

DE VENTILATIE VAN RUNDVEESTALLEN.

door

H.R. Poelma

St. No. 1011, 600, 1954.

DE VENTILATIE VAN RUNDVEESTALLEN.

door

H.R. Poelma

St. No. 1011, 600, 1954.

I N H O U D

	blz.
1. Inleiding	1
2. Het stalklimaat	2
3. Berekening der stalventilatie	4
4. Resultaten van waarnemingen en onderzoek	8
Luchtaanvoer	8
Directe ventilatie	12
Indirecte ventilatie	16
Mechanische ventilatie	19

DE VENTILATIE VAN RUNDVEESTALLEN.

Inleiding.

In October 1952 deden wij een tussentijds rapport verschijnen over stalventilatie, aan welk rapport een voorlopig karakter werd verleend, daar het er aan ten grondslag liggend onderzoek betrekking had op slechts één stalperiode, welke periode gekenmerkt werd door temperaturen, die hoger waren dan normaal.

Wij menen nu wederom een rapport te moeten samenstellen, waarin de ervaringen van de laatste twee stalperiodes zijn verwerkt.

Dit rapport betekent evenwel niet, dat het ventilatie- onderzoek als afgesloten moet worden beschouwd.

Het stalklimaat.

Gezien het feit, dat het rundvee in Nederland tijdens de wintermaanden steeds in de stal verblijft, zijn de daar heersende klimaat factoren, zoals temperatuur, vochtigheidsgraad, CO₂ gehalte, luchtverversing en verlichting van zeer groot belang.

Welke evenwel de optimale omstandigheden van een koe zijn is moeilijk vast te stellen, daar niet vast te stellen is bij welke omstandigheden een rund zich "behaaglijk" gevoelt.

Nog moeilijker is het om deze behaaglijkheid in een cijfer of graad vast te leggen.

Aangaande de juiste normen voor het stalklimaat werd daarom bij onderzoekingen in het buitenland de melk- en vleesproductie als basis aangenomen.

Proeven dienaangaande werden in ons land nog niet genomen, zodat wij ons hieromtrent tot literatuurgegevens mochten beperken.

Niet uit het oog mag worden verloren, dat de buitenlandse gegevens gebaseerd zijn op ervaringen met andere rassen, die veelal gewend zijn aan een ander klimaat.

Deze gegevens mogen dan ook niet zonder meer worden overgenomen voor onze Nederlandse omstandigheden.

In de Scandinavische landen Zweden en Denemarken adviseert men een staltemperatuur van 10 à 12 tot 14 à 15° C, terwijl men van mening is dat de fluctuaties zo gering mogelijk moeten zijn. De Duitse gegevens komen hiermee overeen.

Popoff nam hier proeven met runderen in een gewone stal bij temperaturen van 7½ tot 18° C.

Het bleek dat de melkproductie daalde in het interval van 7½° C tot 18° C bij daling van de temperatuur, en steeg bij stijging van de temperatuur.

In de meeste gevallen vertoonde het vetgehalte een tegenovergesteld verloop, zodat deze bij lager worden der temperaturen steeg, terwijl een sterke temperatuurschommeling zowel de melkproductie als het vetgehalte deden dalen.

De Cornell-University in de U.S.A. meent 8-10° C optimaal te moeten noemen, terwijl men tot voor kort 15° C de beste temperatuur achtte.

Verder is uit proeven van Kelley en Rupel eveneens gebleken, dat tussen de 7 en 15½° C betrekkelijk weinig verschillen in productie zijn waar te nemen.

Voor Nederlandse omstandigheden wil het ons voorkomen, dat een hoge staltemperatuur schadelijker is dan een lage vooral door de veelal hiermee samengaande hoge r.v.

In het bijzonder is een niet te hoge staltemperatuur van belang tegen het einde der stalperiode om de overgang naar de weide niet te groot te maken.

Voorlopig kunnen de normen voor de staltemperatuur als volgt worden gesteld:

optimale temperatuur	12 tot 14° C
maximale temperatuur	16 tot 18° C
minimale temperatuur	8 tot 10° C

Wat de luchtvochtigheid betreft werden in de U.S.A. verschillende proeven genomen, met evenwel weinig concrete resultaten. Alleen de door Bonder verrichte onderzoekingen geven een duidelijke invloed van de relatieve vochtigheid op de melkproductie weer, alhoewel de resultaten hiervan niet door voldoende herhalingen zijn gecontroleerd.

Hot bleek bij deze proeven nl. dat indien de r.v. 6 - 12 uur werd verhoogd tot 80 à 92%, de melkproductie in de hieropvolgende dag daalde met 0.23 tot 1.36 kg per koe per dag, terwijl bij daling van de r.v. de melkgift zich weer herstelde.

Verhoogde men evenwel de r.v. 4 - 5 dagen achtereen dan trad een gemiddelde daling der productie op van 1.9 kg. per koe per dag, terwijl bij daling van de r.v. hierna de melkgift zich niet weer herstelde

In Duitsland heeft men, zoals in onderstaande cijfers is weergegeven, de wenselijke vochtigheidsgraad afhankelijk gesteld van de temperatuur; zodat bij hogere temperaturen de warmte afgifte niet door een te hoge r.v. wordt belemmerd.

<u>Temperatuur in °C</u>	<u>Relatieve vochtigheid in %</u>
8	85
10	80
12	80
14	75
16	70
20	65

Naar aanleiding van de bovenstaande cijfers zou in Nederland de r.v. bij een optimale staltemperatuur van 12 - 14°C maximaal 80 - 75% mogen zijn.

De ervaring der laatste jaren heeft evenwel bewezen dat deze percentages hier bijna niet zijn te bereiken, terwijl bij een \pm 5% hoger gelegen vochtigheidsgraad in de stal nog een aangenaam klimaat heerst.

In de Nederlandse en buitenlandse literatuur wordt opgegeven, dat het CO₂ gehalte maximaal 0.3 - 0.35% mag bedragen.

Evenwel is bij proeven met een hoog CO₂ gehalte geen nadelige invloed geconstateerd.

Aangaande de mogelijke aanwezigheid van NH₃ of andere reukstoffen in de stal kan worden gezegd, dat bij aanwezigheid van een goede gierafvoer en een behoorlijk ventilatiesysteem deze tot het minimum beperkt blijven.

Samenvattend kan dus het stalklimaat in een gesloten stal in de onderstaande normen worden gesteld.

Temperatuur optimaal	12 - 14°C
Relatieve vochtigheid maximaal	85 - 80%
Koolstofdioxyde maximaal	0.3 - 0.35%
Stankvrij	
Tochtvrij	

BEREKENING DER STALVENTILATIE.

A. Luchtverversing naar het waterdampgehalte in de stal.

In de literatuur wordt aangegeven dat één stuks grootvee (s.g.v.) per uur door verdamping en door de ademhaling 300 gram waterdamp produceert en dat aangenomen mag worden dat eveneens door verdamping uit mest, gier, voer en water gemiddeld 100 gram waterdamp ontstaat.

Hiervan uitgaande komen wij op een totale productie van waterdamp van 400 gram per uur per s.g.v.

Het is duidelijk, dat deze hoeveelheid ook afhankelijk is van het stalklimaat, hetgeen ook uit het onderzoek hier reeds is gebleken.

Met behulp van de toestandsdiagram voor vochtige lucht van Mollier kan indien stal- en buitentemperatuur, zowel als de luchtverplaatsing bekend zijn, berekend worden, hoeveel waterdamp per uur wordt afgevoerd.

Dit bleek bij onderstaande staltemperatuur als volgt te zijn:

<u>Staltemperatuur</u>	<u>Waterdamp afvoer</u>
9 - 10°C	261 gram per uur
11 - 14°C	347 " " "
15 - 16°C	408 " " "
17 - 18°C	526 " " "

Uit het bovenstaande is dus eveneens af te leiden dat bij een optimale staltemperatuur de waterdamp productie per s.g.v. van 350 - 400 gram per uur is.

Het probleem is nu als volgt te stellen: hoeveel luchtverversing moet in de stal plaats vinden om met behulp van de buitenlucht zoveel waterdamp uit de stal te voeren, dat de relatieve vochtigheid in de stal beneden het maximum blijft.

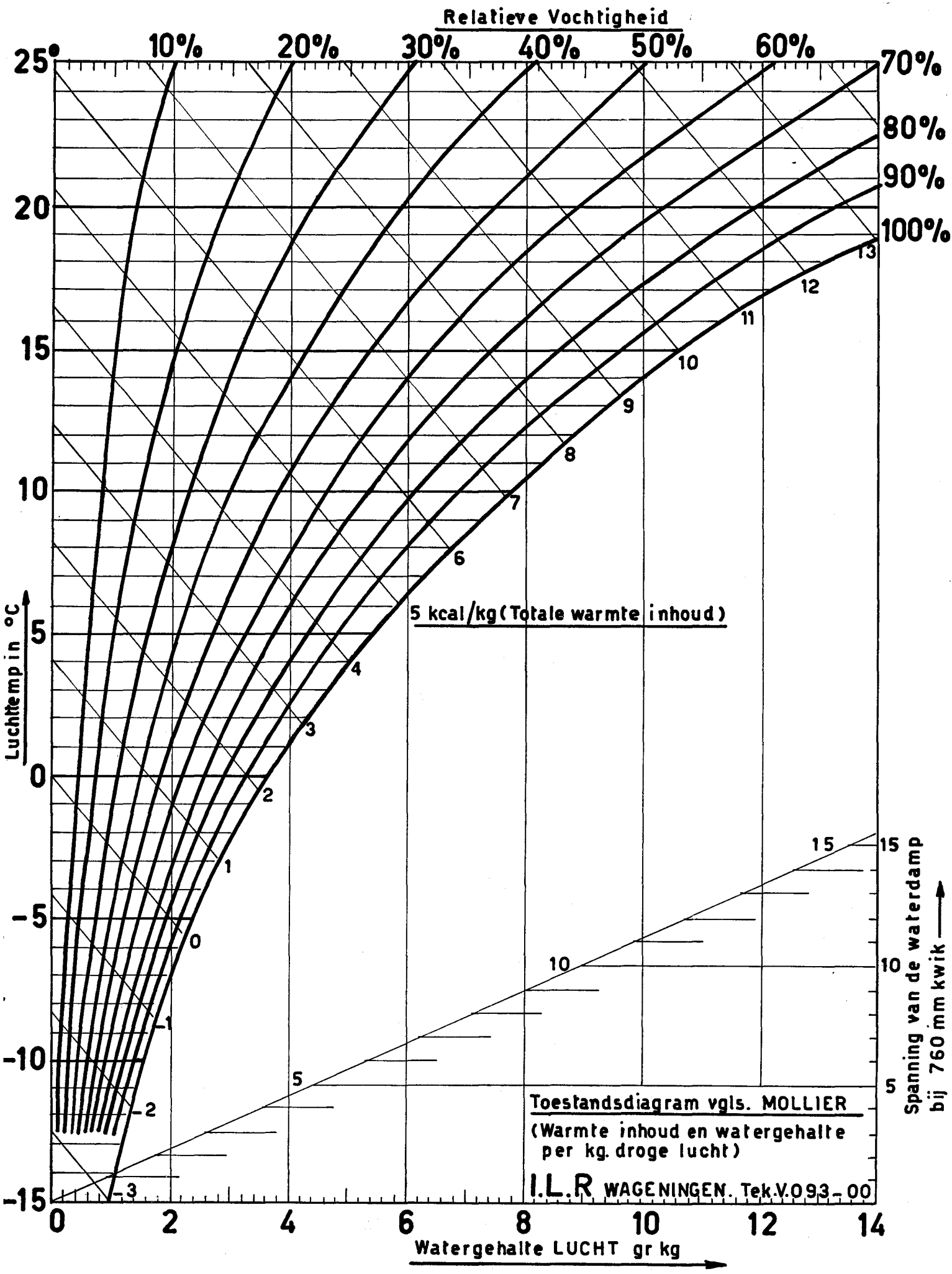
Wij stellen de absolute vochtigheid van de buitenlucht voor door V_u g/kg droge lucht en van de stallucht op V_i g/kg droge lucht.

V_i moet aan de gestelde normen voldoen, dus bepaald zijn bij een optimale staltemperatuur en maximale r.v.

De waterdamp productie per s.g.v. wordt gesteld op P . Bij de ventilatie van de stal verlaat $V_i - V_u$ gram waterdamp per kg lucht de stal

Hieruit kan afgeleid worden dat de luchtverversing per uur moet zijn $\frac{P}{V_i - V_u} = \text{kg lucht}$ of $\frac{P}{(V_i - V_u) \cdot S} \text{ m}^3$ per s.g.v.

Met gebruikmaking van de toestandsdiagram voor vochtige lucht van Mollier kan nu de volgende berekening als voorbeeld worden gegeven.



De waterdampproductie $P = 400$ g/h; de buitentemperatuur is 5°C met een r.v. van 85% waardoor V_u gelijk is aan 4.54 g/kg lucht.

De stallucht heeft een temperatuur van 14°C en een r.v. van 80%; dat is = 7,82 g/kg lucht. Het s.g. van lucht van 14°C en een r.v. van 80% is $S = 1.23$ kg/m³.

E_r moet in dit geval per uur dus

$$\frac{P}{(V_i - V_u) \cdot S} = \frac{400}{(7.82 - 4.54) \cdot 1.23} = 100 \text{ m}^3 \text{ lucht per s.g.v. worden ververst.}$$

Met behulp van de boven gegeven formule is het mogelijk om enig inzicht te verkrijgen in de mate van luchtverversing bij verschillende temperaturen en graden relatieve vochtigheid.

Als voorbeeld is aan de hand van de gemiddelde maandtemperaturen en relatieve vochtigheid over de jaren 1911 - 1950 in onderstaand tabel de luchtverversing uitgezet.

Maand	Buitenlucht			Stallucht			Luchtverversing in m ³ per s.g.v.
	tu	r.v.%	V_u	ti	r.v.%	V_i	
Nov.	6.-	87	4.97	11	80	6.42	218
				14	75	7.34	133
Dec.	3.3	89	4.22	11	80	6.42	142
				14	75	7.34	100
Jan.	2.4	87	4.13	11	80	6.42	136
				14	75	7.34	97
Febr.	2.9	84	3.99	11	80	6.42	128
				14	75	7.34	93
Maart	5.7	80	3.77	11	80	6.42	119
				14	75	7.34	91
April	9.3	75	3.41	11	80	6.42	110
				14	75	7.34	85

Uit de formule $\frac{P}{(V_i - V_u) \cdot S}$ is af te leiden:

Bij een maximum CO₂ gehalte van 0.3% moet per s.g.v. 59 m³ worden ververst en bij een maximum van 0.35% 50 m³ /h/s.g.v.

Aan deze eis van luchtverversing wordt evenwel ten allen tijde voldaan, wanneer bij de bepaling der luchtafvoer uitgegaan wordt van het vochtgehalte.

Aangenomen kan verder worden dat bij een luchtverplaatsing van minimaal 50 à 60 m³/h/s.g.v. voldoende reukstoffen worden afgevoerd om stank in de stal te voorkomen, mits evenwel aan de eisen ten aanzien van de gierafvoer is voldaan.

C. De warmtehuishouding in de stal.

Als gemiddelde warmteproductie per uur per s.g.v. vinden wij in de literatuur opgegeven 800 caloriën. Hiervan is een gedeelte meetbaar en een ander deel latente warmte.

De totale warmteproductie zowel als de verhouding tussen het meetbare en het latente gedeelte is grotendeels afhankelijk van het stalklimaat.

In de literatuur wordt opgegeven dat van de geproduceerde 800 Cal. warmte circa 80 à 85% meetbaar en circa 15 à 20% latent is onder de omstandigheden die door ons als norm voor het stalklimaat zijn aangenomen.

Alleen deze meetbare warmte heeft invloed op de temperatuur van de stal, zodat kan worden aangenomen dat per uur/s.g.v. 660 Cal. warmte vrijkomen.

Deze hoeveelheid warmte dient om de aangevoerde verse lucht te verwarmen en om de warmte te vervangen die door de wanden, vloer en zolder uit de stal verdwijnt.

Het aantal Cal. die nodig zijn voor de verwarming van de binnengelaten verse lucht, is afhankelijk van de hoeveelheid en het verschil in binnen- en buitentemperatuur.

Bij een groot verschil in binnen- en buitentemperatuur wordt in verband met de vochtshouding minder geventileerd, hetgeen gunstig is voor de warmte balans.

De hoeveelheid warmte die verdwijnt door wanden, vloer en zolder is afhankelijk van het oppervlakken het isolerend vermogen van de gebruikte materialen.

Het is ook bij het onderzoek gebleken dat stallen met een grotere m^3 inhoud per s.g.v. dan $15 m^3$ moeilijk op temperatuur zijn te houden, evenals stallen met een groter glasoppervlak dan 1/15 deel van het vloeroppervlak.

In beide gevallen moeten bij lage buitentemperaturen de lucht-aanvoeropeningen worden gesloten met als gevolg een te hoge r.v. in de stal.

Eveneens veroorzaken een te groot raamoppervlak en slecht geïsoleerde wanden en plafond in het voorjaar een te hoge staltemperatuur, doch deze nadelen zijn door voldoende lucht aan- en afvoer grotendeels te voorkomen.

RESULTATEN VAN WAARNEMINGEN EN ONDERZOEK.

In Nederland kende men oorspronkelijk geen doelbewuste ventilatie in de stallen. De luchtverversingsmogelijkheden bestonden uitsluitend in het verdwijnen van gebruikte en binnenkomen van verse lucht, door kieren, reten, deuren, luiken en het dak.

Het is duidelijk dat de omstandigheden in dergelijke stallen en wel speciaal als de stal geheel in de schuur ingebouwd was, verre van ideaal waren, temeer waar het raamoppervlak zeer gering was en de gierafvoer over 't algemeen in het geheel niet was geregeld.

Condensatie van de waterdamp achtte men een normaal verschijnsel en omtrent de samenstelling van de stallucht zowel als de temperatuur bekommerde men zich weinig.

Bij de bouw van nieuwe stallen wordt de laatste jaren met de ventilatie wel terdege rekening gehouden, terwijl bij de verbetering van oude stallen naar een zo goed mogelijke oplossing wordt gezocht.

Bij een goed werkend ventilatiesysteem is een lucht aan- en afvoer noodzakelijk, hetgeen, zoals later zal worden besproken, op vele manieren kan geschieden.

De luchtaanvoer.

Hierbij is de vorm van de aanvoer openingen van groot belang, daar de verse lucht zodanig moet worden binnengelaten dat geen tocht op de koeien ontstaat. Tevens dient de binnenkomende lucht eerst met de stallucht te worden vermengd alvorens met de koeien in aanraking te komen.

De in de voorgaande jaren veelvuldig toegepaste tuimelramen, al of niet voorzien van zijkleppen, zijn minder geschikt, daar de binnentredende koude lucht gemakkelijk op de koeien valt.

Ook de aanvoer door de spouw van een buitenmuur is onvoldoende daar de lucht hierbij teveel weerstand ondervindt.

Aanvoer door middel van kokers, die onder de vloer van de schuur doorlopen en beginnen in de binnenmuur van de stal en eindigen in de buitenmuur, al of niet voorzien van aanvoerputten, is niet aanbevelenswaardig, daar dit systeem teveel afhankelijk is van de windrichting. De lucht aanvoer door middel van drainbuizen vlak onder de zolder lijkt een goede oplossing voor verbetering in oude stallen met lage zijgevel, hoewel ze ook in nieuwe stallen wordt toegepast.

Ter voorkoming van inroegen worden de buizen naar binnen toe iets hoger gelegd, waardoor eveneens de lucht iets naar boven wordt geleid.

Om dit laatste mogelijk te maken wordt aan de binnenzijde voor de buizen ook wel een klep gemaakt, welke tevens bij zeer lage buitentemperaturen de openingen meer of minder kan afsluiten.

Het beste systeem voor de luchtaanvoer wordt gevormd door de bekende ventilatie-onderdorpels. Deze kunnen zowel van een fabriek worden betrokken als door een aannemer gemetseld.

De betonnen onderdorpel van een fabriek heeft het voordeel van een gladde strakke vorm en het kant en klaar leveren van een product dat slechts gesteld behoeft te worden, terwijl het metselen van een ventilatie-dorpel meestal iets goedkoper is en bovendien in de gevel minder opvalt doordat het gebruiktemateriaal hetzelfde is als dat van de muur, hetgeen aesthetisch soms een voordeel is. De vorm hiervan is dusdanig dat de binnenkomende lucht in verticale richting omhoog wordt geleid en gemengd met stallucht, alvorens met de koeien in aanraking te komen.

De onderdorpels moeten in verband met de buitentemperatuur, windrichting en windsnelheid aan de binnenzijde geheel of gedeeltelijk kunnen worden afgesloten, terwijl het aanbrengen van vliegengaas moet worden afgeraden.

Dit vliegengaas is in de winter overbodig, terwijl metingen hebben bewezen, dat de luchtaanvoer door de onderdorpels tot op 1/3 werd teruggebracht.

De ventilatiedorpels mogen niet te laag worden geplaatst ter voorkoming van tocht en het vallen van de koude lucht op de koeien.

Bij Hollandse stallen kan als minimale hoogte voor de bovenkant van de dorpel aangehouden worden, 1.30 m boven de mostgang, hetgeen overeenkomt met 1.15 m boven de standvloer.

In nieuw te bouwen of bij te verbouwen Friese stallen worden ook met goed resultaat onderdorpels toegepast, waarbij een minimale hoogte van 1.30 m boven de standvloer kan worden aangehouden.

Voor het aanbrengen van onderdorpels zijn in vele oude boerderijen de zijmuren evenwel te laag.

Het verbeteren van de ventilatie in een dergelijke stal met lage wanden kan in vele gevallen eenvoudig gecombineerd worden met het verbeteren van de veelal zeer onvoldoende verlichting door het aanbrengen van een strook draadglas in het dakvlak terwijl tussen het draadglas en de muurplaat afsluitbare openingen gespaard worden voor de luchtaanvoer.

Bij gebruikmaking van mechanische ventilatie heeft men verder nog de mogelijkheid om de lucht via luiken in het plafond aan te voeren van uit de tasruimte.

Het voordeel van luchtaanvoer uit de tasruimte is dat de temperatuur van deze lucht enkele graden hoger is dan die van de buitenlucht, doch men mist een groot gedeelte van de stuwkracht der wind, terwijl bij onderdruk in de tasruimte de openingen in het plafond voor de afvoer van de lucht dienst gaan doen.

De buitenlandse ervaringen kunnen ons wat de luchtaanvoer aangaat weinig leren, zowel in de Amerikaanse als Scandinavische literatuur vonden wij een houten bak in de vorm van onze onderdorpel als beste oplossing beschreven.

Verder wordt in de Duitse literatuur een systeem beschreven, waarbij onder de ramen aan de binnenzijde naar boven gebogen drainbuizen zijn aangebracht.

Dit laatste systeem vertoont enige overeenkomst met onze ventilatiedorpel, echter met dit bezwaar, dat d.m.v. buizen moeilijker de gewenste aanvoercapaciteit kan worden bereikt.

Een voldoende luchtaanvoercapaciteit is nl. noodzakelijk, wil men alle in de stal geproduceerde waterdamp afvoeren en zowel de staltemperatuur als de relatieve vochtigheid in de hand houden.

De luchtaanvoercapaciteit is afhankelijk van de grootte der inlaatopeningen en de windsnelheid door de inlaatopeningen.

Hoe kleiner dus de luchtsnelheid wordt, des te groter moeten de inlaatopeningen zijn om op hetzelfde aantal m^3 luchtverversing te komen.

Ter bepaling van de windsnelheid werden verschillende metingen verricht, zowel bij stallen, welke aan de wind als aan de luwzijde van het gebouw lagen.

	<u>Windsnelheid buiten</u>	<u>Windsnelheid luchtaanvoer</u>
Stal op windzijde	van 75-150 gem. 105 m p/min	van 30-110 gem. 67 m p/min.
Stal op luwzijde	van 75-192 gem. 130 m p/min	van 25-45 gem. 33 m p/min.

Staat de wind dus op de inlaatopeningen dan is de aanvoersnelheid gem. 67 m per min.; hetgeen bij een inlaat van 300 cm^2 per s.g.v. overeenkomt met 120 m^3 per uur per s.g.v.

Ligt de stal evenwel aan de luwzijde dan wordt slechts gemiddeld 60 m^3 per uur per s.g.v. aangevoerd.

Wil men de vochtigheidsgraad zowel als de staltemperatuur kunnen beheersen dan is zelfs bij een gemiddelde luchtaanvoersnelheid de luchtverversingsmogelijkheid nog minimaal te noemen, zodat het ons juister voorkomt om 400 cm^2 als laagste grens te stellen, terwijl 500 cm^2 per s.g.v. nog beter is.

Voor de luchtaanvoercapaciteit is van groot belang de ligging van de stal ten opzichte van de windrichting.

De meeste stallen zijn gebouwd langs de Z. of Z.W. gevel, hetgeen voor de ventilatie het gunstigst is vanwege de overwegende winden uit deze richtingen.

Bij Z.W. wind wordt hierdoor meer lucht aangevoerd, hetgeen ook noodzakelijk is daar dikwijls dan de buitentemperaturen hoog zijn, evenals de r.v.

Bij N.O. winden wordt in deze stallen minder lucht aangevoerd, hetgeen minder bezwaarlijk is vanwege de dan buiten vaak voorkomende lage buitentemperaturen met eveneens lage r.v. (groot verschil tussen V_i en V_u).

Is een stal evenwel gebouwd langs de N.-gevel dan is deze niet alleen moeilijker op temperatuur te houden, doch ook een goede ventilatie is bijna niet te bereiken.

Wat het aanbrenge van vliegengaas voor de onderdorpels betreft gaven de verrichte metingen de volgende uitkomsten.

Bij een buitenwindsnelheid van 75 - 108, gemiddeld 94 m per min. was de luchtaanvoersnelheid aan de windzijde van 10 - 35, gem. 24 m per min. en aan de luwzijde van 0 - 22 $\frac{1}{2}$, gem. 11 m per min.

Het is duidelijk dat nu hier de luchtaanvoersnelheid tot op 1/3 is afgeremd, de inlaatopeningen moeten worden vergroot, om een redelijke luchtverversing mogelijk te maken.

De luchtafvoer.

De luchtafvoer kan op drie manieren plaats vinden nl. door:

- 1) Directe ventilatie
- 2) Indirecte ventilatie
- 3) Mechanische ventilatie

I Bij directe ventilatie wordt gebruik gemaakt van een goed geïsoleerde door de nok van het gebouw gaande ontluchtungskoker.

De stijgkracht of trek in deze kokers is afhankelijk van :

- a) het verschil in gewicht van de stallucht en buitenlucht.

De stijgkracht is groter naarmate het verschil in binnen- en buitentemperatuur groter is.

Uit alle door ons en door de Stichting Ratiobouw opgenomen windsnelheden in luchtkokers hebben wij onderstaande gemiddelde gegevens kunnen berekenen, die een verband aanduiden tussen het verschil in stal en buitentemperatuur en de windsnelheid in de kokers.

<u>Verskil tussen stal en buitentemperatuur</u>	<u>Windsnelheid in de kokers</u>
$t_i - t_u < 5^{\circ} C$	36 m/min
$t_i - t_u \quad 5 - 10^{\circ} C$	56 m/min
$t_i - t_u > 10^{\circ} C$	64 m/min

- b) de windkracht waardoor, indien de wind op de luchtaanvoeropeningen staat een overdruk in de stal wordt verkregen.

Deze kracht is groter naarmate de windsterkte groter is.

Verder is de wind ook nog van belang in verband met de ejectie werking bij de uitmonding van de koker, waardoor hier een zuigende werking ontstaat.

Bij horizontale of dwarsventilatie speelt de stijgkracht geen rol, terwijl zij geheel afhankelijk is van de windrichting en windsnelheid. De resultaten hiermee zijn dan ook veelal teleurstellend.

Als er weinig of geen wind is en hoe minder loodrecht de windrichting op de gevels staat, des te minder zal dwarsventilatie mogelijk zijn, terwijl bij sterke wind de kans op tocht verschijnselen toeneemt.

Aangaande de luchtkokers kan het volgende worden opgemerkt:

- 1) Hoe groot moet de minimale doorlaatopening zijn per s.g.v.

De doorsnede moet afhankelijk gesteld worden van de hoeveelheid af te voeren lucht en de windsnelheid in de koker.

De hoeveelheid lucht kan bepaald worden aan de hand van de vochtbalans in de stal en de veebezetting.

Over het algemeen kan een luchtverplaatsing via de kokers van 100 - 125 m³ per uur per s.g.v. worden aangenomen, waarbij dan bij hoge buitentemperaturen en hoge r.v. extra ontluchting door hooiluiken mogelijk moet zijn.

Wat de windsnelheid betreft werden door ons in de laatste drie jaar verschillende metingen verricht in diverse kokers onder alle voorkomende omstandigheden.

De windsnelheden waren hierbij als volgt:

Windsnelheid in koker in m/min.	Aantal waarnemingen	% van het aantal waarnemingen
< 30	18	15.9
30 - 60	46	40.7
60 - 90	30	26.6
> 90	<u>19</u>	<u>16.8</u>
Totaal	113	100,-

De gemiddelde windsnelheid in de koker werd hieruit door ons berekend op 51 meter per minuut.

Wij zijn evenwel van mening, dat deze cijfers aan de ongunstige kant zijn, daar hierbij zowel goede als minder goede kokers zijn betrokken. Een goed geïsoleerde en door de nok gaande koker zal dus veelal een betere trek geven als in bovenstaande cijfers is aangegeven.

De doorsnede van de koker kan nu worden berekend met de formule

$$Q = V \times D$$

Q = aantal m³ af te voeren lucht per uur per s.g.v.

V = windsnelheid in de koker in m/h

D = doorsnede van de koker in m² per s.g.v.

D is dus $\frac{Q}{V}$ m²/s.g.v. of $D = Q \times \frac{10000}{V}$ cm²/s.g.v.

Nemen wij nu de gemiddelde windsnelheid als basis dan kan bij een luchtverplaatsing van 125 m³ per s.g.v. met een koker van + 400 cm² per s.g.v. worden volstaan, waarbij opgemerkt moet worden dat extra ontluchting door hooiluiken etc. mogelijk moet zijn.

2) De isolatie.

Een luchtkoker moet zodanig geïsoleerd zijn, dat hierin geen condensatie kan optreden.

Hiervoor kunnen houtwoldementplaten worden gebruikt, alhoewel het

beter is om de kokers dubbelwandig te maken.

In Denemarken past men voor de isolatie ook goedkopere materialen toe, zoals vlasschoven met gaas.

3) De effectieve hoogte.

Hoe langer een koker is des te groter de stijgkracht. In een stal in een boerderij van het zogenaamde laagbouwtype kan het voorkomen, dat de onderdruk aan de luwzijde van de stal groter is als de stijgkracht, waardoor de koker terugslaat.

De aanvoeropeningen dienen in dergelijke gevallen aan de luwzijde zoveel mogelijk te worden gesloten en aan de windzijde geopend, zodat een overdruk in de stal ontstaat.

Aangaande het verschil in afvoercapaciteit bij verschillende kokerlengten werden door ons nog onvoldoende metingen verricht onder vergelijkbare omstandigheden waarom wij hierbij een tabel weergegeven ontleend aan de Duitse literatuur.

Luchtafvoer in m^3/h bij verschillende kokerlengten

Doorsnede in cm	effectieve hoogte van de luchtkoker in m		
	5	7	10
40 x 40	384	443	510
50 x 50	610	700	820
60 x 60	880	1020	1210
70 x 70	1220	1410	1640
80 x 80	1590	1871	2170

4) Vorm.

Bij metingen is ons gebleken, dat ronde kokers over het algemeen een betere trek hebben door de waarschijnlijk geringere weerstand van de opstijgende lucht.

Constructief biedt evenwel een vierkante koker voordelen.

5) Dwarsverbindingen dienen evenals bochten en vernauwingen zoveel mogelijk te worden vermeden, daar zij weerstand bieden aan de opstijgende lucht. Bochten tot 45° moeten evenwel veelal worden gemaakt daar het zeer belangrijk is dat de koker door de nok van het dak gaat, zodat in vele gevallen de koker gedeeltelijk schuin langs het dak moet worden opgetrokken. Verder is ook ter voorkoming van onnodige weerstand een gladde inwendige afwerking van de koker noodzakelijk.

6) De kokker moet van onderen al naar behoefte geheel of gedeeltelijk kunnen worden afgesloten.
Wanneer een brandvrije zoldering aanwezig is kan hiervoor het beste een schuif van asbestcementplaat worden gebruikt.

7) De luchtaanvoeropeningen mogen zich niet in de onmiddellijke omgeving van de kokker bevinden. Hierdoor wordt te veel verse lucht zonder stal-circulatie afgevoerd.
Over het algemeen kan een minimale afstand tussen luchtaan- en afvoeropeningen van 4 m worden aangenomen.

8) De kokkers dienen zo mogelijk door de nok van het dak te gaan en moeten anders in elk geval hierboven uitsteken om "terugslag" in de kokkers te voorkomen.
Ook hoge bomen en gebouwen in de omgeving kunnen soms terugslag veroorzaken.

9) De kokker dient boven dusdanig uit te monden, dat een goede ejectie wordt verkregen.
Om het inregenen en insneeuwen te voorkomen, is het aan te bevelen om boven de uitmonding een kapje aan te brengen.

Dit kapje moet aan de onderzijde horizontaal en vlak zijn teneinde luchtwervelingen en dientengevolge terugslag in de kokker te voorkomen.

Uit de resultaten der verrichte metingen is niet gebleken, dat een kokker welke niet is afgedekt minder goed zuigt als die welke met een van onderen vlak kapje is afgedekt.

Zeer slechte ervaringen heeft men met de kappen, welke van boven dicht zijn en aan de zijkanten van jalouzielatten voorzien.

Verder bleek dat het plaatsen van een Rotorzuigkap de afvoercapaciteit veelal wel vergroot, doch bij buitenwindsnelheden beneden de 75 m/min. de afvoer capaciteit afremt.

Het nuttig effect van een zuigkap wordt door deze eigenschap veel geringer, daar juist bij lage windsnelheden de luchtafvoer ook niet wordt bevorderd door een eventuele overdruk in de stal.

10) Over de vraag of een grote of meerdere kleinere kokkers op een stal mochten worden geplaatst, is nog geen definitief antwoord te geven. Wel wijzen Nederlandse ervaringen er op dat in een dubbelrijige stal van 30 koeien met één grote kokker kan worden volstaan.

In Denemarken en in de Verenigde Staten van Amerika is men eveneens van mening dat grote kokkers gewenst zijn.

In enkelrijige stallen komt het ons evenwel gewenst voor om per 15 koeien een kokker te plaatsen, daar anders het gevaar van het ontstaan van dode hoeken in de stal niet denkbeeldig is.

Er zij hierbij nog op gewezen dat, wil het ventilatiesysteem goed functioneren, een goede regeling onmisbaar is.

Bij het regelen, dat is dus het meer of minder ver openen van aanvoeropeningen en soms van afvoeropeningen, moet worden gelet op:

1. De temperatuur in de stal
2. De vochtigheidsgraad in de stal
3. Het optreden van tocht in de stal
4. Het voorkomen van onaangename geuren in de stal

Op het gevoel zijn de temperatuur en vochtigheidsgraad niet te bepalen, waarom dan ook een goede thermometer en psychrometer in de stal onmisbaar is.

II. Indirecte ventilatie.

De indirecte ventilatie wijkt alleen wat de luchtafvoer betreft af van de directe ventilatie doordat geen luchtkoker is aangebracht.

Het weglaten van de luchtkoker gebeurt uit bezuinigingsoverwegingen daar bij de bouw van een goede dubbelwandige koker, al naar gelang de hoogte van het gebouw, F. 1000 - 2000 moeten worden ingevesteed.

Voer de luchtafvoer uit de stal doen nu de hoelijken dienst, terwijl de schuur weer door nokventilatie wordt ontlucht.

Bij windstil weer heeft de luchtafvoer uitsluitend plaats onder invloed van het temperatuursverschil van de stal en buitenlucht.

Veelal evenwel oefent de wind een grote invloed uit op dit ventilatiesysteem door het ontstaan van een zekere over- of onderdruk bij de lucht-aanvoeropeningen.

De ventilatie wordt geregeld door het meer of minder openen of sluiten van de luiken of onderdorpels en vraagt nog meer zorg als bij de directe ventilatie.

De stand van de luiken en onderdorpelkleppen is afhankelijk van de buitentemperaturen, windrichting en windsnelheid.

Nemen wij hiervoor als voorbeeld een enkelrijige Friese stal gebouwd langs de Z. gevel met een dubbelrijige dwarsstal langs de O. gevel.

Bij hoge buitentemperaturen waren hier alle onderdorpels en luiken geopend.

De wind was in dit geval veelal Z. of Z.W., waardoor de luchtaanvoer plaats vond door de onderdorpels aan de Z. zijde, terwijl de afvoer geschiedde door de luiken en de onderdorpels in de dwarsstal.

Bij lage buitentemperaturen zijn N. en N.O. winden overheersend, waardoor langs de Z. gevel een zekere onderdruk ontstaat.

De luchtaanvoer had dan plaats door enkele onderdorpels en luiken in de dwarsstal en enkele luiken boven de mestgang in de langstal.

De luchtafvoer vond in dit geval plaats door de onderdorpels langs de Z. gevel, terwijl de voerluiken boven de koeien gesloten bleven ter voorkoming van val van koude lucht op de koeien.

Bij een dubbelrijige stal met aan beide zijden buitenmuren is de kans op "terugschlag" door de luiken minder groot, daar steeds door het sluiten van de aanvoeropeningen aan de luwzijde een zekere overdruk in de stal ontstaat.

De doorsnede van de afvoerluiken, welke tevens als voederluiken kunnen fungeren is afhankelijk van de maximale hoeveelheid af te voeren lucht en de windsnelheid bij de luiken.

Ter bepaling van de windsnelheid werden verschillende metingen verricht, waaruit een gemiddelde kon worden berekend van 29 m/min.

De hoeveelheid af te voeren lucht moet ongeveer gesteld worden op 175 m³/ s.g.v./per uur. Deze hoeveelheid is iets ruimer genomen als bij gebruikmaking van kokers, daar nu geen reserve afvoerluiken worden gevraagd.

Evenals bij de berekening van de doorsnede van de koker kan ook de doorsnede van de afvoerluiken berekend worden met de formule

$$Q = V \times D$$

Q = aantal m³ af te voeren lucht per s.g.v. per uur

V = Windsnelheid bij de luiken in m/h

D = Doorsnede luiken in m² per s.g.v.

D is dus $\frac{Q}{V}$ m² / s.g.v. of $D = Q \times \frac{10.000}{V}$ cm² per s.g.v.

$$\text{Uitgedrukt in cijfers } \frac{175 \times 10.000}{1740} = 1000 \text{ cm}^2 / \text{s.g.v.}$$

In de praktijk brengt de grootte der afvoeropeningen vaak geen moeilijkheden met zich mee, daar aan het iets groter maken hiervan geen extra kosten zijn verbonden.

Dit systeem brengt dus geen extra investering met zich mee, terwijl bij een nauwgezette regeling van de lucht aan- en afvoer in de onderzochte stallen steeds een zeer gunstig stalklimaat werd verkregen.

Fluctuaties bleven tot het minimum beperkt, terwijl de staltemperaturen nabij het optimale lagen met een voor rundveestallen in ons land zeer lage vochtigheidsgraad.

Als voorbeeld worden onderstaande cijfers weergegeven, welke worden verkregen uit het onderzoek in de reeds eerder genoemde enkelrijige Friese stal met dubbelrijige dwarsstal.

<u>Maand</u>	<u>Staltemperatuur</u>			<u>r.v.</u>	<u>Buitentemperatuur</u>			
Nov.	van 10½	tot 16	°C	gem. 14.3°C	87%	van ½	tot 10½°C	gem. 6.3°C
Dec.	" 10	" 16½	°C	" 13.7°C	83%	" - 3	" 10½°C	" 6.3°C
Jan.	" 8	" 15½	°C	" 12.3°C	84%	" -10½	" 7½°C	" -0.8°C
Febr.	" 10	" 13½	°C	" 12°C	82%	" -11	" 4°C	" -4.4°C
Maart	" 11	" 17	°C	" 13.8°C	79%	" - 2½	" 8°C	" 2.7°C
April	" 13	" 17	°C	" 15.1°C	74%	" - 1½	" 10°C	" 3.6°C
Mei	" 15½	" 20½	°C	" 17.3°C	71%	" - 1	" 10½°C	" 5.6°C

Zoals reeds eerder werd genoemd moet bij toepassing van dit ventilatiesysteem de schuur weer worden ontlucht, hetgeen het beste kan geschieden door "nokventilatie".

Deze nokventilatie kan op verschillende manieren worden bereikt:

- a) Door het plaatsen van enkele luchtkokers door de nok van het dak. Deze kokers moeten boven met een van onder vlak en horizontaal kapje worden afgedekt, waardoor het inregenen wordt voorkomen. Kokers met jalouzielatten zijn ook hier minder geschikt.
- b) Even doeltreffend, goedkoper en aesthetisch beter verantwoord, kunnen kraagbuizen of ventilatiepannen voor de ontluchting worden toegepast. Bij een rietendakbedekking worden kraagbuizen gebruikt van 50 cm lengte en een diameter van 18 cm. Men legt deze buizen van binnenuit, bijna horizontaal, en tegenover elkaar in de nok van de schuur door het dak.

In de schuren met pannenbedekking met b.v. stopriet kan in de nok van de schuur de bovenste meter stopriet aan beide zijden worden weggelaten. In deze bovenste meter worden tegenover elkaar verschillende ventilatiepannen gelegd. Daar het hierbij gaat om een zo groot mogelijke luchtdoorstroemmogelijkheid moeten de ventilatiepannen waarvan de doorlaateningen nog met dwarsbalkjes voor de wering van vogels zijn verkleind, worden afgeraden.

Het beste lenen zich voor dit doel de met de hand gevormde duiven- en uilenpannen. Tevens kunnen, indien nodig, de uileborden van jalouzielatten worden voorzien, waardoor bij iedere windrichting wordt geventileerd.

In hoeverre de vochtige staldampen, welke door de schuur trekken op de lange duur nadelig zijn voor de dakbedekking en houtconstructie, blijft voorlopig een open vraag.

Wel is geconstateerd dat tijdens de stalperiode het riet in diverse schuren practisch steeds droog bleef, hetgeen aan de aanwezige nokventilatie moet worden toegeschreven.

Ook moet nog meer ervaring worden opgedaan en onderzoek plaats vinden naar de invloed van de staldampen op de in de schuur opgeslagen landbouwproducten, zoals b.v. hooi en vlas.

Tot slot zij er op gewezen, dat in de schuren met een besloten kap, moeilijker nokventilatie kan worden toegepast vanwege het gevaar voor condensatie en schimmelvorming.

III. Mechanische ventilatie.

De mechanische ventilatie is vooral op haar plaats bij de verbetering van bestaande stallen alwaar men de bouw van een dubbelwandige door de nok gaande koker te kostbaar, en het indirecte ventilatiesysteem te riskant vindt.

Dit laatste zal vooral het geval zijn op akkerbouwbedrijven waar veel vlas in de schuur wordt opgeslagen om in de wintermaanden te worden verwerkt.

Bij de toepassing der mechanische ventilatie kunnen de te gebruiken ringventilatoren de verse lucht in de stal blazen of de bedorven lucht af zuigen.

Door het inblazen van verse lucht is een behoorlijk stalklimaat te verkrijgen, doch de bezwaren hiervan zijn dat gemakkelijk tochtverschijnselen optreden, terwijl tevens ook een behoorlijk luchtafvoer aanwezig moet zijn.

Om deze redenen worden over het algemeen de ringventilatoren gebruikt om de bedorven stallucht af te zuigen, waarbij op vele plaatsen dan ook zeer gunstige resultaten werden bereikt.

Alhoewel naar het gebruik van ringventilatoren voor de ontluchting van rundveestallen het onderzoek nog gaande is kunnen, hieromtrent reeds de volgende mededelingen worden gedaan.

1. De luchtverplaatsingscapaciteit.

Bij het onderzoek naar de gewenste capaciteit hebben praktijkwaarnemingen aangetoond, dat de luchtverversing zodanig moet zijn dat de geproduceerde waterdamp met de lucht kan worden afgevoerd.

Hierdoor kan dus evenals bij de directe ventilatie worden uitgegaan van een gemiddelde luchtverversingscapaciteit van $125 \text{ m}^3/\text{h/s.g.v.}$

Bij gebruik van ventilatoren moet evenwel rekening worden gehouden met een zeker capaciteitsverlies, hetwelk veroorzaakt wordt door de wind buiten op de ventilator of de onderdruk in de stal.

Ter bepaling van het gemiddelde capaciteitsverlies werden verschillende metingen verricht bij verschillende windrichtingen en windsterkten.

	Plaats van de ventilator aan de	
	Luwzijde	Windzijde
Capaciteitsverlies gemiddeld	12%	23%
Overeenkomend met een weerstand van	1.9 mm W.K.	3.3 mm W.K.

Bij plaatsing van de ventilator in de N.O. gevel wordt bij Z.W. wind de meeste lucht verplaatst, hetgeen gunstig is in verband met de dan algemeen voorkomende hoge buitentemperaturen en hoge r.v.

Het rendementsverlies is dan 12%, zodat voor de verplaatsing van $125 \text{ m}^3/\text{h/s.g.v.}$ een ventilator nodig is met een capaciteit van 140 - $150 \text{ m}^3/\text{h/s.g.v.}$

Evenwel kan ook bij deze capaciteit bij zeer hoge buitentemperatuur nog niet helemaal voldoende luchtverversing plaats vinden, zodat extra ontluchting door middel van hooiluiken en deuren in voorkomende gevallen aanbeveling verdient.

Om het staklimaat geheel te kunnen beheersen, zonder dat het nodig is om bij zeer hoge buitentemperaturen door hooiluiken extra ontluchting toe te passen, lijkt het ons nodig dat proeven worden genomen met ventilatoren, welke op twee toerentallen kunnen draaien.

Bij 700 toeren zouden in de winter 75 m^3 per koe per uur moeten worden afgevoerd en in het voorjaar en najaar bij 1400 toeren $150 \text{ m}^3/\text{h/s.g.v.}$

In verband met het weerstandsverlies zou de capaciteit dus bij 700 en 1400 toeren resp. 85 en $170 \text{ m}^3/\text{h/s.g.v.}$ moeten zijn.

2. De plaats.

De plaats, waar de ventilator wordt aangebracht, moet dusdanig zijn, dat de stallucht naar buiten wordt goblazen.

Het is mogelijk om de ventilator in een slecht trekkende koker te plaatsen, doch in het algemeen verdient het aanbeveling om de bedorven lucht direct door de buitengevel af te voeren.

Dit is vaak moeilijk te bereiken in Friese stallen vanwege de aanwezige koestanden langs de zijgevel, waarom hier vanaf de ventilator een horizontale

koker langs het plafond kan worden gebouwd, welke boven de mostgang uitmond.

Met nadruk moet er op worden gewezen, dat de ventilator in de N., O. of N.O. gevel moet worden geplaatst in verband met de in Nederland overheersende Z.W. winden.

Bij Z.W. winden wordt hierdoor de grootst mogelijke luchtverplaatsingscapaciteit verkregen.

In de praktijk bleek dat bij plaatsing in de Z.W. gevel de stallucht bij Z.W. wind ± 7 m vanaf de ventilator werd aangezogen, terwijl de rest van de bedorven stallucht met de buitenwind mee naar het andere einde van de stal werd verplaatst, om daar te ontwijken door de in het plafond gemaakte lucht-aanvoeropeningen.

Tot slot kan het eveneens van belang zijn dat de ventilator zo hoog mogelijk onder het plafond wordt aangebracht in verband met de daar aanwezige warmere lucht welke moet worden afgezogen. Mochten tijdens vorstperioden de staltemperaturen te laag worden, dan kan de lucht bij de vloer worden afgezogen met een verticale aanzuigkoker. Dit laatste systeem wordt ook in de Scandinavische landen en in de U.S.A. veel toegepast.

3. Of één grote of meerdere kleine ventilatoren in een stal moeten worden geplaatst kan nog niet definitief worden gezegd, daar dit van verschillende factoren afhangt.

De praktijkervaringen wijzen er op, dat waar mogelijk, aan een grote ventilator de voorkeur moet worden gegeven, in verband met de hoger te overwinnen tegendruk, en de lagere aanschaffingsprijs per m^3 luchtverplaatsing. De maximale afzuigafstand kan bij plaatsing in de N.O. gevel voorlopig op ongeveer 20 meter worden gesteld.

4. Om bij de weerstand, welke wordt veroorzaakt door winddruk en onderdruk in de stal nog een redelijke luchtverplaatsing te geven moet de ventilator minimaal een tegendruk kunnen overwinnen van 10 mm. W.K.

Theoretisch is de winddruk volgens de formule $\frac{v^2}{2g} \times 1,25$ bij onderstaande windsnelheden als volgt:

<u>Windsterkte</u>	<u>Snelheid in m/sec.</u>	<u>Druk in mm. W.K.</u>
Zwak	0.25	0.004
Matig	4.-	1.02
Krachtig	10.-	6.37
Stormachtig	15.-	14.33

Daar de wind praktisch nooit recht op de ventilator staat, is de druk hierop vanzelfsprekend veelal aanmerkelijk lager.

Ter beveiliging bij zeer harde storm is het noodzakelijk om aan de buitenzijde voor de ventilator een schuif of klep te maken.

Ook kan door het aanbrengen van een naar beneden omgebogen asbest-cementbocht het inwaaien worden voorkomen, doch bij metingen bleek, dat hierdoor de capaciteit soms tot op 50% werd afgeremd.

Zelfsluitende jalouzie's voorkomen eveneens het inwaaien en inregenen en behoeven niet te worden geregeld.

Het bezwaar hiervan is evenwel de korte levensduur, terwijl het regelmatig schoonmaken van de klepjes nogal eens wordt vergeten.

5. De ventilator moet vocht- en zuurbestendig zijn uitgevoerd, en in verband met de smering bij voorkeur van kogellagers zijn voorzien.

6. Stroomverbruik en afschrijving.

Wanneer de ventilator tijdens de stalperiode 150 dagen door continu draait kan het stroomverbruik als volgt worden aangenomen:

Veebezetting	Capaciteit m ³ /h	Wattverbruik per et-		
		maal totaal	per s.g.v.	Verbruik per 150 dg/s.g.v.
10 koeien	1500	2040	204	30.6
20 koeien	3000	3400	170	25.5
30 koeien	4500	5280	176	26.4

Hieruit blijkt dat het stroomverbruik per m³-luchtverplaatsing bij een grote ventilator iets lager is als bij de kleinere.

Ook het te investeren bedrag is bij aankoop van een kleine ventilator hoger nl. F. 15,- per s.g.v. tegen F. 10,- per s.g.v. bij een grote ventilator. Verder moeten ook de installatiekosten in rekening worden gebracht.

Schrijven wij nu een ventilator af in 10 jaar en berekenen we een stroomprijs van 9 cent per K. Watt dan zijn de kosten van een ventilator gemiddeld F. 4,- per jaar per s.g.v.

7. De luchtaanvoeropeningen.

In principe moeten de aanvoeropeningen dusdanig zijn aangebracht, dat een regelmatige luchtcirculatie zonder tocht in de stal plaats vindt, en waarbij geen zogenaamde dode hoeken mogen blijven bestaan.

De voorkeur moet worden gegeven aan aanvoeropeningen in de buitengevel. Staat de wind op deze aanvoeropeningen, dan wordt de capaciteit van de ventilator vergroot, terwijl bij onderdruk langs de buitengevel een gedeelte van de aanvoeropeningen voor de afvoer dienst doen.

Is deze wijze van luchtinvoer evenwel niet mogelijk dan kunnen openingen in het stalplafond worden gemaakt, zodat de verse lucht uit de tasruimte kan worden aangezogen.

Deze lucht heeft een iets hogere temperatuur, doch men mist hierbij de stuwende werking van de wind.

Evenals bij aanvoer van verse lucht door de buitengevel moeten ook de luchtaanvoeropeningen in het plafond kunnen worden afgesloten, daar men anders bij N.O. wind het risico loopt dat een gedeelte van de bedorven stallicht naar de schuur ontwijkt.

Slotconclusies.

In dit rapport is naast een theoretische beschouwing een overzicht gegeven op welke manieren een stal goed kan worden geventileerd.

Systemen, welke minder goede of slechte resultaten opleverden, zoals b.v. horizontale luchtafvoerkokers over de zolders enz. werden niet in het onderzoek betrokken.

Ditzelfde geldt ook voor luchtkokers, welke tevens als hooistortkokers worden gebruikt, daar de trek hierdoor in de regel te gering is.

Ook is wel duidelijk geworden dat de ligging van de stal ten opzichte van de windstreken van groot belang is voor een doeltreffende ventilatie.

De ervaring is, dat stallen op het Zuiden in de winter warmer zijn, waardoor meer kan worden geventileerd, hetgeen ook mogelijk is door de stuwkracht van de Z.W. wind op de onderdorpels.

Over het algemeen moet gezegd worden, dat de ventilatie van iedere stal een apart probleem is en dat door de ervaring geleerd moet worden hoe onder bepaalde omstandigheden het ventilatiesysteem geregeld moet worden.

Daar evenwel nog vele problemen blijven bestaan zal ook in de toekomst met waarnemingen in de praktijk moeten worden voortgegaan.

In verband met het indirecte ventilatiesysteem is een nader onderzoek naar de invloed van de staldampen op de bedrijfsgebouwen en de daarin

opgeslagen landbouwgewassen zeer urgent, terwijl verdere metingen noodzakelijk zijn aangaande de stuwkracht van de wind bij verschillende windsnelheden en de invloed hiervan op de luchtverplaatsingscapaciteit van luchtkokers en ventilatoren.

Ook is nog onvoldoende bekend over het rendement van de in de handel zijnde zuigkappen, terwijl omtrent de mechanische ventilatie voor de toekomst nog vele vragen blijven bestaan.

Wageningen, Juli 1954.