



Pilotstudie av hästars termiska komfort med olika tjocka täcken

– mätning av temperatur och relativ luftfuktighet under täcket

The thermal comfort in horses with different blankets – a pilot study measuring temperature and relative humidity under the blanket

Matilda Hagelsten

Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi/ Enheten för hippologutbildning

Hippologprogrammet

Uppsala 2022



Pilotstudie av hästars termiska komfort med olika tjocka täcken

- *mätning av temperatur och relativ luftfuktighet under täcket*

The thermal comfort in horses with different blankets

- a pilot study measuring temperature and relative humidity under the blanket

Matilda Hagelsten

Handledare: Karin Morgan, Sveriges lantbruksuniversitet, Strömsholm

Examinator: Åsa Gelinder Viklund, SLU, Enheten för hippologutbildning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i hippologi

Kurskod: EX0864

Program/utbildning: Hippolog - kandidatprogram

Kursansvarig inst.: Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi/ Enheten för hippologutbildning

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2022

Delnummer i serien: K 140

Nyckelord: Nedre kritisk temperatur, täcke, termisk komfort.

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Enheten för hippologutbildning

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Det är vanligt att både klippta och oklippta hästar täcks stor del av året för att öka hästens isolering och vissa hästar täcks redan vid 10°C. Problemet som uppstår är att hästägare inte har tillräckligt med kunskap och att det finns begränsat med vetenskaplig information om hur temperaturen under täcket påverkas av tjockleken på täcket.

Det primära syftet var att mäta hur temperaturen och fuktigheten under täcket påverkas vid användning av olika tjocklek på täcken. Det sekundära syftet var att uppskatta hur hästens nedre kritiska temperatur och termiska komfort påverkas av täckets tjocklek.

Studien hade två frågeställningar: Hur påverkas temperaturen och fuktigheten under täcket vid användning av täcken av olika tjocklekar? Hur påverkas hästens termiska komfort och nedre kritiska temperatur av olika tjocklekar på täcke?

Mätningarna var upplagda som en crossoverprovning för fem varmblodiga ridhästar. Hästarnas ålder, mankhöjd, kroppsytta, vikt och omsättbar energi beräknades och dokumenterades. Horsepal® användes för att mäta temperatur och relativa fuktigheten under 0 gram, 150 gram och 300 gram täcken. En infraröd termometer användes för att mäta ytemperatur på täcken och päls på hästarna. Temperatur och fuktighetsmätare användes för att mäta temperaturen och fuktigheten i luften vid mätningstillfället. Under fem dagar under perioden 9-23 april 2022 gjordes mätningarna. Klockslagen som mätningarna skedde var klockan 06.00, 10.00, 14.00, 17.00 och 20.00.

Resultatet visade att lufttemperatur under mätperioden varierade mellan 3,1–22,2°C. Relativ fuktighet i luften under mätperioden varierade mellan 26,5–72,4%. Medelvärde och standardavvikelse från alla mättillfällen under täckena för alla hästar var temperatur $26,8 \pm 4,7^\circ\text{C}$ och för relativa luftfuktighet $50,2 \pm 10,5\%$. Temperaturen under täcke med 0 gram täcke var signifikant lägre än 150 och 300 gram. Den relativa fuktigheten var signifikant högre vid 0 gram än 150 gram. Dock så visade sig att 0 gram och 150 gram hade båda 11,5 g vatten/kg luft och 300 gram hade högst på 14,5 g vatten/kg luft. Det fanns individuella skillnader mellan de olika hästarnas temperatur och relativ luftfuktighet under täcket.

Nedre kritisk temperatur (NKT) för hästar utan täcke beräknades inom spannet mellan 3,8–14,3°C. NKT för 0 grams täcke i studien var mellan –0,4–6,5°C. För 150 gram var NKT mellan –7,6–3,6°C. NKT för 300 gram täcke var mellan –11,4°C– –0,7°C.

Slutsatsen var att den nedre kritiska temperaturen berodde på främst på foderintensiteten. Då hästarna med högre foderintensitet hade lägre nedre kritisk temperatur. Tjockare täcke gav ett högre värmemotstånd. Hästarna fick en lägre nedre kritisk temperatur när värmemotståndet ökade.

Abstract

It is common that both clipped and unclipped horses wear blankets for large parts of the year to increase the horse's isolation and some horses wear blankets already at 10 °C. A problem is that the horse owners have inadequate knowledge for practical management and that there is limited scientific studies on how the temperature under the blanket is affected by the thickness of the blanket.

The aim of the study was to get data on how the temperature and relative humidity under the blanket were affected by different thickness of blankets. The aim was also to estimate how the horse's lower critical temperature and thermal comfort were affected by the thickness of the blanket. The study had two research issues: How does the thickness of the blanket affect the temperature and relative humidity under the blanket when the insulation is altered? How will the thickness of the blanket affect the horse's thermal comfort and lower critical temperature?

The measurements were designed as a crossover design including five warm-blooded riding horses. The sensor Horsepal® was used to measure temperature and relative humidity under the blanket of 0 gram, 150 grams and 300 grams, respectively. An infrared thermometer was used to measure the surface temperature of the blanket and on the coat of the horse. Temperature and relative humidity sensors were used to measure temperature and humidity in the air at the time of measurement. The measurements were made on five days at 06.00, 10.00, 14.00, 17.00 and 20.00 during the period 9-23 April 2022.

The results showed that the air temperature during the test days varied between 3.1–22.2°C. The relative humidity in the air during the test days varied between 26.5–72.4%. The overall mean and standard deviation from all registrations under the blanket for all horses' temperature was $26.8 \pm 4.7^{\circ}\text{C}$ and for relative humidity $50.2 \pm 10.5\%$. The temperature under the blanket with 0 gram was significantly lower than 150 and 300 gram. The relative humidity was significantly higher at 0 gram than 150 gram. However, it turned out that 0 gram and 150 grams both had 11.5 g water/kg air and 300 gram had highest water content of 14.5 g water/kg air. There were individual differences of the temperature and the relative humidity under the blankets between the different horses. Lower critical temperature for the horses without a blanket is in the range 3.8–14.3°C. Lower critical temperatures were estimated in the range of $-0.4 - 6.5^{\circ}\text{C}$ (0 gram), $-7.6 - 3.6^{\circ}\text{C}$ (150 gram) and $-11.4^{\circ}\text{C} - -0.7^{\circ}\text{C}$ (300 gram).

In conclusion, the lower critical temperature was mainly due to the feed intake of metabolizable energy, so that the lower critical temperature decreased as the feed intake increased. A thicker blanket gave a higher heat resistance. The lower critical temperature of the horses decreased when the heat resistance increased.

Keywords: lower critical temperature, blanket, thermic comfort.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	10
1. Inledning	11
1.1. Kroppstemperatur	11
1.2. Värmebalans	11
1.3. Termisk komfort	12
1.4. Hästens isolering	12
1.5. Täckes användning	13
1.6. Problemställning	14
1.7. Syfte	14
1.8. Frågeställningar	14
2. Material och metod	15
2.1. Hästar	15
2.2. Mätutrustning	15
2.3. Försöksdesign	16
2.4. Beräkningar	16
3. Resultat	18
3.1. Temperatur och relativ luftfuktighet	18
3.2. Isolering	19
3.3. Nedre kritisk temperatur	21
4. Diskussion	23
4.1. Resultat	23
4.2. Studiens styrkor och svagheter	27
4.3. Förslag till framtida studier	28
4.4. Slutsats	28
5. Referenser	29

Tabellförteckning

Tabell 1. Sammanställningen beskriver de olika hästarnas kön, ålder, höjd, kroppsytta, kroppsvikt och dagligt intag av omsättbar foderenergi	15
Tabell 2. Sammanställningen visar de lottade ordningen av behandling för respektive häst	16
Tabell 3. Sammanställningen visar medelvärde $\pm$ standardavvikelse för temperaturen respektive relativ luftfuktighet i luften (RF)	18
Tabell 4. Sammanställningen visar medelvärde $\pm$ standardavvikelse för temperatur respektive relativ luftfuktighet (RF) under täcket för de olika hästarna. Signifikanta skillnader är markerad med (a-b) i tabellen	19
Tabell 5. Sammanställningen visar medelvärde $\pm$ standardavvikelse för temperatur respektive relativ luftfuktighet (RF) under täcket för de olika tjocklekarna på täckena. Signifikanta skillnader är markerade med (a-b) i tabellen	19

Figurförteckning

Figur 1. Diagrammet visar medelvärden $\pm$ standardavvikelse för värmemotstånd ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) för respektive häst och täckes tjocklek.	20
Figur 2. Diagrammet visar medelvärden $\pm$ standardavvikelse för värmemotstånd ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) för isoleringsskiktet för respektive täcke tjocklek. Det är signifikant skillnad mellan respektive täckestjocklek ($P < 0,001$).	20
Figur 3 Diagrammet visar medelvärde $\pm$ standardavvikelse för värmemotståndet ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) för isoleringsskiktet för pälsen för de olika hästarna. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan de olika hästarna.	21
Figur 4. Diagrammet visar de olika hästarnas beräknade nedre kritiska temperatur (NKT) för när hästarna gick utan täcke samt de olika täckes tjocklekarna.	22

Förkortningar

NKT	Nedra kritisk temperatur
RF	Relativ luftfuktighet

1. Inledning

1.1. Kroppstemperatur

Hästen är ett homeotermt (jämnvarmt) djur, där hästen upprätthåller en konstant kroppstemperatur oavsett omgivningen. Hästen håller en jämn kroppstemperatur mellan 37,2 – 38,2°C, där variationen är beroende av tid på dagen, omgivande temperatur, utfodring och intag av vatten (Robertshaw 2005). Sjaastad et al. (2010) visade på att temperaturen är som lägst på morgonen och högst på eftermiddagen.

1.2. Värmebalans

Att hålla en jämn temperatur oberoende av omgivningen är en utmaning för kroppen. En häst producerar vanligtvis mer värme än vad den avger. Beroende på hästens arbete går cirka 50-95% av den omsättbara energin åt till värmeproduktion. I hypotalamus i hjärnan finns termoregleringen hos hästen. Hypotalamus tar emot signaler från hela kroppen och jämför dem med ett börvärde, för att hästen sedan anpassar om den behöver spara värme eller öka värmeavgivningen. (Morgan 2007)

När temperaturen i omgivningen sjunker börjar hästen söka skydd, ändrar ställning, öka sin aktivitet tillfälligt, vasokonstriktion (dra ihop blodkärlen) och resa pälsen (Cymbaluk & Christison 1990). Hästen börjar även öka foderintaget, ämnesomsättning och dricker mindre vatten (Cymbaluk & Christison 1990). På längre sikt kan hästen öka pälsens längd och täthet (Andersson 1970).

När temperaturen i omgivningen stiger så börjar hästen söka efter skugga, minska sin aktivitet, vasodilation (vidga blodkärlen), öka andningsfrekvensen och svettas vid behov (Cymbaluk & Christison 1990). Hästen minskar även sitt foderintag och dricker mer för att kompensera vätskeförluster via bunden värme. På längre sikt blir pälsen finare och minskar i täthet. (Cymbaluk & Christison 1990).

1.3. Termisk komfort

Den termoneutrala zonen begränsas av den nedre kritiska temperaturen (NKT) och den övre kritiska temperaturen (Morgan 1997b). Den termoneutrala zonen är inte väl definierad och är individuell för olika individer. Enligt Morgan (1997b) så definieras den termoneutrala zonen där hästen under en kortare tid kan behålla sin kroppstemperatur utan eller med lite tillsatt energiförbrukning. Den termoneutrala zonen uppskattades till mellan 5 - 25°C i en studie på varmblodiga travare med utfodring på underhållsnivå (Morgan 1997a).

Det är flera olika faktorer som påverkar hästens NKT. De faktorer som påverkar hästens NKT är yta i förhållande till kroppsstorlek, allmän kondition, ras, storlek, ålder, inhysning, foderkvalitet, foderintensitet, aklimatisering, klimat och årstid. (Cymbaluk & Christison 1990)

Nedre kritiska temperaturen är en brytpunkt i omgivningens temperatur när hästen avger mer värme än den producerar (Mount 1973). Enligt Cymbaluk & Christison (1990) sammanställning av litteratur visade olika experimentella studier att den NKT var ett spann från -15 °C till 10°C. Morgan (1997a) använde travhästar och en shetlandspönni i en klimatkammare och kom fram till en NKT på cirka 5°C. Liknande resultat fick Young & Coote (1973) i sin studie som mätte den NKT på unghästar på stall mellan 0°C-5°C. Genom att öka foderintaget kan den NKT sänkas. Det visade McBride et al. (1985) i sin studie där hästarna utfodrades med 1,5 gånger mer energi än underhåll. Då uppskattades den NKT ända ner till -15 °C. En annan faktor som kan påverka den NKT är hästens pälsättning (Young & Coote 1973). Vid tillfällig akut kyla kan hästen öka pälsens tjocklek upp mellan 10–30% via piloerektion (*eller med vardagligt namn "ståpäls"*) (Young & Coote 1973).

Mount (1973) definierade den övre kritiska temperaturen när ämnesomsättningen ökar, värmeavgivningen genom avdunstning ökar eller vävnadernas värmemotstånd är minimala. Morgan (1997b) argumenterade dock att den övre kritiska temperaturen är svårdefinierad och kan därmed variera mellan 20°C, 25°C till 30°C. Vidare ger författaren följande exempel; ¹⁾ att vid 20°C är när hästens avdunstning av svett ökar, ²⁾ att vid 25°C när ämnesomsättningen anses att följa den totala värmeförlusten samt att ³⁾ vid 30 °C när vasodilationen är maximal.

1.4. Hästens isolering

Hästen har tre isolerande lager som fungerar som värmemotstånd från den omgivande luften. De tre isolerande lagerna är huden, pälsen och ett tunt omgivande luftlager. Dessutom så har fett en extra isolerande effekt, då fett isolerar tre gånger mer än andra vävnader. Hästen kan till viss del öka eller minska sin isolering via

huden genom att öka blodflödet genom vasodilation eller att dra ihop blodkärl via vasokonstriktion. (Morgan 1997b)

Värmemotstånd brukar anges i enheten $^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Olika vävnader har olika riktmärken för isoleringen. Värmemotstånd i häst har uppmätts till för vävnad $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$, för oklippt päls $0,10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$, och för klippt päls $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Värmemotstånd för övergång till luft har satts till ett fixt värde av $0,14\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. (Morgan 1997a)

1.5. Täckes användning

Svensson och Whitlock (2018) gjorde en intervjustudie, där fokuset låg på hur olika etablerade ryttarprofiler i olika discipliner täckar sina hästar. Det visade sig att profilerna i hoppning, fälttävlan och dressyr täckade deras hästar för att skydda hästen från lera och ett komplement till den klippta hästen. Islandshästprofilen täckade sina hästar främst vid de leriga perioderna, då hästarna skulle vara mer lättskötta. Travprofilen använde täcke för att bibehålla pälsen kort för att inte behöva klippa. Gemensamt för alla profilryttare var att de täckade hästarna efter hur mycket de själva frös. Flertalet av profilryttarna använde fler än ett täcke.

Perman (2000) har gjort en studie och kom fram till att isoleringen endast ökade med 10% vid dubbla täcken. Tyngdkraften trycker ihop täckena, vilket leder till att den stillastående luften som utgör isoleringen minskar. Hästen får mer effektiv isolering av ett tjockare täcke än dubbla täcken med mindre fodring.

Det är vanligt att både klippta och oklippta hästar täcks stor del av året för att öka hästens isolering och vissa hästar täcks redan vid $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hartmann et al. 2017). Hartmann et al. (2017) kunde då dra slutsatsen att hästar täcks ibland för ofta. Kunskapen hos hästägarna om huruvida hästen ska täckas och hur mycket täcken hästen behöver varierar (Hartmann et al. 2017). En temperaturökning eller solstrålning under dagen kan öka temperaturen för de täckta hästarna, då täcket påverkar hästens värmeavgivning (Hartmann et al. 2017).

1.6. Problemställning

Hästens temperaturreglering är en komplex och dynamisk process, som styrs av hästens inre fysiologi och omgivningens fysikaliska förutsättningar med väder och vind. Problemet som kan uppstå är att hästarnas välfärd kan drabbas på grund av hästägare inte har tillräckligt med kunskap och att det finns begränsat med vetenskaplig information om hur temperaturen under täcket påverkas av tjockleken på täcket och vädret.

1.7. Syfte

Det primära syftet är att mäta hur temperaturen och fuktigheten under täcket påverkas vid användning av olika tjocklek på täcken. Det sekundära syftet är att uppskatta hur hästens nedre kritiska temperatur och termiska komfort påverkas av täckets tjocklek.

1.8. Frågeställningar

Hur påverkas temperaturen och luftfuktigheten under täcket vid användning av täcken av olika tjocklekar?

Hur påverkas hästens termiska komfort och nedre kritiska temperatur av olika tjocklekar på täcke?

2. Material och metod

2.1. Hästar

Studien använde sig av fem varmblodiga ridhästar som står på Ridskolan Strömsholm. Hästarna är skolhästar i SLUs hippologprogram. Alla hästar har varit klippta men tiden från att hästarna hade klippts varierade. Häst 1, 3 och 4 var något mer nyklippta än Häst 2 och 5. Hästarnas kön, ålder, höjd, kroppsytta och vikt och foderstat redovisas i tabell 1. Hästarnas användning inom studien är etiskt godkänt enligt tillstånd med diarienummer 5.2.18-8228/18.

De fem hästarna stod i samma stall som är ett ouppvärmst isolerat stall. Därmed är det nästan samma temperatur ute som inne i stallet. Hästarna stod i boxar på cirka 10,5 m² med permanenta bäddar av halm eller på permanentbäddar av spån med fri tillgång till halm. Hästarna gick ute i hage i cirka fyra timmar på dagen, mellan klockan 7–11 eller mellan klockan 11–15.

Tabell 1. Sammanställningen beskriver de olika hästarnas kön, ålder, höjd, kroppsytta, kroppsvikt och dagligt intag av omsättbar foderenergi

Häst	Kön	Ålder (År)	Mankhöjd (cm)	Kroppsytta (m ²)	Vikt (kg)	Omsättbar energi (MJ)
Häst 1	Valack	10	173	5,99	605	132
Häst 2	Sto	11	164	5,38	541	79
Häst 3	Sto	9	171	5,85	531	118
Häst 4	Sto	10	167	5,58	563	102
Häst 5	Valack	9	175	6,13	610	90

2.2. Mätutrustning

Studien använde sig av fem Horsepal[®] (Horsepal Ltd, Horsepal 1.0). Horsepal[®]-sensorer mäter temperatur och fuktighet under täcket. Horsepal[®]-sensorn placerades vid 25 cm från bogen och 10 cm ner från ryggraden på hästen ungefär där sadeln sitter. Horsepal[®] använder sig av Bluetooth som kopplas upp till valfri

surfplatta. Sensorn är ungefär 3,5 * 35 * 1,5 cm och är av plast. Sensorn mätte var 15 minut.

En infraröd termometer (Uni-T, UT300A+ IR-termometer) användes för att mäta ytemperatur på täcken och pälsen på hästarna. En temperatur och fuktighetsmätare (Uni-T, UT333 Termometer och luftfuktighetsmätare) användes för att mäta temperaturen och fuktigheten i luften vid mätningstillfället. En mätsticka användes för att mäta hästarnas mankhöjd och för att mäta vikten på hästarna användes en hästväg.

2.3. Försöksdesign

Det var tre olika behandlingar, där hästarna bar täcken med 0 gram fyllning, 150 gram fyllning och 300 gram fyllning samt en initial mätning utan täcke. De täcken som användes i studien var av samma märke men de varierade mellan två olika modeller.

Behandlingen för respektive häst lottades ut och utfallet presenteras i tabell 2. Vid varje mätning mättes temperatur och relativ luftfuktighet med hjälp av mätare samt infraröd termometer siktades och temperatur uppmättes vid samma placering som Horsepal®. Med hjälp av Horsepal® så mättes temperaturen och relativ luftfuktigheten under täcket som kopplades upp i slutet av dagen via Bluetooth till en mobil. Fem mättdagar genomfördes under våren under period 9–23 april 2022. Det tiderna under dagen som mätningarna mättes på var klockan 06.00, 10.00, 14.00, 17.00 och 20.00. Endast data från när hästarna stod inne på box togs med i resultatet i studien.

Tabell 2. Sammanställningen visar de lottade ordningen av behandling för respektive häst

Datum	Häst 1	Häst 2	Häst 3	Häst 4	Häst 5
9 apr	Utan	Utan	Utan	Utan	Utan
10 apr	300 g	0 g	300 g	150 g	150 g
15 apr	150 g	300 g	150 g	0 g	0 g
18 apr	150 g	300 g	150 g	0 g	0 g
23 apr	0 g	150 g	0 g	300 g	300 g

2.4. Beräkningar

Data från mätningar sammanställdes i Microsoft Excel. För de statistiska analyserna beräknades medelvärden (MEDEL) och standardavvikelse (STDAV.S) för temperatur, relativ luftfuktighet och värmemotstånd. I statistikprogrammet

SigmaPlot 13 (Systat Software Inc, 2017) jämfördes de olika behandlingarna för temperatur, relativ luftfuktighet och värmemotstånd för päls/täcke med variansanalys (*Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks*) post-hoc test (*Dunn's method*). Signifikansnivån sattes till $p < 0,05$.

Hästens kroppsytta beräknades enligt formeln $\text{Area} = 2 * \text{mankhöjden}^2$ (Morgan et al. 2017).

Hästens värmeproduktion (VP) beräknades utifrån hästens foderintag av omsättbar energi (x) i förhållande till metabolisk vikt mätt i $\text{MJ/kg}^{0,75}$ enligt formeln $\text{VP} = 0,57 * x^2 - 1,5x + 1,5$. Denna uppskattning bygger på två studier av hästens ämnesomsättning gjorda av Pagan & Hintz (1986) och Wooden et al. (1970). Värmeflödet (q) beräknas från värmeproduktionen/ hästens kroppsytta.

Värmemotståndet (mått på isolering) beräknades enligt ekvation 1 nedan. Den nedre kritiska temperaturen beräknades med ekvation 2 (se nedan), där respektive häst uppmätta individuella värmemotstånd för päls/täcke och övergång till luft användes. Värmemotståndet för vävnad sattes till maximala värdet av $0,120 \text{ } ^\circ\text{C} * \text{m}^2 / \text{W}$.

Värmemotståndet beräknades med Morgan (1997a) ekvation 1:

$$M = (t_1 - t_2) / q \quad (\text{ekvation 1})$$

där,

M	är värmemotstånd ($\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$)
t_1	är temperatur ($^\circ\text{C}$) under isolerande lager,
t_2	är temperatur ($^\circ\text{C}$) över isolerande lager,
q	är värmefflöde, dvs värmeavgivning/hästens kroppsytta (W / m^2)

NKT beräknades med Morgan (1997a) ekvation 2:

$$t_{\text{NKT}} = t_{\text{kropp}} - q_{\text{total}} (M_{\text{vävnad}} + M_{\text{päls}} + M_{\text{luft}}) + q_{\text{fukt}} (M_{\text{päls}} + M_{\text{luft}}) \quad (\text{ekvation 2})$$

där,

t_{NKT}	är nedre kritisk temperatur ($^\circ\text{C}$),
t_{kropp}	är kroppstemperatur ($^\circ\text{C}$),
q_{total}	är värmefflöde från total värmeproduktion (W / m^2),
q_{fukt}	är värmefflöde i form av fukt (W / m^2),
M_{index}	är värmemotstånd i vävnad, päls respektive luft ($\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$).

3. Resultat

3.1. Temperatur och relativ luftfuktighet

3.1.1. I luften

Lufttemperatur under mätperioden varierade mellan 3,1–22,2°C. Den relativa luftfuktigheten under mätperioden varierade mellan 26,5–72,4%. Medelvärde och standardavvikelse från alla mättillfällen på lufttemperatur och RF utomhus vid de olika klockslagen, se tabell 3.

Tabell 3. Sammanställningen visar medelvärde $\pm$ standardavvikelse för temperaturen respektive relativ luftfuktighet i luften (RF)

Mätpunkt klockslag	Temp ute (°C)	RF ute (%)
06	4,7 $\pm$ 1,8	65,4 $\pm$ 4,7
10	12,4 $\pm$ 4,7	44,0 $\pm$ 7,8
14	15,6 $\pm$ 4,5	36,1 $\pm$ 6,7
17	17,0 $\pm$ 3,1	25,1 $\pm$ 3,1
20	13,0 $\pm$ 3,5	41,7 $\pm$ 1,6

3.1.2. Under täcket

Medelvärde och standardavvikelse från alla mättillfällen under täckena för alla hästar var temperatur 26,8 $\pm$ 4,7°C och för relativa luftfuktighet 50,2 $\pm$ 10,5%. I tabell 4 presenteras de olika hästarnas resultat. Vid jämförelse av hästarna så var den enda signifikanta skillnaden mellan Häst 4 och Häst 1 respektive Häst 5 för relativ luftfuktighet, där häst 4 hade en signifikant högre RF under täcket än Häst 1 respektive Häst 5 ($p < 0,001$).

Temperatur och relativ luftfuktighet under täcket presenteras i Tabell 5 med medelvärde $\pm$ standardavvikelse olika tjocklekarna på täckena. Temperaturen under täcket var signifikant högre för de isolerade täckena 150 och 300 gram än det oisolerade täcket med 0 gram ($p < 0,001$). Den relativa luftfuktigheten var signifikant högre vid 0 gram än 150 gram ($p = 0,001$).

Tabell 4. Sammanställningen visar medelvärde $\pm$ standardavvikelse för temperatur respektive relativ luftfuktighet (RF) under täcket för de olika hästarna. Signifikanta skillnader är markerad med (a-b) i tabellen

Häst nr	Temp under täcke (°C)	RF under täcke (%)
1	31,6 $\pm$ 6,0	40,2 $\pm$ 5,6 ^{a)}
2	30,5 $\pm$ 5,2	45,3 $\pm$ 6,5
3	30,9 $\pm$ 3,0	48,7 $\pm$ 11,6
4	30,1 $\pm$ 5,7	54,4 $\pm$ 10,4 ^{b)}
5	27,8 $\pm$ 4,6	39,5 $\pm$ 3,8 ^{a)}

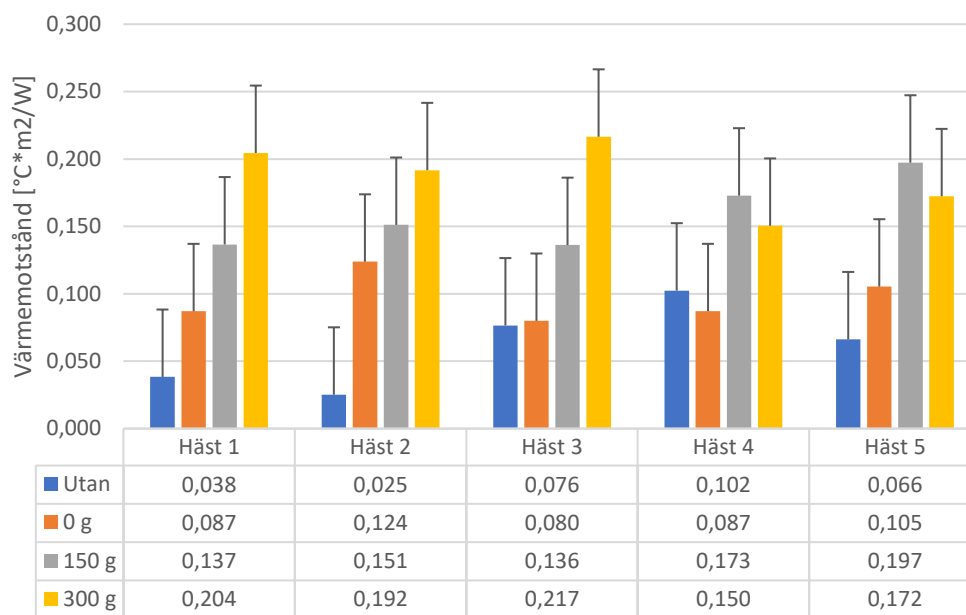
Tabell 5. Sammanställningen visar medelvärde $\pm$ standardavvikelse för temperatur respektive relativ luftfuktighet (RF) under täcket för de olika tjocklekarna på täckena. Signifikanta skillnader är markerade med (a-b) i tabellen

Täckestjocklek	Temperatur under täcke (°C)	RF under täcke (%)
0 gram	27,0 $\pm$ 5,1 ^{b)}	49,6 $\pm$ 10,6 ^{b)}
150 gram	31,5 $\pm$ 5,0 ^{a)}	41,9 $\pm$ 7,9 ^{a)}
300 gram	32,1 $\pm$ 3,1 ^{a)}	44,7 $\pm$ 8,4

3.2. Isolering

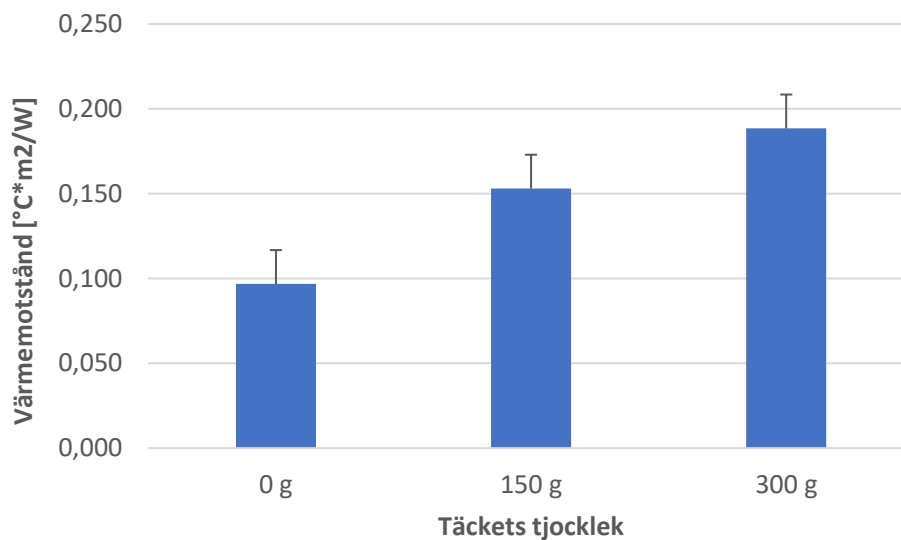
3.2.1. Isoleringsskikt för Päls/täcke

Figur 1 visar på värmemotståndet för isoleringsskiktet för päls och täcke. Häst 1, 2 och 3 fick gradvis ökat värmemotstånd med tjockare täcke. Häst 3 får samma värmemotstånd utan täcke som med 0 gram, men gradvis ökar värmemotståndet för 150 gram och 300 gram. Häst 4 får högre värmemotstånd utan täcke jämförelse med 0 gram. Häst 4 och Häst 5 får lägre värmemotstånd vid 300 gram än vid 150 gram.



Figur 1. Diagrammet visar medelvärden $\pm$ standardavvikelse för värmemotstånd ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) för respektive häst och täckes tjocklek.

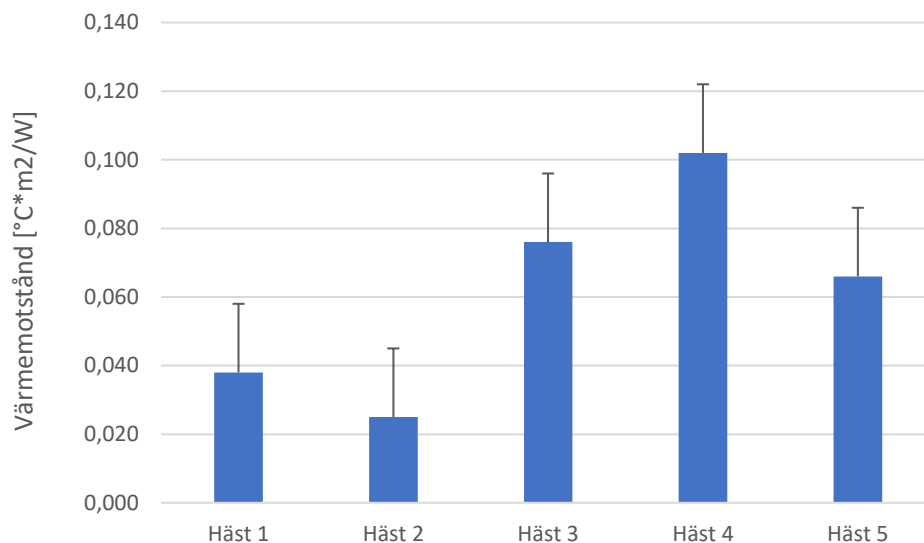
Figur 2 visar på medelvärdet och standardavvikelse på värmemotståndet ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) för isoleringsskiktet för “päls och täcke”. Signifikant skillnad mellan respektive täckestjocklek ($p < 0,001$). Medelvärdet för värmemotståndet ökade desto tjockare täcke.



Figur 2. Diagrammet visar medelvärden $\pm$ standardavvikelse för värmemotstånd ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) för isoleringsskiktet för respektive täcke tjocklek. Det är signifikant skillnad mellan respektive täckestjocklek ($P < 0,001$).

3.2.2. Övergångsmotstånd till luft

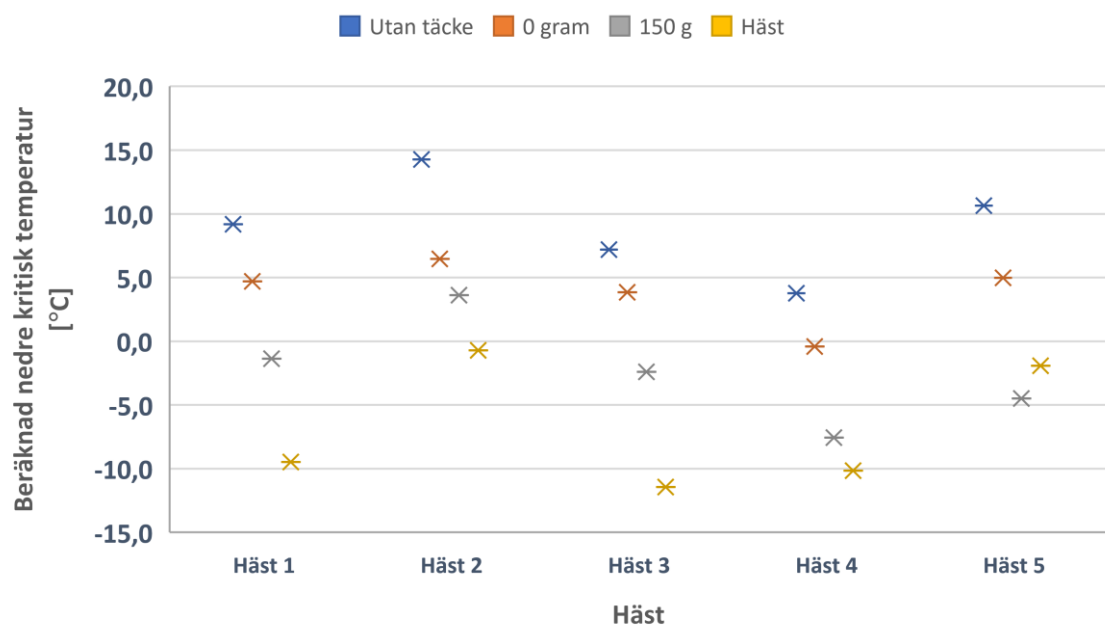
Figur 3 visar på det beräknade värmemotståndet ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) för övergångsmotståndet till luft. Staplarna i diagrammet visar på medelvärdet och standardavvikelse för varje häst. Hästarnas övergångsmotstånd till luft varierade, det var dock inte signifikanta skillnader ($p=0,02$). Häst 2 hade lägst övergångsmotstånd och häst 4 hade högst. Hästarnas medelvärde $\pm$ standardavvikelse för alla hästars övergångsmotstånd till luft beräknades till $0,065 \pm 0,061$ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$.



Figur 3 Diagrammet visar medelvärde $\pm$ standardavvikelse för värmemotståndet ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) för isoleringsskiktet för pälsen för de olika hästarna. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan de olika hästarna.

3.3. Nedre kritisk temperatur

De beräknade nedre kritiska temperaturerna varierade från cirka -11°C till cirka 14°C , se figur 4. NKT varierade mellan de olika individerna. Tjockare täcke med högre isoleringsskikt gav lägre NKT. Det var individuella variationer mellan de olika hästarna. Spannet i NKT från 300 grams fyllning till häst utan täcke var cirka $15\text{--}20^{\circ}\text{C}$ som till exempel för Häst 1 från 10°C (utan täcke) till -10°C (300 gram täcke).



Figur 4. Diagrammet visar de olika hästarnas beräknade nedre kritiska temperatur (NKT) för när hästarna gick utan täcke samt de olika täckes tjocklekarna.

4. Diskussion

4.1. Resultat

4.1.1. Temperatur och relativ luftfuktighet

Resultatet från mätningarna visade att temperaturen under täcke med 0 gram täcke var signifikant lägre än under täcken med 150 och 300 gram. Hammer & Gunkelman (2019) kom fram till liknande resultat i sin studie där de använde sig av otäckt häst, 0 gram, 200 gram och 400 grams täcke. Hästarna i Hammer och Gunkelmans studie var ute under en timme med en medeltemperatur på -23°C och med en vindkyla på -32°C . Temperaturen på hästarna mättes på ländryggen. Resultatet i Hammer och Gunkelmans studie visade en signifikant lägre temperatur med 0 gram med medeltemperatur $28,7^{\circ}\text{C}$ än 200 gram med medeltemperatur $29,6^{\circ}\text{C}$ samt 400 gram med medeltemperatur $30,1^{\circ}\text{C}$ efter exponering av kyla. Resultaten från denna studie kom fram till likande resultat med täckes tjocklek på 0 gram gav en medeltemperatur på $27,0^{\circ}\text{C}$, 150 gram hade medeltemperatur på $31,5^{\circ}\text{C}$ och 300 gram hade medeltemperatur på $32,1^{\circ}\text{C}$. Resultatet från denna studie samt Hammer och Gunkelman (2019) kom fram till att det var en signifikant lägre temperatur under 0 gram täcke än under 150/200 gram täcke samt under 300/400 gram täcke.

Ett ofodrat täcke har lägre isoleringsförmåga än vad ett fodrat täcke har. Det finns en signifikant skillnad mellan isoleringen för de olika täckestjocklekarna. Värmemotståndet ökar för varje täckes gram. Perman (2000) kom fram till att när täckets isoleringsförmåga ökade fick hästarna en lägre NKT. Permans resultat visade på att ett bomullstäck med ett medelvärde på isoleringsförmågan $0,050^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ gav en lägre nedre kritisk temperatur på cirka tre grader. Ett tjockare termotäcke med ett medelvärde på isoleringsförmåga på $0,090^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ gav att den NKT var i genomsnitt $4,1^{\circ}\text{C}$ lägre. Ett bomullsfodrat innetäcke med isoleringsförmåga på $0,110^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$, gav att NKT var i genomsnitt $7,3^{\circ}\text{C}$ lägre. Detta kan jämföras med resultatet i denna studie där det fanns individuella skillnader för isoleringsskiktet för "päls/täcken" då Häst 1, 2 och 3 fick gradvis ökat värmemotstånd med tjockare täcke. Häst 3 fick däremot samma värmemotstånd

utan täcke som med 0 gram, men gradvis ökar värmemotståndet för 150 gram och 300 gram. Häst 4 fick ett större värmemotstånd utan täcke jämfört med 0 gram. Detta kan bero på vasomotorik, då Häst 3 och Häst 4 reglerar ytemperaturen och därigenom värmeavgivningen med hjälp av att vidga eller dra åt blodkärlen (Cymbaluk & Christison 1990). Häst 4 och Häst 5 får lägre värmemotstånd vid 300 gram än vid 150 gram. Det fanns ingen signifikant skillnad på medeltemperaturen under täckena för alla hästar och mättillfällen. Häst 5 hade lägst medeltemperatur på 27,8°C och Häst 1 hade högst medeltemperatur på 31,6°C. Detta visar att det finns individuella skillnader mellan olika hästar.

Den relativa fuktigheten under täckena var signifikant högre vid 0 gram än 150 gram. Mollierdiagram för fuktig luft användes för att uppskatta luftens vatteninnehåll i relation till luftens temperatur och relativa luftfuktighet (Mörtstedt & Hellsten 1985). Det visade att när den relativa fuktigheten är 50% i 27°C bär luften 11,5 g vatten/kg luft, när relativa fuktigheten är 40% i 31,5°C så bär luften också 11,5 g vatten/kg luft. Relativ fuktighet för 45% i 32°C bär luften 14,5 g vatten/kg luft. Detta visade alltså på samma vatteninnehåll för 0 gram och 150 gram. Vatteninnehållet är samma, men den relativa fuktigheten blir högre i kall luft. Detta beror på att varmare luft kan bära mer vatten än kall luft. Således var den relativa fuktigheten signifikant skillnad högre under 0 gram än 150 gram täcken, men vatteninnehållet i luften var desamma. Vatteninnehållet under 300 gram var högre än för 0 gram och 150 gram. Detta kan bero på att medeltemperaturen var något högre under 300 gram än under 0 gram och 150 gram. För den relativa luftfuktigheten fanns det också individuella variationer. Den relativa fuktigheten var signifikant högre hos Häst 4 med medelvärde för relativ fuktighet på 54,4% och på Häst 1 och Häst 5 med medelvärde för relativ fuktighet av cirka 40%.

4.1.2. Nedre kritisk temperatur

Beräkningarna för NKT utan täcke samt med de olika tjocklekarna använde sig av respektive hästs uppmätta individuella värmemotstånd för "päls/täcke" och övergång till luft. Värmemotståndet för varje tjocklek för varje individ kunde då räknas. Resultatet varierade mellan de olika hästarna. Hästarnas yta i förhållande till kroppsstorlek och foderintensiteten varierade mellan de olika hästarna. Häst 1 och 3 hade högst foderintensitet på 1,07-1,08 MJ/kg^{0,75}. Häst 2 och Häst 5 hade lägst foderintensitet på 0,70- 0,73 MJ/kg^{0,75}. Häst 4 hade en foderintensitet i mitten på 0,88 MJ/kg^{0,75}. Genom att öka foderintensiteten kan NKT sänkas. Perman (2000) studies resultat visade att hästarna klarade av tre grader lägre temperatur för varje extra kilo hö som utfodrades. Aspång och Holmgren (2006) kom fram till att en klippt varmbloodshäst i underhåll med en omsättbar energi på 64 MJ/dag hade en NKT på 7,4 °C. Aspång och Holmgren visade även på att en klippt varmbloodshäst i tävling som får en omsättbar energi på 91 MJ/dag får en NKT på 1,9 °C. Detta kan

jämföras med resultatet från denna studie, då även dessa hästar var helklippta. Häst 1 och 3 hade lägst NKT som har cirka 50 % högre foderintensitet än Häst 2 och 4. Häst 2 och 4 hade högst NKT, detta beror på att de har lägst foderintensitet. Häst 2 är den häst som hade minst yta i förhållande till kroppsstorlek. Häst 1 och 3 hade lägst NKT då de har relativ stor yta i förhållande till kroppsstorlek och hade samma foderintensitet. Häst 4 är den häst som hade över lag den lägsta NKT. Häst 4 foderintensitet hade varken högst eller lägst NKT av de hästarna som verkar i studien. För Häst 4 noterades det att den ätit en större mängd halm. Perman (2000) kom fram till att den NKT sänks med två grader för varje extra kilo halm. Hästarna i denna studie stod antingen på halm eller hade fri tillgång till halm. Det gör att den NKT sänks för de hästar som ätit mer halm.

NKT för hästar utan täcke var i spannet mellan 3,8–14,3°C för de hästar som var med i studien. NKT för 0 grams täcke i studien var mellan –0,4–6,5°C. För 150 gram var NKT mellan –7,6–3,6°C. NKT för 300 gram täcke var mellan –11,4 - -0,7°C. Enligt Cymbaluk & Christison (1990) sammanställning av litteratur visade olika experimentella studier att den NKT var ett spann från -15 °C till 10°C. Medeltemperaturen för NKT för hästarna utan täcke i denna studie är 8,8°C. Morgan (1997a) använde travhästar och en shetlandsponny i en klimatkammare och kom fram till en NKT på cirka 5°C. Liknande resultat fick Young & Coote (1973) i sin studie som mätte den NKT på unghästar på stall mellan 0°C–5°C. Genom att öka foderintaget kan den NKT sänkas. Det visade McBride et al. (1985) i sin studie där hästarna utfodrades med 1,5 gånger mer energi än underhåll. Då uppskattades den NKT ända ner till -15 °C.

Under perioden då mätningarna gjordes var utetemperaturen mellan 3,1–22,2°C. Då temperaturen var som lägst på morgonen med en medeltemperatur på 4,6°C, behöver alla hästar utom Häst 4 minst ett 0 grams täcke för att inte komma under NKT. Undantaget är för Häst 2 som behövde minst ett 150 grams täcke. Mätpunkten klockan 10 när medeltemperaturen låg runt 12,4°C behövde endast Häst 2 täcke för att inte komma under sin NKT. Vid mätpunkterna klockan 14 och 17 låg medeltemperaturen på 15,6°C samt 17,0°C skulle alla hästar kunnat gå utan täcke då temperaturen ligger över NKT. Mätpunkten vid klockan 20 var medeltemperaturen på 13,0°C då behövde endast Häst 2 minst ett 0 grams täcke.

Vädret under mätningarna var soligt/molnigt och relativt vindstilla. Annat väder så som nederbörd eller kraftig vind kan påverka och höja NKT. Om foderintensiteten hade ökat eller minskat hade det påverkat den NKT. Vindstilla och strålände sol utan skydd från solstrålarna kan också påverka NKT. Vinden har en betydelse för pälsens isoleringsförmåga (Morgan 2007). Solens påverkan på strålningstemperaturen togs inte med i studien, då vi inte hade tillgång till en solarimeter. Således togs inte data från när hästarna var i hagen inte med i analysen.

Detta beror på att det blev en stor avvikelse från när hästarna stod inne under dagen och blev en temperaturökning när hästarna gick ut i hage. En iakttagelse under mätningarna var att temperaturen under täcket samt på täcket tillfälligtvis fick en förhöjd temperatur när hästen var i hage. Detta kan bero på en värmealstring när hästen rör på sig samt solstrålning som kan minska värmeförlusterna eller ge en värmelast (Morgan 2007).

Övergångsmotståndet från "päls" till luft är ett fast värde $0,14 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ (Morgan 1997a). Hästarna värmemotstånd för övergång till luft uppskattades från data utan täcken. Det visade sig vara individuella värden, men det fanns dock ingen signifikant skillnad mellan hästarnas värmemotstånd $^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Ett gemensamt medelvärde $0,065 \pm 0,061 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ kan användas för uppskattning. Det är mycket intressant om det visar sig att det kan finnas individuella skillnader mellan hästar och det inte är ett fast värde. Med små marginaler hade Häst 2 lägst övergångsmotstånd och Häst 4 hade högst övergångsmotstånd för "päls".

4.1.3. Termisk komfort

Hästarna ska vara i den termoneutrala zonen som begränsas av den nedre kritiska temperaturen och den övre kritiska temperaturen (Morgan 1997b). Den termoneutrala zonen är individuell för varje häst. Den nedre kritiska temperaturen för varje häst visas i figur 3. För att sänka den nedre kritiska temperaturen så kan foderintensiteten ökas eller öka hästens isolering genom täcke. Morgan (1997b) argumenterade att den övre kritiska temperaturen är svårdefinierad och kan därmed variera mellan 20°C , 25°C till 30°C . Vidare gav författaren följande exempel ¹⁾ att vid 20°C är när hästens avdunstning av svett ökar, ²⁾ att vid 25°C när ämnesomsättningen anses att följa den totala värmeförlusten samt att ³⁾ vid 30°C när vasodilationen är maximum. Studien visade att hästarna under studien tid nått den övre kritiska temperaturen. Häst 1, Häst 3 och Häst 4 går över den övre kritiska temperaturen vid cirka 10°C med 300 gram täcke. Alla hästar överstiger den övre kritiska temperaturen när den högsta uppmätta temperaturen $22,2^{\circ}\text{C}$. Hästarna överstiger också den övre kritiska temperaturen när Häst 1, Häst 3 och Häst 4 har 150 grams täcke, samt när Häst 2 har 300 grams täcke och när Häst 4 har 0 grams täcke. Medelvärdet för lufttemperaturen mättiden klockan 06 var $4,6^{\circ}\text{C}$ och vid mättiden klockan 17 var medelvärdet för lufttemperatur $17,0^{\circ}\text{C}$. Därmed skulle täckets tjocklek variera för varje häst för att hästarna skulle vara i sin termiska komfort zon. Hästens termiska komfort kan vara svårt för hästägare att kunna få fram för sina hästar. Häst 2 och 5 är de som har längst och tjockast päls men har lägst foderintensitet. Detta gör lätt att det blir felaktigt att tro att hästen på grund av yttre faktorer ska klarar av mer kyla, men på grund av låg foderintensitet så har Häst 2 och 5 högst nedre kritisk temperatur. Den NKT skulle kunna öka eller sänkas med foderintensiteten. Hästarna skulle kunna gå med ett tunnare täcke på morgonen om

foderintensiteten ökade. Morgan (1997a) visade att hästarna behöver cirka 1,2 MJ extra foder per dag för varje °C under den NKT.

4.2. Studiens styrkor och svagheter

Hästarna som användes under mätningarna gick på likartat arbete på ridskolan. Alla hästar har varit klippta men tiden från att hästarna hade klippts varierade. Häst 1, 3 och 4 var något mer nyklippta än Häst 2 och 5. Stallet som hästarna stod i har permanentbäddar av halm eller står på permanentbäddar med spån på fri tillgång till halm. Intaget av halm beräknades inte i foderstaten, då det inte går att beräkna hur mycket halm som hästarna som står på halmbädd äter.

Horsepal[®]-sensorn mäter automatisk varje 15 minut och kan därmed få flera mätresultat. Utetemperaturen och den relativa fuktigheten samt temperaturen på täcket mättes endast fem gånger per dag och togs då endast data ifrån dessa tider ifrån Horsepal[®]. Horsepal[®]-sensorn placeras där tillverkaren rekommenderade att placera mätaren. Hammer och Gunkelman (2019) mätte temperaturen på länder och fick liknade resultat som denna studien. Meisfjord Jørgensen et al. (2019) mätte temperaturen på pälsen på flera delar av hästens kropp visade att medeltemperaturen på ryggen var 18,2°C och på länder var 18,0°C. Det visar på att temperaturen från Meisfjord Jørgensen et al. (2019) kan jämföras med denna studie då temperaturen är relativt lika på ryggen och länder.

Täckena som användes var av samma märke men var av två modeller. Några täcken var lite äldre och något täcke var lite nyare än andra och kan därmed påverka isoleringsförmågan av täcket. Vid mättillfället noterades inte när hästarna arbetades. När avslutat arbete var klart så lades täcket på hästen. Detta kan ha lett till en ökad temperaturökning under täcket under en kortare tid. Några av hästarnas arbete avslutades relativt nära i anslutning till mätningarna. Vanligtvis så svampas hästarna, framför allt vid sadelns placering. Det gör att den relativa fuktigheten under täcket kan bli förhöjd under tiden som hästen torkar då fukten stannar kvar under täcket.

Crossoverdesign som användes i försöket var användbar för att hästarna fick växla mellan de fyra behandlingarna och därmed bli sin egen kontroll. Genom crossoverdesign kan mätningarna göra det mer djuretiskt genom 3R (*reduce, refine* och *replace*). *Reduce* (minska) att använda färre hästar istället för att testa på många olika hästar genom crossoverprovning. *Refine* (förbättra) att öka djurvälståndet, hästarna kunde leva sitt ”normala” liv medan studien pågick. Hästarna gick i arbete och fick sin utevistelse som vanligt. Skillnaden för individen var endast att tjockleken på täcket varierades, även om de dock stundtals var utanför sin termiska

komfortzon. *Replace* (ersätta) att undvika att några djur är med i studien så kan man använda sig av en mättunna enligt MacCormack & Bruce (1991).

Det är många olika faktorer som inte beräknas med i denna studie som kan påverka resultatet. Det är svårt att kunna påverka väderleken, men studien utfördes när det var relativt lika förhållanden ute. Det togs inte med i beräkningen hur hästarna var i hullet, då fett har en isolerande effekt och isolerar tre gånger mer än andra vävnader (Morgan 1997b).

De olika faktorerna som påverkade hästens NKT är isoleringsförmåga, yta i förhållande till kroppsstorlek, allmän kondition, ras, storlek, ålder, inhysning, foderkvalitet, foderintensitet, acklimatisering, klimat och årstid (Cymbaluk & Christison 1990). Många av dessa faktorer är med i beräkningen för varje individuell häst. De faktorerna som var standardiserade i mätningarna är allmän kondition, ras, ålder, inhysning, foderkvalité, acklimatisering, klimat och årstid.

4.3. Förslag till framtida studier

Framtida studier skulle kunna vara en uppföljning och påbyggnad av denna studie. Som till exempel

- Hur påverkas temperaturen och fuktigheten under täcket i olika inhysningssystem?
- Hur påverkas temperaturen och fuktighet under täcket när hästarna äter/ rör på sig?
- Hur påverkas NKT med olika täckestjocklekar vid kallare/varmare väder?

4.4. Slutsats

Resultatet visade att temperaturen under täcke med 0 gram täcke var signifikant lägre än 150 och 300 gram. Den relativa luftfuktigheten var signifikant högre vid 0 gram än 150 gram. Dock så visade sig att 0 gram och 150 gram hade båda 11,5 g vatten/kg luft och 300 gram hade högst på 14,5 g vatten/kg luft. Det fanns individuella skillnader mellan de olika hästarnas temperatur och relativ luftfuktighet under täcket.

Den nedre kritiska temperaturen berodde främst på foderintensiteten, då hästarna med högre foderintensitet hade lägre nedre kritisk temperatur. Tjockare täcke gav ett högre värmemotstånd. Hästarna fick en lägre nedre kritisk temperatur när värmemotståndet ökade.

5. Referenser

- Aspång, L. & Holmgren, S (2006). Tävlingshästens nedre kritiska temperatur. (Fördjupningsarbete nr 301) Enheten för hippologisk högskoleutbildning, SLU. Uppsala.
- Cymbaluk, N.F. & Christison, G.I. (1990). Environmental Effects on Thermoregulation and Nutrition of Horses. *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, 6 (2), 355–372. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30546-1](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30546-1)
- Dukes, H.H. & Swenson, M.J. (1970). *Dukes' physiology of domestic animals*. 8. ed. / Melvin J. Swenson, ed. Ithaca.
- Hammer, C. & Gunkelman, M. (2019). Effect of Different Blanket Weights on Surface Temperature of Horses in Cold Climates. *Journal of Equine Veterinary Science*. 85, 102848. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102848>
- Hartmann, E. Bøe, K. E., Jørgensen, G. H. M., Mejdell, C.M. & Dahlborn, K. (2017) Management of horses with focus on blanketing and clipping practices reported by members of the Swedish and Norwegian equestrian community. *Journal of Animal Science*, 95 (3), 1104–1117. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1146>
- MacCormack, J. A. D. & Bruce, J. M. (1991) The horse in the winter – shelter and feeding. *Farm Building Progress*, F105, 10-13.
- McBride, G.E., Christopherson, R.J. & Sauer, W. (1985). Metabolic rate and plasma thyroid hormone concentrations of mature horses in response to changes in ambient temperature. *Canadian journal of animal science*, 65 (2), 375–382. <https://doi.org/10.4141/cjas85-043>
- Meisfjord Jørgensen, H. G., Mejdell, C. & Bøe, K. (2019). Effects of hair coat characteristics on radiant surface temperature in horses. *Journal of Thermal Biology*, 18, 102474. <https://doi.org/10.1016/J.JTHERBIO.2019.102474>
- Morgan, K. (1997a). Thermal insulance of peripheral tissue and coat in sport horses. *Journal of thermal biology*, 22 (3), 169–175. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(97\)00009-0](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(97)00009-0)
- Morgan, K.(1997b). Thermoneutral zone and critical temperatures of horses. *Jornal of thermal biology*, 23, 59-61. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(97\)00047-8](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(97)00047-8)

- Morgan, K. (2007). *Hästens kroppstemperatur och värmebalans*. Undervisningskompendium i hästen och miljö. Enheten för hippologisk högskoleutbildning. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Morgan, K., Engström, N., Lundvall, O. & Kaijser, S. (2017). A Pilot Study on Measurement and Modelling of Surface Area of Horses. *Arch Vet Sci Technol*, 2017: AVST- 116. DOI:10.29011/AVST-116/100016
- Mount, L. (1974). 21 - *The concept of thermal neutrality. Heat Loss from Animals and Man: Assessment and Control*. Elsevier Ltd, 425–439.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-408-70652-0.50027-5>
- Mörtstedt, S. & Hellsten, G. (1985) Data och diagram. 6e uppl. Norstedts Tryckeri, Stockholm.
- Pagan, J. D. & Hintz, H. F. 1986. Equine energetics. I. Relationship between body weight and energy requirements in horses. *J. Anim. Sci.* 63: 815-821.
- Perman, J. (2000). *Behöver hasten täcke på vintern?* (Fördjupningsarbete nr 111). Enheten för hippologisk högskoleutbildning, SLU. Uppsala.
- Robertshaw, D. (2005). *Temperature regulation and the thermal environment*. Dukes' physiology of domestic animals. Twelfth edition (eds. H.H. Dukes, W.O. Reece), 962-973. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA
- Sjaastad, Ø.V., Sand, O. & Hoove, K. (2010). Regulation of body temperature. In: *Physiology of Domestic Animals. Scandinavian Veterinary Press*, 2, 658-682.
- Svensson, I. & Wittlock, S. (2018). *Etablerade hästsportprofilers syn på användning av täcken*. (Examensarbete nr K83). Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Wooden, G. R., Knox, K. L. & Wild, C. L. 1970. Energy Metabolism in light horses. *J. Anim. Sci.* 30: 544-548.
- Young, B.A. & Coote, J. (1973). *Some effects of cold on horses*. Horse Report at Feeders' Day. University of Alberta, Department of Animal Science.