



Examensarbete inom Lantmästarprogrammet

LOGISTIK FÖR STRÅBRÄNSLE

THE LOGISTICS OF STRAW FOR FUEL

Niklas Svensson

Examinator: univ. adj. Torsten Hörndahl

**Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för jordbrukets biosystem och teknik**

Alnarp 2006

FÖRORD

Lantmästarprogrammet är en tvåårig högskoleutbildning vilken omfattar minst 80 p. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t ex ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 5 veckors heltidsstudier (5 p).

Studien har genomförts på initiativ av Sven-Erik Svensson, LT och Bertil Göransson, LRF som en följd av Lunds Energi ABs planerade biobränsleeldade kraftvärmeverk.

Ett varmt tack riktas till Rolf Leire på Svalövs Halmeldningsverk, Martin Nilsson på Norrvidinge Maskinstation och Peter Ottosson på Lunds Energi AB, som har tagit emot mig och svarat på många frågor, till Angelika Blom på LT, som har hjälpt till med formalia och annat, och till alla andra som svarat på frågor eller på annat sätt hjälpt till med arbetet.

Univ. adj. Torsten Hörndahl har varit examinator.

Alnarp maj 2006

Niklas Svensson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	2
SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
INLEDNING	5
BAKGRUND	5
MÅL	5
SYFTE	5
AVGRÄNSNING	6
LITTERATURSTUDIE	7
HANTERINGSFORM	7
HANTERING	8
TRANSPORT	9
MATERIAL OCH METOD	10
GRUNDKALKYL	11
KALKYLVARIANTER	12
RESULTAT	13
TRANSPORTKOSTNADER	13
DISKUSSION	17
HANTERINGSFORM	17
HANTERING	18
TRANSPORT	19
SLUTSATS	19
REFERENSER	20
SKRIFTLIGA	20
MUNTLIGA	20
BILAGA 1 – Kalkylförutsättningar	21
BILAGA 2 – Grundkalkyl	22
BILAGA 3 – Kalkylsammanställning	23

SAMMANFATTNING

I takt med att energipriserna blir allt högre ökar intresset för biobränslen. Flis är populärt, men även stråbränslen, till exempel spannmålshalm, är intressanta. Lunds Energi AB planerar att bygga ett kraftvärmeverk i Örtofta, som ska eldas främst med flis, men även med halm.

I detta arbete studeras transportererna av stråbränsle, för att undersöka kostnaden, vilka faktorer den beror av samt hur man billigast transporterar stråbränslen.

Halm kan hanteras på olika sätt. Balar, hackat löst material och som briketter. Det finns flera olika storlekar på balar, vanligast är fyrkantiga storbalar på ca 1,2x1,3x2,5 m. Lös halm är billig och relativt lätt att hantera, men transportererna blir dyra eftersom materialet är mycket skrymmande. Briketter är dyra att framställa, men transportererna blir billiga. Balar intar en mellanställning, och är ojämförligt vanligast.

För att ta reda på kostnaden, och för att kunna jämföra mellan olika hanteringsmetoder har beräkningar gjorts. De ingående värdena i kalkylen har varierats (exempelvis drivmedelspris, timlön för förare, körhastighet, halmdensitet) för att se hur transportkostnaden förändras. Dessutom har kostnader vid olika transportavstånd räknats ut. I alla led har beräkningar gjorts för både traktor- och lastbilstransport.

Transportkostnaden består av maskin-, arbets- och drivmedelskostnader, där den sistnämnda är betydligt mindre än de övriga. Transporterna blir billigare med lastbil än med traktor, främst vid längre avstånd. När avståndet bara är några kilometer är skillnaden liten. Traktorn kan vara ett intressant alternativ vid körsträckor på upp till 20 km.

I de flesta fall tycks storbalar vara mest intressant. Ju hårdare balar, desto billigare blir hanteringen. Om ekipage med lägre flak (ca 0,9 m) används kan större mängd transporteras, vilket också sänker kostnaden. En kombination där både halmdensitet och transportvolym maximeras blir transportkostnaden nästan lika låg som för briketter.

- Bästa sättet att minska transportkostnaden är att maximera lastkapaciteten, vilket sker genom stor och väl utnyttjad lastvolym och hög densitet på materialet.
- Drivmedelsprisets påverkan på transportkostnaden är relativt måttlig.
- Med ett väl genomtänkt system med lagerplatser och transporter kan onödiga extrakostnader (t ex i form av ställtider och outnyttjad lastkapacitet) undvikas.
- Det är billigare att transportera med lastbil än med traktor, men vid korta avstånd kan traktoralternativet ändå vara intressant.
- Lunds Energi AB bör – enligt min bedömning – satsa på ett flexibelt system, där man låter olika metoder och tekniker komplettera varandra.

SUMMARY

Today energy prices are rising. As a result biomass fuel is getting more and more interesting. Wood chips is very popular, but also straw from grain production is on the table. Lunds Energi AB project a combined power and heating plant in Örtofta out of Lund. Wood chips is meant to be the main energy source, complemented by straw.

In this thesis the transportation of straw for fuel is studied. The aim is to find out the cost, what it consists of, how it can vary, and to find out the most efficient way to transport straw for fuel.

Straw can be handled in many different ways. Bales, chopped loose material, and as briquettes. There are many different sizes of bales, but for energy purposes the biggest is most often used; square bales, appr. 1,2x1,3x2,5 meters. Chopped straw is cheap, and relatively easy to handle, but the transportation is expensive since the loose material is relatively bulky. Briquettes are expensive to produce, but transportation is cheap. The bale alternative is somewhere in between, and absolutely most often used.

To find out the cost, and to be able to compare different methods, calculations have been made. The used values (i.e. diesel price, labour cost, driving speed and straw density) have been varied, to see changes in the total transportation cost. Furthermore, the costs at different distances have been calculated. Every calculation has been made with two alternatives, for lorry and tractor.

The transportation cost consists of machinery, labour and fuel costs, where the latter is the smallest. Lorry is cheaper than tractor, especially when the distance is getting longer. But within 20 kilometres, the tractor might compete.

In most cases big square bales seem to be interesting. The harder the bales are, the cheaper the management gets. Vehicles with low load platform (0,9 m) can carry bigger load, which also reduces costs. A combination, where both bale density and transport volume are maximized, gives transportation costs almost as low as the costs for briquettes.

- The best way to reduce the transportation costs is to maximize load capacity, through large and well used load volume, and high material density.
- Fuel price has relatively small effect on the total transportation costs.
- With well planned storage places and transports, extra costs can be avoided.
- Lorry transports are cheaper than tractor transport, but at short distances the tractor alternative can be of interest.
- I believe that for Lunds Energi AB, the best thing to do is looking for flexibility, in order to let different methods and techniques together build the optimal system.

INLEDNING

BAKGRUND

De senaste åren har priset på energi stigit kraftigt. Eftersom det finns risk för oljebrist i framtiden lär inte energipriserna sjunka. Därför finns ett stort intresse för alternativa energikällor, både i liten och stor skala, både för värme- och elproduktion.

Det som tycks vara mest populärt för närvarande är biobränsle. Flis är vanligast, men även halm är intressant där tillgången är god.

Sett ur ett sydiskånskt perspektiv finns det flera fördelar med stråbränslen jämfört med flis. Stråbränslen kan vara lokalt odlade, vilket ger arbetstillfällen i området och minskar transportbehovet. Ettåriga grödor odlas i växtföljden, något som kan påverka marken positivt (Göransson, pers medd 2006).

Lunds Energi AB planerar att bygga ett stort biobränsleeldat kraftvärmeverk i Örtofta strax norr om Lund. Den huvudsakliga bränsleråvaran är tänkt att vara flis, men man vill även kunna använda lokalt odlade bränslen såsom halm.

Dessa planer har väckt intresse på många håll, exempelvis i Alnarp. Under våren 2006 skrivs flera examensarbeten vid lantmästarprogrammet med utgångspunkt i de planer som Lunds Energi AB har.

I detta arbete ska stråbränslets transporter och hanteringen i samband därmed studeras. Övriga arbeten behandlar tillgängligheten på halm, andra tänkbara grödor, skördeteknik, energiinnehåll och produktionskalkyler.

MÅL

Målsättningen är att ge svar på några frågor som rör stråbränslehantering, nämligen:

- Hur mycket kostar transporten?
- Vilka faktorer har störst betydelse för transportkostnaden?
- Vilket transportsätt är mest kostnadseffektivt, och skiljer det sig vid olika köravstånd?

SYFTE

Syftet med detta examensarbete är att titta på transport och hantering av stråbränsle för storskalig användning.

AVGRÄNSNING

Ett naturligt sätt att avgränsa arbetets omfattning är i rumslig form. För detta arbete gäller halmhantering från fältkant eller mellanlager till värmeverk. Pressning eller motsvarande hantering tas inte upp här, och inte heller hanteringen på värmeverket. Eftersom halm är den absolut vanligaste råvaran kommer jag helt att koncentrera mig på halm. De flesta andra stråbränslen hanteras i samma form som halm, vilket gör resonemangen relevanta även för andra grödor.

LITTERATURSTUDIE

Det stråbränsle som är absolut vanligast är halm. Annat som kan vara intressant är helsäd, hampa och starkväxande gräs som elefantgräs och rörlfen.

HANTERINGSFORM

När det gäller hantering av stråbränslen finns det tre olika huvudinriktningar. Materialet kan hanteras i lös form, som balar eller i form av briketter eller pelletter.

Balar

Balpressar kan delas in i tre kategorier, efter balform och -storlek. Det finns småbalspressar, rundbalspressar och pressar för stora fyrkantbalar. Småbalar är anpassade för att hanteras för hand. Tvärsnittet är ofta 36x46 cm, och längden ställbar upp till ca 1,2 m. Rundbalar har ofta bredden 1,2 m, diametern varierar från 1,2 m upp till 2 m hos de största modellerna (Welger, 2002). Stora fyrkantbalar finns i olika storlekar, upp till ett tvärsnitt på 1,2x1,3 m, med en maxlängd omkring 2,7 m. Den största storleken kallas lokalt "hesstonbalar", vilket kommer sig av märket på de första pressarna av den dimensionen. Densiteten för halmbalar varierar normalt mellan 100 och 160 kg/m³, högst för de stora balarna. (Nilsson 1991)

Systemet med balar är väl beprövat. Sedan många år är balpressning den gängse tekniken för halmskörd oavsett ändamål. De allra flesta användarna av energihalm använder av ekonomiska skäl "hesstonbalar", ofta ca 2,5-2,6 m långa. Balarna både lagras och transporteras ofta liggande på sidan, så att balgarnen omger balarna horisontellt och därmed bidrar till balarnas formstabilitet (Leire, pers medd 2006).

Hackat löst material

Om stråbränslet ska hanteras löst skördas det med samma metoder som ensilage, det vill säga exakthack eller möjligen hackvagn. Fördelen är att materialet kan hanteras med utrustning som är avsedd för flis. Systemet kräver därmed inga särskilda investeringar vid eldningsverket. Den stora nackdelen är att volymvikten är mycket låg. (Bernesson & Nilsson, 2005) Enligt Christensson (pers medd 2006) är volymvikten vid transport ca 100 kg/m³.

Briketter

Briketter har två stora fördelar. Dels är densiteten hög, över 300 kg/m³, och dels kan de hanteras i bulk. Dessa egenskaper gör att både hantering och transport kan ske enkelt, effektivt och förhållandevis billigt. Normalt sett tillverkas briketter i stora stationära anläggningar. I sådana fall måste halmråvaran transporteras dit i balar eller som lös halm. Om briketterna istället tillverkas i fält hoppar man över flera steg i kedjan mellan fält och panna. (Bernesson & Nilsson, 2005)

Flera försök har gjorts med fältbriketteringsmaskiner, men såvitt känt förekommer metoden inte i praktisk drift. Enligt Bernesson & Nilsson (2005) uppskattningar skulle en sådan maskin ha ett effektbehov på 2 400 hk (ca 1 750 kW), och kosta över 4 000 kr per timme.

HANTERING

Lagring

Kraven på lagring skiljer sig åt beroende på hanteringsformen, och vilka krav som ställs på bränsleråvaran. Enligt Bernesson & Nilsson (2005) är det vanligt att halmvärmeverk inte tar emot halm med vattenhalter över 20 %. Halmen (eller vad det nu är för bränsle) bör alltså väderskyddas på något sätt, annars får man räkna med lagringsförluster.

Balar

Balar lagras antingen under tak i stora hallar eller stolplador, eller utomhus, täckt eller under bar himmel. Dessutom kan man plasta in balarna i långa korvar, en teknik som är ganska ny i Sverige, och främst används för ensilage. Bernesson & Nilsson (2005) räknar med lagringsförluster på 5 % vid utomhuslagring, men inga förluster alls om balarna lagras inomhus. En dansk undersökning av plastkorvslagring av halm (Nielsen & Hinge, 2000) pekar på lagringsförluster på 2-5 %, vid lagring i plastkorv. (Halmen bör dock levereras före nyår för att inte riskera vattenhalter över 20 %.) I hus med jordgolv räknar samma danska undersökning med 1 % förluster, och vid fast golv försvinner förlusterna. Halmen till Svalövs Halmeldningsverk lagras i stora stackar utomhus på asfalterade ytor, utan täckning. Balarna staplas åtta i höjd. Det översta lagret balar blir fuktskadade. Med rätt teknik kan de ändå eldas, men det krävs extra arbete och pannans maxeffekt kan inte utnyttjas. Ett alternativ är att spara de fuktskadade balarna över sommaren för att använda dem som tak även till nästa års halmstack. Samma balar kan användas 2-3 år, men sen blir de svåra att bli av med. Tidigare har man experimenterat med olika former av täckning, men inget av det man provat har lyckats skydda halmen hela vintern, utan gått sönder. (Leire, pers medd 2006.)

Lös halm

Lagring av lös halm sker i stora hallar eller i stack under bar himmel. Även här räknar Bernesson & Nilsson (2005) med 5 % lagringsförluster vid utomhuslagring, men helt utan förluster vid lagring inomhus. Vid praktiska försök med utomhuslagring har man konstaterat att det inte behöver bli några förluster på grund av fukt. Den fuktiga halm som finns ytterst i stacken blandas vid lastningen med torr halm från stackens inre, och fukthalten blir därmed endast försumbart högre (Christensson, pers medd 2006). De lagringsförluster som uppstår är spill vid lastning, som uppskattningsvis uppgår till en eller ett par procent.

Briketter

Briketter måste på grund av fukt känsligheten lagras inomhus i stora hallar, med kraftiga väggar som kan ta upp sidokrafterna. Bernesson & Nilsson (2005) har dock tagit med ett alternativ i sina kalkyler där briketter lagrats utomhus, med 5 % lagringsförluster. Inga kostnader för täckning har tagits med.

Lagringsplats

Fälten bör tömmas ganska snart efter skörden så att inte halmen ligger kvar och hindrar det fortsatta fältarbetet (Göransson, pers medd 2006).

Halmbalarna till Svalövs halmeldningsverk lagras i stora stackar dels vid eldningsverket, dels på ett par ställen några kilometer bort (Leire, pers medd 2006).

Vid stora värmeverk finns sällan lagringskapacitet för några större volymer bränsle. Lunds Energi AB räknar vid sin anläggning i Örtofta endast med ett mindre lager, med plats för några dygns behov (Ottosson, pers medd 2006). Stråbränslet antas kunna lagras på andra platser.

TRANSPORT

Maximal tillåten fordonslängd för normala fordon är i Sverige 24 m, max bredd är 2,6 m. Vissa ekipage får vara något längre, 25,25 m. Dessa undantag har tillkommit för att göra det möjligt att kombinera olika transportenheter av europeisk standard. De villkor som måste uppfyllas vid extra långa ekipage (max 2,55 m bredd, begränsad höjd för sista fordonet etc.) gör att denna längd inte är intressant vid halmtransporter. (Lasta lagligt, 2005) Fordonen bör inte vara högre än 4,5 m (Lundqvist, pers medd 2006). Normal höjd på transportflak är ca 1,3 m. (Skoog, pers medd 2006).

Balar

Balar transporteras vanligtvis på stora flakvagnar och lastsäkras med spännband. Balarna staplas två och två i bredd och i två lager. Man lastar och lastar av med lastmaskin eller truck. Balmåtten i kombination med flakhöjden på transportvagnarna (2x1,2m + ca 1,3m) gör att maximal lastvolym inte kan utnyttjas.

Lös halm

För transport av lös halm krävs vagnar eller lastbilar med täta sidoväggar, till exempel fordon som är anpassade för flistransporter. Materialet lastas med lastmaskin, och tippas av vid lagerplatsen. Densiteten för lös halm är låg, det blir dyrt att transportera eftersom man inte kan utnyttja lastfordonens lastkapacitet. Billigare hantering i övrigt gör att lös halm trots det kan vara ett konkurrenskraftigt alternativ vid kortare transportavstånd.

Briketter

Briketter transporteras på samma sätt som lös halm. Men eftersom densiteten är betydligt högre blir kostnaden per energienhet lägre. Dyr hantering men effektiv transport gör att briketter främst är ett alternativ när stråbränslet behöver transporteras långt.

MATERIAL OCH METOD

För att kunna räkna ut transportkostnaden, och för att kunna jämföra olika alternativ, har ekonomiska beräkningar gjorts. Alla beräkningar följer samma grundmall (se bilaga 2), och är gjorda i två varianter, för lastbil och traktor.

Lastbil

Den första varianten är en lastbil med släp, med flaklängd 7,5 plus 12,5 m. Dessa mått är medvetet valda för att passa den antagna ballängden, som är 2,5 m. Lastbilsekipaget rymmer alltså åtta hesstonbalar på längden. I normalfallet staplas balarna två i bredd och två i höjd, vilket ger att totala kapaciteten är 32 balar.

Traktor

Den andra varianten är en traktor med två stora vagnar, med en total flaklängd på 17,5 m. Här får sju balar plats på längden. Beroende på vagnarnas utformning är det antingen 2+5 eller 3+4 balar per vagn. Även här staplas balarna normalt två i bredd och två i höjd. Den totala kapaciteten är alltså 28 balar.

När jag började räkna hade jag ytterligare ett traktoralternativ. Tanken var att det ena skulle gälla för entreprenör, och det andra för lantbrukare som själv körde sin halm. Men skillnaderna blev så små mellan de båda traktorerna att det inte fanns någon anledning att behålla det tredje ledet.

Avståndsangivelserna är alltid avståndet mellan lagerplatsen och värmeverket. Den beräknade körsträckan är dubbelt så lång, eftersom transportören måste köra tillbaka till lagret för att kunna hämta ett nytt lass.

I kalkylen har gjorts vissa antaganden.

- Kostnad för lastning, som sker med separat lastmaskin, tas med i kalkylen
- Kostnad för avlastning vid verket endast i form av tid
- Alla förare kostar lika mycket per timme
- Balarna staplas tätt, utan skarvar
- Körhastigheten påverkas inte av körsträckan
- Maskinkostnaden förutsätter att fordonen används många timmar per år

I så stor utsträckning som möjligt hämtas siffror från yrkesverksamma, i första hand åkare och maskinstationsinnehavare, eftersom de har gedigen praktisk erfarenhet av ämnet. Dessa siffror har sedan bearbetats något, för att justera för de förutsättningar som gäller för de aktuella beräkningsfallen.

I tabell 1 och tabell 2 presenteras de värden som kalkylerna bygger på.

GRUNDKALKYL

Tabell 1. Ingångsvärden i grundkalkylen.

Storhet	Värde	Källa / kommentar
Köravstånd	20 km	Standardfall.
Halmdensitet hesstonbalar	155 kg/m ³	Neuman (2001). (verkar vara en hög siffra)
Energiinnehåll	3,8 MWh/ton	Peter Ottosson, Lunds Energi AB (pers medd 2006)
Arbetskostnad	200 kr/tim	Samma för alla transportörer
Lastvolym	160 m ³ lastbil 140 m ³ traktor	Flaklängd x flakbredd x lasthöjd
Fyllnadsgrad	0,78	Max lasthöjd utnyttjas inte
Hastighet	60 km/h lb 30 km/h tr	Ingvar Skoog, Skoogs åkeri (pers medd 2006) Martin Nilsson, Norrvidinge Maskinstation (pers medd 2006)
Drivmedels- förbrukning	5 l/mil lb 4 l/mil tr	Skoog (pers medd 2006) M. Nilsson (pers medd 2006)
Drivm. pris	8,30 kr/l	Preem kundtjänst (pers medd 13 maj 2006)
Maskinkostna d	250 kr/h lb 190 kr/h tr	Timtaxa från Skoog resp. M. Nilsson, minus kostnad för arbete och drivmedel. Pålägg för administration och vinst ingår
Lastningstid	20 min lb 18 min tr	Uppskattning baserad på Avlastn. tid, se nedan
Ställtid	6 min	Uppskattad tid för lastsäkring, väntetid
Avlastn.tid	16 min lb 14 min tr	Ottosson (pers medd 2006) något omräknat för annat antal balar
Lastmaskin		
Maskinkostna d	170 kr/h	Resultat av kostnadskalkyler (2006)
Drivmedels- förbrukning	15 l/h	Resultat av kostnadskalkyler (2006)
Ställtid	6 min	Uppskattad tid för förflyttning, väntetid mm

KALKYLVARIANTER

Tabell 2. Ingångsvärden i alternativa kalkyler.

Storhet	Ändrat till	Källa / kommentar
Köravstånd	varierande	2 till 200 km transportavstånd
Halmdensitet	130 kg/m ³ 220 kg/m ³	Hesstonbal. Vanligt förekommande siffra, t ex hos Bernesson & Nilsson (2005) Aktuell Agrartechnik (2005). Ny högdensitetspress från Krone. Lägre balar (90 cm), men tre i höjd. Påverkar även fyllnadsgrad och lastningstid
Energiinnehåll	4,1 MWh/ton	Enligt AB Svensk Energiförsörjning.
Drivm. pris	varierande	10, 12, 15, 20 kr/l
Arbetskostnad	160 kr/h 255 kr/h	Okvalificerad arbetskraft, utan övertid Resultat av kostnadskalkyler (2006)
Hastighet	5 km/h högre 5 km/h lägre	65 resp 35 km/h 55 resp 25 km/h
Flakhöjd	0,9 m	Istället för 1,3. Tre hesstonbalar i höjd. Fler balar, påverkar även fyllnadsgrad och lastningstid
Flakhöjd och halmdensitet	0,9 m och 220 kg/m ³	Kombinationen ger maximal lastkapacitet
Halmdensitet	100 kg/m ³	Lös hackad halm. Christensson (pers medd 2006)
Halmdensitet	325 kg/m ³	Briketterad halm. Bernesson & Nilsson (2005)
Fyllnadsgrad & halmdensitet	0,76 resp 0,70 120 kg/m ³	Rundbalar Ø 1,8 m, staplade på flak. Bernesson & Nilsson (2005)

RESULTAT

TRANSPORTKOSTNADER

Transportkostnaden kan delas in i tre delar, nämligen arbete, maskiner och drivmedel. Av dessa är de båda förstnämnda ungefär lika stora, medan drivmedelskostnaden är betydligt mindre.

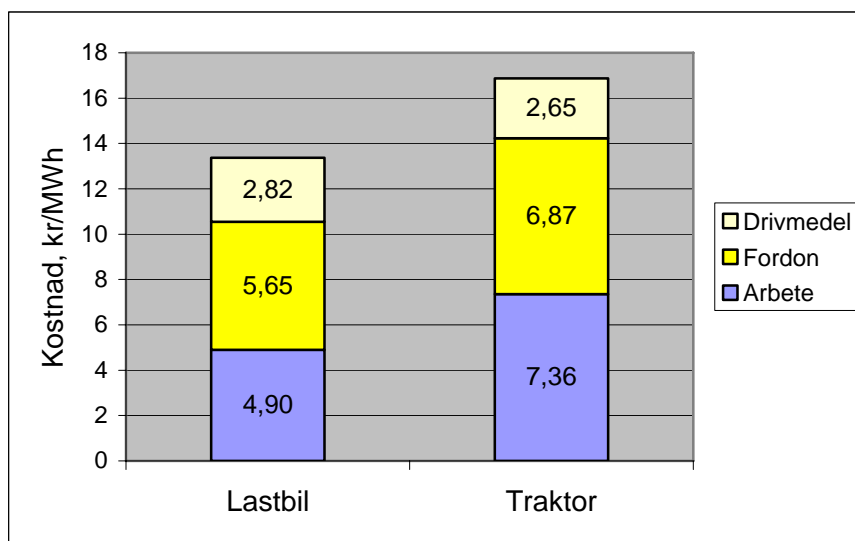


Diagram 1. Transportkostnaden vid 20 km, fördelad på arbete, fordon och drivmedel.

Lastbilstransporter är billigare än traktoralternativet. Vid riktigt korta köravstånd är skillnaden försumbar, det skiljer bara en procent mellan alternativen vid 2 km avstånd. Skillnaden ökar med större avstånd, vid 10 km blir traktortransporten ca 15 % dyrare, och vid 150 km skiljer det 50 %. Se diagram 2.

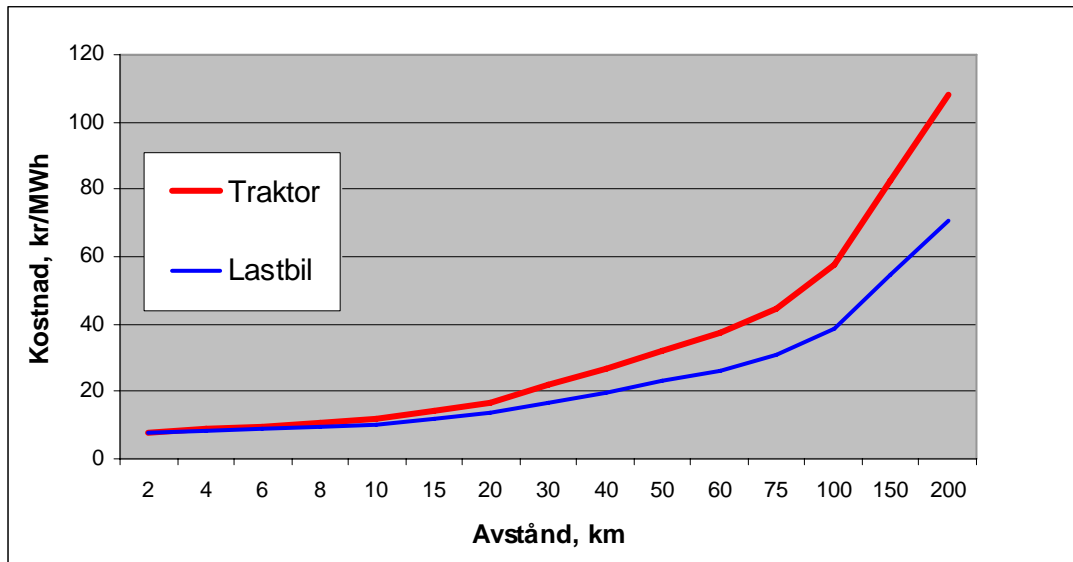


Diagram 2. Transportkostnader vid olika avstånd.

Transportkostnaderna stiger om drivmedelspriset går upp. Den relativa ökningen är större för lastbilen än för traktorn. Vid ett drivmedelspris på 15 kr har den totala transportkostnaden vid 20 km avstånd ökat med 17 % för lastbil och 13 % för traktor.

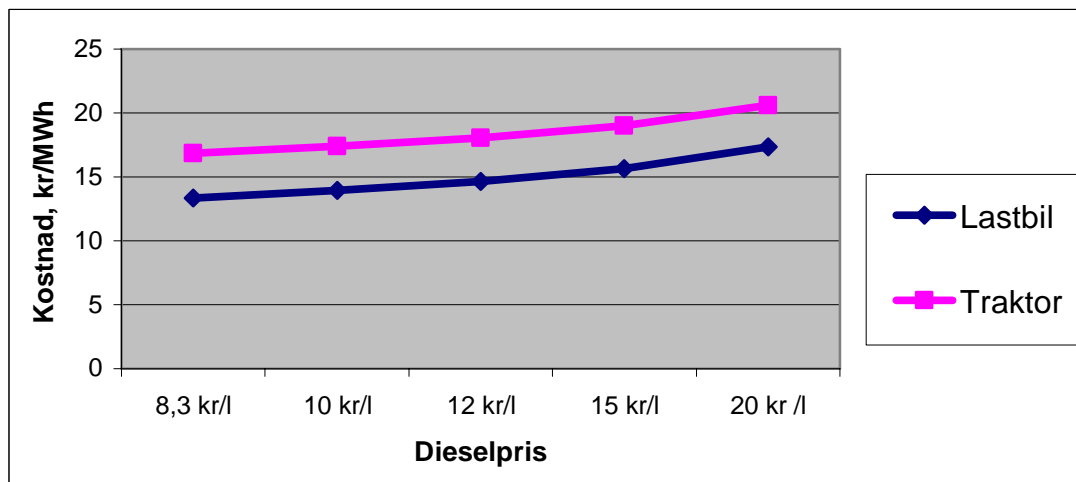


Diagram 3. Transportkostnader vid förändrat drivmedelspris.

Den totala kostnaden förändras naturligtvis med varierande förutsättningar. Förändringar i lönekostnad och transporthastighet ger relativt små utslag. (Observera att för både traktor och lastbil har räknats med hastighetsförändring på 5 km/h uppåt och nedåt, trots stor skillnad i utgångshastighet. Därför blir utslaget så mycket större för traktorn.) Skillnader i densitet har större påverkan på kostnaden. En kombination av hög densitet och lågt flak ger mycket intressanta värden. För mer detaljer, se tabell 2 och bilaga 3.

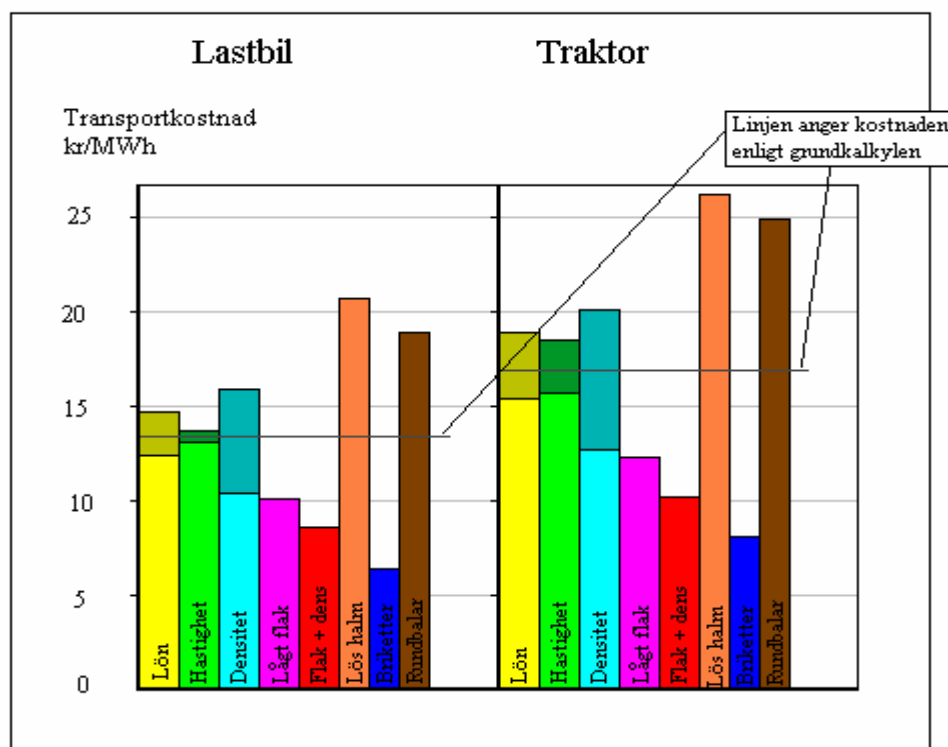


Diagram 4. Transportkostnader vid förändrade förutsättningar, transportavstånd 20 km.

Lagerstorlek

Vid små halmupplag ökar transportkostnaden på grund av att det sista lasset ofta inte blir fullt. Tabell 3 visar hur mycket den genomsnittliga transportkostnaden ökar vid små lager. Här har antagits att det sista lasset alltid blir halvfullt. Eventuella kostnader för flyttning av lastmaskin tillkommer.

Tabell 3. Kostnadsökning vid små lager.

	Lagerstorlek	Lagerstorlek	Fyllnadsgrad	Kostn.ökn.
	Antal lass	ton		%
Lastbil	2,5	48	0,83	15,7
	4,5	87	0,9	8,4
	6,5	125	0,93	5,8
	10,5	203	0,95	4,4
	16,5	318	0,97	2,3
Traktor	2,5	42	0,83	15,8
	4,5	76	0,9	8,2
	6,5	110	0,93	5,4
	10,5	177	0,95	3,9
	16,5	279	0,97	1,7

DISKUSSION

Det är intressant att räkna på kostnaderna för olika transportsätt. Men en kalkyl är som bekant aldrig bättre än de siffror som stoppas in i den. Vissa uppgifter från litteraturen verkar vara inaktuella, andra så teoretiska att de tappat kopplingen till verkligheten. Därför har jag valt att hämta vissa uppgifter från yrkesverksamma, vilket tyvärr inte heller ger helt tillförlitliga siffror.

Naturligtvis finns det saker här som kunde ha gjorts bättre. Jag tänker särskilt på detaljer som lastningstider och drivmedelsförbrukning. Ordentliga tidsstudier och fältmätningar hade gett en helt annan precision i kalkyleringen.

Jag ställer mig dock frågande till nyttan med en så noggrann undersökning av transportererna. Det är tveklöst så att med stigande drivmedelspriser (vilket tycks vara ofrånkomligt framöver) blir det än mer viktigt att effektivisera transportererna, men i det här fallet är transportererna en del i ett större system där moment som odling, bärning, lagring också ingår.

Därför efterlyser jag en framtida studie som har en helhetsbild över hela kedjan.

HANTERINGSFORM

Som framgår av diagram 4 är det absolut billigast att transportera briketter. Däremot är själva briketteringen kostsam, så därför har metoden inte fått någon större spridning. Det är sannolikt bara vid riktigt långa transportavstånd det är motiverat att brikettera energihalm.

I diagram 4 ser det ut som att löshalmstransporter är väldigt dyra. Det stämmer, och det bekräftas även i viss litteratur där man även räknat på andra delar av hanteringskedjan. Resultatet där är att det blir väldigt dyrt. Jag har inte räknat på det, men jag bedömer ändå att det ska gå att pressa kostnaderna till en konkurrenskraftig nivå. Fördelarna ligger i att kostnader för både pressning, täckning och rivning kan undvikas. Med ett väl strukturerat upplägg där transportererna minimeras tror jag därför att det är ett mycket intressant hanteringssätt.

Vid medellånga transportavstånd är stora fyrkantbalar ett konkurrenskraftigt alternativ, vilket även verkligheten visar. Min slutsats är att för Lunds Energi AB borde skesstonbalar (dvs största möjliga fyrkantbalar), eventuellt kombinerat med lös halm från närområdet, vara den bästa lösningen.

HANTERING

Lagring

Om man vill vara säker på att få torra balar är ordentliga hus det bästa lagringssättet, men det är också det dyraste. Ett lite billigare alternativ är stolplada utan väggar och fast golv. Men även detta är en fast investering, där man binder upp sig för lång tid. Halmlagring i plastkorv kräver inga stora fasta investeringar och är därmed flexiblere, men har nackdelar som större lagringsförluster och behov av tillsyn. Dessutom tar upplagen relativt stor plats. Nästa steg är stora utomhusstackar som täcks av presenning eller liknande. Rolf Leire, Svalövs Halmeldningsverk har under sina år i branschen provat flera metoder för att täcka halmstackar. Hans erfarenhet är att täckningen inte håller vintern ut (pers medd 2006). Därför har han valt att istället acceptera att de översta balarna blir fuktiga. Eftersom Leire själv har ansvaret för både lagring och eldning är han fri att välja den mest kostnadseffektiva totallösningen. I situationer där en köpande part kan ställa kvalitetskrav på varan, och den säljande parten står för lagringen, är det lätt att köparen ser till sin egen bekvämlighet utan hänsyn till den totala kostnadseffektiviteten.

Då en noggrannare genomgång av de olika lagringssätten inte ryms inom detta lilla arbete är det svårt att dra några ordentliga slutsatser angående lagringen. Jag tror ändå att det kan löna sig att vara flexibel, att det bästa är att låta olika lagringssätt komplettera varandra.

Lagerstorlek

För att inte kostnaden för att köra runt med halvfulla ekipage ska bli för stor krävs att lagren har en viss minsta storlek. Mer än ett par procents kostnadsökning bedömer jag inte som acceptabelt. Denna gräns infaller vid ungefär 300 tons lagerstorlek, lite högre för lastbil och lägre för traktor.

Mindre lager kan ändå vara intressanta om de ligger nära varandra, eller om halmmängden är en jämn multipel av transportekipagets kapacitet.

Lagringsplats

Valet av lagringsplats har stor betydelse för hur hanteringskedjan bör utformas. Eller omvänt, lagrens storlek och placering bestäms av valt hanteringssystem.

Antingen sker lagringen vid stora lager på ett fåtal platser strategiskt placerade runt eldningsverket. Eller lagras halmen i anslutning till fälten eller gårdarna där halmen bärgats. Vid det senare alternativet finns möjlighet att till en rimlig kostnad utnyttja befintliga byggnader som idag står tomma. Om all transport ska skötas högeffektivt av entreprenör är nog inte gårdslagring aktuellt.

Min slutsats är att en kompromiss är den bästa lösningen. Dels stora satellitlager som sköts av Lunds Energi AB eller någon entreprenör, och dels möjlighet till gårdslagring för intresserade.

TRANSPORT

För att kunna jämföra mellan lastbil och traktor i kalkylen förutsatte båda leden lastning av separat lastmaskin. I praktiken kan lastbilen vara försedd med kran, och traktorn ha frontlastare. Detta innebär att separat lastmaskin med förare kan sparas in, och det blir enklare att byta lastningsplats. Nackdelar med dessa system kan vara att lastningen tar längre tid, att upplagen inte kan vara så höga, att ekipagens lastvolym kan minska. Vid längre transportavstånd är lastbilen betydligt billigare än traktorn. Min bedömning är att traktortransport kan vara intressant upp till omkring 20 km från eldningsverket.

Drivmedel är en stor kostnad vid transporter, så naturligtvis bör man försöka minska förbrukningen. Men som diagram 3 visar har drivmedelspriset ändå begränsad inverkan på den totala transportkostnaden. Därför bör det vara andra faktorer som i första hand får styra valet av transportstrategi.

Alternativen med högre baldensitet och lägre flakhöjd gav mycket intressanta resultat. Vid en kombination av båda blir transportkostnaden mycket låg, bara några procent högre än för briketter. Det finns dock ett par frågetecken för metoderna. Flak som är så låga som 90 cm är inte så vanliga, och kostar sannolikt lite extra. Om även flaket på lastbilen ska vara så lågt krävs en särskild lastbil. Ju högre man staplar halmbalarna, desto större är risken att de vill ramla. Över tre meter halm på flaket ställer stora krav på lastsäkring. Med tanke på de stora vinsterna med att utnyttja utrymmet maximalt kan det dock vara värt att lägga ner både tid och pengar på att göra det möjligt.

SLUTSATS

- Bästa sättet att minska transportkostnaden är att maximera lastkapaciteten, vilket sker genom stor och väl utnyttjad lastvolym och hög densitet på materialet.
- Drivmedelsprisets påverkan på transportkostnaden är relativt måttlig.
- Med ett väl genomtänkt system med lagerplatser och transporter kan onödiga extrakostnader (t ex i form av ställtider och outnyttjad lastkapacitet) undvikas.
- Det är billigare att transportera med lastbil än med traktor, men vid korta avstånd kan traktoralternativet ändå vara intressant.
- Lunds Energi AB bör – enligt min bedömning – satsa på ett flexibelt system, där man låter olika metoder och tekniker komplettera varandra.

REFERENSER

SKRIFTLIGA

- AB Svensk Energiförsörjning. 1994. Energifakta flik 1.3. Stockholm.
- Bernesson, S., Nilsson, D. 2005. Halm som energikälla. Institutionen för biometri och teknik, SLU.
- Krone 2005. Aktuell Agrartechnik. Sonderpublikation Krone nov 2005. Bernard Krone GmbH. Spelle.
- Lasta lagligt 2005/2. 2005. Vägverket, Sektionen för Kollektiv- och yrkestrafik. Borlänge.
- Neuman, L. 2001. Stora balar och stora pressar, Kompendium. JBT, SLU.
- Nielsen, K. V., & Hinge, J., 2000. Opbevaring af halm i wrap. Farmtest – Maskiner. Dansk Landbrugsrådgivning. Århus.
- Nilsson, D. 1991. Bärgning, transport, lagring och förädling av halm till bränsle. Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.
- Resultat av Kostnads kalkyler 2006. Föreningen Skånes Maskinstationer.
- Welger, 2002, broschyr.

MUNTLIGA

- Christensson, Kjell, konsult, Agellus, mars 2006
- Göransson, Bertil, LRF, mars 2006
- Leire, Rolf, Svalövs Halmeldningsverk, april 2006
- Lundqvist, Anders, Vägverket, maj 2006
- Nilsson, Martin, Norrvidinge Maskinstation, april 2006
- Ottosson, Peter, Lunds Energi AB. mars 2006
- Preem kundtjänst, 020-450 450, maj 2006
- Skoog, Ingvar, Ingvar Skoog & Co Åkeri, april 2006

BILAGA 1 – KALKYLFÖRUTSÄTTNINGAR

Förutsättningar			
Transportekipage		Lastbil	Traktor
Lastvolym	m ³	160	140
Fyllnadsgrad i lass		0,78	0,78
Hastighet	km/h	60	30
Drivmedelsförbrukning	l/km	0,50	0,4
Maskinkostnad	kr/h	250	190
Ställtid	min	6	6
Avlastningstid	min	16	14
Väg			
Köravstånd (enkel väg)	km	20	
Halm			
Volymvikt	kg/m ³	155	
Energiinnehåll	MWh/ton	3,8	
Arbete			
Arbetskostnad	kr/h	200	
Drivmedel			
Drivmedelspris	kr/l	8,3	
Lastmaskin			
Maskinkostnad	kr/h	170	
Drivmedelsförbrukning	l/h	15	
Ställtid lastning	min	6	

BILAGA 2 – GRUNDKALKYL

Grundkalkyl				
Per lass			Lastbil	Traktor
Köravstånd (enkel väg)	km	20		
Antal balar			32	28
Lassvikt	ton		19,3	16,9
Energi	MWh		73,5	64,3
Körtid t o r	min		40	80
Lastningstid	min		20	18
Hanteringstid	min		42	38
Total tid	min		82	118
Drivmedel transport	l		20	16
Drivmedel lastning	l		5,0	4,5
Drivmedel totalt	l		25,0	20,5
Arbetstid	h		1,80	2,37
Arbete	kr		360	473
Fordon (inkl lastare)	kr		415	442
Drivmedel	kr		208	170
Summa	kr		982,83	1 085,15
Per ton halm				
Arbete	kr		18,61	27,96
Fordon	kr		21,47	26,09
Drivmedel	kr		10,73	10,05
Summa	kr		50,81	64,11
Per MWh				
Arbete	kr		4,90	7,36
Fordon	kr		5,65	6,87
Drivmedel	kr		2,82	2,65
Summa	kr		13,37	16,87

BILAGA 3 – KALKYLSAMMANSTÄLLNING

Transportkostnad, kr/MWh vid olika avstånd

Avstånd	Lastbil	Traktor	% skillnad
2 km	7,67	7,74	1
4 km	8,30	8,75	5
6 km	8,93	9,77	9
8 km	9,57	10,78	13
10 km	10,20	11,80	16
15 km	11,79	14,33	22
20 km	13,37	16,87	26
30 km	16,54	21,95	33
40 km	19,71	27,02	37
50 km	22,88	32,10	40
60 km	26,05	37,17	43
75 km	30,80	44,78	45
100 km	38,73	57,47	48
150 km	54,58	82,84	52
200 km	70,43	108,22	54

Den högra kolumnen visar hur många procent dyrare traktortransporten är.

Transportkostnad, kr/MWh vid olika dieselpris (avstånd 20 km)

Dieselpris	Lastbil	% ökn.	Traktor	% ökn.	% skillnad
8,3 kr/l	13,37		16,87		26
10 kr/l	13,95	4	17,41	3	25
12 kr/l	14,63	9	18,05	7	23
15 kr/l	15,65	17	19,01	13	21
20 kr/l	17,35	30	20,60	22	19

Kolumnen längst till höger visar hur mycket dyrare traktortransporten är.

De båda ”% ökn.”-kolumnerna visar hur mycket den totala transportkostnaden ökar vid de olika nivåerna på dieselpris.

Transportkostnad, kr/MWh med förändrade förutsättningar (avstånd 20 km)

Förändring	Lastbil	% ökn.	Traktor	% ökn.	% skillnad
normal	13,37		16,87		26
Lägre densitet, 130 kg/m ³	15,94	19	20,12	19	26
Högre densitet, 220 kg/m ³	10,36	-23	12,69	-25	22
Högre energi, 4,1 MWh/ton	12,39	-7	15,64	-7	26
Lägre lön, 160 kr/h	12,39	-7	15,40	-9	24
Högre lön, 255 kr/h	14,72	10	18,90	12	28
Högre hastighet, +5 km/h	13,06	-2	15,72	-7	20
Lägre hastighet, -5 km/h	13,74	3	18,49	10	35
Lågt flak, 90 cm	10,07	-25	12,30	-27	22
Lågt flak & hög densitet	8,58	-36	10,24	-39	19
Lös halm	20,72	55	26,15	55	26
Briketter	6,38	-52	8,05	-52	26
Rundbalar	18,86	41	24,94	48	32

Kolumnen längst till höger visar hur mycket dyrare traktortransporten är.

De båda ”% ökn.”-kolumnerna visar procentuell prisskillnad i förhållande till normalfallet.

Transportkostnad, kr/MWh med lös halm och vid olika avstånd

Avstånd	Lastbil	Traktor	% skillnad
2 km	11,88	11,99	1
4 km	12,86	13,57	5
6 km	13,85	15,14	9
8 km	14,83	16,71	13
10 km	15,81	18,28	16
15 km	18,27	22,22	22
20 km	20,72	26,15	26

Kolumnen längst till höger visar hur mycket dyrare traktortransporten är.