Het zou dus verkeerd zijn de comforttemperatuur of de laagste kritieke temperatuur voor een bepaalde categorie varkens als een vast gegeven te beschouwen. De gevoelstemperatuur is in principe belangrijker dan de gemeten omgevingstemperatuur, maar is niet direct te meten. Hij kan worden afgeleid uit omgevingstemperatuur en omgevingseigenschappen en uit het diergedrag. Onderstaande figuur toont bijvoorbeeld een aantal beïnvloedende factoren.

Figuur 4. Laagste kritieke temperatuur in functie van omgevingsfactoren



Factoren die een invloed hebben op de comforttemperatuur of op de laagste kritieke temperatuur zijn onder meer voederregime, luchtbeweging, straling en bevloering. Zo wordt in de figuur een onderscheid gemaakt tussen een hoog en een laag voederniveau (3 keer de onderhoudsbehoefte versus 2 keer de onderhoudsbehoefte). Een hoog voederniveau zal leiden tot een lagere LKT (Laagste Kritieke Temperatuur), wat in de winter voordelig is. Hoe hoger de energieopname, hoe hoger de tolerantie tegen koude, maar hoe lager de tolerantie tegen warmte. De figuur wordt verder alleen uitgewerkt voor de wintertoestand.

Op basis van eenzelfde voederniveau kan de LKT uiteenlopen van 8 tot 25 °C. Deze verschillen worden veroorzaakt door gecombineerde omgevingsfactoren. Als het varken zich bevindt in een tochtloze stal, die goed geïsoleerd en bovendien ingestrooid is, zal een temperatuur van 8 °C nog voldoende thermisch comfort bieden (telkens linkerkant van het schema).

Is er echter tocht in de stal en is er slechte isolatie, m.a.w. veel stralingswarmteverlies via muren en/of dak, en beschikt het varken enkel over een natte betonvloer als ligplaats, dan is een temperatuur van 25 °C vereist om genoeg thermisch comfort te bieden. 1 Droge luchttemperatuur, zoals gemeten door een gewone thermometer of voeler. Dezelfde redenering werd gevolgd bij onderstaande tabel, hierin is de thermoneutrale zone weergegeven in functie van diergewicht en hokuitvoering.

Tabel 1. Thermoneutrale zone in functie van diergewicht en hokuitvoering.

Uit deze tabel blijkt dus dat de beide temperatuurgrenzen van de thermoneutrale zone;

- dalen met toenemende gewichten,
- verder van elkaar komen te liggen (de zone wordt breder) bij toenemende gewichten,
- sterk kunnen verschillen in functie van de bevloering, meer specifiek dalen bij meer isolerende materialen (bijvoorbeeld stro).

Naast bovengenoemde factoren zullen bijvoorbeeld ook groepsgrootte, energie-inhoud van het voeder, voederopname, enz. een rol spelen.

Thermisch comfort evalueren

Het is gewoonlijk niet nodig temperatuurmetingen te verrichten om te kunnen beoordelen of varkens zich binnen de comfortzone of binnen de thermoneutrale zone bevinden. Het gedrag van de dieren is een indicator hiervoor.

De omgevingstemperatuur beïnvloedt zowel het liggedrag als het mestgedrag van varkens. Uitgaande van een stal met een aandeel dichte vloer (met meer ligcomfort) en een aandeel rooster, zullen varkens binnen bepaalde temperatuurgrenzen mesten op de rooster en liggen op de dichte vloer. Vanaf een bepaalde temperatuur (die afhankelijk is van het lichaamsgewicht) zal dit gedrag echter omslaan: er wordt dan gelegen op de rooster en als gevolg daarvan gemest op de dichte vloer.

Te koud:

- liggen op de vloer met de poten onder zich om vloercontact te verminderen,
- liggen opeengehoopt met andere varkens,
- liggen dicht tegen een muur,
- bibberen,
- worden harig,
- eten meer.

Comfortabel:

- liggen in groep naast elkaar,
- liggen met poten gestrekt.

Te warm:

- hijgen (> 40 keer/minuut),
- zijn gewoonlijk vuil,
- liggen apart van elkaar,
- liggen op vochtige ondergrond,
- eten minder.

Uit het lig- en mestgedrag van de dieren kan worden afgeleid of ze zich binnen of buiten hun comfortzone bevinden.

Luchtsnelheid

Zoals eerder aangehaald heeft onder meer de luchtsnelheid een invloed op het thermische comfort van de dieren. Afhankelijk van de temperatuur is een hogere of lagere luchtsnelheid gunstig dan wel ongunstig. Een (maximale) norm voor de luchtsnelheid ter hoogte van de varkens situeert zich voor vleesvarkens rond de 0,2 m/s, voor biggen is dit eerder 0,15 m/s. Bij hoge temperaturen (in de zomer) mag dit door het gunstige afkoelende effect meer zijn. Volgende tabel geeft het afkoelende effect van verschillende luchtsnelheden volgens enkele bronnen weer. De relatief grote verschillen tussen de bronnen kunnen te wijten zijn aan verschillende temperaturen (hoe hoger de temperatuur, hoe hoger het afkoelende effect van een specifieke luchtsnelheid) en verschillende relatieve vochtigheden (hoe hoger de RV, hoe lager het afkoelende effect van een specifieke luchtsnelheid).

Tabel 2. Afkoelend effect van luchtsnelheid

Hoge luchtsnelheid is dus niet noodzakelijk gelijk aan tocht (combinatie van een lage luchttemperatuur met een luchtsnelheid van meer dan 0,5 m/s). Bovendien is een hoge luchtsnelheid op andere plaatsen dan in de onmiddellijke omgeving van de dieren niet per definitie verkeerd. Bij sommige inlaatsystemen is een hoge luchtsnelheid immers juist noodzakelijk om tocht te vermijden. In het geval van een directe luchtinlaat bijvoorbeeld moet de lucht voldoende snel binnenkomen om ver genoeg in de stal terecht te komen en niet onmiddellijk als koude lucht op de dieren te vallen (koudeval). De snelheid van de binnenkomende lucht wordt dus gestuurd om een

gewenst luchtpatroon te realiseren, en de luchtsnelheid ter hoogte van de dieren is het resultaat van dat luchtpatroon.

Het verkleinen van de luchtinlaat kan een intuïtieve reactie zijn op het aanvoelen van tocht (te hoge luchtsnelheid), dit heeft echter een omgekeerd effect! Het verkleinen van de inlaat zorgt voor hogere luchtsnelheden, het vergroten voor lagere.

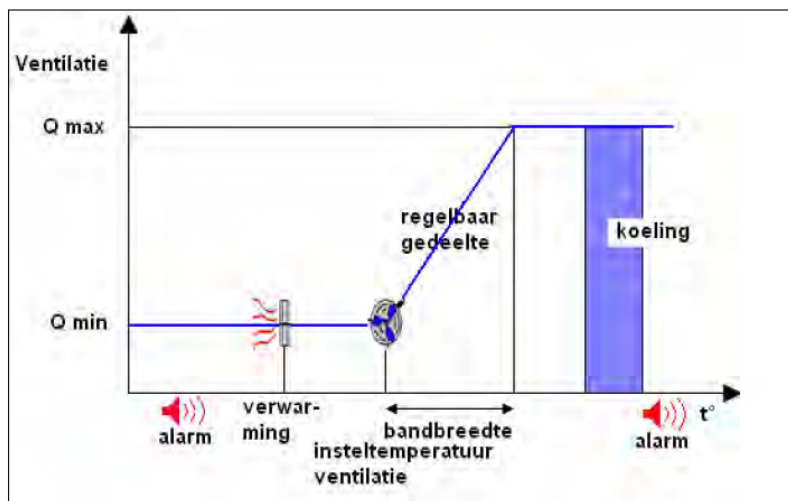
Andere parameters

Andere parameters zoals relatieve luchtvochtigheid, gasconcentraties en dergelijke zijn al kort besproken bij de bespreking van de samenstelling van de stallucht.

Begrippen i.v.m. klimaatinstellingen

De belangrijkste begrippen i.v.m. ventilatie en temperatuurregeling kunnen aan de hand van onderstaande grafiek worden verklaard. Deze grafiek drukt de ventilatiehoeveelheid uit in functie van de staltemperatuur. Beneden een bepaalde temperatuur wordt hoofdzakelijk geventileerd om de gassen en het vocht af te voeren en verse lucht binnen te halen. De ventilatiehoeveelheid die daarbij past is de minimumventilatie. Vanaf een zekere hogere temperatuur wordt de maximale ventilatiecapaciteit benut. Doel is dan vooral warmte af te voeren en luchtsnelheid te creëren.

Figuur 5. Ventilatiegrafiek



Q_{min} = minimumventilatie. De bijhorende temperatuur is de insteltemperatuur. Als de ventilatie geregeld wordt op basis van de gemeten binnentemperatuur is de minimumventilatie van toepassing bij:

lage buitentemperatuur en
bij opzet van kleine biggen en
's nachts

De minimumventilatie is de bestendige ventilatie die altijd nodig is om de lucht voldoende te verversen.

Q_{max} = maximumventilatie. Maximumventilatie is van toepassing bij:

warme zomerdagen (een 20-tal dagen per jaar) en
een maximale bezetting (aantal en gewicht)

De ventilator moet steeds gekozen worden op basis van de minimum- en de maximumventilatiecapaciteit. De maximale ventilatie zorgt niet alleen voor luchtverversing maar ook voor afvoer van warmte. Maximumventilatie is alleen nodig op een warme zomerdag met een maximale bezetting!

De bandbreedte is het temperatuurverschil tussen de temperaturen die overeenkomen met de minimum- en de maximumventilatie. De bandbreedte bepaalt de gevoeligheid van de ventilator. Is de bandbreedte te klein ingesteld, zal de ventilator continu aan- en afslaan, wat een onrustige ventilatie met zich meebrengt, waar vooral biggen en vleesvarkens moeilijk tegen kunnen. Ideaal is een bandbreedte van 5 à 6 graden (3 graden is het absolute minimum). Bij koud weer is minder buitenlucht nodig om de stal te koelen en mag de bandbreedte bij biggen en vleesvarkens oplopen tot 9 graden. Dit kan bijvoorbeeld automatisch worden geregeld.

De verwarmingstemperatuur is de temperatuur waarbij de verwarming moet aangaan. Voor jonge dieren (gespeende biggen) is deze temperatuur ongeveer 1 graad (deltabuizen) of 2 graden (radiatoren) lager dan de insteltemperatuur voor de ventilatie. Voor oudere dieren mag het verschil oplopen tot bijvoorbeeld 3 graden. Dit temperatuurverschil tussen het uitschakelen van de verwarming en het verhogen van de ventilatie boven de minimumventilatie wordt ook de neutrale zone genoemd.

Het is wettelijk verplicht om in het geval van mechanische of automatisch gestuurde natuurlijke ventilatie een alarmmelding te voorzien. Controleparameters zijn bijvoorbeeld minimale temperatuur, maximale temperatuur, stroomtoevoer. Indien dergelijk alarm zich voordoet moeten maatregelen worden getroffen (bijvoorbeeld in het geval van stroompanne een automatische opstart van een noodstroomaggregaat of het handmatig openen van ramen of het automatisch openen van kleppen, enz.).

De insteltemperatuur (of starttemperatuur ventilatie ook wel vraagtemperatuur genoemd) is in principe de temperatuur waarbij de comfortzone begint. Om de dieren binnen de grenzen van de comfortzone te houden moet er, wanneer het te koud is zo weinig mogelijk warmte afgevoerd worden en eventueel worden bijverwarmd. Verwarming mag alleen gebruikt worden bij minimale ventilatie. Wordt het te warm, dan moet er zo veel mogelijk warmte afgevoerd worden. Een optimale regeling houdt een gecombineerde aanpassing in van zowel de insteltemperatuur als de bandbreedte. De insteltemperatuur is afhankelijk van het gewicht en de leeftijd van de varkens. Hoe zwaarder een dier, hoe meer warmte het produceert en hoe lager de insteltemperatuur is. Volgende tabel toont de insteltemperatuur in functie van de diverse diercategorieën.

Tabel 3. Insteltemperatuur in functie van diercategorie

In volgende alternatieve tabel wordt een onderscheid gemaakt tussen aanbevolen insteltemperaturen in winter versus zomer.

Tabel 4. Insteltemperatuur in functie van diercategorie en seizoenen

De temperatuur instellen in de klimaatcomputer geeft geen garantie op een correcte temperatuur in de stal. Een eenvoudige minimum - maximumthermometer in de stal ophangen is een eerste stap om de instellingen te controleren. Wanneer de temperatuur in de stal onder de insteltemperatuur komt terwijl de CO₂-concentratie nog niet boven de drempelwaarde zit, wordt er te veel geventileerd. Oorzaak kan zijn een te hoog ingestelde minimumventilatie of een niet geijkte of verkeerd geplaatste temperatuurvoeler. Dit oefent direct invloed uit op de resultaten (elektriciteitsverbruik, luchtsnelheid,...).

Een lage insteltemperatuur is te vermijden omdat dit leidt tot meer ventileren dan nodig met de bijhorende energiekosten. Hoe warmer (zowel buiten als binnen de stal), hoe hoger de insteltemperatuur in principe moet worden ingesteld. In de praktijk is het moeilijk dit temperatuurverloop consequent en tijdig te volgen en is het dus vaak beter de (goed gekozen) instellingen constant te houden, waarbij wel een onderscheid kan worden gemaakt tussen zomer en winter. Bepaalde regelaars bieden de mogelijkheid om de insteltemperatuur automatisch aan te passen aan het gemeten verschil tussen de binnen- en de buitentemperatuur. Een goed begrip en inzicht in de ventilatietechniek laat toe de instelwaarden nog specifiek te kiezen in functie van de

weersomstandigheden en de behoeften van de varkens. Hierbij mag de samenhang met de sturing van het luchtpatroon niet uit het oog verloren worden.

Maar zelfs bij een ideale temperatuur blijft een minimum aan ventilatie steeds nodig om voldoende schadelijke gassen af te voeren. Het meten van de CO₂-concentratie laat toe te bepalen hoe laag de ventilatie mag zijn.

Minimale en maximale ventilatienormen per diercategorie zijn weergegeven in volgende tabel.

Tabel 5. Minimale en maximale ventilatienormen per diercategorie

De ventilatiebehoefte is afhankelijk van het luchtinlaatsysteem!

Opmerking: een minder gedifferentieerde (oudere en hogere) norm is 0,25 m³/kg/h voor de minimumventilatie en 1 m³/kg/h voor de maximumventilatie.

Praktijkvoorbeeld: Bij vleesvarkens van 110 kg in een stal met kanaalverluchting is de minimumbehoefte 14 m³/h/varken en de maximumbehoefte 60 m³/h/varken. Dezelfde varkens in een stal met plafondventilatie hebben een minimumbehoefte van 20 m³/h/varken, en een maximumbehoefte van 80 m³/h/varken.

Aan de hand van deze tabel kan de minimum- en maximumventilatie van een compartiment berekend worden. Voor 120 vleesvarkens/compartiment met kanaalventilatie geldt:

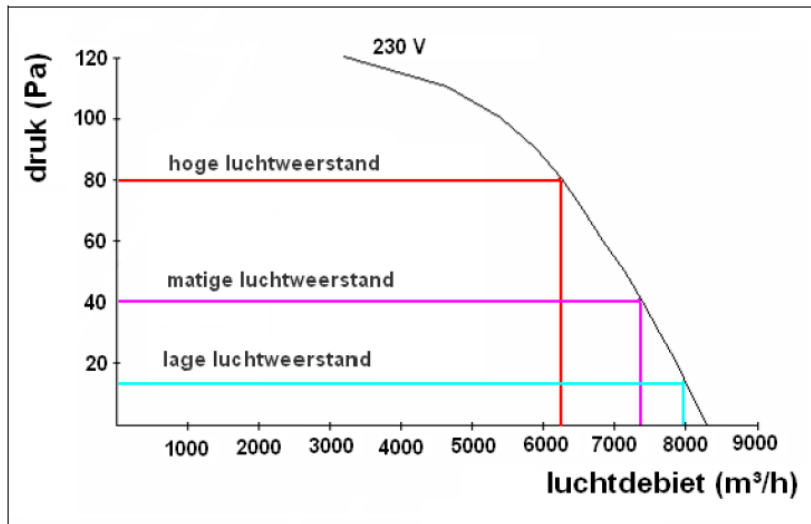
Minimum ventilatie = 120 vleesvarkens x 14 m³/h = 1680 m³/h

Maximum ventilatie = 120 vleesvarkens x 60 m³/h = 7200 m³/h

Deze laatste waarde dient dan als basis voor de minimale capaciteit die de ventilator moet hebben om deze maximumventilatie te kunnen bereiken. De capaciteit van een ventilator is afhankelijk van de tegendruk (uitgedrukt in Pascal, Pa) die een ventilator ondervindt bij het verplaatsen van lucht. Hoe groter deze weerstand, hoe lager de capaciteit. Dit wordt voorgesteld in een ventilatorspecifieke grafiek.

Onderstaande figuur geeft aan dat deze ventilator voldoende capaciteit heeft om bij een tegendruk van 40 Pa (de tegendruk die bijvoorbeeld bij kanaalventilatie moet overwonnen worden) het maximale ventilatiedebiet (7200 m³/h in het voorbeeld) te halen. Het verlies aan capaciteit ten gevolge van een hogere tegendruk neemt tot op een bepaalde hoogte lineair af (in dit geval tot 80 Pa), bij een hogere tegendruk (bijvoorbeeld in het geval van plafondventilatie of bij toepassing van een luchtwasser) is deze ventilator onvoldoende groot om in de zomer de maximale ventilatiebehoefte te halen. In dat geval dient er een grotere ventilator gekozen te worden die wel die drukverschillen kan overbruggen en voldoende capaciteit heeft bij deze drukverschillen.

Figuur 6. Ventilatorspecifieke grafiek



Tabel 6. Luchtdebiet in functie van de tegendruk voor een specifieke ventilator

Instellen minimum/maximumventilatie:

Minimumventilatie = $1680/7379 \times 100 = 23\%$

Maximumventilatie = $7200/7379 \times 100 = 98\%$ = instellingen voor 120 vleesvarkens van 110 kg.

Bovenstaande behoeften gelden voor een compartiment van 120 vleesvarkens van 110 kg.

Voor de varkens in andere gewichtsfases/stadia gelden echter andere eisen, zoals blijkt uit volgende tabel.

Tabel 7. Ventilatiebehoefte in functie van gewichtsfase voor 120 dieren

De ventilatiebehoefte variëren in dit voorbeeld dus tussen 6% (biggen op dag 1, bij koude temperaturen) en 98% (vleesvarkens op het einde van de ronde, bij warme temperaturen) van de capaciteit van de ventilator. De minimumventilatie bij biggen op dag 1 (= 6%) is in de praktijk moeilijk haalbaar. De ventilator ondervindt teveel hinder van windinvloeden, waardoor de ventilatoropening soms als inlaat van lucht fungeert.

Beter is het om deze ventilator met een diafragma uit te rusten, de ventilator kan dan op een hoger toerental blijven draaien en toch slechts 6% stallucht verversen. Tegendruk als gevolg van windinvloeden kan de ventilatorcapaciteit negatief beïnvloeden. Er is echter ook tegendruk mogelijk in de stal, als gevolg van verschillende hokbezettingen waardoor ventilatoren onderling verschillen in de capaciteit waarop ze draaien. Om ervoor te zorgen dat in dat geval alle ventilatoren voldoende lucht kunnen aanzuigen moeten de buiteninlaten voldoende groot zijn. Het verdient aanbeveling te kiezen voor ventilatoren met een wat grotere capaciteit dan de maximale ventilatiebehoefte.

Ventilatoren die niet op hun maximum werken verbruiken immers minder energie per m³ verplaatste lucht. Dit kan opwegen ten opzichte van de meerinvestering. Een gelijkaardige berekening zoals in dit voorbeeld dient telkens te worden gemaakt in functie van de specifieke omstandigheden. Volgende voorbeeldtabel bevat de maximale capaciteit (dus bij tegendruk 0) van een bepaalde axiaalventilator in functie van zijn diameter. Tabel 8 Capaciteit van een bepaalde axiaalventilator in functie van zijn diameter

Diameter (cm)	Maximale capaciteit (m ³ /h)
30	2000
35	3000
40	4500
45	6000
50	8000
56	9500
63	11000

1.6 Ventilatie-effectiviteit Ventilatie-effectiviteit is een maat voor de effectiviteit van het ventilatiesysteem. Opdat de ventilatie effectief zou zijn, moet de verse lucht in de stal verdeeld

worden en minstens de zone bereiken waar de dieren zich bevinden (microklimaatzone). Wat afgevoerd moet worden is de met stalgassen verzadigde stallucht. Als de uitlaat bijvoorbeeld te dicht bij de inlaat staat, zou er kortsluiting in de luchtstroom kunnen ontstaan. De ingaande, verse lucht wordt dan rechtstreeks naar buiten gezogen en de ventilatie is niet effectief. De ventilatie-effectiviteit kan worden uitgedrukt met volgende formule: $VE = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in} - C_{MK}}$ () () MK In Uit In Concentratie Concentratie Concentratie $VE = 20$ VE is gelijk aan de verhouding van het verschil in (bijvoorbeeld) CO₂-concentratie tussen de uit- en de ingaande lucht, en het verschil in CO₂ concentratie tussen de lucht op varkensniveau (MK= microklimaat) en de inkomende lucht. $VE < 1$ betekent kortsluiting, d.w.z. dat de CO₂-concentratie in de uitgaande lucht kleiner is dan de concentratie op dierniveau. $VE = 1$ betekent homogene lucht, de CO₂ concentratie in de uitgaande lucht is gelijk aan de CO₂ concentratie op dierniveau. Als deze verhouding over de ganse stal wordt gevonden is dit eigenlijk een perfecte situatie: het klimaat is homogeen en er wordt niet onnodig geventileerd. $VE > 1$ betekent dat de ventilatie effectief is, de CO₂ concentratie van de uitgaande lucht is groter dan de CO₂ concentratie op dierniveau. Onderstaande figuur illustreert een $VE < 1$. 170,0)03,020,0()03,015,0($VE =$ Of met andere woorden: de uitgaande lucht is minder geconcentreerd dan de lucht ter hoogte van de dieren, of de ventilatie is niet volledig effectief door een vorm van kortsluiting. Dus: om te beoordelen of een ventilatiesysteem goed werkt volstaat het in principe om op de juiste plaatsen een aantal CO₂-metingen uit te voeren om hierover een uitspraak te kunnen doen. Naast CO₂ kunnen ook andere concentraties gemeten worden om de ventilatie effectiviteit te beoordelen. Hierbij moet er uiteraard rekening mee gehouden worden dat een momentopname niet noodzakelijk representatief is voor een langere periode. Figuur 7 Ventilatie-effectiviteit: voorbeeld 21

1.7 Statisch drukverschil Om te ventileren is er een opening (inlaat, uitlaat) vereist waar lucht doorheen moet stromen. Dit kan alleen op voorwaarde dat er een statisch drukverschil is, dan stroomt de lucht van hoge druk naar lage druk. Dus om te ventileren moet dergelijk drukverschil worden opgebouwd tussen de inkomende en de uitgaande zijde. Hoe hoger het drukverschil, hoe hoger de luchtsnelheid. Ook het soortelijke gewicht van de lucht speelt een rol. Het soortelijke gewicht van lucht is afhankelijk van de temperatuur en is hoger bij koude lucht (zwaarder) dan bij warme lucht (lichter). Dit statische drukverschil kan op natuurlijke wijze verkregen worden onder invloed van temperatuurverschillen (schoorsteeneffect) en windinvloeden of op mechanische wijze door een drukverschil te creëren door middel van ventilatoren. Bij natuurlijke ventilatie wordt uitsluitend gebruikgemaakt van schoorsteen- en windeffect, waarbij het windeffect meestal overheerst (tenzij op windstille dagen). Bij mechanische ventilatie spelen de natuurlijke effecten ook een (gunstige of ongunstige) rol, maar overheersen de drukverschillen als gevolg van ventilatoren. 22 Figuur 8 De drie effecten aan de basis van een drukverschil A schoorsteeneffect, B windeffect en C ventilatoreffect (Bron: DLG) 23

1.7.1 Temperatureffect (Schoorsteeneffect) Er ontstaat een drukverschil ten gevolge van opstijgende warme lucht die de stal verlaat via een opening in de hoogste stalregionen. Met andere woorden: er heerst ter hoogte van de inlaat beneden in de stal een onderdruk ten opzichte van de buitenomgeving en ter hoogte van de uitlaat bovenaan de stal een overdruk ten opzichte van de buitenomgeving. Het temperatureffect is groot bij: } Groot hoogteverschil tussen in- en uitlaat, dit is te creëren door een puntdak met voldoende helling of door een geïsoleerde schoorsteen te voorzien. } Groot temperatuurverschil tussen binnen en buiten. Onfortuinlijk genoeg is dit verschil het kleinst in zomeromstandigheden, als de behoefte het grootst is. } Grote ventilatieopeningen. } Weinig luchtweerstand in de ventilatie openingen. Zo is plafondventilatie bijvoorbeeld zeer moeilijk te combineren met natuurlijke ventilatie op basis van een schoorsteeneffect. 1.7.2 Windeffect Het windeffect is grootst bij: } Vrijstaand gebouw. } Hoog dak. } Openingen in overstaande wanden. } Gebouw loodrecht op de meest dominerende windrichting (in Vlaanderen is dit gewoonlijk het zuidwesten). Op die manier kan dwarsventilatie worden gerealiseerd. Er wordt een overdruk gecreëerd aan de stalzijde die aan de wind is blootgesteld (windzijde) en een onderdruk aan de tegenoverliggende zijde (luwzijde). Hoe hoger het gebouw, hoe hoger de overdruk. 24 Figuur 9 Onderdruk en overdruk in functie van windrichting en staldoorsnede Bij natuurlijke ventilatie is de wind een gunstige factor, op

voorwaarde dat een te hoge luchtsnelheid gebroken wordt door voorzieningen die de snelheid afremmen (bijvoorbeeld windbreekgaas).

1.7.3 Ventilatoreffect

Een ventilator verplaatst lucht of bouwt druk op in functie van de weerstand die hij ondervindt. Bij een ventilatieplafond wordt bijvoorbeeld een hoge druk opgebouwd en weinig lucht verplaatst, bij een systeem met minder weerstand is dit omgekeerd.

25 In tegenstelling tot de situatie bij natuurlijke ventilatie is in het geval van mechanische ventilatie veel wind nadelig. Deze heeft een negatieve invloed op de ventilatiecapaciteit van de ventilatoren wat in een hoger energieverbruik resulteert.

1.7.4 Keuze ventilatieprincipe

Bij de keuze tussen natuurlijke en mechanische ventilatie zijn volgende voor- en nadelen in rekening te brengen:

Tabel 9 Voor- en nadelen bij natuurlijke versus mechanische ventilatie	
Voordelen Natuurlijke ventilatie	Nadelen Natuurlijke ventilatie
gebruikt natuurlijke energiebronnen, waardoor kosten bespaard worden;	eenvoudige installatie beperkte capaciteit (want beperkte drukverschillen);
regeling moeilijker (wind kan niet geregeld worden);	geen externe luchtbehandeling mogelijk
Mechanische ventilatie zeer goed regelbaar;	minder verwarmingskosten door betere regeling van minimumventilatie;
betere luchtverdeling mogelijk;	luchtbehandeling mogelijk hoger elektriciteitsverbruik (ventilatoren)
Natuurlijke ventilatie kan dus wel, maar is moeilijk regelbaar.	

Enkel gebruik maken van natuurlijke ventilatie is dus mogelijk bij dieren die een brede comfortzone hebben en/of gehuisvest zijn in niet-verwarmde, aangepaste stallen (bijvoorbeeld dragende zeugen op stro). In alle andere gevallen wordt natuurlijke ventilatie steeds in combinatie met mechanische ventilatie gebruikt.

26 27 II. Ventilatieregeling

Ventilatieregeling houdt in dat wordt ingegrepen om een gewenste klimaattoestand te bereiken of te bestendigen. Hiervoor moet een bepaalde waarde worden gemeten en opgevolgd. Gewoonlijk is dat de omgevingstemperatuur. Om te kunnen regelen of sturen zijn dus volgende systeemonderdelen vereist:

- Een voeler (sensor) of beter meerdere voelers die met het regelapparaat verbonden is/zijn. Dergelijke voeler moet regelmatig worden geijkt (de temperatuur moet worden vergeleken met de temperatuur die door een geijkte thermometer op dezelfde hoogte wordt gemeten), moet zuiver worden gehouden én moet vooral op de juiste locatie(s) worden geplaatst. De juiste locatie houdt in zoveel mogelijk ter hoogte van de dieren maar buiten hun bereik (of waar de inkomende lucht gemengd wordt met de stallucht), niet té dicht bij de inlaatopening, ramen, deuren noch bij de ventilator en bereikbaar voor de luchtstroom. Lange kabels laten toe de voeler eventueel te verplaatsen.
- Een regelapparaat dat de door de voeler gemeten waarde vergelijkt met een ingestelde waarde en op basis daarvan de ventilator ofwel aan- of uitschakelt ofwel trager of sneller doet draaien. Ook verwarming en koeling worden door het apparaat geregeld.
- Ventilator, eventueel met meetwaaier en diafragma. De meetwaaier bevindt zich net als de eigenlijke ventilator in de ventilatorkoker, maar wordt in beweging gebracht door de luchtstroom in de koker. Op die manier kan het debiet worden gemeten en bijgestuurd. Een diafragma dient om de ventilatiehoeveelheid te beperken in de buurt van de minimumventilatie zonder naar te lage toerentallen te moeten overgaan of om tijdelijk nog lager te ventileren bijvoorbeeld bij onderbezetting. Diafragma's of smoorkleppen kunnen zowel handmatig als automatisch bediend worden.
- De klimaatcomputer is verbonden met de regelapparaten en laat toe gegevens op te volgen, instellingen te maken en afwijkingen te registreren.

In de volgende paragrafen worden de meest voorkomende regelsystemen kort besproken.

natuurlijke ventilatie:

Bij natuurlijke ventilatie zijn de luchtin- en uitlaatopeningen het enige dat geregeld kan worden. De inlaten worden proportioneel geregeld op basis van de binnentemperatuur. Hier stelt zich een probleem: inlaatopening is geen eenduidige maat voor het ventilatiedebiet, dus sterke schommelingen zijn mogelijk. Bovendien moet ook de luchtverdeling in de stal met dezelfde inlaatkleppen gestuurd worden, waardoor een perfecte verdeling vaak niet mogelijk is.

28 **Figuur 10 Sturing bij natuurlijke ventilatie**

mechanische ventilatie:

Eerder werden aan de hand van figuur 5 de begrippen minimum- en maximumventilatie gedefinieerd. Het regelbare gedeelte is dan het traject tussen minimum- en maximumventilatie, waarbij de ventilatie in principe recht evenredig oploopt tot het maximum in functie van de staltemperatuur.

Types ventilatieregeling: Om deze overgang tussen maximale en minimale ventilatie te maken is een regeling vereist. Hierna worden 6 types regelingen kort besproken, waarbij gestart wordt met de meest eenvoudige regeling: - de modulaire regeling -

triacsturing - toerentalsturing - frequentiesturing - sturing met intelligente ventilator - debietmeting met regelklep 1. Modulair Deze sturing is de meest eenvoudige en bestaat uit een simpele aan / uitschakelaar. Is het te warm, moet de ventilator aan; is het te koud, dan moet hij uit. Met maar één ventilator kan in de tijd afgewisseld worden tussen aan en uit. Meerdere ventilatoren kunnen in serie geschakeld worden. In grote stallen met grotere groepen dieren kunnen ventilatoren met verschillende diameters na elkaar worden aan- of uitgeschakeld zodat het rechtlijnige verloop van de grafiek tussen minimum- en maximumventilatie met een minimum aan energie wordt benaderd via kleine trapjes. Het rendement van dit systeem is, uitgedrukt in kWh/m³, 50 tot 60% beter dan bij een gesmoorde ventilator. Dergelijke sturing kost dus niet alleen zeer weinig, maar ook het energieverbruik is zeer laag. 29 2. Spanningsturing (triacsturing) Spanningsgestuurde (voltage) ventilatoren komen zeer frequent voor in bestaande stallen. De ventilatoren worden door middel van een spanningsregeling gestuurd. Dat wil zeggen dat de spanning varieert van 60 V tot 220 V in functie van de gemeten temperatuur. Lage temperatuur is lage spanning en dus een traag draaiende ventilator en dus weinig geventileerde lucht. Ten opzichte van het vorige systeem kan de overgang vloeiender gemaakt worden, de investering is ook iets duurder. Wanneer er weinig ventilatie nodig is, draait de ventilator dus op lage spanning, wat hem echter onderhevig maakt aan windinvloeden. Bij 150 V bijvoorbeeld kan afhankelijk van de druk die moet overwonnen worden en dus van de windinvloed (snelheid en richting) zowel op 50 als op 80% geventileerd worden. Eenzelfde spanning kan dus met verschillende toerentalen en debieten gepaard kan. Regelen van spanning betekent dus niet noodzakelijk nauwkeurig regelen van debiet. 3. Toerentalsturing Bij deze ventilatoren wordt er gebruik gemaakt van een toerentalterugmelding. Tegendruk (door veel wind bijvoorbeeld) doet de toerentalen van de ventilatoren teruglopen, dit wordt gemeten en teruggekoppeld zodat kan worden bijgestuurd. Als bijvoorbeeld bij een lage spanning te weinig toeren worden gemeten, wordt de spanning verhoogd om zo toch nog de benodigde ventilatiecapaciteit te bereiken. Bij beperkte ventilatie is de windinvloed kleiner dan bij Triac-sturing zonder toerentalterugmelding. Maar ook een constant toerental betekent nog geen constant ventilatiedebiet. Toch is het een vrij voordelige manier om een iets stabielere ventilatie te bekomen. Een sensor om het toerental te meten vergt namelijk geen grote investering. Zowel bij spannings- als bij toerentalsturing is een minimaal toerental van 350 toeren per minuut vereist om de windinvloed te beperken. Een vuistregel zegt: bij 350 t/min komt 1 cm² ventilatoropening overeen met ongeveer 1 m³/uur geventileerde lucht. Een handbediend of automatisch diafragma is een vereiste om de ventilatie te sturen, zo kan men bij de opgelegde biggen bijvoorbeeld de opening wekelijks een cm groter maken. Een ventilator zonder diafragma is stuurloos. 4. Frequentiesturing Bij frequentiesturing blijft de ventilator steeds op dezelfde spanning (voltage) draaien, maar wordt de frequentie (Hz) van de verbruikte stroom geregeld. Dit is een veel efficiëntere manier van sturen waarbij de ventilatoren ook niet gaan 'warmlopen'. Dit kan met dezelfde ventilatoren een energiebesparing van 40-50% opleveren, de sturing is wel dubbel zo duur. Voor kleinere afdelingen met maar 1 ventilator (kraamafdelingen, biggenbatterijen) is frequentieregeling niet het meest aangewezen. Als men met dezelfde sturing meerdere ventilatoren kan aansturen (bijvoorbeeld bij centrale afzuiging, is de investering wel verantwoord. De windinvloed is bij dergelijke regeling gering, zodat vrij nauwkeurig kan gestuurd worden. Dit systeem is wel gevoeliger voor invloeden op en van andere apparatuur. Om die reden is het belangrijk de kabels goed te leggen, zodanig dat interferentie tussen verschillende toestellen wordt vermeden. 30 5. Intelligente ventilator Verschillende fabrikanten hebben tegenwoordig een intelligente ventilator in het assortiment. De ventilator beschikt hier over een ingebouwde elektronisch gestuurde stappenmotor met verschillende wikkelingen. Dit is een motor die in staat is een energiebesparing van 70% te realiseren ten opzichte van de spanningsgeregelde triacsturing. Dit is een ventilatieregeling die zich wel heel goed leent in kleinere afdelingen (met één ventilator). Het effect van de wind blijft spelen, dus een uiterst nauwkeurige regeling is nog steeds niet mogelijk. Om die reden zou dergelijke energievriendelijke regeling bijvoorbeeld kunnen gecombineerd worden met toerentalregeling. 6. Debietmeting met regelklep Deze sturing is de duurste van de verschillende systemen, maar het enige systeem dat echt perfect stuurbaar is en een laag energieverbruik heeft. Een groot deel van de nieuwgebouwde stallen worden uitgerust met ventilatoren die volgens dit

principe gestuurd worden. Een ingebouwde meetwaaier meet constant het debiet in de ventilator en geeft dit door aan de computer die de motor stuurt. De ventilatorsturing gebeurt door middel van spanningssturing of een stappenmotor. Deze regeling is aangewezen/verantwoord in verwarmde stallen (biggen, kraamstallen). Enig onderhoud is bij deze ventilator wel aangewezen. Zo moet de meetwaaier steeds vrij kunnen draaien, de minste weerstand resulteert in een hoger energieverbruik. Bij het reinigen van de meetwaaier mag geen water gebruikt worden, omdat dit tot corrosie van de kogellagers kan leiden. Een hogedrukspuit wordt dus beter niet gebruikt om de koker te reinigen! Een smoorklep (diafragma) regelt de inlaat van de lucht, zodat bij beperkte ventilatie de ventilator toch voldoende toeren maakt om de lucht buiten te krijgen. Een debietregeling met meetwaaier dient steeds van een diafragma te zijn voorzien!

31 Figuur 11 Ventilator met meetwaaier en smoorklep Tabel 10 Voor- en nadelen van de verschillende regelsystemen

Voordelen	Nadelen
modulaire regeling	Lage installatiekost
Lage energieverbruik	Geen continue overgangen (stapsgewijs)
triac sturing	Geleidelijke overgangen
Betere regelbaarheid	Iets duurder
Drukgevoeligheid, waardoor gewenste debiet niet nauwkeurig wordt benaderd	toerentalsturing
Minder drukgevoelig (maar nog niet ideaal)	Betere regelbaarheid
Beperkte meerkost	frequentiesturing
Lager energieverbruik	Betere regelbaarheid
Hoge(re) installatiekost	sturing met intelligente ventilator
Laag energieverbruik	Goede regelbaarheid
debietmeting met regelklep	Perfekte sturing van ventilatiedebiet
Zeer lage debieten realiseerbaar	Minder verwarmingskosten
Meerkost	Bij de keuze van de beste regeling zijn naast de kost ook het energieverbruik en de nauwkeurigheid van de regeling van belang.

32 Een aantal frequent gemaakte fouten bij de klimaatcomputer/regelkast zijn de volgende:

- De installatie gebeurt niet door een gespecialiseerde firma. Daardoor worden foute combinaties gemaakt (meetwaaierregeling zonder automatisch diafragma of zonder computer met curve-instellingen) of verkeerde installateurs- en gebruikersinstellingen gekozen.
- Men kent de installateursinstellingen niet. Zorg dat geweten is welke de 100% afstelling is en dat die duidelijk is aangebracht op de computer.
- De mogelijkheden die er zijn worden niet benut. Bijvoorbeeld buitentemperatuurcorrecties op bandbreedte of afdelingstemperatuur.
- De temperatuur die de voeler aangeeft is niet correct. Om dit na te gaan kan deze vergeleken worden met de temperatuur die met een geijkte thermometer op dezelfde hoogte wordt gemeten.
- De instellingen worden gewijzigd in functie van het seizoen. Een betere methode is één keer de instellingen goed te doen en daarna bij de opleg van de dieren alleen nog de dagteller op nul te zetten en de bezettingsgraad bij te houden. Hoewel een correcte regeling van het ventilatiedebiet een belangrijke noodzakelijke voorwaarde is voor een goed stalklimaat, is het geen voldoende voorwaarde. Daarnaast is de verdeling van de lucht of met andere woorden het luchtpatroon een uiterst belangrijk aspect. Belangrijk daarbij zijn de openingen en de manier waarop de lucht de stal binnenkomt. Daarin wordt dieper ingegaan in een volgend hoofdstuk.

33 III. Overzicht van de ventilatiesystemen/types inlaten

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de meest voorkomende types luchtinlaten. Bij elk type worden een aantal aandachtspunten en uitvoeringseisen behandeld. Er zijn globaal twee types luchtinlaat te onderscheiden:

 - Directe luchtinlaat, waarbij de lucht direct bij de dieren terechtkomt en dus zeer weinig tijd krijgt om op te warmen, de windinvloed kan zich bij dergelijk systeem in grote mate doen gelden.
 - Indirecte luchtinlaat, waarbij de lucht eerst in een niet voor de dieren toegankelijke ruimte terechtkomt (bijvoorbeeld een centrale gang), en op die manier eerst kan opwarmen en de invloed van de wind getemperd wordt. In het geval van indirecte luchtinlaat zijn er verschillende openingen van belang: (1) van buiten naar de ruimte waar de lucht wordt geconditioneerd (bijvoorbeeld van buiten naar luchtkanaal), (2) eventueel van deze ruimte naar een tweede (bijvoorbeeld van luchtkanaal naar kelder onder controlegang) en (3) van de eerste of tweede ruimte naar de afdeling (bijvoorbeeld van kelder onder controlegang naar de hokken). De luchtinlaat moet zorgen voor een goede luchtverdeling en een aangepaste (meestal lage) luchtsnelheid. Norm: inlaat van 1,5 à 2 cm² per m³/h maximale ventilatie. Een algemeen geldende norm voor de (maximale) grootte van de luchtinlaat is 1,5 à 2 cm² per m³/h. Als de maximale ventilatiebehoefte bijvoorbeeld 80 m³/h bedraagt (vleesvarkens van 110 kg met plafondventilatie) is voor 100 dieren een opening vereist van 100 x 80 m³/h x 1,5 à 2 cm² h/m³ = 12.000 à 16.000 cm² =

1,2 à 1,6 m². Dit is de maximale opening die moet kunnen gerealiseerd worden als de maximale ventilatie vereist is. In de winter bijvoorbeeld, is veel minder opening nodig, dan volstaat zo'n 10% van de maximale opening. Om onnodige windinvloed te voorkomen dient de opening dus aan de buitenzijde altijd regelbaar te zijn. Deze opening is bij voorkeur aan de N, O of NO zijde gelegen. Wanneer mogelijk wordt de inlaat best zo ver mogelijk van de stal geplaatst: dekt men bijvoorbeeld een horizontale inlaat in de winter voor het grootste deel af, dan wordt het deel tegen de stal afgedekt, en het verste deel opengelaten. Schaduw ter hoogte van de inlaat kan als een minimale vorm van conditionering worden gezien. Een probleem, dat gewoonlijk onderschat wordt, is de interactie tussen ventilatoren binnen een stal met verschillende afdelingen. Dit is vooral het geval bij een ongelijke bezetting tussen afdelingen. Om die interactie te beperken wordt de volgende vuistregel toegepast voor de moederluchtinlaat, nl. die inlaat waarlangs alle 34 benodigde lucht voor de volledige stal moet binnenkomen. De vooropgestelde norm is dat de lucht moet kunnen binnenkomen met een lichtsnelheid van 1 m/s, onafgezien van het luchtinlaatsysteem en het seizoen. In het geval er 3.600 m³ lucht per uur moet aangezogen worden, is dat een luchtinlaatoppervlakte van 1 m². De wind is de grootste vijand van een goed stalklimaat! De inlaatopening moet aan de buitenzijde ALTIJD regelbaar zijn en is best aan de N, O of NO zijde gelegen. Figuur 12 Indirecte luchtinlaat In de verdere tekst wordt een overzicht gegeven van de meest toegepaste ventilatie inlaatsystemen in varkensstallen. Alle systemen bieden voor- en nadelen en kunnen in principe mits bepaalde uitvoeringskenmerken in acht te nemen met succes worden toegepast. De besproken systemen kunnen uiteraard in combinatie voorkomen. Aandachtspunt: houd bij elk systeem rekening met bepaalde uitvoeringseisen. Hierop bekribbelen kan leiden tot een slecht werkend systeem.

III.1 Gordijnventilatie Gordijnventilatie is een vorm van natuurlijke ventilatie (soms gecombineerd met een ventilator), vooral toegepast in gebieden met hoge buitentemperaturen en veel wind. In de biologische houderij wordt dit bijvoorbeeld toegepast voor vleesvarkens in combinatie met stro en op voorwaarde dat voldoende stro wordt voorzien. Ook in het geval van drachtige zeugenstallen met stro is dergelijke manier van ventileren een optie. Het principe is eenvoudig: luchtinlaten bevinden zich aan beide zijden van de stal en de warme lucht wordt afgevoerd in de nok van de stal. Onder invloed van de wind kan de lucht ook dwars door de stal waaien waarbij de inlaat aan de 35 tegenovergestelde kant als uitlaat fungeert. De grootte van de openingen kan met behulp van gordijnen worden aangepast in functie van windrichting, windsnelheid, buitentemperatuur,... Het is duidelijk dat dergelijke manier van ventileren geen nauwkeurige instellingen toelaat. Anderzijds is er uiteraard geen energiezuiniger systeem dan natuurlijke ventilatie. Figuur 13 Gordijnventilatie

III.2 Klepventilatie Klepventilatie is een systeem dat nog veel toegepast wordt, maar bij nieuwbouw weinig meer gekozen wordt. Het is nochtans een systeem dat tijdens de zomermaanden heel goed kan werken. In het geval van klepventilatie wordt gewerkt met een indirecte luchtinlaat waarbij de lucht in een dienstgang wordt geconditioneerd. De klep moet zeker 1,2 tot 1,5 m lang zijn om directe koudeval op de dieren te vermijden (wat zeker bij jonge dieren nefast is). De regeling van de snelheid van de binnenkomende lucht via de luchtinlaatopening is hierin zeer belangrijk. De klep leidt de lucht in de hoogte waar hij kan opwarmen vooraleer bij de dieren te komen. Om kortsluiting in de ventilatie te vermijden wordt de ventilator zo ver mogelijk naar achter geplaatst. Nadeel van kleppen is dat ze snel gaan vervormen en als ze daardoor niet meer luchtdicht zijn aanleiding kunnen geven tot koudeval. Ook als de klep te ver open staat in de winter is er risico op koudeval. 36 Obstakels (zoals lampen,...) kunnen het luchtpatroon sterk verstoren en koudeval veroorzaken. Figuur 14 Doorsnede klepventilatie (Bron: EMI) Figuur 15 Directe inlaat met kleppen 37

III.3 Ventielventilatie Ventielventilatie is enigszins te vergelijken met klepventilatie maar het biedt t.o.v. klepventilatie enkele voordelen: de inkomende lucht wordt door de turbulentie beter gemengd en het luchtpatroon is beter regelbaar. Sommige ventielen kunnen naar beneden worden gericht om in alle omstandigheden voldoende ventilatie-effectiviteit te blijven behouden. De ventielopeningen worden meestal gestuurd op basis van de onderdruk die in de stal gecreëerd wordt door de ventilatoren. De norm voor de inlaatopening van de ventielen is 1 cm²/m³ lucht. Bij een ventilatienorm van 80 m³/dier is voor 100 dieren een opening van 8000 cm² vereist of bijvoorbeeld 4 ventielen van 40 op 50 cm. Dergelijke ventielen worden vaak gezien in zeugenstallen. Lucht- en lichtinlaat kunnen worden

gecombineerd zoals blijkt uit een van de volgende foto's. Figuur 16 Schema ventielventilatie (Bron: Fancom) 38 Figuur 17 Inlaatventiel (binnenzicht) Figuur 18 Inlaatventiel (buitenzicht) 39 III.4 Deurventilatie (voedergangventilatie) Deurventilatie is een eenvoudig en goedkoop systeem dat nog steeds populair is. In vergelijking met plafondventilatie is een kwart minder ventilatie vereist, vermits de ventilatie-effectiviteit meestal hoger is (cfr tabel 5). Bij deurventilatie wordt de lucht via een opening onderaan de deur naar binnen gebracht en via de voedergang naar de verschillende hokken geleid. Om te vermijden dat de lucht achteraan de stal 'botst' (en eventueel via de put terugkeert), moet de snelheid waarmee de lucht de afdeling binnenkomt zo laag mogelijk worden gehouden. De lucht kan in ieder geval niet vallen doordat hij al op lage hoogte binnenkomt. Dit systeem is geschikt voor de kraamstal waar de zeugen met hun kop naar de voedergang staan (Frisse Neuzen Systeem), de biggenbatterij en de vleesvarkensstal (telkens met de roosters tegen de voedergang). Aanbevolen wordt de deur bij vleesvarkens volledig te openen van april t.e.m. oktober en alleen de onderste (niet de bovenste!) opening te voorzien gedurende de wintermaanden. Voor biggen dient de bovenhelft altijd dicht te zijn. Als de deur volledig open staat, zijn aan beide zijden schotten van een 60-tal cm nodig om de lucht te leiden. Zowel voorste hokafscheidingen als vloer van de controlegang moeten dicht zijn. Om aan voldoende ventilatiecapaciteit te komen (en ook de voorste hokken van verse lucht te voorzien) en een lage luchtsnelheid te behouden moet de gang breed genoeg zijn (1 cm/dier met een minimum van 0,8 m in totaal), daarom is dit systeem minder geschikt voor grote afdelingen (tot max. 120 vleesvarkens). Wie niet bereid is voor een afdeling van 200 vleesvarkens een gang van 2 m te bouwen, kiest beter voor een ander inlaatsysteem. De opening in de deur moet voldoen aan 1,5-2 cm²/m³ lucht, de opening van de centrale gang naar de afdelingen moet 3 cm²/m³ zijn. De afdelingsdiepte speelt geen rol zolang de deur en de gang voldoende breed zijn. De ventilator hangt bij voorkeur op een derde van de afdelingsdiepte gerekend vanaf de deurinlaat (minstens 3-4 m), en zo hoog mogelijk (om kortsluiting te vermijden). De lucht moet namelijk terug naar voor komen. De temperatuurvoeler hangt halverwege de afdeling op 60 cm achter de voorste hokafscheiding (m.a.w. op dierniveau, maar buiten hun bereik) of halverwege de afdeling boven de controlegang, 40 cm boven de hokafscheiding. Naverwarming kan eventueel via kasbuizen in de controlegang. Bij deurventilatie moeten de gang en de deur voldoende breed zijn opdat het systeem goed zou functioneren. 40 Figuur 19 Schema deurventilatie (Bron: Fancom) Figuur 20 Doorsnede deurventilatie (bron: Klimaatplatform varkenshouderij) 41 Figuur 21 Plattegrond in het geval van deurventilatie (bron: Klimaatplatform varkenshouderij) Figuur 22 Niet-regelbare deuropening 42 Figuur 23 Regelbare deuropening 43 III.5 Plafondventilatie Bij plafondventilatie wordt de lucht via de centrale gang of een andere toevoerweg binnengebracht en naar de ruimte boven het plafond geleid. Vervolgens komt de opgewarmde lucht door het plafond de stal binnen. Het plafond moet luchtdoorlatend zijn, verschillende materialen worden hiervoor toegepast (mineraalwol, geperforeerd plastic, geïsoleerd gaatjesplafond,...). Plafondventilatie werkt goed, voor niet al te grote groepen en bij homogene bezetting van de hokken (bv. bij all-in/all-out), op voorwaarde dat de dimensies goed gekozen zijn. Het plafond moet minimaal 2,70 m à 2,80 m hoog zijn, met het oog op een goede luchtmenging. Aangezien de lucht over de hele oppervlakte van de stal binnenkomt, is er geen gevaar voor tocht (maar ook geen mogelijkheid om afkoeling te creëren in zomeromstandigheden). Een ongewenste vorm van tocht kan voorkomen wanneer sommige hokken onderbezet zijn, en de lucht in de hokken valt met de minste warmteproductie. De ventilator wordt zo hoog mogelijk in het midden of achteraan de afdeling geplaatst. Hoogte is hierbij belangrijker dan de locatie in de stal. Rond de ventilator voorziet men een stuk dichte plafond (minimaal 1 m) om kortsluiting tegen te gaan. De voeler hangt best halverwege de afdeling, 0,4 m van het plafond boven de voorste hokafscheiding. Voor een goede luchtverdeling is een controlegang vereist. Als deze zich in het midden bevindt moet het plafond voor 1/3 dicht zijn rondom de muur, bevindt deze zich aan de zijkant is dit het geval voor de muur aan de achterzijde. Dit systeem is geschikt voor biggen, iets minder voor vleesvarkens. Voor gespeende biggen op een volledige roostervloer is dit het meest geschikte systeem. Een nadeel van deze vorm van ventilatie is wel dat de lucht in de zomer moeilijk op dierniveau te krijgen is. Plafondventilatie maakt gebruik van een tegennatuurlijke luchtstroom (warme lucht stijgt, bij plafondventilatie moet warme lucht dalen). Bovendien is plafondventilatie

niet regelbaar en aangezien de ventilatiebehoefte variëren van minimale tot maximale ventilatie is het aangewezen plafondventilatie te combineren met een meer regelbaar systeem. 44 Figuur 24 Doorsnede plafondventilatie (Bron: Klimaatplatform varkenshouderij) Figuur 25 Schema plafondventilatie (Bron: Fancom) 45 De inlaatopening voor de buitenlucht naar de centrale gang moet bij plafondventilatie $1,5-2 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ lucht bedragen. Van de centrale gang naar de ruimte boven het plafond wordt $2 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ lucht voorzien. De opening van de ruimte boven het plafond naar de afdelingen hangt af van het gebruikte materiaal, voor mineraalwol rekent men op $0,55-0,7 \text{ m}^2$ mineraalwol / 100 m^3 lucht, geperforeerd materiaal (gaatjesplafond) moet $0,8 \text{ cm}^2$ opening / m^3 lucht bevatten. Wat materiaal betreft zijn verschillende opties mogelijk: - Mineraalwol: rotswol, glaswol - Geperforeerde isolatieplaten (diameter openingen 10-12 mm) - Geperforeerde folie (diameter openingen 10-12 mm) - Geperforeerde metaalprofielplaten - Gootjes. In tegenstelling tot wat aanvankelijk gevreesd werd blijken de systemen zonder zichtbare openingen (mineraalwol) ook na verloop van tijd nog voldoende lucht door te laten, zonder dat een extra filter ter hoogte van de inlaat nodig is. Men kan gerust $1/3$ van het plafond dichtleggen en toch nog voldoende capaciteit overhouden. In het geval van een centrale voedinggang kan dit bijvoorbeeld langs de muren, bij een zijdelingse voedinggang aan de andere zijde van de afdeling. Figuur 26 Plafondventilatie met geperforeerde isolatieplaat 46 III.6 Plafondventilatie met ventielen In tegenstelling tot de klassieke plafondventilatie wordt hier geen gebruik gemaakt van geperforeerd materiaal, maar van plafondventielen met een regelbare opening. Het voordeel van deze regelbaarheid is dat er in de zomer een betere luchtverversing kan verkregen worden t.o.v. klassieke plafondventilatie, het risico op koudeval is hier dan weer groter. Vooral bij zeer brede stallen (meer dan 20 à 25 m) kan dergelijk systeem te overwegen zijn. Figuur 27 Schema plafondventielventilatie (Bron: Fancom) 47 Figuur 28 Plafondventielen III.7 Combiventilatie Combiventilatie wordt bij voorkeur toegepast bij enkelrijige afdelingen. In het valse plafond zijn boven de controlegang spleetvormige openingen aangebracht. Deze openingen zijn beneden voorzien van kleppen die manueel of automatisch worden geregeld. Een eenvoudige vorm bestaat uit twee zeilen met onderaan een buis die, als ze loodrecht naar beneden vallen, de volledige opening vrijlaten en die door middel van een touw of ketting dicht naar elkaar kunnen worden gebracht waardoor de opening kleiner wordt. Boven het plafond moet er altijd een vaste klep van 20 cm hoogte worden voorzien (waterpas!). De lucht komt bij voorkeur langs de muur in de controlegang, waar ze kan voorverwarmd worden, en gaat dan verder zoals bij deurventilatie. Bij een enkele rij afdelingen is een controlegang van 0,7 m voldoende. Wil men toch een dubbele rij afdelingen van dergelijk inlaatsysteem voorzien is een bredere gang vereist, van minstens 1 m (of spleetbreedte + 90 cm). Bij renovatie wordt dit systeem vaak toegepast, maar kan de controlegang te smal zijn. In dat geval wordt gewerkt met hogere hokafscheidingen om koudeval in de hokken te vermijden. 48 Figuur 29 Schema combiventilatie (Bron: Fancom) Figuur 30 Doorsnede combiventilatie (Bron: Klimaatplatform varkenshouderij) 49 Figuur 31 De onderste klep dient regelbaar te zijn Figuur 32 Combiventilatie Combiventilatie vraagt een inlaatopening van buiten naar de centrale gang van $1,5-2 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ lucht, van de centrale gang naar de ruimte boven het plafond is dit $2 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ lucht en van de ruimte boven het plafond naar de afdeling een opening van $2 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ 50 lucht. De opening wordt in de winter (oktober tot maart) tot $1/3$ gereduceerd, terwijl ze in de zomer volledig open blijft, tenzij bij biggen de eerste twee weken na opleg en bij vleesvarkens de eerste maand na opleg. De ventilator hangt bij voorkeur zo hoog mogelijk in het midden van de stal. De plafondhoogte is hier (net zoals bij plafondventilatie) minimaal 2,7 m à 2,8 m. De voeler wordt best halverwege de afdeling 30 cm vanaf de voorste hokafscheiding en 30 cm erboven geplaatst. III.8 Ondergrondse luchtinlaat (kanaalventilatie) Bij kanaalventilatie zijn tal van aanvoerroutes van de binnenkomende lucht mogelijk. Via een luchtkanaal onder het ligbed wordt de binnenkomende lucht (eventueel onder het waterkanaal) bijvoorbeeld onder de voedinggang gebracht, waar de deels geconditioneerde lucht zich verder in de stal verspreidt. Eigen aan de systemen is dat de lucht relatief grote afstand aflegt. Naast het conditioneren van de lucht heeft dit systeem als voordeel dat het gemakkelijk toepasbaar is in emissiearme stallen. De nadelen van dit systeem zijn de duurdere en ingewikkelder constructie van de mestkelder, meer kans op ongedierte in de kelder en het feit dat het moeilijk is om tijdens de zomermaanden voldoende luchtsnelheid in de stal te krijgen. Eens

geconstrueerd zijn de kanalen moeilijk bereikbaar, laat staan reinigbaar. Anderzijds is er nauwelijks risico op tocht en de lucht kan (in tegenstelling tot bijvoorbeeld deurventilatie) nergens tegen botsen. Figuur 33 Schema kanaalventilatie (Bron: Fancom) 51 Figuur 34 Doorsnede kanaalventilatie via controlegang (bron: Klimaatplatform varkenshouderij) De richtnorm voor de luchtinlaatopening bij grondkanaalventilatie van buiten naar de ruimte onder de dichte vloer bedraagt $1,5-2 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ lucht, van de ruimte onder de dichte vloer naar de ruimte onder de controlegang, minimaal $1,5 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ lucht. De opening in de vloer van de controlegang moet $1-1,5 \text{ cm}^2/\text{m}^3$ lucht groot zijn. De temperatuurvoeler moet op dierhoogte worden opgehangen, dit is halverwege de afdeling 30 cm achter de voorste hokafscheiding. De voorste hokafscheidingen moeten dicht zijn. De ventilator wordt best zo hoog mogelijk geplaatst. 52 Figuur 35 Luchtinlaat bij kanaalventilatie (bovengronds) Figuur 36 Luchtinlaat bij kanaalventilatie (ondergronds) 53 III.9 Frisse neuzen systeem (buisventilatie) Het zogenaamde frisse neuzen systeem voor zeugen in kraamhokken lijkt in grote mate op combiventilatie, waarbij geen kleppen maar buizen worden toegepast. De verse lucht wordt gebracht waar die nodig is: nabij de kop van de zeug. Er is opnieuw een vals plafond voorzien, waarin ter hoogte van of naast de zeugenvoederbak een buis is geplaatst die 20 cm boven en 40 cm onder het valse plafond uitsteekt. De buis moet een aanpasbare diameter hebben door middel van een afsluitdop met kleinere opening ($1/3$ tot $1/2$ kleiner of verkleinen tot 14 cm diameter). Maximale buisdiameter (winterstand) is 20 cm, deze wordt toegepast van april tot en met oktober. Als men de doppen met een ketting of touw aan de buizen vastmaakt, vergt het weinig discipline het afsluiten halverwege oktober stipt uit te voeren. Het biggennest wordt bij voorkeur zo ver mogelijk van de buis gelegen. De voeler bevindt zich schuin onder een buis, op 20 cm afstand en zeker niet boven het biggennest. Hoogte van het plafond dient ongeveer 2,8 m te zijn en de ventilator wordt best zo hoog mogelijk geplaatst. Figuur 37 Doorsnede buisventilatie in een kraamafdeling (bron: Klimaatplatform varkenshouderij) 54 Figuur 38 Frisse neuzensysteem Er zijn ook frisse neuzen varianten met luchtinlaat onderaan. III.10 Centrale afzuiging Bij centrale afzuiging wordt de lucht uit de hele stal bij elkaar gebracht in een centraal luchtkanaal en op één punt uit de stal verwijderd. Voordelig aan dit systeem is dat het emissiepunt kan verplaatst worden én dat de lucht kan behandeld worden (bijvoorbeeld gewassen) voor hij het milieu wordt ingestuurd. Het luchtkanaal moet zo gedimensioneerd zijn dat het een doorsnede heeft van 1 cm^2 per m^3 te ventileren lucht (verplicht bij chemische- en aanbevolen bij biologische luchtwassers). Het zou in principe ook kleiner kunnen, maar hoe kleiner het kanaal, hoe groter de tegendruk zal zijn. Het kanaal moet kunnen gereinigd worden, gladde afwerking is dus een pluspunt. De ideale grootte is bovendien ook afhankelijk van het type van de eventuele luchtwasser die wordt geplaatst. In elk geval dient het kanaal volledig luchtdicht te zijn. In de praktijk is het niet altijd eenvoudig een centraal afzuigkanaal en de kanalen en ruimtes waarlangs de lucht wordt aangevoerd op een efficiënte manier met elkaar te combineren. 55 Figuur 39 Centraal afzuigkanaal In de luchtafvoeren van de afdelingen naar het centrale kanaal worden automatisch geregelde smookkleppen met meetwaaiers voorzien om ervoor te zorgen dat iedere afdeling correct geventileerd wordt. Een goede afstelling is zeer belangrijk. III.11 Geconditioneerde luchtinlaat Bij een geconditioneerde luchtinlaat wordt de aangezogen lucht gekoeld in de zomer en/of opgewarmd in de winter. • Om te koelen kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van verdampingskoeling (padkoeling). Hiervoor wordt de binnenkomende lucht door een nat gehouden pakket (de "pads") gestuurd. Dit pakket wordt continu met water besproeid waardoor de lucht vocht opneemt en afkoelt (maar ook een hogere relatieve luchtvochtigheid krijgt). 56 Figuur 40 Padkoeling (bron: Inno+) • Mits de bodemlagen geschikt zijn en de nodige vergunningen kunnen bekomen worden kan er ook gebruik worden gemaakt van warmteopslag in de bodem. Meestal is er de combinatie van een warmtewisselaar in de bodem en in de stal. In de bodem gaat het om horizontale of verticale slangen in het grondwater waardoor water stroomt. Een andere optie bestaat uit een open systeem met twee grondwaterbronnen waarbij het grondwater om te koelen (in de zomer) ter hoogte van de inlaat opgepompt wordt uit de diepe grondlagen, en aan de andere zijde weer in de grond gepompt. Om te verwarmen (in de winter) wordt het water in de andere richting gepompt. Ter hoogte van de luchtinlaat in de stal (en zo dicht mogelijk bij de dieren) is een lucht/waterwarmtewisselaar aanwezig. Het water in de buizen is in de winter warmer dan de

binnenkomende lucht, waardoor deze opwarmt, in de zomer is dat omgekeerd. 57

Figuur 41 Warmte-opslag in de bodem • Een derde mogelijkheid om de lucht te conditioneren is de luchtinlaat ver van de stal te voorzien (enkele tientallen meters) en eerst via grondbuizen te laten opwarmen (winter) of afkoelen (zomer). Voorwaarde is buizen over voldoende afstand te voorzien. 58

Figuur 42 Doorsnede grondbuisventilatie III.12 Mengventilatie Bij mengventilatie wordt een gedeelte van de stallucht gerecycleerd. De lucht wordt voor hij in de afdeling komt vermengd met een deel van de uitgaande stallucht. Het temperatuurverschil is dus kleiner waardoor er een betere verdeling in de stal mogelijk is en ook het risico op koudeval is kleiner. Het ventilatierendement is bij dit systeem lager dan bij de klassieke ventilatie. 58

Figuur 43 Mengventilatie **Figuur 44 Mengventilator in de afdelingswand** 59

IV. Verwarming Verwarming kan worden ingedeeld in lokale verwarming en ruimteverwarming. De eerste is bedoeld om bijvoorbeeld ligplaatsen aantrekkelijker te maken. Veel toegepast zijn bijvoorbeeld biggenlampen en vloerverwarming. Bij vloerverwarming kan een vorm van warmterecuperatie worden toegepast, waarbij de warmte van de zeugen of de vleesvarkens wordt aangewend voor de biggen. Dezelfde buizen kunnen dan in de zomer als koeling dienen. Bij ruimteverwarming wordt van voorverwarming gesproken als de lucht in een centrale gang wordt voorverwarmd tot enkele °C, dit om hoge temperatuurschommelingen en koudeval te voorkomen. Naverwarming gebeurt gewoonlijk centraal en heeft als doel de temperatuur in de hokken op de gewenste hoogte te handhaven. Wat verwarming betreft is het duidelijk dat de behoeften verschillen naargelang de diercategorie. Zeugen hebben geen behoefte aan verwarming. Voor kraamstallen volstaat in principe een lamp boven het biggennest. Nadeel van lampen is het hoge energieverbruik. Halveringsschakelaars of dimmers kunnen dit helpen reduceren. Vloerverwarming is geen strikte vereiste, een alternatief is een zachte kunststof vloer te voorzien of een rubbermat te leggen. Vleesvarkens kunnen zonder verwarming, behalve bij de opleg, waar het belangrijk is de stal droog te krijgen. Een gaskanon is daar bijvoorbeeld geschikt voor. De enige diercategorie waarvoor een investering in een systeem voor ruimteverwarming strikt noodzakelijk is, zijn de gespeende biggen. Twin- (|), vlinder- (>) of deltabuizen (Y) zijn hiervoor geschikt. Er zijn grote variaties in verwarmingskosten tussen bedrijven, vooral bij zeugenbedrijven. 60

Figuur 45 Twinbuizen 61

Lijst van figuren en tabellen

Figuren

Figuur 1 Doel van ventilatie..... 2

Figuur 2 Micro- versus macroklimaat 4

Figuur 3 Thermoregulatie van varkens en temperatuurzones..... 6

Figuur 4 Laagste kritieke temperatuur in functie van omgevingsfactoren..... 8

Figuur 5 Ventilatiegrafiek..... 13

Figuur 6 Ventilatorspecifieke grafiek 17

Figuur 7 Ventilatie-effectiviteit: voorbeeld..... 20

Figuur 8 De drie effecten aan de basis van een drukverschil A schoorsteeneffect, B windeffect en C ventilatoreffect..... 22

Figuur 9 Onderdruk en overdruk in functie van windrichting en staldoorsnede. 24

Figuur 10 Sturing bij natuurlijke ventilatie..... 28

Figuur 11 Ventilator met meetwaaier en smookklep 31

Figuur 12 Indirecte luchtinlaat 34

Figuur 13 Gordijnventilatie 35

Figuur 14 Doorsnede klepventilatie..... 36

Figuur 15 Directe inlaat met kleppen..... 36

Figuur 16 Schema ventielventilatie 37

Figuur 17 Inlaatventiel (binnenzicht) 38

Figuur 18 Inlaatventiel (buitenzicht) 38

Figuur 19 Schema deurventilatie..... 40

Figuur 20 Doorsnede deurventilatie 40

Figuur 21 Plattegrond in het geval van deurventilatie 41

Figuur 22 Niet-regelbare deuropening..... 41

Figuur 23 Regelbare deuropening..... 42

Figuur 24 Doorsnede plafondventilatie..... 44

Figuur 25 Schema plafondventilatie

.....	44	Figuur 26	Plafondventilatie met geperforeerde isolatieplaat.....
plafondventielventilatie.....	45	Figuur 27	Schema
Plafondventielen.....	46	Figuur 28	
combiventilatie	47	Figuur 29	Schema
combiventilatie.....	48	Figuur 30	Doorsnede
regelbaar te zijn.....	48	Figuur 31	De onderste klep dient
Combiventilatie.....	49	Figuur 32	
kanaalventilatie	49	Figuur 33	Schema
via controlegang	50	Figuur 34	Doorsnede kanaalventilatie
(bovengronds).....	51	Figuur 35	Luchtinlaat bij kanaalventilatie
.....	52	Figuur 36	Luchtinlaat bij kanaalventilatie (ondergronds)
Klimaatplatform varkenshouderij).....	52	Figuur 37	Doorsnede buisventilatie in een kraamafdeling (bron:
.....	53	Figuur 38	Frisse neuzensysteem
.....	54	Figuur 39	Centraal afzuigkanaal
.....	55	Figuur 40	Padkoeling
.....	56	62	Figuur 41
.....	57	Figuur 42	Doorsnede
grondbuisventilatie.....	57	Figuur 43	
Mengventilatie.....	58	Figuur 44	Mengventilator in
de afdelingswand.....	58	Figuur 45	
Twinbuizen.....	60	Tabellen	Tabel 1
Thermoneutrale zone in functie van diergewicht en hokuitvoering.....	9	Tabel 2	Afkoelend effect
van luchtsnelheid.....	11	Tabel 3	Insteltemperatuur in functie van
diercategorie.....	15	Tabel 4	Insteltemperatuur in functie van diercategorie en
seizoenen	15	Tabel 5	Minimale en maximale ventilatienormen per diercategorie
ventilator.....	16	Tabel 6	Luchtdebiet in functie van de tegendruk voor een specifieke
in functie van gewichtsfase voor 120 dieren.....	18	Tabel 7	Ventilatiebehoeften
diameter.....	18	Tabel 8	Capaciteit van een bepaalde
natuurlijke versus mechanische ventilatie	19	Tabel 9	Voor- en nadelen bij
regelsystemen.....	25	Tabel 10	Voor- en nadelen van de verschillende
.....	31	63	Referenties
.....			Boussery, K. (2009). Waar streven we naar qua
.....			klimaat? Presentatie tijdens de cursus Stalklimaat en ventilatie in varkensstallen: een niet te
.....			onderschatten productiefactor. Cnockaert, H. (2007). Ventilatie varkensstallen. Presentatie tijdens de
.....			studiedag Praktijkinformatie voor de varkenshouder. Geers, R. (2009). Stalklimaat en ventilatie -
.....			Gevolgen bij varkens. Presentatie tijdens de cursus Stalklimaat en ventilatie in varkensstallen: een
.....			niet te onderschatten productiefactor. Klimaatplatform varkenshouderij (2008). Leaflets
.....			klimaatsystemen. Combi- en buisventilatie. Klimaatplatform varkenshouderij (2008). Leaflets
.....			klimaatsystemen. Grondkanaalventilatie via controlegang. Klimaatplatform varkenshouderij (2008).
.....			Leaflets klimaatsystemen. Voergangventilatie. Klimaatplatform varkenshouderij (2008). Leaflets
.....			klimaatsystemen. Plafondventilatie. Klimaatplatform varkenshouderij (2008). Richtlijnen
.....			klimaatinstellingen. Klimaatplatform varkenshouderij (2008). Leaflets klimaatsystemen.
.....			Luchtinlaatventielen. Randall, J.M., Armsby, A.W., Sharp, J.R. 1983. Cooling gradients across pens in a
.....			finishing piggery. J. Agric. Eng. Res. 28: 247-259. Van der Voorst, P. (2009). Klimaatbeheersing in
.....			varkensstallen. Presentatie tijdens de cursus Stalklimaat en ventilatie in varkensstallen: een niet te
.....			onderschatten productiefactor. van Wagenberg, V. (2003). Microklimaat bij gespeende biggen: de
.....			theorie. PraktijkKompas Varkens, 2. Vranken, E. (2009). Actuele ventilatiesystemen in de
.....			varkenshouderij. Presentatie tijdens de cursus Stalklimaat en ventilatie in var