

# Fukt och fuktskador i ridhus

*Ulrika Hansson*



# Fukt och fuktskador i ridhus

*Damp and damages caused by damp in indoor riding arenas*

*Ulrika Hansson*

**Handledare:** Michael Ventorp, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

**Btr handledare:** Anders Ehrlemark, Praktek

**Examinator:** Knut-Håkan Jeppsson, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i husdjursvetenskap - masterarbete

**Kurskod:** EX0742

**Program/utbildning:** Agronomprogrammet - Husdjur

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2017

**Omslagsbild:** Ulrika Hansson

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Fuktskador, fukthantering, ventilation, ventilationsflöde, ridhusklimat, luftkvalitet, kondens.



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-  
och växtproduktionsvetenskap  
Institutionen för biosystem och teknologi

## **Förord**

Detta examensarbete har utförts på Institutionen för biosystem och teknologi vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Alnarp i samarbete med Praktek, som en del av agronomutbildningen med inriktning på husdjur.

Jag vill börja med att tacka Partnerskap Alnarp som har finansierat de resor och materiel som krävts för att genomföra detta projekt. Jag vill även rikta ett tack till Michael Ventorp på Institutionen för biosystem och teknologi vid SLU och Anders Ehrlemark på Praktek, som handlett arbetet, samt Olof Friberg på Hushållningssällskapet Malmöhus och Knut-Håkan Jeppsson vid Institutionen för biosystem och teknologi, SLU, för tillhandahållande av mätinstrument under fältstudiens gång.

Ett särskilt tack vill jag ge alla de ridhusägare och verksamhetsansvariga som låtit mig använda deras ridhus som studieobjekt samt tagit sig tid att svara på enkätfrågorna, utan dem hade denna studie inte varit möjlig.

Malmö, april 2017.

Ulrika Hansson

## Sammanfattning

Klimatet i ridhus under vintern är sällan problemfritt eftersom stora mängder fukt kontinuerligt tillförs via bl.a. hästar och människors värmeproduktion och den bevattnings som används för att hålla underlaget i gott skick. De milda vintrarna i södra Sverige försvårar ytterligare fuktproblematiken eftersom ventilationen sker med hjälp av uteluften, som redan håller hög fuktighet. Om inte ridhuset klarar att ventilera ut den fukt som tillförts eller genom en temperaturhöjning sänka den relativa luftfuktigheten i luften, är risken stor för mögelpåväxt, försämrad luftkvalitet och en nedsatt hållbarhet i konstruktionen. Resultatet i slutändan blir en ekonomisk belastning pga. renoveringskostnader, samt en hälsorisk för såväl människor som hästar.

Syftet med studien var att jämföra ridhus baserat på ventilationslösning, isolering/ icke isolering och eventuell tillskottsvärme för att ta reda på vad som skiljer de ridhus som har ett fungerande inomhusklimat från de som brottas med fuktproblem. Detta för att kunna sammanställa sakliga råd om hur ridhus bör byggas och skötas för att uppnå en god fukthantering. Temperatur och relativ fuktighet (RF) i luften samt i underlagets toppskikt mättes en gång per månad, november 2013 till januari 2014, i 12 ridhus i Skåne. Med hjälp av uppmätta parametrar räknades den absoluta fuktigheten (AF) i luften och underlaget fram för att avgöra ridhusens fukthantering samt få en indikation på underlagens vattenavdunstning. De momentana mätningarna kompletterades med dataloggar som kontinuerligt mätte RF och temperatur i luften inne i ridhuset och utomhus under en veckas tid per månad och ridhus.

Studiens resultat visar att de isolerade ridhusen, både med och utan tillskottsvärme, i högre grad brottades med mycket hög RF inne jämfört med de oisolerade. De isolerade ridhusen hade även generellt en högre AF inne jämfört med ute i jämförelse med de oisolerade, vilket indikerar att de isolerade ridhusen utan tillskottsvärme har en sämre fukttransport ut ur byggnaden. Bäst hanterar ridhusen fukten som tillåter ett stort ventilationsflöde och nästintill håller samma klimat inne som ute. Ett tillfredsställande ventilationsflöde kan t.ex. uppnås genom perforerade plåtväggar eller väl dimensionerade ventilationsöppningar.

Det viktigaste vid byggnation av ridhus är att säkerställa en tillräcklig ventilation så att den tillförda fukten kan transporteras ut ur ridhuset. För isolerade ridhus med temperaturkrav betyder detta att man måste räkna med att ventilera tillräckligt och samtidigt tillföra värme och/eller avfukta. Detta innebär en betydande kostnad som inte går att komma undan. Att isolera för en högre inomhustemperatur utan att hantera fuktproblematiken leder högst troligt till fuktskador på byggnaden och dess interiör.

Ytterligare studier bör göras så att dimensioneringsregler anpassade för ridhus kan utarbetas.

## **Abstract**

The climate in indoor riding arenas is often a problem during wintertime. Moisture is continuously supplied from the heat production of horses and humans, as well as from watering of the riding surface. The mild winters in southern Sweden further complicate the problem since the outdoor air used for ventilation already is high in humidity. If the indoor riding arena cannot ventilate the humid air or through a temperature increase lower the air humidity, there is a great risk for mold growth, deterioration of air quality and reduced durability of the construction. The result ultimately becomes a financial burden because of renovation costs, as well as a health hazard for both humans and horses.

The purpose of the conducted study was to compare indoor riding arenas with different ventilation setups and different materials in order to find out what separates the indoor arenas that has a well-functioning indoor climate from those who contend with moisture problems. This in order to be able to compile objective advice on how riding arena should be built and operated to achieve a good moisture management. Temperature and relative humidity (RH) in the air and in the top layer of the footing were measured monthly from November 2103 to January 2014, in 12 riding arenas in Skåne in south of Sweden. The measured parameters were used to calculate absolute humidity (AH) of air and ground surface in order to determine ventilation of each construction as well as obtain an indication of the evaporation from the surface of the footing. The instantaneous measurements were supplemented with data loggers that continually measured the RH and temperature of the air inside the riding arena and outdoors for one week per month and arena.

The results from the study show that the insulated indoor riding arenas, both the ones with and the ones without supplementary heat, to a higher degree wrestled with very high RH indoors compared to the uninsulated arenas. The insulated indoor riding arenas also generally had a higher AH inside compared to outside in comparison with the uninsulated, indicating that the insulated arenas without supplementary heat has more insufficient transportation of moisture out of the riding arena.

The best moisture management was found in arenas allowing a large ventilation flow, with virtually the same climate indoors as outdoors. A satisfactory ventilation flow can, for example, be guaranteed by using perforated metal walls or well-dimensioned openings.

The most important thing, when it comes to the construction of the indoor riding arena, is to ensure adequate ventilation so that the moisture can be transported out of the arena. This means that insulated indoor riding arenas with temperature requirements both must provide a sufficient ventilation- flow and heat and/or dehumification. This means a significant cost, but to insulate an arena in order to attain a higher indoor temperature without handling the moisture-issues will most likely lead to damages on the building construction and its interior.

Further studies should be done so that recommendations about how to dimension ventilation can be developed.

## **Ordförteckning**

### **Absolut fuktighet**

Den absoluta fuktigheten (AF) definieras som mängden vattenånga i en bestämd volym luft och uttrycks i  $\text{g/m}^3$  (Sällvik & Ehrlemark, 2007). AF är oberoende av lufttemperaturen.

### **Evaporativ värmeförlust**

Den värmeavgivning från djur och människor som sker via avdunstning av vatten genom hud och/eller andningsvägar (Sällvik, 2005). Evaporationen har en kylande effekt.

### **Kondens**

Kondens uppstår då vattenånga övergår från ångfas till vätskefas. Kondensation sker då daggpunkttemperaturen uppnås, d.v.s. då temperaturen sjunkit så pass att luften inte längre kan bära alla vattenmolekyler vid en viss ånghalt, vilket resulterar i att fritt vatten fällt ut.

### **Lufthygien**

Lufthygien avser koncentrationen av luftföroreningar och gaser i ridhusluften.

### **Relativ fuktighet**

Den relativa fuktigheten (RF) beskriver hur mycket vattenånga luften innehåller i förhållande till dess vattenhållande kapacitet vid en viss temperatur, dvs. hur nära luften är att vara vattenmättad. Den relativa fuktigheten anges i %.

### **Ridhusklimat**

Avser det termiska klimatet såsom RF och lufttemperatur.

### **Ridhusmiljö**

Beskriver miljön i ridhusen med avseende på både lufthygien och det termiska klimatet.

### **Värmeavgivning**

Värmen som avges från djurets kropp till omgivningen via ledning, konvektion, strålning och evaporation (Sjaastad *et al.*, 2003).

# Innehållsförteckning

Förord .....	I
Sammanfattning.....	II
Abstract .....	III
Ordförteckning .....	IV
1. Introduktion .....	1
1.2 Syfte, mål och avgränsning .....	2
1.3 Problemformulering.....	2
2. Litteraturstudie .....	3
2.1 Fukt i luft.....	3
2.2 Fukt i material.....	4
2.3 Fuktproblematik.....	5
2.4 Fuktkällor i ridhus .....	7
2.5 Fukt och mögel.....	9
2.6 Vad utgör en bra ridhusmiljö? .....	12
2.7 Faktorer som påverkar ridhusklimatet.....	18
3. Material och metod.....	33
3.1 Datainsamlingsdesign.....	33
3.2 Analysområde.....	33
3.3 Studieobjekt.....	33
3.4 Datainsamling.....	37
3.5 Test av mätinstrumentens korrekthet .....	38
3.6 Analys av data.....	39
4. Resultat.....	40
4.1 Test av mätinstrument .....	40
4.2 Sammanställning av enkätstudie samt egna observationer.....	40
4.3 Visuellt granskning.....	43
4.4 Momentana mätningar.....	44
4.5 Kontinuerliga mätningar.....	49
4.6 Avdunstning från underlaget.....	54
5. Analys och diskussion av resultat.....	56
5.1 Val av datainsamlingsdesign.....	57
5.2 Datainsamlingsmetod.....	58
5.3 Val av mätbara parametrar .....	58
5.4 Mätta parametrar.....	59
6. Fortsatt diskussion och sakliga råd.....	68
6.1 Störningar i studien.....	71
7. Slutsatser .....	72
8. Referenser.....	73
9. Bilagor.....	80

## 1. Introduktion

Vi lever i en del av världen med stora temperatursvängningar i utomhusluften över året, vilket ställer stora krav på våra byggnader. Eftersom lufttemperaturen spelar en avgörande roll för hur mycket vattenånga luften kan innehålla, måste byggnaderna i vårt klimat inte bara klara av extrem värme och kyla utan även väldigt fuktiga och torra väder. I södra Sverige dominerar de milda och nederbördsrika vintrarna, vilket gör att ridhusen utsätts för stora fuktpåfrestningar under en lång och sammanhängande period. Fukten kommer inte bara utifrån utan stora mängder fukt produceras även inomhus i samband med bl.a. aktivitet och bevattning.

När luften är mättad på vattenånga övergår fukten från ångfas till vätskefas, vilket kallas att den kondenserar. Kondens uppstår antingen vid extra tillförsel av fukt eller när temperaturen sjunker till den nivå då luften inte längre kan bära alla vattenmolekyler, vilket resulterar i att fritt vatten fälls ut. Eftersom varm luft kan bära mer vattenånga än kall luft är oönskad kondens ett större problem under vinterhalvåret än under sommaren.

Ridhus innebär alltid en fuktig miljö, vilket bör tas hänsyn till vid val av byggnadsmaterial och skötsel av ridhuset. Via bevattningen av underlaget tillförs hela tiden ny fukt som måste ventileras ut ur ridhuset eller torkas bort genom uppvärmning (temperaturhöjning), alternativt avfuktas med hjälp av en avfuktare. Då majoriteten av ridhusen i Sverige är ouppvärmda och saknar avfuktare blir fuktventilationen ineffektiv eftersom den sker med hjälp av uteluften, som under stora delar av året redan håller hög fuktighet. Förutom den fukt som tillförs genom bevattningen tillkommer även fukt från bl.a. hästens svett och utandningsluft, vilka ytterligare bidrar till en ökad luftfuktighet. Om ridhuset dessutom är isolerat och/eller är byggt av tunga material, följer en eftersläpning i temperatur mellan inne och ute. När det är kallare inne jämfört med ute leder det till att den relativa fuktigheten hos luften som tas utifrån stiger när den tas in i ridhuset på grund av sjunkande temperatur.

Ett inte så ovanligt förekommande scenario, som kan leda till ohygieniskt höga luftfuktigheter inomhus under vintermånaderna, är då ventilationsöppningarna stängs igen till fördel för en högre lufttemperatur i ridhuset. Bakgrunden till detta scenario är människors och hästars olika behov. Människor har ett stort värmebehov och litet ventilationsbehov på grund av sin ringa fukt- och värmeproduktion, medan hästar har ett litet värmebehov men ett stort ventilationsbehov på grund av sin betydligt högre fuktproduktion. Till exempel har en häst på 500 kg 5-7 gånger högre värmeproduktion, och upp till 10 gånger högre fuktavgivning jämfört med en människa på 70 kg (Ehrlemark, 2012).

Fukt som vatten eller vattenånga är i sig ofarligt. Däremot kan fukt som kommer i kontakt med organiska material ofta orsaka problem. Om inte t.ex. regnvatten hindras från att komma in i byggnaden och den fukt som avges till luften ventileras eller torkas bort skapas förutsättningar för skadlig mikrobiell aktivitet. Det gäller särskilt i ridhus där det finns gott om substrat i form av t.ex. organiskt damm. Utsätts konstruktionen för en hög fuktbelastning under en längre tid kan det organiska materialet drabbas av mögel eller till och med börja brytas ner, vilket försämrar materialens hållfasthet. Man brukar då



tala om att konstruktionen drabbats av rötskador.

Förutom de hälsorisker som förknippas med mögel är problemet framförallt ekonomiskt då det medför stora underhålls- och renoveringskostnader eller genom att livslängden för ett skadat ridhus förkortas. Mögeltillväxt innebär också rent estetiska nackdelar. Fukt kan alltså om den inte upptäcks och åtgärdas i tid, utvecklas ifrån att vara en relativt obetydlig sak till att bli en rejäl ekonomisk påfrestning.

Södra Sverige omges till stor del av vatten som ständigt tillför mer fukt till luften, vilket gör att området överlag har en högre luftfuktighet än resten av landet, i synnerhet inlandet. Samtidigt förväntas årsnederbörden öka i takt med pågående klimatförändring och höjd medeltemperatur (Kjellström *et al.*, 2014). Byggnationer, som till exempel ridhus, måste alltså än mer i framtiden, tåla stora fuktbelastningar. Dessa kommer att kräva en än mer genomtänkt fuktsäkerhetsplanering under byggprocessen för att undvika skador på grund av fuktpåverkan.

## **1.2 Syfte, mål och avgränsning**

Målet med denna studie har varit att kartlägga ridhusens enskilda förutsättningar för att utreda eventuella samband mellan eventuell isolering i byggnaden, skötsel av underlag samt ventilation och fuktnivåer. Detta för att ta reda på vad som skiljer de ridhus som har ett fungerande inomhusklimat ifrån de som får fuktskador, så att sakliga råd kan sammanställas om hur ridhus bör byggas och skötas för att undvika skador på byggnaden orsakade av fukt.

Med hänsyn till att det på marknaden idag finns så många olika typer av konstruktioner, detaljlösningar och material är inte rapporten heltäckande med avseende på alla förekommande konstruktioner och utföranden. Studien ämnar inte heller att nå en statistisk analys av klimatet i olika ridhus då studiens omfång begränsar möjligheten att korrigera för samtliga klimatpåverkande faktorer (t.ex. byggnadens placering i förhållande till andra byggnader och i landskapet, samt byggnads- och underlagsmaterial), samt begränsar antalet medverkande ridhus. Istället syftar den till att väcka ett intresse och en förståelse för den fuktproblematik som ofta råder i ridhus och att fuktskador kan uppstå om man vid byggnation och underhåll av ridhus inte tar hänsyn till samtliga fuktpåverkande faktorer samt fukthaltens effekt på luftkvaliteten och materialens hållbarhet. Rapporten avslutas med att ge konkreta förslag på fuktskadeförebyggande insatser vid byggnation och skötsel av ridhus.

## **1.3 Problemformulering**

- Vad skiljer de ridhus som drabbats av fuktskador från de som inte gjort det?
- Hur kan riskerna för fuktskador förebyggas och undvikas?

## 2. Litteraturstudie

Rapporten inleds med lite grundläggande fakta om luftfuktighet och fuktmekanik eftersom denna kännedom ligger till grund för förståelsen kring fuktens påverkan på byggnadens material samt de hygieniska förhållandena.

### 2.1 Fukt i luft

Fukt är vatten och förekommer överallt i vår omgivning, om än i olika former (ånga eller gas, vätska och is). Torr luft förekommer inte i praktiken utan den luft vi andas är en blandning av torr luft och vattenånga (vatten i gasform) (Sällvik & Ehrlemark, 2007). Eftersom nästintill alla byggmaterial står i kontakt med luft genom sina porsystem är det av central betydelse att känna till luftens förmåga att uppta och avge fukt för att förstå hur det påverkar materialen. Framförallt är det sambandet mellan luftens fukttinnehåll och temperatur som är av central betydelse (Nevander & Elmarsson, 1994).

För att beskriva luftens fuktillstånd kan tre storheter användas; aktuell ånghalt (absolut fuktighet),  $v$  ( $\text{kg/m}^3$ ), mättnadsånghalt (maximal mängd vatten i form av ånga ( $\text{kg/m}^3$ ) som funktion av temperatur i  $^{\circ}\text{C}$ ) samt den relativa fuktigheten (RF),  $\varphi$  (%) (Sandin, 1997).

Luft innehåller alltid en viss mängd vattenånga. Mängden ånga benämns som luftens ånghalt och definieras som mängden vattenånga per volymenhet ( $\text{kg/m}^3$  el.  $\text{g/m}^3$ ) och betecknas  $v$ . Ju mer vattenånga, dvs. ju fler vattenmolekyler som finns inom en bestämd volym luft, desto högre är ånghalten. För att inte behöva ta hänsyn till lufttryck och temperatur kan man vid fuktberäkningar använda sig av gram vattenånga per kilogram torr luft (Sällvik & Ehrlemark, 2007).

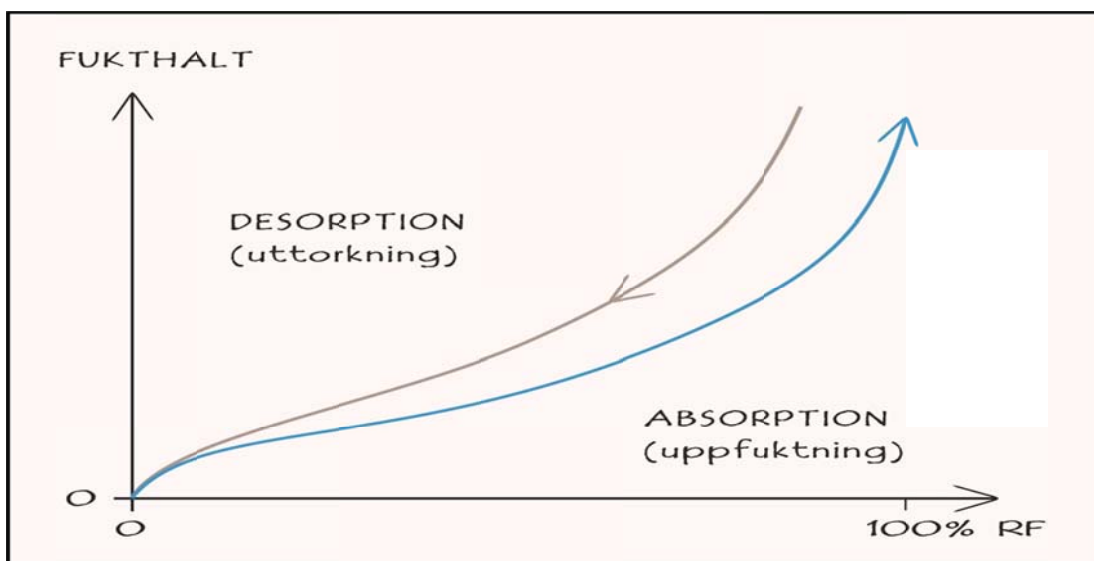
När luften har uppnått sin mättnadsånghalt bär den så många vattenmolekyler den under rådande förutsättningar maximalt har möjlighet att bära. Luftens kapacitet att bära molekyler är starkt beroende av omgivande temperatur, då varm luft kan bära fler vattenmolekyler än kall luft, vilket har till följd att ånghalten är högre på sommaren än på vintern (Sandin, 1997). Till exempel är mättnadsånghalten vid  $20^{\circ}\text{C}$  17,3 gram per kubikmeter, medan den endast är 3,2 gram per kubikmeter vid  $-5^{\circ}\text{C}$  (Samuelsson *et al.*, 2007). Vid lägre temperaturer sjunker alltså mättnadsånghalten medan den aktuella ånghalten förblir densamma. Om mättnadsånghalten och den aktuella ånghalten vid en bestämd temperatur är lika kallas det för *daggpunkten*. Ifall temperaturen sänks ytterligare kommer en del av vattenångan att fällas ut som kondens, dvs. vatten övergår från vattenånga till vattendroppar, eftersom den aktuella ånghalten inte kan vara större än mättnadsånghalten (Sandin, 1997).

Den relativa fuktigheten definieras som kvoten mellan aktuell ånghalt i luften och mättnadsånghalten vid aktuell temperatur, betecknas med  $\varphi$  eller RF och anges i procent (Nevander & Elmarsson, 1994). Den relativa fuktigheten beskriver var på skalan (0-100 %) mellan mättad luft (RF= 100 %) och helt torr luft (RF= 0 %) fuktnivån befinner sig (Hagentoft, 2002). En hög relativ fuktighet behöver inte innebära en hög ånghalt. Luft med en låg ånghalt kan ha högre relativ fuktighet än luft med hög ånghalt. Luftens relativa fuktighet avgörs utifrån omgivande temperatur (Sandin, 1997).

## 2.2 Fukt i material

Vatten kan bindas i material på huvudsakligen två olika sätt, antingen till den fasta massan eller i materialets porer. Vatten bundet till den fasta massan kallas kemiskt bundet vatten och är den fukt som inte kan förångas ens vid mycket höga temperaturer. Vattnet bundet i porerna kallas fysikaliskt bundet vatten och innefattar den fukt som kan avgå vid en temperatur på +105 °C, även kallat förångningsbart vatten (Sandin, 1997). Det är det förångningsbara vattnet som är det intressanta ur ett byggnadstekniskt perspektiv.

Material strävar alltid efter att uppnå en jämvikt mellan fukten i materialet och omgivningens luftfuktighet. Beroende på om omgivningen är fuktigare eller torrare avger (desorption) respektive upptar (absorption) materialet fukt och ändrar på så vis sin egen fuktkvot. Om jämvikt redan råder sker varken upptagning eller avgivning av fukt till omgivningen. Material kan stå i kontakt med och utbyta fukt med luft, fritt vatten och andra fuktigare eller torrare material (Sandin, 1997). Fuktjämvikten brukar beskrivas med en så kallad sorptionskurva (figur 1). Varje material har en egen sorptionskurva vilken beskriver vilket fukttinnehåll materialet kommer att ha när det står i jämvikt med den relativa fuktigheten i omgivningen. Sorptionskurvan är på så sätt ett medelvärde mellan ett materials desorptionskurva och absorptionskurva (Nilsson, 2006).



Figur 1. Exempel på sorptionskurva (Nevander & Elmarsson, 1994).

Fukttinnehållet i material anges vanligen som fuktkvot,  $u$  (vikt-%) och anger hur stor del förångningsbart vatten som finns i materialet i förhållande till torr massa. En träbit med en fuktkvot på till exempel 30 % innehåller alltså 30g vatten per 100g torrt material. Till skillnad från RF så har fuktkvoten ingen övre gräns och kan därför vara långt över 100 % i vissa material under vissa situationer (Nilsson, 2006).

### 2.2.1 Material i kontakt med fuktig luft

Materials hygroskopiska karaktär beskriver materialets benägenhet att ta upp fukt direkt från luften. Den totala mängden fukt som kan bindas till materialet bestäms dels av luftens relativa fuktighet och dels av materialets inre struktur, de inre ytornas egenskaper

och storlek samt porstorleksfördelningen (Nevander & Elmarsson, 1994). Generellt gäller att grovporösa material, som till exempel cement, med en liten inre yta, har en lägre vattenlagringsförmåga än finporösa material med en stor inre yta. Trä är dock ett undantag eftersom trä inte har några fina porer men trots det en stor vattenlagrande förmåga. Förklaringen till det är att trä har molekyllkedjor som har en stark bindningskraft till vatten (Nilsson, 2006). Fuktupptagningen ifrån luft kan ske genom adsorption och/eller kapillärkondensation, där adsorption främst sker vid låg RF medan kapillärkondensation sker vid högre RF (Nevander & Elmarsson, 1994). Vid adsorption binds vattenmolekylerna till materialets yta i porsystemet, medan kapillärkondensation innebär att vattenånga kondenserar på konkava ytor bildade av det adsorberade vattenskiktet i materialet (Nevander & Elmarsson, 1994).

### **2.2.2 Material i kontakt med fritt vatten**

När ett material står i kontakt med fritt vatten sker fuktupptagningen i materialet via kapillärsugning. Kapillär uppsugning uppstår dels genom vattenmolekylernas och porväggarnas elektrostatiske attraktion och dels genom vattnets ytspänning. Ytspänningen ger upphov till ett undertryck som gör att vattnet stiger uppåt. Då denna kraft uppåt är omvänt proportionell mot porernas radie betyder det att ju finare porerna är desto högre sugkraft har materialet (Sandin, 1997). Genom kapillär uppsugning kan även de större porerna fyllas, vilket gör att ett material med hjälp av denna typ av fukttransport kan uppta större mängd fukt än genom hygroskopisk fuktupptagning, vilket i huvudsak fyller de små porerna (Burström, 2007).

### **2.2.3 Material i kontakt med andra material**

Eftersom material alltid strävar efter att uppnå en jämvikt mellan sin och omgivningens fuktillstånd kommer material som står i kontakt med varandra att omfördela fukten mellan sig. Avgörande för hur omfördelningen sker är RF i porluften samt porvattenundertrycket i materialen, vilket betyder att transporten kan ske från ett material med lägre fuktinnehåll till ett material med högre fuktinnehåll (Sandin, 1997).

## **2.3 Fuktproblematik**

Ett material påverkas av fukt när det från att varit relativt torrt blir uppfuktat. Oberoende av om uppfuktningen beror på omgivande fuktig luft eller intilliggande material är det först materialets yta som påverkas, medan de inre delarna kan vara relativt torra. Det är först vid långvarig fuktpåverkan som de inre delarna skadas. Även en fuktskada som är begränsad till ett litet område kan ha konsekvenser för stora delar av materialet (Nilsson, 2006).

Varje material har en egen kritisk fuktnivå. Om materialets fuktillstånd överskrider denna nivå under en längre tid kan materialets egenskaper och utseende förändras (Nilsson, 2006). De vanligaste förändringarna enligt Nilsson (2006) är:

- Fuktrörelser (ex. svällning, krympning)
- Nedbrytning (ex. korrosion, frost, röta)
- Egenskapsförändringar (ex. hållfasthet, värmekonduktivitet)
- Missfärgningar (ex. fuktfläckar, synligt mögelangrepp)
- Lukt och emissioner

### **2.3.1 Fuktrörelser**

På grund av bland annat variationer i klimatet under året kommer fuktkvoten i utomhuskonstruktioner att kontinuerligt förändras. Materials förmåga att ta upp eller avge vatten beroende på omgivningens fuktighet kan leda till deformationer i materialet eftersom porernas vatteninnehåll ändras vid uttorkning och uppfuktning. Deformationen beror på det undertryck som uppstår i den vattenfyllda delen av materialet vilket leder till att denna del "drar ihop" materialet vid fuktavgång (Nilsson, 2006). Trä är ett av de material som påverkas mest av fuktrörelser och förändringar kan ske redan vid 60 % RF, medan cementbaserade material först påverkas vid 80 % RF. Krympning sker för dessa material vid runt 30 % RF. Fuktrörelser i trä kan dock endast ske om fuktinnehållet är under dess fiber-mättnadspunkt, d.v.s. den fuktkvot då cellväggarna upptagit sin maximala mängd vatten. Fiber-mättnadspunkten för trä är ca 30 vikt-% (Nilsson, 2006).

### **2.3.2 Nedbrytning**

Nedbrytning av material kan ske antingen på kemisk, fysikalisk eller biologisk väg. Fysikalisk nedbrytning kan till exempel vara skador orsakade av frost. Cementbaserade material är mindre känsliga mot vatten i flytande- och gasfas än många andra material (Nilsson, 2006). Däremot kan de istället skadas av frost, vilket sker då vattnet i de vattenmättade porerna fryser. Vid frysning sker en expansion av vattnets volym vilket leder till att cementen sprängs inifrån (Hagentoft, 2002). Den maximala mängd vatten som ett material kan innehålla utan att ta skada från frysning definieras enligt Nilsson (2006) som den kritiska vattenmättnadsgraden och är individuell för varje material.

Kemisk nedbrytning är till exempel den elektrokemiska korrosion som uppstår då metaller under längre tid utsätts för höga fuktnivåer. Elektrokemisk korrosion sker inte på torra ytor, men det krävs endast mycket lite fukt för att en reaktion ska kunna ske. Korrosion sägs ha en kritisk gräns vid 50 % RF, men med en ökad fuktighet ges att korrosionshastigheten ökar exponentiellt (Nilsson, 2006). Korrosion kan även ske i armeringsstål ingjutet i betong.

Biologisk nedbrytning sker då fuktangreppet fått pågå under en tid så att de mer fuktälskande rötsvamparna kunnat etablera sig. Rötsvampar kräver så hög RF som 95-100 % för att växa till på trä (Viitanen, 1994), men väl etablerade förstör de strukturen i träet vilket gör att hållfasthet försämras och träet måste bytas ut. Svampangrepp är inte ett tecken på att materialet drabbats av röta, men vissa typer av svampar kan fungera som en inkörsport för att röta ska kunna etableras (Träguiden, 2003).

### **2.3.3 Egenskapsförändringar**

Egenskapsförändringar uppstår då fukten påverkat materialet så pass att dess funktion blivit nedsatt. Till exempel kan materialets värmekonduktivitet eller hållfasthet påverkas. Hållfastheten påverkas kraftigt av fuktnivån i materialet. För träbaserade material sjunker hållfastheten nästan linjärt med fuktkvoten (Nilsson, 2006).

### **2.3.4 Missfärgningar**

Missfärgningar från vattenläckage eller kondensation kan yttrar sig som t.ex. saltutfällningar på betong, tegel eller puts, fuktfläckar eller mögelpåväxt (Nevander & Elmarsson, 1994).

### **2.3.5 Lukt och emissioner**

I samband med mikroorganismers ämnesomsättning bildas gaser som vi kan uppfatta med luktsinnet. Vilka gaser som bildas beror på vilken art av mikroorganism, temperatur, syretillgång, fas i livscykeln, tillgång på fukt etc., vilket gör att alla angrepp inte leder till dåligt lukt. Ett angrepp behöver inte vara aktivt för att materialet ska lukta. Även efter det att mikroorganismen som producerat gasen har dött sitter lukten kvar i konstruktionen under lång tid (Johansson, 2006).

## **2.4 Fuktkällor i ridhus**

### **2.4.1 Nederbörd**

Yttertak och ytterväggar som träffas av nederbörd måste vara vattentäta så att utifrån kommande fukt inte når fuktkänsliga byggnadsdelar. Framst är det nederbörd som under inverkan av vinden träffar byggnadsytan snett som påverkar byggnadens ytterkonstruktion. Nederbörd i kombination med blåst kan medföra att regn och snö tar sig in genom otätheter i fasaden, till exempel via sprickor och ventilationsöppningar eller känsliga konstruktionsdelar som fogar (Hagentoft, 2002).

Regn som träffar byggnadsytan snett kallas slagregn. Mängden av denna typ av nederbörd varierar kraftigt med geografisk belägenhet och väderstreck. I Skåne förekommer slagregn främst från sydväst vilket gör att sydvästfasader är extra utsatta. Dock varierar en enskild byggnads direkta utsatthet stort beroende på byggnadens placering i terrängen, omgivande bebyggelse, fasadens orientering samt byggnadens storlek och utformning (Sandin, 1997).

### **2.4.2 Byggfukt**

Byggfukt är det överskott av fukt som lagrats i byggnadsmaterialet och som förångas efter det att materialet byggts in (Samuelsson *et al.*, 2007). Byggfukt tillförs materialen antingen avsiktligt under tillverknings- och monteringsfasen, till exempel vid betonggjutning, murning och putsning, eller oavsiktligt genom att materialet till exempel inte skyddats mot nederbörd under förvaring. En viss mängd byggfukt är svårt att undvika men oavsett anledning till fuktillskottet måste den tillförda mängden fukt torkas ut ur materialet för att inte orsaka skador. Mängden fukt som ska torkas ut varierar mellan olika material och enskilda situationer. Dock finns det riktvärden för olika materials innehåll av byggfukt. Till exempel innehåller betong 0-100 kilo per kubikmeter fukt och trä ca 40 kilo per kubikmeter fukt (Sandin, 1997).

### **2.4.3 Markfukt**

Markfukt är all den fukt som finns i marken, både i vatten- och i ångform, och har sitt ursprung i nederbörd och grundvatten. Alla byggnader som står på marken utsätts för markfukt. Byggnadsdelar under grundvattenytan står under direkt vattentryck medan byggnadsdelarna över grundvattenytan står i kontakt med markfukten genom kapillär uppsugning (Hagentoft, 2002). Eftersom det hela tiden tillförs fukt till marken och eftersom temperaturen är förhållandevis låg, beräknas alltid den relativa fuktigheten i mark vara 100 % (Hemgren, 1998). Tillgången på fukten varierar dock beroende på markbeskaffenhet, dräneringsanordningar, markplanering m.m. (Elmroth, 1966).

#### 2.4.4 Luftfukt

Luften i vår omgivning innehåller alltid en viss mängd vattenånga eftersom luften har en förmåga att bära vattenmolekyler. Ångan i utomhusluften kommer främst ifrån förångat vatten från mark, vattendrag, sjöar och hav (Samuelsson *et al.*, 2007). Ånghalten eller mängden vattenånga i luften (AF) bestäms av klimatet utomhus. Den aktuella luftfuktigheten är i genomsnitt högst i södra Sverige och under januari månad har ånghalten i utomhusluften i Skåne uppmätts till i snitt ca 5 gram per kubikmeter (baserat på data från 1996-2012), medan RF under samma månad och mätperiod uppmättes till i genomsnitt 85-90 % (SMHI, 2015a).

Vattenångan kommer in i byggnaden via ventilation och/eller via luftläckage, där mängden bestäms av aktuell ånghalt utomhus samt ventilationens och luftläckagens storlek (Samuelsson *et al.*, 2007).

#### 2.4.5 Tillförd fukt

Utöver den fukt som tas in utifrån tillkommer även fukt som produceras i samband med aktivitet inne i ridhuset. Hästar är i högre grad än många andra arter beroende av sin förmåga att svettas för att kunna göra sig av med producerad överskottsvärme och undvika värmestress. Upp till 80 % av den skapade energin hos hästar i arbete avges till omgivande luft som värme (Art & Lekeux, 2005; Hodgson *et al.*, 1994). Under intensivt arbete avges 65-75 % av dessa genom en vidgning av blodkärlen för ett ökat blodflöde till huden, evaporation samt genom en ökad andningsfrekvens (Hodgson *et al.*, 1993). Den evaporativa värmeförlusten genom svettning, som är den största förlustsposten, uppgår till ca 5-7 liter svett per timme för en 500 kilos häst i svala och torra luftförhållanden (Art & Lekeux, 2005; Kingston *et al.*, 1997). Under hög lufttemperatur kan siffran istället vara runt 10-15 liter per timme (Carlson, 1983; Art & Lekeux, 2005).

Den respiratoriska värmeförlusten under intensivt arbete uppgick i en studie till 30 % av den totala värmeförlusten (Hodgson *et al.*, 1993). Padilla *et al.*, (2004) visade i sin studie att hästens luftkonsumtion under arbete (galopp) uppgår till ca 13 liter per andetag och 114 andetag per minut, medan Clarke (1993) menar att siffran är 12-15 liter per andetag och 150 andetag per min. Med dessa siffror blir den totala luftkonsumtionen ca 1500-2250 liter luft per minut.

Studierna ovan visar att hästar i träning inte bara kan tillföra en betydande mängd fukt till inomhusluften genom sin avdunstning från andningsvägarna och svettavgivning, utan även att en hälsosam luft är av avgörande betydelse för hästens välbefinnande då dess luftkonsumtion under arbete är så stor.

En förutsättning för att luften skall hållas hälsosam är att dammspridningen från underlaget minimeras. Torra underlag dammar mycket och i många ridhus är en frekvent bevattning en nödvändighet. I Svenska ridsportförbundets (SvRF) *Ridunderlag- en guide* (2014) rekommenderas det att underlag i ridhus som används av 20 hästar per dag eller fler vattnas varje dygn, medan underlag som används av ca 5 hästar per dag bara behöver vattnas ungefär var 3:e dygn. Viktigt är att inte låta underlaget torka upp innan nästa bevattningstillfälle eftersom det krävs mycket tid och stor vattenmängd att åter få ridbanan ordentligt genomvattnad (USDF, 2000)

Vatten är även för de flesta underlag det enskilt viktigaste verktyget för att styra underlagets funktionella egenskaper (USDF, 2000). Vattenhalten är t.ex. central för att bibehålla svikten och greppet i underlaget, samt bevara en jämn yta (SvRF, 2014). Det är därför viktigt att ersätta bortdunstat vatten. Eftersom det avdunstate vattnet höjer fuktmängden i omgivande luft bidrar en frekvent bevattning av underlaget en betydande fuktpåfrestning för ridhallen.

Även människorna (ryttare, tränare, publik) som vistas i ridhuset tillför en viss fukt till luften via evaporation, om än i betydligt mindre omfattning än hästarna. Vid stillasittande och en rumstemperatur på 20 °C avger en vuxen människa ca 40 gram per timme och vid promenad ca 180 gram per timme (Hjertén *et al.*, 1996).

## 2.5 Fukt och mögel

Tillväxt av mikroorganismer i byggnadsmaterialet skadar inte bara byggnadens estetiska utseende och dess hållbarhet utan påverkar även inomhushygienen på ett negativt sätt. Individer som exponeras för mikroorganismer kan uppleva ohälsa i form av irriterade slemhinnor och andra allergiliknande symptom (Johansson, 2006).

Mikroorganismer finns alltid närvarande i luften och kan med luftströmmarnas hjälp ta sig in i inomhusluften via till exempel ventilationen eller vädring. De mikroorganismer man oftast påträffar i byggnader är mögelsvampar, blånadssvamp, rötsvamp och mögelbakterie (Johansson, 2006). Olika mikroorganismer kräver sina specifika miljöförutsättningar för att kunna gro och tillväxa, men för de flesta är tillgången på näring, syre och fukt central. Mögelangreppets omfattning och hastighet beror däremot på ytterligare faktorer. Forskare (Johansson *et al.*, 2013; Viitanen, 1994) har kommit fram till följande faktorer som de främst påverkande:

- Fukt och temperatur
- Fuktpåverkans varaktighet
- Nedsmutsning
- Återkommande fuktperioder



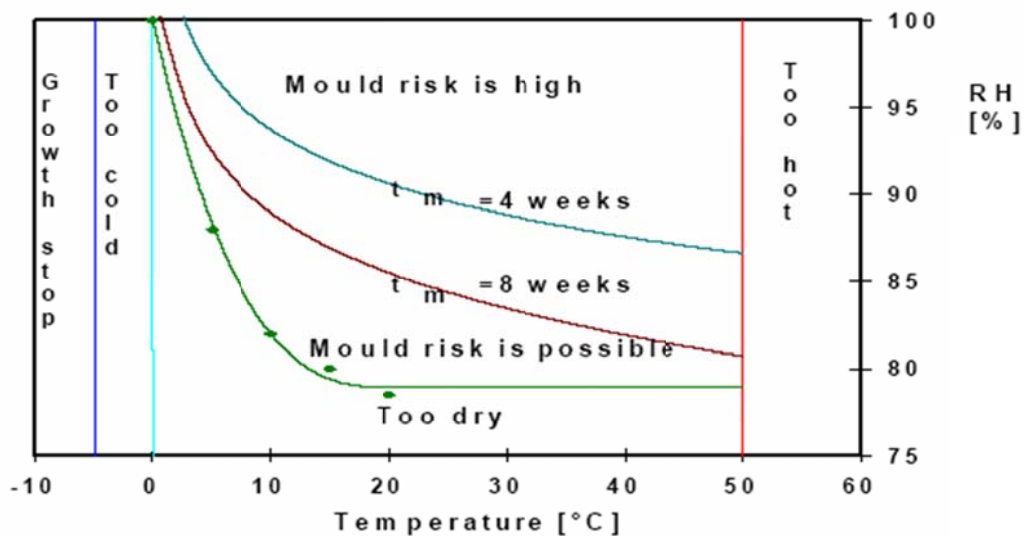
Figur 2. Exempel på fuktskadad träpanel i ridhus.  
Foto: Ulrika Hansson



### 2.5.1 Fukt och temperatur

Eftersom tillgången på fukt kan begränsa eller förhindra mögelangrepp kan denna faktor ses som den primära orsaken till ett angrepp (Johansson, 2006). Olika mikroorganismer kräver olika mängd fukt för att ett angrepp ska kunna ske, samtidigt som olika material har olika lägsta kritiska fukttillstånd för att kunna angripas av mögel.

Nielsen *et al.*, (2004) undersökte i sin studie samverkan mellan det kritiska fukttillståndet och temperaturen för mikrobiell tillväxt på olika organiska byggmaterial. Tillväxt av mögel på trä och träbaserade material gick att se vid så låg RF som 78 % och 20-25 °C, medan det krävdes RF 90 % vid lägre temperaturer (5 °C). Resultaten från Nielsen *et al.*, (2004) studie är samstämmigt med resultaten från Viitanen och Ritschkoffs (1991) studie om mögeltillväxt på gran och furu. Deras studie visade att en högre temperatur innebar att en lägre RF krävdes för uppkomsten av mögelangrepp, samtidigt som tillväxthastigheten ökade vid stigande temperaturer. Till exempel var omfattningen av mögelangrepp vid +10 °C och RF 96 %, nästan samma som vid +30 °C och RF 87 %. Proverna angreps fortast vid +40 °C. Vid +50 °C och under 0 °C kunde inga angrepp fastslås, trots att den relativa fuktigheten var fördelaktig (100 %). Viitanen (2004) har sammanfattat resultaten i en modell över kritiska fukt- och temperaturgränser för mikrobiell tillväxt (figur 3).



Figur 3. En översikt över kritiska temperaturer och fuktighetsgränser för mikrobiell tillväxt för trä och träbaserade material. Kurvorna  $t_m = 4$  weeks och  $t_m = 8$  weeks beskriver sambandet mellan tillväxten av mögel och RF vid olika temperaturer 4 veckor respektive 8 veckor efter det att virket tillsatts mögelsporer (hämtad ur Johansson *et al.*, 2005, se Viitanen, 2004).

Johansson *et al.*, (2005) har i Sveriges provnings- och forskningsinstitut (SP) regi sammanfattat olika materials kritiska fukttillstånd baserat på data från vetenskapliga studier (tabell 1). I sammanställningen kan man t.ex. se att trä, som är ett av de känsligaste materialen, har en kritisk fuktgräns vid RF 75 %, medan betong tål en relativ fuktighet på 90-95 %. Alla siffror utom de i gruppen "smutsade material" gäller rena ytor i rumstemperatur.

Tabell 1. Olika material och deras kritiska fuktillstånd (% RF) vid angrepp av mikrobiell tillväxt. Värdena avser fuktillståndet i materialets yttersta skikt vid rumstemperatur.

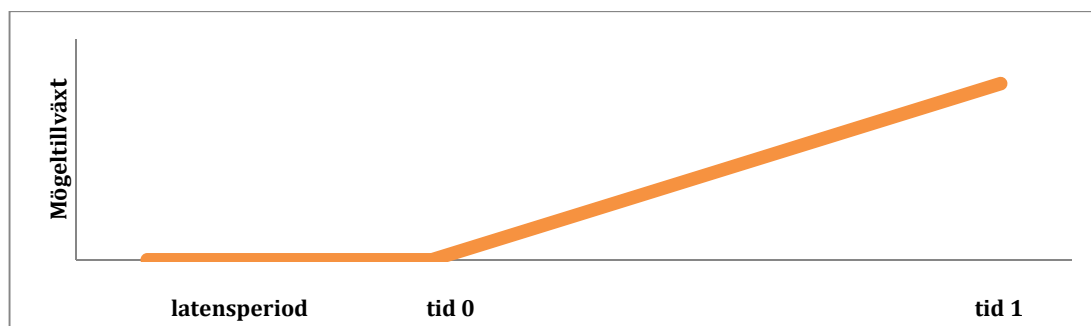
Materialgrupp	Kritiskt fuktillstånd, RF %
Smutsade material	75-80
Trä och träbaserade material	75-80
Gipsskivor med papp	80-85
Mineralisolering	90-95
Cellplastisolering (EPS)	90-95
Betong	90-95

Källa: Johansson *et al.*, 2005- data från SP (Sveriges Provnings- och forskningsinstitut)

Det kritiska fuktillståndet kan variera inom en materialgrupp av andra skäl än den omgivande lufttemperaturen. Tillsatser av t.ex. fungicid (svampgift) eller tryckimpregnering sänker verkets fukt känslighet. Tryckimpregnering är dock inget fullgott skydd mot mögelangrepp (Johansson *et al.*, 2005).

### 2.5.2 Varaktighet

Hur länge materialet exponeras för fukt högre än det kritiska fuktillståndet har också betydelse för den mikrobiella aktivitetens utbredning. Även under gynnsamma förhållanden finns det ofta en latensperiod innan mögeltillväxten kommer igång (figur 4). Latensperioden (tiden fram till tid 0) varierar liksom lutningen på kurvan för olika material, relativa fuktigheter och temperaturer. Om man under latensperioden eliminerar fukten genom en snabb upptorkning kan angrepp undvikas. Även angrepp som redan har startat kan avstanna om tillförseln av fukt stoppas och torkning av materialet sker (Chang *et al.*, 1995). Dock är en snabb upptorkning av yttersta vikt eftersom en långsammare uttorkning ger möjlighet till anpassning hos svampen som gör att den kan leva vid lägre fukthalter (Pasanen *et al.*, 2000).



Figur 4. Schematisk bild över mikrobiell tillväxt på material. Latensperioden (tiden fram till tid 0) beskriver den tidsperiod då förhållandena är gynnsamma för mikrobiell aktivitet, men innan mögel har börjat tillväxa (hämtad ur Johansson *et al.*, 2005).

### 2.5.3 Nedsmutsning

Vissa byggmaterial kan i sig själva fungera som näring åt mögelsvampen, men smuts på materials yta ökar alla materials känslighet för angrepp eftersom smutsen fungerar som ett substrat för svampen. I en studie av Chang *et al.*, (1995) studerades tre olika materials känslighet mot mögelsvampen *Penicillium chrysogenum* då de kontaminerats med organiskt damm. Resultatet visade att rena material som inte angreps av mögel vid mycket hög relativ fuktighet (97 %), angreps då de kontaminerats med organiskt damm. Galvaniserat stål, som är ett material med mycket hög motståndskraft mot mögelangrepp, angreps redan vid 90 % RF då det kontaminerats av organiskt damm. Resultaten tydliggör på sambandet mellan nedsmutsning (tillgång på substrat), materialets utsatthet för mögelangrepp och vikten av låg RF i miljöer där kontaminerade material är vanligt.

### 2.5.4 Återkommande fuktperioder

Studier (Hallenberg & Gilert, 1988; Pasanen *et al.*, 2000) har visat att trämaterial som tidigare blivit utsatta för höga fukthalter och som sedan torkats, har ett kraftigare mögelangrepp vid ny fuktpåverkan jämfört med trä som inte tidigare utsatts för väta. Johansson *et al.*, (2013) visade i sin studie om mögeltillväxt vid fluktuerande RF och temperatur att tillväxten hämmades då RF och temperatur varierade jämfört med konstant ofördelaktiga förhållanden. Viitanen och Bjurman (1994) fann att tillväxten av mögel var snabbare då frekvensen av RF-fluktuationerna är högre och den aktiva perioden kortare (eg. 24h/24h) än för längre (1-2v/2v) och färre upprepade perioder. Resultaten beskriver dels att material som en gång varit utsatt för väta är mer benägna att mögla vid nya fuktangrepp än material som hållits torra, och dels att den mest avgörande faktorn för mögeltillväxtens omfattning är längden av fördelaktiga och ofördelaktiga perioder, snarare än medelvärdet för den relativa fuktigheten vid olika temperaturer. Detta ger en bild av hur ett varierat klimat, med fuktperioder och torrperioder, påverkar trämaterial.

## 2.6 Vad utgör en bra ridhusmiljö?

Miljön i en byggnad kan beskrivas utifrån dess termiska närmiljö samt lufthygien. Det termiska klimatet bestäms utifrån faktorer som luftfuktighet, strålningstemperatur, lufttemperatur samt lufthastighet (Jeppson *et al.*, 2006), medan lufthygien i stall och på arbetsplatser definieras efter de gränsvärden för olika luftföroreningar som finns angivna i Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd, DFS 2007:6, (L101) om hästhållning samt Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden (AFS, 2015:7) på arbetsplatser. Hur klimatet däremot uppfattas av djur och människor beror på deras egen värmeproduktion genom ämnesomsättning och möjligheter till värmeavgivning (Jeppson *et al.*, 2006).

### 2.6.1 Lufttemperatur

Hästen är ett homeotermt djur, vilket betyder att den håller en konstant kroppstemperatur oavsett omgivande väder- och vindförhållande. Detta innebär att hästen måste producera lika mycket värme genom sin ämnesomsättning som den avger till omgivningen (Sällvik, 2005). Lufttemperaturen är alltså av betydande vikt för hästens välbefinnande och dess värmebalans beskrivs utifrån den så kallade termoneutrala zonen (TNZ).

Den termoneutrala zonen sammanfattades som en modell först av en forskare vid namn Mount år 1973 och visar hur hästen (och andra jämnvarma djur) fysiologiskt reagerar för

att reglera sin värmebalans i förhållande till omgivningens temperatur. Den termoneutrala zonen definieras enligt CIGR (1984) som ”*det intervall av termisk omgivning (närmiljö) vanligtvis karakteriserat genom temperatur, inom vilken ett djurs totala värmeproduktion är approximativt konstant vid ett givet intag av foderenergi*”. Den termoneutrala zonen begränsas av en övre kritisk temperatur och en nedre kritisk temperatur (se Sällvik, 2005). Inom TNZ kan hästen utan problem bibehålla sin värmebalans, medan den vid temperaturer under den nedre kritiska temperaturen och över den övre kritiska gränsen måste öka värmeavgivningen respektive öka värmeproduktionen för att hålla en konstant kroppstemperatur. Detta gör de genom att vidta vissa regler tekniker och beteenden, som t.ex. äta mer, dra ihop ytliga blodkärl, svettas eller öka andningsfrekvensen (Morgan, 2007).

De kritiska temperaturerna varierar mellan individer och påverkas bland annat av vikt, ras, fodergiva, luftfuktighet, vindhastighet, underlag och hästens hälsa (CIGR, 1984; Morgan, 2007), vilket gör dessa gränsvärden svårdefinierbara. Olika forskare har försökt fastställa TNZ, men med olika resultat, bland annat på grund av skillnader i näringstillförsel och adaptation (akut eller kronisk köld/värme). McBride et al (1985) fann att TNZ för hästar låg i intervallet – 15 °C till 10 °C medan Morgan (1996) menade att intervallet sträcker sig från 5 °C till 25 °C.

Generellt är friska, vuxna hästar mer känsliga för värme än för kyla (CIGR, 1984) och för att undvika att hästarna drabbas av värmestress finns det vid dimensionering av stallventilation föreslagna riktvärden för högsta temperaturskillnad mellan inom- och utomhustemperatur under sommarmånaderna. Dessa riktvärden är en medelväg mellan hästarnas komforttemperatur och vad som tekniskt kan åstadkommas då endast uteluften används för att kyla stallet (Ehrlemark, 2015a, personligt meddelande). I värmeisolerade stallar gäller en maximal temperaturskillnad på +4 °C vid en utomhustemperatur på 21 °C. I oisolerade stallar kan en något högre övertemperatur motiveras eftersom klimatet i oisolerade byggnader är betydligt mer svårkontrollerat. Då kan istället en temperaturskillnad på +5 °C tillåtas vid en utomhustemperatur på 21 °C (Ehrlemark, 1995).

I ridhus är det inte aktuellt att dimensionera ventilationen efter högsta tillåtna temperatur inomhus i förhållande till utetemperaturen. Detta eftersom ridhus inte ska fungera som en inhysningsbyggnad och eftersom det är valbart om man vill vistas där under sommarmånaderna (SJV, 2014, personligt meddelande).

Risken för värmestress beror inte bara på lufttemperaturen (och solinstrålning) utan även på luftfuktigheten eftersom den relativa luftfuktigheten påverkar hur mycket fukt hästen kan avge (Jeppson *et al.*, 2006). En häst kan under arbete producera runt 5 liter per timme svett vid gynnsamma klimatförhållanden. Under varma väder kan svettproduktionen istället uppgå till 10-15 liter och timme (Art & Lekeux, 2005). Hästars stora värmeproduktion gör att förhållandena måste vara sådana att den kan avge fukten till omgivande luft. För att undvika värmestress hos hästar i arbete använder man sig i USA av ett så kallat Comfort Index. Comfort Index utgörs av summan av lufttemperaturen i grader Fahrenheit och den relativa fuktigheten i procentenheter. Om summan är mellan 130-150 kan hästarna genom främst evaporation göra sig av med överskottsvärmen. Men

stiger summan till över 150, samtidigt som RF är mer än 75 %, är risken att värmeavgivningen blir för liten i förhållande till värmeproduktionen (Jones, 2014). Översatt till Celsius innebär det att vid temperaturer över 24 °C bör RF understiga 75 % för att värmestress ska undvikas.

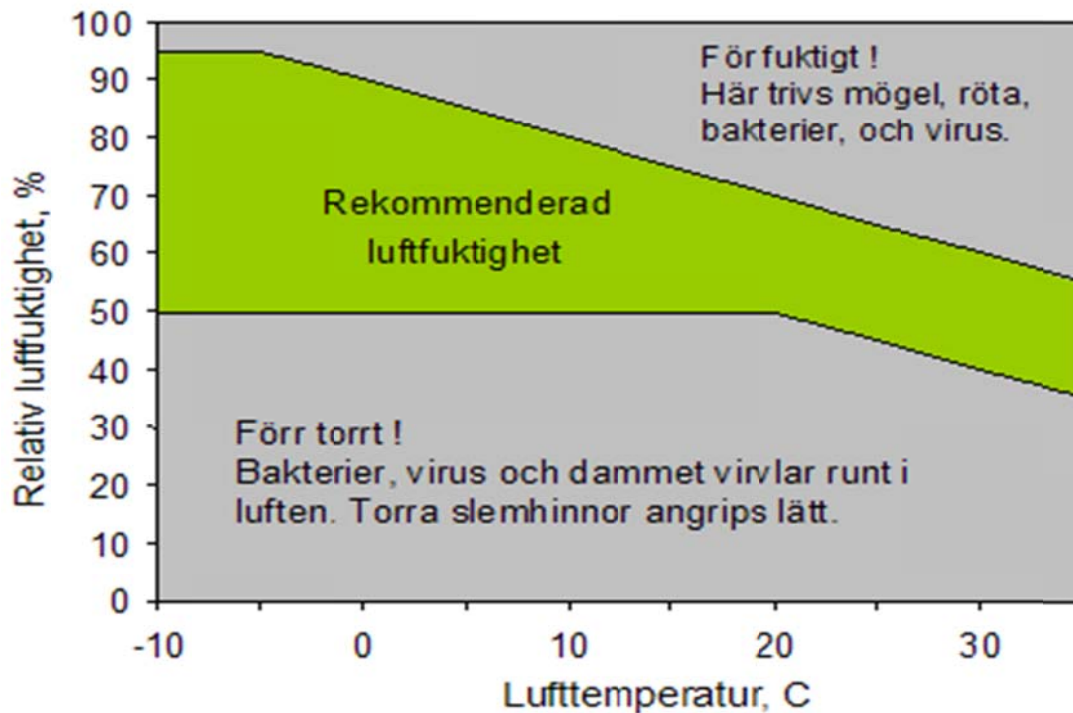
Eftersom ett ridhus även kan fungera som en arbetslokal är det aktuellt att ta hänsyn till den termiska arbetsmiljön för människor. I AFS (2009:2, § 29) anges att "*klimatet ska vara anpassat till arbetets art, lätt, tungt, rörligt, stillasittande*". Ridläraryrket innebär inte sällan flera timmar av relativt lite rörelse samtidigt som ridhus under vintern ofta håller mycket låga temperaturer. I en studie av Pinzke och Löfqvist (2008) angav 56 % av 408 ridlärare att de besvärades av kylan i de ouppvärmade ridhusen. Människans komforttemperatur ligger runt 18-22 °C (Pathak & Charron, 1987) och musklerna påverkas negativt vid arbete i kyla, vilket kan resultera i nedsatt muskelstyrka, sämre koordination samt stela leder. Detta kan i sin tur leda till att olyckor lättare inträffar (Giedraitytė, 2005). Pinzke och Löfqvist (2008) rapporterade att ridlärare, som angav problem med arbete i kyla, hade nästan tre gånger ökad risk att utveckla muskuloskeletala problem i ryggen och två gånger ökad risk för besvär i övre extremiteterna. Ramsey *et al.*, (1983) fann att minst olyckor inträffar vid en temperatur på 17 °C till 23 °C. Studierna antyder att arbetsmiljön på grund av klimatet i ridhus i många fall är svår.

### **2.6.2 Relativ fuktighet**

Hög luftfuktighet är, som tidigare nämnts, främst ett problem för hästen då det förekommer i kombination med höga temperaturer eftersom hästen då riskerar att drabbas av värmestress. Men redan vid relativt låga temperaturer kan hög RF inverka negativt på hästens välbefinnande genom en försämrad luftkvalitet (mikrobiell aktivitet och spridning av mikroorganismer). Även byggnaden riskerar att ta skada eftersom hög RF i luften ökar risken för materialskador som korrosion och röta.

I *Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (DFS 2007:6) om hästhållning, saknr. L101 kap 3 § 18* finns det angivna gränsvärden för högst tillåtna RF i stallar, vilka ligger till grund för dimensionering av ventilation i stall. I värmeisolerade stallar får RF inte annat än undantagsvis överstiga 80 %, såvida inte stalltemperaturen understiger 10 °C. I sådana fall får den numeriska summan av stalltemperaturen och RF inte överstiga 90 ("90-regeln"). I oisolerade stallar där klimatet inte är lika kontrollerbart gäller istället att RF inomhus inte mer än undantagsvis får överstiga uteluftens RF med mer än 10 procentenheter.

I ridhus råder helt andra förutsättningar för inomhusklimat än i häststall, vilket gör att kraven i *DFS 2007:6, saknr. L101 kap 3 §* inte rakt av kan verka som dimensioneringsunderlag för ventilation i ridhus. Främsta skillnaden gällande klimatförutsättningarna, är att ridhus har en väldigt liten värmeproduktion i förhållande till sin volym i jämförelse med häststall. Den marginella värmeproduktionen (i ridhus utan tillskottsvärme) tillsammans med den tillförda fukten, från bl.a. bevattning av underlaget och aktivitet, gör att RF riskerar att bli mycket hög eftersom kall luft inte kan hålla lika mycket vatten som varm.



Figur 5. Rekommenderad relativ luftfuktighet vid olika temperaturer (Sällvik & Ehrlemark, 2010, data från CIGR 1984;SS 951050:1992)

Figur 5 beskriver sambandet mellan temperatur och RF och är förenlig med den s.k. 90-regeln angiven i DFS 2007:6, saknr. L101 kap 3 § 18. Figuren visar att hög RF i luften ger problem med lufthygien, medan för låg RF kan ge problem med dammspridning och luftvägsproblem.

### 2.6.3 Koncentration av luftburna partiklar

Enligt de svenska djurskyddsbestämmelserna får hästar i stall inte mer än undantagsvis utsättas för luftföroreningarna ammoniak, koldioxid, svavelväte och organiskt damm i koncentrationer högre än gränsvärdena beskrivna i tabell 2.

Tabell 2. Gränsvärden för luftföroreningar i häststall enligt DFS 2007:6, saknr L101, kap 3 § 18.

Luftföroreningar	Gränsvärde
Ammoniak	10 ppm
Koldioxid	3000 ppm
Svavelväte	0,5 ppm
Organiskt damm	10 mg/m <sup>3</sup>

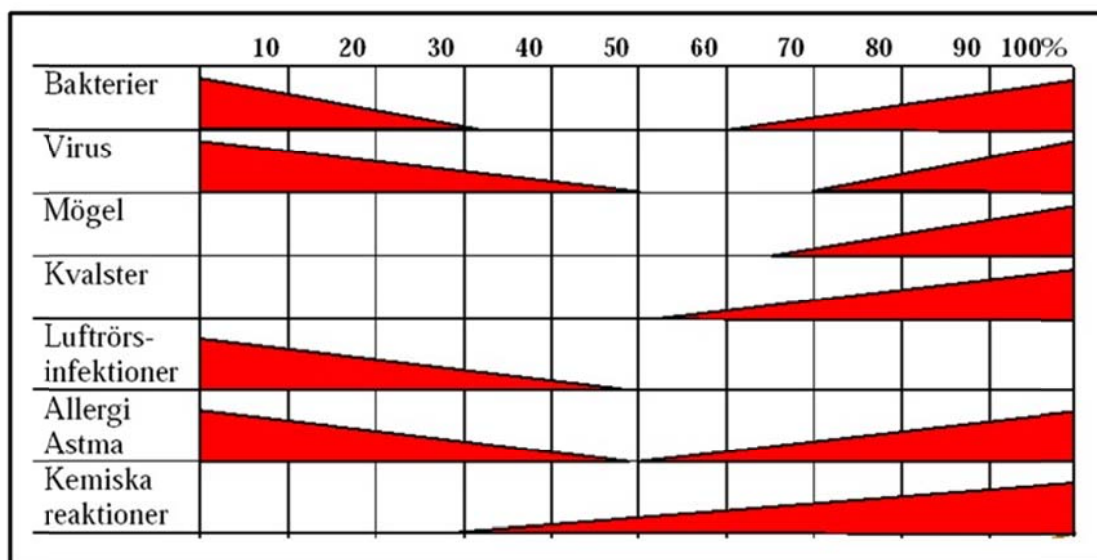
I häststall med ströbäddar kan, genom komposteringsprocessen, höga halter av gaserna ammoniak, koldioxid och svavelväte bildas (SJV, 2013). I ridhusunderlaget råder inte samma mikrobiella aktivitet som i ströbäddarna, vilket gör att koncentrationen av dessa gaser i ridhus är liten. Däremot kan halterna av organiskt damm i ridhus stundtals bli höga. Luftburet damm i ridhus härrör främst från ridhusbotten varifrån det rörs upp i samband med aktivitet (Wheeler *et al.*, 2006). Det organiska dammet kan bland annat innehålla endotoxiner, mögelsvampsporer, bakterier samt olika allergiframkallande ämnen (Jansson, 2011), vilka har en negativ påverkan på såväl hästar som människors luftvägar. Många av de luftvägssjukdomar vanliga bland hästar visar direkta samband med inandning av luftburet damm och mögel där ”recurrent airway obstruction” (RAO) är ett av vanligaste exemplen (Art *et al.*, 2002; van Erck-Westergren, 2012). Hernandez och Hawkins, (2001) pekade till och med ut akuta och kroniska luftvägssjukdomar som en av de vanligaste orsakerna till uppnådda träningsresultat hos hästar.

Även människorna som vistas mycket i ridhus påverkas av dammet. En studie av Kollar *et al.*, (2005) undersökte förekomsten av luftvägssjukdomar hos totalt 348 ridinstruktörer i USA. Resultatet visade att merparten av de medverkande ridinstruktörerna led av någon typ av luftvägsrelaterad sjukdom. Den mest utsatta gruppen var instruktörer vars primära arbetsplats var ridhus. Att minimera det luftburna dammet i ridhuset bör alltså vara av högsta prioritet för att undvika luftvägssjukdomar.

Det farligaste dammet är det som inte syns. Det kallas respirabelt damm och har en storlek på 5µm eller mindre. Storleken på dammpartiklarna gör att det utan problem följer med inandningsluften ner i lungorna och kan där framkalla allergiska reaktioner (Webster *et al.*, 1987).

Wheeler *et al.*, (2006) mätte dammhalterna i två ridhus med olika underlagsmaterial och jämförde resultaten med uppmätta dammhalter från ett häststall. Enligt resultaten var den totala dammkoncentrationen över tid högre i stallet (0,987 mg/m<sup>3</sup>) jämfört med ridhusen (0,706 mg/m<sup>3</sup> respektive 0,600 mg/m<sup>3</sup>). Däremot kunde dammhalterna i ridhusen vara högre jämfört med stallet då ridhusen var i bruk. Både den totala och den respirabla dammkoncentrationen i ridhusen var 2,5-3 gånger högre under de perioder då hästar motionerades i ett tempo fortare än skritt (totala: 1,887 mg/m<sup>3</sup>, respirabla: 0,845 mg/m<sup>3</sup> respektive totala: 9,446 mg/m<sup>3</sup>, respirabla: 5,118 mg/m<sup>3</sup>) jämfört med perioder då ridhusen användes men med en lägre aktivitetsnivå (totala: 0,778 mg/m<sup>3</sup>, respirabla: 0,342 mg/m<sup>3</sup>, respektive totala: 3,395 mg/m<sup>3</sup>, respirabla: 1,792 mg/m<sup>3</sup>). Resultaten indikerar att dammhalterna, sett som den totala dammkoncentrationen, i ridhus över tid generellt är låga, långt under det gränsvärdet angivet i *DFS 2007:6, saknr L101, kap 3 § 18*. Dock kan halterna under kortare perioder av hög aktivitet stiga och vara nära det högsta tillåtna gränsvärdet.

Dammkoncentrationen i luften bestäms utifrån byggnadens volym, ventilationsflödet samt frisättningshastigheten (Curtis *et al.*, 1996). Genom att minimera frisättning (förebygga dammspridning) och ha ett tillräckligt bortförande (ventilationsflöde) kan koncentrationerna av luftburna partiklar kontrolleras och hållas inom rimliga gränser (Michanek & Ventorp, 2001).



Figur 6. Samband mellan mikroorganismer och hälsorisk vid olika relativa fuktigheter (Arundel *et al.*, 1986, se Sällvik & Ehrlemark, 2010 s. 37).

År 1986 utkom Arundel *et al.*, med en stor forskningsrapport, som man än idag ofta refererar till, om den relativa fuktighetens inverkan på mikroorganismers aktivitet och människans hälsa (figur 6). Rapporten föreslog att den optimala relativa fuktigheten vid rumstemperatur bör ligga mellan 40-60 % för att minimera negativa hälsoeffekter.

I tabell 3 framgår de gränsvärden som Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden (AFS, 2015:7) på arbetsplatser anger:

Tabell 3. Gränsvärden för luftföroreningar relevanta för stall och ridhus. Värdena gäller vid en exponeringstid på 8h enligt AFS 2015:7.

Luftföroreningar	Gränsvärde
Ammoniak	20 ppm
Koldioxid	5000 ppm
Svavelväte	5 ppm
Organiskt damm, totaldamm*	5 mg/m <sup>3</sup>

\* Med totaldamm menas de partiklar (aerosoler) som fastnar på ett filter i den provtagare som beskrivs i Metodserien, Provtagning av totaldamm och respirabelt damm, Metod nr 1010, Arbetsmiljöverket. Filterdiametern är normalt 37 mm, men kan även vara 25 mm. (AFS, 2015:7)



## 2.7 Faktorer som påverkar ridhusklimatet

Många olika faktorer påverkar vilket klimat ett ridhus har förutsättning att hålla. Nedan följer en beskrivning av hur faktorer som geografiskt läge och utomhusklimat, placering av byggnaden, dess ventilation och valet av material påverkar inomhusklimatet.

### 2.7.1 Utomhusklimat

#### Klimatzon

Sverige är ett avlångt land vilket gör att det råder stora skillnader i temperatur, luftfuktighet och vindpåverkan mellan olika platser. Behovet av isolering och ventilationskapacitet är till stor del beroende av omgivande uteklimat, liksom driftskostnaderna för uppvärmning och ventilation (Ehrlemark & Sällvik, 2010). Till exempel har en plats med månader av sammanhängande vinterklimat ( $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) andra förutsättningar än områden med endast några veckors vinterklimat per år.

Svensk standard (SS 95 10 50:2014) delar, för lantbruksbyggnader, in Sverige i 5 klimatzoner (A-E). Zonindelningen bygger på klimatstatistik från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institution (SMHI) och har bestämts med hänsyn till utomhustemperaturens varaktighet vintertid. Skåne ligger i klimatzon A, vilket motsvarar en lägsta utomhustemperatur vintertid på  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Skånes klimat kännetecknas av en varmare och jämnare temperatur med mindre temperaturskillnader mellan årstiderna, det vill säga svala somrar (medeltemperatur juli  $15\text{--}17^{\circ}\text{C}$ , uppmätt 1961-1991) och milda vintrar (medeltemperatur januari  $0\text{--} -2^{\circ}\text{C}$  uppmätt 1961-1991) (SMHI, 2015b). Anledningen är att vattnet som omger Skåne har högre värmekapacitet än vad marken har. Detta gör att det tar lång tid för solen att värma upp vattnet efter vintern (svala somrar), men även att det tar lång tid för vattnet att avge värmen efter sommaren (mildra vintrar) (Henriksson & Vilahamn, 2010).

Under sommaren är den relativa fuktigheten i kustnära områden högre än i inlandet eftersom vatten från havet avdunstar samtidigt som havet kyler kusttrakterna. På samma sätt värmer havet kustområdena under vintern, vilket leder till en lägre RF i områden nära kusten jämfört med inlandet. Den relativa fuktigheten är högre under vintern än den är under sommaren, med en genomsnittlig relativ fuktighet under januari på  $85\text{--}95\%$  i Skåne (baserat på data insamlat 1996-2012) (SMHI, 2015a). Svensk standard (SS 95 10 50:1992) anger att den relativa fuktigheten ute kan antas vara  $90\%$  vid temperaturer  $< -10^{\circ}\text{C}$ ,  $85\%$  om den är mellan  $-10^{\circ}\text{C}$  och  $0^{\circ}\text{C}$  samt  $80\%$  för temperaturer mellan  $+1^{\circ}\text{C}$  och  $10^{\circ}\text{C}$ .

Med tanke på de betydligt mildare vintrarna i södra Sverige kan oisolerade ridhus fungera året runt. I övriga landet rekommenderas det i Svenska ridsportförbundets *Bygga för häst- Enkla byggråd för stall, ridhus, ridbana, hage*, att endast bygga isolerade ridhus då det annars anses bli för kallt under vintermånaderna (SvRF, 2008).

#### Vindhastighetszoner

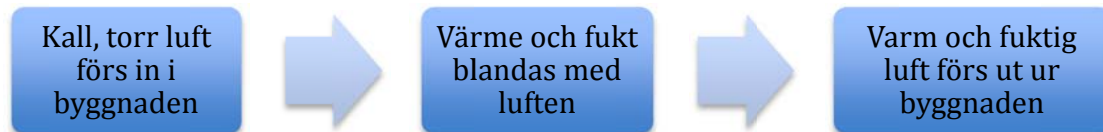
Vindhastigheten har en direkt koppling till hur många luftomsättningar som sker i ett naturligt ventilerat utrymme (Ehrlemark, 1995; Elmroth, 1966), där en högre vindhastighet leder till betydligt högre ventilationsflöden (Elmroth, 1966). En för låg

vindhastighet kan leda till ett för litet luftutbyte med försämrade luftkvalitet som resultat. För Skåne gäller vid dimensionering av naturlig ventilation ett riktmärke på 1,8-1,4 meter per sekund, vilket betyder att det beräknas blåsa minst så mycket under 80 % av ett normalår (SS 951050:2014). Enligt SMHI:s vindstatistik 1961- 2004 (se Alexandersson, 2006) framgår att det årliga medelvärdet för vindhastigheter mätta på olika platser i Skåne mellan åren 1991- 2004 ligger mellan 6,2 meter per sekund (kust) och 3,1 meter per sekund (inland), vilket tyder på att riktvärdet är väl tilltaget.

### 2.7.2 Ventilation

Ventilationens uppgift är att skapa en bra miljö genom att förse byggnaden med frisk luft samtidigt som fukt, luftföroreningar och överflödigt värme transporteras ut (Ehrlemark, 1995; Zolovich; 1993).

Det finns två typer av ventilationssystem- mekanisk ventilation och naturlig ventilation. Vid naturlig ventilation leds luften in i och ut från byggnaden med hjälp av antingen vindens kraft (vindtryckseffekten) eller genom en skillnad i densitet mellan luften inomhus och luften utomhus (självdregseffekten), eller genom en kombination av de två (Ehrlemark, 1995). Transporten av till- och frånluft sker via och regleras genom öppningar i väggar och tak (Barnes & Mander, 1991), medan den mekaniska ventilationen reglerar luftgenomströmningen med hjälp av fläktar (Ventorp & Michanek, 2001). Oavsett ventilationssystem är den principiella processen för en lyckad ventilation densamma:



Figur 7. Principiell figur över ventilationsprocessen. (Baserad på Zolovich 1993.)

#### Naturlig ventilation

Naturlig ventilation drivs av antingen självdrag eller vindtryck. Principen för självdragsventilation bygger på temperaturskillnader mellan inne och ute. Den kalla luften, med högre densitet, faller ner mot marken medan den uppvärmda luften, med lägre densitet, stiger upp mot taket. När den varma luften stiger skapas ett undertryck i byggnadens undre del vilket gör att ny frisk luft sugas in utifrån (Ehrlemark, 1995). Denna princip kräver att det finns två öppningar i byggnaden, en övre i till exempel taket för frånluften och en lägre för luftintag. Temperaturskillnaden mellan uteluften och den uppvärmda inomhusluften är av stor betydelse för luftgenomströmningens effektivitet. För att den ”gamla” inomhusluften på ett effektivt sätt ska strömma upp och ut ur byggnaden så att plats lämnas för ny uteluft krävs det att luften effektivt värms upp och minskar i densitet. Dock har beräkningar visat att vindhastigheten istället för temperaturskillnaden är den dominerande drivkraften även i byggnader med ventilation utformad efter självdragsprincipen redan vid så låga vindhastigheter som 1,5 meter/sekund (Ehrlemark, 1995).

Vindtrycksventilation fungerar enligt principen att vindrörelser runt byggnaden skapar tryckskillnader. Luften pressas in i byggnaden via öppningar på den sida där vinden ligger på och sugas genom att ett undertryck uppstår ut på läsidan (Ventorp & Michanek, 2001). Vindventilationens akilleshäla är att dess kapacitet är beroende av blåst, vilket betyder att dess effektivitet kan bli otillräcklig i de fall då vindstyrkan är för svag eller då byggnaden är placerad så att lä råder intill byggnaden. Som tidigare påpekats underskreds dock det dimensionerade vindventilationsriktvärdet på 1,8–1,4 meter per sekund sällan (SS 951050:2014).

Naturlig ventilation är det mest ekonomiska alternativet på grund av minimala drifts- och underhållskostnader (Ehrlemark & Sällvik, 2010). Men då det finns en direkt koppling mellan ventilationsarea och luftombyte bör intagen vara stora nog så att tillräckligt med luft kommer in även då vindrörelserna är små. Samtidigt som de bör kunna regleras för att undvika drag vid höga vindhastigheter (Barnes & Mander, 1991; Elmroth, 1966).

### **Mekanisk ventilation**

Med mekanisk ventilation drivs luftväxlingen med hjälp av tryckskillnader skapade av fläktar och kan därför förse byggnaden med ett mer kontrollerat klimat jämfört med naturlig ventilation. Det finns tre olika ventilationstryckprinciper man kan välja mellan vid mekanisk ventilation, under-, över- eller neutraltrycksventilation. Undertrycksventilation, även kallad F-ventilation, använder man frånluftsfläktar som suger ut luften från byggnaden. Det skapar ett undertryck vilket i sin tur gör att luft utifrån sugas in genom tilluftsöppningarna. Vid övertrycksventilation (T-ventilation) blåser tilluftsfläktar in luft i byggnaden, vilket skapar ett övertryck inomhus. Övertrycket gör att gammal luft trycks ut genom öppningar och otätheter.

Neutraltrycksventilation (FT-ventilation) är ett balanserat ventilationssystem där både frånluftsfläktar och tilluftsfläktar används för att säkerställa en så god luftväxling så möjligt. Neutraltrycksventilation har den fördelen att den inte är lika känslig för ett punkterat undertryck, vilket uppstår då portar, dörrar och fönster öppnas (Ventorp & Michanek, 2001).

Eftersom mekanisk ventilation har förmågan att ge ett mer kontrollerat och väl fördelat luftflöde oberoende av väderförutsättningar kan denna typ av ventilation antas ge en generellt stabilare och bättre luftkvalitet inomhus, jämfört med naturlig ventilation. Till exempel visar en studie av Wälinder *et al.*, (2011) att mekanisk ventilation i stall ger minskade nivåer av koldioxid, ammoniak och luftburna mikropartiklar, vilket i sin tur ledde till en bättre luftkvalitet och friskare luftvägar hos hästarna.

Enligt *DFS 2007:6, saknr. L101 kap 3 § 18* ska ventilationen i mekaniskt ventilerade stall alltid vara säkrad, vilket betyder att det måste finnas en nödventilationsanordning.

### **Reglering av ventilation**

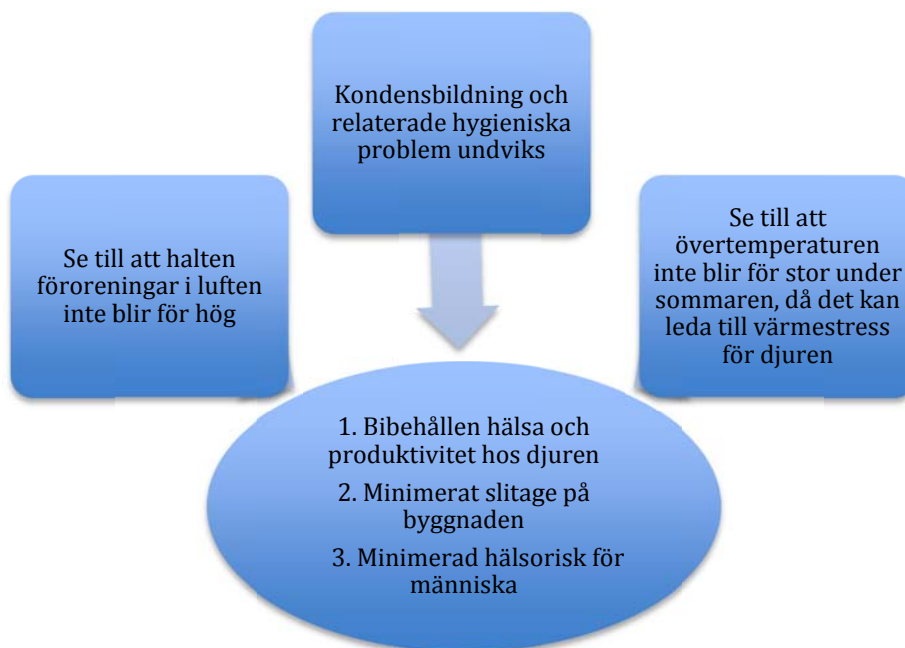
Mekanisk ventilation är alltid kopplad till någon typ av reglercentral så att ventilationen kan anpassas till behovet. Regleringsprincipen kan se olika ut. Den enklaste typen av reglering bygger på att en fläkt eller värmekälla startar och stoppas utifrån en viss inställd temperatur. Det betyder alltså att värmen eller fläkten antingen är på eller av, dvs. det går

inte att finjustera ventilationen. Fläktautomatiserad reglering är en annan typ av reglering där frånluftskapaciteten styrs automatiskt utifrån inställd önskad temperatur, medan luftintagen ställs in manuellt. Mer avancerade reglersystem är helautomatisk ventilationsstyrning och klimator. Dessa system kan reglera klimatet med hänsyn till både värme och luftfuktighet (Sällvik & Ehrlemark, 2010).

Viktigt är att inte kombinera fristående styrning av värme med automatisk styrning av flätkapaciteten eftersom det kan innebära ett onödigt stort tillskott av värme då fläktarna drivs upp av värmeökningen som i sin tur leder till än större värmestillskott (Sällvik & Ehrlemark, 2010).

### Dimensionering av ventilation

Det är ett väldokumenterat faktum att ventilationen i djurstallar är en avgörande faktor för djurens välbefinnande och prestation (Barnes & Mander, 1991; Clarke, 1993; Wålinder *et al.*, 2011). Däremot är ventilationsbehovet med avseende på fukt och luftkvalitet i ridhus fortfarande ett relativt outforskat område. Oavsett byggnad kan ventilationens huvudsakliga uppgifter beskrivas enligt figur 8.



Figur 8. Ventilationens huvudsakliga uppgifter oavsett byggnad eller ventilationssystem (baserad på Wathes *et al.*, 1983 och Ehrlemark, 1995).

I värmeisolerade stallar dimensioneras ventilationen efter ett maximalt ventilationsflöde och ett minimalt ventilationsflöde. Maxventilationen motsvarar det luftflöde som behövs sommartid för att uteluften ska kunna kyla ner stalluften så pass att temperaturen i stallet max är 4 °C varmare än uteluften vid 21 °C utetemperatur (Ehrlemark, 1995).

Minventilationen däremot är det luftflöde som krävs vintertid för att den relativa fuktigheten och koldioxidhalten i stallet inte ska överskrida de gränsvärden angivna i djurskyddsbestämmelserna (DFS 2007:6, saknr. L101). Minventilationsbehovet för en ridhäst i lätt eller måttlig träning är 27-70 kubikmeter per timme beroende på bland annat klimatzon och utfodring (träningsnivå, tillväxt, dräktighet, digivande), medan maxventilationsbehovet uppgår till runt 300 kubikmeter per timme och häst (SS 951050: 2014). Riktvärdena utgår ifrån en stalltemperatur på +10 °C, en relativ fuktighet på 80 %. Med hänsyn till koldioxid och andra gaser får inte minventilationsflödet underskrida 60 m<sup>3</sup>/h per 1000 W total värmeproduktion hos djuret (SS 951050: 2014).

Ventilationen i oisolerade stall, där klimatet är mer svårkontrollerat, dimensioneras utifrån *DFS 2007:6 saknr. L101 kap. 3 § 18* gällande gränsvärden för relativ fuktighet och koldioxidhalt samt en övertemperatur på 5 °C vid en utomhustemperatur på +21 °C (Ehrlemark, 1995).

Ridhus skiljer sig från stallar på så sätt att de inte innefattas av några regelverk gällande djurskydd eftersom de inte fungerar som en inhysningsbyggnad (SJV, 2014, personligt meddelande) och saknar troligtvis även därför dimensioneringsregler för ventilation.

Enligt Wheeler (2006) utgörs ventilationsbehovet vintertid i ridhus främst av den fuktproduktion som sker i samband med aktivitet och vattenavdunstning från underlaget. Som tidigare nämnts kan en häst på 500 kg under arbete svettas ca 5-7 liter per timme under torra och svala förhållanden (Art & Lekeux, 2005; Kingston *et al.*, 1997). Utöver det tillkommer den fukt som hästen andas ut. Denna fukt, tillsammans med det vatten som tillsats underlaget, avges till luften och höjer den absoluta fukthalten i luften om inte tillräcklig ventilation eller avfukningsanordning säkerställer att fukten transporteras ut ur ridhuset.

Mängden avdunstat vatten från underlaget är beroende av faktorer som mängd tillfört vatten, material i underlaget, solinstrålning samt klimat i ridhuset, och någon siffra på avdunstningsmängd finns idag inte. Dock spekuleras det om fuktavgivningen från underlag i ridhus kan likställas med mängden avdunstat vatten från marken i uteluftsventilerade krypgrunder, tidigare kallade torpargrunder. Denna siffra varierar men kan i genomsnitt uppskattas till 7 gram per kvadratmeter och timme (Ehrlemark, 2015a, personligt meddelande).

Ventilationen i en arbetslokal ska vara sådan att luftföroreningar hålls på en låg nivå. Ventilationsbehovet bestäms utifrån personbelastning, radonhalt, material i byggnaden, interiör och apparater samt arbetet (AFS, 2009:2). Enligt BFS (2006:12) är ett lägsta uteluftsflöde på 0,35 liter per sekund och kvadratmeter golvarea ett krav när någon vistas i lokalen.

### **Storlek på ventilationsöppningar**

Mängden fukt som kan ventileras bort med naturlig ventilation bestäms av ventilationsflödet samt den mängd vattenånga som kan upptas av ventilationsluften. Mängden ventilationsluft vid naturlig ventilation bestäms i sin tur av ventilarea, vindhastighet och vindriktning (Elmroth, 1966).

Wheeler *et al.*, (2003) undersökte under en vinter sex naturligt ventilerade ridhus med avseende på luftkvalitet (temperatur, luftfuktighet). Ventilationen ansågs vara god i de fall då mätpunkterna inom ridhuset inte visade allt för stor variation i temperatur (< 2,8 °C) samt då temperatur och AF inne följde temperatur och AF ute. Enligt studien hade ridhusen med störst (21,5 m<sup>2</sup>/100 m<sup>2</sup>) bäst fukthantering med avseende på temperatur- och AF-kriteriet. Resultatet pekar på betydelsen av ventilationsöppningarnas storlek för fukthanteringen i naturligt ventilerade ridhus.

Wheeler (2006) rekommenderar, baserat på bl.a. ovanstående studie, att ridhus med en bredd på upp till 25 m bör ha tilluftsöppningarna med en bredd på minst 5 cm längs med båda långsidorna. För att säkerställa tillräcklig luftväxling kan dock intagen med fördel vara 10 cm längst med vardera långsidan. Ehrlemark (personligt meddelande, 2015c) anser, beroende på hur vindpåverkat läget är, att det minst behövs 0,5-1 m band under takfoten med perforerad plåt eller vindskyddsväv för tillräcklig ventilation. Ehrlemarks rekommendation gäller för oisolerade ridhus.

### **Placering av ventilationsöppningar**

Till skillnad från mekanisk ventilation spelar ventilationsöppningarnas placering vid naturlig ventilation en avgörande roll för luftgenomströmningen genom byggnaden (Zulovich, 1993). Eftersom vindriktningen skiftar fungerar ventilationsöppningarna ibland som tilluftsdon och ibland som frånluftsdon. För att minimera risken med ojämn fördelning mellan tryck och sug bör inte ventilationsöppningar placeras intillnocken närmast gavel samt på väggarna intill hörnen eftersom komplicerade luftströmmar har störst tendens att uppstå där (Ehrlemark, 1995; Ventorp & Michanek, 2010). Förutom vid dessa områden bör ventilationsöppningarna vara jämt fördelade över ridhuset så att det inte uppstår oventilerade zoner där luften står stilla (Ehrlemark, 1995). Zulovich (1993) rekommenderar att byggnader bredare än 15 m bör ha luftintag längst med båda långsidor samt en eller flera taköppningar.

### **2.7.3 Uppvärmning och avfuktning**

Den termiska djurmiljön i frostfria byggnader är god. Problemet uppstår då människan under vintern upplever att det är för kallt och stänger igen ventilationsöppningarna i syfte att höja inomhustemperaturen. Det reducerade ventilationsflödet gör att den fuktiga luften inte ventileras ut i tillräcklig omfattning, vilket resulterar i hög RF, mögelpåväxt och fuktskador. För att hålla ett ridhus ”varmt” måste man under perioder med låg utomhustemperatur tillföra värme och samtidigt bibehålla en tillräcklig ventilation. Om luftkvaliteten är god i ridhuset men RF hög kan installation av avfuktare vara ett alternativ för att hålla RF på en god nivå, med avseende på risk för mikrobiell aktivitet. En avfuktare torkar luften vilket reducerar kravet på ett minsta ventilationsflöde. Värmebehovet för en byggnad bestäms efter faktorer som isoleringstjocklek och täthet, väder och vind, behov av ventilation och luftväxling, brister i konstruktionen samt värmestillskott som uppstår i byggnaden (Nilsson, 2005).

### **Tillskottsvärme**

Om kravet på en högsta tillåtna luftfuktighet och en lägsta temperatur i värmeisolerade byggnader ska kunna tillgodoses kan det bli aktuellt att tillföra värme. Genom att tillföra värme stiger lufttemperaturen samtidigt som RF sjunker eftersom varm luft kan bära mer

fukt än kall (Nevander & Elmarsson, 1994). Värmetillförseln bör regleras i förhållande till luftfuktigheten eftersom man annars riskerar ett enormt slöseri med energi och eventuellt en alltför torr luft med en ökad frisättning av damm som följd (Sällvik & Ehrlemark, 2010).

I oisolerade ridhus är det aldrig aktuellt att tillföra värme. I de fall RF i sådana utrymmen är för hög med hänseende till mikrobiell aktivitet, bör istället ventilationsflödet ökas så att fukten effektivare transporteras ut.

### **Avfuktare**

Ett alternativ till tillskottsvärme, som sänker luftfuktigheten och fungerar i ridhus, är att installera avfuktare. Avfuktaren måste dock ha tillräckligt stor kapacitet, klarar låga temperaturer samt klarar den dammiga miljön (Ehrlemark, 2013b). För ridhus utan tillskottsvärme är en sorptionsavfuktare det bästa alternativet eftersom den har förmågan att avfukta luft även vid låga temperaturer samt hantera ett mycket bredare temperaturintervall (-20 till +40 °C), jämfört med en kondensavfuktare (LFS, 2014; Acetec, 2014). Kondensavfuktarens avfuktningsskapacitet sjunker med temperaturen (Deling & Eskilander, 2004), men kan vara ett alternativ i isolerade ridhus med värmetillförsel. Den kan då användas i syfte att minska ventilationsbehovet och därmed värmebehovet under vintern.

Sorptionsavfuktare fungerar på så sätt att den suger in den fuktiga luften och binder vattenmolekylerna, varpå torr luft skickas ut i byggnaden. När avfuktaren är fuktmättad tillförs varm luft avfuktaren, vilket gör att vattenmolekylerna förångas och transporteras ut ur ridhuset (LFS, 2014). Kondensavfuktare kyler istället luften så att den kondenserar ut. När luften kondenserar frigörs värme, vilken tillsammans med värme från fläkten, gör att temperaturen stiger 5-10 °C när luften passerat aggregatet (Deling & Eskilander, 2004). Uppvärmningseffekten från avfuktaren kan ytterligare hjälpa till att sänka ventilationsbehovet under vintermånaderna.

Användning av avfuktare som fuktreducerare är ett relativt dyrt alternativ eftersom anläggningen kostar att införskaffa, men även på grund av de löpande drifts- och underhållskostnaderna. För att hålla nere driftskostnaderna bör avfuktaren regleras automatiskt efter RF eller efter tidsinställning, så att den inte är i drift i onödan (Deling & Eskilander, 2004). Dock är det inte självklart en billigare lösning att sänka luftfuktigheten i ridhuset med hjälp av endast värme och ventilation. För att ventileras ut den producerade fukten och samtidigt hålla ett visst minimikrav på inomhustemperaturen under vintern, kan energikostnaderna skena iväg i så stora utrymmen som ridhus.

Till skillnad från ett ökat ventilationsflöde så kan inte en avfuktare påverka koncentrationen av luftföroreningar i ridhuset (Ventorp & Michanek, 2001), vilket betyder att man bör vara säker på att luftkvaliteten är god innan man åtgärdar problemet med hög luftfuktighet med hjälp av en avfuktare.

### **2.7.4 Ridhusets placering**

I naturligt ventilerade byggnader där vinden är drivkraften spelar vindens riktning i förhållande till byggnaden en avgörande roll för ventilationens kapacitet. För att få bästa

möjliga utnyttjande av luftströmmarna bör ridhusets långsida vara placerad mot dominerande vindriktningen (Ehrlemark, 1995). Vinden bör inte heller blockeras av kringliggande byggnader eller naturliga hinder, såsom t.ex. intilliggande träd eller kullar, eftersom luftströmmarna då tvingas att ändra riktning, vilket kan resultera i att otillräckligt med ny frisk uteluft kommer in i ridhuset. Cheung och Liu (2011) påvisade sambandet mellan ventilationsflöde och avstånd mellan byggnader med naturlig ventilation. Resultaten visade ett positivt samband mellan ett minskat avstånd och ett minskat ventilationsflöde, där det optimala avståndet mellan två byggnader var enligt studien 5 gånger byggnadens bredd. Enligt Ehrlemark (1995) bör avståndet vara större med ett minsta mellanrum på 2 gånger den högsta byggnadens höjd, medan Chastain (2000) rekommenderar ett avstånd på ca 15-23 m, beroende på lufthinder. Morsing och Ström (1985) rekommenderar ett minsta avstånd på 2,5 m (se Ehrlemark, 1995). Står ridhuset i vinkel med till exempel stallet uppstår andra störningar i luftströmmarna. Ju högre byggnaderna är och ju närmare de ligger varandra desto mer komplext blir luftens rörelsemönster.

Ridhusets geografiska placering spelar inte bara roll för vindens inverkan utan även för fuktens påverkan via marken beroende på markens beskaffenheter. Fuktpåverkan från marken inverkar på byggnaden vid och under markytan via ytvatten, sjunkvatten, grundvatten och/eller kapillärvatten (Sandsborg, 1976). Fukttillskottets storlek beror på tillgången på vatten i marken samt avdunstningshastigheten (Hemgren, 1998), medan fuktens påverkan på konstruktionen styrs av markens egenskaper, dräneringsanordningar, markplanering m.m. (Elmroth, 1966).

Vid planering av dräneringsanordning runt om och eventuellt under ridhus spelar jordarten marken består av en avgörande betydelse, eftersom den bestämmer markens egenskaper och därigenom avgör hur markvattnet beter sig. Finkorniga jordarter, som till exempel lerjordar, har en tätare struktur med trånga hålrum, vilket gör att de på grund av vattnets ytspänning har en effektivare kapilläruppsugning än grovkorniga jordarter (ex. sandjordar). Denna täta struktur med dess stora uppsugningsförmåga kan, vid till exempel ihållande regn eller snösmältning, leda till att vattnet hindras från att rinna igenom. Istället samlas vattnet och skapar ett vattentryck som gör att vattnet står i direkt kontakt med konstruktionen (Hagentoft, 2002; Hemgren, 1998).

För ridhus utgör markfukten oftast inget problem, eftersom ett fuktigt tillstånd i underlaget är önskvärt. Lerjordar, med sin goda vattenhållande förmåga, kan därför med fördel användas som bärande grundlager samtidigt som dräneringsanordning under ridhusbotten slopas (SvRF, 2014). Dränering under ridhuset kan snarare leda till en högre bevattningsfrekvens av underlaget eftersom vattnet tillåts rinna bort.

Dränering runt ridhuset är däremot önskvärt för att undvika vattensamlingar intill ytterväggarna. Genom att preparera marken under samt strax intill ridhuset så att den ligger ovan övrig marknivå, skapas en naturlig vattenavledning där ytvattnet inte tillåts rinna in mot byggnaden och bilda vattensamlingar (Hemgren, 1998). Vattnet bör ledas bort från byggnaden till någon form av uppsamlingsanordning. En stenkista med väl dimensionerad volym kan vara ett bra alternativ.



### **2.7.5 Anslutning till andra fuktproducerande byggnader**

Wilken, (2008) föreslår ur säkerhetssynpunkt att ridhuset ska placeras i förhållande till stallet på ett sådant sätt att ekipaget slipper gå ut, eftersom vissa hästar tenderar att bli busigare då de kommer ut. Däremot kan det ur ventilationssynpunkt vara en direkt dålig idé att bygga ihop stallet med ridhuset. Genom att bygga ihop stall och ridhus sparar man in en vägg, vilket kan minska byggkostnaderna. Dock försvinner på köpet en vägg som skulle behövts till ventilationsöppningar, vilket kan leda till en otillräcklig luftväxling och zoner med stillastående luft. En annan bygglösning som direkt kan påverka luftkvaliteten i ridhuset är att bygga in stallet i ridhuset så att luftväxling mellan stall och ridhus kan ske. Då stallet oftast har ett mycket fuktigare och varmare klimat kommer luften som transporteras till ridhuset markant att öka i relativfuktighet eftersom den kyls ner då den når ridhuset i och med den lägre temperaturen. Detta innebär en ökad fuktbelastning för ridhuset. Tvärtom kan den stundtals mycket dammiga ridhusluften försämra luftkvaliteten i stallet om den tillåts tillträde (Ehrlemark, 2013a).

### **2.7.6. Material i byggnadskonstruktionen**

Förutom prisläge och tillgänglighet bestämmer faktorer såsom materialval och användningsområde byggnadens konstruktion. Enkla, oisolerade byggnader som främst ska skydda mot väder och vind kan byggas av endast ett material med enkla ytterväggar och tak, medan en uppvärmd byggnad har en betydligt mer komplicerad konstruktion och måste byggas värmeisolerad.

Behovet och graden av värmeisolering är beroende av byggnadens användningssätt samt läge i landet (Svedinger, 1988). Underlaget för krav på värmeisolering i djurstallar med hänsyn till stallhygien, är den indelning av Sverige i de fem klimatzoner som finns formulerade i svensk standard (SS 951050: 2014). En byggnadsdels värmeisolerande förmåga anges med dess U-värde ( $W/m^2 \cdot K$ ), där ett lägre värde representerar en bättre isoleringsförmåga (Barnes & Mander, 1991). U-värdet beror dels på de ingående materialskiktens värmekonduktivitet och dels på deras tjocklek (Bengtsson, 2001). Högsta rekommenderade genomsnittliga U-värde för Skåne (klimatzon A) för att undvika ytkondens på vägg eller tak vid RF 85 % och en inomhustemperatur  $\leq 12$  °C är  $0,90 W/m^2 \cdot K$  (SS 951050: 1992). Otätheter i byggnadsdelar eller runt dörrar och fönster i värmeisolerade byggnader kan ses som ofrivillig ventilation och leder till ökade värmeförluster och en höjning av U-värdet (Svedinger, 1988).

Byggnadsdelens termiska beteende beror till störst del av materialens enskilda värmekonduktivitet och deras värmekapacitet. Värmekonduktiviteten beskriver hur lätt energi kan transporteras genom materialet, medan värmekapaciteten beskriver materialets förmåga att lagra energi per grads temperaturhöjning. Tillsamman ger dessa två materialegenskaper ett mått på hur snabbt ett material ändrar sin temperatur (Nilsson, 2006).

En betydande faktor vid bedömning av isoleringsförmågan är materialets fuktinnehåll. Både värmekapaciteten och värmekonduktiviteten är fuktberoende eftersom vatten leder värme effektivare än många material. För trä och betong kan ökningen av värmekonduktiviteten vara upp till 50 %, vilket leder till en kraftig försämrad isolering. Dock är fuktberoendet betydligt mer komplicerat och kan inte bara beskrivas utifrån andelen vatten i materialet (Nilsson, 2006).

Ett material med stor förmåga att lagra värme är betong. Egenskapen gör att materialet hjälper till att jämna ut klimatet i byggnaden vid kortare köldperioder eftersom värmen avges till rummet (Hjertén *et al.*, 1996). Men på samma sätt som betong lagrar värme lagrar den kyla, vilket kan innebära en kondensrisk i de fallen då konstruktionen är kallare än luften. Även trä har goda värmeisolerande egenskaper tack vare sin höga porositet (Burström, 2007).

Precis som att värme och kyla kan lagras i material kan fukt lagras i materialens porsystem. Trä är ett material med mycket stor förmåga att absorbera hygroskopisk fukt, dvs. fukt som absorberas ur luft med RF < 98 %. (Burström, 2007). Träets benägenhet att ta upp och avge fukt från luften gör att materialet kan hjälpa till att jämna ut fuktvariationerna i luften och på så sätt bidra till ett behagligare inomhusklimat. Preparering av trä, såsom t.ex. målning försämrar träets buffrande förmåga (Svennberg, 2006). Även betong har en viss förmåga att buffra fukt från luften, medan plåt inte alls kan absorbera fukt (Burström, 2007). Egenskapen kan både vara positiv och negativ. Positiv då den bidrar till ett behagligare klimat inomhus, negativ då träet är extra känsligt för att drabbas av bestående fuktskador, såsom röta, om det inte tillåts torka upp i tid (Svennberg, 2006).

### **Yttertak**

Oisolerade yttertak utan innertak har lågt värmemotstånd och kan därför medföra både en stor värmebelastning vid stark sol- och dagsljusstrålning samt en ökad nerkylning på grund av nattutstrålningen (Ehrlemark, 1995; Nevander & Elmersson, 1994). Under klara, kalla nätter finns det inte några moln som kan hindra värmen från att stråla ut i rymden, vilket gör att värmen från ridhuset avges mycket effektivt. Detta orsakar i sin tur en ökad risk för kondens och frostbildning (Ehrlemark, 1995). Yttertak i flera skikt eller isolering kan avhjälpa risken för ytkondens (Ehrlemark, 1995; Nevander & Elmersson, 1994).

Snö på taket kan ha både gynnsamma och ogynnsamma effekter. Gynnsamma då snön bidrar med en värmeisolering som motverkar nattutstrålning. Ogynnsamma i de fall då utomhustemperaturen är högre än snöns (0 °C), vilket ökar risken för kondens (Nevander & Elmersson, 1994).

Oisolerade plåttak är väldigt vanligt bland ridhus idag. Plåttak är känsliga för kondens då plåtytan inte absorberar någon fukt, varpå något större ventilationsöppningar kan motiveras. Plåt har även mycket liten värmekapacitet vilket gör att plåten kan anta en temperatur som är upp till 10 °C lägre än uteluftens vid klara, kalla nätter. För att förhindra kondensbildning på takets undersida bör det beläggas med ett absorberande skikt som håller kvar fukten till det finns tillfälle för avdunstning (Nevander & Elmersson, 1994).

## Ytterväggar

Ytterväggarnas huvuduppgifter är enligt Svedinger (1988) att:

- Bära upp ovanförliggande delar av byggnaden
- Skydda mot väder och vind
- Ha ett tilltalande utseende eftersom de till hög grad utgör byggnadens karaktär

Kravet på att väggarna ska skydda mot vädrets påfrestningar gör att de måste stå emot de fuktbelastningar de utsätts för. Utifrån utgörs dessa främst av regnet. Regn kan antingen tryckas in med hjälp av vinden, sugas in kapillärt eller rinna in genom gravitationens inverkan (Hagentoft, 2002). Inifrån kommer fukten främst från luften. Eftersom inneluften under normala omständigheter håller högre ånghalt än uteluften och eftersom luften alltid eftersträvar fuktjämvikt, finns det en risk för fuktskador då vattenånga vandrar genom otätheter i konstruktionen (fuktkonvektion), kyls ner och kondenserar. För att fuktkonvektion ska kunna ske krävs det att den varma sidan har ett högre lufttryck än den kalla (Burström, 2007).

Oisolerade ridhus kan byggas mycket öppna med små begränsningar för vindpåverkan. Detta uppnås t.ex. genom att ridhusets väggar till stor del består av, glespanel, vindnät eller perforerad plåt. Perforerad plåt som använd vid byggnation av ridhus kan bestå av 22-32 % hål per plåtarea (Jacob Lindh AB, 2015, personligt meddelande), medan glespanelen exempelvis kan bestå av 100 mm brädor och 100 mm spalt (Ventorp & Michanek, 2001). Väggarna tillåter ett stort utbyte av luft mellan inne och ute men minskar samtidigt luftflödet in mot byggnaden och finfördelar luftstrålen så att en ökad vindstyrka inte upplevs så stark som om glespanelen/vindnätet/perforerade väggen inte hade funnits där (Ventorp & Michanek, 2001). En negativ aspekt av dessa otäta väggkonstruktioner är att det finns en risk att regn och snö tar sig in i ridhuset och påverkar väggreglar eller interiör.



*Figur 9. Ridhus med perforerade plåtväggar sett utifrån. Foto: Ulrika Hansson.*



Figur 10. Ridhus med perforerade plåtväggar sett inifrån. Foto: Ulrika Hansson.

### Portar

Portar i ridhus förekommer framförallt i två olika former, vikbara och skjutbara. Eftersom skjutbara portar är svåra att få täta används dessa främst till oisolerade utrymmen (Svedinger, 1988). Otätheterna tillåter ett kontinuerligt luftutbyte och kan därför anses vara en extra, naturlig ventilationsöppning. Vikbara portar kan göras helt täta och förekommer därför både som isolerade och oisolerade. De tar även mindre plats och är mer lätthanterade (Svedinger, 1988).

### Fönster och ljusinsläpp

Insläpp av dagsljus kan antingen ske via fönster eller via ljusgenomsläpplig plast i tak och/eller väggsidor. Ljusinsläppen förser ridhusen med en naturlig ljuskälla vilket kan sänka energiförbrukningen. Att ersätta den omslutande ytterväggen med ljusinsläpp i värmeisolerade byggnader innebär såväl värmeförluster genom transmission som värmetillskott genom solinstrålning (Hjertén *et al.*, 1996). Under vintermånaderna kan solinstrålningen fungera som en uppskattad värmekälla som höjer temperaturen och sänker RF. Men av samma anledning kan solinstrålningen under sommaren bidra till ökade dammhalter och en avsevärt högre värmebelastning för hästar och människor (Ehrlemark, 1995; Ventorp & Michanek, 2001). Beroende på byggnadsskalets egenskaper, utformning och placering samt luftflödet genom byggnaden varierar solens värmeeffekt (Jeppsson & Gustafsson, 2001), men kan under en varm sommardag innebära mer än 100 Watt per kvadratmeter extra tillförd värme (Ehrlemark, 1995) Detta ökar inte bara ventilationsbehovet utan kan även betyda ett större behov av bevattning eftersom solen påskyndar avdunstningen från underlaget.

Väggreglar och takåsar i anslutning till ljusinsläppliga ytor är extra utsatta för fuktbelastningar eftersom ytkondens lätt uppstår då dessa ytor inte kan kläs in med kondensskydd. Kondens på glasrutans/plastens insida beror i första hand på hög luftfuktighet inomhus och kan vara ett tecken på att ventilationen är för dålig. I isolerade byggnader kan kondens på fönster avhjälpas med hjälp av radiatorer under fönstren som förser fönsterytan med en varmare temperatur (Nevander & Elmersson, 1994). Andra kondenshämmande insatser kan vara att installera fönster med lägre U- värde, alternativt sätta upp luftomrörande fläktar (tropikfläktar). Dock är det inte säkert att insatserna är tillräckliga för att hindra kondensbildning.



*Figur 11. Rikligt med kondens på fönster i ridhus sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson.*

### **2.7.7 Underlagets uppbyggnad och material**

Uppbyggnaden och valet av material till ridbanan kan se olika ut beroende på bland annat rådande markförhållande, tillgänglighet och kostnad på material, samt för vilket användningsområde underlaget huvudsakligen ska fungera för (SvRF, 2014). Ett ridbaneunderlags funktionella profil kan beskrivas med hjälp av 6 egenskaper; ythårdhet, dämpning, elasticitet, grepp samt enhetlighet och jämnhet (SvRF, 2014). Med enlighet och jämnhet menas den funktionella variationen över banan samt ytans jämnhet.

Eftersom olika egenskaper hos underlaget påverkar hästen olika beroende på vart de ligger i förhållande till hästens kroppstyngd (ythårheten och greppet handlar om ytans karaktär, medan dämpningen påverkas av karaktären längre ner i underlaget) är det vanligt att man bygger upp underlaget av olika skikt för att få ett så optimalt underlag så möjligt (SvRF, 2014). Andra önskade egenskaper hos underlaget är att det är lättskött, inte fryser för lätt samt inte avger för mycket damm (Wheeler, 2006).

En vanlig modell som används i många inomhusbanor i Sverige och som även rekommenderas av Svenska ridsportförbundet (SvRF, 2014) är en lösning bestående av 3 lager med avskiljningar emellan. Nedan följer riktlinjer för anläggande av ridbana, utarbetade av Svenska ridsportförbundets referensgrupp för banunderlag (SvRF, 2014):

- Ett bärande grundlager som består av den mark man bygger på. Viktigt är att det är fast så att det inte bildas ojämnheter vid belastning. Ofta lägger man en dräneringsanordning strax ovanpå grunden.
- Avskiljning, gärna i form av en markduk, som förhindrar blandning av lagren samtidigt som vatten tillåts passera.
- Ett utjämnande mellanlager som förser banan med önskad stabilitet och dämpning, exempelvis makadam, stenmjöl eller gummiflis.
- Avskiljning, gärna i form av en markduk, som förhindrar blandning av lagren samtidigt som vatten tillåts passera.
- Ett topplager som ger en jämn och stabil yta med önskat grepp och dämpning m.m., vanligtvis 10-15 cm tjockt.

### 2.7.8 Skötsel och underhåll av underlag

Det har länge varit en allmän uppfattning att underlagets egenskaper påverkar hästens hållbarhet och prestation, men det är först på senare år som ny teknik möjliggjort biomekaniska studier där underlagets inverkan på hästen i rörelse vetenskapligt kunnat analyseras. Men eftersom underlagets egenskaper varierar med underhåll, temperatur och bevattning finns det idag inga universella rekommendationer gällande uppbyggnad av underlag och materialval för ridbanor (SvRF, 2014). För att behålla underlagets funktionella enhetlighet samt minimera de luftföroreningar som rörs upp från underlaget i samband med aktivitet består underhållet vanligen av sladdning och/eller harvning samt bevattning, saltning eller tillsättning av olja (Malmgren, 1999; SvRF, 2014).

#### Bevattning

Ett av de vanligaste verktygen för att minimera spridningen av luftföroreningar, så som damm och mögelsporer, är att vattna underlaget (Malmgren, 1999). Genom att tillföra fukt ökar partiklarnas vikt, vilket gör att de inte avges till omgivande luft (Wheeler, 2006). Bevattning i ridhus kan ske på olika sätt beroende på behovet och de medel som finns tillgängliga. Malmgren (1999) och SvRF (2014) beskriver i sina studier att några av de vanligast förekommande lösningarna är:

- Flyttbar vattenspridare
- Tak- eller sargsprinkler
- Vattenslang
- Vattentank kopplad till fordon

Oavsett system beror bevattningens effektivitet främst på hur snabbt vattnet tränger ner i lagren samt hur länge vattnet hålls kvar i underlaget (Malmgren, 1999). Detta i sin tur avgörs bland annat av luftrörelserna (konvektion), temperatur, luftfuktighet, bevattningstidpunkt och underlagsmaterial. Bevattningsbehovet varierar inte bara mellan olika banor utan kan även variera inom en bana t.ex. beroende på hur utsatta olika områden är för solstrålning (Malmgren, 1999; SvRF, 2014).

I vetenskapliga studier har tillsättning av vatten på olika underlag studerats i syfte att utreda dess inverkan på underlagens mekaniska egenskaper samt identifiera parametrar avgörande för en sund benhälsa hos hästar i träning och tävling. Pratt (1984) undersökte under en fyraårs-period olika biomekaniska parametrar hos galoppbanor och jämförde sedan dessa mot skadefrekvensen hos hästarna som tränades på dem. I sin studie fastslog Pratt (1984) underlagets dämpande förmåga som den viktigaste parametern för en sund benhälsa, där ytans dämpningsdjup var den faktor av störst betydelse. Näst efter dämpningsdjup kom vatteninnehåll, partikelstorlek och partikelform.

Att vatteninnehållet i underlaget är av betydelse för ytans dämpning visade även en studie av Ratzlav *et al.*, (1997), där kraftöverföringen mellan galoppörer i rörelse och galoppbanans underlag innehållande varierande vattenmängder undersöktes. Resultatet visade att kraftöverföringen från underlaget tillbaka till hästen (underlagets elasticitet) var som lägst vid ett vatteninnehåll på 8 % medan den succesivt steg vid ett vatteninnehåll på

8.5 % till 14 %. Även om andra parametrar spelar roll för den visade effekten ger resultatet ändå en bild av hur vatten kan förändra underlagets mekaniska egenskaper och de kan kontrolleras genom att man kontrollerar underlagets vatteninnehåll. Ett generellt rättesnöre är att underlagets fukthalt ska ligga mellan 8-12 % (USDF, 2000).

Vattnets betydelse gällande att bibehålla gynnsamma mekaniska egenskaper hos underlaget och minimera dammspridning gör att det spelar en central roll för underlagets underhåll och skötsel. Vattnet som används vid bevattningen kommer dock förr eller senare avdunsta till omgivningen och genom det höja AF i luften. En tillfällig höjning av AF behöver inte innebära något negativt för lufthygien om temperaturen är så pass hög att den kan hålla den extra fuktmängden utan att RF blir för hög med hänsyn till kondens, mögel och röta. Men om temperaturen i ridhuset är låg riskerar RF bli för hög. För att inte riskera för hög RF i luften måste den tillförda fukten reduceras med hjälp av ventilation eller avfuktare, alternativt värme.

För att minska avdunstningen från underlaget och på så sätt sänka vattenförbrukningen vid bevattning och vidare fuktbelastningen i ridhuset undersökte Malmgren *et al.*, (1994) huruvida inblandning av olika material i underlag kan påverka underlagets vattenhållande förmåga. I studien studerades gummipartiklar och vattenabsorberande polymergranulater inverkan på ett sandbaserat underlag med avsikt att konstruera ett underlag med ökad vattenabsorption och vattenhållande förmåga i förhållande till ett vanligt sandbaserat underlag. Resultatet visade inte på någon ökad vattenhållande förmåga i något av de preparerade underlagen (gummipartiklar, polymer, granulater, gummipartiklar/polymergranulater).

### **Salt**

Saltning av underlag görs framförallt för att stävja dammbildning, minska behovet av bevattning samt förhindra att underlaget fryser under vintern. Ökad dammbindning och minskat bevattningsbehov sker genom att saltet drar till sig fukt från omgivningen, vilket leder till att fukten stannar kvar i underlaget. Då partiklarna ökar i vikt minskar risken för att de ska bli luftburna (Kichener, 2008; SvRF, 2014). Saltets effekter på hästars och människors hälsa är inte fastställt men det finns teorier om att det kan verka uttorkande på hovar samt irriterande för hud och ögon. En annan nackdel är att det kan bidra till ett mer stumt topplager (Kichener, 2008; SvRF, 2014).

### **Olja**

Om underlaget består av 100 % naturliga material är oljor, som jordnötsolja eller sojabönsolja, ett bra alternativ till vatten med hänsyn till att minimera dammbildningen. Nackdelen är att de är dyra samt att de skapar en oljig hinna över interiören. Olja bör inte tillsättas underlag som innehåller icke naturliga material, som t.ex. gummi, då det kan bli halt. Oljor från industrin får aldrig användas eftersom de är skadliga för både miljön och kan generera hälsoskadliga ångor (USDF, 2000).

### **2.7.9 Användningsfrekvens**

En ökad användningsfrekvens betyder mer tillförd fukt eftersom underlaget kräver en intensivare bevattning för att behålla sina egenskaper (SvRF, 2014), men också genom en eventuellt större värmeproduktion då fler hästar motioneras i ridhuset.

## **3. Material och metod**

### **3.1 Datainsamlingsdesign**

Fältstudien utfördes under perioden november 2013 till januari 2014 i 12 olika ridhus runt om i Skåne. Studien bestod av tre delar. Den första delen ämnade kartlägga ridhusens enskilda förutsättningar. Den andra delen bestod av en visuell granskning av ridhusens interiör där fuktskadornas utbredning och grad subjektivt bedömdes. Sista delen av fältstudien syftade till att beskriva ridhusens inomhusklimat och omgivande utomhusklimat genom mätningar av luftens temperatur och fuktighet samt underlagets fuktavgivning.

Valda parametrar vid mätning av inomhus- och utomhusklimat var lufttemperatur (T) samt relativ luftfuktighet (RF) och mättes både momentant och kontinuerligt för såväl inomhusklimatet som utomhusklimatet. Dessa parametrar användes sedan för att räkna ut den absoluta fuktigheten (AF) såväl inomhus som utomhus för att möjliggöra en jämförelse inom samt mellan ridhusen.

Underlagets fuktavgivning skattades med hjälp av mätningar av lufttemperatur och RF strax ovanför samt nere i underlaget. Dessa värden användes för att räkna ut AF. Skillnaden i AF användes sedan för att jämföra ridhusens underlag.

Majoriteten av de momentana RF- och temperaturmätningarna samt fuktavgivningen från underlaget utfördes under förmiddagarna eftersom aktiviteten i ridhusen förväntades vara som lägst då. Detta för att undvika att aktiviteten i ridhusen skulle påverka mätresultaten. I de fall då mätningarna inte kunde utföras under förmiddagarna anpassades de till tillfällena under dagen då aktiviteten antogs vara som lägst.

### **3.2 Analysområde**

Fältstudien valdes att utföras i Skåne eftersom det är ett område med hög luftfuktighet under vinterperioden, vilket gör det till ett intressant studieområde vid undersökning av fuktens påverkan på byggnader och inomhusmiljö.

### **3.3 Studieobjekt**

I studie ingick 12st ridhus (A-L) med varierande förutsättningar (geografiskt läge, konstruktion, huvudsakligt användningsområde, underlag mm.). För att med så stort underlag så möjligt kunna svara på frågan vad det som skiljer ridhus med fungerande klimat från de med mindre fungerande klimat under vintermånaderna, valdes ridhusen ut så att de representerade olika geografiska områden (östkust, västkust, inland), olika ventilationslösningar och isolerade/oisolerade ridhus med eller utan tillskottsvärme. Ridhusen kartlades med hjälp av enkätfrågor som ägarna/verksamhetscheferna besvarade, samt genom egna observationer.

Bilder på samtliga ridhus finns i bilaga III-XIV.



### 3.3.1 Presentation av ridhusen

**Ridhus A:** Ridhuset är fristående och oisolerat med träväggar, träreglar, takåsar i trä och med en stomme bestående av limträbalkar. Taket är ett oisolerat plåttak som är klätt med kondensväv invändigt. Det används främst i ridskolans verksamhet men det förekommer även privata träningar och tävlingar regelbundet. Ridhuset, som är 25 x 66 m stort (manegemått) och ca 10,5 m högt tillnock, är relativt nybyggt och stod färdigt för användning år 2010.

Ventilationen är naturlig och utan reglering med luftintag längst med hela takfoten. Luftutsläppet sker via en springa längst med helanocken. Viss luftväxling sker även via de 3 otäta skjutportarna. Ridhuset är placerat i öppen terräng utan kringliggande byggnader som kan störa vindriktningen. Underlaget består av fibersand.

**Ridhus B:** Ridhuset är fristående och oisolerat med plåtvägg, stålreglar, takåsar i stål och med en stomme bestående av stålbeambalkar. Taket är ett oisolerat plåttak som är klätt med kondensväv invändigt. Ventilationen är naturlig och utan reglering med luftintag längst med takfoten samt via en större ventil (ca 0,3-0,5 m) på vardera gaveln. Luftutsläppet sker via en springa i nocken. Eftersom ridhuset har många otätheter, dels pga. hål i plåtväggarna och taket och dels runt om skjutporten, sker en del av luftväxlingen även via dessa. Ridhuset ligger i öppen terräng men strax intill och längst med hela ridhusets långsida ligger en lada som sträcker sig väl över ridhusets luftintag vid takfoten. Ridhuset, som är 22 x 40 m (manegemått: 20 x 40 m) och ca 9,5 m högt tillnock, används främst i ridskoleverksamheten samt till viss del för privata träningar. Ridhuset stod färdigt för användning i slutet på 1970-talet. Underlaget består av sand och träflis.

**Ridhus C:** Ridhus C är en privatägd fastighet som uteslutande används för privata träningar. Ridhuset är fristående och isolerat (ca 80 mm PUR-skum) med ytterväggar och yttertaktak i plåt samt en stomme av stålbeambalkar. Innervägg, innertak och takåsar består av plåt och stål. Ridhuset är 66 x 25 m (manegemått: 60 x 25 m) och har ca 9 m till taknock. Ventilationen är naturlig och regleras via öppningsbara fönster längst med långsidorna och öppningsbar växthusnock i taket. I övrigt är byggnaden helt tät med gummilister runt om samtliga dörrar. Växthusnocken regleras manuellt med motor medan fönsterluckorna regleras för hand. En vinghastighetsmätare sitter på ridhuset och vindhastigheten är tänkt att fungera som reglerparameter. Ridhuset är placerat uppe på en kulle i öppen terräng utan kringliggande byggnader som kan störa vindriktningen. Underlaget består av fibersand. Ridhuset är det nyaste av de medverkande i studien och stod färdigt januari 2013.

**Ridhus D:** Ridhuset är fristående och oisolerat med träväggar, träreglar, takåsar i trä och med en stomme bestående av limträbalkar. Taket är ett oisolerat plåttak som är klätt med kondensväv invändigt. Ventilationen är naturlig och regleras via en ventil på vardera gaveln (ca 0,3 x 0,3 m) samt 2 öppningsbara luckor (ca 1,5 x 2,5 m) i taket. I övrigt är ridhuset mycket otätt med bland annat springor runt portar och takbjälkar samt ett större hål i ett av ljusinsläppen. I ridhuset, som är 27 x 18 m (manegemått) och ca 8 m högt tillnock, ligger en uppvärmd kafeteria längst med halva manegens långsida. Underlaget

består av sand med träflis. Ridhuset används i den småskaliga ponnyridskoleverksamheten som bedrivs på platsen och stod färdigt för användning år 2000.

**Ridhus E:** Ridhuset är fristående och oisolerat med träväggar, träreglar, takåsar i trä och med en stomme bestående av stål balkar. Taket är ett oisolerat plåttak som är klätt med kondensväv invändigt. Ridhuset är 22 x 66 m stort (manegemått: 21 x 60 m) och har ca 8 m tillnock. Ventilationen är naturlig och utan reglering med luftinsläpp längst med hela takfoten där takplåtskorrigeringen möter väggen (ca 0,02/2 m x 66 m). Luftutsläppet sker via 16st nocköppningar (10 x 30 cm). Viss luftväxling sker även runt om de 2 otäta skjutportarna. Ridhuset är placerat i öppen terräng utan kringliggande byggnader som kan påverka lufttillförseln. Ridhuset som är privatägt används för tränings- och tävlingsverksamhet och stod färdigt 2009. Underlaget består av sand och vattnas underifrån via ett s.k. ebb och flod system.

**Ridhus F:** Ridhuset är fristående och oisolerat med plåtvägg. Väggreglar och takåsar är i trä medan stommen bestående av stål balkar. Taket är ett oisolerat plåttak som är klätt med kondensväv invändigt. Ridhusmanegen är 54 x 22 m stor och höjden tillnocken är ca 8 m. Ventilationen är naturlig och utan reglering med fasta luftintag längst med hela takfoten (0,02 x 54 m) där takplåtskorrigeringen möter väggen, samt längst med båda gavlar. Luftutsläpp sker via 22st öppningar med huv i taknocken, varje öppning 2 x 6 x 40 cm stor. I övrigt är ridhuset tätt med gummilister runt samtliga portar och dörrar. Ridhuset är placerat i öppen terräng utan kringliggande byggnader som kan påverka lufttillförseln. Underlaget består av stenmjöl. Ridhuset, som är privatägt, används i tränings- och tävlingsverksamhet och stod färdigt 2010.

**Ridhus G:** Ridhuset är fristående och oisolerat med väggar bestående av hel och perforerad plåt. Väggreglarna och takåsarna är i trä medan stommen består av stål balkar. Taket är ett oisolerat plåttak som är klätt med kondensväv invändigt. Ridhuset är 66 x 22,5 m och höjden tillnocken är ca 9 m. Manegens mått är 60 x 22 m. Ventilationen är naturlig och utan reglering där luftväxling sker med hjälp av den perforerade plåten (ca 1,5 x 60 m), som löper längst med båda långsidor. Viss luftväxling sker även runt den otäta skjutdörren. Ridhuset är placerat i öppen terräng med en långsida som löper längst med stallbyggnaden (ca 15 m avstånd). Byggnaderna är i samma höjd. På ridhusets östra gavel finns en uppvärmd kafeteria och toalett. Underlaget består av grus blandat med träflis. Ridhuset stod färdigt 2011, är privatägt, och används för privata träningar.

**Ridhus H:** Ridhuset, som är privatägt och stod färdigt för användning 2008, är fristående och oisolerat. Ridhuset är 22 x 54 m (även manegen) och höjden tillnocken är ca 8 m. Väggens nedre del består av oisolerad betong medan väggen över sargkanten består av hel eller perforerad plåt. De perforerade väggarna löper längst med manegens båda långsidor, från sargkantens övre del upp till takfoten (ca 1,5 x 54 m), samt i två sektioner på ena gaveln. Stommen består av stål balkar medan väggreglar och takåsar består av trä. Taket är ett oisolerat plåttak som är klätt med kondensväv invändigt. Ventilationen är naturlig och utan reglering där luftväxlingen sker via den perforerade plåten. Viss luftväxling sker runt om den otäta skjutporten. Ridhuset omges av kullar men utan

kringliggande byggnader som kan påverka vindriktningen. Underlaget består av fibersand.

**Ridhus I:** Ridhuset är en semi-isolerad hall med isolerade betongväggar (ca 150 mm isolering) och oisolerat fiberbetongtak som invändigt är klätt med kondensväv. Takåsar består av trä medan stommen består av limträbalkar. Ridhallen är 27 x 66 m (även manegen) och det är ca 10 m till taknock. Ridhusets östra gavel ansluter via tätade dörrar till uppvärmda och fuktproducerande utrymmen, ett skötselutrymme (sporum, solariespilta mm.) samt ett kontor. Ventilationen är naturlig och utan reglering där luften tas in via utrymmet som uppstår mellan takplåtskorrigeringen och väggen (ca 0,02 x 66 m) och släpps ut via en springa längst nocken. Intill ridhusets södra långsida löper en jordvall som når upp till takfoten ungefär. Ridhusets andra långsida ligger i vinkel med stallbyggnaden. Landskapet runt om är öppet men anläggningen ligger i slutningen av en ås. Ridhuset är privatägt, stod färdigt för användning 2009 och används för tränings- och tävlingsverksamhet. Underlaget består av fibersand.

**Ridhus J:** Ridhuset är fristående med isolerade betongväggar (ca 100-140 mm isolering) och ett isolerat plåttak (ca 170 mm isolering). Stommen består av stål balkar. Ridhuset är 22 x 72 m stort (manegemått) och har ca 11 m till nock. I ridhuset, på östra kortsidan, ligger en ouppvärmad kafeteria. Ventilationen är naturlig och regleras med hjälp av 26st reglerbara tilluftsdon (0,65 x 0,26 m), samt 3st frånluftsöppningar med takhuvar (ca 1,0 x 1,0 m) i nocken. Tilluftsdonen regleras manuellt med spjäll i varje don medan frånluftöppningarna saknar reglering. Underlaget består av fibersand. Ridhuset stod färdigt för användning 2007 och används i tränings- och tävlingsverksamhet.

**Ridhus K:** Ridhuset är isolerat med ytter- och innerväggar i betong och en stomme av limträbalkar. Ridhuset är inbyggt och ligger i vinkelrät anslutning till två häststallar via en s.k. ryttargång. Ridhuset är 25 x 80 m stort (manegemått) och har ca 10 m till taknock. Klimatet i ridhuset är kontrollerat med hjälp av tillskottsvärme och mekanisk ventilation. Värmen tillförs med hjälp av 5st luftvärmefläcktar och ventilationen styrs med 3st ventilationstrummor i taket. Luftintaget består av totalt 34st tallriksventiler (ca 0,15 x 0,15 m) samt 2 rektangulära ventiler med spjäll (ca 0,5 x 0,5 m). Ridhuset ligger i platt och relativt öppen terräng utan naturliga hinder i närheten av byggnaden.

Ridhuset används flitigt i ridskoleverksamheten och för privata träningar, samt i tävlingsverksamhet på internationell nivå. I genomsnitt används manegen av 150 ekipage per dag. Ridhuset är även en del av ridgymnasiets verksamhet. På båda sidor om manegens långsidor sträcker sig en läktare med plats för 1000 personer. Längst med halva manegens västra långsida ligger arbetslokaler för undervisning medan ridhuset via sin norra gavel ansluter till en foajé med tillhörande kafeteria, reception m.m. Underlaget består av fibersand. Ridhuset stod färdigt för användning 1996.

**Ridhus L:** Ridhuset är isolerat med ytter- och innerväggar i betong och en stomme av limträbalkar. Ridhuset, som byggdes 1996, är 20 x 60 m (manegemått) och har ca 10 m till taknock. Klimatet i ridhuset är kontrollerat med hjälp av tillskottsvärme och mekanisk ventilation. Värmen tillförs med hjälp av 4st luftvärmefläcktar och ventilationen styrs med

1 styck ventilationstrumma i taket. Luftintaget består av totalt 24st tallriksventiler (ca 0,15 x 0,15 m) samt 2 rektangulära ventiler med spjäll (ca 0,5 x 0,5 m) på vardera gaveln. Ridhuset ligger i platt och relativt öppen terräng utan naturliga hinder i närheten av byggnaden.

I direkt anslutning till ridhuset ligger dels en uppvärmd foajé med kafeteria och sekretariat och dels två stallar via en s.k. ryttargång. Ridhuset är ett flitigt använt ridhus som nyttjas för ridskole- och träningsändamål och är även en del av ett ridgymnasiets verksamhet. Underlaget består av fibersand.

### **3.4 Datainsamling**

#### **3.4.1 Kartläggning av ridhus**

Kartläggningen av ridhusens enskilda förutsättningar gjordes i form av ett enkätformulär som skickades i pappersform till ridhusägarna i början av fältstudien. Frågeställningarna i enkäten utformades efter ett antal parametrar som förväntades spela en avgörande roll för byggnadens fukthantering. Dessa parametrar gällde:

- Underlagets utformning (material, materialskiktens tjocklek)
- Underlagets skötsel (damphantering, jämning)
- Bevattning av underlaget (tillförd vattenmängd, frekvens)
- Byggnadens utformning (material, eventuell isolering, ljusinsläpp, portar)
- Ventilationens utformning (typ av ventilation, ventilationskapacitet, reglering av ventilationsöppningar etc.)
- Eventuell uppvärmning/avfuktning
- Anslutning till andra byggnader med fuktproduktion (djurstall)
- Användningsfrekvens

I bilaga XV redovisas enkätformulärets fullständiga frågeställningar.

#### **3.4.2 Visuell granskning och bedömning av eventuella fuktskador**

Den visuella granskningen av permanenta fuktskador som uppkommit över tid gjordes totalt 1 gång per ridhus eftersom utbredning och grad av fuktskador inte förväntades förändras under datainsamlingsperioden. Den tillfälliga fuktpåverkan (närvaro och utbredning av kondens) ansågs vara ett symptom på klimatförhållandena i ridhusen vid tillfället och bedömningen gjordes därför vid varje mättillfälle (1 gång/månad och ridhus). Fuktskadorna bedömdes subjektivt utifrån en skala från 0 till 5, där 5= mycket omfattande fuktskador eller kondens och 0= inga fuktskador eller kondens.

#### **3.4.3 Ridhusens momentana temperatur och luftfuktighet**

Mätningarna av momentan temperatur och relativ luftfuktighet utfördes med hjälp av en elektronisk temperatur- och luftfuktighetsmätare (AZ Psychrometer 8723, med en precision på  $\pm 3\%$  och  $\pm 0,6\text{ °C}$ , i 5 olika mätpunkter i ridhuset (4 hörn samt mitten) vid 3 olika mättillfällen per ridhus, 1 mättillfälle per månad november- januari (med undantag från ridhus J, där sista mätningen utfördes i början av februari). Mätningarna gjordes på 1.5-2 m höjd ovanför underlaget och mätpunkterna valdes med hänsyn till att få en så jämn spridning så möjligt över hela manegens area.

#### **3.4.4 Ridhusens kontinuerliga temperatur och luftfuktighet**

Den kontinuerliga temperatur- och luftfuktighetsmätningen gjordes med hjälp av klimatloggar (Tinytag plus 2, models RGP-4500 and TGP-1500, Gemini Data Loggers Ltd., West Sussex, UK) som hängdes upp under en sammanhängande period av 1 vecka per ridhus och månad, vilket gav en total datainsamlingsperiod av 3 veckor per ridhus. Loggarna registrerade temperatur och RF med ett inställt loggintervall på 10 min och en mätosäkerhet på 0,6 °C och 3 % RF. Loggarna inne i ridhusen placerades så centralt så möjligt i byggnaden för att så representativa värden så möjligt skulle erhållas. Loggarna utanför ridhuset placerades så att de i minsta möjliga mån påverkades av väder och vind.

#### **3.4.5 Underlagets fuktavgivning**

För att kunna jämföra fuktavgivningen från underlagen i de olika ridhusen beräknades AF dels i underlagets ytskikt och dels i luften strax ovanför underlaget. AF bestämdes genom mätningar av luftens temperatur och RF. Underlagets fukt och temperatur mättes genom att upp- och nervända transparenta plastbaljor med en volym på 11 liter (39 x 28 x 14 cm) placerades ut på underlaget. I respektive balja placerades en elektronisk fuktmätare (TFA Dostmann/ Wertheim) med en precision på  $\pm 3,5$  % t.o.m. 80 % och  $> 80$  %  $\pm 5$  % för RF, samt  $\pm 1,0$  °C för lufttemperatur. Mätarna avlästes vart 5:e minut för att kontrollera när mätvärdena stabiliserat sig och jämvikt mellan luft och underlagets ytskikt uppnåtts. Luftens fukt och temperatur ovanför underlaget mättes 0.5-1.0 m ovanför bäddens mätpunkt med hjälp av ett handhållen elektroniskt fuktmätare (AZ Psychrometer 8723).

Formeln som användes vid beräkning av AF var:

$$v_{akt} = \varphi * v_m$$

$v_{akt}$  = luftens aktuella innehåll av vattenånga (kg vatten/ kg luft)

$\varphi$  = relativ fuktighet (%)

$v_m$  = maximalt innehåll av vattenånga vid den aktuella temperaturen (kg/kg)

Mätningarna utfördes i 2 olika mätpunkter vid 3 olika mättillfällen per ridhus, ett mättillfälle per månad. Mätpunkterna placerades på diagonalen i en punkt 5 m från långsidan och 12 m från kortsidan. Detta för att få en så stor spridning som möjligt över underlagets yta.

#### **3.5 Test av mätinstrumentens korrekthet**

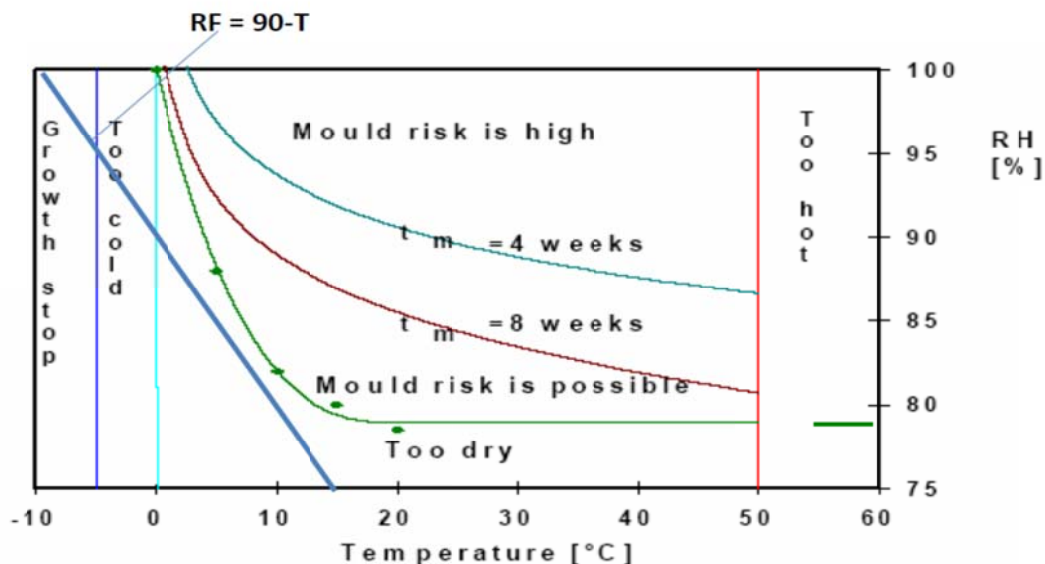
För att kontrollera om mätinstrumenten genererade korrekta värden kalibrerades samtliga mätinstrument mot en slungpsykrometer innan fältstudiens början. En slungpsykrometer användes som kontrollinstrument då den anses vara ett mycket tillförlitligt instrument (Sällvik & Ehrlemark, 2007). Vid en kalibreringspunkt användes istället en saltlösning med en känd relativ fuktighet vid en känd konstant temperatur som referens. Kalibreringen gjordes enligt enpunktskalibreringsprincipen där de uppmätta värdena jämfördes mot ett antal referensvärden erhållna från bland annat badrum, källare och växthus. Varje instruments individuella avvikelser räknades om till en medelavvikelse som sedan användes för att tolka mätvärdena.

### 3.6 Analys av data

För att kunna analysera de registrerade temperatur- och fuktvärdena laddades samtlig data från loggarnas registreringsperioder över till en dator där de med hjälp av programmet EasyView 5 (Intab Interface-Teknik AB, Stenkullen, Sverige) presenterades som registrerade mätvärden vart 10:e minut. Erhållna värde räknades sedan om till medelvärde per timme i syfte att minska datamängden till en mer hanterbar. Mätvärdena från EasyView 5 tillsammans med de manuellt uppmätta fukt- och temperaturvärdena överfördes sedan till Microsoft Excel 2011 för vidare bearbetning. För jämförelse av fukt- och temperaturvärde insamlade från dataloggar sittandes utomhus, samlades temperatur och RF-data under samtliga mätperioder in från närmast liggande SMHI väderstation.

Vid bedömning av fukthalterna och risken för mögelpåväxt på material i ridhusen, med avseende på RF och temperatur i ridhusluften, användes 90-regeln som härstammar ifrån Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (DFS 2007:6) om hästhållning, saknr. L101 kap 3 § 18. I figur 12 framgår det att 90-regeln överensstämmer med Viitanens (2004) sammanställning av kritiska temperaturer och fuktighetsgränser för mikrobiell tillväxt, vilket gör att 90-regeln lämpar sig väl som bedömningsverktyg för både hästarnas välbefinnande och ridhusens hållbarhet. Figuren visar att mögelrisken är liten om summan av temperatur och RF inte överskrider 90, men ökar vid  $RF + \text{temperatur} > 90$ .

Då denna studie inte behandlar tidsaspekten av risken för mikrobiell tillväxt valdes 90-regeln som bedömningsverktyg istället för Viitanens diagram.



Figur 12. Överblick över kritiska temperaturer och fuktighetsgränser för mikrobiell tillväxt på trä och träbaserade material (Viitanens 2004). Figuren innefattar en linje ( $RF=90-T$ ) som representerar 90-regeln för att visa sambandet mellan 90-regeln och mögelrisk på material.

## 4. Resultat

### 4.1 Test av mätinstrument

Resultaten från kalibreringen visade att det handhållna elektroniska mätinstrumentet (AZ Psychrometer 8723) samt de två elektroniska mätinstrumenten (TFA Dostmann/Wertheim) som användes vid uppskattning av fuktavgivning från underlaget gav korrekta värden vid momentan mätning av temperatur. Vid mätning av RF visade kalibreringen en maximal medelavvikelse på  $\pm 3 \%$  för de tre elektroniska handhållna instrumenten. Kalibreringen av klimatloggar visade att samtliga loggar gav korrekta värden gällande temperatur samt tillfredställande värden för RF  $< 80 \%$  (medelavvikelse  $< \pm 3 \%$ ). Däremot visade ett flertal av loggarna osannolika värden ( $>100 \%$  och  $< 25 \%$ ) vid mycket höga RF ( $> 80 \%$ ). På grund av detta beslutades det att endast mätperioder med troliga RF-värden skulle presenteras och analyseras, samt att de värden som under dessa perioder visade RF  $< 25 \%$  och RF  $> 80 \%$  skulle korrigeras till RF  $> 80 \%$ , alternativt kommenteras i syfte att även tolka de orimliga mätresultaten.

### 4.2 Sammanställning av enkätstudie samt egna observationer

Då det i majoriteten av fallen inte gick att erhålla svar på samtliga enkätfrågor (t.ex. gällande ventilationsstorlek och kapacitet) görs i dessa fall rimliga antaganden och uppskattningar som kan användas som diskussionsunderlag. När fallet är så framgår det i texten. Enkät svar från ridhus A, B och D uteblev helt, vilket gör att även information om ridhusens skötselrutiner saknas. När ridhusen inte nämns bland resultaten är det för att underlag saknas.

Av de 12 ridhus som undersöktes var 5 oisolerade med fasta eller reglerbara ventilationsöppningar (A, B, D, E, F), 2 oisolerade med perforerade plåtväggar (G, H), 3 isolerade utan tillskottsvärme (C, I, J) samt 2 isolerade med tillskottsvärme (K, L). Ridhus K och L var de enda ridhusen med mekanisk ventilation med fläktar i taken samt skruvventiler längst med väggarna (uppskattningsvis  $0,15 \times 0,15 \text{ m}$ ) för tilluft. Ridhus A, B, E, F och I hade naturlig, icke reglerbar ventilation i form av en luftspringa längst med takfoten och frånluftöppning i nocken. Ridhus F särskilde sig från de andra genom att dessutom ha en luftspringa löpandes längst med båda gavlarna. Ridhus G och H var byggda med perforerade plåtväggar runt om stora delar av ridhusbyggnaden. I Ridhus C, D samt J tillämpades naturlig, styrd ventilation. Öppningarna bestod i ridhus J av 26st tilluftsöppningar och 3st frånluftöppningar, i ridhus C av öppningsbara fönster längst med båda långsidor och växthusnock i taket, samt i ridhus D av 2 ventiler (uppskattningsvis  $0,3 \times 0,3 \text{ m/st.}$ ) samt en stor lucka på vardera gaveln (uppskattningsvis  $1,5 \times 2,5 \text{ m}$ ).

Vid samtliga mättillfällen var Ridhus K och L:s tilluftsventiler öppna ca 3 cm. Av de 26 tilluftsdonen i ridhus J var 3-5 helt stängda vid varje mättillfälle, medan övriga var öppna 5-10 cm. Varje tilluftsdon regleras manuellt med hjälp av spjäll. Dock uppgav ridhusansvarige att ventilationsöppningarna aldrig regleras, utan är desamma året runt. I de fall då donens öppningar var förändrade har detta skett oavsiktligt. Ridhus C var helt stängt under samtliga mätningar, varken fönster, dörrar eller växthusnock var öppna.

Ventilerna samt luckorna i ridhus D var under samtliga mätningar stängda. Dock skedde en hel del luftväxling mellan inne och ute tack vare byggnadens många otätheter.

Då det inte gick att erhålla information på hur stora ventilationsöppningar/kapacitet majoriteten av ridhusen hade vid mätningarna gjordes uppskattningar av den totala öppningsarean för respektive ridhus. Ridhusen rangordnades på en skala från 0-3 baserat på skattad storlek, där 0= ingen öppning alls och 3= mycket stora öppningar (tabell 4). Ridhus A, B, E och I som endast hade mycket små springor längst med takfoten för tilluft och nockspringor för frånluft bedömdes med en 1. Även Ridhus K och L som endast hade mindre tallriksventiler för tilluft, bedömdes med en 1. Ridhus C och D hade ingen avsiktlig ventilation öppen alls och bedömdes med 0. Ridhus J och F bedömdes ha något större ventilationsöppningar, pga. de extra ventilationsspringarna längst med gavlarna i ridhus F och pga. väl öppna tilluftsdon i J, och bedömdes därför med 1,5. Störst öppningsarea bedömdes ridhus G och H att ha, då båda ridhusen är försedda med perforerade väggar runt om ridhuset.

Av de medverkande ridhusen var 9 av de 12 fristående (A-H, J). Övriga 3 (I, K, L) var sammanbyggda med stallar och skötselutrymmen, d.v.s. fuktproducerande byggnader. I samtliga tre fall var fuktspärrar upprättade för att minska att den fuktiga luften läckte mellan byggnaderna. Spärrarna var i form av öppningsbara plastskynken eller tätade dörrar. Vid samtliga mättillfällen stod dock fuktspärrarna (plastskynkena) i ridhus K och L helt öppna under hela mätningen. Dörren mellan skötselutrymmet och ridhuset i ridhus I öppnades bara momentant då hästar passerade för att tas in i manegen.

Samtliga ridhus, utom F, bevattnar sina ridhusunderlag regelbundet. Ridhus F använder ett underlag helt i grus och stenmjöl som binder fukt effektivt, vilket gör att ägarna inte ansett att underlaget behövt vattnas annat än då det lades in. Högst bevattningsfrekvens har ridhus I som vattnas med hjälp av ett datoriserat sprinklersystem en gång per dygn, under ca 2 timmar per gång. Underlagen i ridhus, C, H, K, L vattnas mellan 1-2 gånger per vecka, medan A, B, G och J vattnas 1 gång vart fjortonde dag eller mer sällan. Vattenåtgången per bevattningstillfälle är i ridhus B ca 2000 liter, i C ca 6000 liter, i ridhus G ca 3000 liter, i ridhus H ca 4000 liter och i och i ridhus J ca 8000 liter. Det ridhus som särskiljer sig från övriga gällande bevattningssystem är ridhus E. Detta ridhus har ett så kallat ebb och flod system, vilket innebär att underlaget aldrig tillåts torra upp. Istället vattnas underlaget kontinuerligt underifrån. Vattenåtgången under höst/vinter är i genomsnitt 11 liter per timme för ridhus E.

Vid mättillfällena bedömdes underlaget som halvtorr till torrt i ridhus B, D och G, medan A och F upplevdes som halvfuktiga. Underlagen i ridhus C, E, H, I, J, K och L bedömdes generellt som fuktiga till mycket fuktiga (tabell 4).

Användningsfrekvensen hos ridhusen varierar. Ridhus I, J, K, L är ridhus som används inom en ridskoleverksamhet och/eller för privat träning samt tävlingar, alla i bruk runt 8 timmar per dygn. Ridhus C, E, F, G och H är i bruk ca 4-5 timmar per dygn.



I ridhus K var aktiviteten i ridhuset högre än önskat vid 2 mättillfällen, vilket kan ha påverkat de momentana mätresultaten. Vid ett tillfälle överskred aktivitetsnivån den önskade även i ridhus J. I övriga fall möttes önskad aktivitetsnivå på max 2 ekipage.

Tabell 4. Väderförhållande, den bedömda fuktnivån i underlaget, bedömd öppningsgrad hos ventilationsdonen samt aktiviteten i ridhuset under mätningen vid samtliga mättillfällen.

Ridhus	Mättillfälle	Väderförhållande	Underlag	Bedömd ventilationsarea	Aktivitet
A	Nov	Ihållande regn	Halvtorr		0
	Dec	Klart, soligt	Halvfuktigt	Fast, 1	0
	Jan	Halvklart	Halvtorr		0
B	Nov	Halvklart	Torr		0
	Dec	Mulet, uppehåll	Torr	Fast, 1	0
	Jan	Klart	Torr		0
C	Nov	Halvklart	Mycket fuktigt	Stängd, 0	1 ekipage
	Dec	Mulet, uppehåll	Mycket fuktigt	Stängd, 0	0
	Jan	Mulet, uppehåll	Mycket fuktigt	Stängd, 0	1 ekipage
D	Nov	Ihållande regn	Torr	Stängd, 0	0
	Dec	Mulet, duggregn	Torr	Stängd, 0	0
	Jan	Dimmig, uppehåll	Torr	Stängd, 0	0
E	Nov	Mulet, uppehåll	Mycket fuktigt		0
	Dec	Mulet, uppehåll	Mycket fuktigt	Fast, 1	0
	Jan	Mulet, uppehåll	Mycket fuktigt		0
F	Nov	Mulet, duggregn	Halvfuktigt		0
	Dec	Halvklart	Halvfuktigt	Fast, 1,5	0
	Jan	Mulet, uppehåll, snötäckt mark	Halvfuktigt		0
G	Nov	Mulet, uppehåll	Torr		0
	Dec	Mulet, uppehåll	Halvtorr	Fast, 3	1 ekipage
	Jan	Mulet, uppehåll, snötäckt mark	Halvtorr		0
H	Nov	Ihållande regn	Mycket fuktigt		0
	Dec	Mulet, uppehåll	Mycket fuktigt	Fast, 3	1 ekipage
	Jan	Mulet, uppehåll, snötäckt mark	Mycket fuktigt		1 ekipage
I	Nov	Mulet, uppehåll	Mycket fuktigt		0
	Dec	Mulet, uppehåll	Mycket fuktigt	Fast, 1	1 ekipage
	Jan	Halvklart, uppehåll	Mycket fuktigt		1 ekipage

J	Nov	Ihållande regn	Mycket fuktigt	Reglerbar <sup>1)</sup> , 1,5	1-3 ekipage
	Dec	Mulet, duggregn	Mycket fuktigt	1,5	2-4 ekipage
	Jan	Mulet, duggregn	Mycket fuktigt	1,5	0
K	Nov	Mulet, duggregn	Halvfuktigt	Reglerbar <sup>2)</sup> , 1	4 ekipage
	Dec	Mulet, duggregn	Mycket fuktigt	1	5 ekipage
	Jan	Mulet, uppehåll	Mycket fuktigt	1	2 ekipage
L	Nov	Klart, soligt	Halvfuktigt	Reglerbar <sup>2)</sup> , 1	0
	Dec	Klart, soligt	Halvfuktigt	1	1 ekipage
	jan	Mulet, snöar	halvfuktigt	1	-

<sup>1)</sup>Manuellt reglerbara spjäll <sup>2)</sup>Manuellt reglerbara tallriksventiler

### 4.3 Visuell granskning

Den visuella granskningen är uppdelad i två delar, dels en bedömning av permanenta fuktskador (tabell 5), dels en bedömning av hur fukten påverkar byggnaden just vid måttillfället (tabell 6). Bedömningsgrunden för de permanenta fuktskadorna utgörs av utbredning och grad av t.ex. fuktfläckar, korrosion och mögelpåväxt, medan fuktpåverkan vid måttillfället värderades efter eventuell kondens och dess omfattning. I figur 13 åskådliggörs sambandet mellan de permanenta fuktskadorna och ridhusens ålder.

Tabell 5. Bedömning av permanenta fuktskador.

Ridhus	Gradering, 0-5	Kommentar
A	2	Svarta prickar på sargen samt lindrigt med fuktfläckar på träreglar främst vid södra gaveln.
B	4,5	Påtaglig korrosion på samtliga stålreglar och balkar.
C	1	Svartprickig träsarg.
D	3	Träet på främst ena gaveln kändes fuktigt och var fuktskadat (buskage utanför som låg an mot träväggen).
E	1,5	Lindriga fuktskador på takåsar under ljusinsläpp.
F	1,5	Lindrigt med svarta prickar på träreglar vid ljusinsläpp på gavlar samt långsidor.
G	0	Inga synliga fuktskador eller mögelpåväxt.
H	2	Fuktskador på träreglar som ligger intill de perforerade plåtväggarna. Fukt från underlaget har stigit upp i träsargen som är svart nertill.
I	3	Fuktskador i nederkant på träsarg. Måttliga fuktskador på takåsar.
J	0	Inga synliga fuktskador eller mögelpåväxt.
K	4	Fuktskador på takåsar och betongvägg vid takfoten samt lindriga korrosionsskador på metall detaljer.
L	4	Mögelskador på majoriteten av limträbalkarna.. Korrosionsskador på metall detaljer. Träsargen var fuktskadad på de partier lacken slitits av.

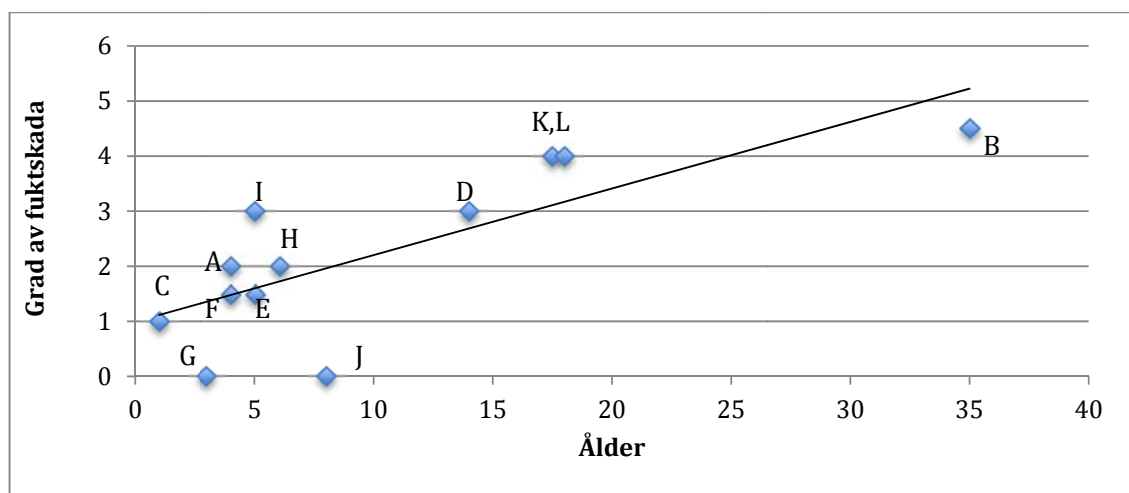
Tabell 6. Bedömning av kondensens utbredning vid varje mättillfälle.

Ridhus	Gradering, 0-5	Kommentar
A	0	Ingen kondensbildning vid något mättillfälle.
B	0	Ingen synlig kondens vid något mättillfälle.
C	5	Rejäl kondens på samtliga väggar, ljusinsläpp och portar vid samtliga mättillfälle.
D	0	Ingen synlig kondens vid något mättillfälle.
E	1	Kondens på samtliga ljusinsläpp och fönster vid ett mättillfälle
F	0	Ingen synlig kondens vid något mättillfälle
G	0	Ingen synlig kondens vid något mättillfälle
H	0	Ingen synlig kondens vid något mättillfälle
I	0	Ingen synlig kondens vid något mättillfälle
J	3	Kondens på ljusinsläpp vid samtliga mättillfällen.
K	3,5	Kondens på fönster och plåtdörrar vid 2 av 3 mättillfällen.
L	4	Kondens på fönster och speglar vid samtliga mättillfällen.

#### 4.4 Momentana mätningar

Mätningarna utfördes under en period av dagen då aktiviteten i ridhuset förväntades vara som lägst. Målet var att max 2 hästar skulle motioneras samtidigt i ridhuset för att mätresultaten inte skulle påverkas av deras fukt- och värmeproduktion. I vissa fall var detta kriteriet svårt att möta då det var hög aktivitet under större delen av dagen. I de fallen lämnas en kommentar till mätresultatet.

Resultaten från de momentana RF- och temperaturmätningarna ute och inne för respektive ridhus under nov-jan visas i tabell 7a och 8a. RF- och temperaturvärdena inne representerar ett medelvärde av 5 mätpunkter, medan utomhusvärdena är baserat på en momentanmätning. I tabell 7b och 8b presenteras standardavvikelsen till respektive medelvärde vid samtliga mättillfällen för att beskriva om det finns zoner med sämre luftflöde.



Figur 13. Diagrammet visar sambandet mellan ridhusens ålder och graden av de bedömda fuktskadorna ridhusen ådragit sig över tid (ev. fuktfläckar, mögel, röta). Bedömningen är subjektivt skattad och baserad på den visuella granskningen.

Tabell 7a. Relativ fuktighet, %, inne för samtliga ridhus och mättillfällena presenterat som medelvärde av mätpunkt 1-5. Relativ fuktighet ute är baserat på ett momentanvärde. Momentana mätvärden för RF ute under november saknas.

Kategori	Ridhus	Nov inne RF, %	Dec inne RF %	Dec ute RF, %	Jan inne RF, %	Jan ute RF, %
Oisolerade	A	84,4	79,2	70,6	85,1	86,0
	B	89,6	93,7	85,0	82,7	68,0
	D	82,5	94,0	99,9	87,6	93,5
	E	85,1	88,7	91,0	79,0	62,6
	F	84,4	89,1	89,3	67,4	60,3
Perforerade väggar	G	89,5	93,2	94,0	72,6	75,5
	H	94,7	83,4	83,0	62,5	62,5
Isolerade	C	91,7	93,3	91,2	96,8	87,3
	I	89,5	92,4	89,7	75,1	61,0
	J	93,1	93,4	81,0	90,0	92,4
Isolerade + värme	K	86,6	85,8	83,0	81,1	73,0
	L	93,1	91,6	75,0	81,2	78,5

I figur 14 anges differensen mellan AF inne och AF ute för respektive ridhus vid mättillfällena december och januari, för att skapa en bild av luftväxlingen mellan inne och ute. För en jämförelse mellan ridhuskategoriernas (oisolerade, perforerade plåtväggar, isolerade, isolerade med värme) fukthantering presenteras i figur 15 respektive ridhuskategoris AF-differens mellan inne och ute. Beräkningarna av AF har gjorts med hjälp av uppmätta lufttemperaturer och RF.

I figur 16 presenteras en bild på sambandet mellan uppskattad storlek på den totala ventilationsöppningen hos varje ridhus och AF-differensen i luften mellan inne och ute presenterat som ett medelvärde av december- och januarimätningen.

Figur 17 visar RF och temperatur inne för samtliga ridhus under nov-jan i relation till 90-regeln. Diagrammet åskådliggör en jämförelse mellan ridhusens konstruktion och ventilationslösning (isolerat + värme med mekanisk ventilation, perforerade väggar, isolerat med reglerbara öppningar, isolerat med fasta öppningar och oisolerat med fasta öppningar) och inomhusklimatet.

Tabell 7b. Standardavvikelse ( $\pm st$ ) för RF inne vid samtliga mätpunkter.

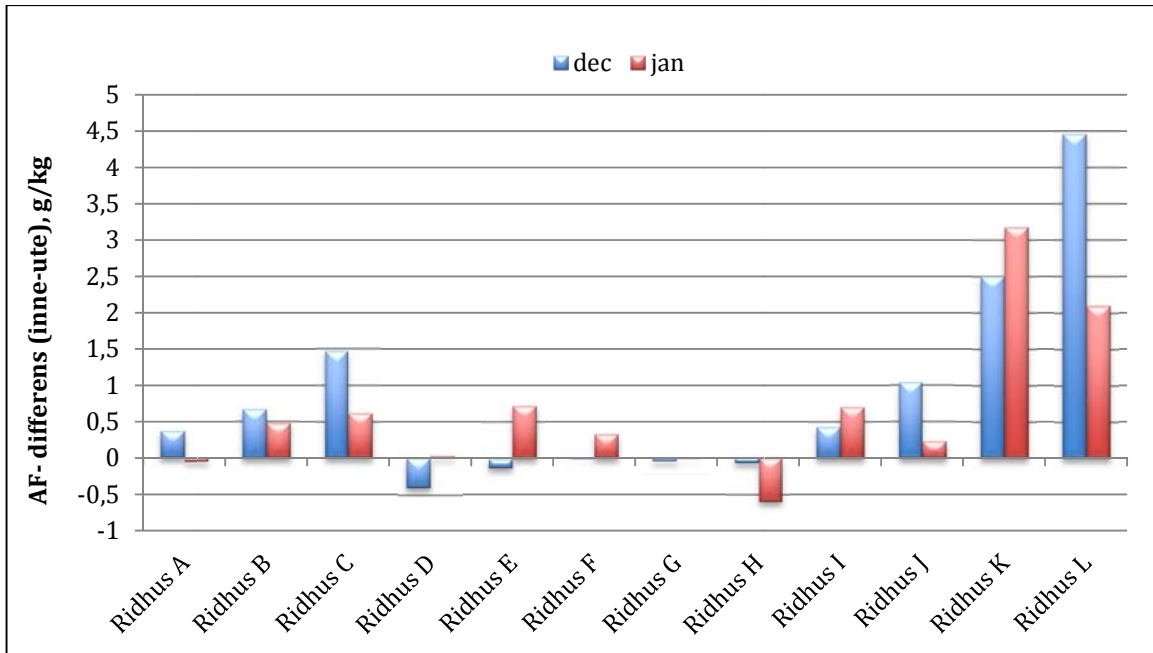
Kategori	Ridhus	Nov	Dec	Jan
Oisolerade	A	0,983	3,616	1,182
	B	1,375	0,856	2,057
	D	1,512	1,084	0,652
	E	2,568	1,752	1,764
	F	1,016	1,977	1,343
Perforerade väggar	G	4,479	1,340	0,349
	H	1,301	0,652	0,383
Isolerade	C	0,823	3,840	0,927
	I	2,459	0,709	1,228
	J	2,677	3,075	1,124
Isolerade + värme	K	1,150	1,908	0,515
	L	1,424	3,864	3,126

Tabell 8a. Tabell över temperatur, °C inne och ute för samtliga ridhus och mätpunkter, presenterat som medelvärde av mätpunkt 1-5. Temperatur ute är baserat på ett momentanvärde. Momentana mätvärden för temperatur ute under november saknas.

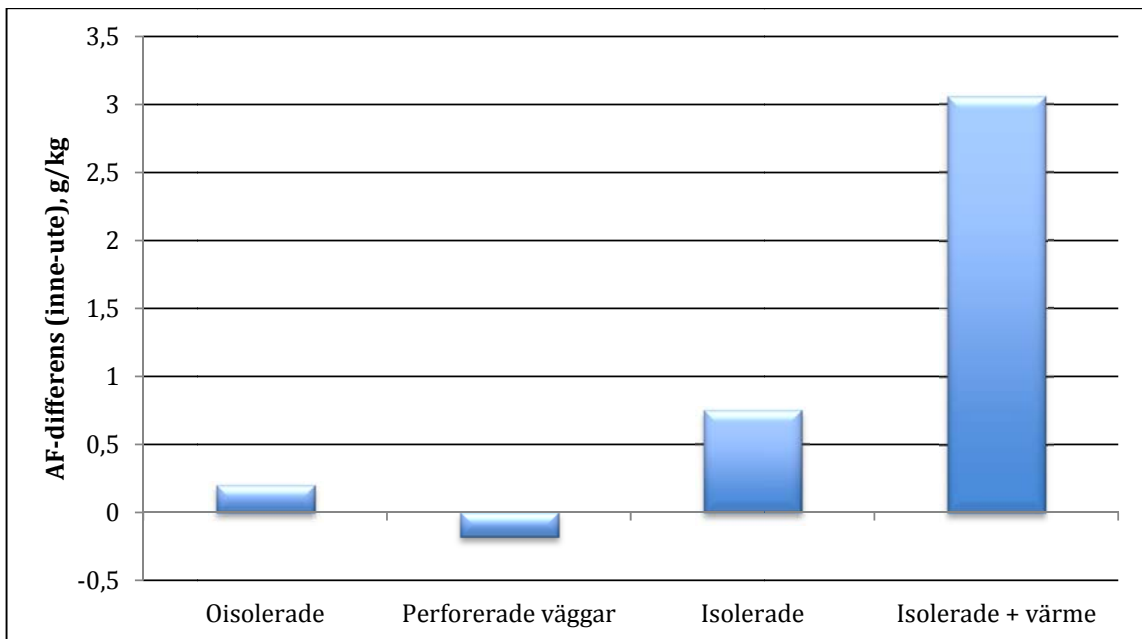
Kategori	Ridhus	Nov inne Temp, °C	Dec inne Temp, °C	Dec ute Temp, °C	Jan inne Temp, °C	Jan ute Temp, °C
Oisolerade	A	7,7	1,0	1,2	3,8	4,0
	B	5,9	2,6	1,3	-4,1	-4,5
	D	7,6	8,1	7,9	3,0	2,2
	E	7,7	5,5	5,4	2,0	1,9
	F	4,0	4,5	4,4	-1,6	-2,2
Perforerade väggar	G	6,2	2,9	2,9	0,5	0,1
	H	4,3	4,7	4,8	-1,2	-2
Isolerade	C	11,0	7,2	3,7	7,3	7,7
	I	4,6	3,9	3,7	-1,6	-2,8
	J	8,6	6,1	5,1	4,7	3,7
Isolerade + värme	K	12,3	11,5	6,1	9,0	-0,3
	L	10,0	9,5	4	5,1	-3,2

Tabell 8b. Standardavvikelse ( $\pm st$ ) för temperatur inne vid samtliga mätpunkter.

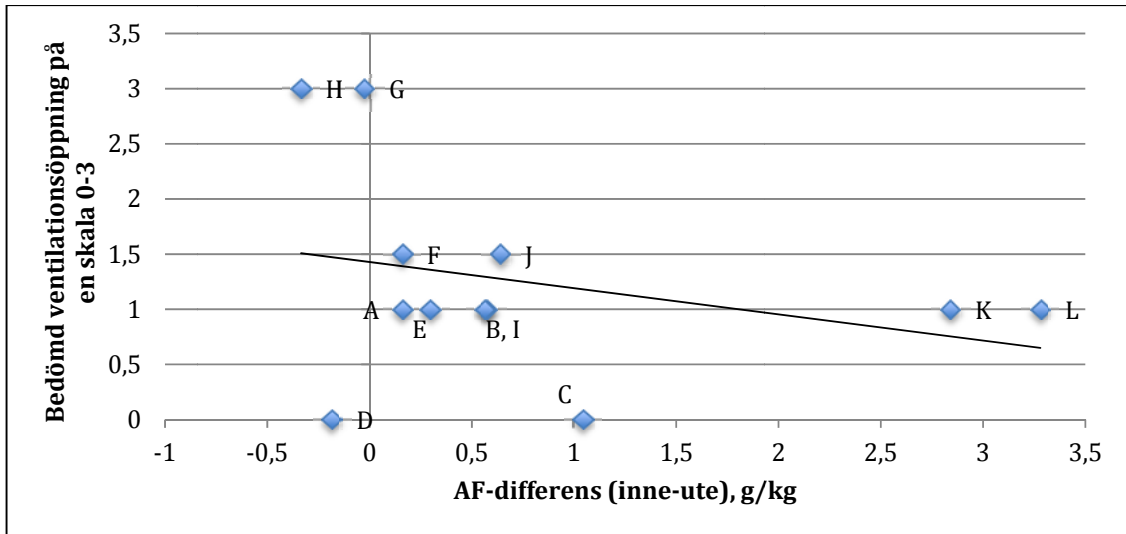
Kategori	Ridhus	Nov	Dec	Jan
Oisolerade	A	0,084	0,682	0,055
	B	0,550	0,071	0,040
	D	0,249	0,055	0,055
	E	0,342	0,158	0,045
	F	0,045	0,055	0,164
Perforerade väggar	G	0,391	0,130	0,084
	H	0,089	0,055	0,089
Isolerade	C	0,200	0,381	0,055
	I	0,192	0,045	0,241
	J	0,110	0,084	0,122
Isolerade + värme	K	0,445	0,152	0,114
	L	0,055	0,055	0,071



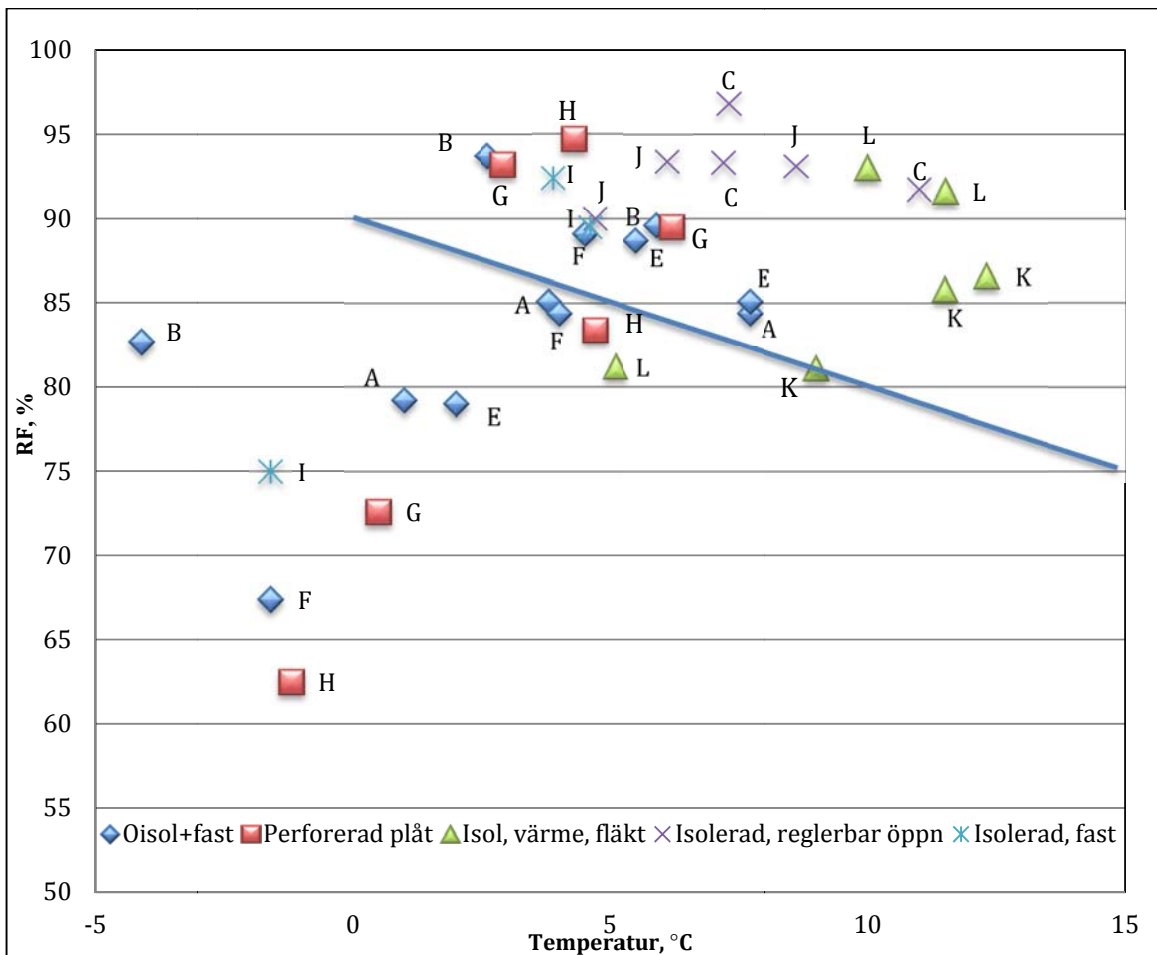
Figur 14. Differens mellan AF inne och AF ute för samtliga ridhus vid mättillfällena under december och januari.



Figur 15. AF-differensen mellan inne och ute presenterat som ett medelvärde av samtliga mättillfällen för respektive ridhuskategori.



Figur 16. Samband mellan bedömd total ventilationsarea och differensen i AF mellan inne och ute. AF-differenserna är medelvärden baserade på mätning i december och januari.



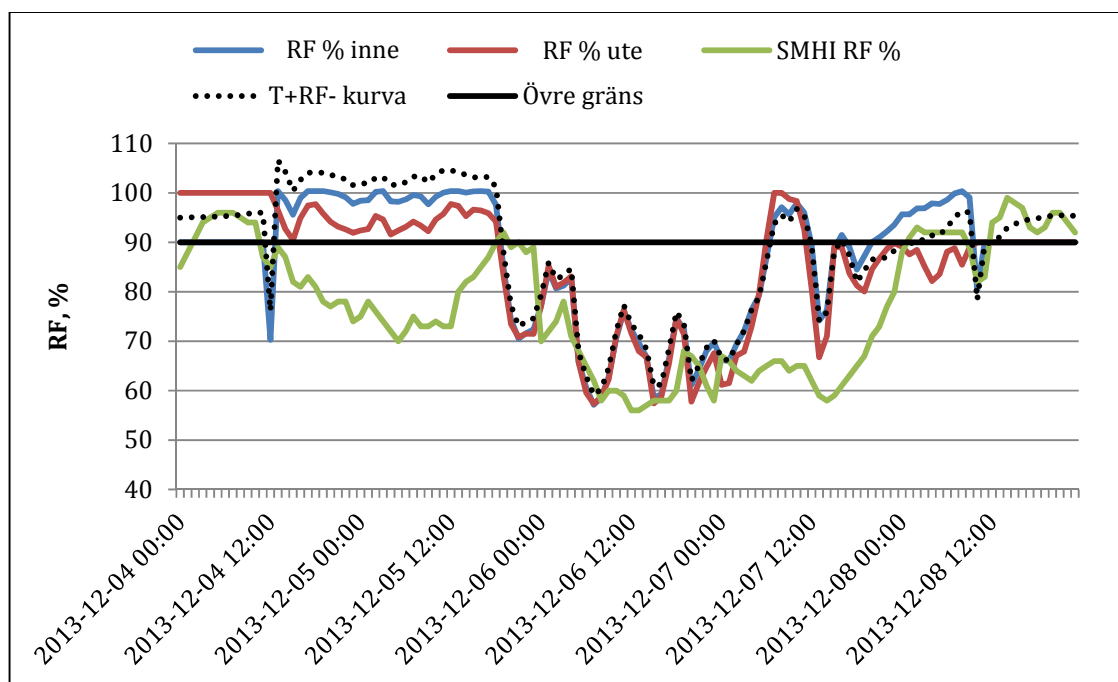
Figur 17. Diagrammet visar RF vid olika temperatur inne. Varje punkt representerar ett mätillfälle. Linjen representerar 90-regeln.

## 4.5 Kontinuerliga mätningar

I figur 18 (a-e) presenteras dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur (T + RF- kurvan) för 5 exempelridhus från respektive ridhuskategori (oisolerat, oisolerat med perforerade plåtväggar, isolerade samt isolerade och uppvärmda). Mätvärdena är registrerade med miniloggrar och presenteras som medelvärden per timme. För jämförelse finns även SMHIs RF-data från den lokala väderstationen. Diagram över kontinuerliga mätresultat och SMHIs väderdata för resterande ridhus finns i bilaga III-XIV.

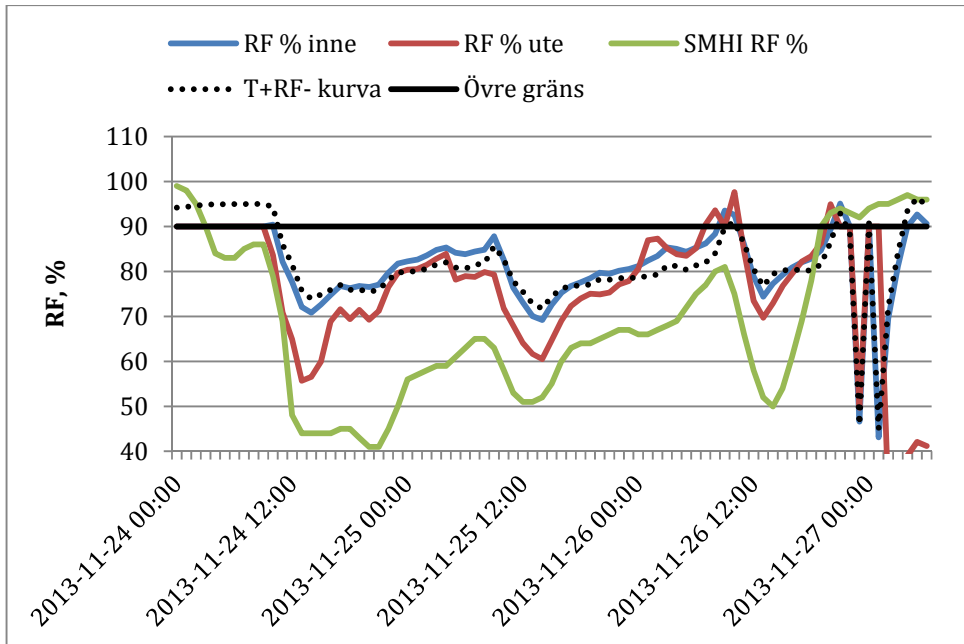
Tabell 9 åskådliggör hur stor andel av mätperioden (1 vecka) RF ligger inom respektive RF-intervall.

Tabell 10 ger en översikt över medeltemperatur och standardavvikelse genererade av loggarna inne och ute för samtliga 12 ridhus under en sammanhängande period av en vecka per månad, samt temperaturskillnaden mellan ute och inne under samma period.

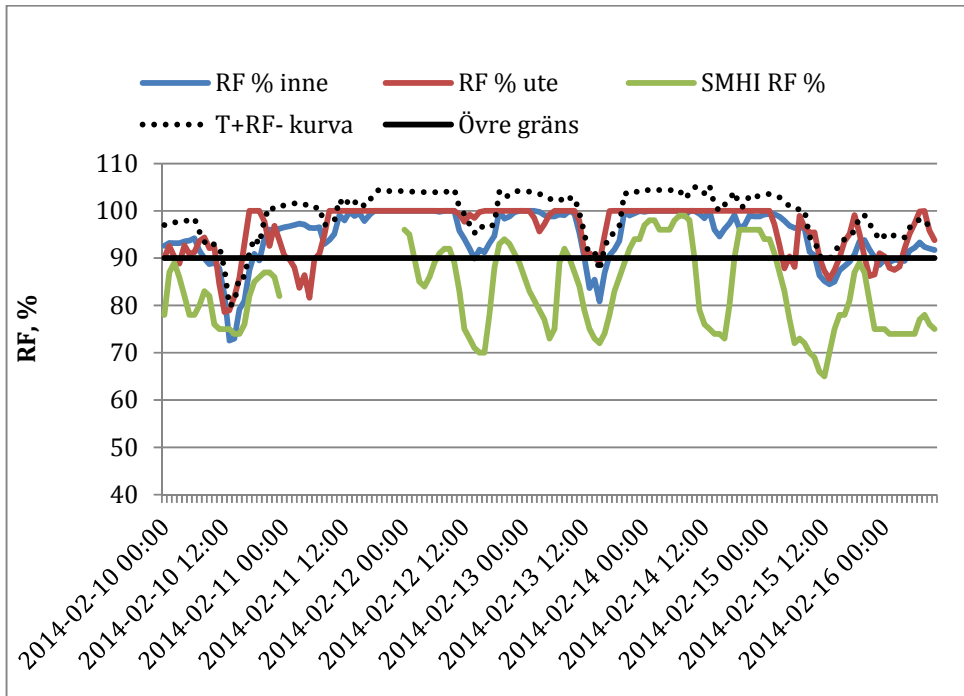


Figur 18a. Data över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur (T + RF- kurvan) i ett oisolerat ridhus med fasta ventilationsöppningar (ridhus A). Den övre gränsen beskriver att summan av T + RF inte bör överskrida 90. Värden < 25 % och > 100 % har korrigerats till 90 %. För jämförelse, SMHIs RF-data från den lokala väderstationen.

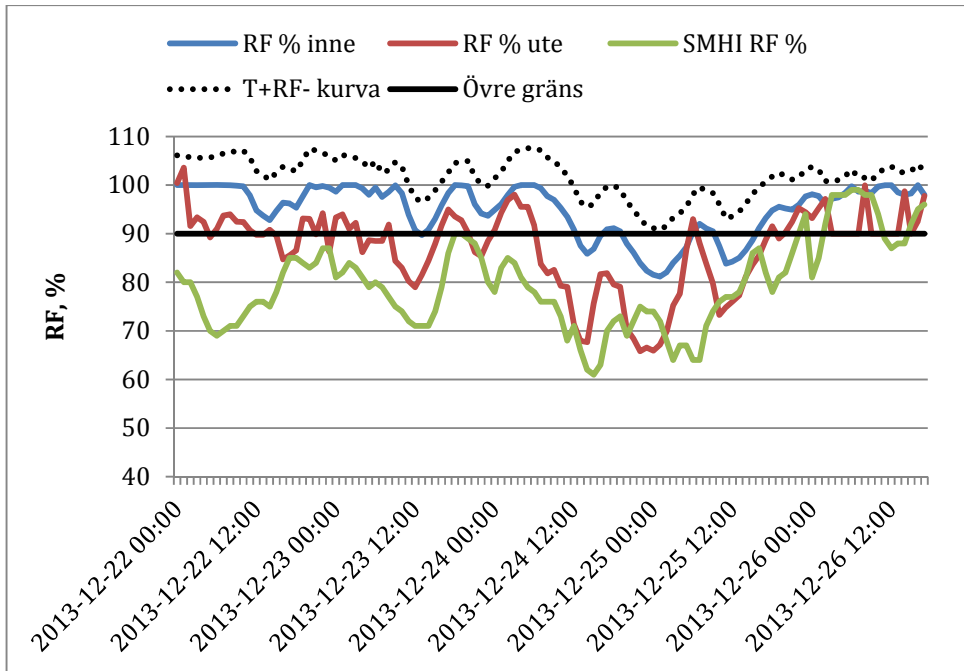




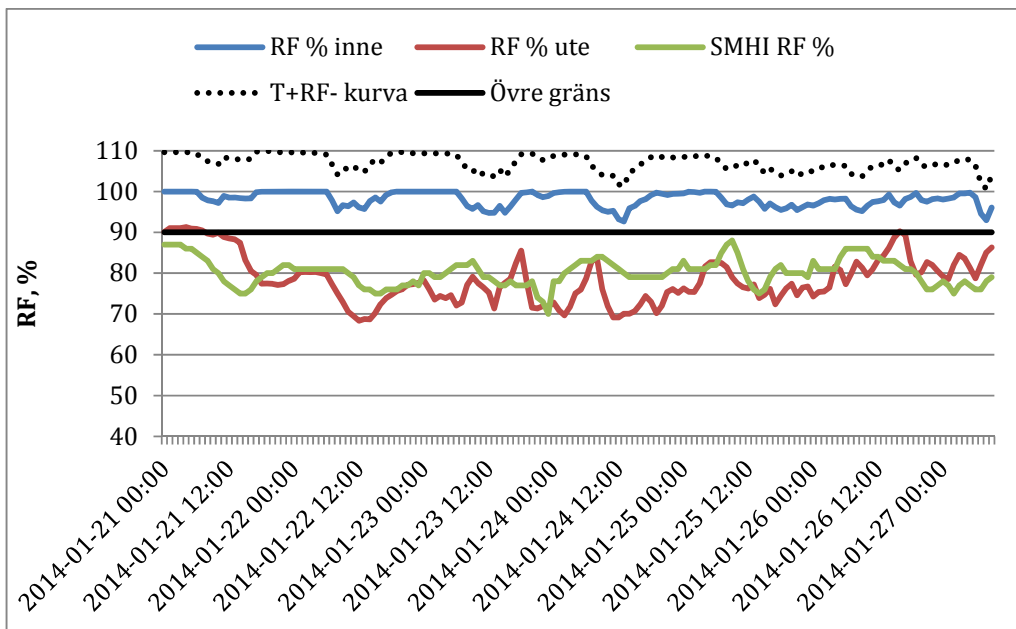
Figur 18b. Data över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur inomhus ( $T + RF$ - kurvan) i ett ridhus med perforerade plåtväggar (ridhus G). Den övre gränsen beskriver att summan av  $T + RF$  inte bör överskrida 90. Värden  $<25\%$  och  $>100\%$  har korrigerats till 90%. För jämförelse, SMHI:s RF-data från den lokala väderstationen.



Figur 18c. Data över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur ( $T + RF$ - kurvan) i ett uppvärmt isolerat ridhus med reglerbara öppningar (ridhus J). Den övre gränsen beskriver att summan av  $T + RF$  inte bör överskrida 90. För jämförelse, SMHI:s RF-data från den lokala väderstationen.



Figur 18d. Data över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur ( $T + RF$ - kurvan) i ett uppvärmt isolerat ridhus med fasta ventilationsöppningar (ridhus I). Den övre gränsen beskriver att summan av  $T + RF$  inte bör överskrida 90. Värden  $<25\%$  och  $>100\%$  har korrigerats till 90%. För jämförelse, SMHI:s RF-data från den lokala väderstationen.



Figur 18e. Data över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur ( $T + RF$ - kurvan) i ett uppvärmt isolerat ridhus med mekanisk ventilation (ridhus K). Den övre gränsen beskriver att summan av  $T + RF$  inte bör överskrida 90. För jämförelse, SMHI:s RF-data från den lokala väderstationen.

Tabell 9. Procent av tiden (mätperiod 1 vecka) RF ligger inom respektive RF- intervall. Värden < 25 % och > 100 % är korrigerade och innefattas av intervallet 80-100%.

Mån.	RF %	RF %	RF %	RF %	RF, %	RF %	RF %	RF %	
	< 60 inne	60-70 inne	70-80 inne	80-100 inne	< 60 ute	60-70 ute	70-80 ute	80-100 ute	
<b>A</b>	nov	4,79	0	4,19	<b>91,02</b>	11,38	2,99	3,59	<b>82,04</b>
	dec	4,19	8,98	10,18	<b>76,65</b>	3,59	7,78	8,98	<b>79,64</b>
	jan	4,76	0,59	4,76	<b>89,88</b>	2,98	1,19	7,14	<b>88,69</b>
<b>B</b>	nov	-	-	-	-	-	-	-	-
	dec	0	0	5,99	<b>94,01</b>	3,59	7,78	8,98	<b>79,64</b>
	jan	3,07	0	1,84	<b>95,09</b>	3,07	1,23	7,36	<b>88,34</b>
<b>C</b>	nov	0	0	0,6	<b>99,40</b>	0	0	2,41	<b>97,59</b>
	dec	0	0	0	<b>100</b>	8,75	4,38	13,75	<b>73,13</b>
	jan	92,31*	0*	0*	<b>7,69*</b>	5,33	4,14	10,65	<b>66,86</b>
<b>D</b>	nov	0	0	0	<b>100</b>	4,38	1,25	0,63	<b>93,75</b>
	dec	0,63	8,75	10,00	<b>80,63</b>	20,00	7,50	18,13	<b>48,13</b>
	jan	0	0	8,64	<b>91,36</b>	14,81	6,79	6,79	<b>71,60</b>
<b>E</b>	nov	0	0	1,18	<b>98,82</b>	14,20	1,18	5,32	<b>79,29</b>
	dec	-	-	-	-	-	-	-	-
	jan	0,59	0	0	<b>99,41</b>	0,59	0	15,38	<b>84,02</b>
<b>F</b>	nov	0	0,69	2,07	<b>97,24</b>	5,52	1,38	2,07	<b>91,03</b>
	dec	0	0	0	<b>100</b>	17,79	7,98	11,04	<b>63,19</b>
	jan	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>G</b>	nov	7,36	2,45	15,95	<b>74,23</b>	13,50	7,98	19,63	<b>58,28</b>
	dec	0	0	0	<b>100</b>	0	0	0	<b>100</b>
	jan	0	0	0,60	<b>99,40</b>	0,60	0	1,79	<b>97,62</b>
<b>H</b>	nov	1,82	4,85	13,33	<b>80,00</b>	12,73	4,85	11,51	<b>70,91</b>
	dec	3,07	1,23	1,84	<b>93,87</b>	36,81	3,07	3,07	<b>57,07</b>
	jan	0	0	9,2	<b>90,80</b>	17,2	1,84	9,82	<b>71,17</b>
<b>I</b>	nov	2,96	0,59	3,55	<b>92,90</b>	17,75	6,51	14,79	<b>60,95</b>
	dec	0	0	0	<b>100</b>	1,84	4,91	9,82	<b>83,44</b>
	jan	0	0,61	0	<b>99,39</b>	0	0,61	11,59	<b>87,80</b>
<b>J</b>	nov	0	0	0	<b>100</b>	3,61	0	1,20	<b>95,18</b>
	dec	0	0	0	<b>100</b>	0	0	0,61	<b>99,39</b>
	jan	0	0	2,37	<b>97,63</b>	0	0	1,18	<b>98,82</b>
<b>K</b>	nov	5,33	0,59	2,37	<b>91,72</b>	4,14	5,92	5,92	<b>84,02</b>
	dec	0	0	0	<b>100</b>	67,48*	3,68*	0,61*	<b>28,22*</b>
	jan	0	0,59	0	<b>99,41</b>	0	4,73	55,03	<b>40,24</b>
<b>L</b>	nov	0	0	0,59	<b>99,41</b>	4,14	5,92	5,92	<b>84,02</b>
	dec	0	0	0	<b>100</b>	58,28*	3,68*	0,61*	<b>37,42*</b>
	jan	5,92	3,55	0	<b>90,53</b>	0	4,73	55,03	<b>40,24</b>

\* = osannolika resultat. Värdena bortses ifrån.

Tabell 10. Medeltemperatur (°C) och standardavvikelse för samtliga ridhus under respektive mätperiod samt differensen mellan temperaturen inne och ute presenterat som ett intervall (minsta skillnad-största skillnad).

	Mån	Medeltemp., °C ± standardavv. inne	Medeltemp., °C ± standardavv. ute	Största & minsta tempskillnad mellan ute & inne	Tempdifferens = inne-ute
<b>A</b>	Nov	6,24 ± 2,10	6,18 ± 1,68	0 - 2,49	-
	Dec	2,17 ± 2,97	2,05 ± 3,30	0 - 2,36	-1,37 - 2,36
	Jan	4,51 ± 3,13	4,68 ± 3,37	0 - 0,92	-0,89 - 0,92
<b>B</b>	Nov	5,88 ± 2,16	6,18 ± 1,68	0 - 2,59	-1,48 - 2,59
	Dec	2,08 ± 3,17	2,05 ± 3,30	0 - 2,34	-
	Jan	4,62 ± 3,53	4,68 ± 3,37	0,01 - 2,22	-1,52 - 2,22
<b>C</b>	Nov	9,55 ± 0,73	6,58 ± 1,43	0,32 - 5,37	0,32 - 5,37
	Dec	5,52 ± 1,17	2,91 ± 2,48	0,02 - 7,11	-0,76 - 7,11
	Jan	6,09 ± 1,09	3,84 ± 3,11	0,01 - 8,97	-0,4 - 8,97
<b>D</b>	Nov	6,87 ± 1,15	6,76 ± 1,16	0,01 - 1,54	-1,27 - 1,54
	Dec	3,98 ± 2,25	3,67 ± 2,48	0 - 1,81	- 1,81 - 1,48
	jan	4,47 ± 3,04	4,44 ± 3,11	0 - 1,22	-0,93 - 1,22
<b>E</b>	Nov	5,61 ± 2,23	5,15 ± 2,82	0 - 4,26	-4,26 - 3,8
	Dec	4,59 ± 1,40	4,84 ± 1,11	0,02 - 1,63	-0,66 - 1,63
	Jan	0,50 ± 0,81	- 0,10 ± 0,74	0,13 - 1,11	0,13 - 1,11
<b>F</b>	Nov	5,28 ± 2,69	4,97 ± 3,07	0 - 2,69	- 2,69 - 1,46
	Dec	4,40 ± 1,12	4,32 ± 1,42	0 - 1,20	0,95 - 1,2
	Jan	0,10 ± 0,60	- 0,75 ± 0,65	0,49 - 1,16	0,40 - 1,16
<b>G</b>	Nov	2,43 ± 3,38	2,36 ± 3,29	0 - 1,73	-0,98 - 1,73
	Dec	4,61 ± 1,19	4,70 ± 1,28	0 - 0,68	-0,68 - 0,46
	Jan	-0,33 ± 0,90	- 0,90 ± 0,86	0,12 - 1,06	0,12 - 1,06
<b>H</b>	Nov	2,47 ± 3,10	2,70 ± 3,92	0,04 - 7,66*	-7,66 - 1,66
	Dec	4,62 ± 1,19	4,65 ± 1,41	0 - 0,87	-0,67 - 0,87
	jan	- 0,37 ± 0,89	- 0,41 ± 0,88	0 - 0,47	-0,36 - 0,47
<b>I</b>	nov	3,14 ± 2,64	3,44 ± 3,53	0,05 - 9,62*	-9,62 - 2,49
	Dec	5,52 ± 2,05	6,51 ± 1,58	0,01 - 2,65	-0,86 - 2,65
	Jan	- 3,03 ± 1,22	- 4,33 ± 1,47	0,22 - 2,98	0,22 - 2,98
<b>J</b>	Nov	9,34 ± 0,63	6,12 ± 2,00	0,34 - 7,75	0,34 - 7,75
	Dec	7,00 ± 0,45	5,27 ± 1,54	0 - 5,68	-0,88 - 5,68
	Jan	4,47 ± 0,86	3,20 ± 1,50	0,01 - 3,82	-1,46 - 3,82
<b>K</b>	Nov	11,19 ± 0,59	3,03 ± 2,07	4,93 - 13,21	4,93 - 13,21
	Dec	11,63 ± 0,32	4,76 ± 1,66	3,67 - 11,79	3,67 - 11,79
	jan	9,01 ± 0,52	- 3,49 ± 2,01	9,17 - 17,37	9,19 - 17,37
<b>L</b>	Nov	10,70 ± 0,59	3,03 ± 2,07	4,17 - 12,59	4,17 - 12,59
	Dec	9,84 ± 0,36	4,76 ± 1,66	1,66 - 10,19	1,66 - 10,19
	jan	9,01 ± 0,52	- 3,49 ± 2,01	7,33 - 14,86	7,33 - 14,86

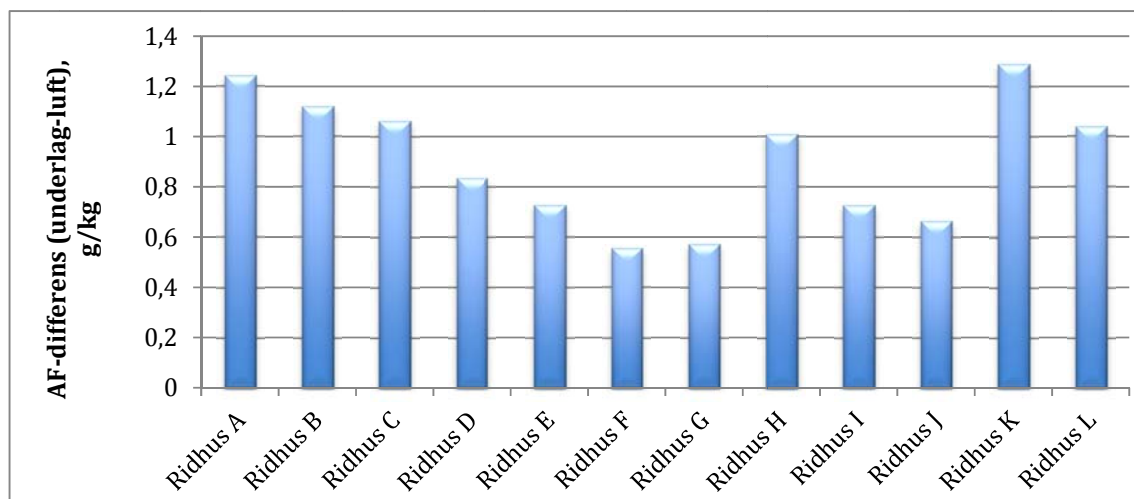
\* = Troligtvis har solen kommit åt loggen vilket ger en hög utomhustemperatur och således onormalt stor differens mellan ute och inne. Värdet bortses ifrån.

#### 4.6 Avdunstning från underlaget

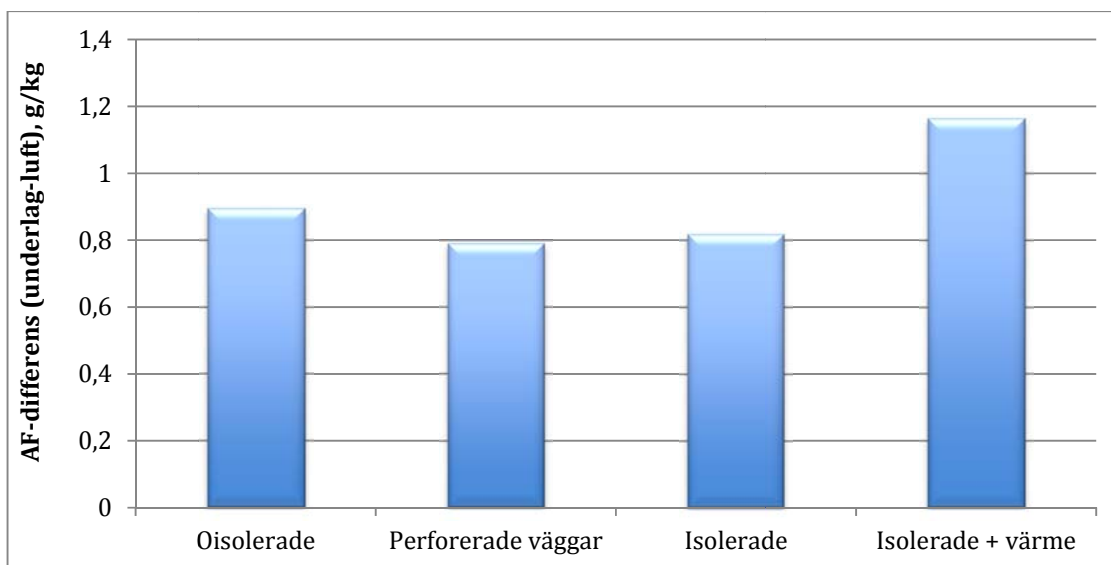
Differensen i AF mellan underlagets ytskikt och luften ovanför indikerar hur kraftig underlagets avdunstning är. Figur 19 presenterar AF- differensen mellan AF i underlaget och AF i luften strax ovanför för respektive ridhus. Resultatet representerar ett medelvärde av samtliga tre mättillfällen (nov, dec och jan).

Figur 20 visar AF-differensen mellan AF i underlaget och i luften strax ovanför presenterat som medelvärdet av samtliga mätpunkter och mättillfällen (nov, dec, jan), indelat i respektive ridhuskategori.

För en del ridhus (B, C, E, G, H & J) gick det att erhålla siffror på tillförd vattenmängd vid varje bevattningstillfälle. Med dessa data, bevattningsfrekvens och managemått gick det att för dessa ridhus skatta avdunstningshastigheten per kvadratmeter (tabell 11). Förutsättningarna vid beräkningen var att bevattningsfrekvensen för ridhus C, E och H var 1 gång per vecka och 0,5 gång per vecka för ridhus B, G och J, samt att allt vatten som tillförts avdunstat till luften (inget har dränerats bort).



Figur 19. AF- differens mellan AF i underlaget och AF i luften strax ovanför presenterat som ett medelvärde av samtliga mättillfällen (nov, dec och jan) för respektive ridhus. Varje mättillfälles AF-differens representerar ett medelvärde av mätpunkt 1 och 2.



Figur 20. AF- differens mellan AF i underlaget och AF i luften strax ovanför presenterat som medelvärde av samtliga mätpunkter och mättillfällen (nov, dec, jan), indelat i respektive ridhuskategori.

Tabell 11. Skattad avdunstning ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$ ) baserat på mängden tillfört vatten per bevattningstillfälle.

Ridhus	Tillförd vattenmängd	Manegemått, m	Avdunstning, $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$
<b>B</b>	2000 l/bevattningstillfälle	20 x 40	7,4
<b>C</b>	6000 l/bevattningstillfälle	25 x 60	23,8
<b>E</b>	11 l/h	21 x 60	8,8
<b>G</b>	3000 l/bevattningstillfälle	22 x 60	6,8
<b>H</b>	4000 l/bevattningstillfälle	22 x 54	20,1
<b>J</b>	8000 l/bevattningstillfälle	22 x 72	15,0

## 5 Analys och diskussion av resultat

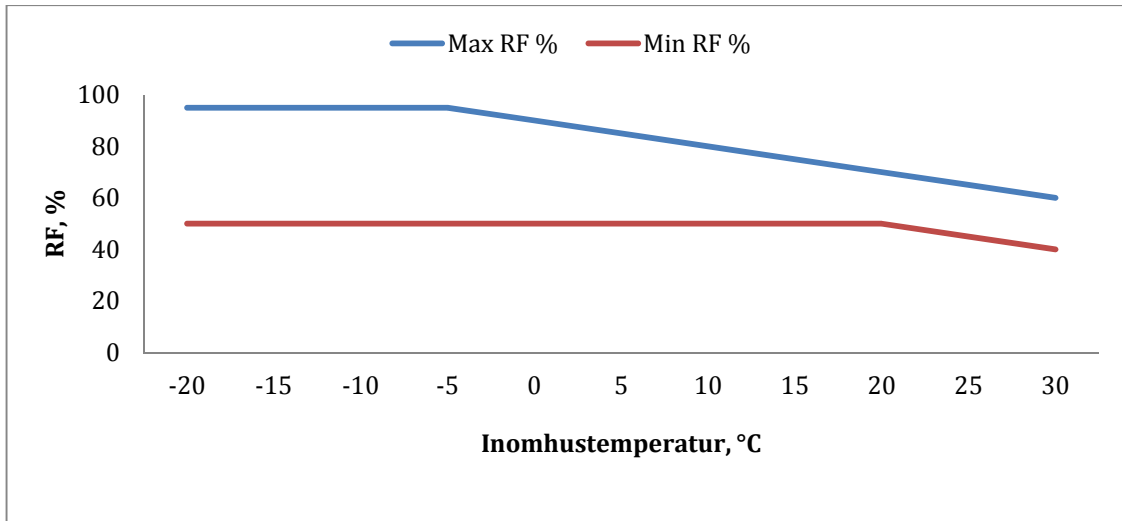
Eftersom ridhus inte fungerar som byggnader för inhysning av djur innefattas de inte av Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning (DFS 2007:6, saknr. L101 kap 3 § 18), vilket kan vara anledningen till att det idag inte finns några riktlinjer för dimensionering av ventilation i ridhus.

I ridhus är miljöproblematiken huvudsakligen fuktrelaterad eftersom det i ridhus varken produceras några hälsofarliga gaser eller stora mängder värme. Höga fuktnivåer är däremot ett vanligt förekommande problem, dels beroende på den marginella värmeproduktionen i ridhus utan tillskottsvärme, dels beroende på att uteluften som ska ventilera ut den fuktiga inomhusluften under stora delar av året redan håller mycket hög luftfuktighet. Dessutom vattnas ofta underlagen i ridhus i syfte att stävja dammbildning och vidmakthålla ridunderlagets önskade egenskaper, vilket ytterligare höjer fuktnivåerna.

Konsekvensen av ihållande höga fuktnivåer är en försämring av konstruktionens hållbarhet samt en ökad risk för mögelangrepp och försämrad luftkvalitet. Eftersom förutsättningarna för och kravet på inomhusmiljön i ridhus och stall skiljer sig så markant åt, kan inte samma dimensioneringsregler som gäller för häststall, gälla ridhus. T.ex. finns det i ridhus inte något behov eller ekonomiska incitament att dimensionera ventilationen efter en maxtemperatur under sommarmånaderna, som man gör i stall, eftersom värmeavgivningen i ridhus dels är mycket liten i förhållande till byggnadens storlek (Ehrlemark, 2014, personligt meddelande) och dels eftersom det är valbart att vistas i ridhuset under perioder med hög temperatur, vilket gör att detta inte kommer att diskuteras i denna studie.

Då miljöproblematiken i ridhus huvudsakligen är fuktrelaterad bör dimensioneringen av ventilation främst baseras på gränsvärden för högsta tillåtna luftfuktighet. Med hänsyn till risk för mikrobiell aktivitet anger Viitanen (2004) att RF inte bör överskrida 75 % vid rumstemperatur, något som överensstämmer väl med 90-regeln angiven i Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning (DFS 2007:6, saknr. L101 kap 3 § 18). Sambandet mellan 90-regeln, som egentligen är ett gränsvärde för klimat i häststall, och Viitanens data gör att 90-regeln ( $T + RF \leq 90$ ) ligger till grund för bedömningen av luftfuktigheten i ridhusen, trots de skilda förutsättningar som råder i ridhus vs. häststall.

Luftfuktigheten i ridhusen ansågs alltså vara på en acceptabel nivå då den mötte kravet på att den numeriska summan av temperatur och RF inte översteg 90, annat än tillfälligt.



Figur 21. Förslag på riktvärde för dimensionering av ventilation i ridhus. 90-regeln, baserat på data från CIGR, 1984.

Figur 21 visar acceptabla relativa fuktnivåer (%) vid olika temperaturer. Den övre gränsen är enligt 90-regeln. Den undre gränsen beskriver att RF i djurstallar ej bör underskrida 50 %, detta pga. att dammhalterna då riskerar att bli för höga.

Vid diskussion av luftfuktigheter bör även den absoluta fuktigheten tas i beaktande för att nå en rättvis jämförelse mellan ridhusen, då AF till skillnad ifrån RF inte är en funktion av temperaturen. Om kall luft kommer in i ett varmare ridhus kommer RF att sjunka, eftersom varm luft kan hålla mer fukt än kall, vilket gör att RF inte säger mycket om ridhusets kapacitet att ventilerar ut fukt. För att få en indikation på hur effektivt ventilationen förde bort fukt ut ur ridhusen beräknades differensen mellan AF i ridhuset och AF ute. Ventilationskapaciteten ansågs god då AF inne låg nära AF ute, med en så liten differens så möjligt.

## 5.1 Val av datainsamlingsdesign

I fältstudien ingick 12 ridhus. Antalet valdes med hänsyn till projektets tids- och resursbegränsning, samt antalet tillgängliga mätinstrument. För att dra en mer tillförlitlig slutsats av resultaten hade dock ett större antal studieobjekt varit önskvärt.

Valet av ridhus gjordes främst baserat på byggnadskonstruktion och ventilationslösning eftersom syftet med studien var att jämföra olika inomhusklimat i ridhus med olika förutsättningar. Eftersom deltagande ridhus var ett resultat av vilka ridhusägare som var villiga att ställa upp i projektet, gick det inte att värva lika många ridhus från varje kategori (isolerade, oisolerade, uppvärmda). På grund av den ojämna fördelningen av konstruktions- och ventilationslösningar, det låga antalet studieobjekt samt antalet okontrollerade klimatpåverkande faktorer (t.ex. ventilationskapacitet, byggnadens placering i förhållande till andra byggnader och i landskapet, samt byggnads- och underlagsmaterial), går det inte att göra den statistiska utvärdering av resultaten som bör ingå i en rättvis komparativ studie. Istället utvärderas resultaten efter de mönster och trender som trots allt går att utläsa från erhållen data.



Anledningen till att fältstudien valdes att utföras under vintermånaderna i Skåne är att ridhusen under denna period har som svårast att hantera fukten. Detta beror, som tidigare nämnts, dels på den redan höga luftfuktigheten utomhus och dels på den ringa värmeproduktionen i ridhus utan tillskottsvärme. Men också på att ägarna/brukarna tenderar att stänga till ventilationsluckorna i syfte att höja temperaturkomforten inne i ridhuset.

## **5.2 Datainsamlingsmetod**

För att mäta valda parametrar användes både momentana och kontinuerliga mätningar, vilka båda ger en god övergripande bild över klimatet i ridhusen. Fördelen med momentana mätningar är att de enkelt kan utföras på platser av betydelse, vilket i ridhusen innebar alla fyra hörnen samt i mitten i höjd med hästarnas näsborrar. Momentanmätningar kräver inte heller någon avancerad mätutrustning (CIGR, 1994).

Mätpunkterna valdes med utgångspunkten att få en så övergripande bild av hallarnas klimat i den höjd som påverkar hästarna mest, samt för att undersöka om det eventuellt fanns sämre ventilerade områden. Nackdelen med momentana mätningar är att de utgör ett tidskrävande moment och att de endast redogör för klimatet för stunden. Genom att komplettera momentana mätningar med kontinuerliga, vilka mäter under längre sammanhängande perioder och kräver en minimal arbetsinsats, kan värden som beskriver klimatet erhållas från olika platser i byggnaden samtidigt som dygnsvariationer kan studeras (CIGR, 1994).

För att förvärva så representativa resultat så möjligt hade det varit önskvärt att placera samtliga dataloggar inomhus i mitten av ridhuset, ca 2-3 m upp. Detta var vid ett fåtal tillfällen möjligt med hjälp av hinderstöd som placerades i manegens mitt. Tyvärr kunde inte detta förverkligas vid samtliga mätningar eftersom ägarna inte kunde lova att hinderstöden inte skulle flyttas ut ur manegen, vilket resulterade att loggarna då fick placeras i ytterkanten av manegen. Detta kan till viss mån ha påverkat erhållna värden då temperaturen tenderar att vara något lägre och den relativa fuktigheten något högre i närheten av ytterväggarna.

## **5.3 Val av mätbara parametrar**

I studien ingick temperatur och RF som val av mätbara parametrar då de båda är viktiga faktorer när man diskuterar klimatets påverkan på byggnaden, luftens kvalitet samt arbetskomforten. En viktig faktor vid bedömning av ridhusmiljön är koncentrationen av luftburna partiklar, men pga. projektets omfattning och brist på mätutrustning ingick inte denna aspekt av inomhusmiljön.

Ur erhållna RF- och temperaturvärden beräknades AF i luften inne och ute, samt skillnaden i AF mellan luften i underlagets ytskikt och luften strax ovanför underlaget. Differensen i AF mellan inomhusluften och ute beräknades i syfte att beskriva byggnadernas fukthantering samt för att kunna jämföra ridhusen emellan. Differensen i AF mellan luften i underlagets ytskikt och luften strax ovanför underlaget beräknades för att få en indikation på hur omfattande avdunstningen från underlaget är och därigenom dess inverkan på luftfuktigheten inomhus.

För att avgöra luftens cirkulation i ridhusen och ventilationens effektivitet hade det varit av intresse att observera luftens hastighet samt flöde. Dock valdes denna aspekt bort med hänseende till projektets omfattning.

## **5.4 Mätta parametrar**

I följande stycken analyseras och diskuteras de mätbara samt de beräknade parametrarna beträffande troliga orsaker till genererade resultat, hur väl resultaten möter de uppställda kriterierna samt hur ridhusen kan jämföras med varandra.

### **5.4.1 Temperatur**

Temperaturregistreringarna från dataloggarna (bilaga III-XIV) visar att temperaturen inne i samtliga oisolerade ridhus (A, B, D-H) nästintill är densamma som utomhus, vilket bekräftas av de små temperaturskillnaderna mellan ute och inne presenterade i tabell 10. Diagrammen över de värmeisolerade ridhusen utan tillskottsvärme (C, I, J) visar att temperaturen inne fluktuerar i liknande mönster som temperaturen ute. Dock håller dessa ridhus kontinuerligt en något högre temperatur inne jämfört med ute, vilket tydliggörs av de större temperaturdifferenserna presenterade i tabell 10. De isolerade ridhusen med tillskottsvärme (K, L) har en relativt konstant inomhustemperatur som är oberörd av temperaturskillningarna ute och visar som förväntat upp störst temperaturskillnader mellan ute och inne.

Eftersom innetemperaturen beror av temperaturen ute (i uppvärmda ridhus), d.v.s. ju lägre temperatur det var ute vid mättillfället desto lägre temperatur inne och vice versa, går det inte att utläsa några påfallande skillnader mellan ridhusens medeltemperaturer inomhus.

Påtagliga temperaturskillnader inom ett ridhus kan indikera att det finns sämre ventilerade områden (Wheeler et al., 2001). Om luften blir stillastående riskerar tillförd fukt i form av t.ex. svett och avdunstat vatten från underlaget att ackumuleras och lokalt höja den relativa luftfuktigheten i ridhuset. Sämre ventilerade zoner uppstår då "hinder" i form av t.ex. armaturer stör fördelningen av tilluften eller då ventilationsöppningarna inte är jämt utplacerade på byggnaden. Det senare kan uppstå när ridhuset byggs samman med andra byggnader, vilket förhindrar en optimal placering av ventilationsöppningarna.

De manuella temperaturmätningarna (bilaga III-XIV) visar att samtliga ridhus håller en jämn temperatur genom hela byggnaden. De låga standardavvikelserna, alla inom intervallet 0,00-0,68, tydliggör detta (tabell 7b). Resultaten indikerar att inget av ridhusen har problem med sämre ventilerade områden. Dock är resultaten endast baserade på momentana mätvärden, eftersom den kontinuerliga innetemperaturen endast mättes i en punkt, vilket begränsar insikten om temperaturskillnaden inom ridhusen över dygnet och därför tillförlitligheten av resultatet.

Temperaturskillnaden mellan ute och inne kan fungera som en indikator på huruvida ventilationsflödet är tillräckligt. Betydligt varmare innetemperaturer kan vara ett tecken till för litet ventilationsflöde eftersom ökade flöden medför lägre inomhustemperaturer. Wheeler (2006) rekommenderar en högsta temperaturskillnad mellan ute och inne i

häststall på 5,5 °C under vinterförhållande, medan Houben (2008) fann att temperaturskillnaden mellan ute och inne varierade från 11,8 till 18,7 °C i mekaniskt ventilerade stall och från 0,3 till 6,1 °C i naturligt ventilerade stall. Vid jämförelse är ridhus C det enda ridhus som visar en större temperaturskillnad mellan ute och inne (tabell 10) mot både Houbens resultat och Wheelers rekommendation. Höga temperaturer inne jämfört med ute tillsammans med fukt innebär risk för kondens och en ökad mikrobiologisk aktivitet med en försämrade inomhusmiljö som följd.

En varmare inomhustemperatur kan förutom ett litet ventilationsflöde bero på små transmissionsförluster, hög värmeavgivning från människor och hästar, soluppvärmning, värmelagring i byggnadsmaterialet och/eller värme från anslutande och inbyggda utrymmen (Ehrlemark, 2015b, personligt meddelande). Ridhus C är i och för sig ett isolerat ridhus, vilket begränsar transmissionsförlusterna, men väggarna innehåller mindre isolering än övriga isolerade ridhus. För övrigt är ridhuset en fristående byggnad helt i plåt som främst används för privata träningar, vilket tyder på att den högre inomhustemperaturen inte beror på värme från intilliggande byggnader, värmelagring i byggnadsmaterialet eller från hög värmeavgivning i samband med aktivitet. Istället var ventilationen i ridhus C, till skillnad från övriga ridhus, vid samtliga mättillfällen (nov-jan) helt stängd och dörrar och fönster var väl tätade. Även AF var betydligt högre inomhus jämfört med utomhus. Det är därför rimligt att dra slutsatsen att den högre temperaturskillnaden mellan ute och inne beror på ett för litet ventilationsflöde.

Enligt teorin har ridhus byggda av tunga material, så som betong, en större benägenhet att släpa efter med temperaturomställningen inne vid snabba temperaturskiftningar ute. Detta är på grund av att de lagrar värme och kyla som avges till rummet och på så vis jämnar ut temperaturvariationerna inomhus. På grund av detta kan det då uppstå tillfällen då ridhuset håller en lägre temperatur jämfört med temperaturen ute. En lägre temperatur i ridhuset innebär en kondensrisk eftersom RF i luften höjs då den varmare luften kommer in i det kallare ridhuset. Enligt diagrammen över de kontinuerliga mätningarna (figur 18a-e) går det dock inte att utläsa några skillnader mellan temperaturskiftningarna inne och ute mellan de olika ridhuskonstruktionerna utan tillskottsvarme.

Ridhus H och I visar under novembermätningarna vid upprepade tillfällen plötsligt betydligt lägre inomhustemperaturer jämfört med ute, vilket från att döma av mönstret på kurvorna mest troligt beror på att solen råkat komma åt utomhusloggen.

#### **5.4.2 Relativ fuktighet**

På grund av långa perioder av otillförlitliga registreringar, som i diagrammen visar sig som onormala fluktuationer av dataregistreringar från loggarna, har inte allt resultatunderlag kunnat användas i analysen. Istället har delar av mätperioder som visat på troliga mätvärden (normala fluktuationer vid rådande omständigheter) valts ut, tolkats och jämförts mot motsvarande tidsperiods väderdata från SMHIs närmast liggande väderstation för respektive ridhus. Dock går det tyvärr inte att med säkerhet avgöra ridhusens exakta fuktnivåer under sammanhängande perioder eftersom kalibreringsresultaten visade att det endast går att utläsa trovärdiga resultat från loggarna vid relativa fuktigheter < 80 %. På grund av detta går det heller inte att med exakthet avgöra om ridhusen klarar kravet på en högsta numerisk summa av inomhustemperatur

och RF på 90. Däremot går det att med hjälp av trovärdig loggdata konstruera kurvor som representerar summan av temperaturen och RF (figur 18a-e) över tid så att mönster och tendenser om ridhusens individuella inomhusklimat kan utläsas och sannolika antaganden om ridhusens fukthantering göras.

Vid jämförelse mot SMHIs väderdata verkar samtliga loggar registrerat troliga värden under utvald mätperiod för alla ridhus. Viss skillnad mellan värdena kan förklaras av lokala variationer i klimatet samt insamlingsmetoden. Samtliga dataloggrars medelvärde per timme är baserat på registreringar vart 10:e minut, medan SMHIs väderdata endast är ett momentanvärde vid klockslaget (SMHI, 2014, personligt meddelande). Icke trovärdig data registrerad vid höga luftfuktigheter kan bero på kondensbildning inne i loggen eller att sensorn inte är tillräckligt känslig för att mäta mycket höga fuktvärden, vilket leder till att datorn i loggen automatiskt registrerar ett orimligt värde (t.ex. > 100 %) (Ehrlemark, 2014, personligt meddelande). Har det bildats kondens i loggen kan det ta en stund för vätan att torka bort, vilket leder till att okorrekt höga värden registrerats en tid framåt. Oavsett bör man tolka dessa registreringar som att det råder en mycket hög relativ luftfuktighet vid tillfället, vilket i de aktuella fallen bekräftas av SMHIs RF-data.

För de oisolerade ridhusen A, B och D överstiger den beräknade kurvan för T + RF stundtals 90, medan den för ridhus E och F överskrider 90 under majoriteten av mätperioden, vilket troligtvis är en effekt av att RF ute under större delen av mätperioderna var > 90 %. Om RF utomhus är mycket hög kommer luftfuktigheten inomhus oundvikligen också att vara det, då ridhusen nästintill håller samma temperatur som ute. Trots de höga relativa luftfuktigheterna indikerar resultatet från de kontinuerliga mätningarna (figur 18a-e) att alla oisolerade ridhus torkar upp när tillfälle ges, eftersom RF inne sjunker i samband med att RF ute sjunker. Samma mönster gick att se även vid de momentana mätningarna, där höga RF ute genererade höga RF inne och vice versa.

I de oisolerade ridhusen med perforerade väggar (G, H) fluktuerar både temperatur och RF inne i överensstämmelse med temperatur och RF ute, vilket indikerar att ridhusen effektivt torkar upp då RF ute sjunker. Detta bekräftas av att den beräknade kurvan T + RF under majoriteten av mätperioden håller sig under 90 då RF ute möjliggör det. De momentana mätningarna stödjer resultaten från de kontinuerliga då ridhusen endast vid ett respektive två tillfällen överskred 90, vilket även då berodde på de höga relativa luftfuktigheterna utomhus vid respektive mättillfälle.

De momentana mätningarna (bilaga XIII-XIV) visar att de isolerade ridhusen K och L med tillskottsvärme vid upprepade tillfällen håller en temperatur över 10 °C samtidigt som RF överskrider 80 %. Diagrammen över de kontinuerliga mätningarna visar att detta inte är ett tillfälligt tillstånd för ridhus K, då 90-regeln oavbrutet överskrids under samtliga mätperioder (nov-jan). RF i ridhus K är även kontinuerligt betydligt högre jämfört med RF ute och verkar inte påverkas av skiftningarna av RF ute. Då loggen i ridhus L under samtliga mättillfällen registrerat mycket osannolika värden går det inte att uttala sig om hur RF fluktuerar över tid eller huruvida 90-regeln överskrids mer än tillfälligt. Kurvan bör dock tolkas som att det råder en mycket hög luftfuktighet, vilket är i enlighet med resultaten från de momentana mätningarna.

En stor anledning till de höga luftfuktigheterna trots de relativt höga inomhustemperaturerna i båda ridhusen kan vara att ridhusen ligger i anslutning till stallarna. Mellan stallarna och ridhusen finns det öppningsbara fuktspärar (plastskycken) som ska förhindra att fuktig luft kommer in i ridhusen. Under samtliga besök stod dessa alltid öppna eftersom ekipagen som skulle träna tog sig till ridhuset via dessa. Om de står öppna under stora delar av dagen fungerar inte fuktspärarna som tänkt och då kan anslutningen mellan stallen och ridhusen vara av avgörande betydelse för ridhusens höga fuktnivåer.

För de isolerade ridhusen utan tillskottsvärme visar resultaten från de momentana mätningarna att 90-regeln för ridhus C och J under samtliga mättillfällen överskrids, medan ridhus I överskrider 90-regeln vid två av tre tillfällen. I samtliga ridhus ligger inomhustemperaturerna varaktigt över utomhustemperaturerna. Trots de högre inomhustemperaturerna visar resultaten att ridhus C, både vid mättillfällena och kontinuerligt, har högre RF inne jämfört med RF ute. Även under perioder då RF ute sjunker betydligt överskrids 90-regeln, vilket åskådliggörs i diagrammet över de kontinuerliga mätningarna. Resultatet tyder på att fukten inte ventileras ut effektivt så att ridhuset kan torka upp då tillfälle ges (RF ute sjunker).

Under mätperioderna för ridhus J är RF ute konstant mycket hög, vilket medför att RF inne även är det och att 90-regeln under majoriteten av den kontinuerliga mätperioden överskrids. Dock är RF inne vid ett flertal tillfällen lägre än RF ute, vilket indikerar att ridhuset ges möjlighet att torka upp.

Precis som i ridhus C överskrider värdena för temperatur och RF inne i ridhus I 90 under hela den kontinuerligt mätta perioden, även då RF ute sjunker. Men till skillnad ifrån ridhus C fluktuerar RF inne i liknande mönster som RF ute, vilket antyder att ridhuset har möjlighet att torka upp. De momentana mätningarna styrker detta då RF inne vid tillfällena är lägre eller endast marginellt högre än RF ute.

I figur 17 presenteras hur RF vid olika temperaturer i samtliga ridhus förhåller sig till 90-regeln. Figuren möjliggör också en jämförelse mellan ridhusen baserat på deras förutsättningar med avseende på konstruktion och ventilationslösning. Diagrammet visar att de isolerade ridhusen i större utsträckning överskrider 90-regeln jämfört med de oisolerade. Enligt resultatet överskred de isolerade ridhusen med tillskottsvärme (K, L) 90-regeln i 67 % av samtliga mätningar, det isolerade med fasta öppningar (I) även de i 67 % av mätningarna och de isolerade med reglerbara öppningar (C, J) i 100 % av mätningarna. De oisolerade ridhusen med perforerade väggar eller fasta ventilationsöppningar överskred 90-regeln i 50 % av mätningarna. Resultatet antyder att de oisolerade ridhusen har större möjligheter att tillgodose kravet på  $T + RF \leq 90$ . Figuren tar dock inte hänsyn till klimatet utomhus vid mättillfällena.

#### **5.4.3 Absolut fuktighet**

Samtliga oisolerade ridhus, utom B, visade på lägre AF inne jämfört med ute vid både december- och januarimätningarna eller vid ett av mättillfällena (figur 14). Detta är ett resultat som under normala omständigheter inte är korrekt. AF inne kan bara vara lägre inne jämfört med ute om ridhuset t.ex. använder sig av avfuktare, om kondensbildning

pågår eller om underlaget och/eller materialet i konstruktionen håller på att suga upp fukt från luften, enligt jämviktsprincipen eller pga. tillsättning av salt till underlaget. Vidare kan resultatet bero på en fördröjningseffekt i situationer då ett väderomslag gör att AF ute snabbt stiger (vid t.ex. dimma), medan AF inne i ridhuset fortfarande ligger kvar på en relativt låg nivå ett tag till. Till sist kan de negativa värdena bero på mätfel.

Då samtliga mätvärden och beräkningar visade att AF i alla underlagens ytskikt var högre än AF i luften strax ovanför, beror de negativa AF-differenserna mellan ridhusens inneluft och luften utanför inte på att underlagen suger upp fukt från luften enligt jämviktsprincipen. Inget av ridhusen medverkande i studien använde sig heller av avfuktare för att kontrollera klimatet. Då några snabba väderomslag eller kondens inte observerades i samband med tillfällena av negativa AF-värden, beror inte heller resultatet på fördröjningseffekten eller på pågående kondensbildning. Troligare är resultaten en effekt av mätfel, absorption av byggnadsmaterialet eller en effekt av att saltet, som tillsatts underlagen i syfte att förhindra frysning, suger åt sig fukt från luften.

Även om en del av erhållna AF-värden troligen inte är helt korrekta kan resultatet användas för att tyda skillnader mellan ridhusens fukthantering. Den fukt som produceras, avges från underlaget eller kommer in i ridhuset från andra utrymmen med fuktproduktion skall transporteras ut ur ridhuset. För ridhus utan tillskottsvärme (oisolerade och isolerade) eftersträvas är en så liten skillnad i AF mellan inne och ute som möjligt eftersom det tyder på att ridhusets ventilation effektivt transporterar fukten ut ur ridhuset. Ur figur 15 framgår att de isolerade ridhusen utan tillskottsvärme (C, I, J) har en större AF-differens jämfört med de oisolerade ridhusen. Lägst AF-differens som kategori har ridhusen med de perforerade väggarna (G, H).

Diagrammet (figur 15) visar även att de isolerade ridhusen med tillskottsvärme (K, L) tydligt håller betydligt högre AF inne jämfört med ute än övriga ridhus vid båda mättillfällena. Större skillnad i AF mellan inne och ute i ridhus med tillskottsvärme betyder inte nödvändigtvis att fukttransporten är sämre. I ridhus med tillskottsvärme råder andra förhållanden, högre temperatur och AF, och därför också naturligt en större skillnad i AF mellan inne och ute. Fukttransporten ut ur ridhusen kan alltså vara lika bra eller bättre just på grund av att det är en större skillnad mellan ute och inne.

I figur 16 framgår det att det finns ett visst samband mellan ventilationsöppningarnas storlek/kapacitet och differensen mellan AF inne och ute. Ju större ventilationsöppning, desto mindre differens mellan inne och ute. D.v.s. ju större ventilationsöppningar ridhuset är försett med desto bättre är det på att ventilera ut fukt. Resultatet är i enlighet med Wheelers (2003) resultat om sambandet mellan ventilationskapacitet och AF-differens mellan ute och inne.

Resultaten gällande AF-differensen mellan luften inne i ridhusen och ute är endast baserat på två momentanvärden. Samtidigt är ventilationsöppningarnas totala öppningsstorlek subjektivt skattade då korrekta siffror inte gick att erhålla. Den subjektiva bedömningsgrunden och de få mättillfällena som ligger till grund för beräkningen av AF-differensen begränsar resultatets trovärdighet. Med fler mätningar och med korrekta

siffror på ventilationsstorlek hade mer välgrundade slutsatser kunnat dras av ridhusens fukthantering och sambandet mellan ventilationsöppningarnas storlek och ridhusens fukthantering.

#### **5.4.4 Differens i AF mellan underlag och luft**

För att få en indikation på hur kraftig avdunstningen från underlaget var beräknades AF-differensen mellan luften i underlagets ytskikt och luften i ridhuset.

AF-differensen varierade från 0,09 g/kg till 1,99 g/kg över samtliga mätperioder och ridhus. Den alltigenom låga AF-differensen är troligtvis ett resultat av att luftfuktigheten inomhus vid samtliga mättillfällen redan var så hög att fuktjämnvikt nästintill rådde.

Det gick heller inte att utläsa någon betydande skillnad gällande AF-differensen mellan underlag och luft mellan de olika konstruktionerna. Endast mycket små skillnader i genomsnittlig AF-differens över samtliga mätperioder mellan de oisolerade (0,896 g/kg), isolerade utan uppvärmning (0,819 g/kg) samt de oisolerade med perforerade plåtväggar (0,792 g/kg) ridhusen gick att utläsa. De uppvärmda ridhusen (K, L) låg något högre med en genomsnittlig AF-differens på 1,165 g/kg, vilket var förväntat då en högre lufttemperatur främjar en större avdunstning.

Inte bara lufttemperaturen spelar roll för avdunstningshastigheten utan även underlagets material och dess vattenhållande förmåga. Dock går det inte att utläsa någon skillnad mellan underlagens avdunstningsmängd och dess material. Oberoende av om topplagret består av fibersand, sand och träflis, stenhjöl eller endast sand varierar AF-differensen mellan ridhusen. Mer troligt beror variationen på bevattningsintensiteten. Lägst AF-differens hade de ridhus som vattnades mest sällan (F, G, J), med 0,555 g/kg, 0,573 g/kg och 0,665 g/kg för respektive ridhus i genomsnitt över samtliga mätperioder, medan ridhusen som vattnades 1-2 gånger per vecka (C, H, K, L) indikerar en något högre avdunstning (1,063 g/kg, 1,01 g/kg, 1,29 g/kg och 1,04 g/kg över samtliga mätperioder för respektive ridhus). De ridhus som särskiljer sig är ridhus E och I då de trots en högsta bevattningsfrekvens (kontinuerligt respektive 1 gång per dygn) har en relativt låg avdunstning i jämförelse med de andra (0,727 g/kg, 0,728 g/kg). Detta kan bero på att ridhus E bevattnas underifrån med ett s.k. ebb- och flodsystem, vilket i teorin bör minska den direkta avdunstningen till omgivningen. För ridhus I är förklaringen mest troligt att RF i luften redan är så hög att fuktjämnvikt nästintill redan råder.

Då det från ett antal ridhus (B, C, E, G, H & J) gick att erhålla siffror på den mängd vatten som tillfördes underlaget vid varje bevattningstillfälle, gick det att för dessa ridhus skatta avdunstningshastigheten per kvadratmeter. Resultaten visar att avdunstningen i hälften av ridhusen är 2-3 gånger större i ridhus jämfört med tidigare antagna 7 gram per kvadratmeter och timme (uteluftsventilerade kryppgrunder). Resterande 50 % av ridhusunderlagen har en avdunstning på runt 7 gram per kvadratmeter och timme eller strax över. De ridhus som vattnar underlaget 1 gång per vecka (C & H) har större avdunstning jämfört med de som vattnar 0,5 gång per vecka (B, G och J), vilket återigen antyder att det råder ett samband mellan bevattningsfrekvens och avdunstning.

Resultaten beträffande AF-differens mellan luft och underlag tyder på att avdunstningen från underlagen generellt är mycket liten under Skånes fuktiga vintrar och därför inte

påverkar luftfuktigheten i ridhusen i någon större utsträckning. Vid mättillfällena var RF i luften redan mycket hög vilket leder till låg vattenavdunstning från underlagen, men om RF sänks till mer hygieniska nivåer kommer avdunstningen högst trolig öka.

Beräkningarna för avdunstningshastigheten per kvadratmeter, baserat på mängd tillsatt vatten (tabell 11), visar hur mycket vatten som i teorin kommer att avdunsta vid givna förutsättningar. Beroende på material i underlaget behöver olika material tillsättas olika mycket vatten för att fungera optimalt. Siffrorna på tillförd vattenmängd i beräkningarna är en effekt av vad personen som vattnar underlaget tycker att just det underlaget behöver för att hållas i gott skick och kan skilja sig från den optimala, vilket gör att det är svårt att dra några slutsatser kring hur stor fuktpåverkan bevattnade underlag generellt har. Vidare går det inte heller med säkerhet att veta hur mycket av det tillsatta vattnet som avdunstar och hur mycket som faktiskt rinner bort genom dränering.

Resultatet antyder trots allt att avdunstningen från bevattnade underlag minst är så stor som tidigare antagits (7 g/m<sup>2</sup> och timme), men kan vara betydligt större. Oavsett utgör bevattningen av underlaget en betydande fuktkälla som bör tas i beaktande vid dimensionering av ventilation i ridhus.

Storleken på avdunstningen från underlaget kan jämföras mot avdunstningen som följer då hästarna svettas under arbete. Som tidigare nämnts kan en 500 kg häst under svala och torra klimatförhållanden producera 5-7 liter svett per timme under hårt arbete. Kroppsytan för en häst på 500 kg är ca 5 kvadratmeter, enligt formeln:  $1,09 + 0,008 \times \text{kroppsvikt i kg}$  (Hudgson *et al.*, 1993). Detta ger en producerad svettmängd på 1000g per timme och kvadratmeter. Det är ca 50 gånger större fuktproduktion än den genomsnittliga avdunstningsmängden från underlagen i ridhusen redovisade i tabell 11. Hästarna i de aktuella ridhusen tränas sannolikt inte i närheten av så intensivt att en sådan svettproduktion är aktuell. Dessutom avdunstar inte all bildad svett. Men beräkningen visar ändå på att hästarnas svettproduktion kan vara en påverkande faktor i sådana ridhus där flera hästar tränas hårt under stora delar av dagen.

#### **5.4.5 Visuell granskning**

Den visuella granskningen och tillhörande gradering av fuktskador är, trots sin subjektiva bedömningsgrund, en viktig del av studien eftersom den berättar hur ridhusets fukthantering fungerar just nu samt hur den fungerat historisk. Graderingen av fuktens påverkan på byggnaden är uppdelad i permanenta fuktskador, som t.ex. fuktfläckar och mögelpåväxt, och fuktpåverkan vid mättillfället, d.v.s. eventuell kondens.

Enligt graderingsresultaten (tabell 5 och 6) är det endast ridhus K och L som både uppvisade betydande omfattning mögelpåväxt och fuktfläckar på träet och kondens vid ett flertal mättillfällen. Detta trots att dessa ridhus var de enda ridhus med en mekanisk ventilation och tillskottsvärme, redskap som ger större möjligheter att kontrollera klimatet inne oberoende av klimatet utomhus. Resultatet indikerar att fuktproblematiken i ridhusen både är pågående och har pågått en tid.

Övriga ridhus visar inte på samma överrensstämmelse mellan kontinuerlig och momentan fuktpåverkan. Ridhus B visade samma grad av permanenta fuktskador som ridhus K och



L, med påtagliga korrosionsskador på stora delar av konstruktionen, men ingen kondens vid observationstillfällena. Anledningen till de påtagliga fuktskadorna kan, förutom hög luftfuktighet, vara att konstruktionen inte fått en fullgod rostskyddsbehandling vid byggnation. Dessutom är ridhuset äldre än de övriga och har slitits under betydligt längre tid. Vid mätningarna observerades ingen kondens, vilket kan bero på att underlaget vid samtliga mättillfällen uppfattades som torrt och därför inte avgav någon fukt samtidigt som ridhuset vid observationstillfällena nästintill höll samma temperatur inne som ute.

Ridhus C utmärker sig genom att uppvisa omfattande kondens på väggar, dörrar och ljusinsläpp vid mättillfällena men låg grad av permanenta fuktskador, i detta fall mögelpåväxt på träsgaren. Förklaringen till de ringa fuktskadorna bör dels bero på att fukten inte hunnit orsaka mer skada, såsom mer omfattande mögelpåväxt, eftersom ridhuset är relativt nybyggt (vid fältstudiens gång inte ens fullt färdigställt, dock i full användning) och dels på att konstruktionen nästan uteslutande består av plåt, ett material som väl står emot fuktpåfrestningar.

Ridhus D, H och I var de ridhus som hade måttliga fuktskador men ingen kondensbildning vid något mättillfälle. Ridhusen representerar tre olika kategorier av konstruktioner, isolerat, oisolerat samt oisolerat med perforerade väggar. Den tänkta ventilationen i ridhus D var under samtliga mättillfällen stängd. Dock hade ridhuset en hel del otätheter, vilket tillsammans med den låga användningsfrekvensen, det torra underlaget och att ridhuset helt var byggt i trä, vilket till viss del buffrar fukt, gjorde att ventilationsflödet trots allt tycks vara tillräcklig för att motverka skador på byggnaden. Den fuktskadade delen av ridhuset beror mest troligt på buskaget som utvändigt låg an mot hela ridhusets ena långsida.

De perforerade väggarna i ridhus H ger maximal luftväxling men också en möjlighet för snö och regn att direkt påverka konstruktionen på insidan. Ägaren berättade att snö vid nederbörd ofta virvlade in och lade sig på träreglarna. Ridhusets fuktskador är alltså en effekt av dess otäta konstruktion, inte en effekt av ett för litet ventilationsflöde.

Ridhus I är ett semi-isolerat ridhus, där väggarna är isolerade medan taket är oisolerat. De permanenta fuktskador som observerades var missfärgningar i form av fuktfläckar på sargens nederkant samt takåsarna. Fuktskadorna på sargen är troligen en effekt av det konstant mycket blöta underlaget som bevattnades mycket frekvent (1 gång/dygn) samt eventuellt en direkt fuktpåverkan i form av läckage från sprinklersystemet då detta var fäst på sargen. Fuktfläckarna på takåsarna kan vara en konsekvens av att det oisolerade taket blir en kall yta som den varma luften i ridhuset kondenserar mot. Då mätningarna utfördes på morgonen hade troligtvis inte speciellt många hästar hunnit motioneras i ridhuset och därför inte hunnit värma upp luften, vilket kan förklara att ingen kondens kunde observeras.

Ridhus A, E och F är ridhus med lindriga fuktskador. Alla tre är oisolerade ridhus med fasta ventilationsöppningar i både takfot ochnock. Ridhus A och E är målade trähallar medan F är en plåthall med målade träreglar, takåsar och sarg. Det behandlade träet gör

att det inte är lika känsligt för fuktangrepp, vilket kan vara anledningen till att endast lindriga mögelangrepp kunde observeras.

Ridhus J och G är de två ridhus där inga permanenta fuktskador kunde påvisas. Dessa ridhus är väldigt olika till sin konstruktion. Ridhus G är ett enkelt ridhus i stål med perforerade väggar, medan ridhus J är ett isolerat ridhus i betong med naturlig ventilation och reglerbara ventilationsöppningar. Den maximala luftväxlingen i ridhus G med dess obefintliga krav på inomhustemperatur, tillsammans med dess tåliga konstruktion gör att ridhuset klarar hantera fuktpåfrestningarna på ett bra sätt.

Trots att inga fuktskador gick att observera i ridhus J påträffades kondens vid samtliga mättillfällen. Vid två av tillfällena utfördes mätningarna på eftermiddagen istället för morgonen. Då hade ridhuset varit i bruk under dagen samtidigt som mellan 1-4 hästar motionerades under pågående mätning. Den höga aktiviteten i ridhuset kan vara orsaken till att luften värmts upp så pass att den kondenserat mot kalla ytor som fönster och ljusinsläpp. Vid det tredje mättillfället var ridhuset ej i bruk och endast mycket lite kondens kunde observeras på en del fönster. Frånvaron av permanenta skador tyder dock på att ventilationen klarar av att ventilera ut fukten under perioder med lägre aktivitet.

Det går inte att se något tydligt samband mellan ridhusens konstruktion och ventilationslösning och graden av fuktskador eller kondens. Däremot framgår det i figur 13 att det föreligger en stark korrelation mellan ridhusens ålder och graden av permanenta fuktskador. Ju äldre ridhusen är desto högre grad av fuktskador går att se. Tre ridhus avviker dock från mönstret. Ridhus G och J visar upp lägre grad av fuktskador i förhållande till deras ålder, medan ridhus I visar en större utbredning av fuktskador i förhållande till åldern.

## 6. Fortsatt diskussion och sakliga råd

Även om studien inte är tillräckligt omfattande för en statistisk analys framgår det av resultaten att flera av ridhusen har problem med ihållande höga luftfuktigheter och i varierande grad fuktskador.

Resultaten tyder på att de oisolerade ridhusen med fasta ventilationsöppningar A, D, E, F har en tillräcklig luftväxling bedömt efter AF- differensen i luften mellan inne och ute samt RF-fluktueringarna i diagrammen för de kontinuerliga mätningarna. Dessa ridhus har en liten skillnad i AF i luften mellan ute och inne samtidigt som de kontinuerliga mätningarna visar att fluktueringarna i RF inne följer fluktueringarna i RF ute, vilket tyder på att ridhusen torkar upp då klimatet utomhus tillåter det. Dock överskrider ridhusen 90-regeln vid flera tillfällen och uppvisar vid observationen i någon grad fuktskada eller mögelpåväxt.

En överskridning av 90-regeln och en eventuell lindrig mögelpåväxt på känsliga material är oundvikligt i ridhus som nästintill håller samma klimat inne som ute. Är den relativa fuktigheten hög ute och temperaturen för mikrobiell aktivitet gynnsam, kommer den att var det inne också eftersom de aktuella ridhusen varken har någon värmekälla eller avfuktare som kan sänka RF i inneluften. För att helt undvika fuktproblem krävs det att man ändrar klimatet i ridhuset genom att t.ex. isolera och tillföra värme och/eller installera avfuktare. Om detta inte är aktuellt får man fokusera på att göra konstruktionen så tålig så möjlig. I ridhus A, D och E, ridhus med träväggar, träreglar och takåsar i trä, innebär det att fukt- och mögelskydda träet genom t.ex. målning och/ eller behandla med träskyddsmedel mot mögelpåväxt. Även om träets förmåga att buffra fukt påverkas negativt av målning (Svennberg, 2006) kan åtgärden motiveras för oisolerade ridhus då klimatet inte går att kontrollera och då RF i luften under vintern under långa perioder ofta är mycket hög. I en plåthall som ridhus F gäller det att rostskyddsbehandla samt att behandla träet i takåsar och väggreglar samt den interiör som består av trä.

Ridhusen med de perforerade plåtväggarna G och H erbjuder utan tvekan ett tillräckligt ventilationsflöde för att byggnaden ska kunna hantera både fukt utifrån och tillförd fukt då större delen av ridhusen tillåter luftväxling. Resultaten bekräftar att klimatet inomhus är i stort detsamma som utomhus, då RF inne följer RF ute, samt att AF- differensen mellan luften inne och ute är liten. Då det i dessa byggnader inte kan finnas några krav på temperatur inomhus bör fokus ligga på att konstruktionen tål fukt så bra så möjligt. I dessa ridhus bestod väggreglarna av tryckimpregnerat trä. Med den fuktpåfrestning det innebär då regn och snö direkt påverkar träet kan denna behandling komma att vara otillräcklig. Vid kontakt med byggfirman som anlätades vid byggnationen av ridhus H bekräftades det att reglarna kan bytas ut mot reglar i plåt för att göra konstruktionen mer beständig, dock är dessa betydligt dyrare. En alternativ lösning kan vara att måla träreglarna för att öka beständigheten hos träet.

Ridhus C är ett exempel på ett ridhus där ventilationsflödet strypts genom att tänkt ventilation stängts igen, sannolikt i syfte att höja temperaturen inomhus. Samtliga resultat för ridhus C indikerar att ridhuset har ett för litet ventilationsflöde i förhållande till de fuktpåfrestningar det utsätts för. En lägre ventilationskapacitet var vid alla mättillfällena

(nov-jan) ett faktum då ridhuset var helt stängt. Vid kontakt med byggfirman som anlätts vid byggnation bekräftades det att konstruktionen byggts helt tät och att luftväxling endast kan ske via de reglerbara öppningarna samt via öppna dörrar. Ridhuset har alltså möjlighet att hålla ett fungerande klimat inomhus om ventilationsluckorna öppnas och temperaturkravet sänkes. Istället brottas det idag med kontinuerligt mycket höga luftfuktigheter, sannolikt på grund av okunskap om de problematiska fuktförhållanden som råder i ridhus under vintermånaderna. Om inte temperaturkravet kan sänkas måste antingen värme tillföras och/eller avfuktare installeras för att sänka luftfuktigheten inomhus. Dessa lösningar innebär dock höga installations- och driftskostnader.

Resultaten för de isolerade ridhusen med tillskottsvärme (K, L) pekar enhälligt mot att ridhusen brottas med kontinuerligt hög RF i luften. Även AF inne är betydligt högre inne jämfört med ute. Större skillnad i AF mellan inne och ute i ridhus med tillskottsvärme betyder dock inte nödvändigtvis att fukttransporten är sämre. I ridhus med tillskottsvärme råder andra förhållanden, högre temperatur och AF, och därför också naturligt en större skillnad i AF mellan inne och ute. Fukttransporten ut ur ridhusen kan alltså vara lika bra eller bättre just på grund av att det är en större skillnad mellan ute och inne. Men eftersom RF för båda de isolerade ridhusen med tillskottsvärme kontinuerligt är mycket hög (>90 %) indikerar resultaten att fukttransporten är otillräcklig. De påtagliga fukt- och mögelskadorna samt den observerade mängden kondens vid mättillfällena styrker denna slutsats. Då ridhusen redan tillförs värme och kontinuerligt håller runt 10 °C, samt att det i ridhus K även sitter radiatorer under fönstren i syfte att motverka kondensbildning, ligger inte lösningen i att tillföra mer värme. Extra värme skulle öka de arbetande hästarnas värmeproduktion ytterligare och leda till en än större fukttillförsel till den redan varma och fuktiga luften. Då anledningen till de höga luftfuktigheterna till viss mån troligtvis beror på de otillräckligt fungerande öppningsbara fuktspärrens, kan en del av lösningen vara att informera personal och ryttare om vikten av att stänga fuktspärrens då man har passerat. På så sätt kan fuktspärrens i högre grad fungera som det är tänkt, nämligen att hindra fuktig luft från stallet att ta sig in i ridhuset. Dock tyder resultaten ändå på att ventilationen är underdimensionerad i förhållande till tillförd/avgiven fukt. En ytterligare del av lösningen bör alltså vara att öka ventilationsflödet så att mer fuktig luft transporteras ut ur ridhuset, samtidigt som temperaturkravet sänks något. Genom att sänka temperaturkravet ökar inte energiåtgången vid ett förhöjt ventilationsflöde. För att bibehålla dagens inomhustemperatur krävs det istället att en avfuktare installeras.

Ridhus I skiljer sig i konstruktionen från övriga isolerade ridhus på så sätt att det endast är väggarna som är isolerade, inte taket. Oisolerade tak har lägre värmemotstånd än isolerade och kan därför vara känsligare för kondens. Eftersom fuktfläckar främst gick att observera på takåsarna kan det vara en idé att isolera taket för att minimera risken för kondensbildning. En isolering av taket innebär dock att ljusinsläppet genom taket går förlorat.

I dagsläget är det svårt att undvika viss fuktskada på de delar av takåsarna som ligger an mot ljusgenomsläpplig plast då det inte går att klä dessa områden med kondensskydd.

Då det har visats att det redan vid relativt låga vindhastigheter är vindtrycksprincipen som är den drivande kraften även för byggnader byggda med självdragsventilation (Ehrlemark, 1995), spelar ridhusets placering roll för luftens tillgång till ridhuset. Ridhus I är byggt i rät vinkel mot stallet samt har en hög jordvall som löper längst med ena långsidan. I de fall då temperaturskillnaden mellan inne och ute är liten och vinden blåser så att stallet eller jordvallen begränsar tillförseln av luft till ridhuset blir resultatet en försämring av ventilationsflödet. Då resultaten tyder på att ridhuset har förhöjda relativa luftfuktighetsnivåer samt att AF är högre inne jämfört med ute finns det motiv för att se efter hur ventilationsflödet i ridhuset kan ökas. Genom att avlägsna jordvallen borde luftens tillträde till ridhuset öka. Att förstora ventilationsöppningarnas storlek för att trygga ett tillräckligt ventilationsflöde är en lösning. Detta betyder dock ett stort ingrepp i den befintliga byggnadskonstruktionen och kostnaden bör ställas mot kostnaden att installera fläktventilation.

För ridhus J visar de kontinuerliga mätningarna att RF i ridhuset följer RF skiftningarna ute och alltså torkar upp då RF ute sjunker, vilket avsaknaden av fukt- och mögelskador styrker. De höga RF-värdena vid de momentana mätningarna kan alltså förklaras av de rådande höga RF-värdena ute. Men AF i inomhusluften är högre jämfört med ute, särskilt vid decembermätningen, vilket antyder att fukttransporten ut ur ridhuset inte är tillräcklig. Vid kontakt med skötselansvarige av ridhuset kom det fram att tilluftsventilationsdonen aldrig rörs utan alltid, oavsett väder och aktivitetsgrad, står i samma läge. Då några av donen vid observationstillfällena var stängda och andra inte i sitt maximala läge finns det möjlighet att öka ventilationsflödet för att förbättra fukttransporten ut ur ridhuset. Lösningen för ett bättre fukt klimat i ridhuset ligger alltså i att ansvarig personal får en bättre förståelse för klimatförhållande i ridhus.

Kondensen som vid samtliga mättillfällen observerades i ridhus J kan behöva avhjälpas genom att radiatorer installeras under fönstren så att den kalla yta som de utgör försvinner. Ett annat alternativ kan vara att sätta in fönster med lägre U-värde. Dock bör man genom beräkningar säkerställa att detta är en tillräcklig åtgärd innan den utförs.

De påtagliga och utbredda korrosionsskadorna, den högre AF inne jämfört med ute och den kontinuerligt högre RF inne jämfört med ute, talar för att ridhus B inte klarar av att hantera de fuktpåfrestningar det utsätts för. De kontinuerliga mätningarna för ridhus B utfördes under samma period som ridhus A varje månad och ligger geografiskt på samma plats, men visar trots det på högre RF jämfört med RF i ridhus A. Anledningen kan vara att ridhus B är helt byggt i plåt medan ridhus A är en trähall. Plåt lagrar inte, till skillnad från organiska material, värme och fukt (Svennberg, 2006), vilket leder till att klimatet i oppvärmda plåtbyggnader kan bli rätt med stundtals högre luftfuktigheter. För att sänka luftfuktigheterna i ridhus B bör ventilationsflödet ses över då de fasta ventilationsspringorna var små och spjalventilerna på vardera gaveln stängda.

Av figur 17 (RF vid olika temperaturer) framgår att isolerade ridhus både med och utan värme i större utsträckning överskrider 90-regeln vid de momentana mättillfällena. Tabell 9 (andel av tiden över 80 % RF) anger att de isolerade ridhusen sammantaget över samtliga mätperioder (1 vecka/månad) för de kontinuerliga mätningarna under en högre

andel av tiden håller  $RF \geq 80 \%$  inne jämfört med de oisolerade ridhusen. Tabell 8 (medelvärde AF-skillnad inne-ute) visar att de isolerade ridhusen generellt har en större AF-differens mellan luften inne och luften utomhus, d.v.s. AF i inomhusluften är högre jämfört med AF i uteluften i de isolerade ridhusen än i de oisolerade.

Alla de oisolerade ridhusen, utom ridhus G och H, har mindre ventilationsöppningar än den av Ehrlemark (personligt meddelande, 2015c) rekommenderade på 0,5-1 m under takfot längst med långsidorna. Trots detta visar en del av de oisolerade ridhusen på ett fungerande inomhusklimat. Det är svårt att säga vad detta beror på då de klimatpåverkande faktorerna för inomhusklimatet är så många. Men just för att faktorerna är så många och förhållandena mellan dem så komplexa bör man hellre sträva efter att överdimensionera ventilationen i oisolerade ridhus istället för att riskera en underdimensionering och fuktproblem som följd.

### **6.1 Störningar i studien**

Fältstudien bestod av två delar, en del insamling av mätdata och en del enkätstudie. Enkätstudien var ämnad för att få fram information om ridhusens ventilation (system, öppningsarea, kapacitet, reglering m.m.) och relevanta faktorer som påverkar ventilationen och/eller klimatet i ridhusen.

Enkät svar från Ridhus A, B, D uteblev helt. Samtidigt kunde inte majoriteten av ridhusens ägare/verksamhetsansvariga svara på frågorna angående ventilationsanordningen eftersom de inte hade den kunskapen. I de aktuella fallen kontaktades byggfirman som anlätades vid byggnationen med förhoppningen om att få svar på frågorna. I ett fall (ridhus I) hade byggfirman gått i konkurs och var därför okontaktbar. I fyra fall (ridhus A, B, K och L) gick det inte att få kontakt med den ansvarige trots upprepade försök.

Frånvaron av enkät svaren påverkar klart studien på så sätt att resultaten till viss del består av uppskattningar istället för fakta, t.ex. gällande ventilationsöppningarnas storlek. Med en grundligare kartläggning av ridhusens utformningar och förutsättningar hade mer rättvisa slutsatser kunnat dras från erhållna resultat.

## 7. Slutsatser

Resultaten från denna studie och diskussionen kring dem sammanfattar att:

- De isolerade ridhusen, både med och utan tillskottsvärme, brottas i större utsträckning med fuktproblem. De har i större utsträckning mycket hög RF inne, överskrider oftare 90-regeln och har generellt sett en högre AF inne jämfört med ute, jämfört med de andra ridhuskategorierna (oisolerade ridhus med fasta och reglerbara ventilationsöppningar och oisolerade ridhus med perforerade väggar).
- De ridhus som bäst hanterar fukten är de som tillåter ett stort ventilationsflöde och nästintill håller samma klimat inne som ute.
- Vid byggnation av oisolerade ridhus skall man använd mycket fukttåliga material och bygga utan några som helst krav på en viss inomhustemperatur. Det viktiga är att fukt som produceras, avges från underlaget eller kommer in i ridhuset från andra utrymmen med fuktproduktion på ett effektivt sätt kan transporteras ut ur byggnaden. Ett tillräckligt ventilationsflöde kan garanteras med t.ex. tillräckligt stora ytor av perforerade väggar eller väl tilltagna fasta ventilationsöppningar.
- Vid byggnation av isolerade ridhus med krav på en viss inomhustemperatur skall man tillföra värme och/eller installera avfuktare för att undvika fuktproblem. Energikostnaderna för uppvärmning och avfuktning är betydande, men går inte att komma undan. Att isolera för en högre inomhustemperatur utan att hantera fuktproblematiken som följer leder troligtvis till fuktskador på byggnaden och dess interiör.
- Om ridhuset är sammanbyggt med fuktproducerande byggnader, som t.ex. stall, försäkra dig om att den fuktiga luften ifrån stallet inte tillåts tillträde till ridhuset. Den relativa fuktigheten riskerar att stiga i ridhuset då ridhus ofta håller en lägre temperatur än stallet. Fuktig luft från stallet ökar fuktbelastningen i ridhuset och ökar risken för kondens och mögeltillväxt.
- Säkerställ en tillräcklig ventilationskapacitet redan på planeringsstadiet av ridhuset så att den tillförda fukten effektivt kan transporteras ut ur ridhuset. Att göra ingrepp i en redan färdigställd byggnad, då fuktproblemen upptäckts, kan både vara svårt och rejält ekonomiskt påfrestande.

Denna studie saknar den statistiska analys som krävs för att ta fram underlag till dimensionering av ventilation i isolerade och oisolerade ridhus. Däremot kan erhållna resultat ge relevanta indikationer om klimatförhållandena i olika typer av ridhus under vintern så att underlag för dimensioneringsregler kan utarbetas. För att få en mer korrekt bild av oisolerade och isolerade ridhus ventilationsbehov krävs det att fler undersökningsobjekt, mer klimatdata och en mer detaljerad kartläggning över olika ridhuskonstruktioners förutsättningar och klimatpåverkande faktorer.

## 8. Referenser

AFS 2015:7. *Hygieniska gränsvärden- Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden och allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*. Arbetsmiljöverkets författningssamling, Arbetsmiljöverket, Stockholm. ISBN 978-91-7930-628-1.

AFS 2009:2. *Arbetsplatsens utformning- Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*. Arbetsmiljöverkets författningssamling, Arbetsmiljöverket, Stockholm.

Alexandersson, H. 2006. *Vindstatistik för Sverige 1961-2004*. SMHIs serie: Meteorologi nr. 121.

Art T., Lekeux P. 2005. Exercise-induced physiological adjustments to stressful conditions in sports horses. *Livestock Production Science*, vol. 02, ss. 101-111.

Art, T., McGorum, B. C., Lekeux, P. 2002. Environmental control of respiratory disease. I: Lekeux, P. (red), *Equine Respiratory Diseases*, upplaga 1. International Veterinary Information Service, Ithaca, New York, USA.

Arundel, A. V., Sterling, E. M., Biggin, J. H., Sterling, T. D. 1986. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environmental Health Perspect*, vol. 65, ss. 351-361.

Barnes, M., Mander, C. 1991. *Farm Building construction*, upplaga 2, Suffolk, Farming press Ltd Ipswich. ISBN 0852 36234-X.

Bengtsson, L. 2001. *U-värdesberäkning*. Undervisningskompendium. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT), Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

BFS 2006:12. *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (1993:57)- föreskrifter och allmänna råd*. Boverkets författningssamling, Boverket, Karlskrona.

Burström, P. G. 2007. *Byggnadsmaterial - uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Upplaga 2, Lund, Studentlitteratur AB. ISBN 987-91-44-02738-8.

Carlson, G.P., Ocen, P.O. 1979. Composition of equine sweat following exercise in high environmental temperatures and in response to intravenous epinephrine administration. *Journal of Equine Medicine and Surgery*, vol. 3, ss. 27-32.

Chang, J.C.S., Foarde, K.K., VanOsdell, D.W. 1995. Growth Evaluation of Fungi (Penicillium and Aspergillus spp) On Ceiling Tiles. *Atmospheric Environment*, vol. 29 (17), ss. 2331-2333.

Chastain, P. J. 2000. Design and Management of Natural Ventilation Systems. *Proc. Dairy Housing and Equipment Systems: Managing and Planning for Profitability* (NRAES-129) Plant and Life Science Publishing, Ithaca, NY (2000), ss. 147-163.

Cheung, J. O.P., Liu, C. 2011. CFD simulations of natural ventilation behavior in high-rise buildings in regular and staggered arrangements at various spacings. *Energy and Buildings*, vol. 43, ss.1149-1158.



CIGR. 1984. *Report of Working Group of Climatization of Animal Houses*, Scottish Farm Buildings Investigation Unit, Craibstone, Bucksburn, Aberdeen, AB2 9TR, Scotland for Commission Internationale du Genie Rural (International Commission of Agricultural Engineering).

CIGR. 1994. *Aerial Environment in Animal Housing - Concentrations in and Emissions from farm buildings*, Working Group Report Series No 94.1 International Commission of Agricultural Engineering, France.

Clarke, A.F. 1993. Stable design and management. *The Veterinary Annual*, vol. 33, ss. 24-44.

Curtis, L., Raymond, S., Clarke, A. 1996. Dust and ammonia in horse stalls with different ventilation rates and bedding. *Aerobiologia*, 12(1), ss. 239-247.

Deling, J., Eskilander, C. 2004. *Fukttekniska lösningar för uteluftsventilerade kryprumsgrunder*. Kungliga Tekniska Högskolan, Väg- och vattenbyggnadsteknik, Examensarbete i byggnadsteknik no. 339, Stockholm.

DFS 2007:6, Saknr L 101. *Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning*. Djurskyddsmyndighetens författningssamling, Djurskyddsmyndigheten, Skara. ISSN 1652-3040.

Elmroth, A. 1966. *Fukt och temperaturförhållanden i kryprum*. Kungliga tekniska högskolan, Institutionen för byggnadsteknik, Serienr. 45, Stockholm.

Padilla D.J., McDonough P., Kinding C.A., Erickson H.H., Poole D.C. 2004. Ventilatory Dynamics and Control of Blood Gasea After Maximal Exercise in the Thoroughbred Horse. *Journal of Applied Physiology*, vol. 96, ss. 2187-2193.

Giedraitytė, L. 2005. *Identification and validation of risk factors in cold work*. Doctoral Thesis. Department of human work science, division of industrial production environment. Luleå University of technology.

Hagentoft, C. E. 2002. *Vandrande fukt och strålände värme- så fungerar hus*. Studentlitteratur AB, ISBN 91-44-04218-3.

Hallenberg, N., Gilert, E. 1988. *Betingelser för mögelpåväxt på trä*. Klimatkammarstudier. SP Rapport 57, Byggnadsfysik, Borås.

Hemgren, P. 1998. *Bygga grund*. Första uppl. ICA Bokförlag, Västerås. ISBN 91-534-1927-8.

Henriksson, E. Vilahamn, R. 2010. *Nederbördsutveckling i södra Sverige 1961-2007*. Kandidatuppsats. Institutionen för geovetenskaper, Göteborgs universitet.

Hernandez, J., Hawkins, D. L. 2001. Training failure among yearling horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 62(9) ss. 1418-1422.

Hjertén, R. Mattsson, I., Westholm, H. 1996. *Som man bygger får man ventiler- om arkitektur och inomhusklimat*. Stockholm, Arkus. ISSN: 0284-7809.

Hodgson, D.R., Davis, R.E., McConaghy, F.F. 1994. Thermoregulation in the horse in response to exercise. *British veterinary Journal*, vol. 150(3), ss. 219-235.

Hodgson, D. R., McCutcheon, L. J., Byrd, S. K., Brown, W. S., Bayly, W. M., Brengelmann, G.L., Gollnick, P. D. 1993. Dissipation of metabolic heat in the horses during exercise. *Journal of Applied Physiology*, vol. 74, ss. 1161-1170.

Houben, R. 2008. *Ventilation and air hygiene parameters in horse stables*. Diss., Faculty of Veterinary Medicine Theses. Utrecht University, Netherlands.

Jansson, A. 2011. *Kunskapsöversikt- Organiskt damm i lantbruk*. Stockholms universitet, Institutionen för tillämpad miljövetenskap. Rapport 2011:4, Stockholm. ISSN 1650-3171.

Jeppsson, K-H., Gustavsson, G., Sällvik, K. 2006. "Frostfria stallar" För lösgående mjölkkor. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT), Rapport 140. Alnarp.

Jeppsson, K-H. & Gustafsson, G. 2001. Solar heat load in uninsulated livestock buildings. *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 78(2) ss. 187-197.

Johansson, P. 2006. *Mikroorganismer i byggnader- en kunskapsöversikt*. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Rapport 22. Borås.

Johansson, P., Samuelson, I., Ekstrand-Tobin, A., Mjörnell, K., Sandberg, P.I., Sikander, E. 2005. *Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial- kunskapsammanfattning*. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Rapport 11. Borås.

Johansson, P., Bok, G., Ekstrand-Tobin, A. 2013. The effect of cyclic moisture and temperature on mould growth on wood compared to steady state conditions. *Building and Environment*, vol. 65, ss. 178-184.

Kingston, K.J, Geor, J.R, McCutcheon, J.L. 1997. Rate and composition of sweat fluid losses are unaltered by hypohydration during prolonged exercise in horses. *Journal of Applied Physiology*, vol. 83(4), ss. 1133–1143.

Kjellström, E., Abrahamsson, R., Boberg, P., Jernbäcker, E., Karlberg, M., Morel, J., Sjöström, Å. 2014. *Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget*. Klimatologi nr 9. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institution (SMHI), Norrköping.

Kollar, J. L., Swinker, A. M., Swinker, M. L., Irlbeck, N., 2005. Case study: Dust exposure and respiratory disorders in equine instructors. *The Professional Animal Scientist*, vol. 21, ss. 128–132.

Malmgren, R., Shideler, R.K., Butler, K.D., Anderson, E.W. 1994. The effect of polymer and rubber particles on arena soil characteristics. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 14, ss. 38-42.

Malmgren, R. 1999. *The Equine Arena Handbook- Developing a user-friendly facility*. ISBN: 1-57779-016-2, Alpine publications, Loveland, USA.

- 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*, vol. 65(2), ss. 375-382.
- Morgan, K. 1996. *Short-term thermoregulatory responses of horses to brief changes in ambient temperature*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport 209, Uppsala.
- Morgan, K. 2007. *Hästens reglering av kroppstemperatur och dess värmebalans*. Undervisningskompendium. Ridskolan Strömsholm.
- Morsing, S., Ström, J.S. 1985. *Styret naturlig ventilation*. SBI-landbrugsbyggeri 63, Hørsholm, Danmark.
- Nevander, L. E., Elmarsson, B. 1994. *Fukthandbok: praktik och teori*. 2:a utg. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Nielsen, K. F., Holm, G., Uttrup, L. p., Nielsen, P. A. 2004. Mould growth on building materials under low water activities. Influence of humidity and temperature on fungal growth and secondary metabolism. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 54(4), ss. 325-336.
- Nilsson, L-O. 2006. *Fuktpåverkan på material- kritiska fuktnivåer*. Ur serien: Fuktsäkerhet i byggnader. Formas, Stockholm. ISBN 91-540-5951-8.
- Pasanen, A.-L., Kasanen, J-P., Rautiala, S., Ikäheimo, M., Rantamäki, J., Kääriäinen, H., Kalliokoski, P. 2000. Fungal growth and survival in building materials under fluctuating moisture and temperature conditions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 46(2), ss. 117-127.
- Pathak, B. & Charron, D. 1987. *Cold stress*. Canadian centre for occupational Health and Safety. Hamilton, Canada.
- Pinzke, S., Löfqvist, L. 2008. *Arbeta rätt med häst- En belastningsergonomisk studie av ridlärarnas arbetsförhållanden och fysiska hälsa*. Arbetsvetenskap, ekonomi, miljöpsykologi, projektrapport, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Pratt, G.W. 1984. *Racing Surfaces- A Survey of Mechanical Behavior*. Proceeding 30<sup>th</sup> of the American Association of Equine Practitioners, ss. 321-331.
- Ramsey, J.D., Burford, C.L., Beshir, M.Y., Jensen, R.C. 1983. Effects of workplace thermal conditions on safe work behavior. *Journal of Safety Research*, vol. 14(3), ss. 105-114.
- Ratzaff, M.H., Hyde, M.L., Hutton, D.V., Rathgeber, R.A., Balch, O.K. 1997. Interrelationships between moisture content of the track, dynamic properties of the track and the locomotor forces exerted by galloping horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 17 (1), ss. 35-42.
- Samuelsson, I., Arfvidsson, J., Hagentoft, C. E. 2007. *Få bukt med fukt*. Formas, Stockholm. ISBN: 978-91-540-5992-8
- Sandin, K. 1997. *Introduktion till fuktmekaniken*. Ur serien: Fuktsäkerhet i byggnader. Formas, Stockholm. ISBN: 91-540-5800-7.

- Sandsborg, J. 1976. *Dränering av byggnadsgrunder*. Stenciltryck nr. 92. Institutionen för markvetenskap, Lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Sjaastad, O. V., Hove, K., Sand, O. 2003. *Physiology of domestic animals*. Scandinavian Veterinary Press, Oslo. ISBN: 82-91743-11-8.
- SJV, Statens jordbruksverk, 2013. *Hästgödsel- en naturlig resurs*. Jordbruksverket, Jordbruksinformation 5, Jönköping.
- Svedinger, S. 1988. *Byggnader- Material, Teknik för jordbruk och trädgård*, utgåva 2. LTs Förlag, Stockholm. ISBN: 91-36-02585-2.
- Svennberg, K. 2006. *Moisture Buffering in the Indoor Environment*. Doktorsavhandling, Byggnadsfysik LTH, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBH- 1016. ISBN: 91-88722-36-8
- Svensk Standard, 2014. *Lantbruksbyggnader- ventilations- och värmebehov i djurstallar*. SS 951050, utgåva 3. Standardiseringskommissionen i Sverige (SIS), Stockholm.
- Svensk Standard, 1992. *Lantbruksbyggnader- ventilation, uppvärmning och klimatanalys i värmeisolerade djurstallars- och värmebehov i djurstallar- Beräkningsregler*. SS 951050, utgåva 2. Standardiseringskommissionen i Sverige (SIS), Stockholm.
- SvRF, 2014. *Ridbaneunderlag- en guide*. Ridsportförbundet Information och media, version 1. Svenska ridsportförbundet, Strömsholm.
- SvRF, 2008. *Bygga för häst- Enkla byggråd för stall, ridhus, ridbana, hage*. Svenska ridsportförbundet, Strömsholm.
- Sällvik, K., Ehrlemark, A. 2010. *Klimatisering och ventilation i djurstallar*. Undervisningskompendium, Lantbrukets byggnadsteknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Sällvik, K. 2005. *Husdjurens värmebalans och termiska närmiljö*. Undervisningskompendium, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, JBT, Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp-Ultuna.
- Sällvik, K., Ehrlemark, A. 2007. *Fuktig luft*. Undervisningskompendium, Lantbrukets byggnadsteknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.
- USDF, 2000. *Under Foot- The USDF Guide to Dressage Arena Construction, maintenance and Repair*. Upplaga 2000, U.S. Dressage Federation, Lincoln, Nebraska, USA.
- Ventorp, M., Michanek, P. 2001. *Att bygga häststall- En idéhandbok*. Upplaga 2. Institutionen för Jordbrukets Biosystem och Teknologi, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Viitanen, H., Ritschkoff, A.C. 1991. *Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature*. Rapportnr. 221. Institutionen för virkeslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Viitanen, H. 2004. *Critical conditions for the mould growth in concrete and in other materials contacted with concrete - durability of concrete against mould growth*. VTT-WORK-6, Finland.

Viitanen, H., Bjurman, J. 1994. Mould growth on wood at fluctuating humidity conditions. *Material und Organismen*, vol. 29(1), ss. 27-46.

Viitanen, H. 1994. Factors affecting the development of biodeterioration in wooden constructions, *Materials and Structures*, vol. 27 (8), ss. 483-493.

Webster, A.J.F., Clark, A.F., Madelein T.M., Wathes C.M. 1987. Air hygiene in stables 1: effects of stable design, ventilation and management on the concentration of respirable dust. *Equine Veterinary Journal*, vol. 19, ss. 448-453.

Wheeler, E. F. 2006. *Horse Stable and Riding Arena Design*. Blackwell Publishing. Upplaga 1, Iowa, USA, Blackwell Publishing Professional.

Wheeler, E.F., Diehl, N.K., Zajaczkowski, J. L., Brown, D. 2006. Particulate Matter Characterization in Equestrian Riding Arenas. *Transactions of the ASABE*, vol. 49(5) ss. 1529-1538.

Wheeler, E.F., Diehl, N.k., Zajaczkowski, J.L. 2003. *Temperature and humidity in indoor riding arenas during cold weather*. An ASAE Meeting Presentation, Paper no 034090. The Pennsylvania State University American society of Agriculture and Biological Engineers.

Wheeler, E. F., Graves, R. E., Zajaczkowski, J.L., Tyson, J.T., McFarland, D.F., Richie, P. 2001. Protocol for Determination of Environmental Parameters in Animal Housing. Proceedings of Sixth International Livestock Environment Symposium, ASAE, St. Josephs, MI. pp. 359-366.

Wälinder, R., Riihimäki, M., Bohlin, S., Hogstedt, C., Nordquist, T., Raine, A., Pringle, J., Elfman, L. 2011. Installation of mechanical ventilation in a horse stable: effects on air quality and human and equine airways. *Environmental Health Preventive Medicine*, vol. 16(4) ss. 264-272.

### **Personliga meddelanden**

Ehrlemark, A., juni 2015a, personligt meddelande, Praktek

Ehrlemark, A., juni 2015b, personligt meddelande, Praktek

Ehrlemark, A., november 2015c, personligt meddelande, Praktek

Ehrlemark, A., mars 2014, personligt meddelande, Praktek

SMHI, 2014, personligt meddelande, kundtjänst

SJV, 2014, personligt meddelande, kundtjänst

Jacob Lindh AB, 2015, personligt meddelande, kundtjänst

## Internetkällor

Acetec, (2014). Avfuktare- Sorptionsavfuktare. Tillgänglig:

[http://www.acetec.se/Produkter/Avfuktare\\_Konsument](http://www.acetec.se/Produkter/Avfuktare_Konsument), [2015-11-18].

Ehrlemark, A. (2013a). Planera ridhus och stall så att det finns plats för en bra ventilation.

Tillgänglig: <http://www.stallfakta.se/planera-ridhus-och-stall-sa-att-det-finns-plats-for-en-bra-ventilation/>, [2014-05-20].

Ehrlemark, A., (2013b). Fuktproblem i ridhus. Tillgänglig: <http://www.stallfakta.se/fuktproblem-i-ridhus/>, [2014-05-20].

Ehrlemark, A., (2012). Stall och ventilation för hästar. PowerPoint presentation. Praktek.

Tillgängligt: [http://www.ptek.se/wp-content/uploads/2013/05/ByggaHäst\\_kort.pdf](http://www.ptek.se/wp-content/uploads/2013/05/ByggaHäst_kort.pdf), [2016-02-10].

Jones, M. S., (2014) Responsible Horse Care for Winter and Summer. Tillgänglig:

<http://www.extension.org/pages/25671/responsible-horse-care-for-winter-and-summer#.VbTzpxaJXUo>, [2015-07-26].

Kichener, N., (2008). Quit eating dirt- Indoor arena dust control. Canadian thoroughbred.

Tillgänglig: <http://www.horse-canada.com/archives/quit-eating-dirt-indoor-arena-dust-control/>, [2015-01-09].

LFS, Ljunby Fuktkontroll & Sanering AB, (2014). Sorptionsavfuktare- Effektiva avfuktare i kalla utrymmen. Tillgänglig: <http://www.lfs-web.se/sorptionsavfuktare.htm>, [2015-11-10].

Nilsson, S., (2005). Vad påverkar ditt värmebehov? Tillgänglig:

<http://www.varmahus.se/varmeguiden/vg2-ditt-varmebehov.php>, [2016-02-10]

SMHI (2015a). Luftfuktighet. Tillgänglig:

<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910>). [2015-07-26]

SMHI (2015b). Skånes klimat. Tillgänglig:

<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/skanes-klimat-1.4827>, [2015-07-26]

Träguiden, (2003). Mikroorganismer. Tillgänglig: <http://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper/bestandighet1/mikroorganismer1/>, [2016-02-10]

Zulovich, J. M., (1993). Ventilation for warm confinement livestock buildings. Department of Agricultural Engineering. University of Missouri Extension. Tillgänglig:

<http://extension.missouri.edu/p/G1107>, [2016-09-15]

## 9. Bilagor

- I. Enpunktskalibrering RF
- II. Enpunktskalibrering temperatur
- III. Resultat ridhus A
- IV. Resultat ridhus B
- V. Resultat ridhus C
- VI. Resultat ridhus D
- VII. Resultat ridhus E
- VIII. Resultat ridhus F
- IX. Resultat ridhus G
- X. Resultat ridhus H
- XI. Resultat ridhus I
- XII. Resultat ridhus J
- XIII. Resultat ridhus K
- XIV. Resultat ridhus L
- XV. Indikation på vattenavdunstning från underlaget
- XVI. Frågeformulär enkätstudie

## I Enpunktskalibrering av mätinstrument, RF, (%)

### Korreakta värden

Mätpunkt 1	Mätpunkt 2	Mätpunkt 3	Mätpunkt 4
100	75	79	76

### Mätvärden

	Mätpunkt 1	Mätpunkt 2	Mätpunkt 3	Mätpunkt 4	Medelavv., %
<b>Logg 1</b>	27,8*	77,6	77	72,1	- 1, 1
<b>Logg 2</b>	51,9*	78,8	77,7	72	- 0,5
<b>Logg 3</b>	-0,5*	75	76	70	- 3,0
<b>Logg 4</b>	80,7*	85	85	77,3	5,8
<b>Logg 5</b>	13,2*	77	78	71,2	- 1,3
<b>Logg 6</b>	40,9*	80	79	73,5	0,8
<b>Logg 7</b>	21,4*	78	79	73,6	0,2
<b>Logg 8</b>	27,6*	78	78	72,9	- 0,4
<b>Logg 9</b>	- 2,9*	76	76	71	- 1,7
<b>Logg 10</b>	99,8	79,8	79	73,1	0,4
<b>Logg 11</b>	97,7	80,6	79	74,5	0,5
<b>Logg 12</b>	34,6*	77,6	77	71,6	0,9
<b>AZ 8723</b>	99,9	-	80	73	- 0,7
<b>TFA</b>					
<b>Dostmann/ Wertheim 1</b>	95	73	84	67	- 2,8
<b>TFA</b>					
<b>Dostmann/ Wertheim 2</b>	96	73	82	70	- 2,3

\*Orimliga värden som ej inkluderats i medelavvikelsen.



## II Enpunktskalibrering av mätinstrument, temperatur, (°C)

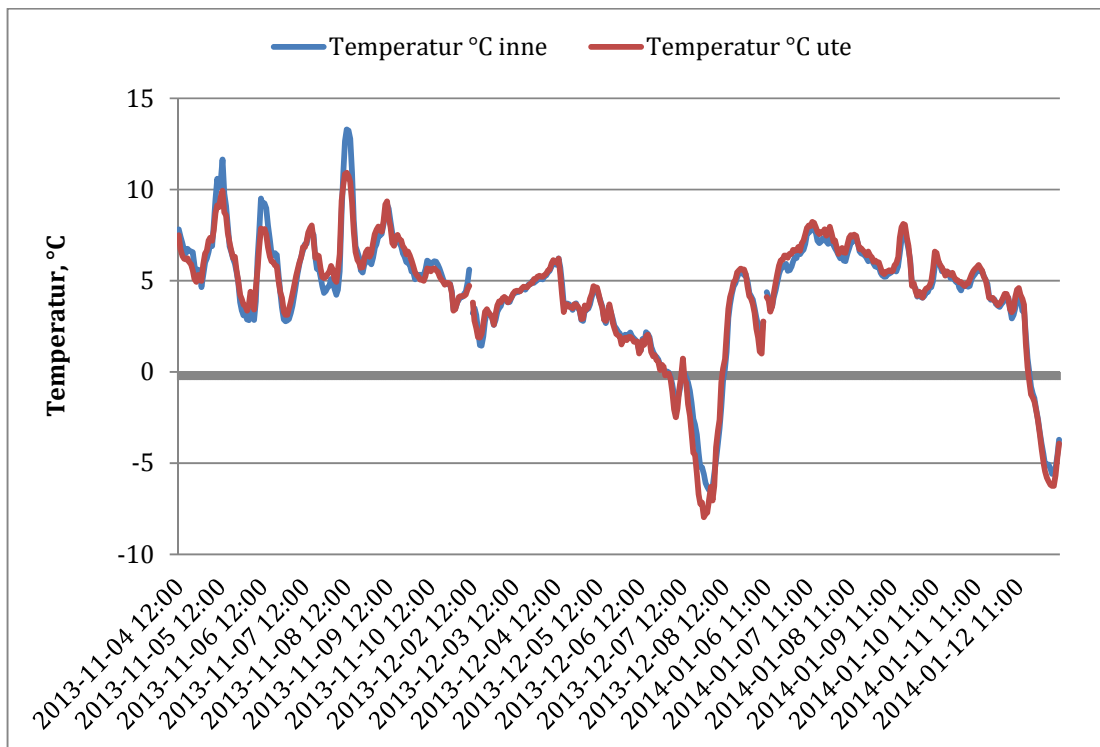
### Korreakta värden

Mätpunkt 1	Mätpunkt 2	Mätpunkt 3	Mätpunkt 4
32,5	16	13	16,5

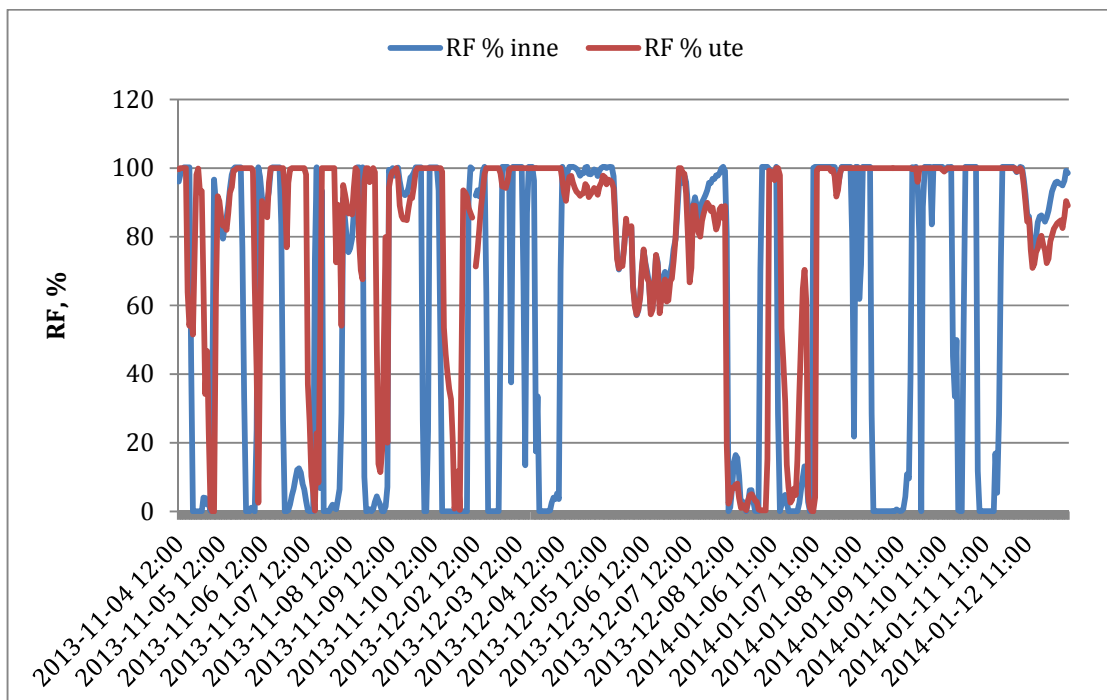
### Mätvärden

	Mätpunkt 1	Mätpunkt 2	Mätpunkt 3	Mätpunkt 4	Medelavv., %
<b>Logg 1</b>	31,8	16	13,5	16,5	- 0,05
<b>Logg 2</b>	30,6	16,2	13,8	16,7	0,18
<b>Logg 3</b>	30,1	16,0	13,5	16,2	0,65
<b>Logg 4</b>	31,6	16,1	13,7	16,6	0,00
<b>Logg 5</b>	31,0	16,2	13,8	16,2	- 0,20
<b>Logg 6</b>	30,0	16,1	13,7	16,3	0,48
<b>Logg 7</b>	30,1	16,4	14	16,9	0,15
<b>Logg 8</b>	30,8	16,2	13,8	16,6	- 0,15
<b>Logg 9</b>	29,7	16,0	13,4	16,2	0,68
<b>Logg 10</b>	31,9	16,3	13,6	16,4	0,05
<b>Logg 11</b>	30,3	16,0	13,5	16,5	0,43
<b>Logg 12</b>	30,6	16,2	13,9	16,8	- 0,13
<b>AZ 8723</b>	32,5	-	12,9	16,6	0,00
<b>TFA</b>					
<b>Dostmann/ Wertheim 1</b>	33,8	16,8	13,2	17,1	0,08
<b>TFA</b>					
<b>Dostmann/ Wertheim 2</b>	33,0	16,3	13	16,7	0,25

### III Resultat ridhus A



Figur. 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus A och ute mätt av datalogger.



Figur. 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus A och ute mätt av datalogger.

Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus A och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	83,7	85,5	85,4	83,8	83,5	-
	Temperatur, °C	7,7	7,6	7,6	7,7	7,8	-
	AF, g/kg	5,5	5,6	5,6	5,5	5,6	
	Väderförhållande	Ihållande regn och lätt blåst					
Dec	RF, %	80,5	82	74	77	82,5	70,6
	Temperatur, °C	0,4	0,3	1,6	1,8	0,9	1,2
	AF, g/kg	3,2	3,3	3,2	3,4	3,4	2,9
	Väderförhållande	Klart och soligt. Obs! solen värmer ena delen av ridhuset.					
Jan	RF, %	84	84	85,6	86,8	85,3	86,0
	Temperatur, °C	3,9	3,8	3,8	3,8	3,9	4,0
	AF, g/kg	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	
	Väderförhållande	Halvklart, stundtals uppsprickande					



Figur 3. Ridhus A sett inifrån.

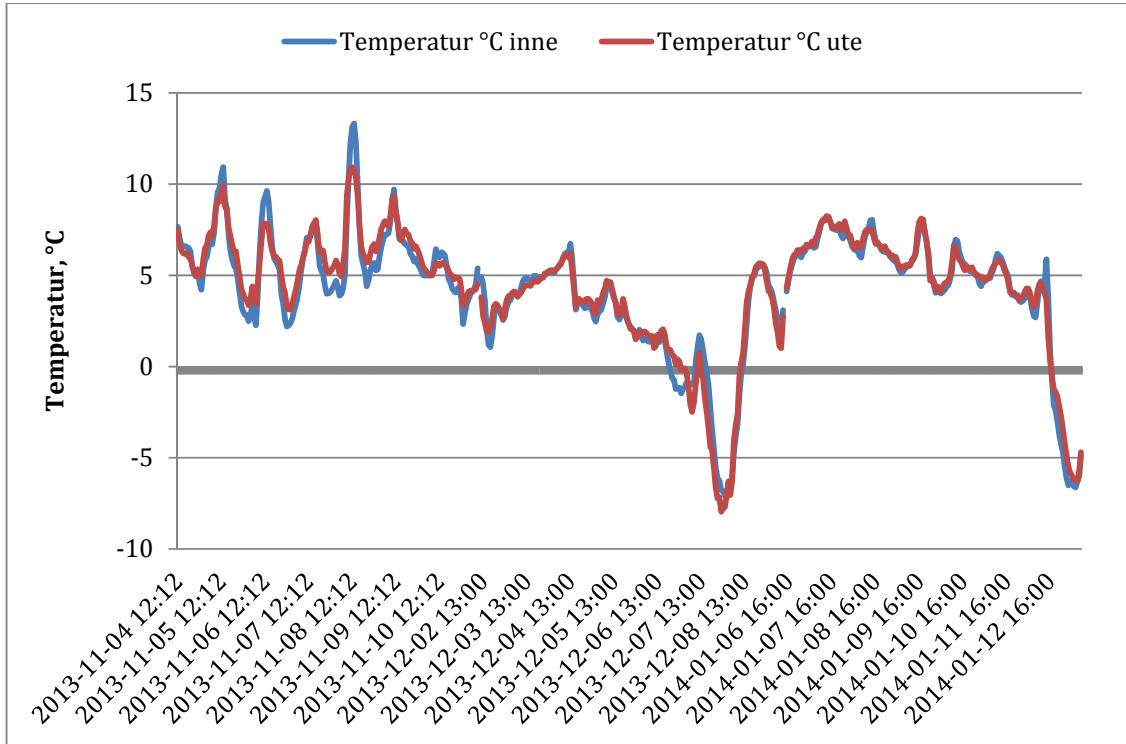
Foto: Ulrika Hansson



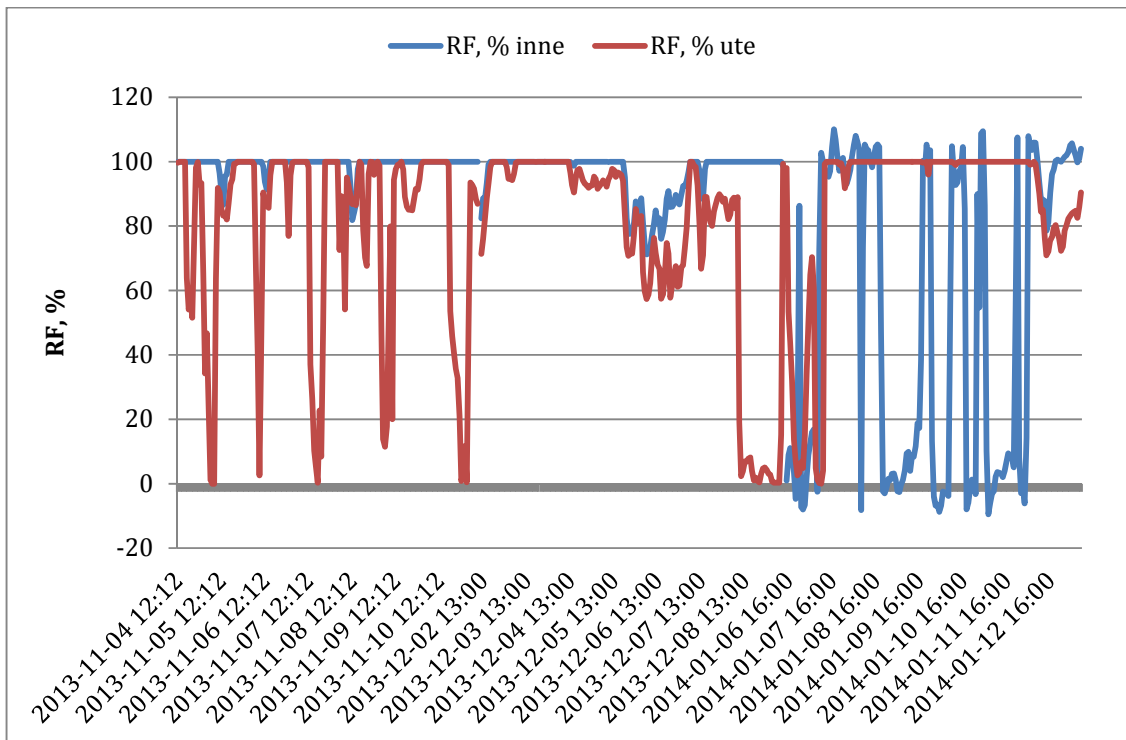
Figur 4. Ridhus A sett utifrån.

Foto: Ulrika Hansson

## IV Resultat ridhus B

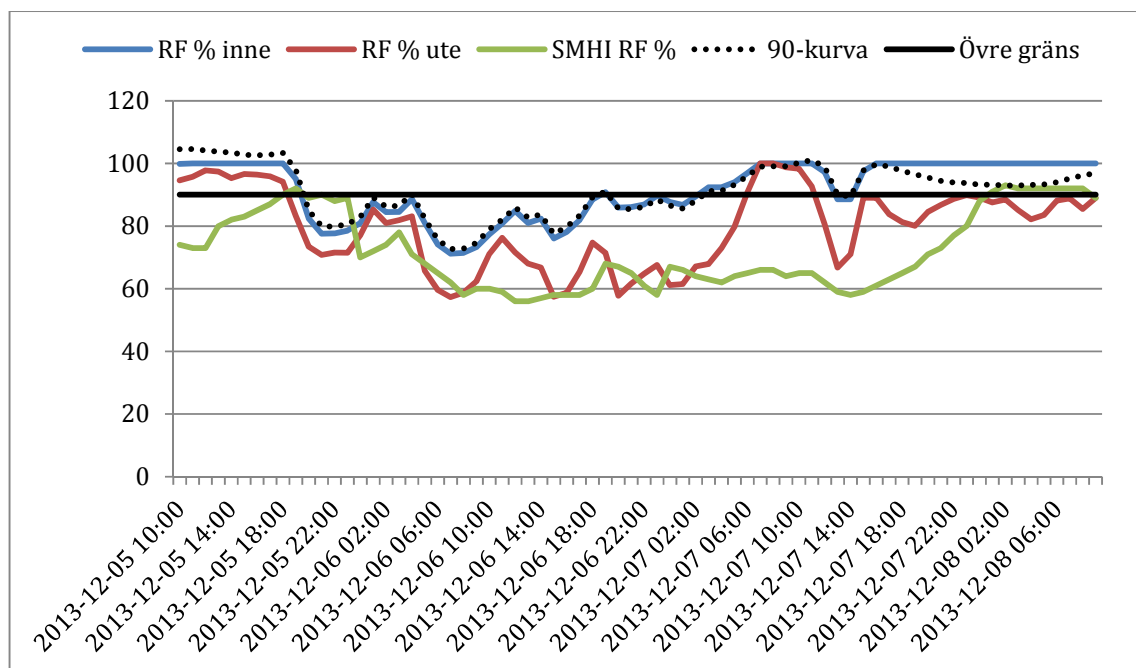


Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus B och ute mätt av datalogger.



Figur 2. Okorrigerade RF-värden över dygnsvariationen i ridhus B och ute mätt av datalogger. Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus B och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	90,5	87,6	91	88,8	90	-
	Temperatur, °C	5,9	6,0	5,9	5,9	6,0	-
	AF, g/m <sup>3</sup>	5,3	5,1	5,3	5,2	5,3	-
	Väderförhållande	Halvklart, svag vind					
Dec	RF, %	93,1	92,6	93,7	94,8	94,1	85
	Temperatur, °C	2,5	2,7	2,6	2,6	2,6	1,3
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,3	4,3	4,3	4,4	4,3	2,9
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll					
Jan	RF, %	79,9	81	84,3	84,1	84,0	68
	Temperatur, °C	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,0	-4,5
	AF, g/m <sup>3</sup>	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	1,8
	Väderförhållande	Klart, uppehåll					



Figur 3. Korrigerade värden över dygnsvariationen av och RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur ( $T + RF$ -kurvan) i ridhus B. Den övre gränsen beskriver "max 90-regeln". För jämförelse, SMHI:s RF-data från den lokala väderstationen.

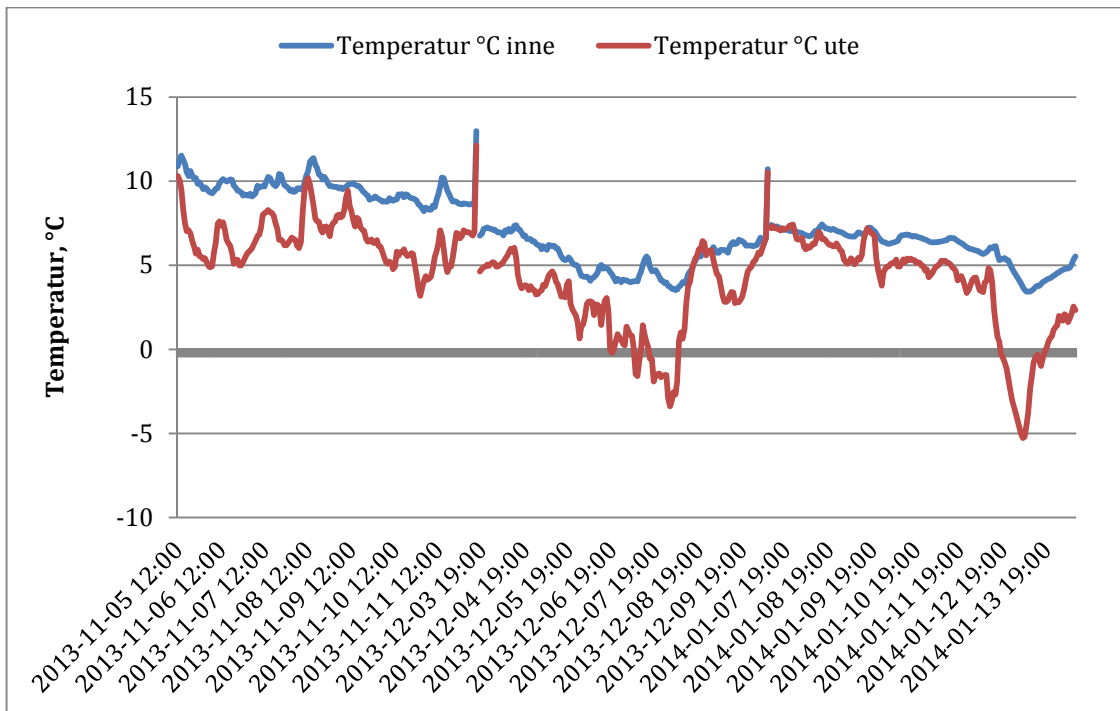


*Figur 4. Ridhus B sett inifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

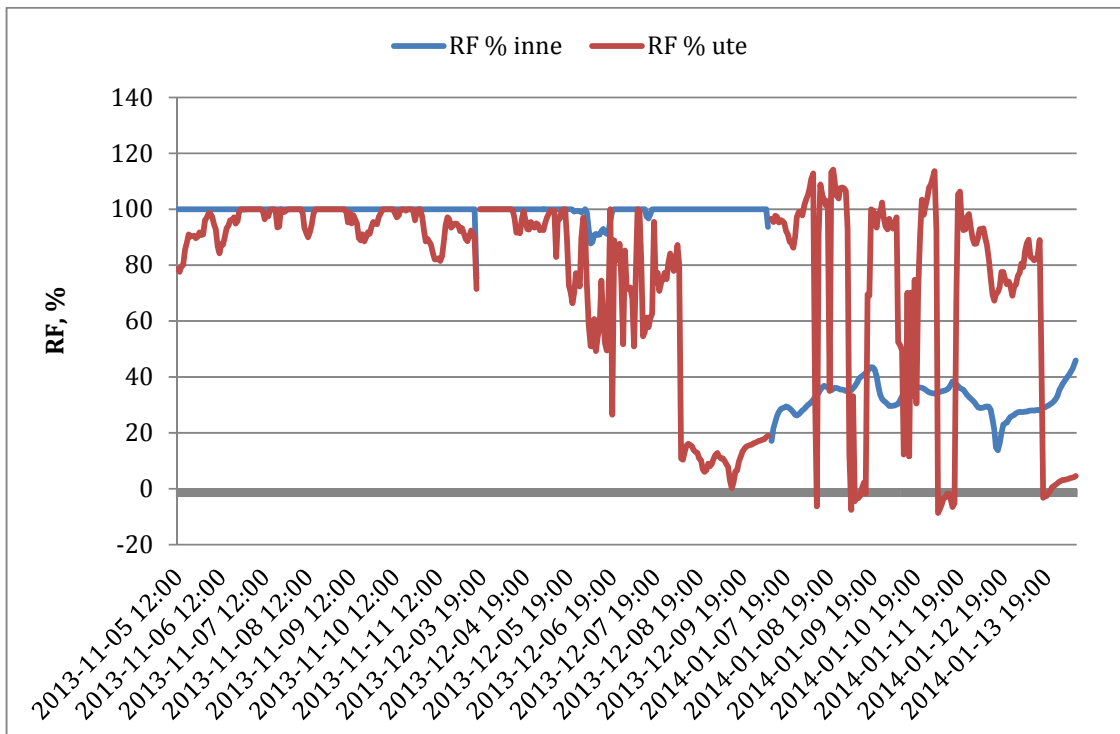


*Figur 5. Ridhus B sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

## V Resultat ridhus C



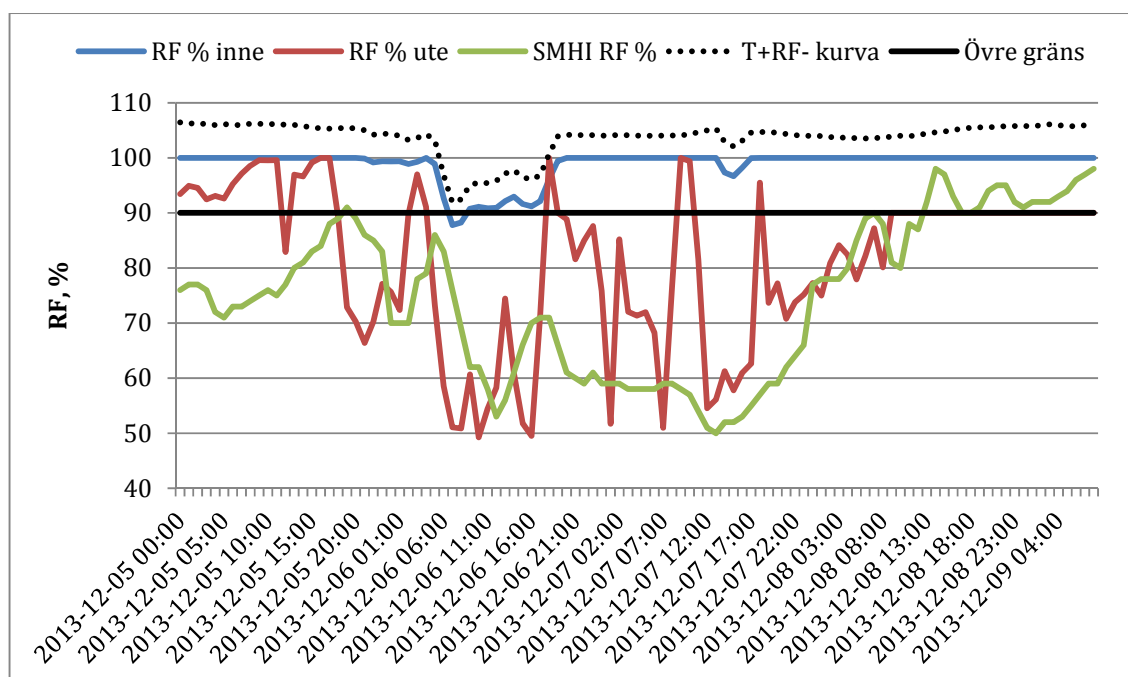
Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus C och ute mätt av datalogger.



Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus C och ute mätt av datalogger.

Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus C och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	91	91	91,9	93	91,7	-
	Temperatur, °C	11,2	11,1	10,9	10,7	11,1	-
	AF, g/m <sup>3</sup>	7,53	7,53	7,60	7,44	7,58	
	Väderförhållande	Halvklart, stundtals soligt. Blåsig.					
Dec	RF, %	96,1	96,6	89	89,3	95,7	91,2
	Temperatur, °C	7,0	6,8	7,7	7,5	7,0	3,7
	AF, g/m <sup>3</sup>	6,05	6,09	5,80	5,82	6,03	4,50
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll					
Jan	RF, %	96,4	96	96	97,8	97,8	87,3
	Temperatur, °C	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,7
	AF, g/m <sup>3</sup>	6,29	6,26	6,26	6,38	6,38	5,69
	Väderförhållande	Halvklart, uppehåll					



Figur 3. Korrigerade värden över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur (T + RF- kurvan) i ridhus C. Den övre gränsen beskriver "max 90-regeln". För jämförelse, SMHI:s RF-data från den lokala väderstationen.



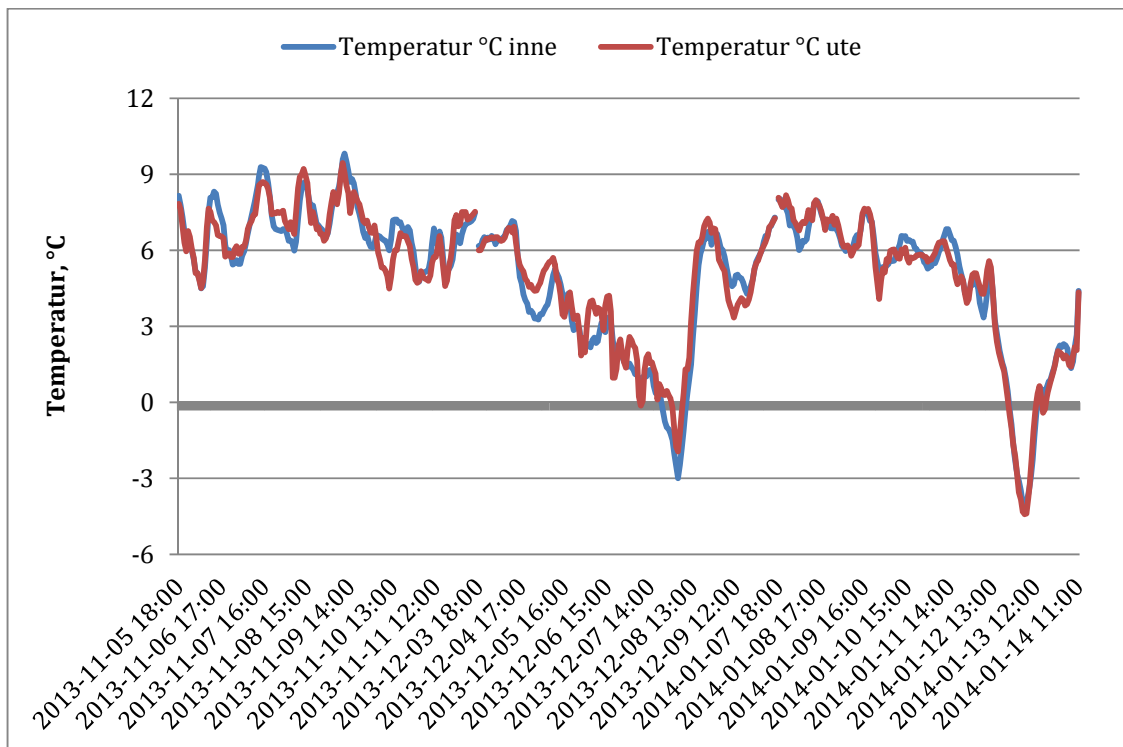


*Figur 4. Ridhus C sett inifrån.  
Foto: Ulrika Hansson.*

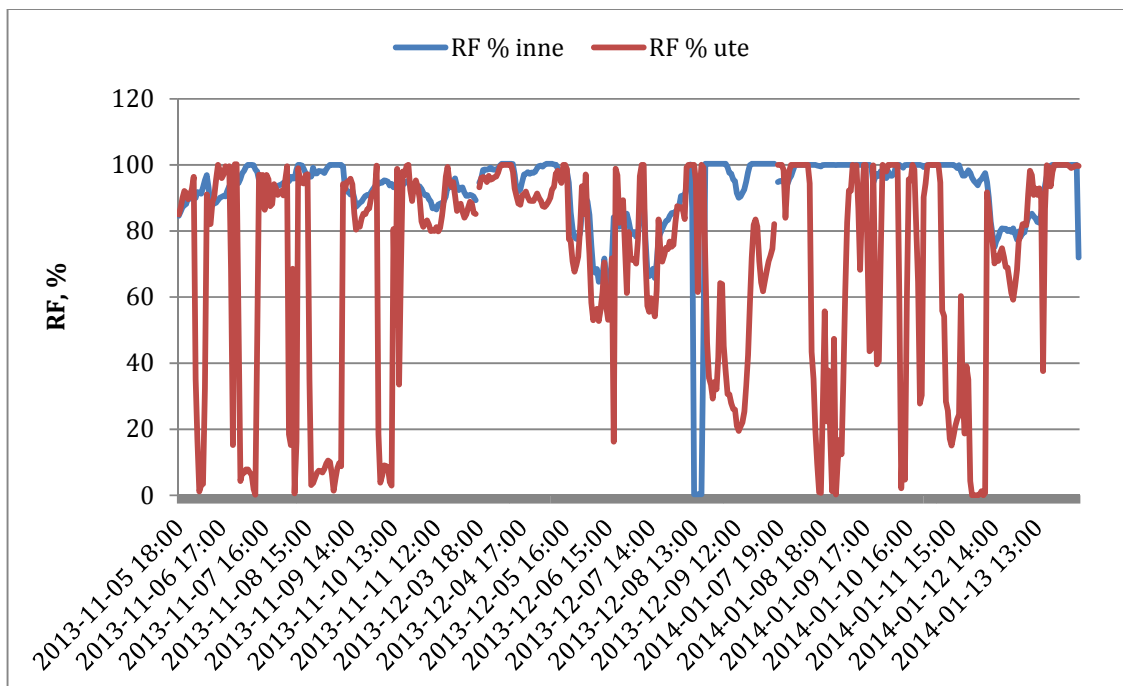


*Ridhus 5. Ridhus C sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

## VI Resultat ridhus D



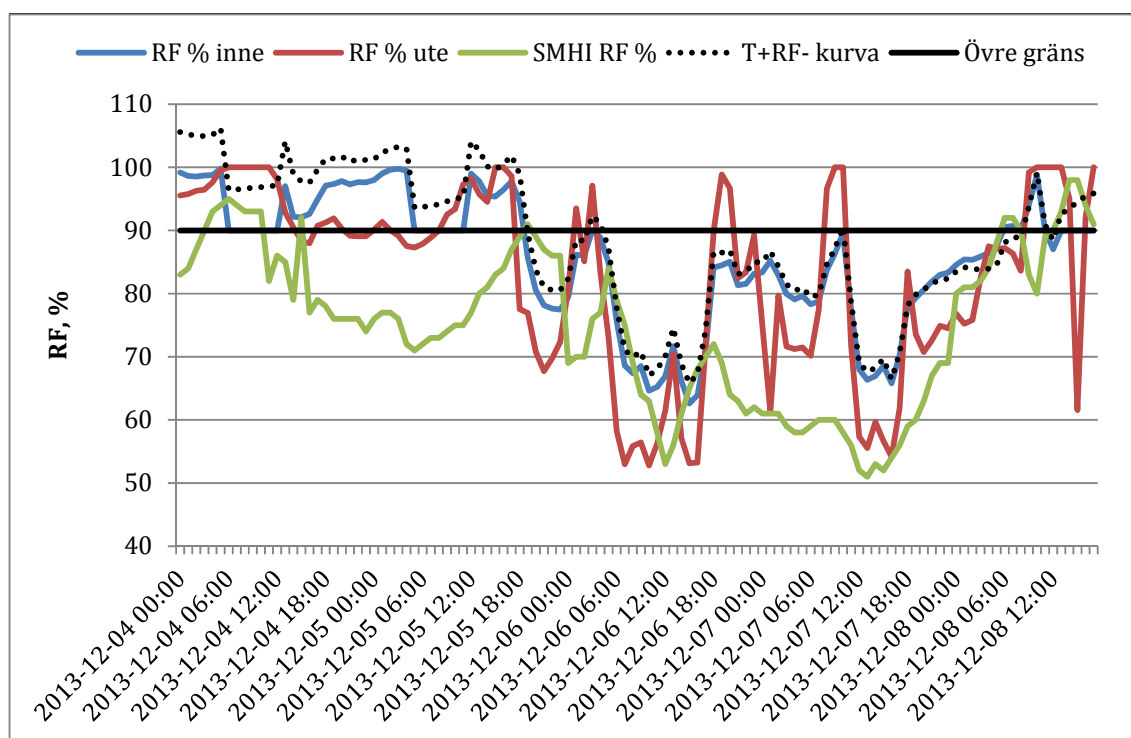
Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus D och ute mätt av datalogger.



Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus D och ute mätt av datalogger.

Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus D och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	81,5	80,7	82,2	84,0	84,1	-
	Temperatur, °C	8,0	7,6	7,4	7,5	7,4	-
	AF, g/m <sup>3</sup>	5,5	5,3	5,4	5,5	5,5	-
	Väderförhållande	Ihållande regn och blåst					
Dec	RF, %	94,2	93,1	92,8	94,4	95,5	99,9
	Temperatur, °C	8,0	8,0	8,1	8,1	8,1	7,9
	AF, g/m <sup>3</sup>	6,4	6,3	6,3	6,4	6,4	6,7
	Väderförhållande	Mulet, duggregn					
Jan	RF, %	87,5	86,5	88,0	88,0	88,0	93,5
	Temperatur, °C	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	2,2
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,2	4,1	4,2	4,2	4,2	4,1
	Väderförhållande	Dimma, uppehåll					

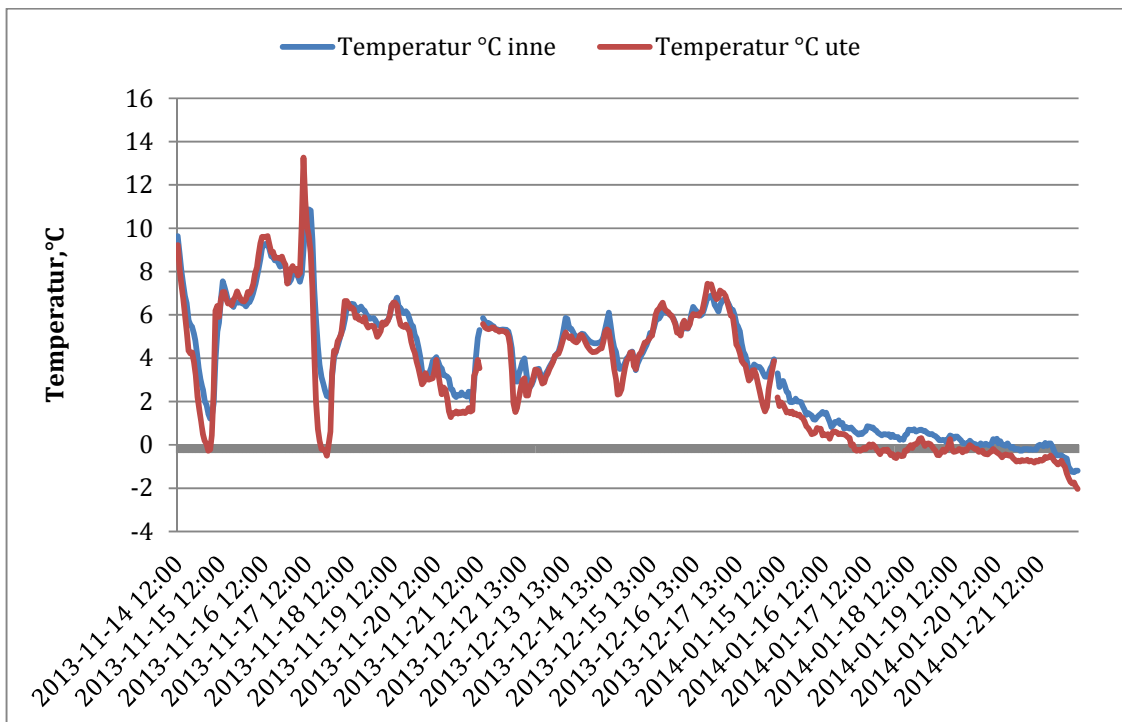


Figur 3. Korrigerade värden över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur (T + RF- kurvan) i ridhus D. Den övre gränsen beskriver "max 90-regeln". För jämförelse, SMHIs RF-data från den lokala väderstationen.

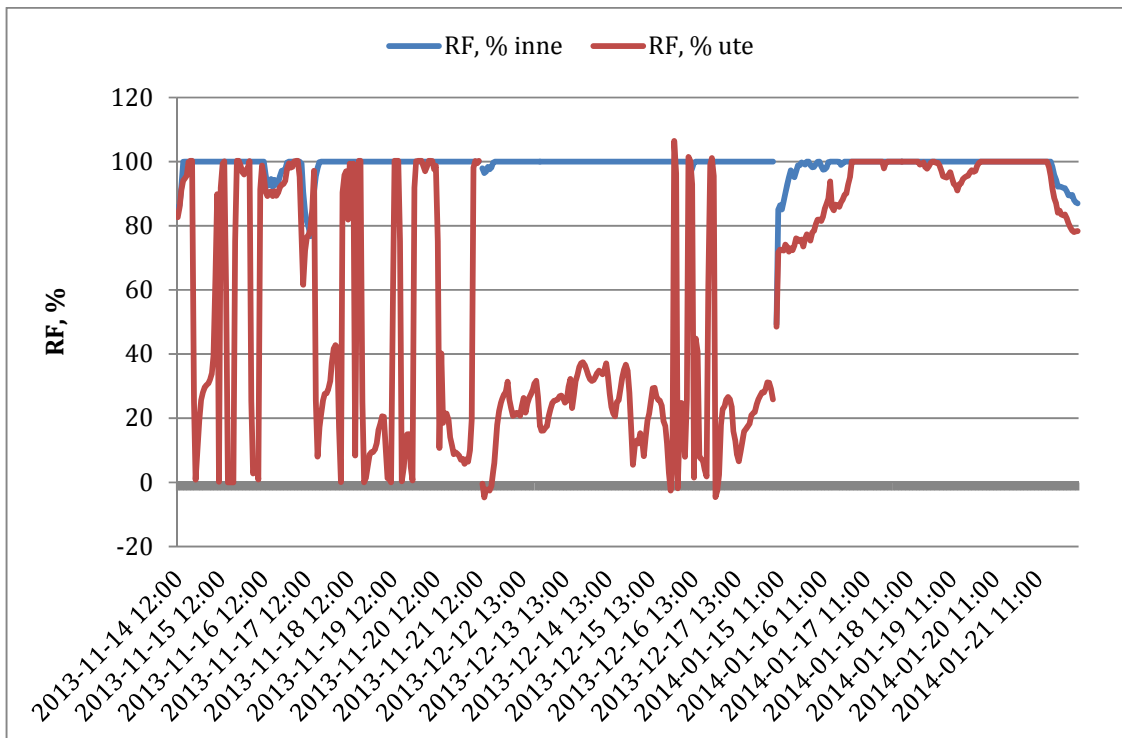


*Figur 4. Ridhus D sett inifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

## VII Resultat ridhus E



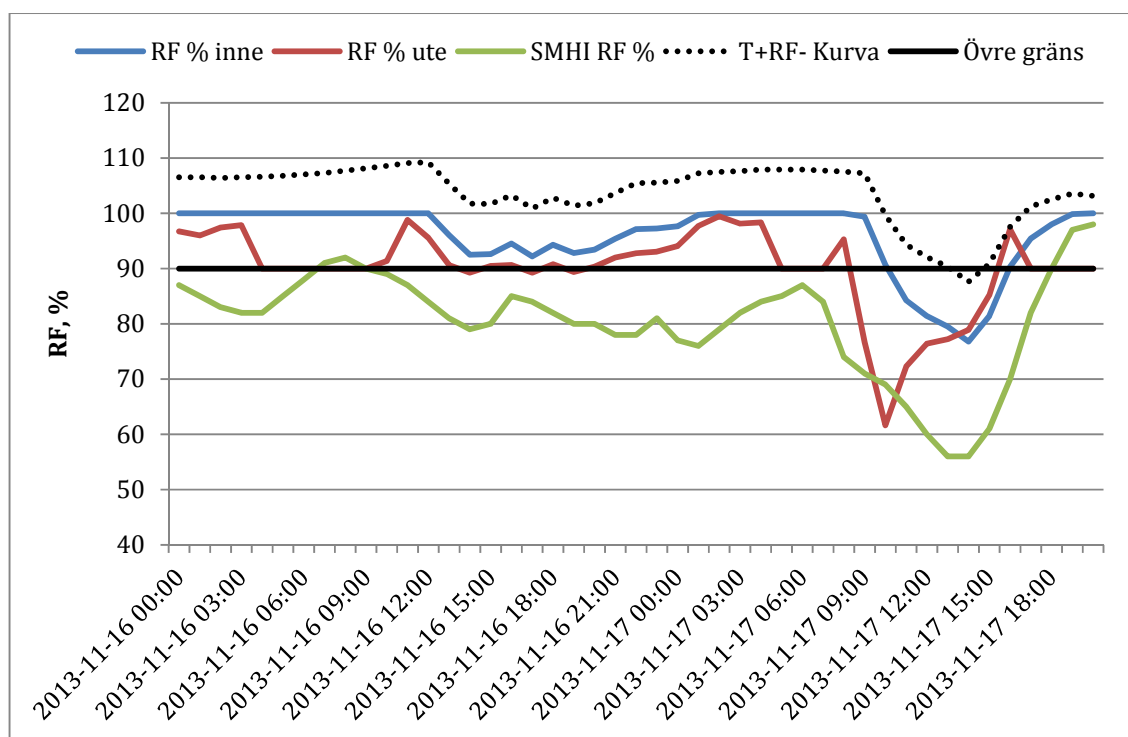
Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus E och ute mätt av datalogger.



Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus E och ute mätt av datalogger.

Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus E och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	81,2	84,3	86,5	88,0	85,5	-
	Temperatur, °C	8,2	7,6	7,5	7,3	7,8	-
	AF, g/m <sup>3</sup>	5,5	5,5	5,6	5,7	5,8	
	Väderförhållande	Molnigt, uppehåll och svag vind					
Dec	RF, %	87,0	88,7	89,8	91,0	87,0	91,0
	Temperatur, °C	5,6	5,5	5,4	5,3	5,7	5,4
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,9	5,0	5,1	5,2	4,9	5,2
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll					
Jan	RF, %	76,0	80,0	80,2	78,9	80,0	62,6
	Temperatur, °C	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9
	AF, g/m <sup>3</sup>	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	2,8
	Väderförhållande	Molnigt, uppehåll					



Figur 3. Korrigerade värden över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur (T + RF- kurvan) i ridhus E. Den övre gränsen beskriver "max 90-regeln". För jämförelse, SMHIs RF-data från den lokala väderstationen.

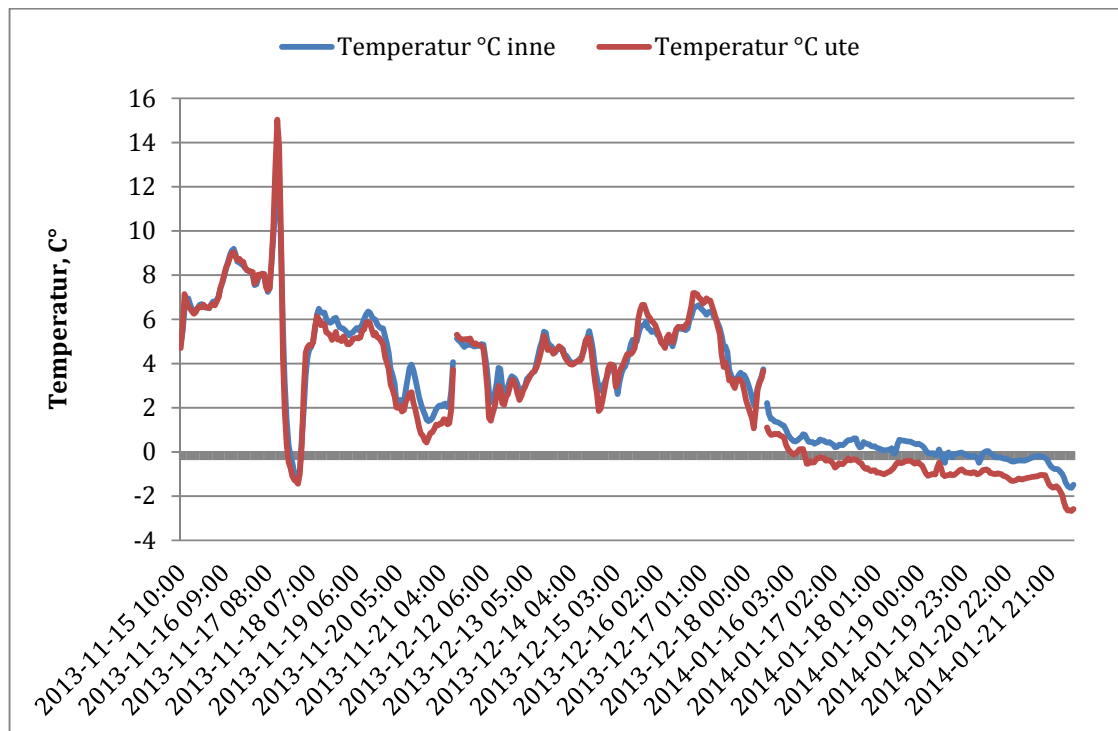


*Figur 4. Ridhus E sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

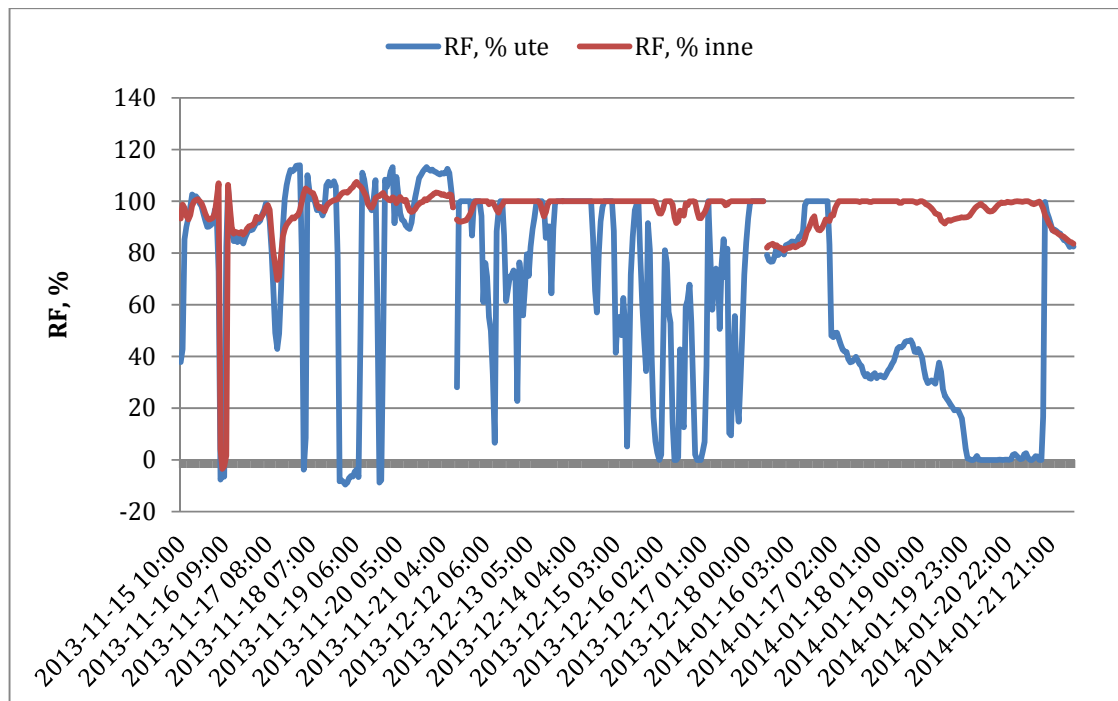


*Figur 5. Ridhus E sett inifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

## VIII Resultat ridhus F



Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus F och ute mätt av datalogger.

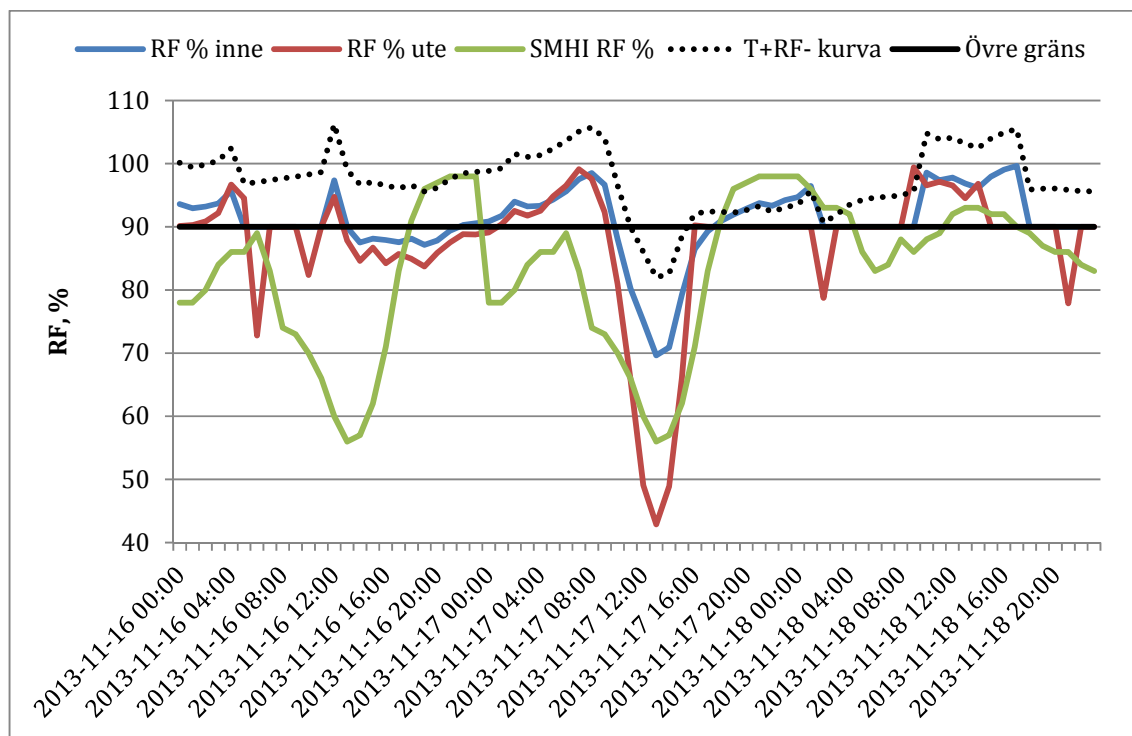


Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus F och ute mätt av datalogger.



Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus F och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	83,8	84,7	84,0	86,1	83,6	84,0
	Temperatur, °C	4,0	4,0	4,1	4,0	4,0	3,0
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,3	4,3	4,3	4,4	4,3	2,6
	Väderförhållande	Mulet, stundtals duggregn					
Dec	RF, %	87,0	87,4	91,5	90,7	89,0	89,3
	Temperatur, °C	4,5	4,6	4,5	4,5	4,6	4,4
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,6	4,6	4,8	4,8	4,7	4,7
	Väderförhållande	Växlande molnighet					
Jan	RF, %	66,3	66,0	67,6	67,5	69,4	60,3
	Temperatur, °C	-1,7	-1,7	-1,4	-1,4	-1,7	-2,2
	AF, g/m <sup>3</sup>	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,0
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll. Snö på marken					



Figur 3. Korrigerade värden över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur ( $T + RF$ - kurvan) i ridhus F. Den övre gränsen beskriver "max 90-regeln". För jämförelse, SMHIs RF-data från den lokala väderstationen.

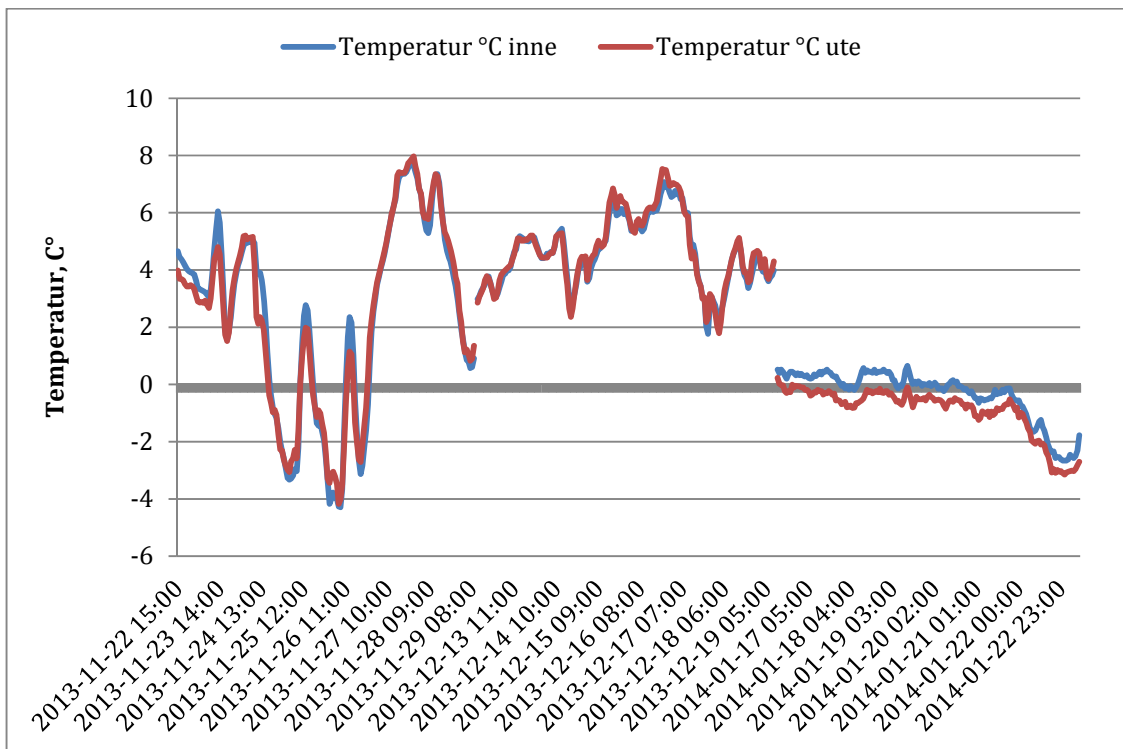


*Figur 4. Ridhus F sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

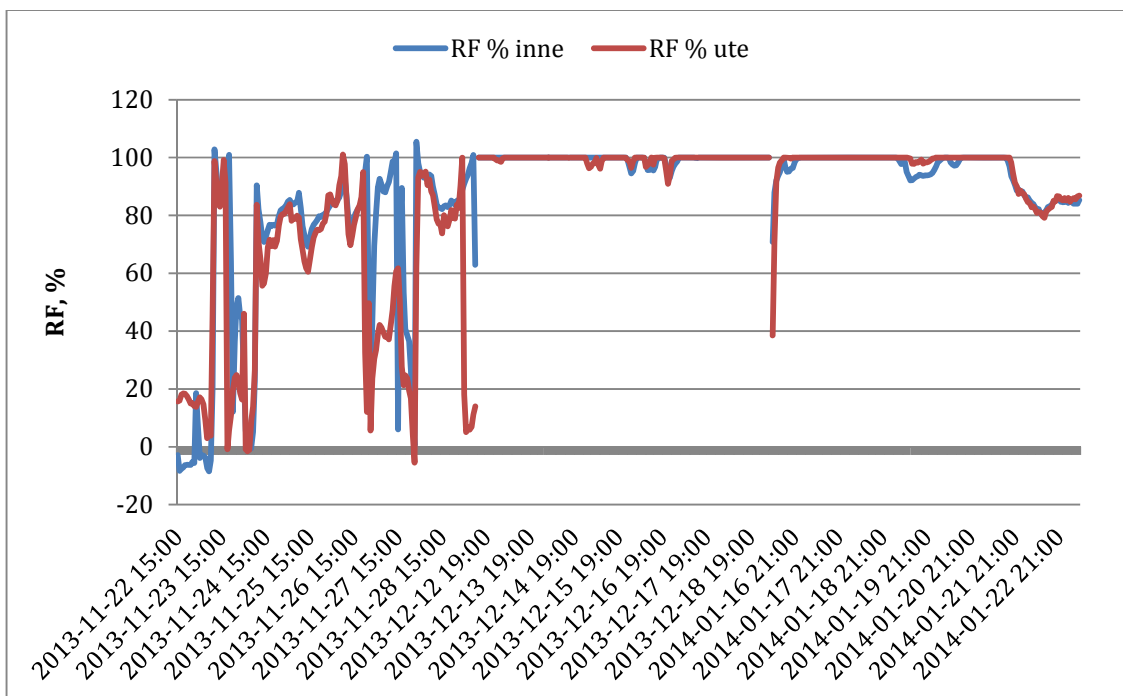


*Figur 5. Ridhus F sett inifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

## IX Resultat ridhus G



Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus G och ute mätt av datalogger.



Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus G och ute mätt av datalogger.

Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus G och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	83,0	87,0	93,0	93,8	90,5	-
	Temperatur, °C	6,8	6,5	5,9	6,0	6,0	-
	AF, g/m <sup>3</sup>	5,2	5,3	5,5	5,5	5,3	
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll och svag vind					
Dec	RF, %	92,1	91,8	94,4	94,8	93,1	94,0
	Temperatur, °C	3,0	2,9	2,8	3,1	2,8	2,9
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,4	4,4	4,5	4,5	4,4	4,5
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll					
Jan	RF, %	72,4	72,6	73,2	72,6	72,3	75,5
	Temperatur, °C	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,1
	AF, g/m <sup>3</sup>	2,9	2,9	2,9	2,0	2,9	2,9
	Väderförhållande	Mulet, stundtals lätt snöfall					

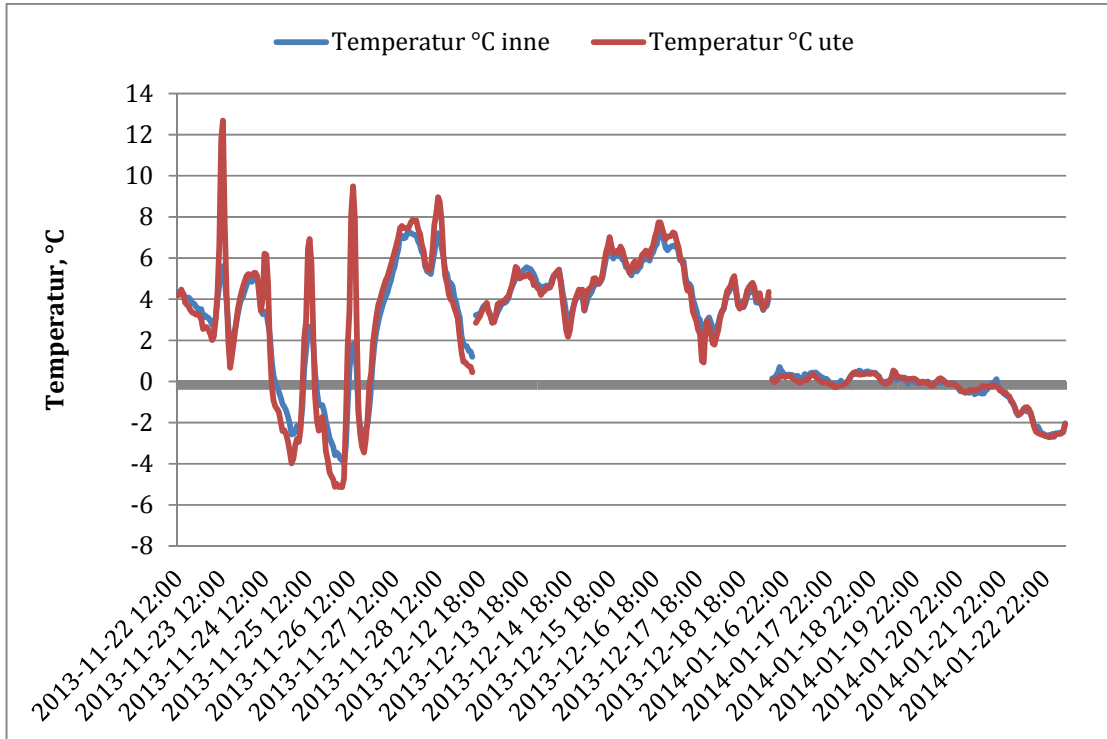


Figur 4. Ridhus G sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson

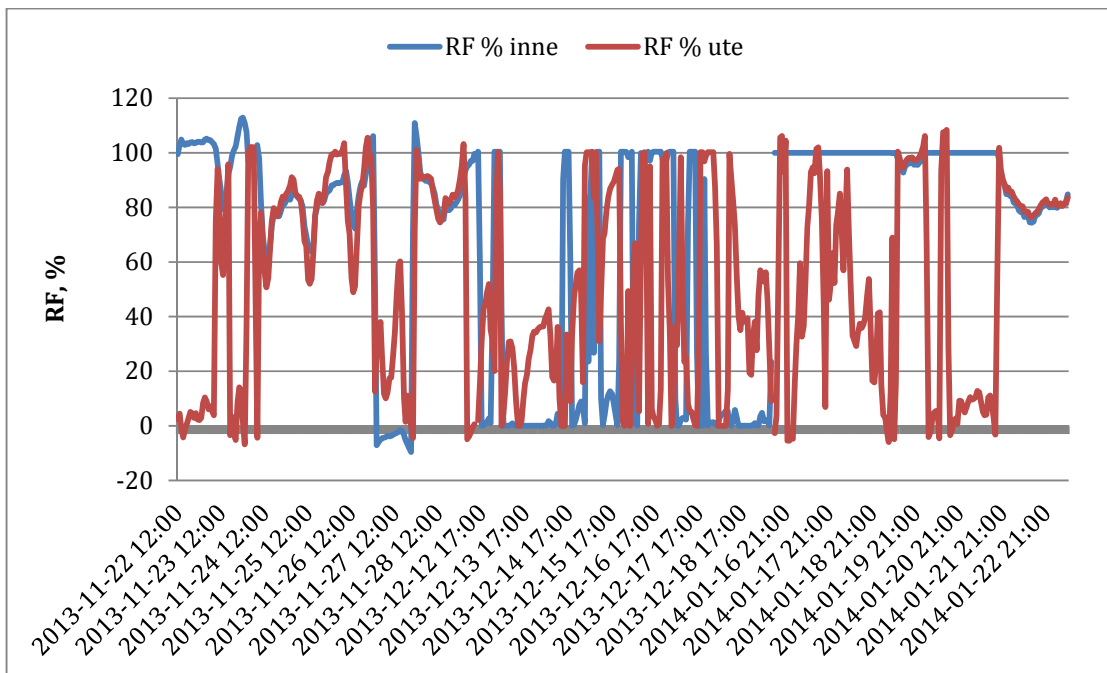


Figur 3. Ridhus G sett  
inifrån.  
Foto: Ulrika Hansson

## X Resultat ridhus H



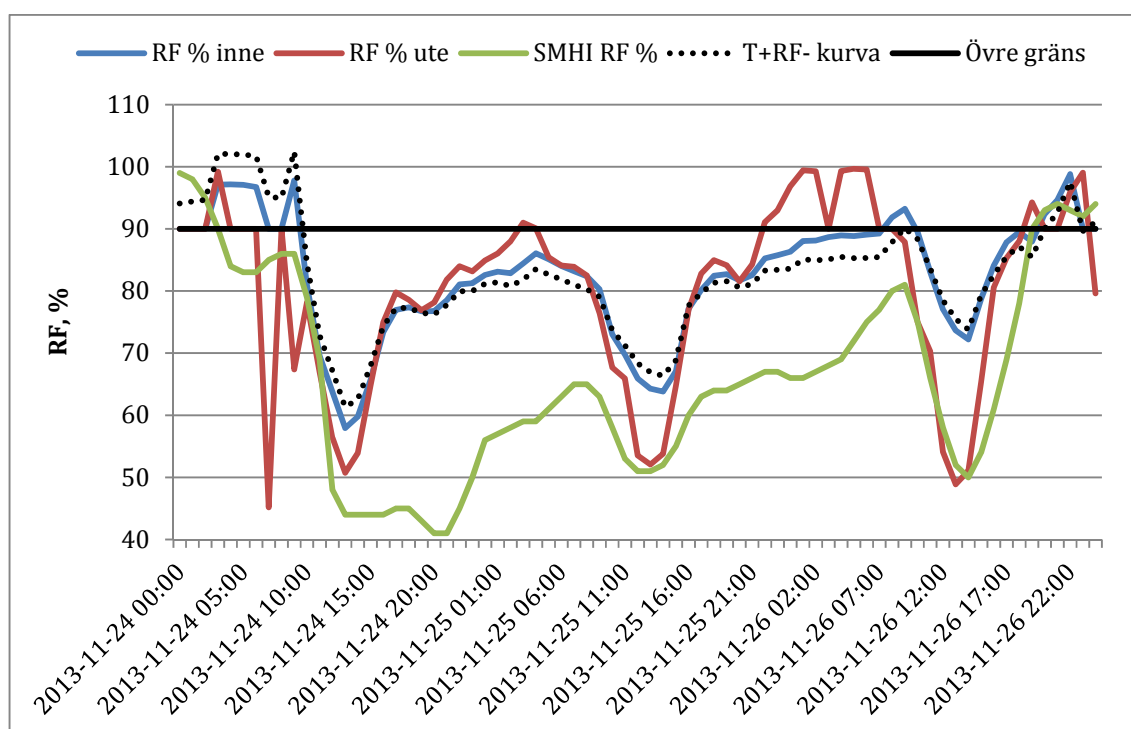
Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus H och ute mätt av datalogger.



Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus H och ute mätt av datalogger.

Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus H och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	97,0	94,4	93,8	94,4	94,0	97,7
	Temperatur, °C	4,4	4,3	4,4	4,2	4,4	4,0
	AF, g/m <sup>3</sup>	5,1	5,0	5,0	4,8	5,0	5,0
	Väderförhållande	Mulet, ihållande regn. Svag vind.					
Dec	RF, %	83,9	84,0	82,8	82,6	83,7	83,0
	Temperatur, °C	4,8	4,7	4,7	4,7	4,8	4,8
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,6	4,4	4,4	4,4	4,6	4,5
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll					
Jan	RF, %	63,1	62,7	62,2	62,2	62,4	62,5
	Temperatur, °C	-1,2	-1,1	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3
	AF, g/m <sup>3</sup>	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll. Snö på marken.					



Figur 3. Korrigerade värden över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur (T + RF- kurvan) i ridhus H. Den övre gränsen beskriver "max 90-regeln". För jämförelse, SMHI:s RF-data från den lokala väderstationen.

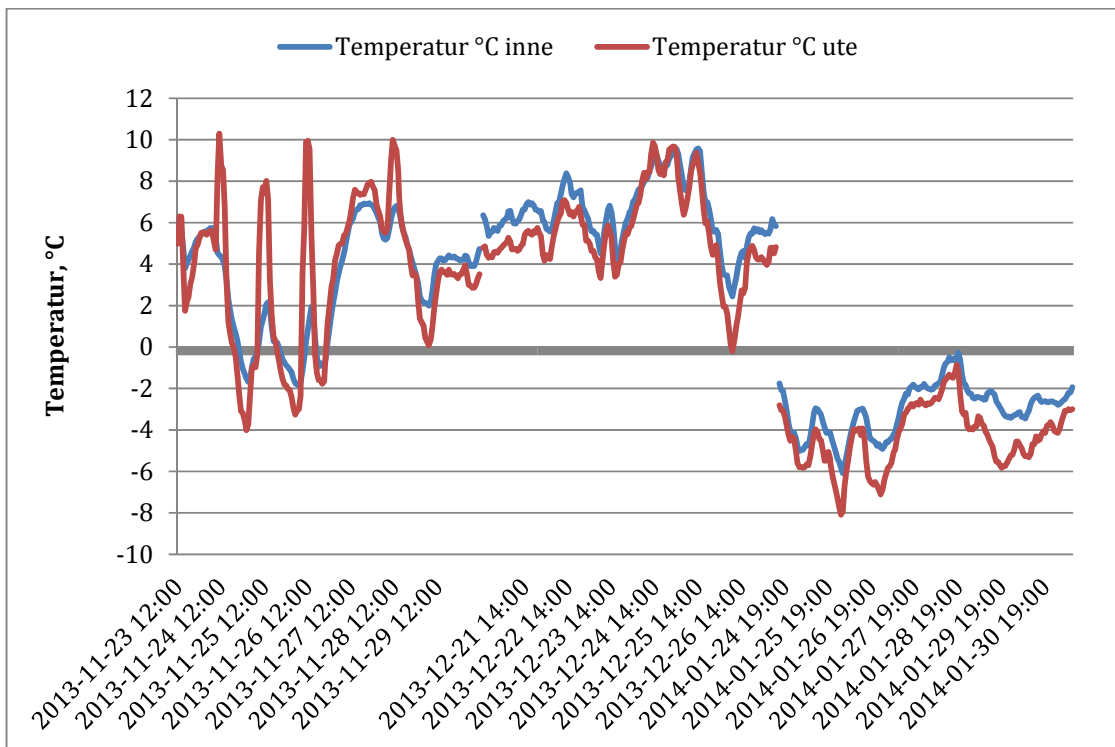


*Figur 4. Ridhus H sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

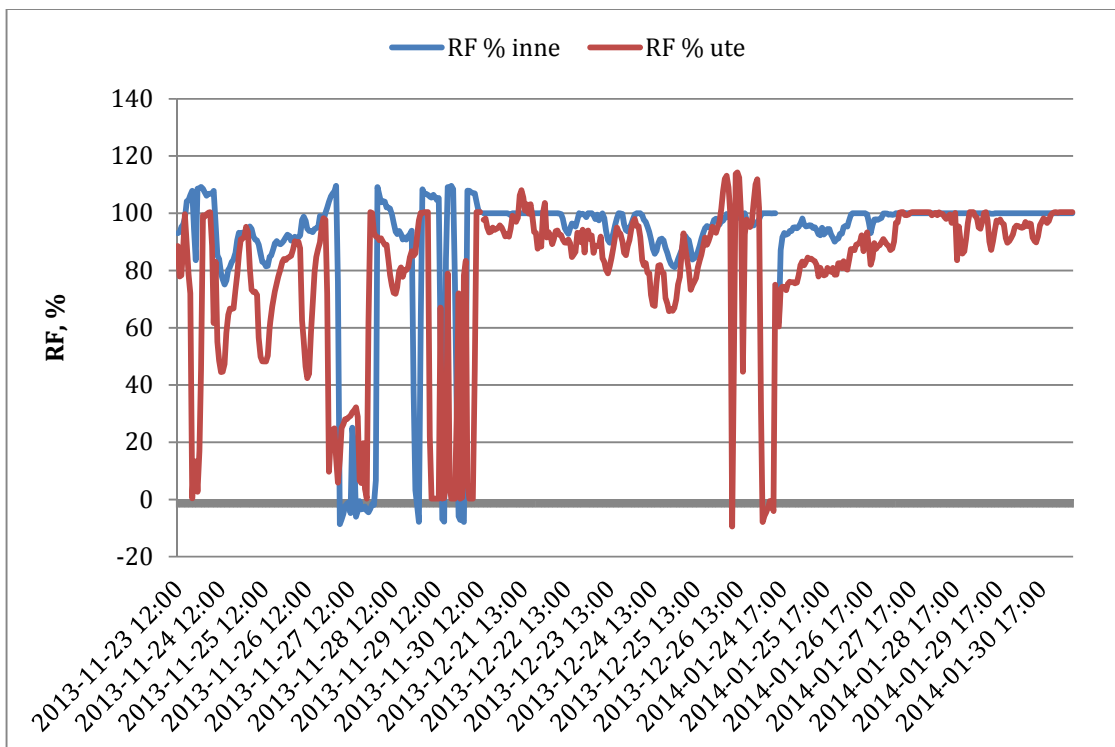


*Figur 5. Ridhus H sett inifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

## XI Resultat ridhus I



Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus I och ute mätt av datalogger.



Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus I och ute mätt av datalogger.



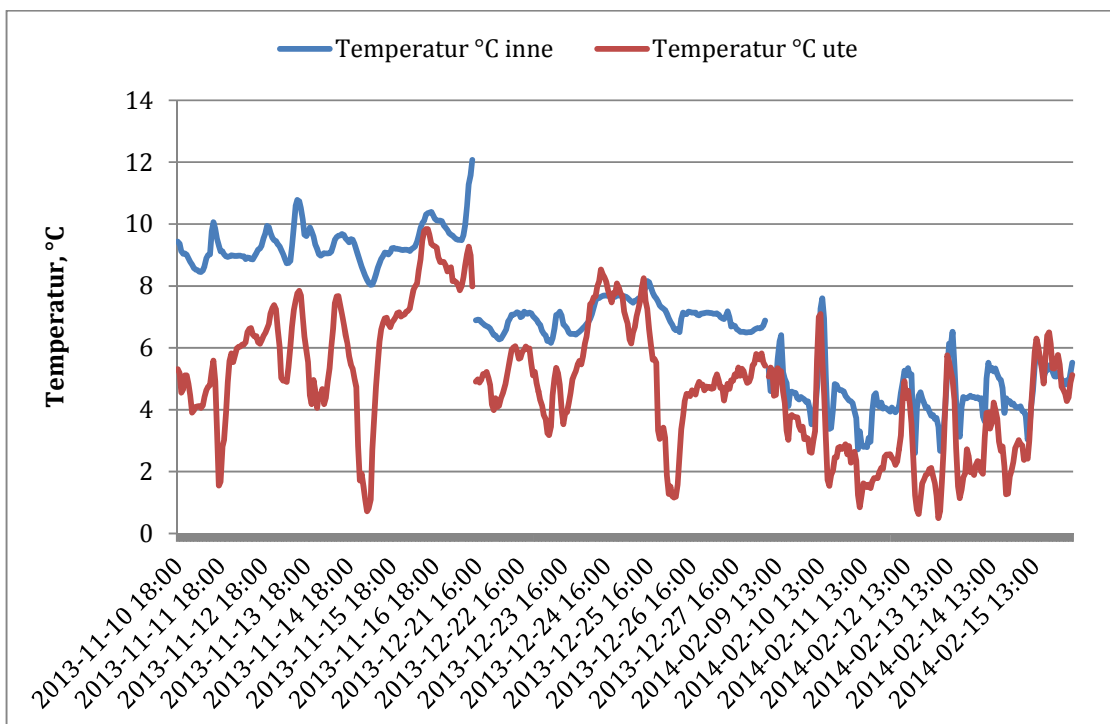
Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus I och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	87,0	87,0	92,4	91,3	89,7	89,7
	Temperatur, °C	4,8	4,7	4,6	4,3	4,5	3,7
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,8	4,6	4,9	4,8	4,7	4,4
	Väderförhållande	Molningt, uppehåll, svag vind					
Dec	RF, %	93,0	92,0	93,1	92,4	91,4	89,7
	Temperatur, °C	3,9	3,9	3,9	3,8	3,9	3,7
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,7	4,7	4,8	4,7	4,7	4,4
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll.					
Jan	RF, %	75,2	76,0	73,0	76,0	75,1	61,0
	Temperatur, °C	-1,3	-1,3	-1,7	-1,7	-1,8	-2,8
	AF, g/m <sup>3</sup>	2,5	2,6	2,5	2,6	2,4	1,8
	Väderförhållande	Stundtals uppsprickande molnighet, uppehåll					

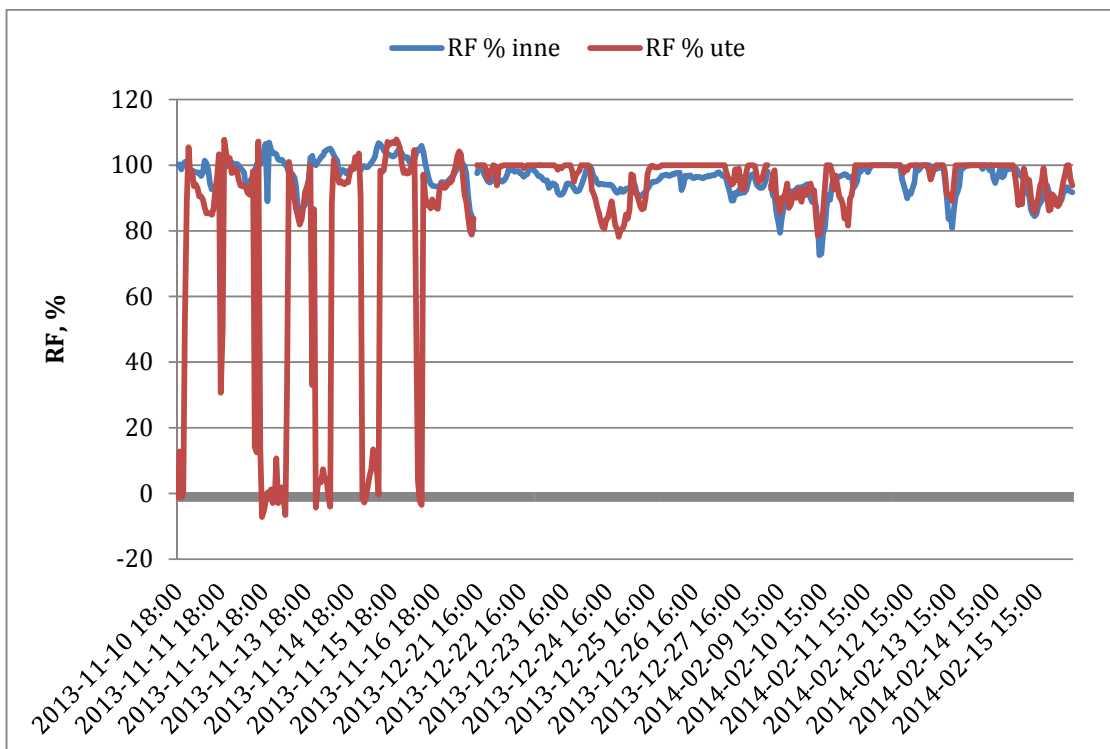


Figur 4. Ridhus I sett inifrån.  
Foto: Ulrika Hansson

## XII Resultat ridhus J



Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus J och ute mätt av datalogger.



Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus J och ute mätt av datalogger.

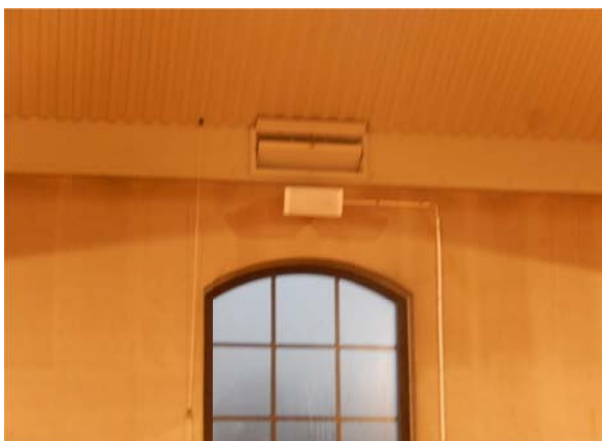
Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus J och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	89,0	94,9	95,7	93,9	92,0	-
	Temperatur, °C	8,8	8,6	8,6	8,5	8,6	-
	AF, g/m <sup>3</sup>	6,43	6,63	6,68	6,56	6,4	
	Väderförhållande	Mulet, ihållande regn. Svag vind.					
Dec	RF, %	89,9	90,6	96,0	96,7	93,7	81,0
	Temperatur, °C	6,1	6,0	6,2	6,1	6,0	5,1
	AF, g/m <sup>3</sup>	5,27	5,31	5,63	5,67	5,49	4,43
	Väderförhållande	Mulet, stundtals regn					
Jan	RF, %	88,9	90,4	91,2	90,9	88,8	92,4
	Temperatur, °C	4,7	4,7	4,6	4,6	4,9	3,7
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,70	4,78	4,82	4,80	4,86	4,55
	Väderförhållande	Mulet, stundtals duggregn					



Figur 3. Ridhus J sett inifrån.

Foto: Ulrika Hansson



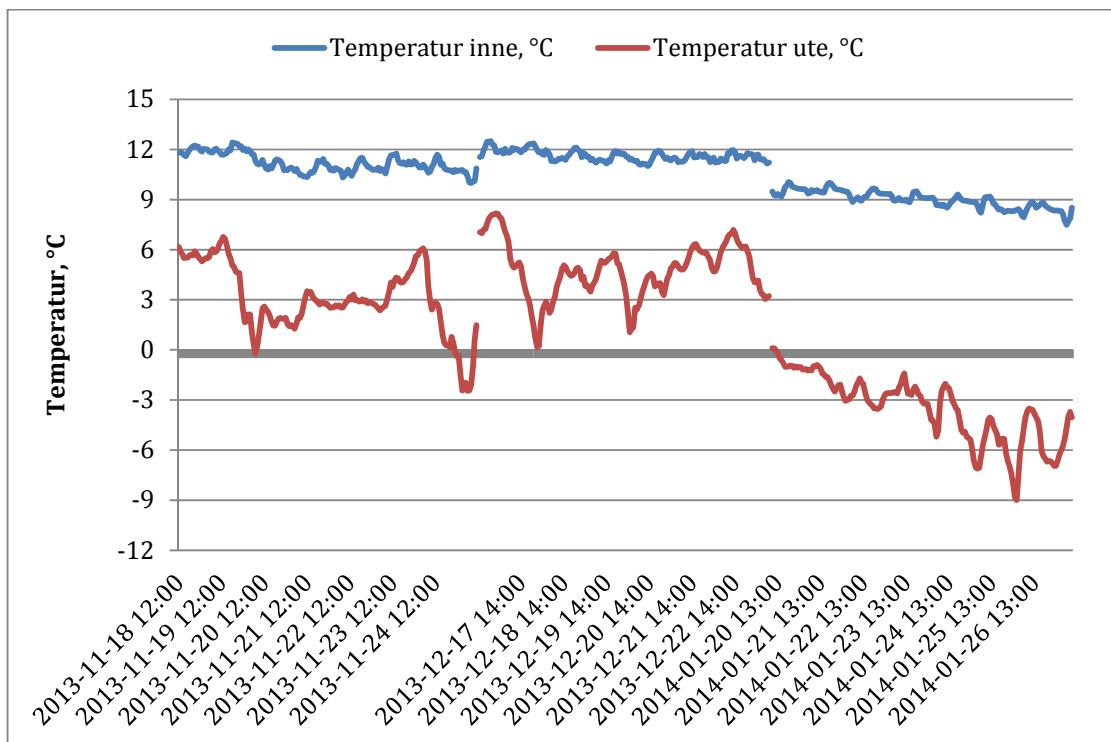
Figur 4. Ventilationsdon för tilluft i ridhus J.

Foto: Ulrika Hansson

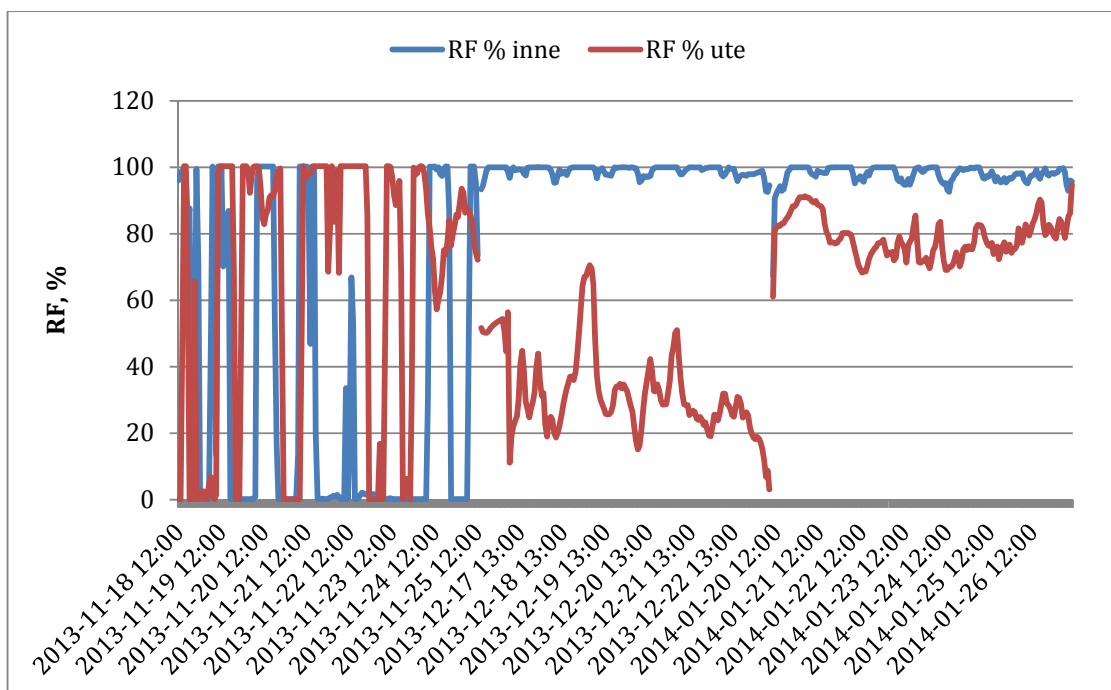


*Figur 5. Ridhus J sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

### XIII Resultat ridhus K



Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus K och ute mätt av datalogger.



Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus K och ute mätt av datalogger.

Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus K och ute.

		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	88,0	87,0	86,0	87,1	85	-
	Temperatur, °C	12,8	12,5	12,2	12,2	11,6	-
	AF, g/m <sup>3</sup>	8,3	8,0	7,6	7,7	7,3	
	Väderförhållande	Mulet, duggregn					
Dec	RF, %	88,3	87,4	85	84,2	84,2	83,0
	Temperatur, °C	11,4	11,5	11,4	11,7	11,3	6,1
	AF, g/m <sup>3</sup>	7,6	7,5	7,3	7,2	7,2	4,9
	Väderförhållande	Mulet, duggregn					
Jan	RF, %	80,9	81,5	80,4	81,7	81,0	73,0
	Temperatur, °C	9,0	9,0	9,1	9,2	8,9	-0,3
	AF, g/m <sup>3</sup>	5,9	5,9	5,8	5,9	5,9	2,7
	Väderförhållande	Mulet, uppehåll. Blåsig.					



Figur 3. Ridhus K sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson

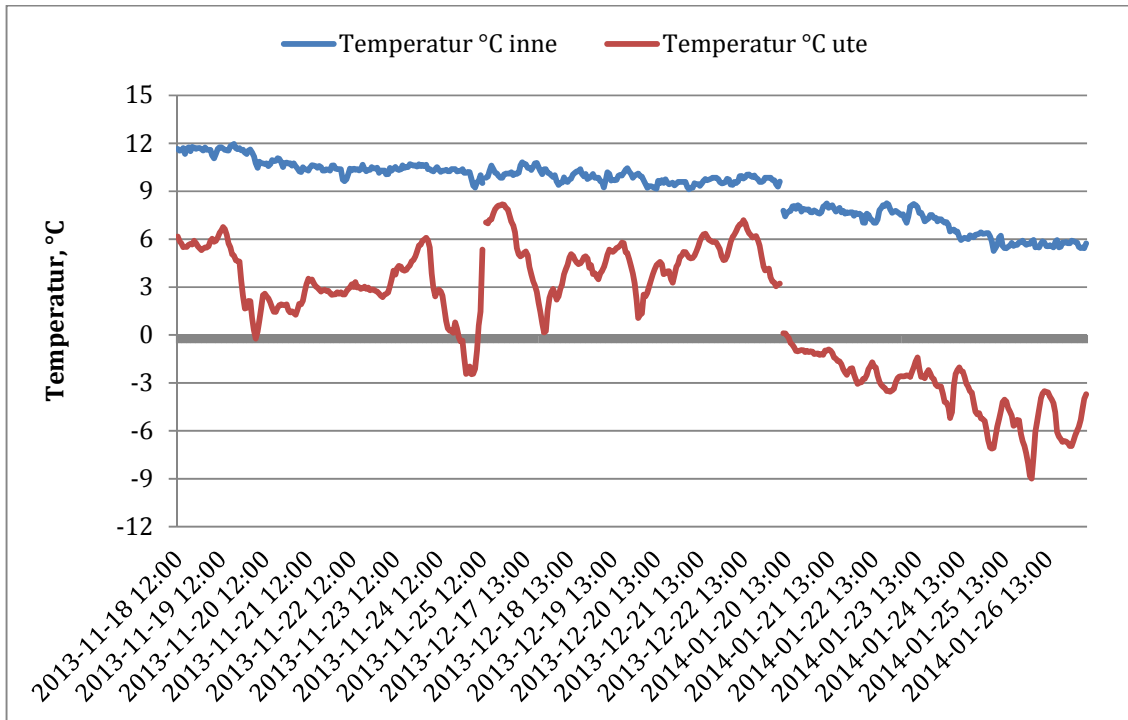


Figur 4. Tallriksventil för tilluft i  
ridhus K. Foto: Ulrika Hansson

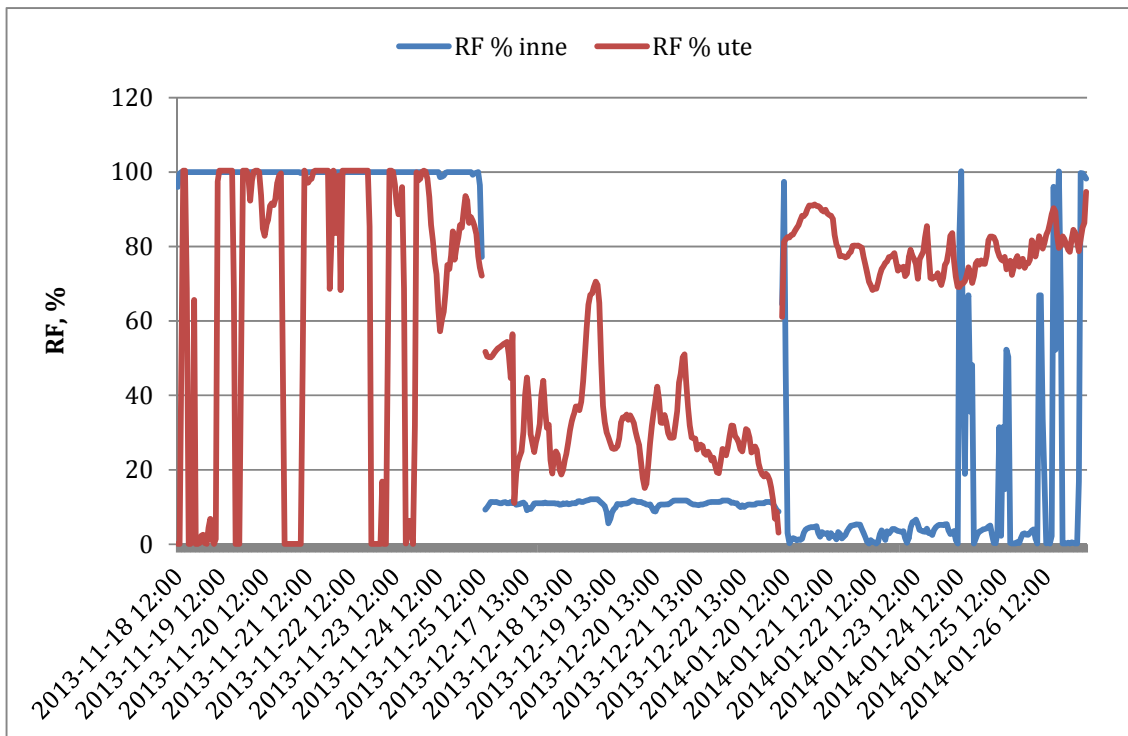


*Figur 5. Ridhus K sett uppifrån läktaren. Foto: Ulrika Hansson*

## XIV Resultat ridhus L



Figur 1. Dygnsvariationen av temperaturen i ridhus L och ute mätt av datalogger.

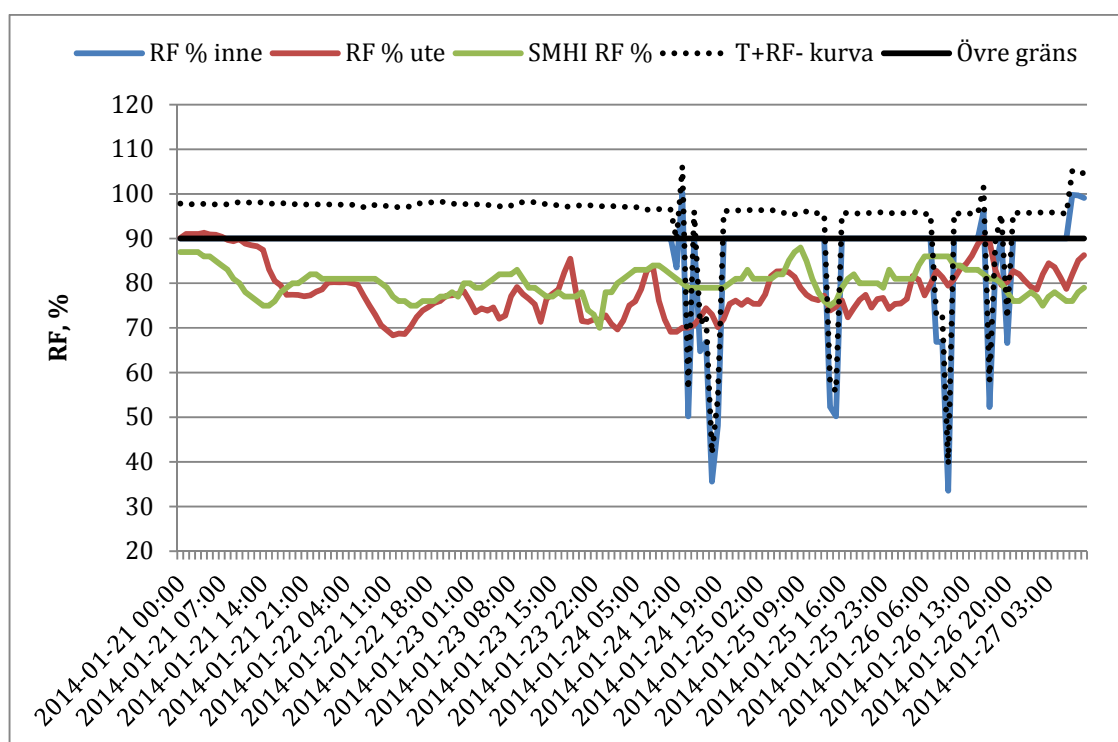


Figur 2. Okorrigerade värden över dygnsvariationen av RF i ridhus L och ute mätt av datalogger.



Tabell 1. Resultat från de manuella mätningarna i ridhus L och ute.

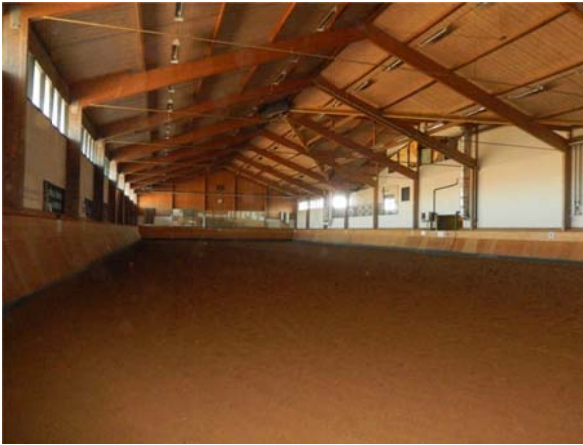
		Hörna 1	Hörna 2	Hörna 3	Hörna 4	Mitten	Ute
Nov	RF, %	92,3	92,0	93,5	92,2	95,4	-
	Temperatur, °C	10,0	9,9	9,9	10,0	10,0	-
	AF, g/m <sup>3</sup>	7,1	7,1	7,2	7,1	7,4	
	Väderförhållande	Klart väder, sol					
Dec	RF, %	87,0	88,9	96,0	95,0	91,0	75,0
	Temperatur, °C	11,4	11,5	11,4	11,7	11,3	4,0
	AF, g/m <sup>3</sup>	7,5	7,6	8,2	8,1	7,8	
	Väderförhållande	Klart väder, sol					
Jan	RF, %	76,8	79,8	85,0	83,0	81,5	78,5
	Temperatur, °C	5,1	5,2	5,1	5,1	5,0	-3,2
	AF, g/m <sup>3</sup>	4,2	4,4	4,7	4,5	4,5	2,3
	Väderförhållande	Mulet, snöar					



Figur 3. Korrigerade värden över dygnsvariationen av RF ute och inne samt den beräknade kurvan för summan av RF och temperatur (T + RF- kurvan) i ridhus L. Den övre gränsen beskriver "max 90-regeln". För jämförelse, SMHIs RF-data från den lokala väderstationen.

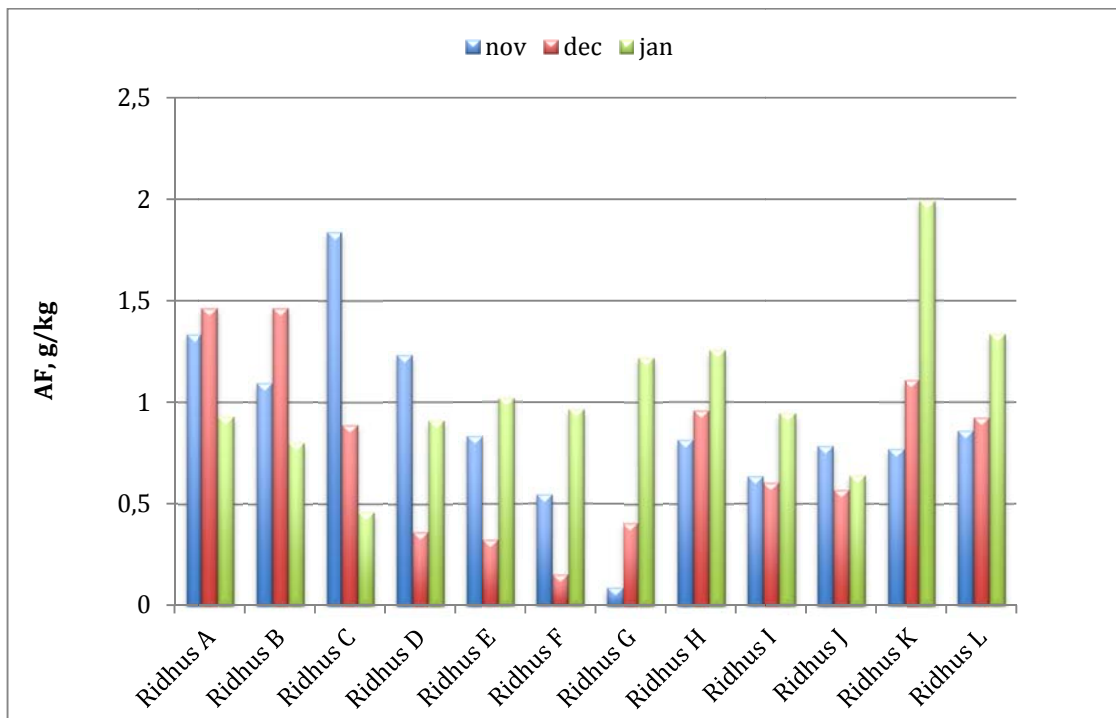


*Figur 4. Ridhus L sett utifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*



*Figur 5. Ridhus L sett  
inifrån.  
Foto: Ulrika Hansson*

## XV Indikation på vattenavdunstning från underlaget



Figur 1. Skillnad i AF mellan mätpunkt i underlaget och mätpunkt i luften ovanför underlaget presenterat som medelvärde av mätpunkt 1 och 2 i samtliga ridhus

## **XVI Frågeformulär enkätstudie**

### **Byggnaden**

1. Vilken firma anlätades vid byggnationen?
2. När byggdes ridhuset?
3. Ridhusets storlek (längd, bredd)?
4. Är ridhuset isolerat/oisolerat?
5. Vilka delar av ridhuset är isolerat (väggar, tak, både väggar och tak)
6. Om det är isolerat, vid vilken utomhustemperatur blir det minusgrader inne i ridhuset?
7. Om det är isolerat, hur mycket isolering finns i väggarna?

### **Placering av byggnaden**

1. Ligger ridhuset i anslutning till andra uppvärmda utrymmen/byggnader?
2. Ligger ridhuset i anslutning till andra fuktproducerande byggnader?

### **Material**

1. Typ av stomme?
2. Yttertakets konstruktion?
3. Väggarernas konstruktion?
4. Behandling av träet?
5. Behandling av stålet?

### **Grunden**

1. Vilken typ av mark ligger grunden på?
2. Dränerad eller odränerad botten?
3. Material i grunden?

### **Underlaget**

1. Hur är materialet uppbyggt?
2. Hur förebyggs dammspridning
3. Om underlaget oljas, hur ofta?
4. Om underlaget saltas, hur ofta?
5. Om underlaget vattnas, hur ofta?
6. Hur länge pågår bevattningen på ett ungefär varje gång?
7. Vilken typ av utrustning används vid bevattning?
8. Vid användning av vattenspridare, finns det någon typ av styrning av denna?
9. Hur mycket vatten går uppskattningsvis åt per bevattningstillfälle?
10. Hur sköts underlaget i övrigt?
11. Hur ofta prepareras underlaget?
12. Är ni nöjda med underlagets funktion?

### **Underhåll av byggnaden**

1. Har något renoveringsarbete blivit utfört? När? Vad gjordes?

### **Ventilationen**

1. Typ av ventilation?
2. Typ av frånluft?
3. Storlek och kapacitet på frånluftsanordning?
4. Typ av tilluft?
5. Storlek och kapacitet på tilluftsanordning?
6. Om ej naturligt, ostyrd ventilation, hur styrs ventilationen?
7. Om ventilationen är mekaniskt styrd, vilken typ av styrning är det (från- och tilluftssystem, frånluftssystem, självdragssystem)?
8. Hur styrs frånluften?
9. Hur styrs tilluften?
10. Typ av ventilationsreglering (automatisk styrcentral, ingen=manuell)?
11. Vilka reglerparametrar styr ventilationen?

### **Användningsområde och användningsfrekvens**

1. Vilken typ av verksamhet används ridhuset till?
2. Hur mycket används ridhuset i genomsnitt per dag?