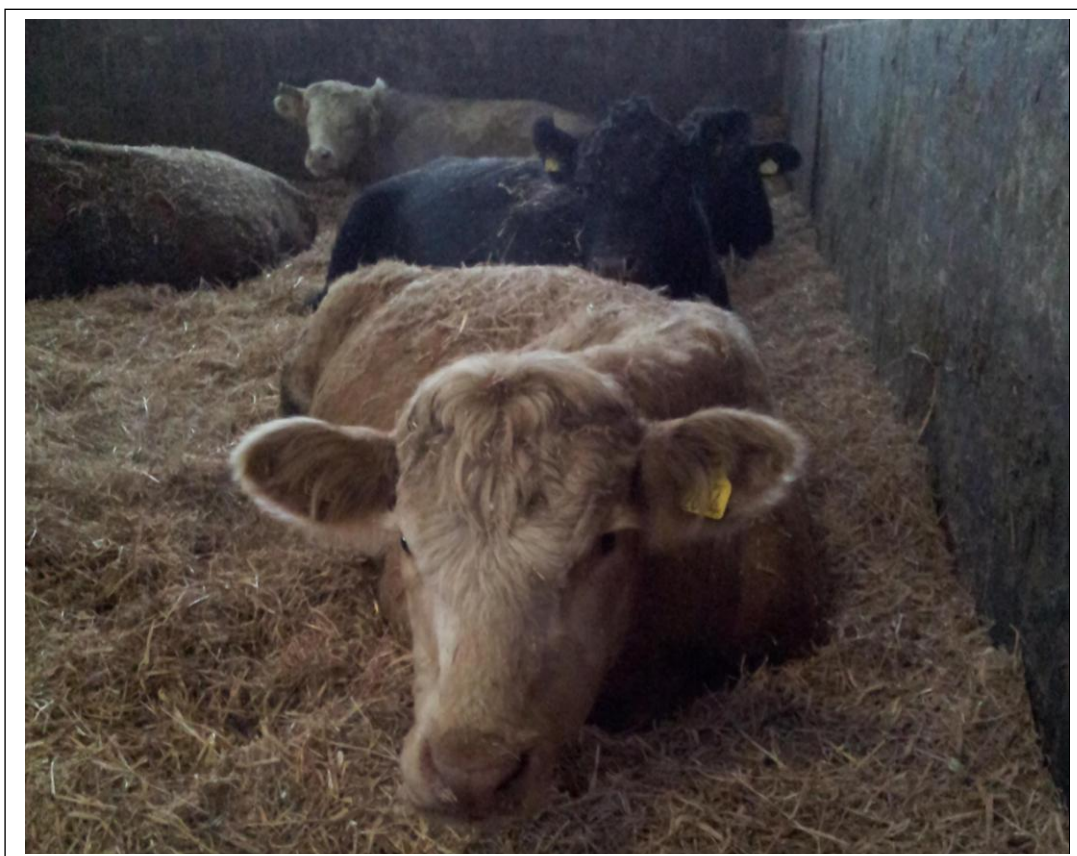


## Rörflen som strömedel i djupströbäddar för nötkreatur

*Linnéa Holmström*



## Rörflen som strömedel i djupströbäddar för nötkreatur

Reed Canary Grass as bedding material in deep litter systems for cattle production

*Linnéa Holmström*

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

**Btr handledare:** Karin Granström, Hushållningssällskapet, Värmland

**Examinator:** Sven Nimmermark, 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:** 2014

**Omslagsbild:** Linnea Holmström

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

**Nyckelord:** rörflen, strömedel, djupströbädd, damm, uppsugningsförmåga, ströåtgång



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

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

# FÖRORD

Att skriva examensarbete på E-nivå ingår som en del i agronom- och masterexamen inom husdjursvetenskap på SLU. Jag fick äran att utföra mitt arbete med uppdrag från Hushållningssällskapet eftersom rörfen för tillfället är en mycket intressant gröda som troligtvis kommer få större betydelse för den framtida strömedelsanvändningen. Projektet är delvis finansierat av Jordbruksverket.

Ett stort tack till personalen på Hushållningssällskapet och min biträdande handledare Karin Granström för allt stöd och för att jag fick den här möjligheten. Det har varit otroligt roligt och lärorikt att jobba för er!

Ett jättetack även till Johan Svantesson och Mattias Englund från Bro-Godås för stort engagemang och tillgång till djur och stallar, samt för all hjälp och extraarbete som projektet medfört.

Jag vill även tacka min handledare Agr. Dr. Knut-Håkan Jeppsson och andra berörda personer för bidraget material och utlåning av mätutrustning, samt idéer och synpunkter.

Ett extra tack till alla som skickat in ströprover från olika delar av Sverige.

Uppsala, februari 2014

Linnéa Holmström  
(Student)

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD .....	1
SAMMANFATTNING .....	3
SUMMARY .....	4
INLEDNING .....	5
LITTERATURSTUDIE .....	6
RÖRFLÉN (PHALARIS ARUNDINACEA L.) .....	6
DJUPSTRÖBÄDDENS FUNKTION OCH STRÖÅTGÅNG .....	8
UPPSUGNINGSFÖRMÅGA .....	10
DAMMHALTER .....	11
MATERIAL OCH METODER .....	12
GÅRDSSTUDIE .....	12
<i>Vägning av djur och etablering av djupströbäddar</i> .....	14
<i>Bedömning av renhet på liggyta</i> .....	14
<i>Strötilldelning och bestämning av TS-halt i strömedel</i> .....	15
<i>Mätning av dammhalt</i> .....	16
<i>Mätning av temperatur, TS-halt och djup i djupströbädd</i> .....	18
UPPSUGNINGSFÖRMÅGA .....	19
<i>Utförande</i> .....	20
FRÖFÖREKOMST .....	22
<i>Utförande</i> .....	22
STATISTISKA ANALYSER .....	23
RESULTAT .....	23
GÅRDSSTUDIE .....	23
<i>Temperatur, höjd, TS-halt</i> .....	23
<i>Ströbäddarnas renhet och ströåtgång</i> .....	25
<i>Dammhalt</i> .....	27
UPPSUGNINGSFÖRMÅGA .....	29
<i>Jämförelse av rörflen i olika form, odlad i olika områden och slagen vid olika tidpunkter</i> .....	29
<i>Jämförelse av rörflen, halm, kutterspån och torv</i> .....	30
FRÖFÖREKOMST .....	34
DISKUSSION .....	35
ANALYS AV FÖRSÖKSUPPLÄGG OCH METODER .....	35
<i>Mätning av ströåtgång</i> .....	35
<i>Mätning av temperatur, höjd och TS-halt</i> .....	35
<i>Mätning av dammhalt</i> .....	36
<i>Mätning av uppsugningsförmåga</i> .....	36
GÅRDSSTUDIE .....	37
<i>Ströåtgång</i> .....	37
<i>Djupströbäddens egenskaper</i> .....	37
<i>Dammhalt</i> .....	38
UPPSUGNINGSFÖRMÅGA .....	38
FRÖFÖREKOMST .....	39
SLUTSATSER .....	40
FÖRSLAG PÅ FRAMTIDA FORSKNING .....	40
REFERENSER .....	42
BILAGOR .....	46

## SAMMANFATTNING

På grund av de blöta höstarna de senaste åren har priset på halm stigit. Intresset har därmed ökat för att börja odla och använda energigräset rörflen som alternativt strömedel. Rörflen slås sent på hösten eller tidigt på våren för att sedan balas i slutet på april, eller i början på maj. Praktiska erfarenheter tyder på att rörflenets ströegenskaper är likvärdiga med halmens men inga vetenskapliga studier har hittats på exempelvis uppsugningsförmåga eller dammförekomst. Tidigare erfarenheter har också visat att spridning av gödsel med inblandning av rörflen orsakat oönskad rörflenstillväxt i spannmålsfält.

Syftet med studien var att ta reda på mer fakta om rörflenets ströegenskaper. I studien jämfördes användningen av rörflen i djupströbädd med havrehalm och kornhalm. Under sex veckors tid undersöktes tre olika boxar med en typ av strömedel i varje box. Beläggningsgraden var 0,8 m<sup>2</sup> liggyta/100 kg levande vikt. Ströåtgången mättes genom att vid varje strötillfälle väga ströet och mäta TS-halten. Den respirabla dammhalten i luften mättes vid flera strötillfällen med hjälp av ett direktvisande, partikelräknande instrument. Dessutom undersöktes djupströbäddarnas temperatur, TS-halt (torrsubstans) och tillväxt. Studien kompletterades med laboratorieexperiment för att undersöka uppsugningsförmågan hos hel, riven och rivna rörflensbriketter från olika delar av Sverige samt skördat vid olika tidpunkter. Rörflenets uppsugningsförmåga jämfördes med kornhalm, havrehalm, vetehalm, torv, och kutterspån. Uppsugningsförmågan mättes genom att blötlägga torkat provmaterial i vatten för att ta reda på uppsugningshastighet och total uppsugningskapacitet. Dessutom undersöktes fröförekomsten i rörflensbalar genom att räkna antalet frön.

Resultatet visade att den genomsnittliga ströåtgången med hänsyn till beläggningsgraden var högre för rörflen än för kornhalm men nästintill lika som ströåtgången av havrehalm (2,0; 1,4 respektive 1,9 kg/dag per 100 kg levandevikt). Rörflenet dammade mer än havrehalmen men inte signifikant mer än kornhalmen (5,9; 2,5 respektive 4,6 mg/m<sup>3</sup> per strömängd i kg TS/s). Rörflenet hade inte signifikant högre uppsugningshastighet (% av 170 g vatten uppsuget under 1 timme för 35 g strömedel) än något annat strömedel. Det enda strömedel som hade signifikant högre uppsugningshastighet än rörflenet (29 %) var kutterspån (47 %). Med avseende på total mängd uppsuget vatten hade rörflenet från Godås signifikant lägre uppsugningskapacitet än torv och kornhalm från samma gård (2,3; 5,3 respektive 3,0 g vatten/g strö). Inga signifikanta skillnader i uppsugningsförmåga fanns mellan rörflen från olika delar av Sverige och inte heller mellan höstlagen och vårlagen rörflen. Riven rörflen från Godås hade signifikant snabbare uppsugningshastighet än hel rörflen (23 respektive 29 % av 170 g vatten uppsuget under 1 timme). Undersökningen av rörflensfrö visade att vårskördad rörflen innehöll en liten mängd frön (62 g/ton strö).

Resultatet av studien tyder på att rörflen fungerar bra i djupströbäddar trots något sämre ströegenskaper än halmen. Ströbädden blir mer kompakt än vid användning av halm, vilket kan påverka komposteringsprocessen. Viktigt är därför att strö rikligt och ofta, framförallt vid etableringen av djupströbädden och eventuellt blanda in torv för att öka uppsugningsförmågan. Eftersom rörflenet dammar är troligtvis användning i väderskyddande stallar med stort luftutbyte det mest optimala. Fler tester krävs för att styrka resultaten av studien. Det skulle vara intressant att mäta och jämföra rörflenets ströåtgång med halm i volym istället för i vikt.

## SUMMARY

Reed canary grass (RCG) was historically used as forage and roofing material and is today mostly used as an energy crop in Sweden. Since price of straw in recent years have risen, the interest has increased to start using RCG as bedding material. The grass is cut either late autumn or early spring and then baled in late April or early May. It is also possible to make briquettes of it. Practical experience suggests that the properties are equivalent to straw but no scientific studies are available on e.g. adsorbency or dust concentration. Another experience is that spreading of manure mixed with RCG has increased the amount of weeds in cereal fields. The purpose of this study was to find out more about reed canary grass as bedding material. The use of RCG was compared with two straw types through a deep litter study on farm. The usage of litter in kg and kg dry matter (DM) was measured by weighing bales and by measuring the DM content. Dust concentration in the air was also measured with an instrument that counts particles and logs data each second. Temperature, DM content and height of the deep litter was also measured. The study was complemented with lab measurements to investigate the adsorbency of shredded, long, and shredded briquetted RCG from different parts of Sweden and harvested with different methods. The absorbance of RCG was compared with barley straw, oat straw, wheat straw, peat and wood shavings. The adsorbency was measured by two tests; the first test measured how fast water was adsorbed during one hour. The second test measured total, possible amount of adsorbed water at 100% and initial DM content. Moreover the amount of seeds in RCG litter was counted in a number of bales from the same farm as the litter study was performed.

The results showed that the total straw consumption for RCG was higher than for barley straw but equally as oat straw (2.0; 1.4 and 1.9 kg/day per 100 kg live weight, respectively). The average temperature in the deep litter was a bit higher for RCG (32.2 – 41.8 °C) and oat straw (27.9-40.3 °C) than for barley straw (24.8-30.9 °C) but the height (34.5-36.4 cm) and DM (42.9 – 44 %) was nearly the same in all three deep litters. RCG dusted more than oat straw but not significantly more than barley straw (5.9; 2.5 and 4.6 mg/m<sup>3</sup> per bedding amount in kg TS/s, respectively). RCG had lower total water adsorbency than peat, barley straw and oat straw (2.3; 5.3; 3.0 and 2.6 g water/g bedding, respectively) but almost the same adsorbency as wood shavings (2.2 g water/g bedding) at 100 % dry-matter content. Wood shavings, however, had faster adsorbency than any other litter. No differences were found between RCG from northern or southern part of Sweden, or between cutting time. Shredded RCG had a slightly faster adsorbency than whole reed grass (29 and 23 % of 170 gram water adsorbed during one hour). The test also showed that there was a small content of seeds in the bales (62 grams per tonne bedding material).

RCG can be recommended to be used as bedding material in deep litter systems, but the bed is getting more compact than for straw, why it is important to provide new bedding material continuously, preferably every day. Because of the dust it is probably best to use it in weather protective stalls with large air exchange. It should be interesting to measure the dust concentration in a barn with controlled ventilation. More tests are needed to secure the results and more accurate measurement of dust concentration and litter consumption. It would be interesting to measure the litter consumption in volume instead of kg, as RCG appears to have a higher density than straw. Practically speaking, consumption of litter is often measured in bales instead of kg. The possible ammonia adsorbency of RCG would also be interesting to measure.

## INLEDNING

Rörflen är ett flerårigt cirka två meter högt vassliknande gräs som växer vilt i dikeskanter och vid sjö och havsstränder i stort sett hela landet. I början av 1800-talet skrev Retzius att rörflen användes som foder, takläggningmaterial och prydnadsgräs i trädgårdar (Den virtuella floran, 2009). Idag används gräset främst som energigröda men ett intresse finns för att utöka användningsområdena. Halm används idag flitigt som strömedel inom bland annat nötköttsproduktionen men de regniga höstarna under senare år har resulterat i en brist på halm och priserna har pressats uppåt (Malmsten, 2011; Söderberg, 2012). Rörflen har därför på olika ställen i Sverige börjat odlas som ett alternativt strömedel (Hushållningssällskapet, 2012). Fakta om rörflenets ströegenskaper jämfört med övriga strömedel efterfrågas av både lantbrukare och strömedelsföretag men tyvärr finns inte tillräckligt med kunskap idag. Exempelvis har inga vetenskapliga studier hittats på rörflenets uppsugningsförmåga som är en viktig strömedelsegenskap inte minst för djupströbäddens kvalitet (Jeppsson, 1996). Carlsson (2012) undersökte i sitt examensarbete genom främst intervjuer och ekonomiska kalkyler, möjligheterna att kunna använda rörflen som strömedel. Resultatet visade att det fanns god potential och det fanns en hel del praktiska erfarenheter hos producenter spridda i Sverige som menade att rörflenet fungerar likvärdigt med halm men luktar inte lika friskt och dammar mer. Dessutom har det orsakat fröogrästtillväxt i spannmålsfält, vilket kan bidra till extra kostnader för ogräsbekämpning och försvara för ekologiska lantbrukare (Carlsson, 2012). I en studie gjord i Wales (Mc Lean, 2007) mättes åtgången av rörflen vid användning i djupströbäddar till får. I en opublicerad studie från Rådde gjord av Hushållningssällskapet (Svantesson & Sällvik, 1995) mättes åtgången av rörflen vid användning i djupströbäddar till nötkreatur, men för att bekräfta resultaten krävs fler studier.

Hypotesen för studien var att rörflen troligtvis har samma ströegenskaper som halm och fungerar bra som strömedel i djupströbäddar, men dammar troligtvis mer och innehåller en viss del rörflensfrön. Uppsugningsförmågan för rörflen är antagligen likvärdig halmens och påverkas av form, skördemetod och odlingsplats.

Syftet med den här studien var att öka kunskapen om rörflen som strö genom att ta reda på mer fakta om rörflenets ströegenskaper för att kunna bistå med information till bland annat rådgivare, lantbrukare och ströproducenter i Sverige. Målet var att ta reda på ströåtgången för rörflen och undersöka hur rörflenet fungerar i djupströbäddar samt undersöka förekomsten av damm vid strötilldelning jämfört med användning av halm. Målet var också att undersöka om rörflensströet innehåller rörflensfrön och ta reda på dess uppsugningsförmåga och om den påverkas av skördemetod (höstslaget, vårslaget), ströform (riven, hel) eller odlingsplats (norra eller södra Sverige) samt att jämföra uppsugningsförmågan med andra vanligt förekommande strömedel.

## LITTERATURSTUDIE

### Rörflen (*Phalaris arundinacea* L.)

Rörflen växer på alla typer av jordar, men trivs bäst på fuktiga mullrika jordar. Sådden sker på våren och utsädesmängden som rekommenderas är 15 kg/ha. Rörflensfröet växer mycket långsamt och är känsligt för torka. På grund av att fröet mognar ojämnt och lätt drösar ur vippan är det svårt att odla utsäde. Första skörd tas efter två år och kan ge en avkastning på 4-6 ton/ha medans efterföljande år ger cirka 20 % mer i avkastning. Avkastningen kan bli 8-10 ton/hektar (ha) i norra Sverige respektive 6-8 ton/ha i södra Sverige (Landström et al., 1996; Landström & Wik, 1997; Glommers Miljöenergi AB, 2008). Rörflen skördas oftast på våren även om höstskördad rörflen visat sig ge mindre spill och högre avkastning (Landström et al., 1996; Larsson et al., 2006). Höstskördad rörflen försvårar torkningsprocessen medan vårskördad rörflen är bättre för återväxten och gör att rörflensvallen håller i många år (Glommers Miljöenergi AB, 2008). Enligt Landström & Wik (1997) kan vallen växa i 10-15 år innan den behöver brytas och vårskörden ska ske när tjälen gått ut marken men innan det nya gräset hunnit börja växa. Detta gör att tidpunkten för avslagning blir mycket kort, därför kan det vara fördelaktigt att slå rörflenet på senhösten som då får ligga på slag över vintern innan det balas direkt från sträng på våren (Larsson et al., 2006).

I Sverige och Finland odlas rörflen främst som energigröda och odlingen i Sverige tog fart i början av 1990-talet på grund av den nya jordbrukspolitiken och rörflenets goda energiegenskaper (Larsson et al., 2006; Bioenergiportalen, 2013). För att effektivisera energianvändningen och öka volymvikten har Glommers miljöenergi AB börjat brikettera och pelletera rörflen (Lundmark et al., 2008). Enligt en avhandling skriven av en av Linnés lärjungar undersöktes rörflenets foderegenskaper redan på 1700-talet i Sverige (Wik, 1968). Under 1800- och 1900-talet odlades rörflen som grovfoder i bland annat, Tyskland, England, USA, Kanada, och Norge (Wik, 1968; Andersson, 1979). Fiberinnehållet kan jämföras med halm men rörflen har något högre proteinhalt (Andersson, 1979; Carlsson, 2012). Enligt Wik (1968) har rörflenets smaklighet undersökts genom flertalet försök hos nötkreatur och andra djurslag. Resultaten har varit blandade och visat på mycket god smaklighet men det har också visats vara helt tvärtom. Arnesson & Salevids (2012) studie har visat att rörflen fungerar bra som strukturfoder till lågdräktiga dikor för att förhindra att de blir överutfodrade. Studien utfördes med rörflenshö taget av viltväxande rörflen skördad under höst och vår, fler försök pågår under 2012-2015 för att närmare undersöka effekten av utfodring med konventionellt odlad rörflen.

Carlsson (2012) undersökte i sitt examensarbete förutsättningarna för att odla rörflen som strömedel. Ekonomiska kalkyler visade att det är billigare att odla rörflen än att köpa halm om halmen kostar minst 0,8 kr per kg. Produktionskostnaden för att odla rörflen som strö och lagra i form av balar beräknades till 0,76 kr/ kg inklusive transport (1 mil) vid en avkastning på 7 ton/ha med 87 % TS-halt. Stödbeloppet var beräknat till 1500 SEK för gårds och miljöstödd (stödområde 5b). Erfarenheter från lantbrukare (Forsell, 2011) har visat att åtgången av rörflen till nötkreatur på djupströbädd är likvärdig med halm. Rörflenet har dock visat sig damma mer och luktar inte lika friskt som halmen. Undersökningar har gjorts för att analysera rörflenets hygieniska kvalitet men inga större anmärkningar har hittats. Hadders (1994) analyserade 4 olika prover från vårskördad rörflen och resultatet visade på förekomst av



mögel men det är okänt i vilken koncentration. I en annan undersökning av hygieniska kvaliteten hos rörflen som slagits på hösten och skördats på våren, fanns inga anmärkningar då analysresultaten jämfördes med Eurofins gränsvärden (Tabell 1) (Carlsson, 2012).

Tabell 1. Hygienisk kvalitet för höstslagen, vårskördad rörflen (Carlsson, 2012) samt riktvärden enligt Eurofins (2014)

Analys	Gränsvärde (log cfu/g)	Värden för rörflen
Mögelsvamp-total	<5,5	2,7
Mögelsvamp-lagringsflora	<5,0	<2,0
Aspergillus fumigatus	<2,0	<1,0
Vattenaktivitet	<0,75	0,31
Totala antalet bakterier	<8,0	7,0

Andra praktiska erfarenheter som framkom i Carlssons examensarbete (2012) var att rörflensfrön orsakat ogrästtillväxt i spannmålsodlingar genom att rörflensfrön spridits via fastgödseln. Detta kan bidra till extrakostnader för ogräsbekämpning och eventuell bli besvärligt för ekologiska producenter. För att undvika ogräsetablering kan lösningen vara att undvika att sprida gödseln i spannmålsfält och endast sprida den på vall (Carlsson, 2012). Wik (1968) menar dock att rörflen lätt konkurrerar ut andra gräs och därför inte passar som gröda i blandvall, medan erfarenheter från Norge visat att rörflen passar att odla tillsammans med timotej (Andersson, 1979).

Rörflensbriketter har visat positiva resultat vid användning som strö till hästar. Briketterna är runda till formen och består av sammanpressad upphettad rörflen som faller isär när de används i boxen. Praktiska erfarenheter har visat att det dammar mindre än spån och åtgången har varit något mindre. Däremot tog mockningen längre tid (Hushållningssällskapet, 2012). I en annan studie från Wales (Mc Lean, 2007) jämfördes ströåtgången av vetehalm och vårskördad rörflen i djupströbädd till lamm. Resultatet visade att det gick åt något mer rörflen. I försöket användes olika stolekar på balarna vilket kan ha påverkat resultatet. Kostnaden för produktion av ströet jämfördes också, och tydde på att det inte var någon större skillnad mellan vetehalm och rörflen. Kostnaden per kg låg kring 40 öre exklusive transportkostnader (Mc Lean, 2007).

I en opublicerad studie gjord av Hushållningssällskapet (Svantesson & Sällvik, 1995), jämfördes ströåtgången av rörflen, torv, sågspån och halm (Tabell 2). Studien gjordes på djupströbäddar i olika typer av boxar till ungnöt med olika beläggningsgrad och etableringsmängd. Mängden torv och sågspån som gick åt var något högre än mängden rörflen. Åtgången av halm och rörflen var nästintill lika, rörflenets åtgång var något lägre (Svantesson & Sällvik, 1995). Det är dock svårt att jämföra resultaten på grund av olika förutsättningar som exempelvis boxarnas storlek på liggytan.

Tabell 2. Resultatet av en ströbäddsstudie från Rådde gjord 1992 av Hushållningssällskapet över olika strömedel i djupströbäddar (Svantesson & Sällvik, 1995)

	Halm	Torv	Sågspån	Halm	Rörflen
Djurslag	Ungtjur	Ungtjur	Kviga	Kviga	Ungtjur
Boxtyp	Hel <sup>1</sup>	Hel <sup>1</sup>	Hel <sup>1</sup> +Sk <sup>2</sup>	Hel <sup>1</sup> +Sk <sup>2</sup>	Lutande
Antal djur	13	12	9	12	12
Liggyta per djur m <sup>2</sup>	4,1	4,2	4,8	4,1	2,8
Nettoliggyta m <sup>2</sup>	54	51	43	49	34
Etablering kg/m <sup>2</sup>	9,3	107	35	38	11,2
Etablering kg/djur	38	454	166	155	32
Antal dagar	52	52	38	38	52
Åtgång per djur och dag, kg (m. etablering)	6,3 (7)	10 (19)	7,6 (12)	6,2 (10,3)	5,7 (6,3)
TS-halt i strö vid etablering %		42,8			
Åtgång kg TS/djur och dag		4,3			
TS halt i bädden %	35,2	26,1	31,8	31,7	30,8
Djup på bädden cm	40	52	30	35	22-32
Bädd-tillväxt cm/dag	0,8	1	0,8	0,9	0,4-0,6
Temp i bädden djup 10 cm	35,2	10,7	16,6	31,9	33,0

<sup>1</sup>Hel ströbädd

<sup>2</sup>Skrapgång

## Djupströbäddens funktion och ströåtgång

Att använda sig av djupströbädd är idag vanligt framförallt inom nöt- och lammköttproduktion. Skillnaden mellan ströbädd och djupströbädd är att ströbädden gödglas ut flera gånger under stallperioden medans djupströbädden etableras på hösten och tas ut på våren. Djupströbädden kan även kombineras med skrapad gång mot foderbordet (Ascárd, 2004). Som strömedel används vanligtvis halm men kan också kombineras med torv eller såg/kutterspån. Havre och kornhalm har lättare att brytas ner mikrobiellt än vetehalm och råghalm, vilket gör att gödseln omsätts snabbare och passar därför bra i djupströbäddar (Henriksson & Lindell, 1988).

En djupströbädd ska helst etableras i slutet av sommaren eller tidigt på hösten när lufttemperaturen fortfarande är relativt hög, detta för att främja den mikrobiella processen i bädden (Henriksson & Lindell, 1988). För att bädden ska fortsätta hålla sig torr är det mycket viktigt att det regelbundet tillförs nytt torrt strö som suger upp träck och urin och därmed främjar den aeroba nedbrytningen. En blöt och packad bädd förhindrar tillförseln av luft till mikroberna i bädden och nedbrytningen sker istället anaerobt och därmed långsammare. Vid långsammare nedbrytning sjunker temperaturen och det blir svårt att få bädden att "brinna". En varm och brinnande bädd hjälper till att hålla liggytan torr vilket resulterar i lägre ströbehov. Mikroorganismerna i ströbädden behöver även kol och kväve för sin tillväxt och proteinsyntes, därför är viktförhållandet för kol och kväve den så kallade C/N-kvoten i ströet en viktig faktor för nedbrytningsprocessen. En pågående nedbrytningsprocess bidrar även till en långsammare och lägre tillväxt av ströbädden (Karlsson & Jeppsson, 1995; Bengtsson & Sällvik, 1994).

Högst temperatur i ströbädden uppnås 10 cm under ströbäddsytan (Jeppsson et al., 1997; Kapuinen, 1992). Enligt Kapuinen (1992) når djupströbädden vanligtvis högst temperatur (60 °C) efter 3 veckor och stabiliseras därefter runt 40 °C. En högre strömmängd gör att maxtemperaturen uppnås något tidigare. En inblandning av torv i halmbädden uppnår inte lika hög temperatur som en djupströbädd med endast halm. Men båda typer av ströbäddar har en stabiliseringstemperatur kring 40 °C. En djupströbädd med endast halm har något högre höjdtillväxt (0,52 cm/dygn) jämfört med en halmdjupströbädd med torvinblandning (0,38 cm/dygn) mätt under två månader (Kapuinen, 1992).

Följande resultat kommer från en studie där bland annat temperatur och höjden på ströbädden under sex månader undersöktes (Jeppsson et al., 1997). I studien ingick ungtjurar (190-430 kg) på djupströbädd med skrapgång (ca 1,4–0,6 m<sup>2</sup> liggyta/100 kg levande vikt) där ströätgången var 3 kg per djur och dag, inklusive etablering (18 kg/m<sup>2</sup> eller 13 kg/100 kg levande vikt). Ströbäddarna ströddes 3 ggr i veckan och strömedlen som användes var hackad halm, hackad halm med tillsatsmedel, hel halm samt hackad halm kombinerat med torv. Temperaturen i alla fyra ströbäddarna var efter en vecka 30-35 °C vid 10 respektive 20 cm djup. En vecka senare hade temperaturen stigit ytterligare några grader vid 10 cm. Högst medeltemperatur uppmättes i boxen med hel halm och lägst temperatur uppmättes i boxen för torv-blandningen vilket tyder på att en packad bädd har lägre mikrobiologisk aktivitet. TS-halten i bädden låg kring 35 % i slutet av perioden (maj) och ströbädden med hel halm hade växt cirka 2,5 mm per dag (Jeppsson et al., 1997).

I Bengtsson & Sällvik's (1994) studie mättes temperatur (15 cm ner i bädden), TS-halt och höjdtillväxt i ett flertal djupströbäddar. Temperaturen varierade slumpmässigt men uppnådde högsta temperatur (9,8–44,8 °C), 2-3 månader efter bäddens etablering. Medeltemperaturen låg kring 17,3 °C och TS-halten varierade mellan 21-28 %. Studien tog även hänsyn till annan litteratur och kom fram till att djupströbäddar med skrapgång växer 4-6 mm per djur (300-450 kg levande vikt) och dag beroende på om det är kvigor eller köttdjur. Halmtilldelningen beräknas då vara 2-6 kg/djur och dag (Bengtsson & Sällvik, 1994).

Ströätgången beror av flera olika faktorer som etableringsmängd, typ och kvalitet på ströet, väderlek, hur ofta nytt strö tillförs, beläggningsgrad, djurvikt, djurkategori och näringsinnehåll i foderstaten (Ascárd, 2004). Dessutom har djupströbädd med skrapad gång visat sig ge 40 % lägre ströförbrukning än hel djupströbädd (Johansson, 1995). I kalla lösdrifter går det oftast åt mindre strö än i varma men strömmängden är också väderberoende (Henriksson & Lindell, 1988). Enligt Jordbruksverkets rapport (Albertsson & Borgenvall, 1995) ligger strömedelsbehovet för stutar och kvigor på djupströbädd med skrapad gång kring 1,9 kg per djur och dag från 3 till 12 månaders ålder och 3,1 kg/djur och dag från 13 till 24 månaders ålder. Tjurar beräknas ha ett större strömedelsbehov på grund av intensivare uppfödningensintensitet som resulterar i blötare träck (Albertsson & Borgenvall, 1995). Bengtsson och Sällviks (1994) resultat visade att mängden halm för underhåll av djupströbädd med skrapgång varierade mellan 2-5 kg halm/djur/dag för kvigor som vägde 300-450 kg. Ströbehovet beror till stor del på beläggningsgraden och djurens vikt, därför kan det vara mer riktigt att ange ströbehovet per 100 kg levande vikt. Enligt Andresen & Ericson (2005) finns en tumregel som menar att ströbehovet är 1,2–1,3 kg/dag per 100 kg levandevikt och att strömmängden bör vara 20-25 kg/m<sup>2</sup> vid etableringen av ströbädden.

Henriksson & Lindell (1988) undersökte med hjälp av litteratur och egna undersökningar, hur man bäst anlägger en djupströbädd för nötkreatur och hur mycket strö som krävs för underhåll. Enligt en enkätstudie bland 46 stycken lantbrukare användes 9-11 kg halm/djur vid

etableringen och därefter ströddes bäddarna med 4 kg halm per djur och dag. I samma studie gjordes ett praktiskt försök på Götala, då användes 15 kg respektive 30 kg halm per djur vid etableringen av djupströbädden då djuren vägde 110 respektive 380 kg. Under resten av perioden ströddes bäddarna med 1,5 kg/djur, varannan dag. Resultatet visade att en större mängd strö hade behövts vid varje strötillfälle för båda ströbäddar. Den slutliga rekommendationen blev att man vid etableringen ska lägga in 50-60 cm tjockt lager halm och därefter behöver 2-5 kg ny halm per djur tillföras var eller varannan dag beroende på boxens utformning, vikt på djuren och näringsinnehållet i foderstaten. Har man skrapgång bör den skrapas varje dag (Henriksson & Lindell, 1988).

## Uppsugningsförmåga

Uppsugningsförmågan är en viktig strömedelsegenskap för att hålla liggytan torr och främja den aeroba nedbrytningsprocessen i djupströbädden. Uppsugningskapaciteten påverkas av vattenhalten i strömaterialet under lagringstiden (Karlsson & Jeppsson, 1995). Olika strömedels uppsugningsförmåga har undersökts i ett flertal studier med olika metoder, vid olika ursprungliga TS-halter och därför har resultaten varit blandade (Tabell 3).

Tabell 3. Uppsugningsförmågan hos olika typer av strömedel enligt olika källor.

Strömedel	g vatten/g strö	Källa
Kornhalm	2,0 - 3,3	A, D
Havrehalm	2,4 - 3,3	A, D
Vetehalm	2,1 - 3,2	C, D
Torv	4,0 - 12,0	A, B
Kutterspån	1,5 - 4,6	A, B, C, E, F, G
Halmpellets	4,0 - 4,2	C, E
Hackad halm	2,6 - 4,0	A, B, F

Källor:

- A. Kapuinen, 1992
- B. Simonsson, 1976
- C. Fleming et al., 2008
- D. HCC/MPW, 2010
- E. Johansson & Wettberg, 2012
- F. Misselbrook & Powell, 2005
- G. Haglund, 2010

Inga vetenskapliga studier har hittats på rörflenets uppsugningsförmåga. Torv är det strömedel som visat sig ha högst uppsugningsförmåga enligt Simonsson (1976) som refererar till en tysk studie från 1963 och samma resultat visades i en finsk studie gjord av Vahala, på 80-talet enligt Kapuinen (1992). I en studie där uppsugningshastigheten undersöktes under kort tid (5 minuter) hade torv dessutom något snabbare uppsugningshastighet än kutterspån (Hübinette, 2010). En annan studie där uppsugningsförmågan mättes under en kortare tidsperiod (1 timme) visade att det volymmässigt gick åt betydligt mer halm än sågspån för att suga upp samma mängd vatten (Airaksinen et al., 2001). Ingen större skillnad har kunnat påvisas

mellan olika halmtyper men enligt Kapuinen (1992), har hackad halm visat sig ha något bättre uppsugningsförmåga än hel halm. Att pelletera halmen har också visat sig påverka uppsugningsförmågan positivt (Fleming et al., 2008; Johansson & Wettberg, 2012). Kutterspån är det strömaterial som visat sig ha något lägre uppsugningsförmåga än både halm, halmpellets och torv i de flesta studier (Simonsson, 1976; Misselbrook & Powell, 2005; Fleming et al., 2008; Johansson & Wettberg, 2012).

## Dammhalter

Generellt i nötstallar ligger den inhalerbara samt totala dammhalten kring  $0,5 \text{ mg/m}^3$  och den respirabla dammhalten kring  $0,1 \text{ mg/m}^3$  enligt en rapport från Arbetsmiljöverket (Jansson, 2011). Med inhalerbart damm menas de luftburna partiklar som kan inandas genom näsa och mun, och med respirabelt damm menas de partiklar som räknas nå lungornas alveoler (AFS, 2011:18). Enligt svensk standard - Arbetsplatsluft (SIS, 1993) är den definierade partikelstorleken för respirabelt damm  $<12 \text{ }\mu\text{m}$  och storleken på de inhalerbara dammpartiklarna är cirka  $<100 \text{ }\mu\text{m}$ . Totaldamm är en annan benämning på dammhalten i luften och kan motsvara 33-50% av det inhalerbara dammet beroende på dammtyp. Totaldamm mäts med hjälp av luftpump och provtagningsfilter med storlek 37 eller 25 cm under åtta timmar, vilket motsvarar en arbetsdag (AFS, 2011:18).

Hanteringen av strö och spannmål är det arbetsmoment inom lantbruket som orsakar högst halter av organiskt damm i luften enligt en rapport från Arbetsmiljöverket (Jansson, 2011). Organiskt damm kan innehålla bland annat mögelsporer som har en negativ påverkan på andningsorganen och kan leda till både akut förgiftning eller kroniska sjukdomar (Jansson, 2011). Gränsvärdet för en god arbetsmiljö är enligt arbetsmiljöverkets föreskrifter  $5 \text{ mg/m}^3$  totaldamm i luften (AFS, 2011:18). Enligt jordbruksverkets föreskrifter är gränsvärdet för djur  $10 \text{ mg/m}^3$  totaldamm (SJFS, 2010:15).

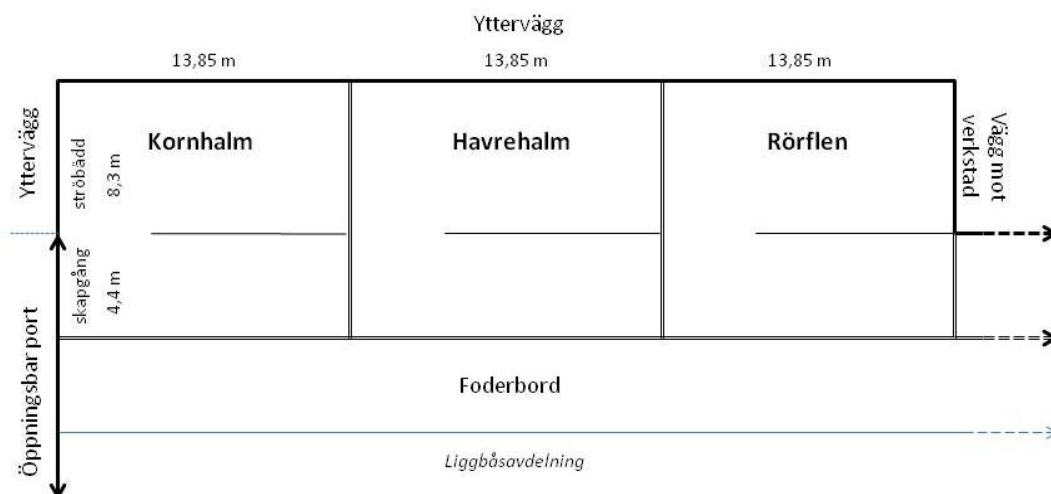
Studier tyder på att desto torrare ströet är desto mer dammar det. Larsson et al. (1999) undersökte torvens damningsegenskaper vid olika TS-halter med hjälp av en dammkammare (JTI-metoden). Strömängden per prov var  $3,46 \text{ kg TS}$  som släpptes och fick falla fritt  $1,8 \text{ m}$ . Dammet mättes med hjälp av två dammpumpar ( $1,8 \text{ l/min}$  respektive  $1,9 \text{ l/min}$ ). Resultatet visade att torv med hög TS-halt dammade mer, högst uppmätt dammhalt var  $147,2 \text{ mg/m}^3$  totaldamm, samt  $24,4 \text{ mg/m}^3$  respirabelt damm vid en TS-halt på 85 %.

## MATERIAL OCH METODER

Rörflenets ströegenskaper undersöktes genom en gårdsstudie och kompletterande laboratorieexperiment.

### Gårdsstudie

Studien skedde under hösten 2013 på en gård i södra Värmland som bedriver ekologisk nötköttsproduktion och dikouppfödning. Studien utfördes i ungnötsstallet. Byggnaden är väderskyddande med fri luftväxling, öppen taknock samt körbart foderbord. Längs en långsida är byggnaden inredd med tre djupströbäddar med skrapgång (Figur 1) där testerna utfördes. Boxarna är indelade med hjälp av grindar.



Figur 1. Skiss över djupströboxarnas placering i stallbyggnaden samt vilken typ av strömedel som användes i respektive box.

Boxarna som ingick i studien innehöll blandat kvigor och stutar som utfodrades med fri tillgång på ensilage. Strömedlen som användes var rörflen, havrehalm samt kornhalm. Rörflenet var från en ekologiskt odlad 4 år gammal vall, slagen och skördad våren 2013 på en närliggande gård och lagrad under tak som fyrkantsbalar med en vikt på cirka 300 kg. Havre och kornhalmen var skördad under sensommaren 2013 i närliggande område och lagrad i form av rundbalar (ca 200 kg). En viss del av havrehalmen var lagrad i större fyrkantsbalar under tak (ca 600 kg).

Gårdsstudien utfördes under totalt sju veckors tid från mitten på oktober till början på december, tidpunkt för respektive mätning och moment ses i Tabell 4. Den relativa luftfuktigheten och lufttemperaturen mättes kontinuerligt med hjälp av två mini-loggrar (*Gemini Data Logger*, Tinytag TGP-4500) som lagrade data var 15:e minut, för att kartlägga variationen av luftklimatet. Loggrarna placerades längs ytterväggen av stallbyggnaden (Figur

7). I resultatet redovisas medelvärdet ut av båda loggrarnas mätvärden för aktuell avläsningstidpunkt.

Tabell 4. Antal mättillfällen och tidpunkt för varje mätning och moment i gårdsstudien

Datum	Vägning av djur	Bedömning av ströbädd	Strö tilldelning	Damm mätning	Temp. mätning	TS-halt och djup mätning
<i>Etablering</i>						
10 okt	X					
24-25 okt			X			
<i>Vecka 1</i>						
28 okt		X	X			
30 okt		X	X			
1 nov		X	X			
<i>Vecka 2</i>						
4 nov		X	X			
6 nov		X	X			
8 nov		X	X			
10 nov		X	X			
<i>Vecka 3</i>						
11 nov		X	X	X		
12 nov		X	X		X	
13 nov		X	X	X		
14 nov		X	X	X	X	
15 nov		X	X	X		
17 nov		X	X			
<i>Vecka 4</i>						
18 nov		X	X	X	X	
20 nov		X	X	X	X	
22 nov		X	X	X	X	
24 nov		X	X			
<i>Vecka 5</i>						
25 nov		X	X		X	
27 nov		X	X		X	
29 nov		X	X		X	
1 dec		X	X			
<i>Vecka 6</i>						
2 dec		X	X		X	
4 dec		X	X		X	
6 dec		X	X		X	X
<i>Slutvägning</i>						
10 dec	X					

### ***Vägning av djur och etablering av djupströbäddar***

Djuren vägdes vid installation och efter testperiodens slut för att få fram den genomsnittliga belägningsgraden under försöket i respektive box (Tabell 5). Ströbäddarna etablerades den 24 oktober med cirka 21 kg/m<sup>2</sup> (16 kg strö/100 kg levande vikt) enligt rekommendation (Andresen & Ericson, 2005). Lufttemperaturen utomhus var då 9°C. Balarna fördelades för hand och djuren släpptes på under samma och efterföljande dag. Djuren sorterades efter vikt och beläggningen fördelades så lika som möjligt med 29-30 djur per box.

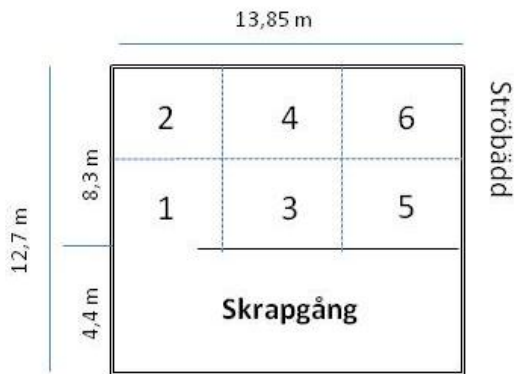
Tabell 5. Genomsnittlig belägningsgrad och djurvikt under studieperioden samt antal djur i respektive box

	Rörflen	Kornhalm	Havrehalm
Antal dagar	42	42	42
Antal djur	29	30	30
Liggyta (m <sup>2</sup> /100 kg)	0,8	0,8	0,8
Medelvikt/djur (kg)	492	489	487

### ***Bedömning av renhet på liggyta***

Vid studiens början var det planerat att renheten på liggytan i djupströboxarna skulle vara ett mått på liggytans behov av nytt strömedel och samtidigt avgöra exakt hur mycket strö som skulle tillföras för att upprätthålla en optimal liggplats. Detta gick inte att genomföra eftersom det visade sig vara för komplicerat och tidskrävande att strö med en exakt förutbestämd strö mängd. Istället gjordes bedömningen av renheten för att utvärdera om den faktiska tilldelade strö mängden var tillräcklig för att upprätthålla en optimal liggplats under perioden. Renheten bedömdes visuellt av samma person innan varje strötillfälle under sammanlagt sex veckor och första tillfället skedde fyra dagar efter etableringen av djupströbäddarna. Metoden utgick från Olsson & Svendsens (2004) studie där man bedömde golvytan i slaktsvinsboxar. I den nämnda studien delades liggyta och gödselytan in i zoner och varje zon bedömdes med avseende på både fukt och smuts på två skalor mellan 1-3. I denna studie ansågs det vara mest relevant att bedöma liggytan med avseende på fukt eftersom det är den egenskap som strömedlet kan påverka. För att hitta en eventuell variation mellan ströbäddarna förlängdes bedömningsskalan. Liggytan i varje box delades in i sex områden (Figur 2) och varje område graderades med avseende på fukt, inom en skala mellan 1-5 där 1 var mycket torr, 3-3,5 var optimal poäng (behov av nytt strö) och 5 var mycket blöt. Bedömningen av hela ströbäddens renhet sammanställdes genom att räkna fram ett medelvärde av graderingspoängen.





Figur 2. Boxritning med ströbäddsindelning (1-6) för renhetsbedömning av liggytan.

### ***Strötilldelning och bestämning av TS-halt i strömedel***

Metoden för att ta reda på ströåtgången och hitta skillnader mellan strömedlen utgick från en studie från Wales (Mc Lean., 2007) där man jämförde åtgången av halm och rörfen. Ströbäddarna ströddes enligt vanliga strörutiner och det var personen som strödde och storleken på balarna som avgjorde hur mycket boxarna skulle strös.

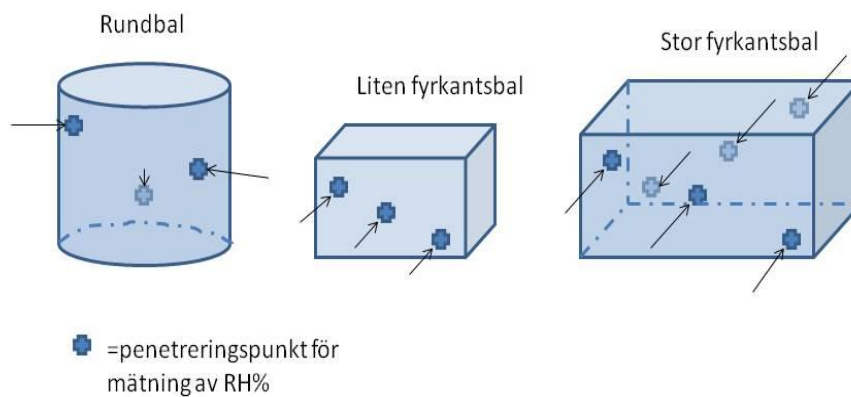
I den här studien ströddes ströbäddarna efter behov med hjälp av strömaskin (*Kverneland, Taarup 856*) som med roterande knivar river (snittar) strömaterialet innan det blåses ut med upp till 18 m kastlängd genom ett höj och sänkbart utblåsningrör (Figur 6). Strömängden berodde på den mänskliga uppfattningen av hur blöta djupströbäddarna var, balstorleken och antal dagar innan nästa strötillfälle som var förutbestämt. Alla balar vägdes med hjälp av balkvåg (upplösning: 1 kg) (Figur 3) och mängden TS för respektive strömateriale bestämdes vid varje strötillfälle för att ta reda på hur många kg och kg TS som gick åt. Detta gjordes genom att mäta vattenhalten 35-45 cm in i varje bal med hjälp av fuktighetsmätare (*Superpro Combi, Hay moisture meter*) (Figur 4) som kan detektera vattenhalter från 9-60 % RH med en noggrannhet på +/- 1,5 %. Fuktighetsmätaren kalibrerades vid första mättillfället genom att mäta fuktigheten i en bal och sedan ta ett stickprov av balen för att kontrollera TS-halten genom torkning i torkskåp. Mätaren visade ungefär 2 % torrare än den faktiska TS-halten vid tillfället. Detta valdes dock inte att ta hänsyn till i fortsatta mätningar på grund av att värdet låg strax utanför noggrannhetsintervallet (+/- 1,5 %). Mätningarna gjordes på tre, respektive sex ställen beroende på balstorlek (Figur 5) och ett medelvärde räknades ut för respektive bal.



Figur 3. Vägning av rörlensbal med balkvåg och instrument.



Figur 4. Mätning av relativ fuktighet (%) i ströbal med fuktighetsmätare: *Superpro Combi*, Hay moisture meter.



Figur 5. Penetreringspunkter för mätning av relativ fuktighet (%) i respektive ströbalstyp.

### ***Mätning av dammhalt***

För att jämföra om rörlens dammar mer än havrehalm och/eller kornhalm vid ströfördelning mätes den genomsnittliga dammkoncentrationen ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) i luften vid sju olika ströfördelningar med hjälp av ett direktvisande samt loggande instrument (*THERMO ANDERSEN*, MIE *PersonalDataRAM* modell: pDR1000) som detekterar partiklarna i luften med hjälp av laser.

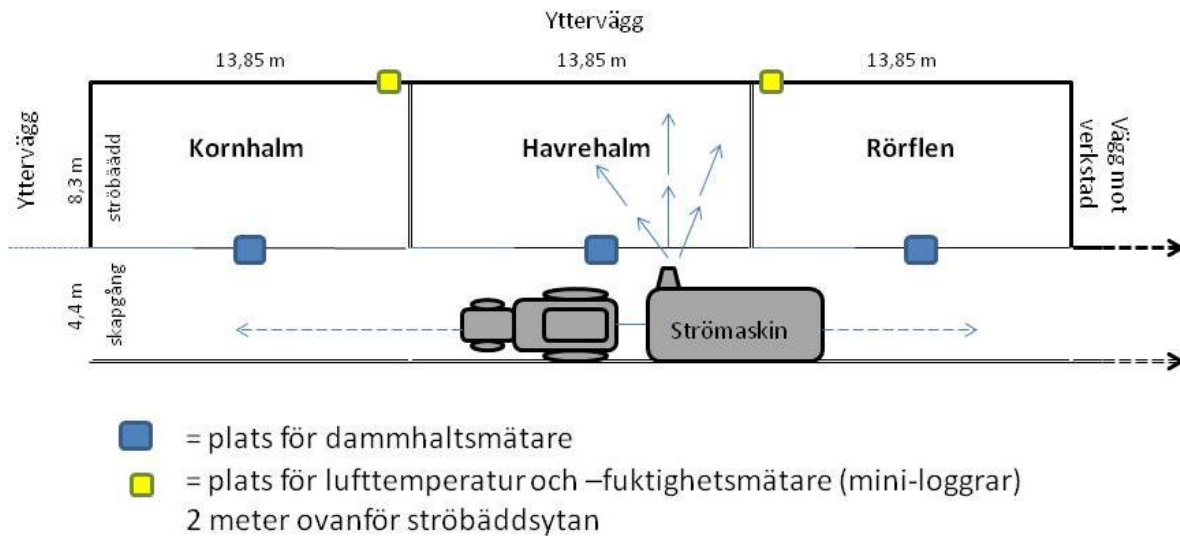
Anledningen till varför denna mätmetod valdes istället för den mer standardiserade metoden med filter och luftpump var på grund av korta mätintervall (ca 10 min). Vid mätning av damm med luftpump och filter är vanligtvis mätintervallet flera timmar för att kunna jämföra resultaten med gränsvärden (Larsson et al. 1999; Geng et al. 2007). Geng et al., (2007) undersökte hur hög dammhalten i luften var och hur den varierade vid specifika tillfällen då dammhalten misstänktes vara extra hög. Detta gjordes med samma typ av instrument som användes i den här studien.

Partikelstorleken som kunde detekteras var 0,1-10  $\mu\text{m}$  vilket motsvarar storleken för respirabelt damm. Den lägsta respektive högsta dammhalten som kunde detekteras var 0,001-400  $\text{mg}/\text{m}^3$  med en noggrannhet på +/- 5 % av avläst värde. I den här studien ställdes instrumentet in på att logga data varje sekund och dammätaren fästes cirka 1,5 meter ovanför golvytan, i framkant av ströbädden (Figur 6). Vid ströfördelningen kördes strömaskinen (se föregående stycke för typ av maskin) med hjälp av traktor fram och tillbaka på skrapgången framför respektive ströbädd (Figur 7). Strötiden (start - stopp av strömaskin) klockades. Dammätaren var påslagen när boxen ströddes och cirka 3-10 minuter efteråt. Därefter flyttades den till nästa box och samma procedur upprepades. Tiden mellan att en box slutade strös fram till att nästa box började strös var minst 10-20 minuter beroende på hur mycket det blåste (kraftig blåst= kortare tid) för att undvika att dammet från boxen innan skulle påverka nästa mätning. Boxarna ströddes i slumpmässig ordning.

Den genomsnittliga dammhalten med hänsyn till fördelningshastighet (kg strö per sekund) under strötillfället jämfördes mellan respektive strömedel. Tiden efter ströfördelning tills dammhalten låg under 1  $\text{g}/\text{m}^3$  i en minut noterades också. Detta för att undersöka om det tar längre eller kortare tid för dammnivån att sjunka med rörflen som strömedel jämfört med korn- och havrehalm.



Figur 6. Ströfördelning med hjälp av strömaskin (Kverneland, Taarup 856), samt mätning av dammkoncentration ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) med dammhaltsmätare.

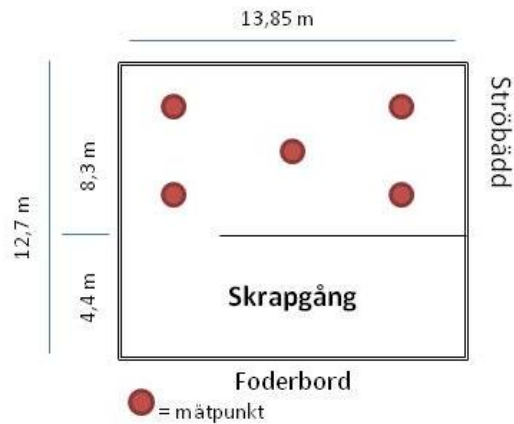


Figur 7. Illustrering av ströfördelning med ström maskin samt placering av dammhaltsmätare och mini-loggrar för mätning av lufttemperatur och relativ luftfuktighet.

### ***Mätning av temperatur, TS-halt och djup i djupströbädd***

För att undersöka hur komposteringen fortlöpte i ströbäddarna mättes temperaturen med hjälp av en digital termometer (Typ: ST-9215C-300, mätområde: -50 till +300 °C, upplösning: 0,1 °C, noggrannhet: +/- 1 °C) med snabb anpassning och funktion för lagring av max/min-värde. Mätningarna baserades på metoder använda av Jeppsson et al. (1997). Temperaturen mättes tre gånger per vecka från och med vecka tre. Mätningarna gjordes på fem olika mätpunkter i varje box (Figur 8) för att representera olika delar i djupströbädden och vid 12 cm djup eftersom varmast temperatur uppnås mellan 10-20 cm. Termometern satt kvar i 10 sekunder innan maxvärdet sparades och temperaturen lästes. Ett medelvärde för hela ströbädden räknades sedan ut.

Vid sista strötillfället mättes ströbäddarnas djup och TS-halt på samma mätpunkter som för temperaturen (Figur 8) för att undersöka om det fanns några skillnader mellan ströbäddarnas tillväxt och TS-halt. Höjden mättes genom att sticka ner ett vasst metallspjut till botten av ströbädden och göra en markering vid ströbäddsytan för att sedan dra upp och mäta den nedstuckna delen. Ett medelvärde räknades ut för hela ströbädden. Vattenhalten (RH %) mättes cirka 15-20 cm under ströbäddsytan med samma mätinstrument som användes vid bestämningen av TS-halt hos strömedlet (se ovan). Ett medelvärde räknades ut för hela ströbädden.



Figur 8. Boxskiss för djupströbädd med skrapgång, samt mätpunkter för temperatur, TS-halt samt höjd i djupströbädden.

## Uppsugningsförmåga

Uppsugningsförmågan undersöktes genom laboratorieexperiment. För att komplettera strömedlen från gårdsstudien blev producenter från olika delar av Sverige som odlar rörflen tillfrågade om att bidra med provmaterial genom att ett brev skickades ut till lantbrukare som odlade rörflen i olika delar av Sverige. Ströegenskaper som efterfrågades i brevet var hel, riven och briketterad rörflen samt hel halm (olika sorter) odlad på samma gård. Proverna som skickades in och testades redovisas i Tabell 6. Definitionen av norra Sverige är geografiskt sett, från Sundsvall och uppåt och definitionen av södra Sverige är från Sundsvall och nedåt. Som höstslaget räknas det rörflen som slagits någon gång under hösten och tagits in någon gång under följande vår förutom för provet från SLU, Umeå som var intaget under hösten. Vårslaget räknas det rörflen som är både slaget och intaget under våren.

Tabell 6. Lista över de strötyper samt dess egenskaper som ingick i testerna för uppsugningsförmåga

Strötyp (prov nr.)	Ströform	Odlingsområde	Områdesbeteckning	Slagningstidpunkt
Rörflen (1)	Hel	Södra	Godås	Vår
Rörflen(2)	Hel	Södra	Krontorp	Vår
Rörflen(3)	Hel	Södra	Nybro	Höst
Rörflen(4)	Hel	Norra	Djupliden	Vår
Rörflen(5)	Hel	Norra	Glommersträsk	Höst
Rörflen(6) <sup>1</sup>	Hel	Norra	SLU, Umeå	Höst
Rörflen(7)*	Riven	Södra	Godås	Vår
Rörflen(8)	Riven	Norra	Glommersträsk	Höst
Rörflensbriketter(9)	Riven	Norra	Glommersträsk	Höst
Kutterspån(10)				
Torv(11)				
Havrehalm(12)	Hel		Godås	
Havrehalm(13)	Hel		Nybro	
Havrehalm(14)	Hel		Huskvarna	
Havrehalm(15)	Hel		Fagerås	
Havrehalm(16)*	Riven		Godås	
Kornhalm(17)	Hel		Godås	
Kornhalm(18)*	Riven		Godås	
Vetehalm(19)	Hel		Godås	

<sup>1</sup>höstskördad

\*ingick i gårdsstudie

### *Utförande*

Uppsugningsförmågan analyserades genom två tester (test 1 och test 2) och metoden utgick från Misselbrook & Powell (2005) och Airaksinen et al. (2001). I den först nämnda studien torkades strömaterialet i 60°C över natten, sedan fick proverna svalna till rumstemperatur innan de täcktes med vatten och strömaterialet trycktes ned med hjälp av en kaffepress. Därefter fick strömaterialet stå i vätska i fyra timmar och rinna av i 16 timmar. Airaksinen et al. (2001) undersökte uppsugningsförmågan hos ett antal strömedel genom att hälla 2 liter vatten över 1 liter strömaterialet. Strömaterialet var placerat i en tratt så att vattnet kunde rinna rakt igenom och samlades upp i ett kärl. Efter en timme undersöktes hur mycket vatten som sugits upp genom att mäta mängden vatten i uppsamlingskärl. För att kunna ta reda på och undersöka uppsugningshastigheten och uppsugningskapaciteten hos de olika ströproverna i den här studien gjordes en kombination av metoder använda i de två studierna.

För att kunna jämföra ströproven utifrån samma TS-halt och ursprunglig TS-halt torkades varje ströprov (cirka 150-200 g) till 100 % TS-halt med hjälp av torkskåp i 70 °C. Varje timme kontrollerades vikten hos provet med hjälp av våg (noggrannhet: 1 g) tills den var

konstant. Ursprungliga TS-halten beräknades enligt formeln: TS-halten = vikten efter torkning dividerat med vikten före torkning.

Vid test 1 mättes uppsugningshastigheten, det vill säga hur snabbt strömaterialet kunde suga upp vattnet och redovisas som % av 170 g vatten (ca 2 dl) för att efterlikna hur det går till i praktiken då vattnet (urinen) sugs upp underifrån. På grund av begränsad mängd strömmaterial per prov undersöktes och jämfördes endast uppsugningshastigheten för helt torrt strömmaterial (100 % TS-halt). Först delades varje torkat ströprov upp i 3-5 replikat (beroende på storleken på ströprovet), varje replikat vägdes upp till 35 g och placerades i en plastburk. 170 g ljummet vatten (ca 2 dl) hälldes över provet som trycktes ned med hjälp av metallplatta (aluminium) tills metallplattan var 3 cm från botten (Figur 9-10), därefter täcktes burken med lock. Efter 1 timme i kontakt med vatten fick överskottsvattnet rinna av i 30 minuter genom att plastburken med strömmaterial, metallplatta och lock (öppet i ett av de fyra hörnen) vinklades 60 grader upp och ner, med det öppna hörnet nedåt (Figur 11), avrunnet vatten samlades upp och vägdes. Andelen uppsuget vatten (%) räknades ut genom att först räkna ut skillnaden mellan vattnet som hållts på och vattnet som runnit av, sedan dividerades skillnaden (uppsuget vatten) med vattnet som hölls på (170 g).

Vid test 2 mättes den totala uppsugningskapaciteten det vill säga hur många g vatten strömaterialet kunde suga upp innan det blev mättat och redovisas som g vatten per g strömedel för att kunna jämföra resultaten med andra studier. Den totala uppsugningskapaciteten mättes för helt torrt strömmaterial (100 % TS-halt). Uppsugningskapaciteten för strömmaterial med ursprunglig TS-halt beräknades utifrån resultaten från testerna med torkat strömmaterial.

Nytt vatten hälldes över proverna (Figur 9) från test 1 och täcktes helt med vatten, (2 cm ovanför metallplattans kant). Vikten på strömaterialet efter att det varit i kontakt med vatten i 4 timmar och överskottsvatten runnit av (på samma sätt som vid test 1) i 17 timmar noterades.

Strömedlets uppsugningskapacitet relaterat till dess torra vikt beräknades genom formeln:

$$\frac{(B - T)}{T} = U_1$$

Strömedlets uppsugningskapacitet relaterat till vikten med ursprunglig TS-halt beräknades enligt formeln:

$$\frac{B - T(v + 1)}{T * (v + 1)} = U_2$$

B=Blöt vikt (g) efter avrinning

T=Torrsubstansvikt (g) innan blötläggning

v= Fuktkvot för ursprungligt strömmaterial (g vatten/g TS innan torkning)

U<sub>1</sub>= Uppsugningskapacitet för torrt strömmaterial (g vatten/g TS) (100 % TS-halt)

U<sub>2</sub>= Uppsugningskapacitet för ursprungligt strömmaterial (g vatten/g strö) (ursprunglig TS-halt)





Figur 9. Vatten hålls på ströprov.

Figur 10. Ströprov med metallplatta.



Figur 10. Vattenavrinning av ströprover.

## Fröförekomst

### Utförande

Ströprov (å 2 kg) från 5 olika rörfbensbalar som ingick i gårdsstudien lades i varsin sopsäck som sedan skakades i 1 minut. Det översta strömaterial tog ur påsen (ca 1 kg), därefter silades resterande strömaterial i en plastback med 1 cm<sup>2</sup> stora öppningar (0,5 x 2,0 cm) i botten. Från det finfördelade materialet togs ett stickprov (10-20 g) i vilket antalet hela (med kärna) frön räknades med hjälp av förstoringsslampa (diopterlampa).

Antalet frön/kg strö beräknades genom formeln:  $((a/s)*t)/T=A$

a=antal hittade frön

s=stickprovsvikt (g) av finfördelat strömaterial (<0,5\*2 cm partikelstorlek)

t=totalvikt(g) av finfördelat strömaterial (<0,5\*2 cm partikelstorlek)

T=totalvikt (kg) av ursprungligt ströprov taget direkt från bal

A=Antal frön/kg

Antalet kg frön per ton strö beräknades utifrån en tusenkornsvikt på 1 g.

Grobarheten hos de hittade fröna testades genom att lägga 50 frön i blöt under 5 dagar. För att jämföra resultatet testades grobarheten även hos utsädesfrön av rörfben.



## Statistiska analyser

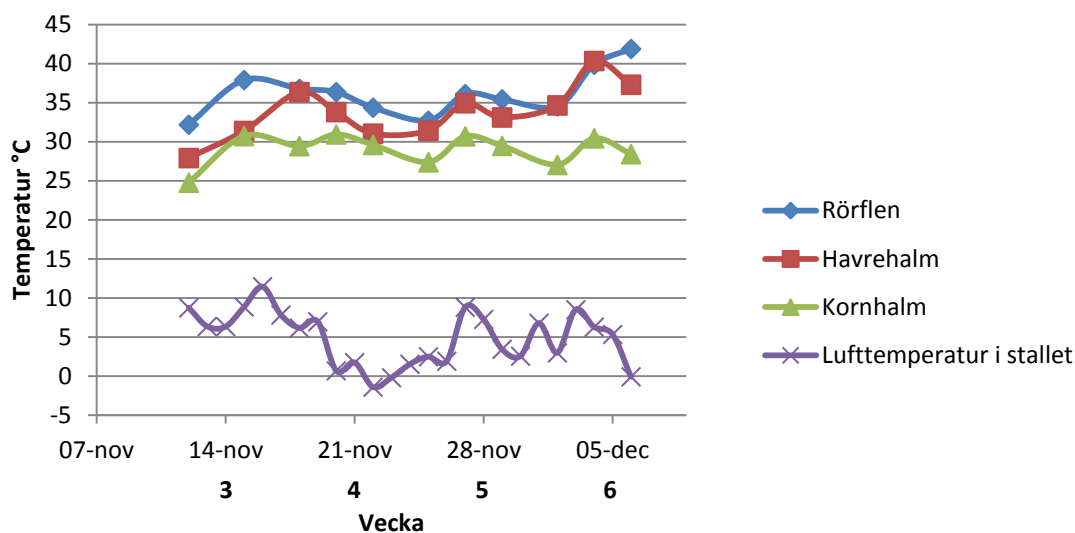
Resultaten har analyserats med hjälp av statistikprogrammet MINITAB 16 och samtliga beräkningar har gjorts med Tukey's method och beräknats med 95 % signifikansnivå. För att undersöka signifikanta skillnader mellan två ströprover har 2-sample t-test använts. Vid statistisk jämförelse av fler än två ströprover har One-way ANOVA- test och General Linear Model (Pairwise comparisons) använts. För att undersöka dammhaltens påverkan av strötilldelningshastigheten utfördes en regressionsanalys.

## RESULTAT

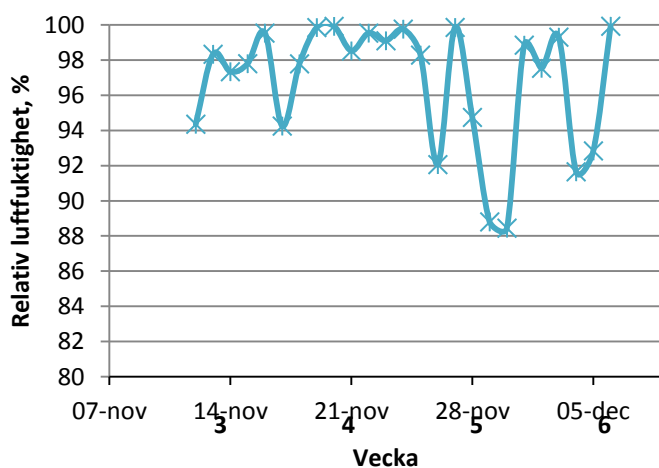
### Gårdsstudie

#### *Temperatur, höjd, TS-halt*

Temperaturförändringen i ströbäddarna och luften över tid redovisas i Figur 12 och medeltemperaturen redovisas i Tabell 7. Medeltemperaturen i rörflen och havrehalmsbädden varierade något men ökade under sista veckan och uppnådde en temperatur på cirka 40 °C (på vissa mätpunkter närmare 50 °C) medan temperaturen i kornhalmsbädden låg relativt konstant kring 30 °C. Temperaturen vid den mätpunkt som låg närmast utgången till skrapgången hade alltid lägre temperatur än övriga mätpunkter i boxen. Mätpunkterna i bakre delen av boxen hade generellt högre temperatur än de främre. Lufttemperaturen (mätt under hela dygn) var i genomsnitt 4,9 °C och varierade (Figur 12). Den genomsnittliga luftfuktigheten (per dygn) låg mellan 88-100 % (Figur 13). Det fanns inga anmärkningsvärda skillnader i höjd eller TS-halt mellan ströbäddarna (Tabell 8) sex veckor efter etableringen. Höjden och TS-halten i bakre delen av djupströbäddarna var något högre än den främre delen.



Figur 11. Medeltemperaturen vid 12 cm djup i ströbädd för respektive strömedel, samt genomsnittliga dygnstemperaturen i luften under de fyra sista veckorna av studien.



Figur 12. Genomsnittliga relativa luftfuktigheten per dygn (två meter ovanför ströbädden, intill ytterväggen) under de fyra sista veckorna av studien.

Tabell 7. Uppmätt medeltemperatur samt variationen av fem mätpunkter, 12 cm under liggytan, i djupströbäddar strödda med olika typ av strömedel under 4 veckor

	Rörflen	Havrehalm	Kornhalm
Genomsnittlig medeltemperatur(°C)	36,2a	33,8a	29,0b
Högst uppmätta medeltemperatur(°C)	41,8	40,3	30,9
(variation <sup>1</sup> )	(29,1-49,0)	(26,1-46,6)	(14,6-41,0)
Lägst uppmätta medeltemperatur (°C)	32,2	27,9	24,8
(variation <sup>1</sup> )	(19,8-39,6)	(18,7-34,3)	(11,7-31,2)

<sup>1</sup> I djupströbädden vid mätfallet

<sup>a,b</sup> olika bokstav = signifikant skillnad (p-värde<0,05) enligt GLM-analys (Pairwise comparisons)

Tabell 8. Uppmätt genomsnittlig TS-halt (15-20 cm under ytan) och höjd sex veckor efter etableringen i djupströbäddar strödda med olika typ av strömedel, samt uppmätt TS-halt i strömaterialet och djupströbäddarnas genomsnittliga tillväxt under sex veckor

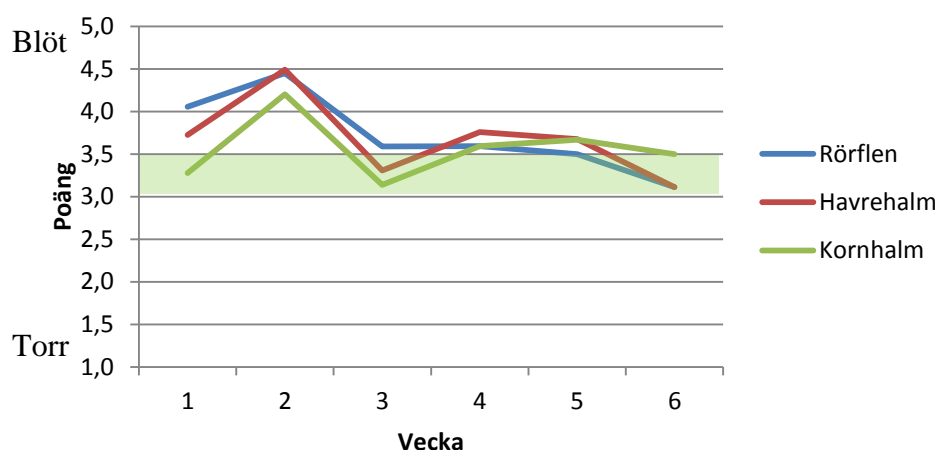
	Rörflen	Havrehalm	Kornhalm
Djupströbäddens höjd <sup>1</sup> (cm)	34,5	34,5	36,4
(variation)	(30,0-37,0)	(32,0-37,0)	(31,0-40,0)
Genomsnittlig tillväxt per dag <sup>2</sup> (cm)	0,8	0,8	0,8
Djupströbäddens TS-halt <sup>1</sup> (%)	43,3	42,9	44,0
(variation)	(43,0-44,1)	(43,0-43,7)	(43,3-45,0)
Genomsnittlig TS-halt <sup>2</sup> i strömaterialet (%)	89	78	77
(variation)	(87-91)	(70-87)	(68-83)

<sup>1</sup> efter sex veckor

<sup>2</sup> under sex veckor

### Ströbäddarnas renhet och ströåtgång

Den genomsnittliga renhetspoängen var nästintill lika för alla ströbäddar och låg kring 3,6 (Tabell 9). Figur 14 visar hur renheten varierade under de sex veckor som studien pågick. Två veckor efter etableringen av djupströbäddarna låg renhetspoängen över gränsen för att vara optimalt det vill säga över 3- 3,5 poäng. Samma vecka som poängen översteg 3,5 skedde ett hastigt foderbyte till ett nytt ensilage (Energi: 10,3 MJ/kg TS, Råprotein: 148 g/kg TS) och flera av djuren drabbades av diarré. Under tredje veckan blev ströbäddarna betydligt torrare och under vecka fyra och fem blev ströbäddarna något blötare återigen men låg kring 3,5 poäng. Under sista veckan var kornhalmströbädden för första gången blötare än både rörflen och havrehalmströbädden.



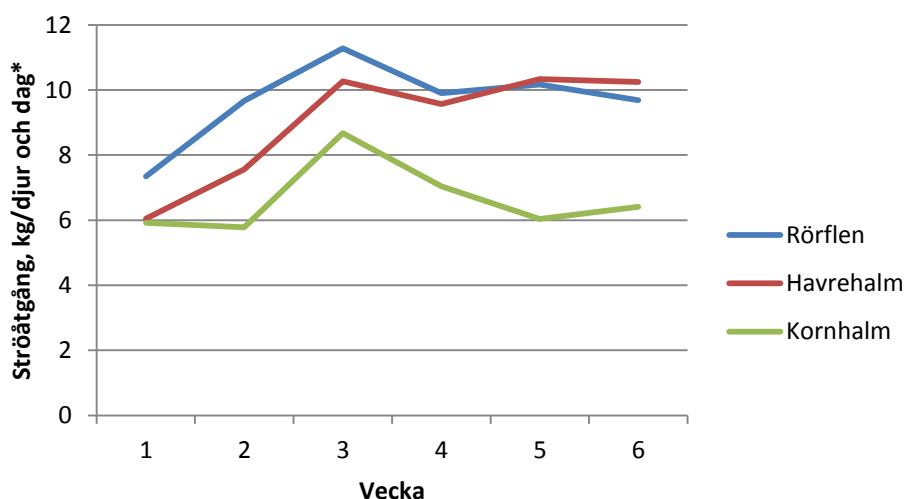
Figur 13. Kurva över den genomsnittliga bedömningspoängen av renheten på ströbäddens liggyta per vecka för respektive strömedel. Grön-skuggat område (3,0-3,5 poäng) indikerar en optimal bädd.

Rörflenet hade i genomsnitt högre TS-halt än de båda halmtyperna. Det gick i genomsnitt åt mer rörflen än havre- och kornhalm både med avseende på mängd kg och mängd TS per djur och dag inklusive etableringsmängd och underhåll (Tabell 9). Det bör dock påpekas att ingen större skillnad fanns mellan rörflen och kornhalm vid jämförelse av ströförbrukning per 100 kg levande vikt (då man dividerat ströåtgången med medelvikten och sedan multiplicerat med 100) vilket beror på att beläggningsgraden var något högre i rörflenboxen.

Tabell 9. Medelvärdet för bedömningspoäng och ströåtgång för respektive ströbädd vid hänsyn till antalet djur och beläggningsgraden

	Rörflen		Havrehalm		Kornhalm	
Bedömningspoäng	3,7		3,7		3,5	
Ströåtgång	kg	kg TS	kg	kg TS	kg	kg TS
per djur och dag	9,9	8,8	9,1	7,2	6,9	5,3
(inklusive etablering)	(10,6)	(9,8)	(9,8)	(7,8)	(7,5)	(5,9)
per 100 kg och dag	2,0	1,8	1,9	1,5	1,4	1,0
(inklusive etablering)	(2,2)	(2,0)	(2,0)	(1,6)	(1,5)	(1,2)

Ströåtgången (Figur 15) för rörflen låg i genomsnitt under första, andra och tredje veckan högre än åtgången av havrehalm och kornhalm per djur och dag. För att få ströbäddarna torrare under vecka 3 ströddes varje bädd med en betydligt större mängd strö (i genomsnitt 9,0-11,2 kg/djur och dag) än tidigare. Bäddarna ströddes dessutom sex gånger under veckan istället för tre-fyra gånger. Under vecka 4 och 5 ströddes bäddarna fyra gånger per vecka och ströåtgången var störst i rörflen och havrehalmsboxen.



\*utan etablering

Figur 14. Kurva över den genomsnittliga ströåtgången för respektive strömedel per vecka.

### Dammhalt

Den genomsnittliga uppmätta dammhalten, strömängden, strötiden och strötdelningshastigheten varierade mellan mättillfällena och strömedelstyp (Tabell 10). I bilaga 2 visas exempel på hur dammhalten varierade innan, under och efter strötiden för de olika strömedlen.

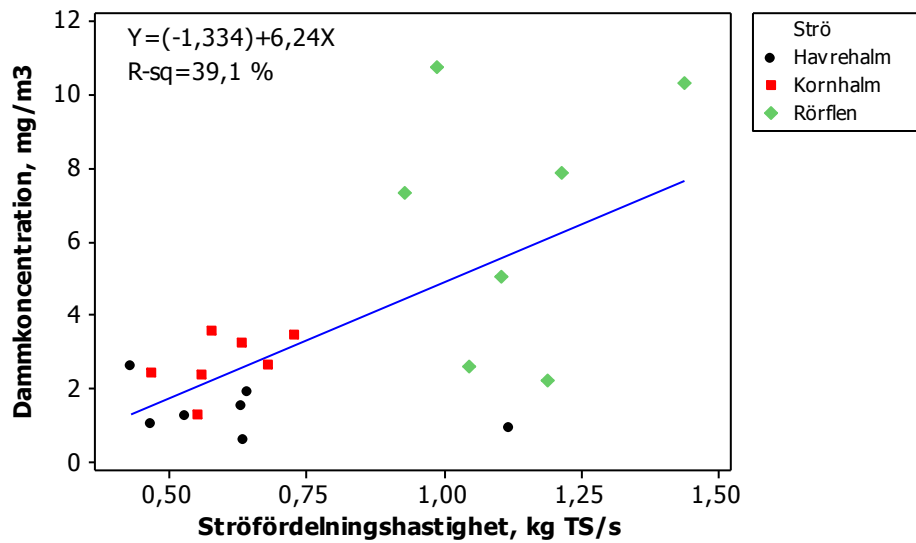
Tabell 10. Genomsnittlig dammhalt i luften, strömängd, strötid och strötdelningshastighet vid strötdelning för respektive strömedel

	Rörflen		Havrehalm		Kornhalm		
	N	Medel	SD	Medel	SD	Medel	SD
Dammhalt (mg/m <sup>3</sup> )	7	6,59	3,42	1,41	0,68	2,74	0,79
Strömängd (kg)	7	440	175	395	158	320	126
Strömängd (kg TS)	7	390	153	306	143	247	89
Antal minuter strötid	7	5,77	2,28	8,06	2,46	6,75	1,82
Strötdelningshastighet (kg/s)	7	1,27	0,19	0,82	0,25	0,78	0,13
Strötdelningshastighet (kg TS/s)	7	1,13	0,17	0,63	0,23	0,6	0,09

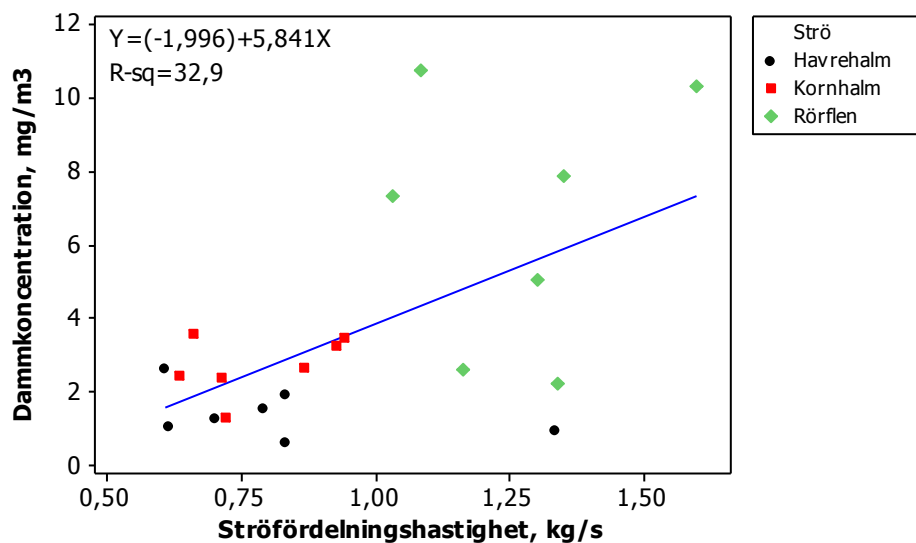
SD = Standardavvikelse

N= Antal mättillfällena

Inget starkt linjärt samband fanns mellan dammhalt och strötid eller dammhalt och strömängd (Bilaga 2). Det fanns dock ett svagt samband mellan dammhalt och strötid för kornhalmen ( $R^2=64\%$ ). Det fanns också ett svagt linjärt samband ( $R^2=39\%$ ) mellan dammhalt och strötdelningshastighet (kg TS strö per sekund) efter korrigering för TS-halten, vid hänsyn till alla mätvärden (Figur 16). Det vill säga att desto mer strö som blåses ut ur strömaskinen per sekund desto högre verkar den genomsnittliga dammhalten i luften bli. Sambandet var signifikant ( $P$ -värde $<0,05$ ). Sambandet ( $R^2=32\%$ ) mellan genomsnittlig dammkoncentration i luften och strötdelningshastighet vid ursprunglig TS-halt (Figur 17) var inte signifikant.

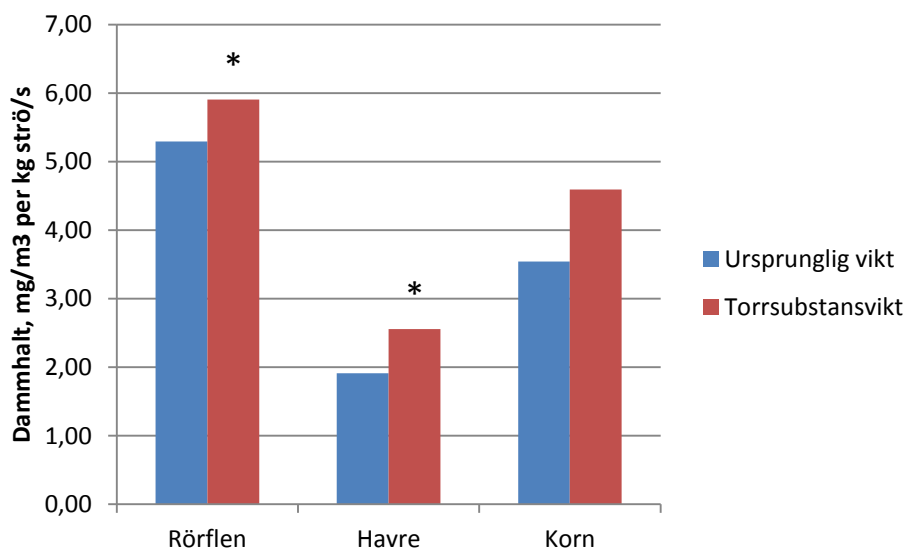


Figur 15. Regressionskurva över hur den genomsnittliga dammhalten i luften beror av ströfördelningshastigheten uttryckt som torrsubstansvikt för rörfilen, havrehalm och kornhalm.



Figur 16. Regressionskurva över hur den genomsnittliga dammhalten i luften beror av ströfördelningshastigheten för rörfilen, havrehalm och kornhalm.

För att kunna jämföra strömedlens dammhalt vid strötilldelning jämfördes strömedlens genomsnittliga dammhalt dividerat med ströfördelningshastigheten beräknad för strömedlens ursprungliga vikt och torrsubstansvikt (Figur 18). Att strö med rörfilen gav i genomsnitt signifikant ( $p$ -värde  $< 0,5$ ) högre dammhalt per kg TS/s än havrehalm. Vid jämförelse av dammhalten per kg/s fanns inga signifikanta skillnader ( $p$ -värde  $> 0,05$ ).



Figur 17. Genomsnittlig dammhalt i luften beroende på ströfördelningshastigheten, uttryckt som  $\text{mg/m}^3$  per kg strö per sekund. \*=signifikant skilda ( $P\text{-värde} < 0,05$ ) enligt GLM-analys (Pairwise comparisons).

Tiden det tog för dammkoncentrationen i luften att sjunka under  $1 \text{ mg/m}^3$  i minst 1 minut för respektive strömedel (Tabell 11) gick inte att jämföra statistiskt på grund av för få exakta mätvärden.

Tabell 11. Antal minuter efter strötiden innan dammhalten sjunkit under  $1 \text{ mg/m}^3$  i minst 1 minut

	Rörflen	Havrehalm	Kornhalm
Antal mätvärden	5	6	7
Medel	3,97	1,5	2,58
Standardavvikelse	3,07	0,91	1,8

## Uppsugningsförmåga

Detaljerad information kring respektive ströprovs resultat från test 1 och 2 framgår i bilaga 3 och 4.

### *Jämförelse av rörflen i olika form, odlad i olika områden och slagen vid olika tidpunkter*

Vid jämförelse av rörflen odlad i södra Sverige och norra Sverige samt höstslagen och vårslagen rörflen (Tabell 12) fanns inga signifikanta skillnader i uppsugningsförmåga enligt One-way ANOVA test ( $p\text{-värde} > 0,05$ ). Det fanns heller ingen signifikant skillnad mellan

höstskördad (6), vårskördad-vårslagen (5) eller vårskördad-höstslagen (3) rörflen från norra Sverige. Vid jämförelse av rörflen med olika ströform (riven, hel, riven briketterad) fanns ingen signifikant skillnad i uppsugningsförmåga mellan proverna från Glommersträsk. Däremot hade riven rörflen från Godås signifikant (p-värde <0,05) snabbare uppsugningshastighet (Test 1) än hel rörflen från samma odlingsområde (Tabell 12).

Tabell 12. Uppmätt genomsnittlig uppsugningshastighet (% av 170 g vatten under en timme) och uppsugningskapacitet (g vatten/g strö) för rörflen från norra och södra Sverige, vår- och höstslagen rörflen, samt för riven, hel och briketterad rörflen vid 100 % TS-halt samt vid ursprunglig TS-halt

Rörflen (provnummer)	N	n	Uppsugningshastighet (test 1)		Uppsugningskapacitet (test 2)					
			100% TS-halt Medel	SD	100% TS-halt Medel	SD	Ursprunglig TS-halt Medel	SD	TS-halt*	
<i>Jämförelse av rörflen odlad i södra och norra Sverige</i>										
Södra Sverige (1,2,3,7)	4	20	30%	5,6%	2,30	0,04	1,95	0,10	89%	
Norra Sverige (4,5,6,8)	4	15	29%	5,8%	2,28	0,08	1,94	0,07	90%	
<i>Jämförelse av vårslaget och höstslaget rörflen</i>										
Vårslaget (1,2,4,7)	4	19	29%	4,9%	2,3	0,04	1,96	0,10	89%	
Höstslaget (3,5,6,8)	4	15	30%	6,4%	2,27	0,08	1,93	0,06	90%	
<i>Jämförelse av riven, hel och briketterad rörflen från Glommersträsk</i>										
Riven (7)	1	3	33%	3%	2,33	0,06	1,94	0,05	88%	
Hel (5)	1	3	34%	1%	2,32	0,06	1,96	0,05	87%	
Brikett (9)	1	5	33%	3%	2,18	0,14	1,86	0,13	89%	
<i>Jämförelse av riven och hel rörflen från Godås</i>										
Riven (7)	1	5	29% <sup>a</sup>	3%	2,25	0,19	1,96	0,05	87%	
Hel (1)	1	5	23% <sup>b</sup>	1%	2,3	0,11	1,86	0,13	89%	

N = antal ströprov

n = totalt antal replikat

SD = standardavvikelse

\* Genomsnittlig

a, b) olika bokstav = signifikant skillnad (p<0.05) enligt Two-sample T-test

### ***Jämförelse av rörflen, halm, kutterspån och torv***

Vid sammanslagning av resultaten från alla ströprov (Tabell 13) hade torv, kornhalm, havrehalm och vete halm högre uppsugningskapacitet (Test 2) och tenderar alltså att kunna



suga upp mer vatten än rörflen under fyra timmar. Medelvärdet har räknats ut utifrån replikatens resultat för de strötyper som enbart bestod av ett prov. För de strötyper som bestod av fler än ett ströprov har medelvärdet räknats ut utifrån provernas medelvärde. Enligt Test 1 hade kutterspån snabbast uppsugningshastighet och kunde suga upp 47 % av 170 g vatten under 1 timme. Inga signifikansberäkningar kunde dock göras utifrån alla ströprover på grund av för få prov och ett ojämnt antal vilket gör analysen ofullständig.

Tabell 13. Uppmätt genomsnittlig uppsugningshastighet (% av 170 g vatten under en timme) och uppsugningskapacitet (g vatten/g strö) för olika strötyper vid 100 % - och ursprunglig TS-halt

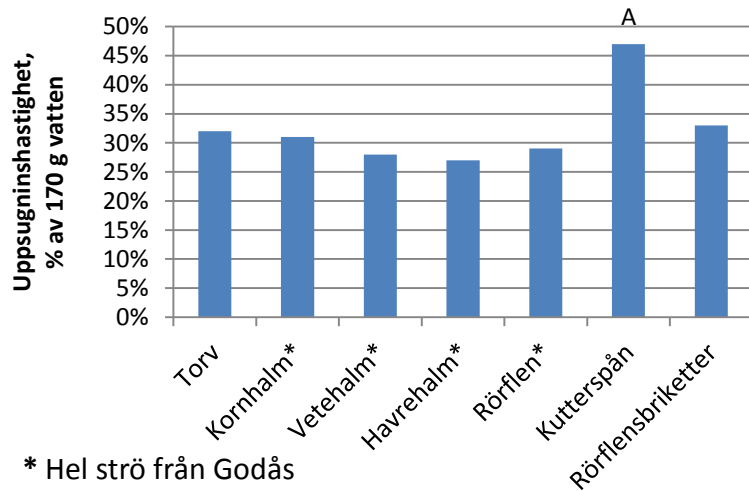
Strötyp (Prov nr.)	N	n	Uppsugningshastighet (test 1)		Uppsugningskapacitet (test 2)			
			100 % TS-halt		100 % TS-halt		Ursprunglig TS-halt	
			Medel	SD	Medel	SD	Medel	SD
Torv (11)	1	3	32 %	3,2 %	5,36	0,86	2,92	0,53
Kornhalm (17,18)	2	10	30 %	1,7 %	3,10	0,11	2,50	0,003
Vetehalm (19)	1	5	28 %	2,3 %	2,83	0,07	2,33	0,06
Havrehalm (12-16)	5	24	27 %	2,6 %	2,73	0,30	2,32	0,26
Rörflen (1-8)	8	34	30 %	5,4 %	2,29	0,06	1,96	0,07
Kutterspån (10)	1	4	47 %	1,0 %	2,24	0,14	1,91	0,13
Rörflensbriketter (9)	1	5	33 %	3,0 %	2,18	0,14	1,86	0,13

N= antal ströprov

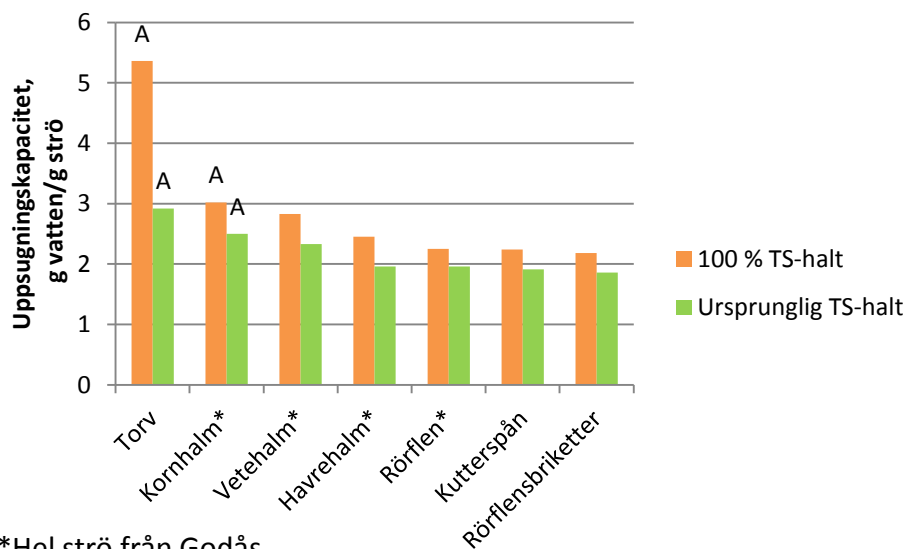
n= totalt antal replikat

SD= Standardavvikelse

För att kunna utföra signifikansberäkningar jämfördes ströproverna från Godås (endast helt strömaterial) med torv och kutterspån genom en GLM-analys (Pairwise comparisons). Kutterspån hade signifikant ( $p$ -värde $<0,05$ ) snabbare uppsugningshastighet än övriga strömedel (Figur 19). Torv och hel kornhalm hade signifikant högre uppsugningskapacitet än hel rörflen enligt test 2 (Figur 20).



Figur 18. Andelen uppsuget vatten under en timme (resultat av test 1) för hel strö samt torv, kutterspån och rörflensbriketter vid 100 % TS-halt. A= Signifikant snabbare uppsugningsförmåga än hel rörflen (P-värde<0,05)



Figur 19. Uppmätt genomsnittlig uppsugningskapacitet (resultat av test 2) för hel strö samt torv, kutterspån och rörflensbriketter vid ursprunglig och 100 % TS-halt. A= Signifikant högre uppsugningsförmåga än hel rörflen (P-värde<0,05)

Eftersom det fanns ett större antal (>2) ströprover av rörflen och havrehalm jämfördes alla hela rörflensprover och havrehalmsprover (Tabell 14) enligt Two-sample T-test. Rörflenet hade då signifikant lägre uppsugningskapacitet (test 2) vid 100 % TS-halt än havrehalmen. Rörflenet hade dock i genomsnitt högre uppsugningshastighet (test 1) än havrehalmen men skillnaden är inte signifikant.

Tabell 14. Uppmätt genomsnittlig uppsugningshastighet (% av 170 g vatten uppsuget under 1 timme) och uppsugningskapacitet (g vatten/g strö) för hel rörflen respektive hel havrehalm vid 100 % TS-halt respektive ursprunglig TS-halt

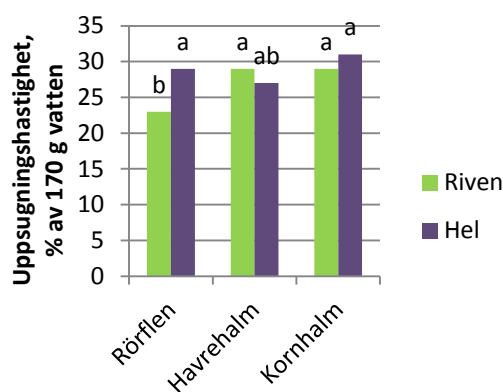
Ströttyp (Prov nr.)	Uppsugningshastighet (test 1)			Uppsugningskapacitet (test 2)					
	100 % TS-halt			100 % TS-halt			Ursprunglig TS-halt		
	N	Medel	SD	N	Medel	SD	Medel	SD	TS-halt %
Rörflen (1-6)	6	30	5,3	6	2,28a	0,07	1,98	0,05	88-92
Havrehalm (12-15)	4	26	2,4	4	2,61b	0,19	2,25	0,23	83-91

a, b) olika bokstav = signifikant skillnad (p-värde<0,05) enligt Two-sample T-test

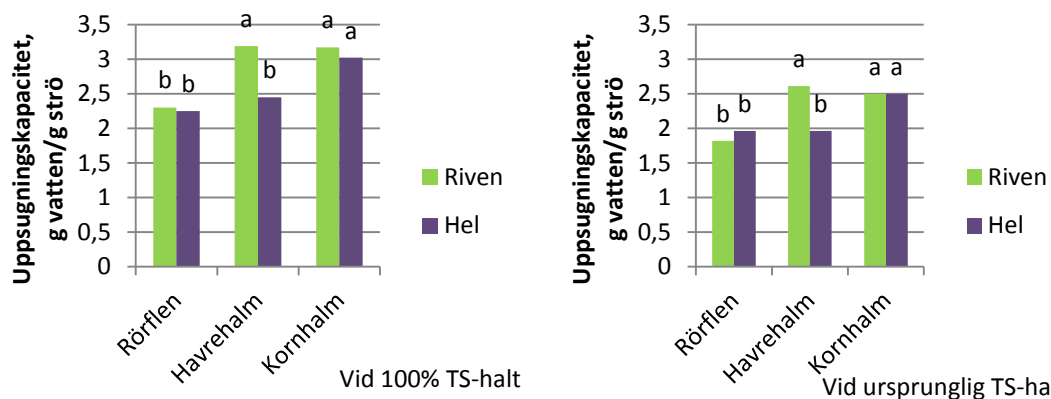
N= Antal ströprov

SD= Standardavvikelse

Vid jämförelse av uppsugningsförmågan hos rörflen, kornhalm och havrehalmen från Godås som användes i gårdsstudien visade resultaten från test 1 att kornhalmen (riven och hel) samt den rivna havrehalmen hade signifikant (P-värde <0,05) snabbare uppsugningshastighet (% av 170 g vatten uppsuget under 1 timme) än den rivna rörflen (Figur 21). Enligt test 2 som mätte uppsugningskapaciteten (g vatten/g strömedel) vid 100 % TS-halt och ursprunglig TS-halt hade kornhalmen (riven och hel) samt den rivna havrehalmen signifikant högre uppsugningskapacitet än den rivna och hela rörflen (Figur 22).



Figur 20. Uppmätt genomsnittlig uppsugningshastighet vid 100 % TS-halt. a,b) olika bokstav= signifikant skillnad (p-värde<0,05).



Figur 21. Uppmätt genomsnittlig uppsugningskapacitet för rörflen, havre- och kornhalm från Godås vid 100 % TS-halt respektive ursprunglig TS-halt. a, b) olika bokstav= signifikant skillnad ( $p$ -värde $<0,05$ )

## Fröförekomst

Enligt fröräkningen innehöll det ekologiskt odlade rörflenströet mindre än 100 g (Tabell 15) hela frön per ton strö. Grobarhetstestet visade en grobarhet på 2 % (1 av 50). Grobarheten på ett parti utsädesfrön var 5 % (5 av 100).

Tabell 15. Uträknat antal frön per prov och i genomsnitt för rörflensströ

Prov	antal frön/kg strö	antal g frön* /ton strö
A	87,5	87,5
B	27,8	27,8
C	92,7	92,7
D	28,3	28,3
E	74,6	74,6
Medel:	62,3	62,18

\*1000-kornsvikt: 1 g

## DISKUSSION

### Analys av försöksupplägg och metoder

#### *Mätning av ströätgång*

Skillnaden i ströätgång mellan strömedlen kan ha berott på olika typ och vikt på balarna och dessutom på den visuella bedömningen av ströbehovet. Rörflenet var lagrat i form av fyrkantsbalar och var därför hårdare pressat än halmen som var lagrad i form av rundbalar. Eftersom balarna blev svårhanterliga efter att man tagit bort balsnören eller balplast kunde strö mängden inte finjusteras manuellt. Det mest optimala hade varit att använda samma typ av balar med samma vikt för att kunna etablera och strö boxarna utifrån samma förutsättningar. Man hade också kunnat mäta ströätgången i volym istället för kg eftersom rörflenet verkar ha högre densitet än halmen. För att kunna räkna på signifikanta skillnader krävs fler upprepningar med flera boxar.

Den totala ströätgången för strömedlen kan ha berott på strörutinerna. Kanske hade ströätgången blivit mindre om man hade strött oftare framförallt i början av studien. Djupströbäddarna hade eventuellt inte blivit lika blöta om de hade etablerats tidigare på hösten och ströats samt skrapats oftare i början av perioden. Dock bör inte skillnaden i ströätgång mellan strömedlen påverkas eftersom alla ströbäddar ströddes lika ofta och beläggningen samt etableringsmängden var lika i alla boxar.

#### *Mätning av temperatur, höjd och TS-halt.*

Temperaturen i kornhalmsbädden kan ha påverkats av att ströbädden angränsade mot två ytterväggar medan ströbäddarna med havrehalm och rörflen angränsade mot endast en yttervägg. Temperaturen kan också ha påverkats av strötilldelningen. Intressant hade varit att mäta temperaturen även under första två veckorna för att se hur temperaturen och eventuellt komposteringsprocessen fortlöpte. Förklaringen till varför den bakre delen av ströbäddarna generellt hade högre temperatur beror troligtvis på att de delarna inte var lika upptrampade eftersom djuren mestadels låg ner i den delen av boxen. De upptrampade delarna som alltså var de främre delarna av djupströbäddarna hade troligtvis lägre temperatur eftersom ströbädden var blötare och kompaktare där. Detta medför att nedbrytningen sker anaerobt och inte lika effektivt.

Mätningarna av höjd och TS-halt i djupströbäddarna mättes endast i slutet av studien. Fler mätningar hade behövts för att kunna räkna på signifikanta skillnader.

Syftet med mätningarna av lufttemperatur och luftfuktighet var att ta reda på variationer under perioden för att kunna jämföra och diskutera variationer i renhet på ströbäddsytan och i ströbäddstemperaturen. Resultatet av mätningarna som gjordes är antagligen relativt representativa för skiftningar i både utomhustemperaturen och stalltemperaturen eftersom byggnaden som användes endast var väderskyddad och stalltemperaturen bör därför följa utomhustemperaturen.

### ***Mätning av dammhalt***

Att jämförelserna har gjorts genom att ta hänsyn till strötilldelningshastighet och TS-halt samt ett genomsnitt av dammhalten under strötiden per sekund kan ha påverkat resultatet. Att strö med samma mängd strö, med samma TS under lika lång strötid hade antagligen gett ett noggrannare resultat. Önskvärt hade också varit att ha stängda dörrar på kortsidorna, vilket var svårt i det här fallet då traktorn var tvungen att köra en liten bit utanför stallbyggnaden för att kunna strö överallt i boxen. Dessutom var dörrarna mycket svåra att stänga. Alternativt hade fler mättillfällen varit önskvärt för att kunna dra säkrare slutsatser.

Variationen av rörelsemönstret och placeringen av strömaskinen i förhållande till placeringen av dammhaltsmätaren kan också ha påverkat resultatet. Kurvan över dammhalten i luften ökade när strömaskinen var i närheten av dammhaltsmätaren och vid vissa mätningar var kurvan mycket oregelbunden och kurvorna skiljde sig mycket mellan strötilfällena vilket antagligen berodde på mängden strö och strötiden och om det hölls en jämn ströfördelningshastighet.

Varför metoden med direktvisande instrument valdes var för att varje mätning skedde under en kort tidsperiod (mindre än 1 timme). Resultaten från dammhalterna går inte att jämföra med gränsvärden på grund av att de inte är uppmätta med samma metod. För att få säkrare resultat bör en annan metod användas, eventuellt en partikelräknare som kan detektera partiklar inom ett större område, eller med hjälp av luftpump eller dammkammare och filtermetoden. Det hade också varit intressant att mäta dammhalten i hytten på traktorn för att avgöra arbetsmiljön för djurskötaren.

### ***Mätning av uppsugningsförmåga***

Fler tester med fler höstskördade prover krävs för att kunna säkerställa om höstskördad rörflen har sämre uppsugningsförmåga än vårskördad. Trots signifikant skillnad mellan kornhalm och rörflen från Godås hade fler prover med kornhalm från andra skördar varit önskvärt för att kunna säkerställa att rörflen alltid har lägre uppsugningsförmåga än kornhalm. Fler prover med vete halm hade också behövts. Fler prover med riven och riven briketterade rörflen hade också behövts för att kunna jämföra om det finns en tydlig skillnad mellan riven, hel och riven briketterad rörflen. Noggrannheten på vågen är också en faktor som kan ha påverkat resultatet. Vid ytterligare tester bör en noggrannare våg användas.

Resultatet för uppsugningsförmågan vid ursprunglig TS-halt kan ha påverkats av att det var uträknat utifrån uppsugningsförmågan vid 100 % TS-halt. Vid ytterligare studie bör uppsugningsförmågan vid ursprunglig TS-halt mätas direkt på otorkat strömaterial enligt test 2.

## Gårdsstudie

### *Ströätgång*

Resultaten från gårdsstudien tyder på att ströätgången för rörflen kan bli snarlika eller något högre än om man använder halm beroende på halmtyp. I studien var rörflenet ströätgång nästintill lika med havrehalmens och något högre än kornhalmens. Detta kan bero på uppsugningskapaciteten vilket delvis stämmer överens med resultatet från uppsugningstestet. Resultatet där visade att både havrehalmen och kornhalmen (riven form, Godås) hade signifikant högre uppsugningsförmåga än rörflenet (riven form, Godås). Skillnaden i ströätgång kan också bero på att rörflenet är sprödare än halmen vilket gör att ströbädden blir mer kompakt och volymvikten högre, vilket eventuellt kan jämföras med hackad halm. Packat material genererar inte lika mycket luft i ströbädden, vilket behövs för att främja komposteringsprocessen och därmed minska ströätgången. Kanske skulle en blandning av rörflen och halm eller rörflen och torv fungera bättre än en ströbädd med enbart rörflen eftersom mer luft då omsätts i bädden och uppsugningsförmågan blir högre.

Den totala ströätgången för rörflen och havrehalmsbädden (1,9-2 kg/100 kg) var betydligt högre än tumregeln: 1,3–1,4 kg/100 kg levande vikt (Andresen & Ericsson, 2005). Detta beror troligtvis på att ströbäddarna blev mycket blöta i början av perioden. I genomsnitt var ströbäddarna nästintill lika torra (3,5 - 3,7). Antagligen eftersom strö mängden justerades någorlunda efter behov. Poängen för kornhalmsbädden hölls kring 3,5 vilket var optimalt, detta betyder att strö mängden som tilldelats i den boxen antagligen varit tillräcklig. I genomsnitt låg renhetspoängen i rörflen- och havrehalmsboxarna på 3,7 poäng och för att få poängen till 3,5 hade troligtvis ännu mer strö behövts.

### *Djupströbäddens egenskaper*

Resultatet från studien visar att rörflenet har samma eller något bättre djupströbäddsegenskaper än halm beroende på halmtyp men har eventuellt något svårare för att komma igång med komposteringsprocessen. Den låga komposteringen stämmer överens med att rörflensbädden blev blötare i början av perioden än halmbäddarna trots att etableringsmängden var lika stor och ströätgången därefter var något högre till en början. För att få igång komposteringsprocessen är det viktigt att strö rikligt i början av installningsperioden. Kanske hade en högre etableringsmängd varit önskvärd i detta fall.

Under andra delen av perioden var strötilldelningen fortfarande relativt hög för rörflenet samtidigt som bedömningspoängen sjönk. Kanske beror detta på att ströbädden kommit igång med komposteringen, vilket hör ihop med temperaturförändringen i bädden. Varför kornhalmströbädden såg torrare ut under största delen av perioden trots en lägre temperatur än rörflen och havrehalmsbädden kan bero på den höga uppsugningsförmågan.

Enligt Jeppsson et al. (1997) kan temperaturen variera mellan 25-35°C, 10 cm under ströbäddsytan. I denna studie låg temperaturen kring 35-40 °C och beläggingsgraden var högre i den här studien jämfört med Jeppsson et al. (1997). Enligt Kapuinen (1992) låg stabiliseringstemperaturen efter drygt 3 veckor kring 40°C vilket verkar stämma överens med den här studiens resultat.

Ströbäddshöjden (35 cm) och TS-halten (41-45%) visade ingen anmärkningsvärd skillnad mellan ströbäddarna trots skillnaden i strömmängd. Om man jämför TS-halten i ströbädden med litteraturen (Bengtsson & Sällvik, 1994; Svantesson & Sällvik, 1994; Jeppsson et al., 1997) var TS-halten relativt hög.

### ***Dammhalt***

De genomsnittliga dammhalterna i studien låg kring 2-6 mg/m<sup>3</sup> med en partikelstorlek som är något mindre än respirabelt damm och når alltså ner till lungornas alveoler, och är det dammet som ger upphov till luftvägssjukdomar. Resultatet i studien visade att rörflenet dammade mer än havrehalmen men inte mer än kornhalmen när man tagit hänsyn till hur mycket strö som blåstes ut ur strömaskinen per sekund och TS-halten i ströet (kg TS/sekund). Det fanns ingen signifikant skillnad mellan strömedlen vid jämförelse då man inte tagit hänsyn till TS-halten, men resultatet visar ändå en tendens till att rörflenet dammar mer än båda halmtyperna.

Dammhalten i luften vid strötilldelning med strömaskin beror troligtvis även till stor del på strömmängd och hastighet enligt resultaten av regressionsanalyserna som visade ett samband mellan genomsnittlig dammkoncentration i luften och strötid (för kornhalmen) samt ett samband mellan dammkoncentration i luften och ströfördelningshastigheten. Strör man för hand dammar det troligtvis mindre men samtidigt så utsätts lantbrukaren för mer damm direkt än om man strör med strömaskin och sitter i hytten på traktorn. Luftrörelser påverkar också troligtvis förekomsten av damm och därmed vilken typ av stallbyggnad och ventilation man har. I detta fall var stallbyggnaden en väderskyddad byggnad med glespanel och fri luftväxling med många luftintag längs långsidor och kortsidor, vilket inte verkar ge några större problem med långvarigt höga dammhalter. I en stallbyggnad med mekanisk ventilation skulle dammhalten eventuellt bli ett större problem.

### **Uppsugningsförmåga**

Enligt studien påverkas inte uppsugningsförmågan för rörflen av odlingsområde, eller skördemetod. Det enda höstskördade provet visade dock något sämre uppsugningsförmåga än vårskördad rörflen, både höstlagen och vårlagen, skillnaden är dock inte signifikant.

Enligt studier har hackad halm högre uppsugningsförmåga än hel (Vahala, 1982 se Kapuinen, 1992). I studien användes endast riven halm och rörflen vilket innebär att strålängden inte blir lika kort som vid hackning. Detta kan vara en förklaring till varför ingen tydlig skillnad kunde påvisas. Enligt test 1 har riven rörflen möjligtvis snabbare uppsugningsförmåga än hel rörflen. Detta gäller endast för rörflen från Godås. Att riva rörflenet kan vara fördelaktigt för att öka uppsugningshastigheten, vilket kan vara bra vid etableringen av ströbädden då komposteringen inte kommit igång ordentligt. Enligt proverna från Glommersträsk fanns dock ingen skillnad mellan hel, briketterad och riven rörflen. Anledningen kan vara att proverna från Glommersträsk var mycket hoptryckta under paketeringen och hade nästintill samma strålängd. Hur proverna var rivna kan också ha påverkat resultatet. Antagligen var rörflenet från Glommersträsk rivet på ett annat sätt än rörflenet från Godås.

Rörflen hade enligt studien något lägre uppsugningsförmåga än halm beroende på halmtyp och uppsugningsförmågan var jämförbar med kutterspånets. Enligt olika studier är skillnaden



mellan halmtyperna mycket liten och kutterspån har visat sig ha något sämre uppsugningsförmåga, detta stämmer överens med resultatet i denna studie.

Kornhalmen var den halmtyp som hade signifikant högre uppsugningsförmåga än rörflenet i alla tester och därför är antagligen ströförbrukningen något lägre för kornhalmen vilket bekräftades i gårdstudien. Havrehalmen hade signifikant högre uppsugningsförmåga än rörflenet enligt test 2 vid 100 % TS-halt men inte vid ursprunglig TS-halt vilket är i den formen man använder strömedlet i praktiken. I detta fall var den genomsnittliga TS-halten 89%. Enda strömedel som hade signifikant snabbare uppsugningsförmåga än rörflenet (Test 1) var kutterspån vilket sällan används i djupströbäddar men kan möjligtvis användas som inblandning vid etableringen för att snabbt suga upp urinen. Uppsugningsförmågan för torv från test 2 visade sig vara betydligt större än rörflens och halmens vilket stämmer överens med litteraturen (Vahala, 1982 se Kapuinen, 1992).

## **Fröförekomst**

Enligt resultaten i studien verkar andelen hela frön i ekologisk odlad rörflen inte vara oroväckande hög, dessutom var grobarheten i detta test relativt låg. Detta test är dock mycket litet men slutsatsen som kan dras är att grobara rörflensfrön förekommer i vårlagen och vårskördad rörflensströ lagrad i form av fyrkantsbalar (ca 300 kg). Hur man skördar rörflenet påverkar troligtvis förekomsten av frön. Om höstskördad rörflen innehåller mer eller mindre rörflen och om det finns risk för att fröna överlever ströbädden behöver undersökas vidare.

Även om frömängden och grobarheten är låg och gödseln endast sprids på vall, kan eventuellt förekomsten av ogräs bli stor om gödseln sprids på samma vall flera år i rad. Dessutom verkar rörflenet kunna konkurrera ut andra gräs enligt Wik (1968).

## SLUTSATSER

- Ströåtgången (kg/djur och dag) för rörflen kan bli något högre än om man använder kornhalm eller havrehalm men ströåtgången för rörflen i volym är troligtvis lika eller lägre än ströåtgången för halm.
- Rörflenet fungerar väl i djupströbäddar men kan behöva en större mängd vid etableringen och en inblandning av torv för att få en högre uppsugningsförmåga och/eller halm för större lufttillförsel vilket främjar komposteringen.
- Att strö med rörflen kan damma något mer än om man strör med kornhalm eller havrehalm men dammet bör inte vara något problem i exempelvis öppna, väderskyddade byggnader med god luftgenomströmning.
- Det förekommer en låg mängd (62 g/ton strö) rörflensfrön (1000-kornsvikt: ca 1 g) i vårskördad, ekologiskt odlad rörflensströ lagrad i form av fyrkantsbalar.
- Rörflen har något lägre uppsugningsförmåga än kornhalm och havrehalm. Dock har halmen oftast något lägre TS-halt än rörflenet och därför blir uppsugningsförmågan likvärdig.
- Rörflenet kan absorbera lika mycket vatten som kutterspån (g vatten/g strömedel) men det tar längre tid för rörflenet att suga upp samma mängd vatten.
- Torv har högre uppsugningsförmåga än rörflen och kan därför vara bra att kombinera med rörflenet vid etableringen av djupströbädden för att öka uppsugningskapaciteten.
- Resultatet av studien tyder på att rörflens uppsugningsförmåga inte påverkas av om det är höst eller vårskördat, eller var i Sverige det är odlat. Resultatet tyder också på att det kan vara fördelaktigt att riva rörflenet för att öka uppsugningshastigheten, vilket kan vara bra vid etableringen av ströbädden för att få en effektivare uppsugningseffekt och en torr liggyta.

## Förslag på framtida forskning

- Ströåtgången behöver mätas noggrannare och under en längre tid gärna med avseende på både vikt och volym.
- Rörflens ströåtgång och ströbäddsegenskaper bör undersökas vid inblandning med torv eller halm.
- Damhalten hos rörflen och halm bör undersökas och jämföras i slutna stallar med styrd ventilation.

- Förmågan att absorbera ammoniak är en intressant strömedelsegenskap som också behöver undersökas ur djurmiljö och gödslingssynpunkt.
- Risker för att rörlensfrön överlever djupströbädden behöver undersökas bättre genom att undersöka djupströgödseln efter utgödsling från stallet och efter mellanlagring i stuka.

## REFERENSER

- Airaksinen, S., Heinonen-Tanski, H. & Heiskanen, M.-L. (2001). Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure. *Journal of equine veterinary science*, vol. 21 (3), ss. 125-130.
- Albertsson & Borgenvall (1995) *Gödselproduktion, lagringsbehov och djurtäthet vid nötkreaturshållning*. Jönköping: Jordbruksverket (Rapport 1995:10)
- Andersson, S. (1979). *Rörflen, rapport från konferens i Norge hösten 1978*. Umeå: Norrlands lantbruksförsöksanstalt (Växtodling 1979:4)
- Andresen, N. & Ericsson, A. (2005) *Dokumentering av djupströsystem till nöt: halmförbrukning, arbetsbehov, gödselmängd och djurrenhet*. Hushållningssällskapet Kristianstad. [online] Tillgänglig: [http://www.vaxteko.nu/html/sll/hs\\_1\\_lan/utan\\_serietitel\\_hs\\_1\\_lan/UST07-04/UST07-04.PDF](http://www.vaxteko.nu/html/sll/hs_1_lan/utan_serietitel_hs_1_lan/UST07-04/UST07-04.PDF) [2013-10-11]
- Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden. Stockholm. (AFS, 2011:18)
- Arnesson, A. & Salevid, P. (2012) *Rörflen som foder till dikor under lågdräktighet*. Skara: Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för husdjursens miljö och hälsa. (Rapport 35)
- Ascárd, K. (2004). *Systemlösningar för jordbrukets driftsbyggnader – Byggnader för nötköttsproduktion*. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi.
- Bengtsson, L. & Sällvik, K. (1994). *Gödselbäddars volymtillväxt i stallar för nöt, svin och häst*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Avdelningen för byggnadsvetenskap (Rapport 190).
- Bioenergiportalen. (2013-01-31) *Nytt nationellt projekt om rörflen*. <http://www.bioenergiportalen.se/?p=6570> [2014-01-08]
- Carlsson, E. (2012). *Rörflen som alternativt strukturfoder och strömedel*. Sveriges lantbruksuniversitet. Lantmästare – kandidatprogrammet (Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten)
- Den virtuella floran (2009-03-29). *Rörflen, Phalaris arundinacea L.* <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/phala/phalaru.html> [2013-12-24]
- Eurofins (2014). Personligt meddelande (2014-02-03)
- Fleming, K., Hessel, E.F. & Van den Weghe, H.F.A. (2008) Evaluation of factors influencing the generation of ammonia in different bedding material used for horse keeping. *Journal of equine veterinary science*, vol. 28 (4), ss. 223-231.

- Forsell, H. (2011). Rörflen som strö. [online] Tillgänglig: [hush.se/dotnet/GetAttachment.aspx?siteid=70&id=7279](http://hush.se/dotnet/GetAttachment.aspx?siteid=70&id=7279). [2014-01-08]
- Geng, Q., Jonsson, N., Jonsson, C. (2007) *Dammexponering vid hantering av spannmål på gården*. Uppsala: Institutet för jordbruks- och miljöteknik (Slutrapport, SLO- 928).
- Glommers Miljöenergi AB. (2008). *Rörflensodling - en handbok*. Tillgänglig: [www.bioenerginord.com/.../Handbok\\_i\\_Rorflensodling\\_GME\\_2008.pdf](http://www.bioenerginord.com/.../Handbok_i_Rorflensodling_GME_2008.pdf) [2014-01-08]
- Hadders, G. (1994). *Erfarenheter kring vårskördad rörflen*. Uppsala: Jordbrukstekniska institutet. (JTI-rapport 191).
- Haglund, M. (2010). *Utvärdering av strömateriell av restprodukter från wellpapp*. Sveriges lantbruksuniversitet. Hippologenheten/Hippologprogrammet. (Examensarbete 2010:K4)
- HCC/MPW. (2010). *Alternative bedding materials for beef and sheep housing systems in Wales*. Aberystwyth. Tillgänglig: [http://hccmpw.org.uk/publications/farming\\_industry\\_development/alternative\\_bedding\\_for\\_livestock/](http://hccmpw.org.uk/publications/farming_industry_development/alternative_bedding_for_livestock/) (2014-01-09)
- Henriksson, K. & Lindell, L. (1988). *Djupströbädd till ungnöt*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. (Rapport 169)
- Hübinette, L. (2010). *Effects of peat and wood shavings as bedding on the faecal microflora of horses*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. (Examensarbete 295)
- Hushållningssällskapet. (2012). *Rörflen som strö – i stallar och ladugårdar*. Hushållningssällskapet, Maskinringen, GME. [Infobladd] Tillgänglig: [www.hush.se/dotnet/GetAttachment.aspx?siteid=64&id=13716](http://www.hush.se/dotnet/GetAttachment.aspx?siteid=64&id=13716) (2014-01-08)
- Jansson, A. (2011). *Kunskapsöversik: Organiskt damm i lantbruk*. Stockholm: Arbetsmiljöverket (Rapport 2011:4).
- Jeppsson, K-H. (1996). *Djupströbädd – etablering och skötsel*. Sydsvensk jordbruksforskning. Alnarp. (Info 1996:2)
- Jeppsson, K-H., Karlsson, S., Svensson, L., Beck-Friis, B., Bergsten, C.& Bergström, J. (1997) *Djupströbädd för ungnöt och slaktsvin*. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (Rapport 110).
- Johansson, A. (1995). *Djurvänlig inhygning av ungnöt inomhus, -Ströbäddar, bättre alternativ än spaltgolvboxar?*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik. (Rapport 195).
- Johansson, I. & Wettberg, C. (2012). *Jämförelse mellan halmpelletts och kutterspån som strömateriell*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Hippologenheten/Hippologutbildningen (Examensarbete 2012:K16)

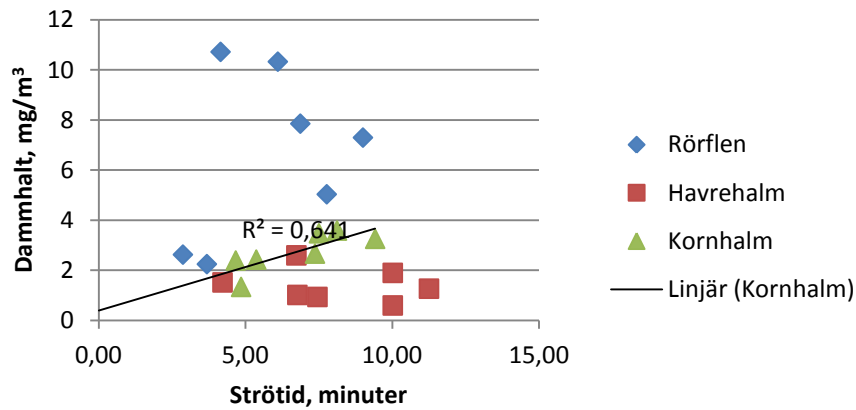
- Kapuinen, P. (1992). *Djupströbäddens egenskaper och funktion i köttdjurstall*. Statens lantbruksteknologiska forskningsanstalt. NJF – Seminarium 21, Espoo, Finland.
- Karlsson, S. & Jeppsson, K-H. (1995). *Djupströbädd i stall och mellanlager*. Uppsala: Jordbrukstekniska institutet. (JTI-rapport 204).
- Landström, S., Lomakka, L. & Andersson, S. (1996). Harvest in spring improves yield and quality of reed canary grass as a bioenergy crop. *Biomass and Bioenergy*. vol. 11(4), ss. 333–341.
- Landström, S. & Wik, M. (1997). Rörflen – Odling, skörd och hantering. *Fakta Mark/Växter*. Nr 1. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Tillgänglig: <http://www.slu.se/Documents/externwebben/overgripande-slu-dokument/popvet-dok/faktamarkvaxt/pdf97/MV97-01.pdf> [2014-01-08]
- Larsson, K., Rodhe, L., Jacobsson, K-G., Johansson, G. & Svensson, L. (1999). *Torv som strö i smågrisproduktionen – effekt på miljö och djurhälsa*. Uppsala: Jordbrukstekniska institutet. Lantbruk och industri (JTI-rapport 257).
- Larsson, S., Örberg, H., Kalén, G. & Thyrel, M. (2006). *Rörflen som energigröda*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. (BTK-rapport 2006:11)
- Lundmark, A., Björk, L., Wakelin, R. & Lundmark, B. (2008). *Rapport Rörflen*. Glommers miljöenergi AB. Glommersträsk. Tillgänglig: [http://bioenerginord.com/Documents/Rapport%20Rorflen%202008\\_2010.pdf](http://bioenerginord.com/Documents/Rapport%20Rorflen%202008_2010.pdf) (2014-01-08)
- Malmsten, K. (2011) Dyraste halmen på årat. *Sveriges Radio P4 Jönköping*, 30 oktober. Tillgänglig: <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=91&artikel=4756204> [2014-01-08]
- Mc Lean, B. (2007). The potential of Canary Reed Grass as an alternative to straw for animal bedding. Aberystwyth: Hybu Cig Cumry (Contract report No. XLB1410).
- Misselbrook, T. H. & Powell, J. M. (2005). Influence of Bedding Material on Ammonia Emissions from Cattle Excreta. *Journal Dairy Science*, vol. 88, ss. 4304–4312.
- Olsson, A-C. & Svendsen, J. (2004) *Olika halmmängder till dräktiga suggor och effekter på klövhälsa, välfärd och boxfunktion*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (Rapport 131).
- Simonsson, A. (1976). *Halm till svin*. Konsulentavdelningens stencilserie. Uppsala: Lantbrukshögskolan. (Husdjur, 49)
- Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbruket m.m. Jönköping . (SJVFS 2010:15)
- Svantesson, J. & Sällvik, K. (1995). *Dikoproduktion – Krav och behov i olika produktionsformer*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för lantbruksteknik, avdelningen för byggnadsvetenskap/Agronomprogrammet (Rapport 202)

SIS (Swedish Standard Institute). (1993). *Arbetsplatsluft – Partiklar i aerosoler – Bestämning av storleksfördelning*. Stockholm: Miljö och energi. (SS-EN 481)

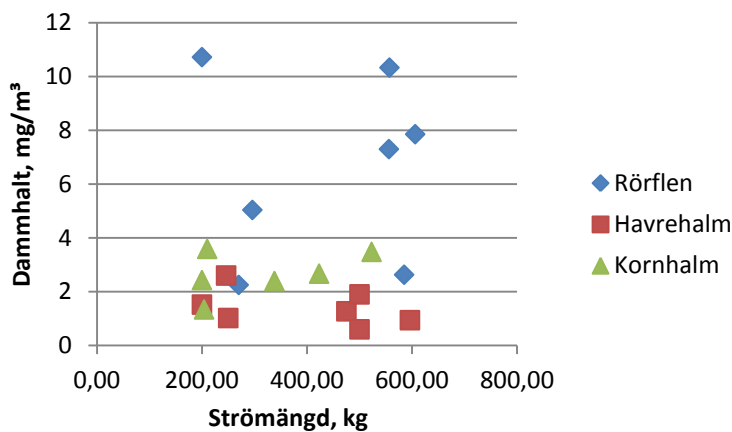
Söderberg, P. (2012). Stora skördeproblem för jordbrukarna. *Dt Hedemora*, 8 oktober. Tillgänglig: <http://www.dt.se/nyheter/hedemora/1.5166780-stora-skordeproblem-for-jordbrukarna> [2014-01-08]

Wik, M. (1968). *Rörflen, Phalaris arundinacea*. Umeå: Norrlands lantbruksförsöksanstalt (Växtodling 1968:1)

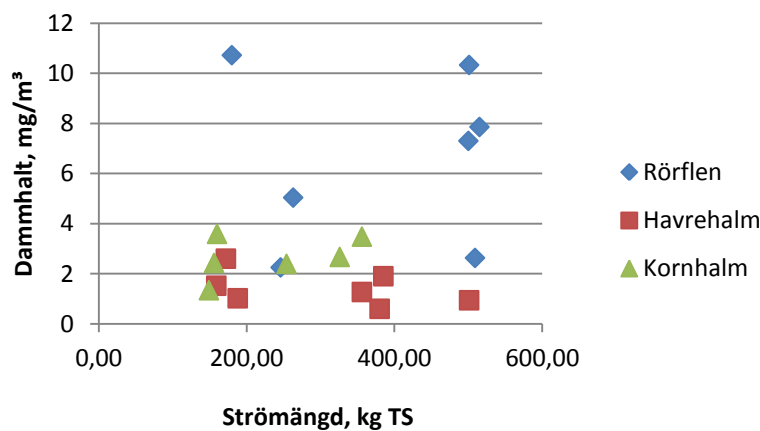
## BILAGOR



Genomsnittlig dammhalt i luften vid varje strötillfälle för respektive strömedel med avseende på antalet minuter strötid samt regressionslinje för kornhalm



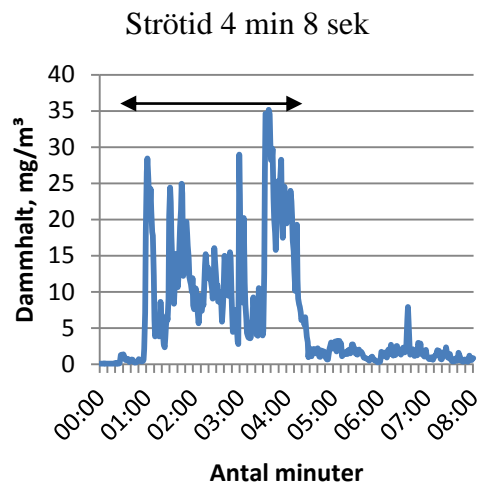
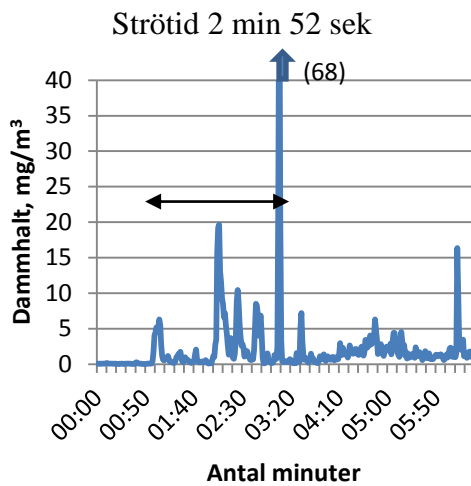
Genomsnittlig dammhalt i luften vid varje strötillfälle för respektive strömedel med avseende på antal kg strö.



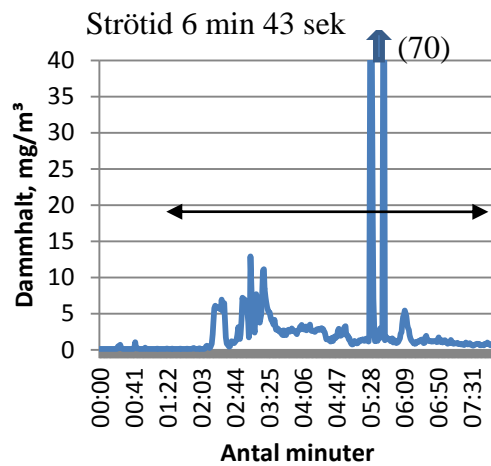
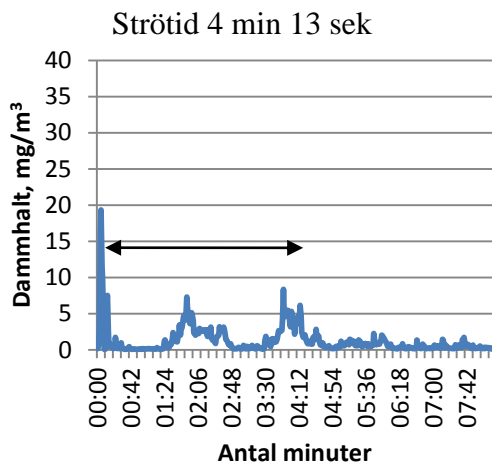
Genomsnittlig dammhalt i luften vid varje strötillfälle för respektive strömedel med avseende på antal kg strö beräknat som torrsbstansvikt.



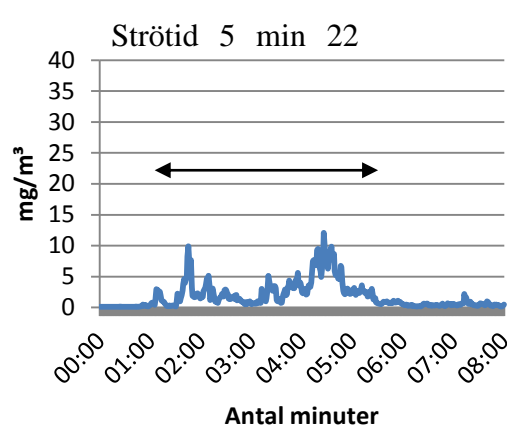
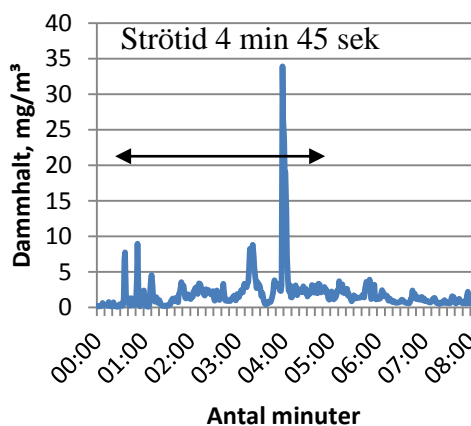
Bilaga 2 - Dammhalter vid olika mätningar för respektive strömedel. Redovisad strötid har kortats ner till 8 minuter för de mätningar som pågick under en längre tid.



Dammhalten (mg/m<sup>3</sup>) i luften vid två strötilldelningstillfällen av rörflen med utmarkerad strötid. Strömängden var 200 kg respektive 270 kg.



Dammhalten (mg/m) i luften vid två strötilldelningstillfällen av havrehalm med utmarkerad strötid. Strömängden var 200 kg respektive 246 kg.



Dammhalten (mg/m) i luften vid två strötilldelningstillfällen av kornhalm med utmarkerad strötid. Strömängden var 200 kg respektive 204 kg.

### Bilaga 3 - Resultatet av uppsugningsförmåga för respektive provnummer

Resultatet från testerna: uppsugningshastighet och uppsugningskapacitet för respektive provnummer (förklaring kan ses i bilaga 4) vid 100 % TS-halt respektive ursprunglig TS-halt.

Prov nr.	Uppsugningshastighet			Uppsugningskapacitet				
	(test 1)			(test 2)				
	(% av 170 g vatten uppsuget under 1 timme)			(g vatten/g strömedel)				
	antal replikat	100 % TS-halt medel	SD	antal replikat	100 % TS-halt medel	SD	Ursprunglig TS-halt medel	SD
1	5	29%	3%	5	2,25	0,19	1,96	0,17
2	5	35%	4%	5	2,35	0,23	2,05	0,21
3	4	35%	3%	5	2,27	0,21	1,99	0,20
4	4	29%	3%	4	2,29	0,16	2,02	0,15
5	3	34%	1%	3	2,32	0,06	1,96	0,05
6	5	21%	1%	5	2,16	0,11	1,92	0,10
7	5	23%	1%	5	2,31	0,11	1,82	0,10
8	3	33%	3%	3	2,33	0,06	1,94	0,05
9	5	33%	3%	5	2,18	0,14	1,86	0,13
10	4	47%	1%	5	2,24	0,14	1,91	0,13
11	3	32%	3%	3	5,36	0,86	2,92	0,53
12	5	27%	2%	5	2,45	0,20	1,96	0,17
13	4	24%	2%	4	2,54	0,03	2,21	0,02
14	5	29%	3%	5	2,88	0,11	2,53	0,10
15	5	24%	2%	5	2,58	0,19	2,29	0,17
16	5	30%	2%	5	3,19	0,24	2,62	0,21
17	5	31%	1%	5	3,02	0,12	2,50	0,10
18	5	29%	3%	5	3,17	0,09	2,50	0,08
19	5	28%	2%	5	2,83	0,07	2,33	0,06

## Bilaga 4 - Förklaring av provnummer

Detaljerad lista över stötyp, ströform, odlingsområde, områdesbeteckning, slagningstidpunkt och TS-halt för respektive provnummer.

Strötyp (prov nr.)	Ströform	Odlingsområde	Områdes Beteckning	Slagnings Tidpunkt	TS-halt
Rörflen (1)	Hel	Södra Sverige	Godås	Vår	90%
Rörflen(2)	Hel	Södra Sverige	Krontorp	Vår	90%
Rörflen(3)	Hel	Södra Sverige	Nybro	Höst	91%
Rörflen(4)	Hel	Norra Sverige	Djupliden	Vår	91%
Rörflen(5)	Hel	Norra Sverige	Glommersträsk	Höst	88%
Rörflen(6)	Hel	Norra Sverige	SLU, Umeå	Höst <sup>1</sup>	92%
Rörflen(7)	Riven	Södra Sverige	Godås	Vår	83%
Rörflen(8)	Riven	Norra Sverige	Glommersträsk	Höst	87%
Rörflensbriketter(9)	Riven	Norra Sverige	Glommersträsk	Höst	89%
Kutterspån(10)					89%
Torv(11)			Krontorp		38%
Havrehalm(12)	Hel		Godås		83%
Havrehalm(13)	Hel		Nybro		90%
Havrehalm(14)	Hel		Huskvarna		90%
Havrehalm(15)	Hel		Fagerås		91%
Havrehalm(16)	Riven		Godås		84%
Kornhalm(17)	Hel		Godås		85%
Kornhalm(18)	Riven		Godås		81%
Vetehalm(19)	Hel		Godås		85%

<sup>1</sup>höstskördad

