

# Is de Serrestal een geschikt huisvestingsstelsel voor modern melkvee onder Nederlandse omstandigheden?



**Drs. E.A.Raven**

**Begeleider: Dr. F.J.C.M van Eerdenburg**

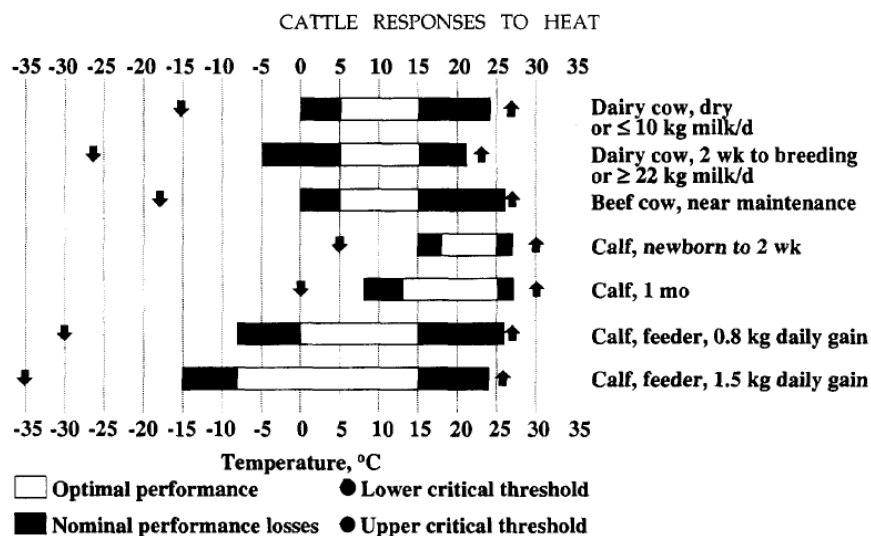
## Inhoud

Introductie en motivatie: .....	2
Beschrijving van het klimaat in Nederland over de periode 2005-2011 .....	4
Hoofdstuk 1 Klimaat rundvee:.....	6
Thermoregulatie:.....	6
Thermoneutrale zone .....	7
Gevolgen van het overschrijden van de LCT en UCT:.....	8
Invloed van de huisvesting: .....	9
Hoofdstuk 2: Invloed van licht op productie .....	9
Hoofdstuk 3: Materiaal en Methoden.....	10
Hoofdstuk 4: Resultaten Klimaat.....	12
Luchtsnelheid .....	12
Temperatuur: .....	13
Relatieve Luchtvochtigheid: .....	15
Lux .....	17
Ventilatie patroon: .....	19
Discussie: .....	20
Conclusies:.....	21
Bibliografie .....	23
Appendix.....	25

## Introductie en motivatie:

De afgelopen jaren is er een nieuwe ontwikkeling op gang gekomen op het gebied van stalconstructies voor melkvee. Een van de meest vooruitstrevende concepten is de serrestal. Het bedrijf IDagro is in Nederland de hoofdontwikkelaar van dit type stallen (Info over IDagro BV, 2008). IDagro heeft de foliestallen geregistreerd onder de merknaam serrestal. De in het oog springende verschillen tussen een serrestal en een conventionele stal zijn: de licht doorlatende foliebedekking van het dak en de boogconstructie die de traditionele dakspanten met golfplaten vervangt. Een van de belangrijkste argumenten om op dit moment voor een serrestal te kiezen, zijn de lagere bouwkosten voor de bovenbouw, volgens de producent kunnen deze tot 30% lager uitvallen. Het ventilatie principe van de serrestallen is gebaseerd op dwarsventilatie. De stallen hebben open zijwanden en in de meeste gevallen een gesloten boogconstructie als dak. In de agrarische sector is de serrestal enorm in opkomst en er zijn in een relatief korte periode een groot aantal serrestallen verschenen in het Nederlandse landschap. Er is weinig bekend wat voor effecten deze dakconstructie heeft op het klimaat en dierprestaties. Aangezien de belangstelling naar dit type stal enorm is toegenomen is onderzocht wat de effecten zijn van deze dakconstructie op het klimaat en op de dierprestaties in de melkveehouderij.

Doordat de afgelopen decennia de veestapel steeds verder is geselecteerd op positieve productie kenmerken is de productie per dier toegenomen. Dieren die meer melk produceren moeten ook meer voer opnemen. Het basaal metabolisme neemt dus toe (Collier, 2006), hierdoor stijgt ook de warmteproductie per dier. Dit heeft gevolgen voor de eisen aan huisvesting en klimaat. Moderne melkkoeien zijn "koud weer" dieren. Dat wil zeggen dat het ze beste functioneren bij lage temperaturen. Het klimaat waarin het dier leeft is in te delen in een aantal gebieden. De thermische comfortzone: "temperatuurstraject waarbij het dier zich prettig voelt" bij hoogproductieve melkkoeien ligt dit traject tussen -5 en 21 graden Celsius.



Figuur 1: Temperatuur zones rundvee (Hahn, 1997) (Eerdenburg, Personal communication, 2012)

Een breder temperatuurstraject is de thermoneurale zone: "traject waarbij het dier in staat is zijn lichaamstemperatuur passief constant te houden, zonder dat dit energie kost". Nog breder is de homeothermie zone, ook hier kan de temperatuur constant worden gehouden maar dit kost energie. De thermoneurale zone voor melkvee ligt tussen -37 en 20 graden Celsius (Eerdenburg, Personal communication, 2012). Dit gebied wordt begrensd door de "onderste kritieke temperatuur" welke ligt tussen -37 en -16 graden Celsius (Hamada, 1971), waaronder er sprake is van koude stress en de extra warmte productie die noodzakelijk is om de lichaamstemperatuur voldoende hoog te houden ten koste gaat van de melkgift. En de "bovenste kritieke temperatuur" deze ligt tussen de 18 en 22 graden Celsius. Bij temperaturen boven de bovenste kritieke

temperatuur daalt de melkgift, de droge stof opname en verandert de samenstelling van de melk. (McDowell, 1976)

Veel onderzoeken over hittestress bij melkkoeien richten zich op subtropische gebieden. Binnen temperaturen van 26 graden Celsius worden in de Nederlandse zomers echter ook regelmatig gehaald (Informatie over Klimaat in Nederland, 2012). Temperatuur is echter maar een klein deel van het stalklimaat. De omgeving van de dieren is te omschrijven als lucht, licht en geluid. Waarbij lucht kan worden verdeeld in stalklimaat en luchtkwaliteit. Deze deelgebieden vallen uiteen in respectievelijk luchttemperatuur, luchtvochtigheid en luchtsnelheid en concentratie stof, concentratie ammoniak en de concentratie van CO<sub>2</sub> en andere vluchtige stoffen. Hierbij is ventilatie van belang voor zowel stalklimaat als luchtkwaliteit. Het ventilatiebediet (luchtverversing per tijdseenheid) speelt een belangrijke rol bij de afvoer van warmte, vocht en vluchtige stoffen als CO<sub>2</sub>, ammoniak en dergelijke. De belangrijkste variabelen die bepalend zijn voor de omgevingstemperatuur zijn Luchttemperatuur, Relatieve luchtvochtigheid en Luchtsnelheid. Voor elk van deze variabelen geldt dat er geen harde grenswaarden bekend zijn voor het meest wenselijke klimaat voor rundvee. Bij een hoge luchttemperatuur zijn een lage relatieve vochtigheid en een hoge luchtsnelheid gewenst zodat een dier zijn warmte goed kan afgeven aan de omgeving. In een omgeving met een hoge temperatuur en daarnaast een hoge Relatieve Luchtvochtigheid kan een dier zijn warmte slecht kwijt. Dit verband is uitgedrukt in de Thermal Humidity Index ( $THI = (0,8 * T) + (RH/100) * (T - 14,4) + 46,4$ ). In Appendix is dit 1 schematisch weergegeven. Uit de THI komen 5 zones voort die een richting geven voor het wel of niet voorkomen van hitte stress. Zone A (THI <72) geen hitte stress, Zone B (THI 72-78) matige hitte stress, Zone C (THI 78-89) ernstige hitte stress, Zone D (THI 89-98) zeer ernstige hitte stress, Zone E (THI >96) risico op sterfte (Bouraoui, 2002).

In dit onderzoek wordt onderzocht of een serrestal in staat is om een acceptabel klimaat te verschaffen aan moderne, hoogproductieve, melkkoeien. Om dit te bereiken zijn in de winter van 2009, 45 serrestallen bezocht. Hierbij zijn gegevens verzameld over het klimaat in de stal en is er een aanvullende enquête gehouden over de indeling van de stal. Om het klimaat in de serrestallen te kunnen kwantificeren zullen eerst op basis van de meest recente literatuur over klimaateisen voor melkvee een aantal vragen beantwoord moeten worden.

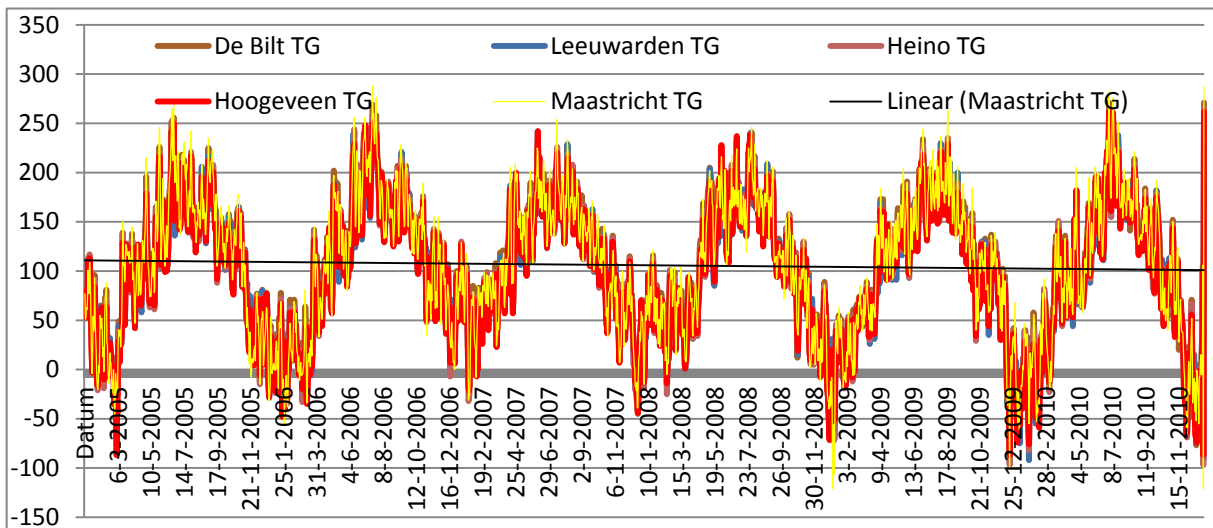
## Beschrijving van het klimaat in Nederland over de periode 2005-2011

Voor we verder gaan met de thermoregulatie van hoogproductief rundvee zullen we eerst in het kort het klimaat bespreken waar deze dieren dagelijks aan blootgesteld worden. In de onderstaande tabel zijn het aantal "extreme" dagen weergegeven per jaar in Nederland. Hieruit blijkt dat het aantal warme en zomerse dagen is toegenomen over de afgelopen jaren. Ook blijkt dat in Nederland ongeveer 30 dagen per jaar de temperatuur boven de 25 graden Celsius ligt.

Type dagen	Bereik	Norm	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ijsdagen	(max. temp. lager dan 0,0 °C)	8	3	2	2	3	9	29
Vorst dagen	(min. temp. lager dan 0,0 °C)	58	48	60	35	55	56	88
Warme dagen	(max temp. 20,0 °C of hoger)	77	88	110	97	95	94	90
Zomerse dagen	(max. temp. 25,0 °C of hoger)	22	34	51	20	26	27	27
Tropische dagen	(max. temp. 30,0 °C of hoger)	3	4	13	1	1	1	3

Tabel 1: indeling dagen, (Informatie over Klimaat in Nederland, 2012)

De etmaalgemiddelde temperatuur van 2005 t/m 2010 is weergegeven in de onderstaande grafiek. De metingen in het kader van dit onderzoek zijn uitgevoerd in de winter van 2008/2009. Deze grafiek illustreert duidelijk de temperatuur waar Nederlandse runderen het jaar rond aan blootgesteld worden. Omdat het de etmaalgemiddelde temperatuur betreft zijn de extremen weggevallen in deze grafiek. Maar het is duidelijk dat koeien in Nederland in de zomer regelmatig moeten omgaan met temperaturen boven de 20 graden en incidenteel met temperaturen van 25 graden voor 24 uur of langer. Naast deze conclusie is duidelijk te zien dat de trendlijn van de gemiddelde temperatuur langzaam daalt. De pieken zijn echter wel hoger.



Grafiek 1: etmaal gemiddelde temperatuur, (Informatie over Klimaat in Nederland, 2012)

DDVEC: Vectorgemiddelde windrichting in graden	TNH: Uurvak waarin TN is gemeten
FG: Etmaalgemiddelde windsnelheid (in 0.1 m/s)	TX: Maximum temperatuur (in 0.1 graden Celsius)
FHX: Hoogste uurgemiddelde windsnelheid (in 0.1 m/s)	TXH: Uurvak waarin TX is gemeten
FHXH: Uurvak waarin FHX is gemeten	UG: Etmaalgemiddelde relatieve vochtigheid (in procenten)
FHN: Laagste uurgemiddelde windsnelheid (in 0.1 m/s)	UX: Maximale relatieve vochtigheid (in procenten)
TG: Etmaalgemiddelde temperatuur (in 0.1 graden Celsius)	UXH: Uurvak waarin UX is gemeten
TN: Minimum temperatuur (in 0.1 graden Celsius)	

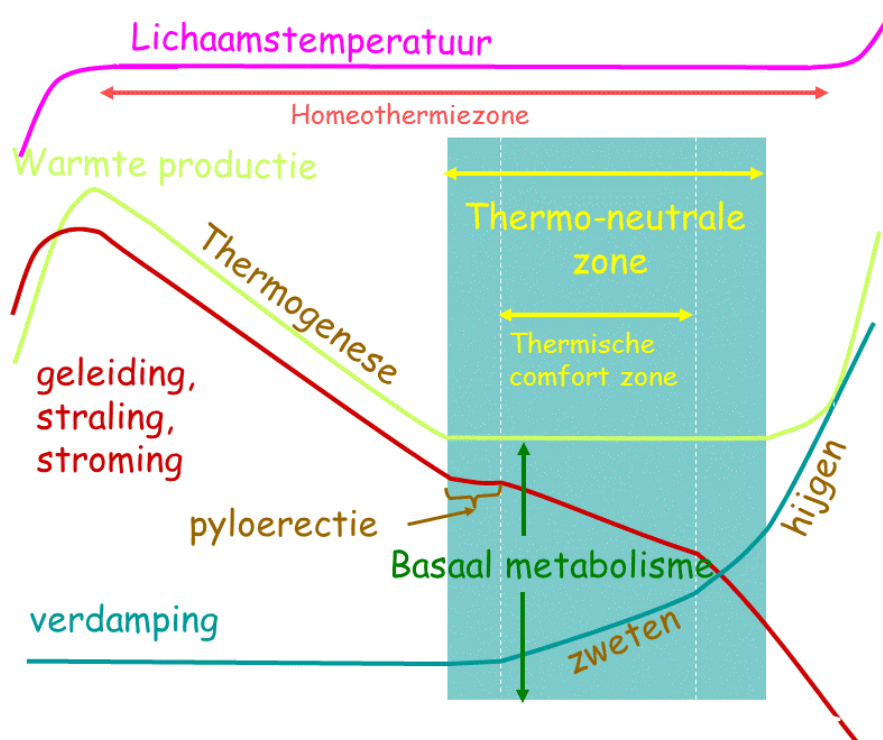
gegevens ten tijde van onderzoek	De Bilt			Leeuwarden			Heino			Hoogeveen			Maastricht			Nederlands gemiddelde			
	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	
DDVEC	152,7	8	337	153,6	23	313	151,6	8	345	155,49	11	353	152,94	3	353	DDVEC	153,266	10,6	340,2
FG	39,375	16	80	50,708	15	120	34,861	10	79	47,125	15	100	48,819	11	112	FG	44,1776	13,4	98,2
FHX	55,972	30	110	71,25	20	150	50,694	20	110	65,417	30	140	70,278	20	150	FHX	62,7222	24	132
FHXH	9,75	1	24	10,042	1	24	8,9028	1	22	9,9028	1	23	9,5833	1	24	FHXH	9,63618	1	23,4
FHN	23,611	0	70	29,167	0	100	19,306	0	50	27,222	0	80	27,222	0	70	FHN	25,3056	0	74
TG	25,139	-79	130	18,667	-92	114	18,958	-97	127	16,125	-87	119	25,458	-101	139	TG	20,8694	-91,2	125,8
TN	-1,333	-115	98	-8,431	-152	92	-10,51	-154	96	-9,611	-141	90	-2,972	-135	109	TN	-6,5714	-139,4	97
TNH	12,681	1	24	11,861	1	24	12,708	1	24	10,917	1	24	12,375	1	24	TNH	12,1084	1	24
TX	46,833	-47	160	39,486	-43	142	40,042	-69	161	36,194	-71	152	48,097	-55	170	TX	42,1304	-57	157
TXH	13,028	1	24	12,097	1	23	12,986	1	24	12,875	1	24	12,611	1	24	TXH	12,7194	1	23,8
UG	86,472	66	97	91,264	80	99	87,528	73	99	91,097	76	100	85,736	69	98	UG	88,4194	72,8	98,6
UX	94,222	77	99	97,014	90	100	94,792	86	99	96,889	85	100	93,5	77	99	UX	95,2834	83	99,4
UXH	11,458	1	24	11,764	1	24	10,486	1	24	10,375	1	24	11,514	1	24	UXH	11,1194	1	24
2005-2011	De Bilt			Leeuwarden			Heino			Hoogeveen			Maastricht						
	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	Gem	Min	Max	
DDVEC	194,80	1	360	195,6	1	360	192,5	2	360	194,6	1	360	187,8	1	360	DDVEC	193,06	1,2	360
FG	33,50	8	94	47	11	136	31	4	106	40	8	113	41,6	11	119	FG	38,62	8,4	113,6
FHX	51,30	10	140	71,1	20	190	49,9	10	180	61,7	10	180	62,9	20	210	FHX	59,38	14	180
FHXH	10,80	1	24	11,3	1	24	10,7	1	24	11,4	1	24	10,5	1	24	FHXH	10,94	1	24
FHN	16,70	0	70	23,3	0	100	13,6	0	80	20	0	90	21,6	0	90	FHN	19,04	0	86
TG	105,70	-79	271	99,8	-92	244	100,9	-97	266	98,9	-87	262	105,9	-121	288	TG	102,24	-95,2	266,2
TN	6,40	-144	205	62,3	-163	197	56,4	-172	192	57	-197	186	65,6	-162	217	TN	49,54	-167,6	199,4
TNH	11,10	1	24	11,5	1	24	11,2	1	24	11	1	24	10,5	1	24	TNH	11,06	1	24
TX	145,70	-61	357	134,3	-52	325	142,3	-69	354	139,7	-71	347	146	-78	363	TX	141,6	-66,2	349,2
TXH	13,70	1	24	13,2	1	24	13,62	1	24	13,6	1	24	13,9	1	24	TXH	13,604	1	24
UG	81,20	41	100	83,6	42	100	82,7	40	100	83,5	42	100	79,2	37	100	UG	82,04	40,4	100
UX	95,20	56	100	94,5	60	100	95,8	63	100	95,9	59	100	93	54	100	UX	94,88	58,4	100
UXH	9,40	1	24	10	1	24	9,2	1	24	8,7	1	24	9	1	24	UXH	9,26	1	24

Tabel 2: klimaat gegevens nederland 2005-2011 vergeleken met onderzoeksperiode, (Informatie over Klimaat in Nederland, 2012)

Zoals uit tabel 2 af te leiden is zijn de belangrijkste verschillen tussen het klimaat in nederland over de afgelopen 6 jaar en de onderzoeksperiode te vinden in de temperatuur. De etmaal gemiddelde temperatuur lag tijdens het onderzoek ongeveer 8 graden lager dan het gemiddelde over 2005-2011. Verder lag de maximaal gemeten temperatuur 10 graden lager dan het nederlands gemiddelde over de afgelopen zes jaren. Een ander interessant punt is de vectorgemiddelde windrichting. Deze lag ten tijde van het onderzoek 40 graden meer Oostelijk dan de gemiddelde windrichting over de afgelopen 6 jaar in Nederland. Deze verschillen kunnen worden verklaard door de periode van meten (winter).

# Hoofdstuk 1 Klimaat rundvee:

## Thermoregulatie:



Figuur 2: (Eerdenburg, Presentatie Adaptatie)

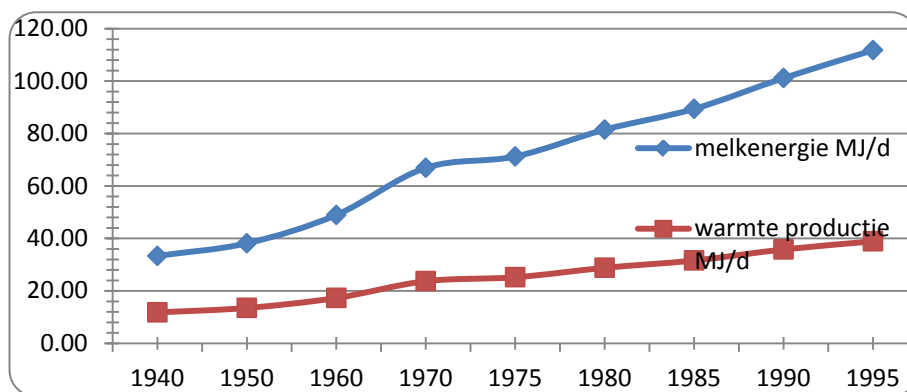
Om het principe van thermoregulatie goed te begrijpen moeten er eerst een aantal termen gedefinieerd worden. Een rund is homeotherm, dat wil zeggen dat het dier er naar streeft om de lichaamstemperatuur constant te houden onafhankelijk van de omgevingstemperatuur. Het breedste gebied van omgevingstemperatuur waarbinnen dit mogelijk is wordt de (1) homeothermiezone genoemd. Buiten de homeothermiezone zijn de thermoregulatorische mechanismen waarover het dier beschikt onvoldoende om de lichaamstemperatuur binnen een range van 1 graad van het setpoint (38,0-38,5) te houden. Binnen de homeothermiezone valt de (2) thermoneutrale zone, binnen dit gebied van de omgevingstemperatuur kan het rund de lichaamstemperatuur constant houden zonder dat dit extra energie kost bovenop het basaal metabolisme. Bij temperaturen boven de thermoneutrale zone wordt het dier blootgesteld aan "hitte stress", bij temperaturen onder de thermoneutrale zone wordt het dier blootgesteld aan "koude stress". De belangrijkste mechanismen van thermoregulatie binnen de TNZ zijn: bij hoge temperaturen zweten, bij lage temperaturen pyloerectie. De thermoneutrale zone (TNZ) wordt begrensd door de Onderste kritieke Temperatuur (LCT) en de Bovenste Kritieke Temperatuur (UCT). Buiten de grenzen van de TNZ kost het handhaven van de Homeothermie extra energie. Bij temperaturen die de UCT overschrijden gaan dieren voornamelijk hijgen om extra warmte kwijt te raken. Gedurende een smal traject van omgevingstemperatuur slagen ze op deze manier er nog wel in om de lichaamstemperatuur dicht in de buurt van het setpoint te houden. De marge van melkvee voorbij de UCT is vanwege een hoog basaal metabolisme echter smal. Bij temperaturen onder de LCT verliest het dier warmte door geleiding, straling, stroming en verdamping (Berman, 1973). In dit temperatuurtraject is het effect van pyloerectie onvoldoende om de temperatuur op het setpoint te houden. Het dier moet dus actief (kost energie) warmte produceren. Het belangrijkste mechanisme om actief meer warmte te produceren is rillen, door deze kleine spiertrillingen gaat het metabolisme omhoog en

wordt er meer warmte geproduceerd. Ook zal het dier al binnen de TNZ door middel van perifere vasoconstrictie proberen warmte beter vast te houden en worden er naast deze mechanismen worden ook gedragsveranderingen gezien als respons op koude stress (Young et al., 1989). Het laatste temperatuurstraject wat moet worden besproken is de (3) de thermische comfort zone, dit is het gebied waarbinnen het dier zich prettig voelt. Nu de temperatuurszones zijn gedefinieerd is het van belang te bepalen waar deze zones liggen voor moderne melkkoeien, door welke factoren deze worden bepaald, waarom deze van belang zijn voor optimale melkproductie en wat de rol van de huisvesting is in deze context.

### Thermoneutrale zone

Zoals al besproken wordt de TNZ begrensd door de LCT en de UCT. Wat bepalend is voor de ligging van de TNZ is de mate van warmteproductie door het dier (het metabolisme) en dus de hoeveelheid warmte die moet worden afgevoerd naar de omgeving. (Purwanto, 1990) beschrijft dat hoogproductieve dieren (31,6 kg melk/dag) en middelmatig productieve dieren (18,6 kg melk/dag) respectievelijk 48,5 en 27,3% meer warmte produceren dan droge koeien. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een hoger metabolisme welke nodig is voor de melkproductie en daaraan gekoppeld een verhoogde voeropname. De moderne melkkoe is genetisch volledig gericht op een maximale melkproductie, deze hoge productie vereist een hoge voeropname. Deze hoge voeropname is een belangrijke oorzaak voor de hoge warmteproductie. Dit om de volgende redenen.

Het opgenomen rantsoen wordt slechts voor een deel omgezet in melkproductie of toename van het lichaamsgewicht. De efficiëntie ( $q$ ) waarbij een melkkoe metaboliseerbare energie (ME) uit het rantsoen omzet in melkproductie is gemiddeld 65%. De overige 35% van de energie die wordt opgenomen wordt omgezet in warmte. Deze warmte moet om de lichaamstemperatuur constant te houden worden afgevoerd naar de omgeving (in een relatief warme omgeving). De warmte productie tijdens melkproductie is naast de absolute opname ook afhankelijk van de samenstelling van het opgenomen rantsoen. Ook de rantsoenen die worden aangeboden aan rundvee zijn de afgelopen jaren sterk veranderd. Uit onderzoek van Kadzere (2002) blijkt dat de toename in warmte productie 'Heat Increment' (HI) over de tijd minder sterk stijgt dan de melkproductie. In het onderzoek wordt uitgegaan van een Bruto Energetische waarde van 3,14 MJ/kg melk gecorrigeerd voor 4,0% vet (4% FCM). Ondanks dat de melkproductie sterker is toegenomen dan de warmte productie is er wel een duidelijke toename in het aantal MJ warmte dat per dag wordt geproduceerd.



Grafiek 2: Melk energie en warmte productie van melkvee in de VS van 1940 tot 1995 berekend met USDA jaarlijkse melkproductie data ( $Q=65\%$ )

Naast een toename van de melkproductie en warmteproductie is er ook een toename van lichaamsgewicht te zien over de jaren. Uit data van (Ragsdale, 1934), (Davis, 1956) en tot slot (Heinrichs, 1987) blijkt dat over de jaren tweejarige Holstein vaarzen met 10% in gewicht zijn toegenomen (van 485 naar 531 kg). Grotere koeien hebben een langer maag-darmstelsel, wat het mogelijk maakt om meer voer op te nemen. Dit levert meer substraat voor melkproductie, maar heeft ook een hogere warmteproductie tot gevolg. De warmte productie van een dier is afhankelijk van de productie, voeropname en de rantsoensamenstelling, maar ook van het ras,



de leeftijd van een dier, huisvestingsomstandigheden, weefselisolatie, gedrag en voorgaande acclimatisatie aan een bepaald temperatuurstraject (Yousef, 1985).

Wetenschappelijke benaderingen van de UCT zijn afkomstig van een onderzoek van Kibler (1964) die koeien heeft blootgesteld aan korte perioden met een constante hoge temperatuur in een klimaat kamer. In onderzoek van Berman (1985) wordt voor de UCT 25-26 °C gegeven ongeacht voorgaande acclimatisatie of melkproductie. Deze waarden zijn afgeleid van thermoregulatorische functies zoals toename van zweten, respiratoir vochtverlies en een toename van de lichaamstemperatuur. Bij modern melkvee ligt de UCT waarschijnlijk rond de 20 graden celsius. De LCT ligt volgens onderzoek van Hamada (1971) bij een productie van 30 kg FCM (4%, Fat Corrected Milk) in het traject van -16 tot -37 graden celsius. De TNZ voor moderne melkkoeien ligt dus tussen -37 graden celsius en 20 graden celsius.

### **Gevolgen van het overschrijden van de LCT en UCT:**

Buiten de TNZ is een rund nog voor een kort traject in staat om door middel van actieve processen de lichaamstemperatuur constant te houden (Eerdenburg, Personal communication, 2012). Dit kost echter energie en beïnvloedt groei en productie dus negatief. Oftewel bij temperaturen buiten de TNZ wordt er minder efficiënt melk geproduceerd. Het belangrijkste negatieve effect van een overschrijding van de TNZ is "Hitte stress" een dier lijdt aan hitte stress op het moment dat de omgevingstemperatuur boven de UCT komt. Het dier is op dat moment dus nog wel in staat om de lichaamstemperatuur op het setpoint te houden, dit kost echter energie. Uit onderzoek van McDowell (1976) blijkt dat een kleine toename van de kerntemperatuur al duidelijke effecten heeft op weefsel- en endocriene functies. Dit onder andere door een verminderde efficiëntie van enzymactiviteit. Dit heeft directe gevolgen voor melkproductie, vruchtbaarheid (Rensis, 2003) en groei van melkvee.

Uit onderzoek van Igono en Johnson (1990) blijkt dat hoogproductieve koeien aan het begin van de lactatie het meest gevoelig zijn voor hitte stress. De melkproductie van deze dieren daalde significant na een periode van 16 uur waarbij de rectale temperatuur boven de 39 °C lag. Veel studies naar de acceptatie van rundvee voor hoge omgevingstemperaturen zijn beperkt tot onderzoeken naar korte perioden in een warme omgeving. Uit Akari (1987) komt naar voren dat de effecten van hitte stress die dieren ondervinden door hoge temperaturen overdag worden gecompenseerd als de temperatuur 's nachts voldoende daalt. Deze bevinding duidt op een korte termijn tolerantie voor hitte stress. Naast deze korte termijn tolerantie blijkt uit meerdere onderzoeken (Webster, 1976; Weldy, 1964) dat melkvee onder normale productie omstandigheden beschikt over metabole en isolatie aanpassingen die ook in warme klimaten en de bijbehorende seizoensveranderingen tot een normale productie leiden. Dit leidt tot de hypothese dat hoogproductief melkvee tijdens het geleidelijk toenemen van de temperatuur in de zomermaanden zich aanpast. Deze geleidelijke acclimatisatie is van belang in gematigde streken. In de mediterrane gebieden, waar gedurende de zomer soms plotselinge temperatuurstijgingen optreden is dit echt niet toereikend. Als warme perioden plotseling ontstaan en langer aanhouden is de kans op acclimatisatie klein. Dit heeft een daling van de voeropname en een daling in de melkproductie tot gevolg wat de gevolgen van hitte stress accentueert.

Theoretisch kunnen dieren ook blootgesteld worden aan "koude stress". Vanwege het hoge metabolisme van de dieren is binnen Europese omstandigheden (zie grafiek etmaalgemiddelde temperatuur in Nederland 2005-2011) is het risico hierop echter zeer klein. Pas bij temperaturen die gedurende lange tijd onder de -40 graden Celsius blijven lopen melkkoeien risico op koude stress. Vanwege de beperkte relevantie wordt hier dus niet verder op in gegaan.

## Invloed van de huisvesting:

In de voorgaande paragrafen is de theorie van thermoregulatie besproken en zijn de verschillende factoren die een rol spelen hierbij toegelicht. Een belangrijke conclusie is dat voor optimale melkproductie de dieren zoveel mogelijk binnen de TNZ moeten worden gehouden. Binnen het Nederlandse klimaat is zoals duidelijk is gemaakt de UCT daarbij de belangrijkste parameter. De belangrijkste factoren die door een goede ventilatie van de stal kunnen worden beïnvloed zijn de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en de windsnelheid. Het verband tussen deze factoren is al verduidelijkt doormiddel van de Temperature Humidity Index (Bouraoui, 2002). Het is dus van belang dat een stal onder Nederlandse omstandigheden voldoende inhoud heeft ( aantal M3/koe), er voldoende luchtverversing kan plaatsvinden en de dieren dus voldoende gekoeld kunnen worden. Dit om te zorgen dat de dieren in de stal hun warmte goed kunnen afgeven aan de omgeving. Verder moet een stal voldoende bescherming bieden tegen stralingswarmte van de zon.

## Hoofdstuk 2: Invloed van licht op productie

Een van de belangrijkste claims die de producent van de serrestal legt op de stallen is een hogere lichtopbrengst door het foliedak. Maar wat is nu exact de invloed van licht op de productie van melkvee. Er is al langer bekend dat een langere lichtperiode een positieve invloed heeft op de melkproductie<sup>1</sup>. Ook is bekend dat lichtregimes invloed hebben op de vruchtbaarheid<sup>2</sup>. Het exacte mechanisme waardoor licht het metabolisme beïnvloedt is niet bekend. Een algemeen als logisch geaccepteerde hypothese is afkomstig van Reiter (1991) (Lawson, 2000). Deze hypothese geeft een belangrijke rol aan het hormoon melatonine in de endocriene regulatie van het metabolisme. Licht of het gebrek aan licht wordt waargenomen door het oog van het dier, dit werkt op de puls generator van de hypothalamus waardoor de rest van het metabolisme wordt aangestuurd. Deze hypothese kan worden ondersteund door onderzoek van (Stanisiewski, 1988) die een toename van de plasma concentratie melatonine met een factor 1,6 tot 5,1 vond bij rundvee als een respons op het duister worden van de omgeving. Na 2 uur bereikte in dit onderzoek de concentratie melatonine een plateau om vervolgens te dalen bij het weer licht worden van de omgeving. Uit onderzoek van Dahl (1999) blijkt verder het belang van een daling van melatonine, deze daling wordt namelijk in verband gebracht met een toename van IGF-1. Wat een belangrijk hormoon is voor de stimulatie van productie.

Er is dus voldoende bewijs voor het belang van licht bij productie van melkvee, er is echter nog weinig bekend over een drempelwaarde voor lichtintensiteit. In de Amerikaanse literatuur (vnml door Dahl) wordt een drempelwaarde aangehouden van 200 Lx gedurende 16-18 uur (Dahl, 2003). Waarbij de lengte van de fotoperiode meer belang wordt toegedicht dan de intensiteit van het licht. Dit omdat algemeen wordt aangenomen dat door het veranderen van de fotoperiode de normale reactie op het wisselen van seizoenen wordt beïnvloed. Dus lange lichtperiodes worden geassocieerd met zomerse perioden waarbij de meeste koeien in een natuurlijke omgeving een kalf zogen en dus maximaal moeten produceren.

In een onderzoek van Lawson en Kennedy (2000) wordt onderzocht of een hogere lichtintensiteit dan de aanbevolen 200 Lx invloed heeft op de melatonine concentratie in het plasma van melkvee. Het blijkt dat lichtconcentraties van > 50Lx voldoende zijn om de piekconcentratie melatonine te verlagen. Na enkele uren stijgt deze echter weer. Bij 200 Lx wordt deze stijging langer tegengehouden en is de toename van de melatonine concentratie lager. Bij lichtintensiteit van 400 Lx is de stijging nog iets minder, maar de invloed van deze 200 Lx extra is relatief klein. Dit experiment is uitgevoerd bij een klein aantal dieren en er zijn geen conclusies te trekken over de melkproductie. Maar de intensiteit van het licht lijkt boven de 200Lx slechts een geringe invloed te hebben op het dier.

Over het effect van de lengte van de fotoperiode is meer informatie beschikbaar. Reksen (1999) heeft kengetallen van 1538 koppels in Noorwegen vergeleken. Hierbij is een spreiding in daglengte van 11,7 tot 21,5 uur bekend. En uit dit onderzoek blijkt dat dieren die meer licht krijgen meer melk produceren. Het is echter niet zo dat onbeperkt licht de maximale productie betekent. Dieren die worden blootgesteld aan 24 uur licht produceren niet meer dan dieren die aan het normale seizoen zijn onderworpen.

## Hoofdstuk 3: Materiaal en Methoden

### 4.1 Data verzameling op de bedrijven

In september 2009 is gestart met de opzet voor een gecombineerd onderzoek naar de effecten van de serrestal dakconstructie op het stalklimaat en op de prestaties van melkvee. In de voorbereidende fase van dit gecombineerde onderzoek hebben we met diverse experts op het gebied van klimaat en kengetallen contact gehad om een onderzoeksprotocol op te zetten. Het onderzoeksprotocol bestond uit de onderstaande onderdelen.

Kenmerken bedrijf: hierin werden algemene kenmerken van het bedrijf beschreven zoals het bouwjaar van de stal, plaatsing van stal op windrichting, afmetingen van stal, afmetingen looppaden, afmetingen luchtinlaat, aanwezigheid windbreekgaas, staldeuren open of dicht, plaats van melkruimte, melkstal of –robot, aanwezigheid mestschuif/ -robot, vloertype, aantal ligboxen, type ligboxbedekking, aantal dieren aanwezig in de stal, welke dieren er werden gehuisvest en of alle melkkoeien waren gehuisvest in de serrestal.

Stalschets: van de stal werd een globaal overzicht gemaakt en hierin werden de meetpunten aangegeven die we gebruikt hebben voor de klimaatproef.

Rookproef: met behulp van een rookapparaat werd er een kleine hoeveelheid rook op diverse plaatsen in de stal geblazen. Met behulp van een videocamera werd deze kleine hoeveelheid rook gevolgd om het bewegingspatroon waar te nemen.

Klimaatmeting: Met behulp van een Kestrel 3000 klimaatmeter werden de relatieve luchtvochtigheid, temperatuur en windsnelheid bepaald van de buitenlucht en op 10 verschillende plaatsen in de stal. Deze 10 verschillende plaatsen waren evenredig verdeeld over de stal, rekening houdende met plaatsing van de melkruimte, dichte wanddelen en dode hoeken die tot uiting kwamen tijdens de rookproef.

Luxbepaling: Met behulp van een luxmeter werd het aantal lux buiten de stal bepaald en het aantal lux in de stal bepaald op 10 verschillende plaatsen in de stal.

Enquête: De enquête (bijlage xx) bestond uit een tiental vragen, deze waren verdeeld over drie categorieën. Het doel van deze vragen was om inzicht te krijgen over waarom men de keuze had gemaakt voor dit stalconcept en wat eventuele verbeterpunten waren. Tevens was het doel om inzicht te krijgen wat de doelstellingen en beheersmaatregelen waren op het gebied van fertiliteit en uiergezondheid.

Snelzicht: dit was een overzicht, uit het managementprogramma, van de dierprestaties op de gebieden melkproductie, vruchtbaarheid en uiergezondheid.

Dataprotocol: in dit protocol werden alle data van bedrijven geschreven. Zie het invulformulier in de bijlage.

De dataverzameling vond op 40 bedrijven plaats aan het einde van 2009 en werd uitgevoerd door twee studenten diergeneeskunde. Voor de start van het onderzoek zijn deze studenten samengekomen om onder leiding van een expert te oefenen met de rookproef. Alle bedrijfsbezoeken zijn uitgevoerd door hetzelfde tweetal.

## **4.2 Selectie bedrijven**

Adressen van melkveebedrijven die melken in een serrestal zijn bekend bij de producent van deze stallen, IDagro. De fabrikant heeft 45 adressen van melkveehouders doorgegeven. Alle 45 melkveehouders zijn benaderd. De melkveehouders hadden de keuze of ze wel of niet mee wilden werken aan het onderzoek. Uiteindelijk waren er 40 veehouders bereid om mee te werken aan het onderzoek.

Om deel te kunnen nemen aan het klimaatonderzoek zijn een aantal inclusie criteria toegepast. Zo moest het een op zichzelfstaande serrestal zijn. Dus geen verlenging van een bestaande stal. Ook moest er sprake zijn van dwarsventilatie (open zijwanden) als gevolg van deze criteria vielen 5 bedrijven af voor het klimaat onderzoek.

## **4.3 Te bestuderen factoren**

Om een inschatting te maken van het klimaat in een stal zijn de volgende factoren gemeten op 10 verschillende plaatsen in de stal: temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, windsnelheid en het aantal Lux. Deze metingen zijn ook eenmalig buiten gedaan. Verder zijn er van het KNMI meetgegevens opgevraagd van de periode van het onderzoek van de meetstations De Bilt, Heino, Leeuwarden, Hogeveen en Maastricht.

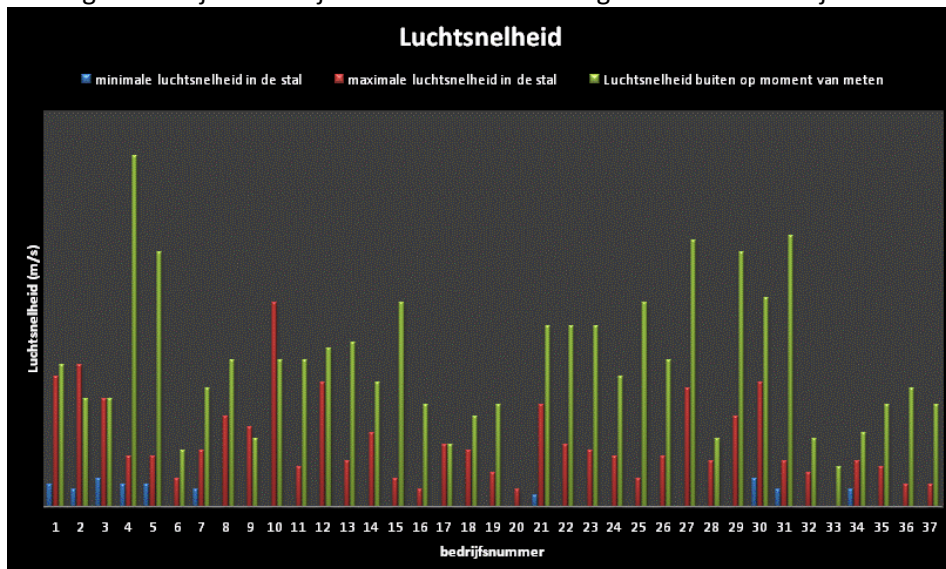
## **4.4 Verwerking gegevens**

Alle klimaatgegevens die zijn verzameld zijn ingevoerd in een database met behulp van Excel. Van de verschillende waardes zijn gemiddelds in de stal bepaald, een minimale gemeten waarde en een maximale gemeten waarde. Met behulp van de gegevens van het klimaat buiten op het moment van meten is er een verschil berekend met de gemiddelde waarde in de stal, een verschil tussen buiten en de minimale gemeten waarde en een verschil tussen de maximale gemeten waarde en buiten. Voor de windsnelheid is er vervolgens een remmingspercentage bepaald.

## Hoofdstuk 4: Resultaten Klimaat

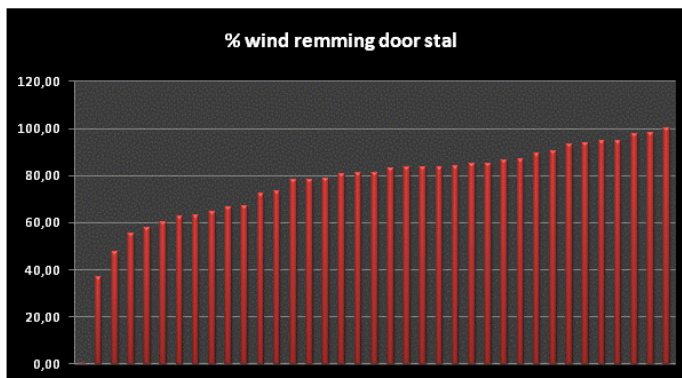
### Luchtsnelheid

In grafiek 3 zijn per stal de minimale luchtsnelheid (blauw), de maximale luchtsnelheid (rood) en de luchtsnelheid buiten (groen) weergegeven. Hierbij moet worden aangemerkt dat de gebruikte Kestrel meetapparatuur nauwkeurig is vanaf 0,3 m/s. Alle waarden daaronder zijn genoteerd als 0. Voor hoge temperaturen geldt dat er een hoge luchtsnelheid moet worden gerealiseerd. Met andere woorden de stal moet de luchtstroom zo min mogelijk afremmen. Dit om het dier de mogelijkheid te bieden via stroming zoveel mogelijk warmte af te geven aan de omgeving. Bij lage temperaturen mag de windsnelheid wel worden verlaagd. Dit omdat de luchtsnelheid voor een belangrijk deel de gevoelstemperatuur bepaald. En bij een hoge luchtsnelheid het dier relatief veel warmte verliest. Zoals in materiaal en methoden is aangegeven zijn er op tien plaatsen in de stal metingen uitgevoerd. Uit de grafiek blijkt duidelijk dat er binnen de stal grote verschillen zijn in de luchtsnelheid.

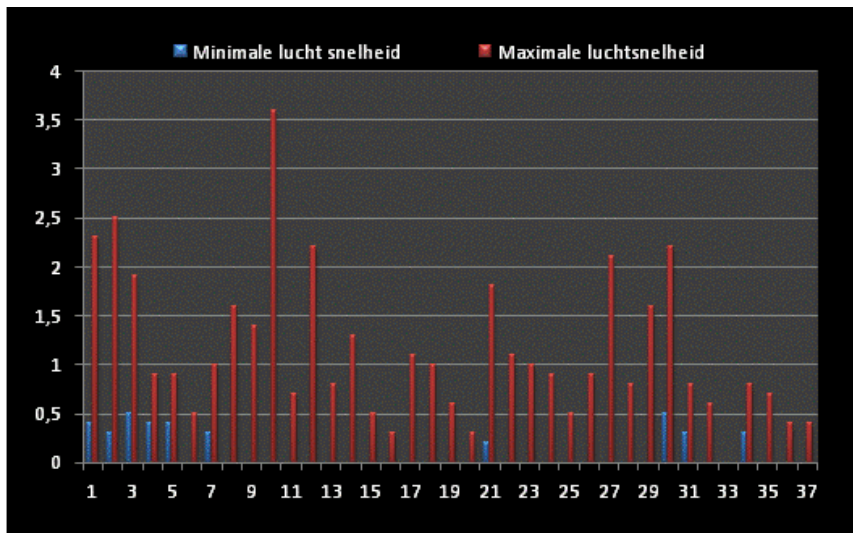


Grafiek 3: Verband tussen de luchtsnelheid in de stal en de luchtsnelheid buiten op het moment van meten. De minimale en maximale luchtsnelheid in de stal worden weergegeven voor rode en blauwe balken. De groene balken geven de luchtsnelheid buiten weer.

In de grafiek 4 is de remming van de luchtstroming door de stal af te lezen. Deze is berekend door de gemiddelde luchtsnelheid in de stal uit te drukken als percentage van de luchtsnelheid buiten op het moment van meten. Hieruit blijkt dat de onderzochte stallen voor een belangrijk deel de snelheid uit de lucht halen. De gemiddelde remming bedraagt namelijk 76 %.



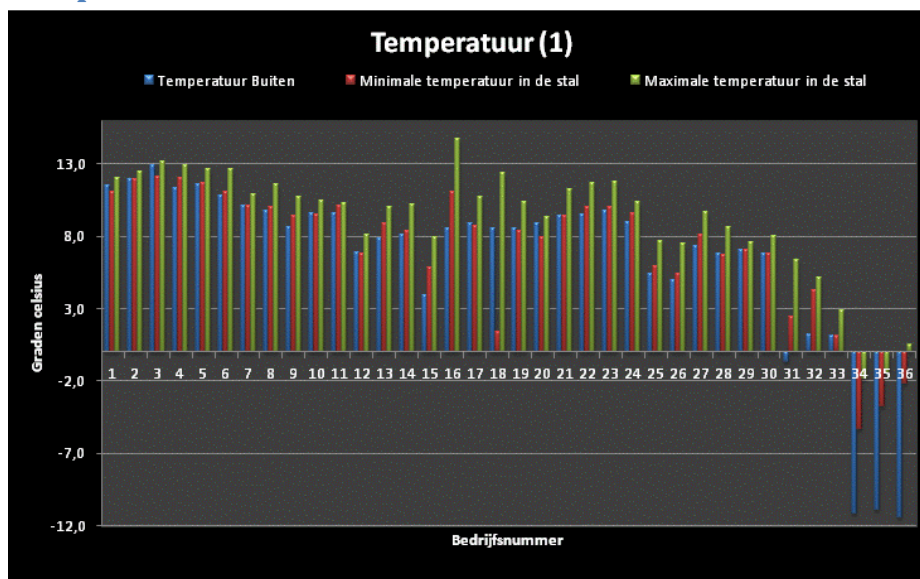
Grafiek 4: In de grafiek is de mate van remming van de luchtsnelheid door de stal weergegeven. Dit door de gemiddelde windsnelheid uit te drukken in een percentage van de luchtsnelheid buiten. De bedrijven zijn op volgorde van remmingspercentage weergegeven.



Grafiek 5: De maximale en minimale luchtsnelheid zoals weergegeven in grafiek 3, het verschil in luchtsnelheid tussen verschillende plaatsen in de stal is duidelijk zichtbaar.

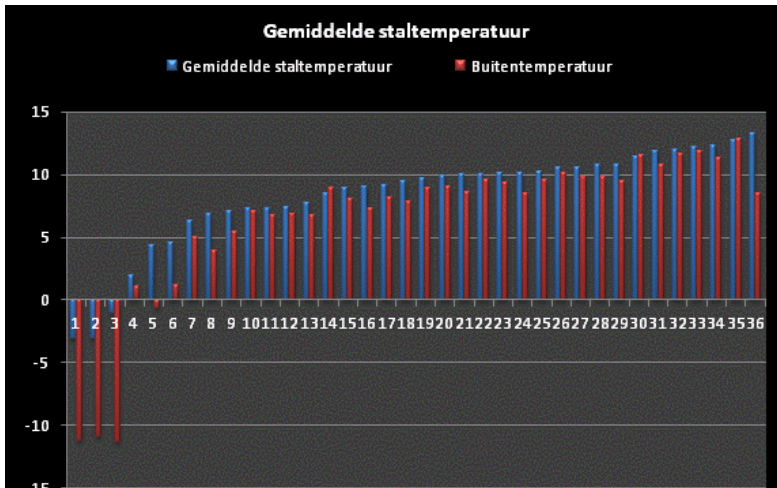
In de bovenstaande grafiek is de minimale luchtsnelheid, dus de plek in de stal waar de minste luchtsnelheid is gemeten uitgezet tegen de maximale luchtsnelheid. Alle metingen van <0,3 m/s zijn op nul gesteld vanwege de nauwkeurigheid van de Kestrel meetapparatuur. Het grote verschil in luchtsnelheid in de stal is in deze grafiek duidelijk zichtbaar.

## Temperatuur:



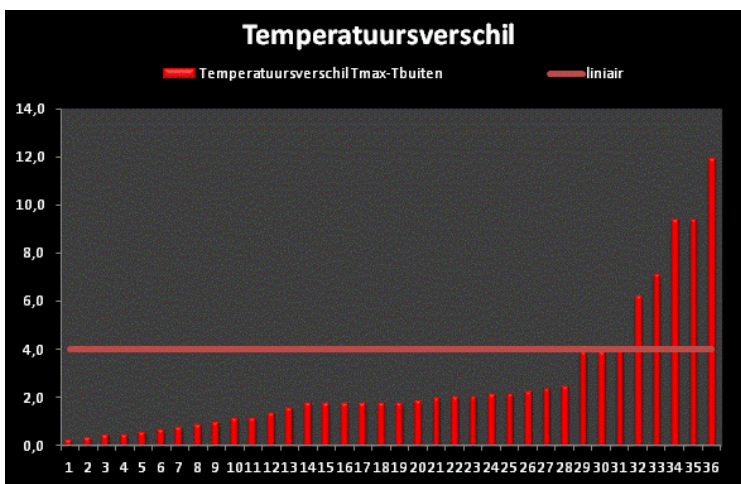
Grafiek 6: In deze grafiek zijn de maximale-, minimale staltemperatuur en de buitentemperatuur weergegeven. Bij het grootste deel van de stallen is bij een buitentemperatuur tussen de 5,0 en 10,0 graden celsius geen groot verschil gemeten tussen de drie variabelen. Als de buitentemperatuur daalt wordt het verschil met de staltemperatuur groter.

In grafiek 6 zijn de minimale (rood), maximale (groen) en buiten temperatuur (blauw) weergegeven. Uit de grafiek blijkt dat bij de bedrijven die gemeten zijn bij een buitentemperatuur boven het vriespunt dat de temperatuur binnen redelijk overeenkomt met de buitentemperatuur. Slechts enkele stallen laten een uitschieter van de maximale temperatuur in de stal zien. Op het moment dat de buitentemperatuur op het moment van meten onder het vriespunt zakt blijkt het verschil met de binnentemperatuur toe te nemen.



**Grafiek 7:** De gemiddelde staltemperatuur (gemiddelde van metingen op tien plaatsen in de stal) op volgorde. De staltemperatuur is uitgezet tegen de buitentemperatuur. Te zien is dat bij gematigde buitentemperaturen het verschil klein is. Slechts enkele individuele stallen wijken af.

De gemiddelde staltemperatuur wijkt slecht met een kleine marge af van de buitentemperatuur. Slechts bij enkele bedrijven wordt hiervan afgeweken. Wel is het verschil groter bij een lage buitentemperatuur.

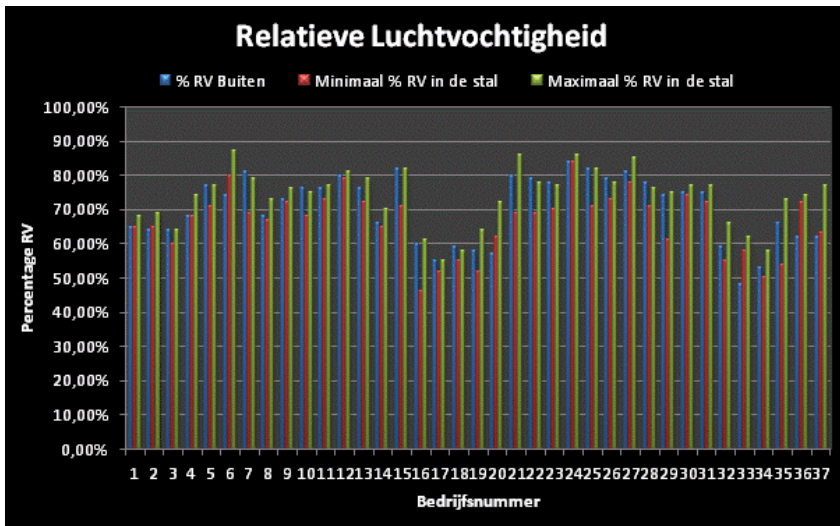


**Grafiek 8:** Relatie tussen de maximaal gemeten staltemperatuur en de buitentemperatuur. Deze is vergeleken met een afkapwaarde van 4,0 graden Celsius. Boven deze grenswaarde is er een verhoogd risico op tocht. Vijf stallen overschrijden deze grenswaarde.

In de bovenstaande grafiek is het verschil weergegeven tussen de maximaal gemeten temperatuur in de stal en de buitentemperatuur op dat moment. Algemeen wordt aangenomen dat als de binnentemperatuur en de buitentemperatuur niet meer dan 4 graden Celsius uit elkaar liggen, luchtstroming minder als tocht wordt ervaren. In de grafiek is te zien dat slechts 5 van de 37 onderzochte stallen een temperatuursverschil laten zien wat boven de 4 graden Celsius ligt.

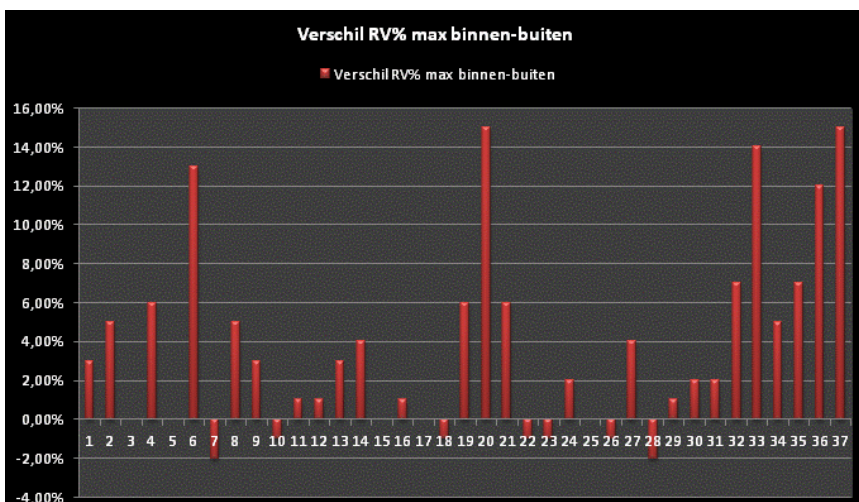
## Relatieve Luchtvochtigheid:

De relatieve vochtigheid is een belangrijke parameter om de ventilatie in een stal te beoordelen. Als er per tijdseenheid te weinig schone lucht wordt aangevoerd zal het vochtigheidspercentage toenemen. Uit de onderstaande grafiek blijkt dat het maximale RV percentage in de stal in de meeste gevallen dicht in de buurt van de vochtigheid van de buitenlucht blijft.



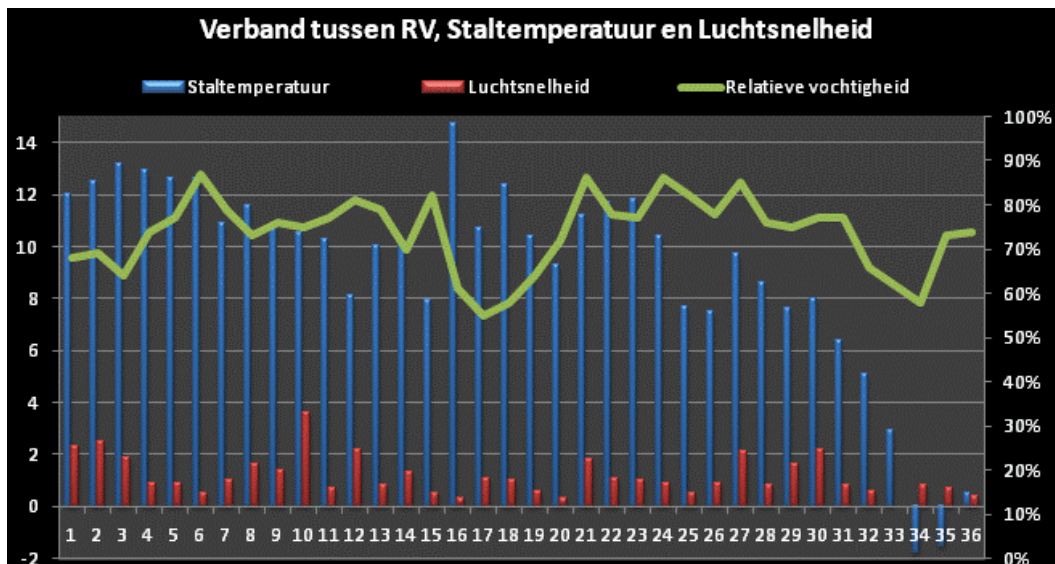
Grafiek 9: In de grafiek is het verschil weergegeven tussen de maximale RV in de stal en de RV buiten. Dit is bij 2 stallen 15% wat het maximaal gemeten verschil is.

In grafiek 10 is de maximale luchtvochtigheid in de stal verminderd met de luchtvochtigheid buiten op dat moment. Om de mate van ventilatie te bepalen kan deze grafiek worden vergeleken met de grafieken 7 en grafiek 1. Als de hoge luchtvochtigheid in de stal zou worden veroorzaakt door een laag ventilatiedebiet zouden de staltemperatuur hoog zou en de lichtsnelheid laag. Dit verband is niet te leggen (zie grafiek 11).



Grafiek 10: In de grafiek is het verschil weergegeven tussen de maximale RV in de stal en de RV buiten. Dit is bij 2 stallen 15% wat het maximaal gemeten verschil is.

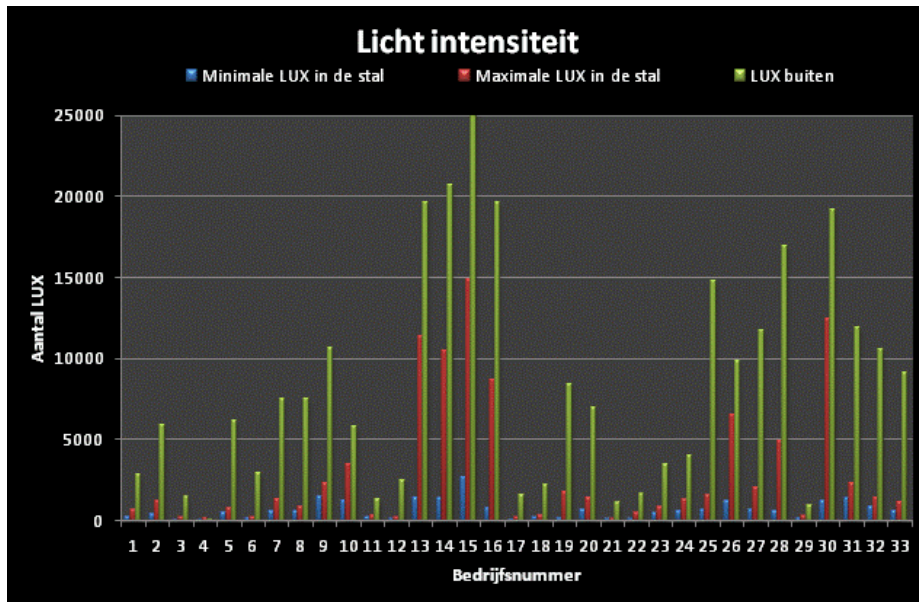




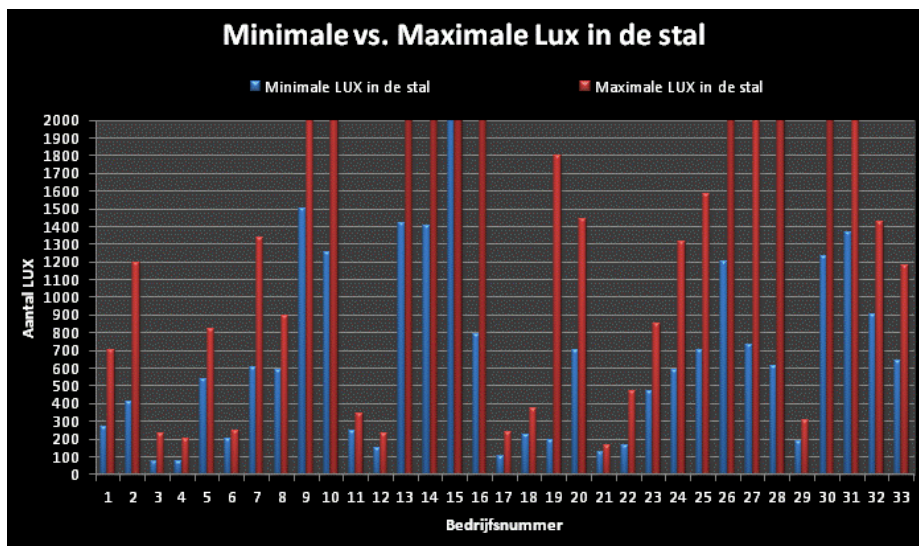
Grafiek 11: Verband tussen de staltemperatuur (max), Luchtsnelheid (max) en RV (max) in de verschillende stallen. Een hoge luchtvochtigheid wordt zoals weergegeven niet consequent veroorzaakt door een lage luchtsnelheid en bijgaande hoge temperatuur. Dit verband is slechts in individuele gevallen te leggen.

## Lux

Het aantal Lux is een maat voor lichtsterkte in de stal, net zoals bij de andere variabelen is in dit onderzoek een luxmeting buiten de stal uitgevoerd en is het aantal lux op tien plaatsen in de stal bepaald. het blijkt dat bij een groot aantal stallen het aantal lux erg achterblijft bij het aantal lux wat buiten is gemeten. Zoals echter in de bovenstaande tekst blijkt wordt er algemeen een drempelwaarde van 200 Lux aangehouden voor melkvee (Biewenga, 2003). In Grafiek 12 is het aantal lux gemeten buiten en in de stal weergegeven

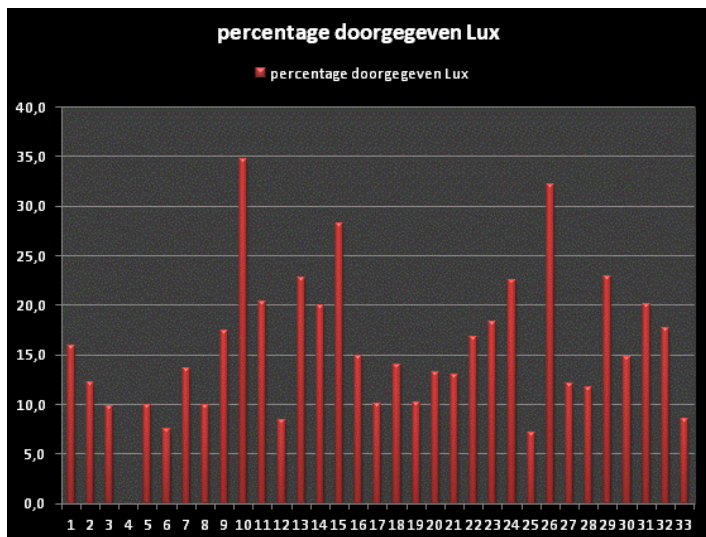


Grafiek 12: In deze grafiek zijn de waarden voor lichtintensiteit in Lux weergegeven als minimum en maximum gemeten in de stal. Daarnaast is ook het aantal lux buiten gemeten.



Grafiek 13: Uitvergroting van de luxmeting in de stal, weergegeven zijn de minimale en maximale meetwaarden. Acht van de gemeten stallen halen de drempelwaarde van 200lx niet.

In de grafiek 13 is het onderste gebied van de voorgaande grafiek uitvergroot. Hieruit blijkt dat de meerderheid van de stallen de 200 lux ook minimaal halen, 8 van de 33 stallen waar een lux meting is uitgevoerd blijken echter niet overal in de stal 200 lux te halen. Maar bij deze stallen was ook het aantal lux buiten lager dan bij de andere metingen.

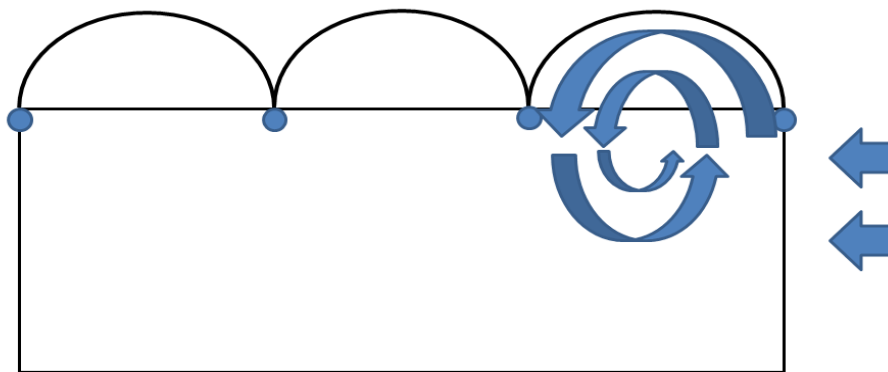


Grafiek 14: In deze grafiek is het gemiddeld aantal gemeten lux in de stal weergegeven als een percentage van het aantal lux buiten. Het percentage doorgegeven lux ligt tussen 35% en 7%.

In deze grafiek is het gemiddeld aantal gemeten lux in de stal uitgedrukt als percentage van de gemeten lux buiten de stal. Het maximale percentage van lux wat wordt doorgelaten is 35%. Het minimum is 7%, omdat er een stal is gemeten terwijl het schemerde en de lichten in de stal aan waren is daar het aantal lux binnen hoger dan het aantal lux buiten.

## Ventilatie patroon:

Het luchtstromingspatroon in de serrestal laat wel een interessant verloop zien, zoals in de materiaal en methoden is beschreven zijn er in alle stallen rookproeven uitgevoerd. Een aantal stallen liet daarbij een zogenaamde 'wokkel' zien bij de lucht die de stal binnenkomt. Dit is weergegeven in de onderstaande figuur. Het onderstaande effect was voornamelijk te zien bij smalle stallen en bij een hoge luchtsnelheid. Het was zowel te zien bij stallen met de ventilatieschermen ver open als met een smalle opening. Maar een smalle opening gaf wel een versterking van het effect. De inkomende lucht wordt door de eerste boog meegenomen en botst op de koude goot waardoor de lucht naar beneden wordt afgebogen en meteen weer wordt meegenomen door de al in de boog circulerende lucht. Hierdoor wordt een soort wokkel gevormd die over de lengte van de stal circuleert. Dit belemmert de luchtverversing in het achterliggende gedeelte van de stal. Op het moment van onderzoek leidde dit niet tot merkbare gevolgen voor de luchtkwaliteit maar in de zomer zou dit een erg ongewenst effect zijn. In een groot aantal stallen werd niet zozeer het genoemde wokkeleffect gevonden maar wel een neveneffect. Namelijk het hard neervallen van de binnenkomende lucht bij het uitkomen van de eerste boog. In een aantal stallen was dit ook te zien aan de orientatie van de koeien in de stal. Deze kozen ervoor om niet onder de eerste boog te gaan liggen maar elders in de stal.



Figuur 3: Schematische weergave ventilatiepatroon.

## Discussie:

Omdat er vanuit de studie diergeneeskunde een beperkte tijd en een beperkte mate van planning beschikbaar is, is dit onderzoek uitgevoerd in 3 maanden gedurende de winter van 2008/2009. Vooraf was het het plan om de meetgegevens van de serrestallen te paren aan metingen die zouden worden uitgevoerd in traditioneel gebouwde stallen. Dit om een vergelijk te kunnen maken tussen de klimaatkenmerken van de verschillende huisvestingsystemen. Omdat het weer gedurende de onderzoeksperiode extreem winters werd is de controle groep niet gemeten. Zoals uit de bovenstaande tekst is gebleken zijn koeien gevoeliger voor warme perioden dan voor koude perioden. De onderzoeksopzet is dus niet functioneel gebleken. Voor vervolg onderzoek is het vooral van belang dat het patroon van opwarmen en afkoelen van de serrestal tijdens warme perioden wordt vastgesteld. Dit omdat koeien gedurende een periode van een aantal uren hoge temperaturen kunnen opvangen (koeien zijn buiten de TNZ voor korte tijd in staat om de lichaamstemperatuur actief constant te houden) (Eerdenburg, Personal communication, 2012). Als de omgeving vervolgens voldoende afkoelt heeft dit geen grote negatieve effecten op de melkproductie en gezondheid (Akari, 1987). Om de vraag te beantwoorden of de serrestal voldoet aan de eisen van modern melkvee moet dus ook tijdens de zomerperiode worden gemeten. Ook zouden voor de proefopzet alle stallen op hetzelfde moment moeten worden gemeten. Dit zodat verschillende stalontwerpen beter met elkaar vergeleken kunnen worden. Om de keuze voor een serrestal of een traditioneel gebouwde stal beter te kunnen beargumenteren zouden er ook moderne traditioneel gebouwde stallen moeten worden meegenomen als controle. Door het plaatsen van Data Loggers zouden hiervan nuttige gegevens kunnen worden verzameld.

Vanwege de lage temperaturen ten tijde van het onderzoek is hitte stress geen risico, ook bleef de temperatuur ver boven de onderste kritieke temperatuur. Het enige punt waar we dus enige conclusies over kunnen trekken is de mate van ventilatie in de stallen. Hiervoor is de luchtsnelheid een belangrijke variabele. Bij een te lage luchtsnelheid in de stal neemt de RV toe en hopen gassen als  $\text{NH}_3$  zich op in het microklimaat in de stal. Er moet dus per tijdseenheid voldoende lucht worden ververst. In grafiek 3 is de luchtsnelheid buiten uitgezet tegen de luchtsnelheid binnen. Wat opvalt is dat de trendlijn van de windsnelheid binnen bijna 1,0 m/s lager ligt dan de trendlijn voor de luchtsnelheid buiten. Dit is te verklaren doordat wij het grootste deel van het onderzoek slecht weer hadden. Hierdoor waren in de meeste stallen de zijschermen voor een belangrijk deel dicht. De veehouders probeerden zo regen, koude wind, sneeuw en het verwaaien van boxbedekking tegen te gaan. Een belangrijk gevolg hiervan is dat er op verschillende plekken in de stal een luchtsnelheid van  $<0,3$  m/s werd gemeten. Op andere plekken in deze stallen werden echter wel hoge luchtsnelheden gemeten. Dit kan een relatie hebben met het beschreven luchtstromings patroon. Door de smalle openingen die op sommige bedrijven nog open hadden kwam de lucht erg hard uit de eerste boog. Verderop in de stal was er vervolgens geen noemenswaardige luchtbeweging. De gemiddelde temperatuur lag slechts fractioneel hoger in de stal dan buiten, slechts bij 5 stallen wordt de 4 graden celsius verschil overschreden en de luchtvochtigheid verschilde ook niet noemenswaardig. Wel is er in een aantal stallen duidelijk een hoge luchtvochtigheid (maximum) gemeten ten opzichte van de RV buiten. Dit kan duiden op een gebrekkige ventilatie, maar bleek niet te koppelen aan temperatuur of windsnelheid.

Omdat de dakgoten in de stal een niet geïsoleerd dragend deel van de constructie vormen is er sprake van een koude brug. Dit wil zeggen dat de dakgoot kouder is dan de lucht in de directe

omgeving. De binnenkomende lucht die door de boogvorm van het dak al in een circulaire beweging wordt geforceerd wordt hierdoor nog sterker naar beneden gedrukt. Dit leidt tot het “vallen” van koude lucht ter hoogte van het einde van de eerste boog. Om het negatieve effect hiervan te verminderen is het zaak om allereerst de zijwanden zo ver mogelijk open te zetten. Vergroten van de inlaat verlaagd over het algemeen de snelheid van de binnenkomende lucht. Waardoor deze wel horizontaal door de stal kan bewegen, afremmen van lucht kan eventueel door een 2<sup>e</sup> zijwand aan te brengen van windbreekgaas. Een ander belangrijke consequentie is dat het comfort in de ligboxen die onder deze goot liggen verminderd is. Dieren liggen niet graag onder vallende lucht. Indien mogelijk moeten de goten dus boven de roosters worden geplaatst.

Naast het afwijkende luchtstromingspatroon (wokkel) is er nog een kanttekening te plaatsen bij de ventilatiecapaciteit van de serrestal. Bij traditionele dakconstructies is er vrijwel altijd sprake van nokventilatie, ook als er hoge open wanden zijn toegepast. Deze nok functioneert doormiddel van thermiek. Op warme windstille dagen verlaat de warmste luchtlaag in de stal de omgeving van het dier door deze nok. Omdat in de serrestallen deze nokventilatie slechts in enkele stallen wordt toegepast en ook daar niet functioneert door de vorm van de bogen bestaat er een risico dat er op warme windstille dagen een warme luchtbel onder de boog blijft staan waardoor de omgeving van het dier snel kan opwarmen, door een verhoogde stralingstemperatuur.

Een belangrijke claim van de producent IDagro voor de serrestallen is de grote hoeveelheid licht die het foliedak doorlaat in vergelijking met een traditionele dakconstructie, omdat er geen traditionele dakconstructies zijn gemeten is dit niet gecontroleerd. Wel is er in dit onderzoek een vergelijking gemaakt tussen de minimale hoeveelheid lux en de maximale hoeveelheid lux in de stal. Ook is de hoeveelheid lux in de stal vergeleken met het aantal lux buiten de stal. Het blijkt dat er maximaal 35% van de hoeveelheid lux buiten wordt doorgegeven door het dak, minimaal was dit 7%. Ook haalde en aantal stallen de drempelwaarde van 200 lx niet, maar dit kan mede worden verklaard door het moment van meten. Uit de literatuur blijkt dat op het moment dat er 200 lx op koeniveau wordt gehaald extra lichtintensiteit geen grote invloed meer heeft op de endocriene functies van het dier. Het is dan voornamelijk van belang dat de daglengte voldoende lang is (Reksen,1999). Op het moment dat het schemerig wordt buiten en de lichtintensiteit in de stal onder de 200 lx komt is het dus noodzakelijk om gebruik te maken van verlichting, ook in een serrestal.

## **Conclusies:**

De allereerste vraag die is gesteld in dit onderzoek is of modern melkvee andere eisen stelt aan de omgeving. Dit met in het achterhoofd een toename in melkproductie met daaruit voortvloeiend een verhoogde voeropname en dus metabolisme. Ook blijkt uit literatuur dat de koeien groter en zwaarder zijn geworden. Het antwoord hierop is al enkele malen gegeven en is eenduidig ja. Door de beschreven veranderingen is de TNZ van deze dieren naar een lagere temperatuur verschoven. Werd er in oudere literatuur nog gesproken over een thermoneutrale zone van -5 graden celsius tot 27 graden. Nu lijkt de thermoneutrale zone van -37 graden tot 20 graden celsius te liggen. Onze koeien zijn dus beter bestand tegen koude en minder goed bestand tegen lange periodes van warmte. Vooral als dit gepaard gaat met een hoge luchtvochtigheid en een lage luchtsnelheid. Het is dus van cruciaal belang dat moderne melkveestallen een voldoende hoog ventilatie debiet halen. Dit om tijdens warme perioden (in 2010, 120 dagen >20 graden celcius) voldoende verkoeling te bieden aan de dieren in de stal. IDagro claimt met de serrestal een ideaal klimaat te bieden aan moderne koeien.

Dit door meer lucht en licht te bieden aan de dieren. Door de hoge open zijkanten van de stallen lijkt het ventilatiedebiet voldoende. In vergelijking met traditioneel gebouwde stallen missen de serrestallen echter volume in de nok en een open nok zelf. Dit gecombineerd met het afwijkende luchtstroompatroon wat is waargenomen doet vraagtekens rijzen over het klimaat in de serrestal

Over de claim van IDagro dat de serrestal meer licht biedt wat zal leiden tot hogere productie kunnen wij op basis van deze gegevens geen uitspraak doen. Er is allereerst verder onderzoek nodig naar de drempelwaarde voor het aantal lux wat nodig is voor optimale productie. Ook is niet duidelijk wat het effect is van een surplus aan licht. Uit de gegevens van dit onderzoek blijkt dat de dakconstructie van de serrestal ook nog voor een groot deel het zonlicht remt. Dit is ook noodzakelijk omdat de dieren anders tijdens zonnige dagen blootgesteld worden aan een grote hoeveelheid zonnestraling waardoor de stal enorm zou opwarmen.

Op de vraag of een serrestal een geschikte huisvestingsvorm is voor melkvee onder nederlandse omstandigheden kan op basis van de gegevens die verkregen zijn geen sluitend antwoord gegeven worden. Wel kan geconcludeerd worden dat het stalklimaat gedurende de onderzoeksperiode (November 2009-Januari 2010) voldeed aan de eisen die in de literatuur worden gesteld aan de huisvesting voor hoogproductief melkvee. Bij lage temperaturen werd de luchtsnelheid voldoende laag gehouden om afkoeling te voorkomen en de luchtvochtigheid vertoonde een sterke overeenkomst met de buitenlucht. De tolerantie van moderne melkkoeien voor koude omstandigheden is vanwege het hoge metabolisme echter vele malen hoger dan de tolerantie voor warme omstandigheden, die in dit onderzoek niet zijn meegenomen.

## Bibliografie

- Akari, C. T., & Nakamura, R. M. (1987). Diurnal temperature sensitivity of dairy cattle in a naturally cycling environment. *Journal of Thermobiology* , 23-26.
- Berman, A., & Meltzer, A. (1973). Critical temperatures in lactating dairy cattle a new approach to an old problem. *Journal of Biometeorology* , Vol 7, nr 2.
- Berman, A., Folman, A., & Kaim, Y. M. (1985). Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a tropical climate. *Journal of Dairy science* , 488-495.
- Biewenga, G., & Winkel, A. (2003). Licht nader belicht, effect van licht op dierprestatie en gedrag van melkvee. *Praktijk Rapport Rundvee 34* .
- Bouraoui, R., & Lahmar, M. (2002). The relationship between temperature humidity index with milkproduction of dairy cows in a mediterranean climate. *Animal research* , 479-491.
- Collier, R. J., Dahl, G. E., & Baale, v. M. (2006). Major advances associated with environmental effects on Dairy Cattle. *Journal of American Dairy science* , 1244-1253.
- Dahl, G. E., & Peticlerc, D. (2003). Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health. *Journal of Animal science* , 727-734.
- Dahl, G. E., Buchanan, B. A., & Tucker, H. A. (1999). Photoperiodic effects on dairy cattle. *Journal of Dairy science* , 885-893.
- Davis, H. P., & Hathaway, I. L. (1956). Comparative measurements of holsteins, Ayrshire, Guernsy and Jersey females from birth to 7 years. *Nebraska agricultural research station* .
- Eerdenburg, F. J. (2012). Personal communication. (E. A. Raven, Interviewer)
- Eerdenburg, F. J. *Presentatie Adaptatie*. Universiteit Utrecht, Faculteit Utrecht, Utrecht.
- Hahn, G. L. (1997). Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal science* , 10-20.
- Hamada, T. (1971). Estimation of lower critical for dry and lactating dairy cows. *Journal of Dairy science* , 1704-1705.
- Heinrichs, A. J., & Hargrove, G. L. (1987). Standards of weight and height for holstein heifers. *Journal of Dairy science* , 653-660.
- Igono, M. O., & Johnson, H. D. (1990). Physiological stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. *Journal of Interdisciplinary Cycle Research* , 303-320.
- Info over IDagro BV*. (2008, November 17). Opgeroepen op 2008, van Website van IDagro: <http://www.IDagro.nl>
- Informatie over Klimaat in Nederland*. (2012, Juli 24). Opgeroepen op 2012, van Website van de KNMI: <http://www.knmi.nl>



- Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., & Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production science* , 59-91.
- Kibler, H. H. (1964). Thermal effects of various temperature humidity combinations on holstein cattle as measured by eight physiological responses. *Journal of Agricultural science* .
- Lawson, T. J., & Kennedy, A. D. (2000). Inhibition of nighttime melatonin secretion in cattle threshold light intensity for dairy heifers. *Journal of Animal science* , 153-156.
- McDowell, R. E., Hooven, N. W., & Camoens, J. K. (1976). Effects of climate on performance of holsteins in first lactation. *Journal of Dairy science* , 965-973.
- Purwanto, B. P., Abo, Y., & Sakamo, R. (1990). Diurnal patterns of heat production and HR under thermoneutral conditions in Holstein Frisian cows differing in milkproduction. *Journal of Agricultural science* , 139-142.
- Ragsdale, A. C. (1934). *Growth standards for dairy cattle*. Missouri: University of Missouri, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station.
- Reksen, O., Tverdal, A., & Landsverk, K. (1999). Effects of photointensity and photoperiod on milkyield and reproductive performance of norwegian red cattle. *Journal of Dairy science* , vol 82, no 4.
- Rensis, F., & R.J.Scaramuzzi. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow: a review. *Therigenology* , 1139-1151.
- Stanisiewski, E. P., & Chapin, L. T. (1988). Melatonin and Prolactin concentrations in blood of cattle exposed to 8,16 or 24 hours of daily light. *Journal of Animal science* , 727-734.
- Webster, A. J., & Osujo, P. O. (1976). Origins of the heat increment of feeding in sheep. *Proceedings of 7th symposium Energy metabolism* , 45-53.
- Weldy, J. R., & McDowell, R. E. (1964). Responses of winter conditioned heifers under prolonged heat stress. *Journal of Dairy Science* , 691-692.
- Young, B. A., Walker, B., Dixon, A. E., & Walker, V. A. (1989). physiological adaptation to the environment. *Journal of Animal science* , 2426-2432.
- Yousef, M. K. (1985). Basic principles of Stress physiology in Livestock. *CRC Press* .

