

**Stallströets påverkan på luftkvaliteten
i stall – en jämförelsestudie
mellan torvströ och träpellets**

Sofia Eriksson
Tove Månsson
Helen Pilskog
Victoria Ragnmark
Jennie Söderberg

Projekt Agrosystem, Läsåret 2010/11,
Agronomutbildningen, Sveriges Lantbruksuniversitet

Handledare
Lena Elfman, Arbets- och miljömedicin,
Akademiska sjukhuset, Uppsala

SLU-handledare
Niklas Adolfsson, JTI - Institutet för
jordbruks- och miljöteknik





Stallströets påverkan på luftkvaliteten i stall – en jämförelsestudie mellan torvströ och träpellets



(Bygghandlaren, 2011)



(Bjärehastfoder, 2011)

Sofia Eriksson
Tove Månsson
Helen Pilskog
Victoria Ragnmark
Jennie Söderberg

Projektagare: Lena Elfman, Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala
SLU-handledare: Niklas Adolfsson, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Abstract	2
Sammanfattning	2
Bakgrund	3
Syfte	3
Introduktion	3
Stallströets påverkan på stalluften	4
Övriga faktorer som påverkar stallströets komfort, estetik och ergonomi	5
Ekonomiska faktorer av stallströ och gödselhantering	5
Torvströ	6
Träpellets	6
Material och Metoder	7
Mätningar	7
Statistisk analys	8
Resultat	8
Damm PM ₁₀ -partiklar	8
Ultrafina partiklar	9
Koldioxid	10
Statistiska beräkningar	10
Ammoniak	10
Lättflyktiga organiska ämnen (VOC)	11
Mikrobiologiska resultat	11
Ekonomiska beräkningar	11
Diskussion	12
Partiklar PM ₁₀	12
Ultrafina partiklar 0,02-1 µm	13
Koldioxid	13
VOC	14
Ammoniak	14
Mikroorganismer	14
Stallströets påverkan på stallmiljön	14
Övriga faktorer som påverkar stallströets komfort, estetik och ergonomi	15
Ekonomi och gödselhantering	15
Slutsats	16
Tack till	16
Referenser	17
Bilaga 1	20

ABSTRACT

The choice of bedding material affects the air quality in stables. Both human and horses spend a lot of time in stables, hence they could be affected negative by a poor air quality. Factors that affect the air quality are among others amount particles, what kind of particles and their size. Other factors are the amount of carbon dioxide and ammonia gas. In the present study the affect of air quality has been compared when using two different bedding materials; peat and wood pellets. Measurement with logging instruments have been done on presence of particles, amount carbon dioxide, air humidity and temperature for four separate weeks of an eight week-test period. Measurement of the ammonia emission from the bed was done the last day of each test period. For the microbiological analysis a sample of the bedding material was collected at the end of each test period. There are many factors that are important at the choice of bedding material and one of these is the costs. Hence, in this study an economic analysis has been included, in which both the cost for purchase and for manure management have been taken under consideration. A similar study has been made 2009 from which the most important results have been included even in this report. The conditions between these two studies where not resemble, hence the result differed from each other but the differences between the two bedding materials were similar. The conclusions from this study indicate that there are no significant difference between the two bedding materials and how they affect the stable environment in regard to the amount of dust. Peat was found to have slightly better ammonia absorption ability than wood pellets. Despite this, wood pellets seemed to have some more advantages due to that it is the most cost-litter product, is wieldier and gives a pleasant impression of the horse stalls. However, it is difficult to draw general conclusions since there are many external factors affecting the outcome.

SAMMANFATTNING

Valet av strömaterial påverkar luftkvaliteten i ett stall. Människor och hästar som vistas mycket i stall kan påverkas negativt av en dålig luftkvalitet. Det som påverkar luftkvaliteten är bland annat mängden partiklar, vilken sorts partiklar samt deras storlek. Andra faktorer som påverkar stallluften är mängden koldioxid och ammoniakgas. I denna studie har påverkan på luftkvaliteten i stall jämförts vid användning av två olika strömaterial; torvströ och träpellets. Mätningar av partikelförekomst, koldioxidmängd, relativ luftfuktighet och temperatur har gjorts med loggande instrument under fyra av de åtta veckor som försöket pågått. Mätningar av ammoniakavgång från bädden gjordes under en dag och prov för mikrobiologisk analys togs vid ett tillfälle i slutet av varje testperiod. Det är många faktorer som är viktiga vid valet av strömaterial, en av dessa är kostnaden för strömaterialet. Därför har det i denna rapport även inkluderats en ekonomisk analys där hänsyn tagits både till kostnad för inköp och för gödselhantering. En liknande studie utfördes 2009 där de viktigaste resultaten från den studien har tagits med i denna rapport. Förutsättningarna för den studien och denna var olika därför skilde sig resultaten åt men skillnaderna mellan de olika strömaterialen var liknande. Slutsatsen utifrån denna studie visar på att det inte finns någon signifikant skillnad mellan vilket strömaterial, torvströ eller träpellets, som påverkar stallmiljön mest med avseende på dammpartiklar. Det fanns en viss skillnad i ammoniakabsorptionsförmågan mellan de olika strömaterialen där torv hade en något bättre absorptionsförmåga. Utifrån studien ses ändå träpellets ha en viss fördel i och med att den är något mer kostnadseffektiv, är mer lätthanterad och lättmockad samt ger ett fräschare intryck av boxen. Det är dock svårt att dra några generella slutsatser eftersom det är många omvärldsfaktorer som påverkar resultatet.

BAKGRUND

Arbetsmiljön i stallar är ofta besvärande, främst på grund av organiskt damm och höga ammoniakhalter i luften som irriterar slemhinnor och ögon hos djurskötare men som också påverkar djurens hälsa och produktionsförmåga (Larsson *et al.*, 1999; Donham, 1987). Luftvägsproblem är vanligare hos hästar jämfört med andra djurslag. Detta fenomen kan bero på att de lever längre och har då mer tid att utveckla luftvägssjukdomar jämfört med kor eller grisar. Hästar har därför högre krav på god luftkvalitet (Airksinen *et al.*, 2001). För att en häst som utvecklat hosta eller allergi skall svara bra på behandling krävs till 99 procent att hästens miljö är optimal med avseende på luftkvalitet (Persson, 2002). För att en stallmiljö skall kunna bli optimal krävs det bra luft, lämplig ventilation samt foder och strö av bra hygienisk kvalitet. Dålig luftvolym och cirkulation i stallen kan leda till att koldioxid- och ammoniakhalter blir för höga. Hanteringen av hö är också av stor betydelse vid utvärdering av luftkvaliteten i stallen (Forslund, 2010).

Enligt Agria djurförsäkringar (2010) bör en häst som är känslig för damm och mögel stå på ett material som inte dammar eller innehåller mögel, lämpligtvis torv eller rivet tidningspapper. Dessutom bör samtliga hästar i stallen använda samma strömaterial för att uppnå bästa effekt. Strömaterialen är av stor betydelse för luftkvaliteten i stallen, och det är viktigt att ta hänsyn både till de kortsiktiga och långsiktiga effekterna för hästens välbefinnande. Idag saknas det en entydig rekommendation om vilket strömaterial som är bäst att använda ur hästens synpunkt (Svensson & Westman, 2004). De finns många olika strömedel på marknaden och alla har olika egenskaper och påverkar luftkvaliteten i olika utsträckning. Ur en ekonomisk vinkel är inköp och hantering en viktig del som också påverkar valet av strömaterial. En tidigare studie (Berg-Johansson *et al.*, 2009) som är gjord inom området hade som syfte att utvärdera stallmiljön vid användning av strömaterialen torv och Ministrö®. I studien fanns det inga signifikanta skillnader mellan de olika strömaterialen med avseende på partiklar <10 µm, ultrafina partiklar (0,02-1 µm) och koldioxid men då torv visade sig ha både bättre ammoniakabsorption och lägre nivåer av flyktiga organiska ämnen bedömdes detta vara det bättre strömaterialet ur luftkvalitetssynpunkt.

SYFTE

Syftet med denna studie är att utvärdera och jämföra hur stallmiljöns hygieniska luftkvalitet påverkas vid användning av två olika strömaterial, torvströ och träpellets. Syftet är också att beräkna och analysera ekonomiska faktorer kring inköp av strömedel och gödselhantering.

Frågeställningar:

- Vilket strömaterial av torvströ och träpellets ger den bästa stallmiljön, och ur vilka aspekter?
- Vilket strömedel av torvströ och träpellets är det ekonomiskt mest optimala?
- Vilka för- och nackdelar finns med torvströ respektive träpellets?

INTRODUKTION

Stallströ

Stallströet i hästens box eller spilta är viktigt ur flera aspekter, hos både människan och hästen (Molnar & Wright, 2006). Ett väl fungerande och bra strömaterial skall ha en bra absorptionsförmåga så att hästens miljö blir torr, är komfortabel samt hygienisk för att undvika sjukdomar (Germundsson, 2006). I djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning (DFS 2007:6 saknr L101 8§) ska liggytan i hästens box ge en

god liggkomfort och vara försedd med strömedel eller vara konstruerad på ett sätt som ger motsvarande komfort. De menar även att strömedlet ska vara av lämplig typ och ha god hygienisk kvalitet.

Det finns flera olika typer av stallströ till hästar, de vanligaste huvudgrupperna är torv, spån och halm (Andersson, 2010). Under de senaste åren har det lanserats flera nya strömaterial på marknaden så som träpellets, halmpellets och linströ. Valet av strömaterial beror på vilka preferenser hästägaren har på strömaterialet och detta styrs ofta av både hästens och människans behov och krav (Molnar & Wright, 2006). Det optimala strömedlet skall inte orsaka hygieniska problem i stallet, det skall absorbera ammoniak, vara komfortabelt, ekonomiskt, lätt att använda, vara tillgängligt samt komposteras snabbt (Svensson & Westman, 2004). Det är dock svårt att finna ett strömedel som uppfyller samtliga krav maximalt, det finns inte heller några entydiga studier kring vilket som är det optimala strömaterialet.

Stallströets påverkan på stalluften

Luftkvaliteten i stallet är viktigt för hälsan hos hästen, eftersom många av hästens respiratoriska sjukdomar orsakas eller förvärras vid inandning av luftburna partiklar (Gerber *et al.*, 2003). Partiklarna i stalluften är korrelerat med stor risk för luftvägssjukdomar hos häst, speciellt kronisk inflammation (återkommande luftvägsobstruktion, RAO) (Clarke *et al.*, 1987). Luftvägssjukdomar har blivit ett allt vanligare hälsoproblem för hästar, varav en av de mest betydande faktorerna bakom denna utveckling är stalluften (Agria Djurförsäkringar, 2010). Dagens hästhållning syftar i många fall till att hålla hästar uppstallade en stor del av dygnet och därmed påverkas de allt mer av luftkvaliteten i stallet (Forsberg, 2003). Det finns många olika faktorer som påverkar luften i ett stall, så som ventilation, luftfuktighet, temperatur samt val och hantering av foder och strömaterial. Dessa faktorer gör att det ständigt sprids och tillförs mikroorganismer och partiklar i stalluften. De kan i tillräcklig koncentration vara skadliga för hästar och människor genom att bringa sjukdomar eller utlösa allergiska reaktioner.

Partiklar är uppdelade i olika storleksfraktioner: (i) en inandningsbar fraktion, $<100\ \mu\text{m}$ (de luftburna partiklar som inandas genom näsa och mun), (ii) extrathorakal fraktion, 100 till $10\ \mu\text{m}$ (andel av de inandade partiklar som kan ta sig så långt som till struphuvudet men inte vidare i luftvägarna), (iii) tracheobronchial fraktion, $<10\ \mu\text{m}$ (andel av de inandade partiklar som kan ta sig förbi struphuvudet, men inte till alveolerna), (iv) den del som kan nå alveolerna, $<5\ \mu\text{m}$ (de inandade partiklar som kan nå in i de flimmerhårsfria delarna av lungorna) (ISO, 1995). Ultrafina partiklar är speciellt farliga för hästen och människan då dessa sätter sig längre ner i luftvägarna och kan där orsaka kronisk inflammation (Clements & Pirie, 2007).

I stalluften finns också en rad skadliga gaser som hästen utsätts för när den står uppstallad, som till exempel ammoniak (NH_3), svavelväte (H_2S), metan (CH_4) och koldioxid (CO_2) (Larsson *et al.*, 1999; Donham, 1987). CO_2 -halten måste dock uppnå höga värden innan den utgör en risk för djurhälsan (Ekesbo, 2003). Enligt lag får uppstallade hästar inte utsättas för värden överstigande följande: ammoniak 10 ppm, koldioxid 3000 ppm, svavelväte 0,5 ppm och organiskt damm $10\ \text{mg}/\text{m}^3$ (DFS 2007:6 saknr L101 16§). Gaserna är i större mängder skadliga för både hästar och människor (Larsson *et al.*, 1999; Donham, 1987). Marken släpper ut koldioxid pga de nedbrytningsprocesser som sker av mikroorganismer och eftersom torv består av delvis förmultnade växtdelar är det troligt att det här fortfarande pågår en del nedbrytningsprocesser (Jordbruksverket, 2009).

Luften i ett stall kommer alltid att innehålla partiklar och gaser i viss mån men mängden och omfattningen kan reduceras genom att välja ett bra strömaterial (Clarke, 1994). Den främsta källan till luftburet damm i stallar är möjligt foder och tillväxt av svamp i strömaterial (Kotimaa *et al.*, 1991; Clarke, 1987). Hübinette (2010) uppmärksammade dock i en studie att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan strömaterial vad gäller antalet termofila svampar, mögelsvampar, jästsvampar och aeroba bakterier. Airaksinen (2006) fann däremot att torv innehöll mer mikroorganismer än kutterspån och sågspån. Kvaliteten på strömaterialet är mycket viktig, och dess hygieniska kvalitet kan variera stort mellan olika strömaterial (Andersson, 2010). Det kan även finnas kvalitetsskillnader mellan olika leverantörer. Hanteringen av strömaterial är av stor betydelse för mängden damm och ammoniak som hästar och människor i stallet utsätts för, till exempel ökar andelen skadliga gaser och partiklar under aktiviteter som mockning (Curtis *et al.*, 1996). Ammoniakhalten tenderar till exempel också att vara högre när permanentbäddar används, där mockning av urin sker mer sällan (Clarke, 1994). Det finns dock studier som visar att daglig mockning av både urin och avföring ökar andelen luftburna partiklar och mängden ammoniak i jämförelse med en permanentbädd (Flemming *et al.*, 2008). Olika strömaterial har dock olika absorptionsförmåga av fukt och ammoniak. I en studie gjord av Airaksinen *et al.* (2005) absorberade torv all ammoniakgas med en relativ absorptionskapacitet på 100 procent. Strömaterialets förmåga att binda ammoniak är en viktig faktor för att uppnå en god stallluft, då denna gas i större mängd är skadlig för både hästar och människor.

Övriga faktorer som påverkar stallströets komfort, estetik och ergonomi

För att en häst skall sova optimalt (REM-sömn) behöver hästen ligga ner och då är det viktigt att bädden uppfyller god komfort (Molnar & Wright, 2006). I en studie gjord av Hunter & Houpt (1989) testades om hästar föredrog att sova på en yta som hade strömaterial eller på en yta som saknade strömaterial. Hästarna spenderade mer tid på den sida i boxen som hade strömaterial och de valde aldrig att ligga ner på den sida som saknade strömaterial. Vissa hästar hade även en stark preferens på vilken typ av strömaterial de föredrog att stå på. Hästar föredrar enligt studien halm och spån framför torv. Strömaterialets estetiska utseende är också av betydelse för vilket strömedel hästägaren kommer välja till sin häst (Andersson, 2010). Halm och spån är ljusa material som ger ett inbjudande intryck i hästens box, till skillnad från torv som ger ett mer mörkt och trist intryck (Molnar & Wright, 2006). Något som på senare år fått allt större fokus är hur hanterbart och lättmockat stallströet är. Tidigare undersökningar visar att arbetsåtgången är mindre i stall med torvströ än stall med halm och spån generellt sett (Germundsson, 2006). Arbetsåtgången beror dock även på stalllets utformning samt hästarnas hygien.

Ekonomiska faktorer av stallströ och gödselhantering

Den ekonomiska aspekten är många gånger en avgörande faktor vid val av stallströ, men denna faktor är inte alltid den bästa för hästens hälsa och behov (Haglund, 2010). Kostnaderna för stallströ kan variera stort för resurseffektivitet, strömaterial och geografisk tillgänglighet (Andersson, 2010). Utöver inköpskostnader för strömaterial tillkommer även kostnader för lagring, hantering och gödselsystem. Gödselhanteringen en viktig ekonomisk aspekt att beakta på grund av olika nyinförda regler och krav för gödselhantering (Hammar, 2001). Den första januari 2005 infördes ett förbud mot att lämna gödsel på deponi, vilket innebär att avfallsanläggningarna inte längre får ta emot gödsel. Detta har lett till höga kostnader för hästägare i framförallt större städer, som nu måste använda containersystem från godkända leverantörer (Nobel, 2010, personligt meddelande). Det vanligaste sättet att hantera hästgödsel i Sverige är att låta det ligga på en gödselplatta och sedan sprida det direkt på

åker. Detta är oftast det billigaste sättet att hantera gödsel, men lantbrukare har inte alltid möjlighet att gödsla med alla typer av strömaterial. Halm är till exempel mycket ineffektivt att sprida på åker, då nerbrytningsprocessen tar lång tid och näringsinnehållet är lågt (Hammar, 2010).

Torvströ

Torvströ är ett av de vanligaste strömaterialen i svenska häststallar (Germundsson, 2006), på grund av att materialet har en hög absorptionsförmåga, är lätthanterbart och gödselmaterialet är dessutom passande som växtnäring. Torvströ kan binda stora mängder ammoniak och vätska eftersom materialet har en stor katjonbyteskapacitet och låg basmättnadsgrad. Torvens egenskaper och struktur varierar mellan olika sorter. Den optimala torven för strömaterial är svagt humifierad vitmossa som består av flera lager med tunna cellväggar som ligger i anslutning till varandra och som därmed kan hålla vätska. Vätskebindningsförmågan hos torvströ påverkas dock av tryck och belastning, det är därför viktigt att skapa en tjock bädd för att utnyttja torvens egenskaper. En negativ aspekt som framkommit kring en studie om torvströ är att det strömaterialet ger ifrån sig mest damm (Airaksinen *et al.*, 2001). Enligt studien kunde det finnas damm från torvströet kvar i stallmiljön i över en vecka efter att materialet bytts ut. Enligt en annan studie (Germundsson, 2006) är dock inte dammpartiklarna i torv i stor utsträckning respirabla, vilket innebär att dammpartiklarna är relativt stora och inte tar sig ner i de nedre luftvägarna. Torrsubstanshalten i torvmaterialet påverkar dammängden som avges, torv med för hög torrsubstans bör därför inte användas. För att minska torvens dammighet kan det vattnas lätt, vilket även ökar dess ammoniakabsorption och vattenhållningsförmåga (Molnar & Wright, 2006). Torvbäddens mörka färg kan medföra att även ren torv mockas ut som avföring eftersom det kan vara svårt att skilja dem åt (RS-produkter, 2010). Vintertid kan problem uppstå då torven i boxen fryser eftersom den innehåller en hög andel vatten. Även torvbalarna som förvaras utomhus fryser, vilket gör torv svårhanterligt då strömaterialet i boxen ska fyllas på. Enligt en tidigare studie har det visat sig att torv med bra kvalitet innehåller mindre mängd mikroorganismer än halm och kutterspån (Raymond *et al.*, 1994).

Träpellets

Användningen av träpellets som strömedel har ökat och förväntas öka ännu mer. Det har en mycket hög absorptionsförmåga, vilket gör att det är mindre resurskrävande ur både en ekonomisk- och miljömässig synvinkel (Moon, 2010). Den goda absorptionsförmågan bromsar även kemisk nedbrytning av urin till ammoniak och tillväxt av mikroorganismer. Träpellets är en restprodukt från träindustrin (vanligtvis furu och gran), som komprimerats, värmebehandlats och därigenom steriliserats (Moon, 2010). Detta resulterar i att strömaterialet uppnår en mycket hög absorptionsförmåga som gör att resursåtgången minskar. Enligt studier minskar resursåtgången med mellan 60-70 %. Även om inköpspriset är relativt högt i jämförelse med andra strömedel minskar generellt de totala kostnaderna för strömedel genom att mängd av inköp och gödselavfall minskar. En annan fördel med träpellets är låga kostnader för lagring då åtgången är liten och produkten mycket komprimerad. Träpelletsbädden är mycket lättmockad och det är lätt att urskilja högarna så inget extra tas ut. Träpellets är förpackade i 16 kg påsar vilket underlättar hantering. Träpellets kan förvaras utomhus och fryser inte vintertid. Träpelletsbädden ger ljust och fräscht intryck som är mycket lättskött och komfortabel för hästen (RS-produkter, 2010). Innan träpellets kan brukas som strömaterial måste det vattnas för att få rätt konsistens och för att skapa en stabil bädd för hästen. Produkten träpellets har sitt ursprung som energikälla för kaminer, men har under senare år blivit ett allt vanligare strömedel (Moon, 2010). På marknaden finns olika typer av träpellets, viktigt att beakta är att kvaliteten kan variera beroende på avsett

användningsområde. Tidigare innehöll bränslepellets och träpellets avsett för strömedel samma substrat, men på grund av dammproblem och kemikalier har tillvekningsprocessen förändras. Träpellets avsett för strömedel innehåller numera inga bindningsmedel och kemiska substanser och ger därmed en god och dammfri stallmiljö (RS- produkter, 2010).

MATERIAL OCH METODER

Stallet

Stallet som användes i studien består av 11 boxar varav 3 användes i försöket och en som foderförvaring. De tre boxarna avskärmades från resten av stallet med pappkartong för att minska påverkan från den andra delen av stallet. Hela stallet är ca 160 m² och delen som användes är ca 55 m². Takhöjden i stalldelen som användes är 2,50 m. Boxarna som ingick i försöket är olika stora; box 1 och 2 är 9 m² och box 3 är 10,5 m². Hästarna som stod i boxarna under försöket är alla varmbloodsvalacker, mellan 170-175 cm i mankhöjd och de rids kontinuerligt. Rutinerna i stallet är; morgonfodring kl 07.00-07.30, utsläpp av hästar kl 08³⁰-09³⁰, intag av hästarna inkl fodring kl 15³⁰-16³⁰ (14³⁰-15³⁰ vintertid, from 31 oktober) och kvällsfodring kl 21⁰⁰-21³⁰. För att veta vilka aktiviteter som varit i stallet sattes en aktivitetskalender upp där olika aktiviteterna kunde fyllas i t.ex. fodring och sopning.

Studiens upplägg

Denna studie är avgränsad till att jämföra två strömaterial, torvströ och träpellets i ett häststall samt att studera hur stalluften påverkas av dessa strömaterial och att analysera ekonomiska faktorer kring dessa. Studien är även begränsad till en försöksperiod på 4 veckor per strömedel, och den är begränsad till en plats, då försöket enbart utfördes i ett stall. Studien pågick under 8 veckor 2010 med start den 5 oktober och avslutades den 30 november. Innan studien startade hade alla hästar som användes i studien halm som strö. Under studiens gång hade resterande hästar i stallet halm som strö, förutom en ponny som hade torvströ. De första 4 veckorna användes torv som strömaterial. Vid starten mockades box 1, 2 och 3 ur och fylldes med 6 balar torvströ från RS produkter á 35 kg. Varje box fylldes på med vardera 4 stycken säckar torvströ under försöksperioden. Mätningarna utfördes under vecka 1 och 4 (tabell B1). Den 2 november mockades torvbädden ut och träpellets lades in i boxarna. I box 1 och 2 lades det in 7 säckar á 16 kg och i box 3 lades det in 8 säckar á 16 kg. Träpelletsen vattnades för att expandera. Under denna försöksperiod fylldes det på med ytterligare 17 säckar á 16 kg. Mätningarna utfördes under vecka 1 och 4 (bilaga 1). Under alla 8 veckor mockades boxarna rena från gödsel varje dag och urin togs ut vid behov.

Mätningar

Under de 4 veckor som mätningarna utfördes användes loggande instrument. Clements & Pirie (2007) fann i en studie att kontinuerlig mätning med loggande instrument ger bättre resultat än att använda ett filter under flera perioder och då endast få ett medelvärde. Det är även viktigt att veta vilken storlek det är på dammpartiklarna eftersom små partiklar tar sig längre ner i lungorna än större (Clements & Pirie, 2007; ISO, 1995). Loggande mätinstrument användes för att mäta förekomst av dammpartiklar av olika storlekar, temperatur, relativ luftfuktighet och koldioxidhalt. För att mäta ultrafina partiklar med en storlek på 0,02-1 µm användes P-Trak (model 8525, TSI, Minnesota, USA). För att mäta respiratoriska partiklar med storlek <10 µm användes dammhaltsmätaren DustTrak (model 8520, TSI, USA). Även DustTrak DRX (model 8533, TSI, USA) användes för att mäta partiklar som är <10 µm. Det användes endast en DustTrak DRX och en DustTrak. Partikelräknare P-Trak användes i dubbel uppsättning och mätningar gjordes inne i två av de tre boxarna som ingick i försöket. Instrumenten placerades utanför boxarna och slangar från dessa sattes fast under krubban i

box 2 resp. box 3. Mätning med DustTrak gjordes i box 3 och mätning med DustTrak DRX gjordes i box 2. Instrumenten placerades utanför boxen och en slang drogs in och fästes under krubban. Alla instrument som mätte partikelhalt i luften registrerade värden med 1 minuts intervall. Mätningarna av temperatur, relativ luftfuktighet och koldioxidhalt (CO₂) gjordes med Q-trak (Velocicalc model 9555, TSI, USA). Detta instrument sattes fast på väggen mellan box 2 och 3 och registrerade värden med 2 minuters intervall. Informationen från de loggande instrumenten (P-Trak, DustTrak, DustTrak DRX och Q-trak) sparades ner på datorn med hjälp av programmet TrakPro version 4.3.0.4 (TSI Inc., 2009). Resultaten delades upp i natt respektive dag med hjälp av Excel.

VOC (lättflyktiga organiska ämnen) mättes under det första dygnet under de 4 veckor som loggningar utfördes, dvs. v 1, 4, 5 och 8 räknat från försökets start. För mätning av VOC användes två olika sorters pumpar DuPont constant flow sampler (model P2500, DuPont de Nemours & company inc.) i box 1 och 2 samt Escort Elf sampling pump (MSA, Pennsylvania, USA) i box 3. Mätpunkterna för VOC var ca 40-70 cm över bädden. Adsorptionsrören innehöll aktivt kol (Anasorb 747, SKC). De adsorberade ämnena i kolrören desorberades med 1 ml koldisulfid och analyserades med en gaskromatograf och en masspektrometer som detektor (Agilent Technologies). Eftersom ämnena sönderfaller olika fort och det totala jonflödet registreras i ett masspektrum kan ämnena identifieras vid jämförelse mot extern standard. Analyserna av VOC utfördes av Helena Anundi på Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset i Uppsala. Prover för mikrobiologisk analys togs på strömaterialet sista dagen under försöksperioden och som kontroll användes ett prov från förpackningen av strömaterialet. Proverna analyserades av Pegasus lab, Eurofins i Uppsala. Ammoniakhalten i luften ovanför bädden mättes i varje box sista dagen av båda perioderna. Mätning skedde under dagen när hästarna inte vistades i sina boxar och boxarna var inte mockade. En diffusionsprovtagare placerades ca 60 cm ovanför bädden på morgonen direkt efter att hästarna gått ut och den togs ner på eftermiddagen strax innan hästarna kom in. En diffusionsprovtagare placerades utomhus för att mäta ammoniakavgången i stallets omgivning. Proverna analyserades av IVL, Svenska Miljöinstitutet i Göteborg.

Statistisk analys

För att kunna jämföra data från alla mätningar gjordes statistiska analyser. Dessa utfördes av Tobias Nordquist på Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala med dataprogrammet SAS version 9.2. För bearbetning av värden från DustTrak, DustTrak DRX och P-Trak användes Poisson-regression. För bearbetning av koldioxidvärden användes Glimix som är en generell, linjär, mixad modell som kan ta många variabler och jämföra ut punkter med polynom. Koldioxidvärdena fick logaritmeras för att passa i modellen. Först gjordes en jämförande analys av alla värden sedan justerades de med avseende på temperatur och luftfuktighet i stallen. Justeringen av värdena var viktig att göra på grund av att det var stora skillnader i väderförhållanden under de olika perioderna.

RESULTAT

Damm PM₁₀-partiklar

Det verkar inte vara någon större skillnad på medelvärdet avseende dammämätningar för dag och natt varken för torv eller för träpellets. Utmärkande här är de högsta registrerade värdena för torv v1, både dag och natt, som skiljer sig markant åt mot de andra maxvärdena övriga veckor. På grund av fel hos instrumenten finns ingen data på partiklar <10 µm (PM₁₀) för torv natt v4 och träpellets natt v1 (tabell 1).

Tabell 1. Partiklar PM_{10} (mg/m^3) mätt med DustTrak för respektive strömmaterial och provtagningsvecka.

	Median	Medelvärde	Standardavvikelse (SD)	Max	Min
Torv dag v1	0,115	0,118	0,109	2,841	0,021
Torv natt v1	0,104	0,112	0,087	2,762	0,013
Torv dag v4	0,045	0,071	0,087	0,384	0,013
Torv natt v4	-	-	-	-	-
Träpellets dag v1	0,164	0,163	0,014	0,185	0,135
Träpellets natt v1	-	-	-	-	-
Träpellets dag v4	0,029	0,042	0,043	0,672	0,005
Träpellets natt v4	0,026	0,042	0,043	0,726	0,004

Dag = hästar ute, natt = hästar inne

DustTrak DRX mätte flera olika storlekar på damm och partiklar (PM_1 , $PM_{2,5}$, Respirabla, PM_{10} och Total). I resultatet användes bara PM_{10} - partiklar som är likvärdig med den andra DustTraken, se tabell 2. Medelvärdet här för PM_{10} -partiklar var relativt konstant mellan de två strömmaterialen. Maxvärdet för träpellets v1 både natt och dag var anmärkningsvärt högt, men det var bara under en kort tid (<5 min).

Tabell 2. Partiklar PM_{10} (<10 μm , mg/m^3) mätt med DustTrak DRX för respektive strömmaterial och provtagningsvecka

	Median	Medel	Standardavvikelse	Max	Min
Torv dag v1	0,043	0,068	0,112	3,17	0
Torv natt v1	0,050	0,072	0,086	1,83	0,005
Torv dag v4	0,037	0,074	0,207	7,21	0,005
Torv natt v4	0,032	0,059	0,091	1,90	0,008
Träpellets dag v1	0,014	0,062	0,445	13,7	0,001
Träpellets natt v1	0,018	0,065	0,374	22,7	0,003
Träpellets dag v4	0,029	0,057	0,098	2,24	0,002
Träpellets natt v4	0,026	0,048	0,106	4,77	0,002

Ultrafina partiklar

För ultrafina partiklar hade torv ett något högre medianvärde men medelvärdet blev ändå likvärdigt som medelvärdet för träpellets (tabell 3). Utmärkande är maxvärdet för träpellets natt v1 (<5 min) som är markant högre än de andra maxvärdena.

Tabell 3. Ultrafina partiklar (partiklar/ cm^3) mätt med P-Trak för respektive strömmaterial och provtagningsvecka. Värdena är en sammanslagning från de båda boxarna

	Median	Medel	Standardavvikelse	Max	Min
Torv dag v1	2170	2218	770	4653	909
Torv natt v1	2036	2496	2524	45713	502
Torv dag v4	2617	3176	2348	36256	523
Torv natt v4	1615	2113	1748	65198	581
Träpellets dag v1	2096	2501	1856	51298	498
Träpellets natt v1	1950	2556	2430	163162	493
Träpellets dag v4	1325	2379	2329	21708	297
Träpellets natt v4	1081	1603	1573	21146	195

Koldioxid

CO₂-halten var den som hade störst signifikans mellan de olika strömaterialen av de analyserade mätningarna. Efter justering för temperatur och relativ luftfuktighet var det torv som hade den högsta CO₂-halten trots att dess mätdata var lägst (tabell 4).

Tabell 4. CO₂-halten (ppm) mätt med Q-trak för respektive strömaterial och provtagningsvecka

	Median	Medel	Standardavvikelse	Max	Min
Torv v1 dag	321	347	77	816	310
Torv v1 natt	419	544	237	1311	315
Torv v4 dag	316	359	107	885	276
Torv v4 natt	532	626	256	1922	277
Träpellets v1 dag	311	332	68	937	264
Träpellets v1 natt	550	676	350	2133	275
Träpellets v4 dag	328	392	199	1620	261
Träpellets v4 natt	984	1006	231	2158	296

Statistiska beräkningar

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan strömaterialen vad gäller PM₁₀-partiklar (<10 µm) mätta med Dust-Trak DRX (box 2) med de ojusterade värdena. När värdena hade justerats för temperatur och relativ luftfuktighet blev det däremot en signifikant skillnad (p=0,0121). Partiklar PM₁₀ (<10 µm) mätt med Dust-Trak (box 3) däremot hade det omvända resultatet där de ojusterade värdena visade på en signifikant skillnad, men inte de justerade (tabell 5). För ultrafina partiklar (0,02-1 µm) som mättes med en P-Trak i båda boxarna fanns ingen signifikant skillnad mellan de två strömaterialen varken hos de justerade eller ojusterade värdena. Det som kan ses från tabell 2 är att torv och träpellets verkar ligga relativt lika vid hur mycket partiklar som finns i luften. Analysen av CO₂-halten visade på signifikant skillnad mellan de två strömaterialen, både för de ojusterade och för de justerade värdena. Högst halt av CO₂ i luften var när torv användes som strömaterial.

Tabell 5. Beräknat medelvärde och p-värde för torv respektive träpellets

	PM ₁₀ med DRX (mg/m ³)		PM ₁₀ med Dust-Trak (mg/m ³)	
	Box 2		Box 3	
	Ojusterat	Justerat	Ojusterat	Justerat
Torv	0,0773	0,0913	0,1040	0,0629
Träpellets	0,0596	0,0494	0,0421	0,0601
p-värde	0,1148	0,0121*	<0,0001*	0,9262
	Ultrafina partiklar (partiklar/cm ³)		CO ₂ -halt (ppm)	
	Ojusterat	Justerat	Ojusterat	Justerat
Torv	1699,3	1919,4	-	9,2028
Träpellets	2008,6	1828,1	-	8,1513
p-värde	0,3607	0,8502	<0,0001*	<0,0001*

Justerat för temperatur och RH% respektive ojusterat

Värdet för koldioxid är det logaritmiska värdet

* signifikant resultat.

Ammoniak

Ammoniakavgången från ströbädden var mycket högre för träpellets än för torv (tabell 6). Temperaturen i stallet skilde sig åt vid de olika provtagningstillfällena, vid mätning från torvbädden var temperaturen 9°C och vid mätning från träpelletsbädden var temperaturen

2°C. Utomhus var temperaturen vid provtagning på torv 7°C och vid provtagning på träpellets -14°C. Värdena har korrigerats för temperatur och är jämförbara.

Tabell 6. Medelvärden från mätning av ammoniakavgång från ströbädden och från stalllets omgivning

Ammoniak (ppb)			
Torv	4113	Träpellets	6724
Ute (1/11)	<165	Ute (29/11)	246

Lättflyktiga organiska ämnen (VOC)

Maskinen som skulle användas för att analysera resultaten från VOC-mätningarna gick sönder och därför kunde inga resultat erhållas.

Mikrobiologiska resultat

Det som kan utläsas utifrån tabell 7 är att torvströ innehåller kraftigt förhöjda värden av mikroorganismer redan innan användning, detta gjorde inte träpellets. Båda strömaterialet innehöll dock kraftigt förhöjda värden av mikroorganismer efter fyra veckors användning som strömateriäl. Antalet bakterier och svampar samt den odlingsbara delen ligger dock generellt lägre för träpellets jämfört med torv.

Tabell 7. Sammanställning över den mikrobiologiska analysen för torvströ respektive träpellets. KfV=Kraftigt förhöjda värden, FV=Förhöjda värden, NFV=Något förhöjda värden, NV=Normala värden

Analysresultat	Torv v1 ”kontroll”	Torv v4	Träpellets v1 ”kontroll”	Träpellets v4
Bakterier totalantal (g)	4.4×10^8 (KfV)	2.0×10^{10} (KfV)	5.1×10^5 (NV)	1.0×10^{10} (KfV)
Bakterier odlingsbart antal (g)	1.0×10^8 (KfV)	2.0×10^{10} (KfV)	1.2×10^4 (NFV)	5.8×10^8 (KfV)
Bakterier odlingsbar andel (%)	23	100	2	5
Termofila svampar odlingsbart antal	5.7×10^3	1.2×10^3	16	79
Svampar totalantal (g)	2.0×10^7 (KfV)	3.7×10^8 (KfV)	2.4×10^6 (FV)	1.5×10^7 (KfV)
Svampar odlingsbart antal (g)	2.0×10^7 (KfV)	3.7×10^8 (KfV)	2.4×10^6 (KfV)	1.6×10^6 (KfV)
Svampar odlingsbar andel (%)	100	100	100	10
Termofila bakterier odlingsbart antal (g)	<43	5.8×10^4	<16	3.1×10^3

Ekonomiska beräkningar

I denna studie gjordes även en ekonomisk analys för att jämföra vilket av de två strömaterialet som är mest kostnadseffektivt. Analysen bygger på antaganden som är baserade på den praktiska studien som gjorts, samt genomsnittliga priser för inköp och gödselhantering. Antaganden för de ekonomiska beräkningarna är att hästen står uppstallad i 365 dagar per år (hästen går inte på bete) och går i hage åtta timmar per dag. Storleken på boxen är 3×3 m och bädden som hästen står på byts ut en gång per år vilket innebär att hästen

står på en permanentbädd. Antagande på hur mycket gödsel som tas ut varje dag är beräknade för en normalstor häst (600 kg)(se bilaga 1).

Kostnad för gödselhantering

De ekonomiska beräkningarna bygger på gödselhantering i containersystem. Andra gödselhanteringsmetoder är för komplexa att göra beräkningar kring för denna studies omfattning. Gödselhanteringskostnader har tagits fram genom en jämförelse av flera olika leverantörer i region Mellansverige (Aros handelshus, 2010; Nobel, 2010, personligt meddelande; Siljan Schakt, 2010). De faktorer som beräknats är transport till och från deponering, samt hyra för containern. Hyra av container kostar i genomsnitt 1000 kr/mån inklusive moms. För torvströ tillkommer en genomsnittlig tömningskostnad på 1500 kr/häst och år, detta bygger på antagandet att containern töms 1 gång per år. Träpellets kostar 1000 kr/häst och år. Detta bygger på antagandet att containern töms en gång på 1,5 år.

Inköpskostnad av stallströ

Torvströets inköpskostnad har tagits fram genom ett genomsnittspris som bygger på prisuppgifter från olika leverantörer i region Mellansverige (Aros handelshus, 2010; RS-produkter, 2010). En genomsnittlig kostnad för en bal torv på 35 kg är 57 kr inkl moms (då antas att man köper en större mängd torvströ, annars är priset betydligt högre). Beräkning av åtgång av strömaterial bygger på antaganden utifrån den praktiska studien som gjorts. Torvåtgången per häst/år är utifrån ovanstående antagande ca 54 stycken. Vid anläggningen av bädden läggs sex stycken in direkt och sedan fylls det på med cirka en bal i veckan under hela året. För träpellets togs också flera prisuppgifter fram från olika leverantörer (Aros handelshus, 2010; Granngården, 2010; RS-produkter, 2010) Ett genomsnitt resulterade i 52 kr/säck á 16 kg träpellets. Träpelletsåtgången per häst och år är utifrån ovanstående antagande ca 50 säckar per häst och år. Vid anläggning av bädden krävs 10 stycken säckar och sedan krävs påfyllning med lite mindre än 1 säck/vecka. Resultatet för totala kostnader utifrån den ekonomiska analysen är att träpellets är det mest kostnadseffektiva strömedlet jämfört med torv (tabell 8).

Tabell 8. Resultat från ekonomiska beräkningar av strömaterial

	Inköp (kr/häst/år)	Gödselhantering (kr/häst/år)	Total (kr/häst/år)
Torv	3078	13 500	16 578
Träpellets	2600	13 000	15 600

DISKUSSION

Partiklar PM₁₀

Vid användande av Dust-trak DRX, som stod i box 2, var det signifikant skillnad när värdena justerats ($p=0,0121$). Att det blev signifikant skillnad i dammängd mellan de två strömaterialen efter justeringen beror troligtvis på att det var stor temperaturskillnad under försökets gång. Torv hade det högsta medelvärdet, vilket indikerar att torv var dammigare än träpellets. Utmärkande här är de höga registrerade värdena för träpellets v1 både dag och natt som skiljer sig markant mot de andra maxvärdena men då detta endast var under en kort period (<5 min) har det troligtvis ingenting med strömateriallets dammighet att göra och kan därmed uteslutas. Detta beror troligen på att torven dammar som mest innan bädden har lagt sig ordentligt. Enligt teorin (Germundsson, 2006) dammar torven mer vid hög torrsubstans, och torven är betydligt torrare och flygigare innan bädden lagt sig ordentligt, då torrsubstansen sjunker genom mängden urin.

I jämförelsen med mätningarna av damm gjorda med DustTrak i box 3 hade torv det högst estimerade medelvärde vilket indikerar på att torv dammar mer än träpellets. När träpellets användes var det mycket kallare och torrare luft än under tiden när torv användes. När värdena justerades för temperatur och relativ luftfuktighet fanns det ingen signifikant skillnad ($p=0,9262$) mellan torv och träpellets vilket tyder på att strömaterialet är likvärdiga vad gäller partiklar av storleken PM_{10} (partikelstorlek $<10\ \mu m$) trots att träpellets vattnades. Detta kan tyda på att under likvärdiga förhållanden så genererar torv mindre partiklar $<10\ \mu m$ än träpellets. Jämförs detta försök med föregående års försök som inte heller fick några signifikanta skillnader mellan strömaterialet stämmer det väl överrens. Varför det blev skillnad mellan DustTrak DRX och DustTrak som båda mätte partiklar $<10\ \mu m$ kan bero på att det är olika maskiner, vilket får tolkas som en felkälla. Andra faktorer som kan spela roll är: att hästen i box 3 kan ha högre aktivitet än hästen i box 2, boxarnas läge i förhållande till luftuttaget var olika, var i boxen hästen äter sitt hö och hur mycket hästen rör runt i höet. Även mängden hö som hästen äter kan göra skillnad i hur mycket partiklar som genereras i luften. Ytterligare en bidragande orsak till lägre dammhalt med träpellets är att träpelletsen vattnades i början av försöket vilket inte torven gjordes. Detta kan bidra till en lägre mängd damm vilket har visats i tidigare studier (Airaksinen *et al.*, 2001). En annan felkälla är att golvet i den ena boxen lutar en aning vilket gör att urin kan rinna från den ena boxen till den andra vilket kan skapa en något torrare box än vad den borde vara. Om bädden är torrare kan detta ge upphov till mer damm och partiklar än en fuktigare bädd. De höga maxvärdena för DustTrak DRX träpellets v1 natt och dag berodde troligtvis på hög aktivitet i stallen i och med utsläpp, mockning, sopning. Detta kunde utläsas ur aktivitetskalendern. Det höga värdet som var uppmätt på natten var i samband med sopning efter morgonfodringen och utsläpp av hästar.

Ultrafina partiklar 0,02-1 μm

Halten ultrafina partiklar visade inte på någon signifikant skillnad mellan strömaterialet baserat på ojusterade värden ($p=0,3607$) eller med justerade värden ($p=0,8502$). Med de justerade värdena ändrade sig ordningen på vilket strömateriale som hade högst medelvärde från träpellets till torv. Skillnaden mellan torv och träpellets var trots detta för liten för att den skulle vara signifikant men det visar ett bra exempel på hur mycket temperatur och luftfuktighet påverkar resultatet. Resultatet blev ännu mindre signifikant efter att värdena justerats för temperatur och luftfuktighet vilket man kan förvänta sig eftersom lägre luftfuktighet och temperatur borde ge en torrare och dammigare miljö.

Koldioxid

Det var signifikant skillnad mellan CO_2 -halten för torv och träpellets ($p<0,0001$). Torv hade ett något högre medelvärde, vilket betyder att torv hade ett högre utsläpp av koldioxid än träpellets. Marken släpper ut CO_2 i och med de processer som sker av mikroorganismerna (Jordbruksverket, 2009) och eftersom torven innehåller mer mikroorganismer än träpellets, vilket också stämmer överrens med tidigare studier (Clarke, 1987; Kotimaa *et al.*, 1991), är detta den troliga källan till det högre utsläppet av CO_2 . Men som tidigare nämnt enligt Ekesbo (2003) måste det vara högre värden för att det ska påverka hästarna negativt. Det högst uppmätta värdet för CO_2 var 2158 ppm vilket inträffade under träpellets natt v4, som är lägre än det högsta tillåtna värdet enligt djurskyddslagen som är 3000 ppm (DFS 2007:6 saknr L101 16§). Mätning av halten CO_2 kan användas som en indikation på att luftväxlingen fungerar.

VOC

Dessvärre kunde inga resultat från mätningarna av VOC fås då gaskromatografen gått sönder. Detta är mycket beklagligt eftersom en av de största skillnaderna mellan strömmaterialen i förra årets studie var just innehållet av VOC. I studien av Berg-Johansson *et al.* (2009) fann man att Ministrö® hade ett högre innehåll av VOC än torv. Våra tankar kring träpellets är att det materialet skulle ha ett ännu högre innehåll av VOC än Ministrö® eftersom det är avsett att elda med och inte att ha som stallströ. Förhoppningsvis kan gaskromatografen lagas så att resultat från mätningarna kan fås även om det blir för sent att inkludera dem i denna rapport.

Ammoniak

Resultaten från mätningarna av ammoniakavgång från ströbädden visade att torvbädden gav upphov till ungefär hälften så mycket ammoniak som träpelletsbädden gjorde. En hög halt ammoniak i luften är både obehaglig och skadlig för de som vistas i stallen. I tabell 6 redovisas medelvärden från de tre boxarna som var med i studien. Det var även skillnader mellan de olika boxarna och detta beror troligtvis på de olika hästarnas renlighet i boxen. Den box som uppfattades som den renaste och torraste var även den som hade lägst ammoniakhalt i luften. Även teorin (Germundsson, 2006) stärker argumentet att torvströ är mycket effektivt på att ta upp ammoniak genom sin biologiska sammansättning. Varken värdet för torv eller träpellets (4113 respektive 6724 ppb) översteg gränsvärdet för ammoniak på 10 000 ppb (10 ppm) vilket visar på att det ur hälsosynpunkt gör båda strömmaterialen lämpliga även om torven var något bättre än träpellets. Vad som kan vara intressant att notera är att i studien av Berg-Johansson *et al.* (2009) var ammoniakhalterna mycket lägre både för torv och träpellets, detta fenomen kan bero på att samtliga i hästar i den studien stod på ”provmaterialen”. I denna studie stod de andra sju hästarna i stallen på halm, vilket kan ha påverkat ammoniakresultatet.

Mikroorganismer

Resultatet från den mikrobiologiska analysen visade att torvströ redan ursprungligen innehåller kraftigt förhöjda värden av mikroorganismer. Detta beror på att torv ursprungligen är ett biologiskt material som inte värmebehandlats. Träpellets innehåller däremot inte alls lika höga värden av mikroorganismer innan användning. Detta kan dels bero på att trä ursprungligen inte innehåller lika hög andel mikroorganismer som torv men beror troligen främst på att träpellets värmebehandlas innan användning. En annan faktor kan också vara att träpelletsen frusit innan användning och att en del av mikroorganismerna dött, då temperaturen var betydligt lägre vid användning av detta material. Vad som dock bör observeras är att både träpellets och torvströ innehåller kraftigt förhöjda värden efter fyra veckors användning, även om torvströet uppnår något högre värden än träpellets, klassas bägge materialen som ”kraftigt förhöjda värden”. Orsaken till detta är att hästen är en levande varelse som producerar mängder av mikroorganismer genom framförallt träcken. Som nämnt tidigare (Forsberg, 2003) kan även foder, ventilation och temperatur påverka mängden mikroorganismer i ett stall. Temperaturen var betydligt lägre under perioden som träpellets användes och detta kan ha bidragit till att halterna av mikroorganismer var betydligt lägre än med torv.

Stallströets påverkan på stallmiljön

Det är svårt att dra några generella slutsatser mellan de två strömmaterialen eftersom det är så många olika faktorer som påverkar stallmiljön. En faktor som påverkade vid de statistiska beräkningarna var att tiderna på maskinerna inte var helt synkroniserade. Tidsskillnaden var upp till en timma vilket gjorde att när värdena skulle justeras för temperatur och luftfuktighet blev det inte helt exakt. Detta borde ändå inte påverka resultatet nämnvärt eftersom temperatur och luftfuktighet inte är två variabler som förändras fort. Det finns inga tidigare

studier som undersökt skillnader mellan träpellets och torv men däremot finns det på liknande material. En tidigare studie (Berg-Johansson *et al.* 2009) som är gjord inom området hade som syfte att utvärdera stallmiljön vid användning av strömaterialet torv och Ministrö®. Ministrö® är värmebehandlat och pelleterat barrträ men till skillnad från träpellets så är denna produkt gjord för att användas som strömateriale till häst. Precis som denna studie är den utförd under oktober och november månad och varje strömateriale användes i fyra veckor, hos tre hästar, varav loggning i två veckor. Luftkvaliteten studerades genom mätning av partikelförekomst, även koldioxid, temperatur, relativ luftfuktighet, flyktiga organiska ämnen, hästallergen, mikrobiell förekomst och ammoniak mättes för de båda strömaterialet. I denna studie visade det sig att det inte fanns några signifikanta skillnader mellan materialet gällande partiklar <10 µm och de ultrafina partiklarna (0,02-1 µm). De fann heller ingen skillnad i mängden koldioxid. Ministrö® hade högre mängd av de flyktiga organiska ämnena i luften än torven och δ-limonen detekterades endast vid användningen av Ministrö®. Vid mätningen av ammoniak visade det sig att torven hade ca fyra gånger mindre ammoniakavgång än Ministrö®. Båda strömaterialet innehöll efter fyra veckor höga halter av mikroorganismer. Torven hade dock en tiopotens högre av bakterier och svampar än i Ministrö®. De drog slutsatsen att torv tenderar att ge en bättre stallmiljö eftersom torven hade högre ammoniakabsorption samt lägre nivåer av flyktiga organiska ämnen. Något som även verkar stämma överrens med denna studie, med avseende på ammoniakabsorptionen. Enligt tidigare studier (Airaksinen *et al.*, 2001) framkom det att torvströ var det mest dammiga och att damm från torv kunde hittas i stallet upp till en vecka efter att strömaterialet bytts. I vår studie använde även vi torvströ först vilket kan ha påverkat resultaten negativt för träpellets i och med att torvdamm kan ha kommit med vid registreringen av dammpartiklar. För att minska torvens dammighet kan det vattnas, vilket även ökar dess ammoniakabsorption/vattenhållningsförmåga (Molnar & Wright, 2006).

Övriga faktorer som påverkar stallströets komfort, estetik och ergonomi

Förutom de egenskaper som vi mätte hos strömaterialet finns det även andra parametrar som inte går att mäta men som ändå gör en viss skillnad. Torv är t.ex. mycket mörkare än vad träpellets är vilket kan uppfattas negativt hos hästägaren, speciellt om det är dålig belysning i stallet vilket styrks av teorin. Ett mörkt strömateriale gör att det kan bli svårare att mocka eftersom det är svårt att se skillnad på vad som är torv och gödsel. Torv gör även att hästarna känns mer dammiga i pälsen än om de står på träpellets. En annan positiv sak med träpellets är dess komprimerade form. Eftersom träpelletsen expanderar när den blir blöt tar det inte lika stor plats vid förvaring vilket kan vara en stor fördel hos många stall där förvaringsutrymmen kan vara begränsat. En annan fördel med träpelletsen är att den är extremt torr vilket gör att säcken med pellets inte fryser, vilket torvbalar gör, om de förvaras utomhus under vinterhalvåret. Torvbalen måste då tas in en bra tid innan den ska användas för att den ska hinna tina. En fördel med att balen fryser är att mikroorganismerna dör och det blir en lägre halt mikroorganismer i bädden samt mindre avgång av CO₂. En annan aspekt som kan avgöra vilket strömateriale som används är hur smidigt och snabbt det går att mocka. För att få ett statistiskt säkert resultat på vilket av de studerade strömaterialet som är lättast att mocka i bör studien basera sig på mer än tre människors tyckande. Personerna i denna studie upplevde att det var lättare att mocka i träpellets eftersom detta strömateriale är ljusare och mer finfördelat än vad torvströet är.

Ekonomi och gödselhantering

Utifrån vår ekonomiska analys som bygger på ett antal antaganden finns det en kostnads skillnad i inköp av stallströ mellan träpellets och torv, på ca 450 kr per år/häst. Denna skillnad har antagligen ingen större påverkan vid val av strömateriale om det rör sig om hästhållning för

ett mindre antal hästar men skillnaden kan dock ha större betydelse för en större verksamhet. Exempelvis en ridskola med 40 hästar som får en skillnad på ca 18 000 kr/år mellan de olika strömaterialen. Även kostnader kring gödselhantering som är en stor kostnad antas vara något lägre för träpellets, skillnaden är dock marginell i denna analys. Det som är intressant att beakta när man studerar gödselkostnader för ett containersystem är att kostnaden för att hyra en container är en mycket hög kostnad i förhållandet till tömningskostnaden. Därmed har inte mängden som slängs sådan jätte stor effekt på den totala kostnaden för gödselhanteringen. Vad som dock kan kritseras kring denna analys är att det vanligaste sättet att hantera gödsel i Sverige är att använda sig av en gödselplatta och sedan sprida gödseln på åkermark. Detta har enligt teorin ett betydligt billigare sätt att hantera gödseln men mycket komplext att göra beräkningar kring (Hammar, 2010). Något som också bör beaktas är att det kan finnas problem med att sprida träpellets på åkrar eftersom det kan innehålla vissa kemiska partiklar. Lantbrukaren är antagligen mer positiv till att sprida torv än träpellets på sin åker.

Något som inte har beaktats i denna ekonomiska analys är arbetskostnader, det vill säga kostnaden för tiden som krävs för hantering och skötsel av strömaterialen. Detta kan ha stor betydelse i större stallar. Resultatet för totala kostnader utifrån den ekonomiska analysen är att träpellets är det mest kostnadseffektiva strömedlet jämfört med torv. Även teorin styrker detta resonemang genom att poängtera att träpellets är fördelaktigt genom att vara kostnadseffektivt (Moon, 2010). Något som dock bör beaktas i denna analys är att den bygger på antaganden och kan därför inte generaliseras som en slutsats. Det är svårt att dra några generella slutsatser kring vilket som är det mest kostnadseffektiva eftersom kostnaderna varierar väldigt mycket beroende på hästens egenskaper, stallrutiner mm.

SLUTSATS

Slutsatsen utifrån denna studie visar på att det inte finns någon signifikant skillnad mellan vilket strömaterial (torvströ eller träpellets) som används och hur det påverkar stallmiljön med avseende på dammpartiklar. Torvströ tenderar dock att ha en bättre ammoniak upptagning än träpellets, vilket bidrar till en bättre stallmiljö. I och med att träpellets hade både lägre halt CO₂, tendens till lägre halt PM₁₀-partiklar och mindre mängd av mikroorganismer, samt dess fördelar vid mockning, hantering och dess ljusa färg anser vi att detta strömaterial är att föredra framför torv. Torv hade visserligen en bättre absorption av ammoniak, men i och med att skillnaden mellan de båda värdena var relativt liten och att inget av värdena översteg gränsvärdet för ammoniak anser vi att detta har mindre betydelse. Slutsatsen utifrån vår ekonomiska analys är även här att träpellets är det mest kostnadseffektiva strömedlet jämfört med torv. Det är dock svårt att dra några generella slutsatser kring vilket av dessa strömedel som är ekonomiskt mest optimalt eftersom det är många omvärldsfaktorer som påverkar resultatet.

TACK TILL

Ett stort tack till projektbeställare Docent Lena Elfman, för all hjälp genom projektets gång. Tack till Pegasus Lab för analyser med mikrobiologiska prover. Tack till Tobias Nordquist på Arbets- och miljömedicin vid Akademiska sjukhuset för hjälp med de statistiska beräkningarna. Ett stort tack till stallägare, hästägare och hästar.

REFERENSER

- Agria Djurförsäkringar. COPD - kronisk obstruktiv lungsjukdom. 2010. Hemsida. [online](2010-12-11) Tillgänglig: <http://www.agria.se/hast/artikel/diagnos-och-behandling-av-copd-hos-hast> [2010-12-11].
- Airksinen, S. 2006. Bedding and manure management in horse stables. Its effects on air quality, paddock hygiene and the compostability and utilization of manure. Diss. Kuopio: University of Kuopio.
- Airksinen, S., Heinonen-Transki, H., Heiskanen, M-L. 2001. Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure. Journal of equine veterinary science 21, 125-130.
- Airaksinen, S., Heiskanen, M.L., Heinonen-Transki, H., Laitinen, J., Laitinen, A., Minnainmaa, M., Rautiala, S. 2005. Variety in dustiness and hygiene quality of peat bedding. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 12, 53-59.
- Andersson, I. 2010. Strö är mer än bara det som ligger på golvet. Tidningen Ridsport nr 23.
- Aros handelshus. Hemsida. Tillgänglig: <http://www.aroshandelshus.com> [2010-12-02]
- Berg-Johansson, J., Gottfridsson, A., Karlsson, A., Lindbäck, M., Westlin, M. 2009. Hästens inomhusmiljö - hur påverkas den av olika strömaterial. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Clarke, A.F. 1987. Air hygiene and equine respiratory disease. In practice 9, 196-204.
- Clarke, A.F. 1994. Stables. I: Livestock housing (red C.M. Wathes, D.R. Charles), 379-403. Cab international, Wallingford, UK.
- Clarke, A.F., Madelin, T.M., Allpress, R.G. 1987. The relationship of air hygiene in stables to lower airway disease and pharyngeal lymphoid hyperplasia in two groups of Thoroughbred horses. Equine Veterinary Journal 19, 524-530.
- Clements, J.M., Pirie, R.S. 2007. Respirable dust concentrations in equine stables. Part 1: Validation of equipment and affect of various management systems. Research in Veterinary Science 83, 256-262.
- Curtis, L., Raymond, S., Clarke, A. 1996. Dust and ammonia in horse stalls with different ventilation rates and bedding. Aerobiologia 12, 239-247.
- Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning (2007), DFS 2007:6 saknr L101.
- Donham, K.J. 1987. Human health and safety for workers in livestock housing. In: Latest Developments in Livestock Housing. Proceedings of Commission Internationale du Genie Rural. Section 2 Seminar, Illinois, pp. 86-95.
- Ekesbo, I. 2003. Kompendium i husdjurshygien, nionde upplagan. Skara.

- Fleming, K., Hessel, E.F., Van den Weghe, H.F.A. 2008. Generation of airborne particles from different bedding materials used for horse keeping. *Journal of equine veterinary science* 28, 408-418.
- Forsberg P. 2003 Stallmiljö <http://www.travsport.se/appImage/stallmiljo.pdf>
- Forslund, T. 2010. Luftvägsproblem hos häst. *Veterinären.nu*. <http://www.veterinaren.nu/artiklar/hast/luftvagarna/luftvagsproblem-hast/228> [2010-11-30]
- Gerber, V., Robinson, N.E., Luethi, S., Marti E., Wampfler, B., Straub, R. 2003. Airway inflammation and mucus in two age groups of asymptomatic well-performing sport horses. *Equine Veterinary Journal* 35, 491–495.
- Germundsson, C. 2006. Ströanvändning i djurstallar. Examensarbete, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi
- Granngården. Hemsida. Tillgänglig: <http://www.granngarden.se/> [2010-12-02]
- Haglund, M. 2010. Utvärdering av strömaterial av restprodukter från wellpapp. Examensarbete 2010:K4, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi.
- Hübinette, L. 2010. Effects of peat and wood shavings as bedding on the faecal microflora of horses. Examensarbete 295, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård.
- Hunter, L., Houpt, K.A. 1989. Bedding material preferences of ponies. *Journal of animal science* 67, 1986-1991.
- Hammar, M. 2001. Hästgödsel och ekonomi – en kostnadsjämförelse mellan olika hanteringssystem. *Teknik för lantbruket*, nr 90. JTI, Uppsala.
- ISO – International Organization of Standarization. 1995. Air quality: particle size fraction definitions for health-related sampling, ISO 7708.
- Jordbruksverket. Hemsida. [online](2009-09-16) Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se> [2010-12-16]
- Kotimaa, M.H., Oksanen, L., Koskela, O. 1991. Feeding and bedding materials as a source of microbial exposure on dairy farms. *Scandinavian journal of work, environment and health* 17, 117-122.
- Larsson, K., Rohde, L., Jakobsson, K-G., Johansson, G., Svensson, L. 1999. Torv som strö i smågrisproduktionen – effekt på miljö och djurhälsa. JTI Rapport no 257, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Molnar, S., Wright, B. 2006. Evaluating performance of several horse bedding. Factsheet 06-105.

Moon P. Wood Pellets as an Alternative Stall Bedding Material. Hemsida. Tillgänglig: <http://www.o2compost.com/content/Bedding.htm> [2010-12-06]

Nobel M. Rörlunda produkter, Personligt meddelande, (2010-12-02)

Persson, S. 2002. Kroniska luftvägssjukdomar. I: Hästforskning under 25 år (red. Jenny Ennerdal och Peter Kallings). Stockholm, AB trav och galopp.

Raymond, S.L., Curtis, E.F., Clarke, A.F. 1994. Trial: Monitoring the effect of different amounts of a paper pulp product on ammonia levels in a horse stall. Equine research center at the University of Guelph, Research report p 7.

RS produkter. Hemsida. Tillgänglig: <http://www.rsprodukter.com> [2010-12-02]

Siljans Schakt. Hemsida. Tillgänglig: <http://www.siljanschakt.se/tjanster/uthyrning-av-container> [2010-12-02]

Svensson, J., Westman, I. 2004. Hästens beteende på olika strömaterial. Examensarbete 271, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi.

Bilder:

<http://www.bjarehastfoder.net/Kutterspan.html> [2011-01-08]

<http://www.bygghandlaren.xlbygg.se/> [2011-01-08]

BILAGA 1

Ekonomiska beräkningar

Kostnader för stallströ för en häst som står på torv med containersystem:

Strö: $(57 \cdot 54) = 3078$ kr

Gödselhantering: $((1000 \cdot 12) + 1500) = 13\,500$ Kr

Total: 16'578 kr per år för en häst

Kostnader för stallströ för en häst som står på träpellets med containersystem:

Träpellets: $(52 \cdot 50) = 2600$ kr

Gödselhantering: $(1000 \cdot 12) + 1000 = 13\,000$ kr

Total: 15 600 kr per år för en häst

Beräkningar på gödselhantering

1 kubikmeter är 1000 liter och en container rymmer 20 kubikmeter. Detta rymmer 20'000 liter gödsel

Torv slängs ut cirka 54 liter/dag

Träpellets slängs ut ca 36 liter/dag

Detta beror givetvis på vilken individ, om hästen är skitig, stor eller liten häst m.m.

Hur ofta behöver containern tömmas?

För torv: $20'000/60 = 333$ dagar Då antas att containern behöver tömmas en ggr per år för en häst, inräknat trycks skiten ihop vid regn och dyl.

För träpellets: För en häst räcker det om containern töms var 18 månad.

Perioder av olika mätningar

Tabell B1. Mättningsdatum för olika prover. P= P-trak, Q= Q-trak, D= Dust-trak, DRX= Dust-trak DRX, VOC= flyktiga organiska ämnen (volatile organic compounds), NH₃= ammoniak, Mikro= mikrobiologiskt prov

Strö	Vecka	P	Q	D	DRX	VOC	NH ₃	Mikro
Torv	1	5/10-11/10				5/10-6/10		5/10
	4	26/10-1/11				26/10-27/10	1/11	2/11
Träpellets	1	2/11-8/11				2/11-3/11		2/11
	4	23/11-29/11				23/11-24/11	29/11	30/11

Rapport från Arbets- och miljömedicin 3/2011

Stallströets påverkan på luftkvaliteten i stall – en jämförelsestudie
mellan torvströ och träpellets

Akademiska sjukhuset, Uppsala Universitet, 751 85 Uppsala, Tfn 018-611 36 42
www.ammuppsala.se