

Samtidig skörd av halm och agnar för energiändamål - inverkan på avkastning, baldensitet, fälttorkningsförlopp och förbränningsegenskaper

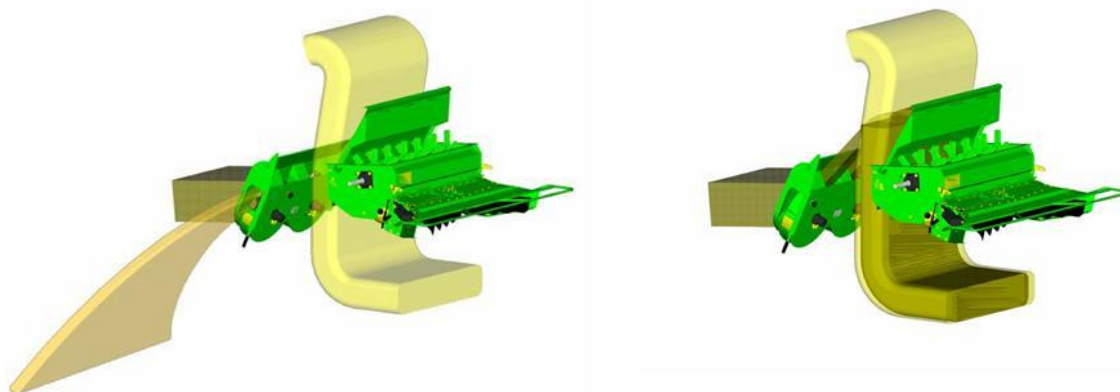
Gunnar Lundin, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Marie Rönnbäck, SP Energiteknik

Bakgrund

Halm är den restprodukt från jordbruket som åtminstone på kort sikt bedöms ha den största potentialen för energiändamål. Idag används ca 0,1 miljon ton bränslehalm i Sverige, medan den praktiska potentialen troligen är ca 1 miljon ton vilket motsvarar ca 4 TWh (Bernesson & Nilsson, 2005).

Ett av de största hindren för etablering av större halmeldade pannor är osäkerheten kring bränsleförsörjningens tillförlitlighet mellan olika år. Detta gäller speciellt områden med halmöverskott och regniga höstar t.ex. i västra Sverige. För att förbättra leveranssäkerheten är det angeläget att öka produktiviteten vid halmens omhändertagande. Detta för att kunna slå ut fasta kostnader på större volymer. Härvid underlättas investeringar i den ”överkapacitet” som erfordras för att klara bränsleförsörjningen även under besvärliga år.

Vid bärgning av halm samlas idag enbart den långstråiga fraktionen in. Teknisk utveckling har gjort det möjligt att även bärga agnarna, Figur 1. (I föreliggande rapport inkluderas i begreppet ”agnar” alla växtrester som lämnar skördetröskans rensverk d.v.s. även korta halmstrån, axspindlar, ogräsfrön etc.)



Figur 1. Med det s.k. Combisystemet för halmhack och agnspridare kan materialet från rensverket (det mörkfärgade flödet av skörderester) antingen fördelas över skördetröskans arbetsbredd (till vänster i bild) eller blandas in i flödet av långhalm. Motsvarande inställningsmöjligheter finns även när halmhacken är tillslagen. Combisystemet är idag tillgängligt för skördetröskorna från Sampo Rosenlew, New Holland (modell CSX) och John Deere (modellerna W and T). Illustration: Rekordverken Sweden AB.

Genom att blanda in agnarna i halmsträngen kan man i vetegrödor teoretiskt öka den bärgade mängden skörderester med ca 30 %. I vilken omfattning detta växtmaterial verkligen följer med halmsträngen in i balpressen under olika omständligheter liksom inverkan på balarnas densitet

är dock bristfälligt undersökt. Vidare saknas kunskaper om hur inblandningen av agnar i halmsträngen påverkar upptorkningen i fält liksom bränsleegenskaperna.

Mål

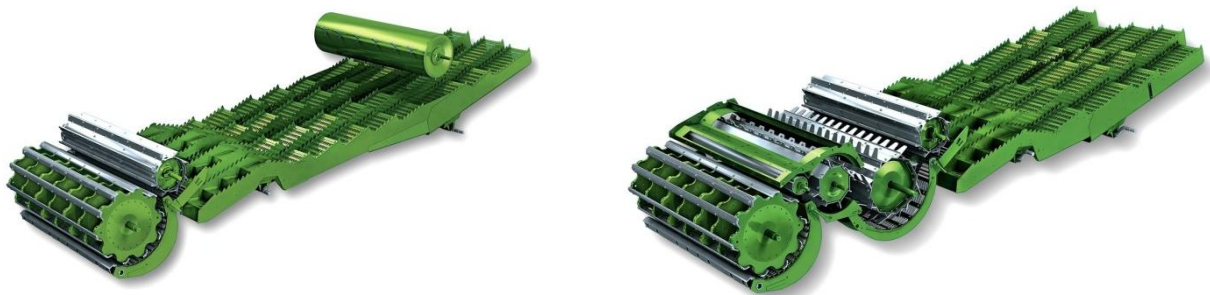
Undersökningen syftade till att klarlägga hur samtidig bärgning av halm och agnar inverkar på baldensitet, avkastning, fälttorkningsförlopp och förbränningskaraktäristika. Den nytta som avsågs åstadkommas var

- 1) Ökad produktivitet vid bärgning och transport.
- 2) Förbättrad leveranssäkerhet.
- 3) Snabbare fälttorkning.
- 4) Enklare såbäddsberedning och minskat patogentryck i påföljande gröda.

Material och metoder

Projektet bedrevs som ett orienterande fältförsök i höstvetete under skörden 2009 hos lantbrukare Johan Bengtsson, Litslena Viggeby, Enköping. Studierna genomfördes i såväl långstråigt som kortstråigt höstvetete, sorterna Olivin respektive Kranich. Genomsnittlig strållängd, exklusive ax, uppgick för Olivinvetet till 80 cm och för Kranich till 70 cm. Skördetröskningen utfördes med normala stubbhöjder, 18 respektive 15 cm.

Två skördetröskor begagnades, båda av fabrikat John Deere men med sinsemellan olika principer för urtröskning och frånskiljning. Vid bärgningen av Olivinvetet användes en konventionell skördetröska med modellbeteckningen John Deere 9660i WTS, skärvidd 25 fot (7,5 meter). Skörd av Kranichvetet genomfördes med en John Deere T 560i med skärvidden 22 fot (6,6 meter). Den senare skördetröskan skulle kunna förväntas ge en jämförelsevis mer intensiv bearbetning av halmen genom att den var försedd med extra cylindrar för att underlätta frånskiljningen av kärna från halmen, Figur 2.



Figur 2. Trösk- och frånskiljningssystem för WTS och T-modellerna av John Deeres skördetröskor, till vänster respektive till höger i bild. T-tröskorna är försedda med extra frånskiljningscylindrar för att öka kapaciteten. Illustration: John Deere

Båda skördetröskorna var försedda med Rekordverkens Combisystem, d.v.s. med möjlighet att blanda in agnarna i halmsträngen alternativt att fördela dessa över skördetröskans hela arbetsbredd. Vid skördetröskningen tillämpades dessa inställningar växelvis på sådant sätt att agnarna blandades in i halmsträngen i vartannat kördrag. Halmhacken var hela tiden frånslagen, Figur 3 och Tabell 1.



Figur 3. Fördelning av agnarna över skördetröskans arbetsbredd (vänstra bilden) respektive inblandning av denna fraktion i halmsträngen (högra bilden). Bärgning av Olivinvete med skördetröskan John Deere 9660i WTS. Viggeby, 19 augusti 2009. Foto: Gunnar Lundin

Tabell 1. Försöksdesign.

Led, beteckning	Höstvete, sort	Skördetröska, modell	Behandling agnar
Olivin halm	Olivin	JD 9660i WTS	bredspridda
Olivin halm & agnar	Olivin	JD 9660i WTS	inblandade
Kranich halm	Kranich	JD T 560i	bredspridda
Kranich halm & agnar	Kranich	JD T 560i	inblandade

Omedelbart efter skördetröskningen togs representativa prover ut från båda behandlingarna för bestämning av skörderesternas vattenhalt. Vattenhalten följdes därefter genom provtagning en gång per dygn. Dagen efter skördetröskningen uttogs prover för analys av skörderesternas förbränningsegenskaper.

Halmens vattenhalt bestämdes vid JTI genom torkning i värmeskåp, 3 timmar vid 105°. Förbränningsegenskaperna bestämdes vid SP och innefattade förutom fukthalt innehåll av aska, svavel, kol, väte, kväve, klor samt värmevärde. Vidare analyserades askans smältförlopp samt dess innehåll av viktiga grundämnen såsom kisel, magnesium, kalcium, fosfor, kalium och zink.

Så snart halmen uppnått lagringsduglig vattenhalt skördades den med en fyrkantbalpress av modell Claas Quadrant 1200. Pressen åstadkom balar med bredd och höjd om 120 respektive 70 cm. Beträffande ballängden, som var ställbar mellan 90 och 300 cm, uppgick den i försöket till cirka 225 cm. Pressen var vid båda bärgningstillfällena inställd för att ge maximal baldensitet. Omedelbart efter avslutad pressning vägdes balarna i fält med fjädervåg och densiteten beräknades, Figur 4. Åtta till nio balar (cirka 3 ton) per behandling bärgades på detta sätt.



Figur 4. Halmen bärgades med en fyrkantbalpress, Claas Quadrant 1200. Balarna vägdes i fält med en fjädervåg. Viggeby 19 augusti 2009. Foto: Gunnar Lundin

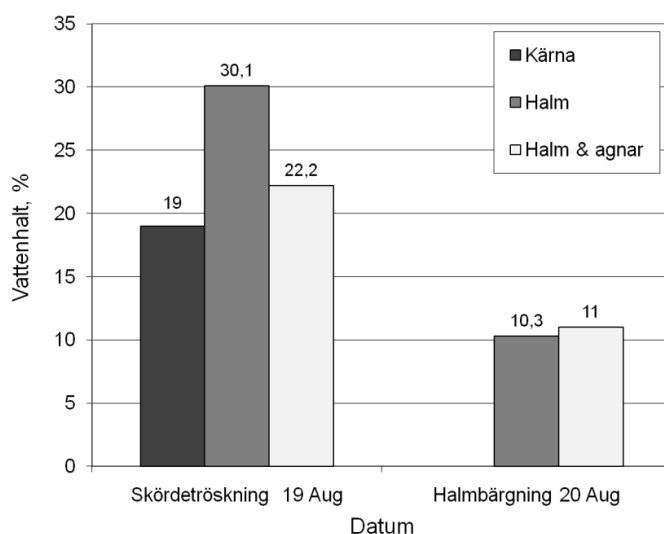
Resultat

Utfallet vid de båda trösktillfällena sammanfattas i Tabell 2. Båda höstvetebestånden var jämnt mogna, stående och med enbart ringa ogräsinslag.

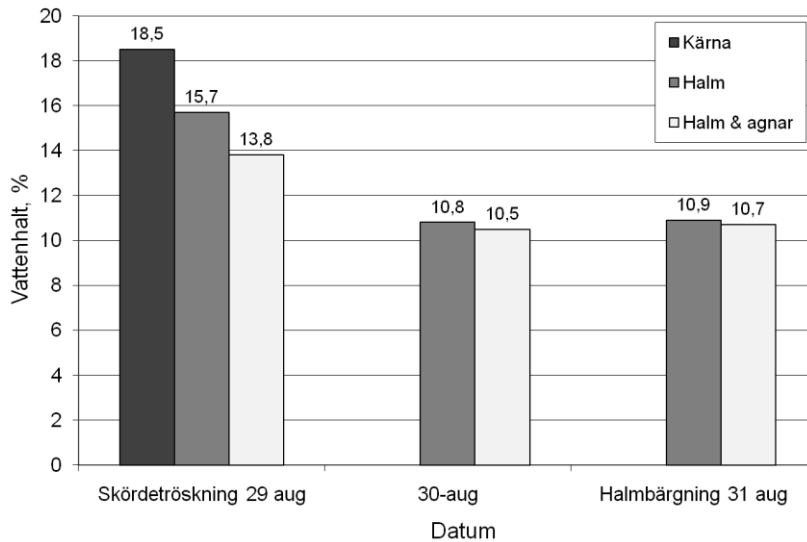
Tabell 2. Höstvetegrödornas avkastning (14 % -ig vara) och kärnvattenhalt vid skördetröskningen. Vattenhalterna avser våt bas.

Höstvete, sort	Datum	Klockslag	Skördetröska, modell	Vattenhalt kärna, %	Avkastning kärna, kg/ha
Olivin	19 augusti	17:00-18:00	JD 9660i WTS	19	6 800
Kranich	29 augusti	15:00-16:00	JD T 560i	18,5	8 000

Resultaten från de dygnsvisa bestämningarna av skörderesternas vattenhalt ges i Figur 5 och Figur 6. Som framgår av diagrammen medförde inblandning av agnar att halmsträngarnas initialvattenhalt reducerades. Skillnaderna mellan behandlingarna utjämnades efter något dygn.



Figur 5. Vattenhalt (våt bas) i kärna och skörderester. Höstvete, Olivin.



Figur 6. Vattenhalt (våt bas) i kärna och skörderester. Höstvet, Kranich.

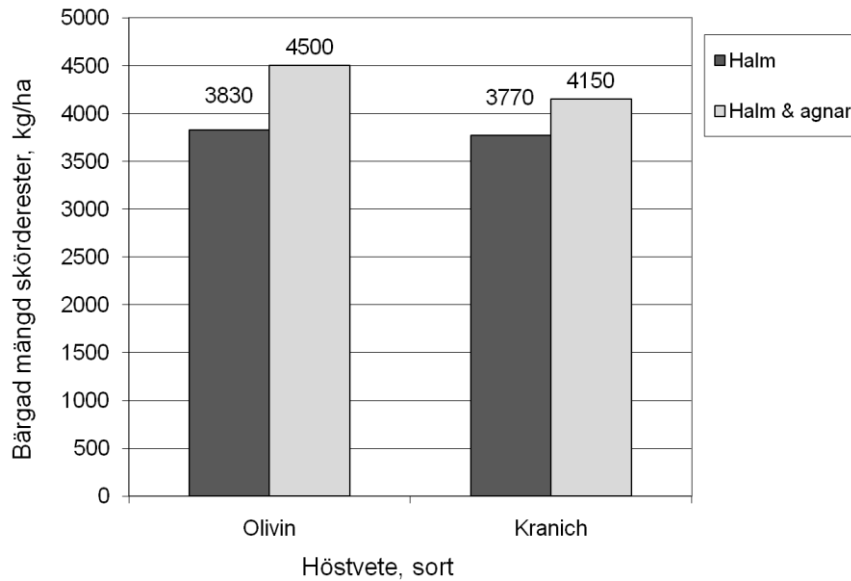
Resultaten från vägningen av halmbalarna sammanfattas i Tabell 3. Som framgår av tabellen påverkades inte de genomsnittliga baldensiteterna av inblandningen av agnar. Balarnas dimensioner skiljde sig inte mellan behandlingarna vilket innebar att inte heller balvikterna påverkades.

Tabell 3. Halmbalarnas genomsnittliga densitet och vikt.

Höstvet, sort	Baldensitet, kg/m ³		Balvikt, kg	
	Halm	Halm & agnar	Halm	Halm & agnar
Olivin	192	192	363	362
Kranich	167	163	316	309

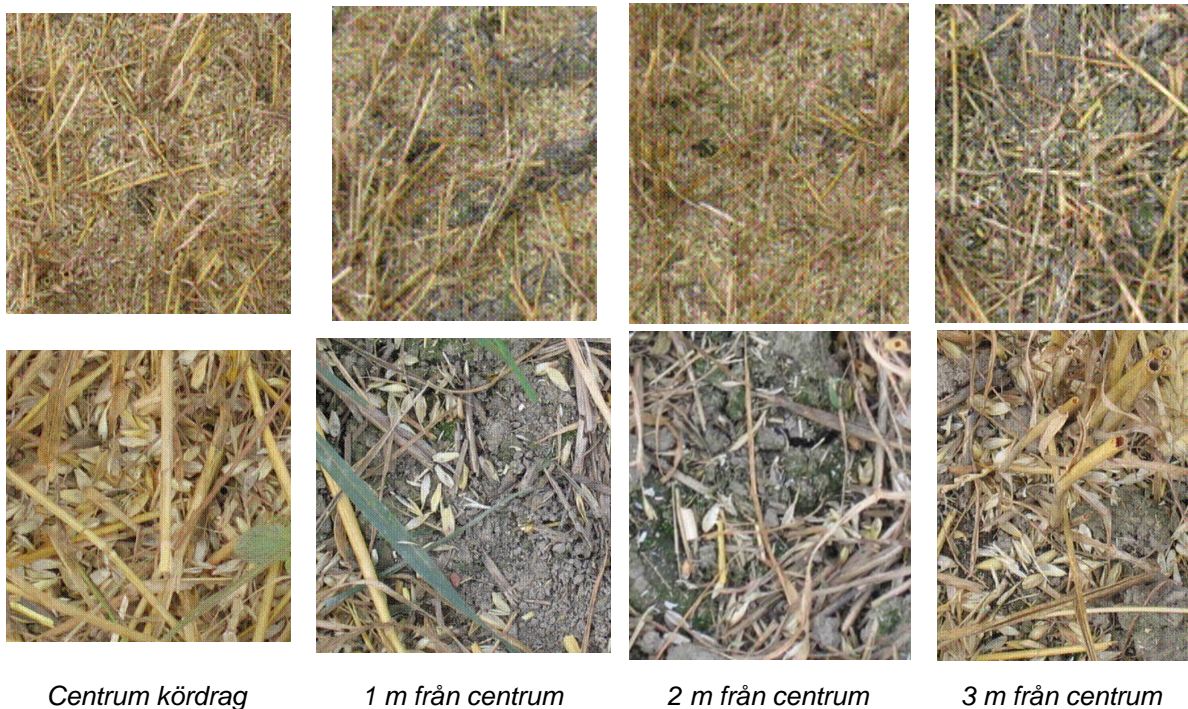
Den jämförelsevis högre baldensiteten för halmen efter Olivinrödan berodde troligen på hög ytfuktighet eller likande vilket i sin tur medförde ökad friktion i pressen. Pressen hade delvis problem med att klara den förhöjda densiteten vilket yttrade sig som problem med knytningen. Enligt maskinhållaren var det den ungefärliga balvikt och densitet som erhöles med halmen efter Kranichrödan som var den normala (Lindqvist, pers. medd., 2010).

I Figur 7 redovisas bärgad halmmängd för de olika koncepten. Som framgår av diagrammet medförde inblandningen av agnar att mängden bärgade skörderester ökade uppemot 700 respektive 400 kg per hektar. Detta innebar att skörden i genomsnitt ökade med 14 %.



Figur 7. Mängden bärgade skörderester.

I Figur 8 illustreras fördelningen av skörderester på marken efter det att halmen bärgats. Av fotografierna framgår att även när agnarna spreds åt sidorna (övre raden i figuren) hamnade en del av dessa rakt bakom skördetröskan.



Figur 8. Fördelning av skörderester på olika avstånd från centrum av skördetröskans kördrag efter det att halmen bärgats. Övre raden: agnarna fördelade över skördetröskans arbetsbredd. Undre raden: agnarna placerade i halmsträngen.

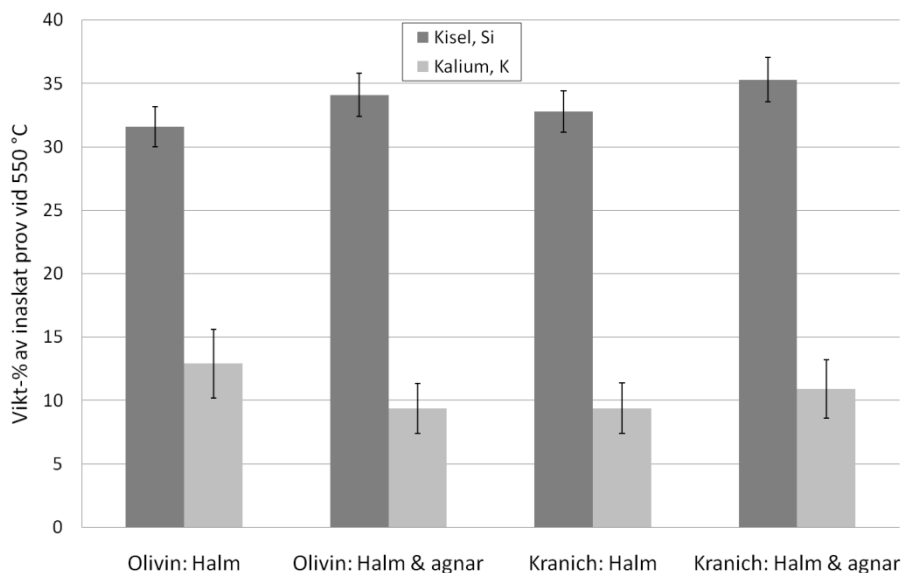
Bränslets innehåll av aska, klor, svavel, kisel och järn samt effektivt värmevärde visas i Tabell 4.

Tabell 4. Innehåll i torrs substans av aska, klor, svavel, kisel, järn samt effektivt värmevärde.

	Sort Olivin		Sort Kranich	
	Halm	Halm & agnar	Halm	Halm & agnar
Aska, viktprocent ts	8,9	10,1	9,9	10,7
Klor, Cl, viktprocent ts	0,21	0,12	0,08	0,07
Svavel, S, viktprocent ts	0,12	0,12	0,09	0,12
Kisel, Si, viktprocent ts	31,6	34,1	32,8	35,3
Järn, Fe, viktprocent ts	0,15	0,12	0,14	0,11
Effektivt värmevärde, MJ/kg ts	16,5	16,34	16,48	16,29

I de fyra prov som togs var skillnaden i askhalt signifikant. I proven med agnar var askhalten cirka 1 procentenhet högre än i proven utan agnar vilket motsvarar en ökning i askinnehåll med cirka 10 %. Halten av kisel var högre i proven med agnar vilket illustreras i Figur 9. Halterna av kalium var i det ena fallet (Olivin) något lägre när agnarna samlats in, i det andra fallet något högre (Kranich), men dessa förändringar låg inom analysens mätosäkerhet.

Halten klor var i ena fallet (Olivin) lägre med agnar än utan, i det andra fallet oförändrat. Det effektiva värmevärdet har sjunkit något när agnar blandats in i halmen, vilket är en förväntad effekt av den ökade askhalten.



Figur 9. Halter av kisel och kalium, viktprocent i inaskat prov. Intervallen anger mätosäkerheten i respektive analys.

Askans smältbeteende, Tabell 5, undersöktes med den nya europeiska standarden där DT motsvarar IT i den äldre standarden. När proven jämförs kan man inte se någon skillnad av betydelse mellan proven med och utan agnar.

Tabell 5. Askans smältbeteende enligt CEN/TS 15370-1.

	Sort Olivin		Sort Kranich	
	Halm	Halm & agnar	Halm	Halm & agnar
Shrinkage temp. SST °C	750	760	780	790
Deformation temp. DT °C	850	860	990	980
Hemisphere temp. HT °C	1120	1160	1240	1150
Flow temp. FT °C	1230	1300	1310	1270

Diskussion

M ätningarna av skörderesternas vattenhalt omedelbart efter skördetröskningen visade att inblandningen av agnar i halmsträngarna medförde att vattenhalten sänktes. Denna gynnsamma effekt stämmer väl överens med tidigare undersökningar som visat att vattenhalten i en stråsådesgröda normalt avtar med avståndet till marken. Redan något dygn efter skördetröskningen hade skillnaderna i vattenhalt mellan behandlingarna utjämnats.

Beträffande det redovisade fälttorkningsförloppet bör det noteras att tidsperioderna mellan skördetröskning och halmbärgning förlöpte utan nederbörd. Inblandning av agnar skulle kunna medföra att strängarna blir mer kompakta och därmed mer svårtorkade efter ett regn.

Mätningarna av balarnas vikt och densitet visade inte på några skillnader mellan behandlingarna. Man skulle kunna ha förväntat sig en ökad täthet i balarna när agnfraktionens förhållandevis små partiklar letade sig in mellan halmstråna. Att så inte blev fallet kan hänga samman med de höga tryck som fyrkantbalpressarna arbetar med. Det vill säga att även med enbart långhalm uppstår det inte betydande hålrum möjliga att fylla ut med mindre partiklar.

Mot bakgrund av ovanstående är det tänkbart att man vid koncept för pressning där kompakteringsgraden är lägre än för fyrkantbalar skulle kunna förvänta sig ökad densitet vid inblandning av agnar. Bland annat skulle detta kunna komma i fråga för rundbalar. En nackdel i sammanhanget är emellertid att rundbalspressarna är förhållandevis utsatta för läckage vid bärgning av finfraktionerat material.

Inblandningen av agnar medförde att den bärgade mängden skörderester ökade med 14 % vilket kan jämföras med en teoretisk potential om cirka 30 %. Den i fältförsöket erhållna ökningen skulle sålunda innebära att ungefär hälften den totala agnmängden återfanns i de färdiga halmbalarna. Detta stämmer ganska väl överens med tidigare erfarenheter från tillverkaren. Enligt Rekordverken hamnar nämligen 55-60 % av agnarna i halmsträngen då Combisystemet tillämpas (Holmén, pers. medd., 2009). Samtidigt påpekar Holmén att betydande mängder förloras om man vänder strängarna.

Att merskorde vid inblandning av agnar blev större med den konventionella WTS-skördetröskan än med T-tröskan var förvånande. Genom att den senare trösktypen är försedd med särskilda frånskiljningscylindrar torde halmen ha blivit mer aggressivt behandlad och i linje därmed ökade mängder finfördelat material till rensverket ha alstrats. Holmén (pers. medd., 2009) anger att med John Deeres T-system ökar mängden material till rensverket med 20 % jämfört med traditionell teknik. Enligt tidigare erfarenheter har dessutom en sträng av sargad halm lättare att hålla kvar agnarna jämfört med halm som är mer intakt (Persson, pers. medd., 2009). Att beakta i sammanhanget är dock att skördetröskorna användes vid olika tillfällen och i olika vetegrödor. Resultaten är därför inte direkt jämförbara.

Som illustrerats i Figur 8 hamnade en del av agnarna rakt bakom skördetröskan även när agnspridaren var inställd för att kasta materialet åt sidorna. Detta torde delvis bero på att det material som lämnar rensverket inte följer helt strikta banor utan även till viss del ”virvlar runt” bakom skördetröskan. En del av agnarna torde aldrig nå agnspridaren för att i stället falla till marken rakt bakom rensverket. Men inte heller alla agnar som passerar genom agnspridaren kastas ut å sidorna p.g.a. vindavdrift.

I sammanhanget bör också framhållas att en del agnar överhuvudtaget inte passerar rensverket utan i stället följer halmen ut bakom skördetröskan via halmskakarna. Dessa agnar hamnar antingen i halmbalarna eller också letar de sig ner mellan halmstråna till marken. Någon skarp gräns av halmbärgning ”med agnar” respektive ”utan agnar ” torde sålunda inte föreligga i praktiken.

Det är känt att askhalten i agnar kan vara upp till tre gånger högre än i strå. Någon detaljerad karaktärisering av ämnesinnehåll och förbränningsegenskaper hos agnarna är inte känd. En ökad askhalt kan dock leda till förändrat beteende vad gäller slagging, stoftpåslag, korrosion och utsläpp och det är därför viktigt att karaktärisera bränslets förbränningsegenskaper så att vid behov lämpliga åtgärder kan vidtas för att minska problem vid förbränningen.

Bränsleanalysen visade att askhalten i proven med agnar var cirka 1 procentenhet högre än i proven utan agnar vilket motsvarar en ökning i askinnehåll med cirka 10 %. Halten av kisel var högre medan halten av järn var lägre i proven med agnar. Analysen visade dock inte på någon skillnad i asksmälttemperatur.

Det effektiva värmevärdet sjönk något (mycket lite) då agnar blandades in i halmen, vilket är en förväntad effekt av den ökade askhalten. Analysen visade inga signifikanta skillnader i kalium eller klor som skulle kunna ha betydelse för bildning av påslag, högtemperaturkorrosion eller stoftutsläpp vid förbränning.

Det bör poängteras att den presenterade studien är av orienterande natur. Inga fullständiga försöksserier har genomförts utan de redovisade resultaten är mer att betrakta som exempel. För att erhålla underlag för utförliga rekommendationer är mer omfattande försök nödvändiga. Bland annat behöver inverkan av årsmån, sorter och olika tröskprinciper studeras vidare.

Intresset för att även kunna bärga agnarna kan förväntas stiga framgent. Utvecklingen mot kortstråiga grödor och mer intensiv bearbetning inne i skördetröskorna torde nämligen medföra att agnarnas andel av skörderesterna relativt ”långhalmen” kommer att öka.

Slutsatser

- I ett inledande fältförsök skördades agnar och halm i ett och samma arbetsmoment.
- Inblandning av agnar i halmen medförde att den initiala vattenhalten i halmsträngen bakom skördetröskan reducerades .
- Halmbalarnas densitet och vikt påverkades inte av behandlingarna.
- Inblandningen av agnar medförde att mängden bärgade skörderester ökade med 14 %, d.v.s. att ungefär hälften av den biologiskt tillgängliga mängden agnar skördades.
- Inblandning av agnar ökade askhalten med cirka 1 procentenhet. Detta ledde dock inte till någon signifikant skillnad i värmevärde eller i smältbeteende hos bränsleaskan.

- I praktiken föreligger ingen skarp gräns mellan halmbärgning ”med agnar” respektive ”utan agnar”.
- För att erhålla underlag för utförliga rekommendationer är mer omfattande försök nödvändiga.
- Intresset för att även kunna bärga agnarna kan förväntas stiga framgent.

Referenser

Litteratur

Bernesson S. & Nilsson D., 2005. Halm som energikälla. Översikt av existerande kunskap. Rapport – miljö, teknik och lantbruk 2005:7. Institutionen för biometri och teknik, SLU, Uppsala.

Personliga meddelanden

Holmén B., 2008 & 2009. Rekordverken Sweden AB, Öttum.

Lindqvist P., 2010. Lantbrukare, Litslena Kälsta, Enköping.

Persson S.J., 2009. Rekordverken Sweden AB, Öttum, Sweden.

Publikationer

Lundin G. & Rönnbäck M., 2010. Samtidig skörd av halm och agnar för energiändamål - inverkan på avkastning, baldensitet, fälttorkningsförlopp och förbränningsegenskaper. Rapport nr 395 från JTI. ISSN 1401-4963. www.jti.se

Lundin G. & Rönnbäck M., 2010. Simultaneous Harvesting of Straw and Chaff for Energy Purposes – Influence on Bale Density, Yield, Field Drying Process and Combustion Characteristics. Föredrag vid CIGR-konferensen “Sustainable Biosystems through Engineering” 13-17 juni, Quebec, Kanada. Section III: Equipment Engineering for Plant Production. www.cigr2010.ca Paper ID CSBE 101005.
<http://bioeng.ca/publications/meetings-papers?catid=10>

Övrig resultatförmedling till näringen

Samtidig skörd av halm och agnar för energiändamål -inverkan på avkastning, baldensitet, fälttorkningsförlopp och förbränningsegenskaper. Föredrag vid Jordbrukstekniska föreningens konferens ”Ny teknik i praktiken” den 26 oktober 2009 i Uppsala.

Skörderester som energikälla. Föredrag vid energidag samband med Akron Maskiners 75-årsjubileum den 1 december 2010 i Järpås.

Finansiell medverkan

Undersökningen finansierades av Stiftelsen Lantbruksforskning och Rekordverken Sweden AB.