

Förutsättningar för nya biobränsleråvaror

System för småskalig
brikettering och pelletering

Susanne Paulrud
Kristina Holmgren
IVL Svenska Miljöinstitutet
Håkan Rosenqvist
Pål Börjesson
Lunds Tekniska Högskola
B1825
Januari 2009

Rapporten godkänd
2009-01-30



Peringe Grennfelt
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 5302 400 14 Göteborg	Projekttitel Konsekvenser av en ökad tillförsel och förädling av nya biobränsleråvaror för småskalig värmeförsörjning.
Telefonnr 031-725 62 00	Anslagsgivare för projektet Energimyndigheten
Rapportförfattare Susanne Paulrud, Kristina Holmgren, Håkan Rosenqvist, Pål Börjesson	
Rapporttitel och undertitel Förutsättningar för nya biobränsleråvaror System för småskalig brikettering och pelletering	
Sammanfattning. I projektet analyserades vilka biobränsleråvaror som har bäst förutsättningar för vidareförädling till briketter och pellets i mindre produktionsanläggningar (1 000-10 000 årston producerat bränsle) i nära anslutning till råvaran. I studien gjordes dels övergripande analyser kring olika råvarors förutsättningar, dels en fallstudie där en kostnads kalkyl för hela produktionskedjan för brikettering av rörfen på en specifik gård (Låtra gård) har tagits fram.	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Brikettering, pelletering, energigrödor, skogsråvara, småskalig produktion, rörfen	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport 1825	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Förord

Denna studie har genomförts som ett samarbete mellan IVL Svenska Miljöinstitutet AB (IVL) och Lunds tekniska högskola (LTH), institutionen för teknik och samhälle, Miljö- och energisystem. Projektgruppen har bestått av Susanne Paulrud (projektledare) och Kristina Holmgren IVL och Håkan Rosenqvist och Pål Börjesson LTH.

Projektet har finansierats av Energimyndigheten inom ”Bränsleprogrammet” i samverkan med programmet ”Småskalig värmeförsörjning med bibränslen”. En fortsättning av projektet, som är kopplad till användningen av bibränsle, är beslutad inom program ”Småskalig värmeförsörjning med bibränsle”.

Vi vill tacka Göran Winkler på Låtra Gård som har medverkat och bidragit med uppgifter till projektet. Vi vill även tacka Björn Kjellström, Hans Gulliksson Energikontor Sydost, Pär Aronsson SLU, Erik Hedar och Anna Lundborg Energimyndigheten som har läst och lämnat värdefulla synpunkter på rapporten.

Göteborg, januari 2009.

Sammanfattning

Hittills har en ökad efterfrågan på biobränslen lett till att tillvaratagandet av de mest lättillgängliga och billiga biobränsleresurserna, som t ex sågverksavfall och hyggesrester, successivt har utvecklats. För att i framtiden kunna tillgodose olika användares behov av biobränslen behövs nu ökad kunskap kring tillvaratagande och produktion av nya potentiella biobränsleresurser som idag inte (eller endast marginellt) utnyttjas för energiändamål.

Syftet med detta projekt var att ur ett tekniskt, ekonomiskt men även utifrån andra perspektiv (prisutveckling, attityder mm) undersöka förutsättningarna för användning av ”nya” biobränslen för värmeproduktion. Mer preciserat analyserades vilka biobränsleråvaror som har bäst förutsättningar för vidareförädling till briketter och pellets i mindre produktionsanläggningar (1 000-10 000 årston producerat bränsle) i nära anslutning till råvaran. I studien gjordes dels övergripande analyser kring olika råvarors förutsättningar, dels en fallstudie där en kostnadskalkyl för hela produktionskedjan för brikettering av rörflen på en specifik gård (Låttra gård) har tagits fram.

De råvaror från jordbruket som bedöms ha potential att komplettera nuvarande biobränslesortiment inom värmeproduktion är salix (och till viss del andra snabbväxande lövträd), halm och rörflen. I framtiden kan även andra fleråriga gräs bli aktuella. Nya sortiment från skogen som kan svara mot en ökad efterfrågan är bl a grot, stubbar, gallrings- och röjningsvirke.

Studien visar att förutsättningarna att vidareförädla dessa råvaror till briketter och pellets i mindre produktionsanläggningar är relativt goda ur flera aspekter (teknik, ekonomi, marknad), men begränsas av till vilken typ av användare som bränslet i huvudsak kan levereras. Viktiga slutsatser om några råvaror är att halm har låg produktionskostnad och goda förutsättningar som råvara i småskaliga förädlingsanläggningar för produktion av bränslebriketter, bränslepellets samt ströpellets. Användningen begränsas dock av råvarans förbränningstekniska egenskaper. Rörflen ha bäst potential att användas som råvara i småskaliga förädlingsanläggningar sett över hela landet. Brikettering av rörflen är en förädlingsform att föredra då småskalig pelletering är en dyrare och mer avancerad process än brikettering och ofta kräver en småskalig privat villamarknad för att löna sig. Resultaten visar att vid en prisskillnad mellan rörflen i balar och rörflensbriketter på ca 90 kr per MWh kan brikettering av rörflen vara ett mer intressant alternativ än att leverera balar till större värmeverk. Förädling av gallrings- och röjningsvirke till pellets i mindre lokala anläggningar kan på sikt bli intressant om brist på traditionella råvaror (t ex restprodukter från sågverk mm) gör det svårt att försörja stora pelleteringanläggningar med billig råvara. Detta kräver dock att teknik och metoder blir mer kostnadseffektiva och att efterfrågan på förädlade biobränslen fortsätter att öka. Ett alternativ är att utnyttja kraftvärmeverk till bioenergikombinat där också pellets från skogsråvara produceras. Ett intressant koncept kan inledningsvis vara att utnyttja existerande teknik i form av mobila pelletsanläggningar.

Summary

The increasing demand for biomass has driven exploitation of the most easily available and cheapest biomass resources such as sawmill waste and logging residues. More knowledge is needed about exploitation and production of potential new biomass resources, currently not used for energy production (or only to a very small extent), in order to meet the future demands from various biomass users.

The project aimed to examine the conditions for use of "new" biomass materials for heat production from technical, economic and other perspectives (price trends, attitudes etc.). More specifically, the study looked at which biomass raw materials have the best characteristics for processing into briquettes and pellets in small-scale production plants (1 000 – 10 000 tonnes fuel produced per year) situated close to the source of the raw material. The study includes a comprehensive analysis of the appropriateness of the different raw materials and a case study including cost estimates for the entire production chain for production of briquettes from reed canary grass on a chosen farm (Låtra gård).

The raw materials judged to have potential to supplement the current biomass range for heat production are willow (and to a certain extent other fast-growing hardwoods), straw and reed canary grass. In the future, other perennial grasses may be of interest. Other forestry products that may help to meet increasing demand include logging residues, stumps and wood from thinning and precommercial thinning.

The study shows that the prerequisites for processing these raw materials into briquettes and pellets in small-scale production plants are relatively good from several aspects (technology, economics, market) but are limited by the types of end user that can use that form of biomass. The study concluded that straw has a low production cost and good prerequisites as a raw material for production of fuel briquettes, fuel pellets and horse bedding pellets. However, use is limited by the raw material's combustion characteristics. Reed canary grass has the best potential nationally to be used as a raw material in small-scale production plants. For reed canary grass, briquette production is favourable over pellet production because pellets production is more expensive, involves a more advanced process and is dependent on a small-scale household market in order to be profitable. The results show that a price difference of 90 Swedish kronor/MWh between reed canary grass in bales and briquettes is sufficient for briquette production to be more profitable than bales for larger heating plants. The production of pellets from the products of thinning and precommercial thinning in small local plants can become a viable alternative where a shortage of traditional raw materials (e.g. sawmill waste) begins to limit the supply of cheap raw materials to larger pellets production plants. However, this is dependant on the technology and methods becoming more cost effective and on the demand for refined biomass continuing to increase. One alternative is biomass polygeneration in combined heat and power plants where pellets are produced from forestry raw materials. In the introductory phase, it may be of interest to use existing technology in the form of mobile pellet plants.

Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning.....	2
Summary	3
1. Inledning.....	6
1.1 Mål och syfte.....	7
1.2 Målgrupp.....	7
2. Metod och avgränsningar.....	7
3. Potentiell avsättning av bibränslen för värmeproduktion	8
3.1 Småskalig värmeproduktion.....	8
3.2 Storskalig värmeproduktion.....	10
4. Behov av nya råvaror för produktion av pellets och briketter.....	11
5. Energigrödor för värmeproduktion	14
5.1 Produktionsförutsättningar.....	14
5.2 Ekonomiska förutsättningar	18
5.2.1 Produktionskostnader.....	18
5.3 Potential och intresse för att odla energigrödor för värmeproduktion	22
5.4 Småskalig pelletering och brikettering.....	24
5.4.1 Teknik för småskalig brikettering och pelletering	26
5.5 Förutsättningar för energigrödor som bränsleråvara.....	28
5.5.1 Energiskog (Salix).....	29
5.5.2 Halm	30
5.5.3 Rörflen.....	30
5.5.4 Hampa	31
5.6 Rörflen som bränsleråvara	32
5.6.1 Kostnadernas fördelning i rörflensodling.....	32
5.6.2 Nettovärdet av ökad skörd.....	33
5.7 Påverkan av prisutvecklingen på råvaror och insatsmedel inom jordbruket	34
5.7.1 Effekt av ökat markvärde.....	36
5.8 Möjligheter till kostnadssänkningar för stråråvara	36
5.8.1 Olika skördesystem.....	37
5.8.2 Teknik för hantering av balar.....	38
5.8.3 Teknik för lagring	39
5.8.4 Lagringsbyggnad och befintliga maskiner.....	41
5.8.5 Transport och förädling på gården	42
5.8.6 Slam och avloppsvatten som gödselmedel	42
6. Produktionskostnad för brikettering av rörflen-Fallstudie Låttra Gård i Mälardalen.....	43
6.1 Bakgrund.....	43
6.2 Beskrivning av systemet	43
6.3 Produktionskostnad	44
6.3.1 Beskrivning av kalkylerna	44
6.3.2 Indata till kalkylerna	44
6.3.3 Resultat kostnadskalkyl.....	46
6.3.4 Kostnadernas fördelning och känslighetsanalys	48
7. Stråbränsle i en mobil pelleteringsanläggning.....	51
8. Förutsättningar för nya skogsråvaror och vidare förädling.....	53
8.1 Tillgång och potential	53
8.1.1 Grot.....	56

8.1.2 Klena stammar	56
8.1.3 Stubbar	57
8.1.4 Långa toppar.....	58
8.2. Småskalig förädling.....	58
8.3 Möjligheter för energikombinat med befintlig kraftvärmeproduktion.....	60
9. Slutsatser	63
10. Referenser.....	66

1. Inledning

Sverige har goda förutsättningar för en ökad bioenergianvändning, genom ännu ej utnyttjade biobränsletillgångar och en stor potential för ökad produktion inom både skogsbruk och jordbruk (SVEBIO, 2008; SOU, 2007). Hittills har en ökad efterfrågan på biobränslen lett till att tillvaratagandet av de mest lättillgängliga och billiga biobränsleresurserna som t ex sågverksavfall och hyggesrester successivt har utvecklats. För att i framtiden kunna tillgodose olika användares behov av biobränslen behövs nu ökad kunskap kring tillvaratagande och produktion av nya potentiella biobränsleresurser som idag inte (eller endast marginellt) utnyttjas för energiändamål.

Nya bränslesortiment för värmeproduktion kan omfatta skogsbränslen som t ex långa toppar, stubbar, klena träd från gallringar och små träd som fälls i samband med röjning. Vidare kan ökad efterfrågan leda till ökad användning av jordbruksbaserade bränslen som salix, rörflen, hampa och halm. En viktig förutsättning för detta är att tekniska system för tillvaratagande, hantering, transport och efterbehandling utvecklas så att energisortimenten blir mer kostnadseffektiva (SOU, 2007) samt att pris- och kostnadsförhållanden är rimliga. Det måste också finnas lämplig förbränningsteknik som gör det möjligt att använda dessa bränslen med få driftstörningar och acceptabla emissioner (NO_x och partiklar).

För flera bränslesortiment kan det åtminstone inledningsvis vara strategiskt lämpligt med en småskalig produktion och användning eftersom dessa sortiment ofta finns i små spridda volymer, samtidigt som de är skrymmande att transportera. Speciellt gäller detta för jordbruksbaserade bränslen som stråbränslen som har höga kostnader för lagring, hantering och transport, vilket gör att dessa bränslen idag har svårt att konkurrera med andra bränslen vid användning i storskaliga fjärrvärmeanläggningar (Forsberg m fl, 2007). En bättre lönsamhet och konkurrenskraft mot andra bränslen skulle eventuellt kunna fås om det fanns en lokal marknad kring småskalig värmeförsörjning (anläggningar <10 MW). Genom att i lokala mindre förädlingsanläggningar förädla råvaran till pellets eller briketter ökar möjligheten att sälja slutprodukten till konsumenter som kan betala ett högre pris per energienhåll än vad en storförbrukare kan göra.

En generell bedömning är att behovet av förädlade fastbränslen kommer att öka i framtiden (SOU, 2007; Ericsson och Börjesson, 2008; Bisailon m fl, 2008; SVEBIO, 2008). Eftersom det finns ett flertal olika potentiella avsättningsmöjligheter behöver mer kunskap kring dessa tas fram, liksom kunskap om vilka råvaror som tekniskt/ekonomiskt är möjliga att utveckla. Det finns även behov av aktuell kunskap om vilka fortsatta forsknings-, utvecklings- och demonstrationsinsatser som krävs för att nya bränslen ska kunna anpassas till framtida behov och krav. Eftersom regionala och lokala förutsättningar i stor utsträckning påverkar utformningen av ett bränslesystem finns särskilt behov av att data tas fram utifrån ett regionalt, men även ett lokalt, perspektiv.

1.1 Mål och syfte

Det övergripande målet med projektet är att öka kunskapen om vilka möjligheter det finns att öka användningen av ”nya” biobränslen (odlade grödor samt rest- och biprodukter från skogs- och jordbruket) för värmeproduktion. I målet ingår att öka kunskapen om system som kan bidra till utvecklingen av flexibla bränslekedjor som kan anpassas till framtida behov och krav.

Syftet med projektet är att ur ett tekniskt, ekonomiskt men även utifrån andra perspektiv (prisutveckling, attityder mm) undersöka förutsättningarna för användning av ”nya” biobränslen för värmeproduktion. Mer preciserat analyseras vilka biobränsleråvaror som har bäst förutsättningar för vidare förädling till briketter och pellets i mindre produktionsanläggningar (1 000-10 000 årston producerat bränsle) i nära anslutning till råvaran.

1.2 Målgrupp

Studiens målgrupp är:

- Lantbrukare och dess organisationer som vill ha kunskap om nya biobränsleråvaror för värmeproduktion och dess förutsättningar att förädlas till briketter och pellets i små produktionsanläggningar samt kunskap om vilka möjligheter det finns för lantbruksföretag att påverka och förbättra olika steg i produktionskedjan.
- Myndigheter som underlag för diskussion om behovet av fortsatt forskning, utveckling och demonstrationsverksamhet för att säkerställa en fortsatt utveckling av nya biobränslen för el- och värmeproduktion från jordbruksmark och skogsmark.
- Teknik företag/Användare av biobränslen som vill ha kunskap om nya biobränslesortiment som kan komplettera nuvarande biobränslesortiment och dessa råvarors förutsättningar att användas som en förädlad bränsleråvara (briketter, pellets).

2. Metod och avgränsningar

Datainsamling baseras på litteraturstudier och sammanställningar av resultat från forskningsrapporter, utredningar och branschsammanställningar. Underlag är även hämtat från intervjuer med nyckelpersoner/aktörer och studiebesök.

Studien är avgränsad till att studera förutsättningarna för nya råvaror från jord- och skogsbruk utifrån ett 5 till 10-årsperspektiv med tyngdpunkt på jordbruksbaserade bränslen och vidareförädling till briketter och pellets. Analyserna har gjorts för de grödor/restprodukter som det idag finns mest kunskap om. Eftersom potentiell produktion och avsättning ser olika ut i olika delar av landet studeras dessa förutsättningar i

följande fyra olika regioner: (i) Skåne län, (ii) Västra Götalands län, (iii) Mälardalen (Västmanlands-, Södermanlands-, Stockholms- och Uppsala län) samt (iv) Västerbottens län.

Råvarukedjan studeras ur ett lokalt perspektiv, dvs. råvaror produceras i nära anslutning till förädlingsanläggningen. Småskalig förädling avser anläggningar som producerar mindre än 10 000 årston bränsle. Även teknik, erfarenheter och kostnader kring ihopsamling, lastning och transport av biomassa är i huvudsak inriktad på småskalig hantering, dvs. råvaror från odlingar med en areal upp emot 500 hektar. I studien görs dels övergripande analyser kring olika råvarors förutsättningar, dels en fallstudie där en kostnads kalkyl för hela produktionskedjan för brikettering av rörlan på en specifik gård (Låttra gård) har tagits fram.

Potentiella restprodukter från biodrivmedelsproduktion (t ex rapsmjöl/rapskaka, drank osv.) ingår inte i studien. Dessutom behandlar studien inte förbränning av nya biobränsleråvaror eftersom det kommer att analyseras i det nyligen uppstartade projektet ”Framtida behov och system för småskalig värmeproduktion” inom Energimyndighetens program ”Småskalig värmeförsörjning med biobränslen”. Potentiella användare belyses dock i studien. Med storskaliga användare avses här t ex fjärrvärmeverk med en värmeeffekt större än 10 MW. Med småskaliga användare avses villasektorn (effekt mindre än 50 kW), enskilda pannor i lokaler, fastigheter mm (effekt 100 kW och uppåt), närvärme centraler som värmer flera byggnader (effekt 100 kW och uppåt) samt mindre värmeverk med ett effektbehov på ett par MW.

För att beskriva eventuella osäkerheter i dataunderlaget har känslighetsanalyser gjorts och där effekten av olika faktorer som t ex skördenivåer, gödselpriser och produktionskapaciteter har analyserats.

3. Potentiell avsättning av biobränslen för värmeproduktion

För att undersöka förutsättningarna för nya biobränsleråvaror är det bra att ha kunskap om hur avsättningen av biomassa kan öka i produktion av olika energibärare. Med kunskap om den regionala avsättningspotentialen för biobränslen är det möjligt att identifiera inom vilka regioner i Sverige som en allt intensivare produktion av biobränslen från jord- och skogsbruk kan bli verklighet.

3.1 Småskalig värmeproduktion

Inom småskalig värmeproduktion används biobränslen främst i form av ved, pellets och flis. Indirekt används biobränslen för värmeproduktion även genom fjärrvärme och elvärme. Den direkta förbrukningen av biobränslen i bostadssektorn och övrig sektor var 2006 13,9 TWh. Huvuddelen av användningen består av vedeldning i småhus, främst på landsbygden och i mindre tätorter. Ökningen på senare år består dock främst av ökad

användning av pellets och i viss mån konvertering av oljepannor till pellets i lokaler och större fastigheter (SVEBIO, 2008).

Ersättningen av eldningsolja har de senaste åren gått snabbt pga. höga oljepriser, hög koldioxidbeskattning, dagens konverteringsbidrag, ökat miljömedvetande osv. Konverteringen från olja sker till fjärrvärme, värmepumpar samt bioenergi och då huvudsakligen pellets. Marknaden för pellets har dock bromsats in under 2007 pga. ökade priser på pellets och slopade bidrag. Flera studier har nyligen analyserat potentialen för ökad avsättning av biobränslen i sektorerna småhus, flerbostadshus och lokaler och resultaten visar att det finns utrymme för ytterligare expansion av biobränslen inom dessa sektorer. (Eriksson & Börjesson, 2008; Bisailon m fl, 2008; SVEBIO, 2008).

I tabell 1 beskrivs en teoretisk maximal och en ”avvägd” möjlig ökad avsättning av pellets för uppvärmning av småhus, flerbostadshus respektive lokaler (baserad på Ericsson och Börjesson, 2008). Ökningspotentialen baseras på användningen av olja och el 2005, där det i scenariot ”avvägd” antagits att pellets ersätter 40 % av oljan, 20 % av den vattenburna elvärmens (elpanna) och 10 % av den direktverkade elen. Konverteringspotentialen inkluderar all användning av olja och el oavsett om de används som ensam värmekälla eller ingår i kombinerade uppvärmningssätt. De antagna konverteringsandelarna är grova bedömningar och gjordes med hänsyn till de tekniska och fysiska förutsättningarna för bränslebyten beroende på befintlig värmekälla och med hänsyn till konkurrens från andra individuella värmekällor, framför allt värmepumpar, samt fjärrvärme.

Tabell 1. Bedömning av länsvis teoretisk potential respektive avvägd möjlig ökad avsättning av pellets för uppvärmning inom en 10-20-årsperiod (GWh/år).¹

Län/region	Småhus		Flerbostadshus		Lokaler	
	Teoretisk	Avvägd	Teoretisk	Avvägd	Teoretisk	Avvägd
(i) Skåne	1980	680	250	100	390	130
(ii) Västra Götal.	2550	920	280	100	530	190
(iii) Västerbotten	520	170	50	15	110	40
(iv) Mälardalen	2780	770	650	230	770	260
- Stockholm	1800	480	500	180	530	180
- Uppsala	330	85	50	15	80	25
- Västmanland	310	80	30	10	80	25
- Södermanland	340	120	65	25	80	30
Hela riket	14800	5200	1970	760	3060	1100

¹ Baseras på Ericsson och Börjesson (2008). ”Teoretisk potential” avser ersättning av all olja och el medan ”Avvägd potential” avser ersättning av 40 % olja, 20 % vattenburen elvärme och 10 % direktverkande el.

Av tabell 1 framgår att störst potential för ökad avsättning av pellets finns i småhus. Enligt Ericsson och Börjesson (2008) skulle uppvärmningen med pellets i hela landet inom 10-20 år kunna öka från 1,9 TWh (2006) till ca 9 TWh varav den ökade avsättningen är ca 5,2 TWh i småhussektorn. Det finns även potential att öka biobränsleanvändningen i flerbostadshus och lokaler. I dessa sektorer kan även andra bränslesortiment utöver pellets

komma ifråga. Av de studerade regionerna är den ökade avsättningspotentialen relativt likvärdig mellan de södra regionerna, ca 0,9-1,2 TWh för respektive region och något mindre för Västerbotten.

I SVEBIOs rapport (SVEBIO, 2008) antas en något högre konverteringsgrad, att 50 % av den återstående oljekonverteringen sker till biobränsle och att även 50 % av husen med vattenburen el konverterar till pelletssystem. När det gäller direktverkande el är målet att förse 10 000 småhus per år med pellets-kamin. Med dessa antaganden skulle den nationella pelletsanvändningen öka med ytterligare 2 – 3 TWh till år 2020 utöver vad som anges i tabell 1.

3.2 Storskalig värmeproduktion

I Ericsson och Börjesson (2008) har också analyser av ökad fjärrvärmeproduktion gjorts som inkluderar såväl storskaliga som småskaliga system (tabell 2). Dessa antas i första hand försörjas med skogsbränsleflis, men i vissa mindre system kan eventuellt förädlade bränslen som briketter och pellets bli aktuella.

Avsättningen av biobränslen för fjärrvärmeproduktion kan öka dels genom bränslebyte i de befintliga systemen och dels genom utbyggnad av fjärrvärmesystemen. I Tabell 2 anges fyra olika avsättningspotentialer, två för befintliga system och två för utbyggda system där ett av respektive system också inkluderar ett antagande om ökad förbränning av avfall. Inom de befintliga systemen antas fossila bränslen och el ersättas förutom antagen spetslast motsvarande 8 % av energitillförseln i varje fjärrvärmesystem. Bedömningen om hur mycket avfallsförbränningen kan komma att öka baseras på tidigare studier (t ex från Profu och RVF) samt antagandet att den som mest kan öka med 50 % jämfört med dagens förbränning (se Ericsson och Börjesson, 2008). Som tabellen visar är Mälardalen (och framför allt Stockholms län) den region som bedöms ha störst potential för ökad avsättning, ca 50 % av den totala avsättningen.

Tabell 2. Bedömning av länsvis potential för ökad avsättning av biobränslen för fjärrvärmeproduktion inom en 10-20-årsperiod (TWh/år).¹

Län/Region	Befintliga system		Utbyggda system	
	Inkl. avfall	Exkl. Avfall	Inkl. Avfall	Exkl. Avfall
(i) Skåne	1,40	1,96	3,11	3,72
(ii) Västra Götaland	0,83	1,54	2,46	3,29
(iii) Västerbotten	0,37	0,54	0,78	0,95
(iv) Mälardalen	5,37	6,0	9,62	10,6
- Stockholm	4,80	5,13	7,65	8,27
- Uppsala	0,0	0,30	0,42	0,79
- Västmanland	0,50	0,50	1,09	1,08
- Södermanland	0,07	0,07	0,46	0,46
Hela riket	9,5	12,0	21,3	24,9

¹ Baseras på Ericsson och Börjesson (2008). Se text för förklaring av beräkningsförutsättningar.

I tabell 3 redovisas hur många fjärrvärmesystem som finns idag inom respektive storleksklass med avseende på tillförd bränslemängd per år. Som tidigare diskuterats är det möjligt att en eventuell ökad användning av förädlade biobränslen kan vara mera aktuellt i mindre system än i stora. Den minsta kategorin fjärrvärmesystem i tabell 3 kan till stor del betraktas som mindre värmeverk eller "närvärmecentraler". Den genomsnittliga tillförseln i mindre biobränslebaserade fjärrvärmeverk (närvärmecentraler <10 GWh) uppskattas till 5 GWh per år. Hur stor potential det finns att öka användningen av förädlade bränslen som pellets och briketter inom denna sektor måste dock belysas närmare, bl a utifrån deras tekniska utformning och förutsättningar att elda torkade bränslen osv.

Tabell 3. Fördelning av fjärrvärmesystem efter storlek inom respektive län (tillförd mängd biobränslen i form av GWh per år).¹

Län/Region	Antal fjärrvärmesystem			
	< 10	10-50	51-250	> 250
(i) Skåne	7	13	4	5
(ii) Västra Götaland	17	18	7	6
(iii) Västerbotten	8	10	1	3
(iv) Mälardalen	26	23	14	11
- Stockholm	8	10	7	7
- Uppsala	7	4	0	1
- Västmanland	7	4	4	1
- Södermanland	4	5	3	2

¹ Baseras på Ericsson och Börjesson (2008).

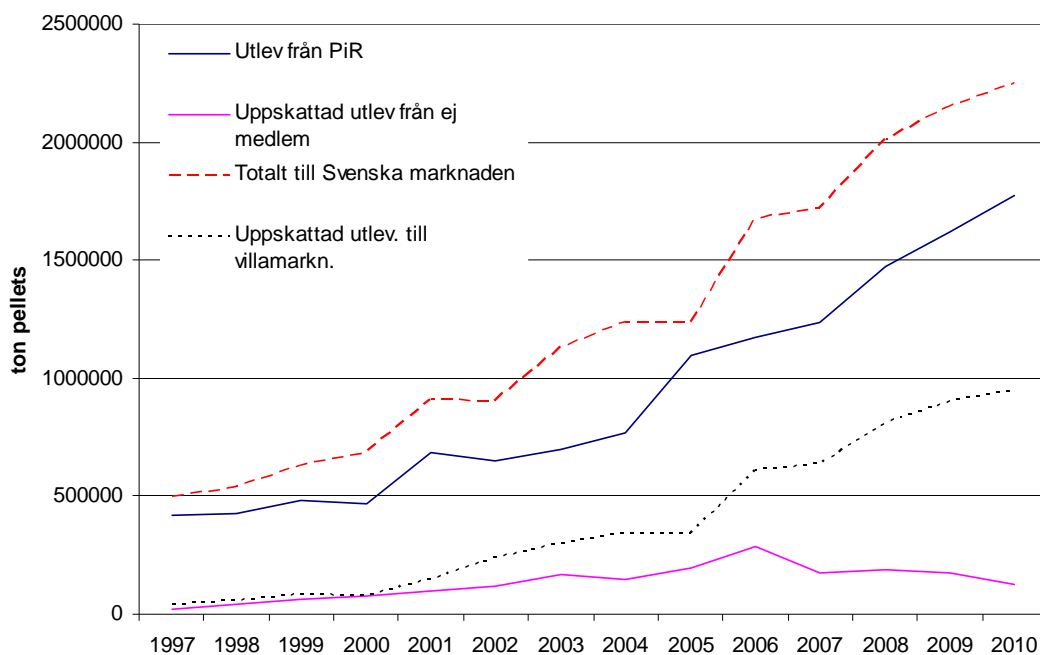
4. Behov av nya råvaror för produktion av pellets och briketter

I figur 1 visas statistik över pelletsleveranser i Sverige från 1997-2007 (PIR, 2008). Som framgår av figuren levererades ca 1 715 000 ton eller ca 8,2 TWh pellets till olika användare 2006. Av den uppskattade utleveransen till villamarknaden användes enligt SCB:s statistik ca 394 000 ton eller ca 1,9 TWh i småhus 2006 (SCB, 2007). Enligt Pelletsindustrins (PIR:s) prognoser förväntas den totala leveransen till den svenska marknaden 2010 uppgå till 2250 000 ton (10,8 TWh), varav uppskattad leverans till villamarknaden uppgår till ca 4,5 TWh (2010). Denna prognos gjordes dock innan konjunktur nedgången tagit fart och innan den stora nedgången i oljepris som inträffade under andra halvåret 2008. Av föregående avsnitt framgår att den potentiella avsättningen för pellets i småhus (avvägd) är mellan 5-7 TWh inom en 10-20-årsperiod (Ericsson & Börjesson, 2008; SVEBIO, 2008). Det bör dock poängteras att det avvägda värdet för potentiell avsättning är en grov uppskattning och kan förändras beroende på utvecklingen av värmepump- och fjärrvärmeanvändningen. I framtiden kan även ny och mer energisnål bebyggelse tillsammans med energieffektivisering minska avsättningspotentialen för biobränslen genom dels en generell minskad energianvändning, dels en relativt försämrad konkurrenskraft gentemot el/värmepumpar (Bisaillon m fl, 2008). Potentialen för ökad användning av nya

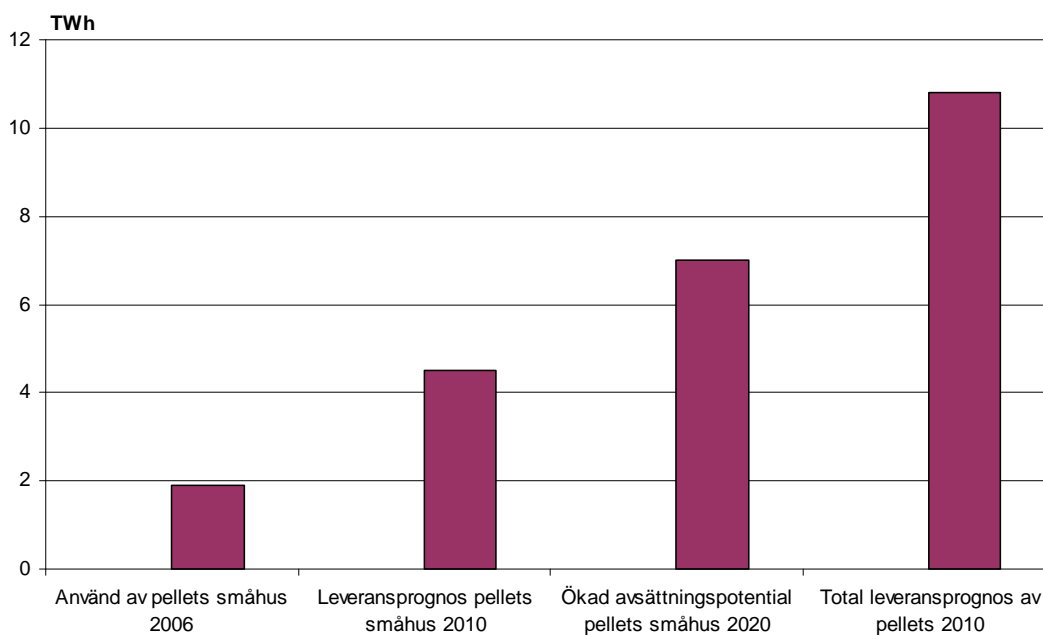
biobränslen för uppvärmning av bostäder och lokaler är dessutom begränsad av strukturen hos redan existerande uppvärmningssystem, logistik samt miljöaspekter enligt dagens förutsättningar.

Om efterfrågan på pellets inom småhussektorn kommer att öka till den uppskattade potentialen på 5-7 TWh finns dock utrymme att nuvarande råvara i form av sågspån i allt större omfattning används till pellets i enskilda pannor i villasektorn. Detta i sin tur kan öka potentialen för briketter och pellets baserade på nya råvaror i större och medelstora anläggningar. Nästan hälften av pelletsproduktionen går idag till större användare (figur 1). Utvecklingen kommer dock att styras av bl a prisutvecklingen på både biobränslen och andra bränslen samt på konkurrensen från andra användningsområden/ sektorer, internationell efterfrågan och miljökrav. En del av dessa frågeställningar har bl a analyserats i en nyligen avslutad studie av Elforsk: "Konsekvenser för energi- och skogssektorn av förändrad efterfrågan på biomassa" (Bisaillon m fl, 2008). Studien har bl a analyserat olika aspekter av hur ökad konkurrens om biomassa kan påverka energisektorn. Enligt de modellanalyser som genomförts indikeras att el- och värmemarknadens betalningsvilja för biobränslen skulle vara hög även i situationer då en stor andel av svensk biomassa exporteras, eftersom den svenska el- och värmemarknaden nu bygger upp en infrastruktur speciellt anpassad för biobränsle. Om stora mängder biobränslen skulle exporteras ökar dock el- och värmemarknadens efterfrågan på lokalt tillgängliga, men oftast dyrare, råvaror av biobränslen. Utvecklingen för småskalig värmeproduktion (anläggningar <10 MW) och sektorns behov och efterfrågan på biobränslen analyseras mer ingående i ett pågående projekt av Paulrud och Lundgren (2008b).

Utvecklingen av pelletsanvändningen inom bostadssektorn kommer även att styras av om biobränslen i framtiden kommer att användas i enskilda pannor i lika stor omfattning som idag eller om stigande priser ökar potentialen för att villaområden värms upp via mindre närvärmecentraler som inte är lika begränsade till att enbart använda träpellets. Ytterligare en marknad som kan komma att påverka efterfrågan på briketter och pellets är industrin. Enligt SVEBIO (2008) finns åtskilliga pannor i industriföretag som skulle kunna ersätta fossila bränslen mot t ex pellets. En orsak till att ersättning av eldningsolja går långsammare inom industrin än inom t ex småhussektorn och fjärrvärmesektorn är att industrin har en betydligt lägre koldioxidskatt på fossila bränslen.



Figur 1. Redovisad statistik avseende pelletsleveranser från 1997-2007 samt prognoser för 2008-2010 (Källa: PIR www.pelletsindustrin.org).



Figur 2. Beskrivning av pelletsanvändningen i småhus 2006 (SCB, 2007), bedömd ökad avsättningspotential i småhus kring 2010 (Ericsson & Börjesson, 2008; SVEBIO, 2008) samt uppskattade leveransprognoser för 2010 (PIR, 2008).

5. Energigrödor för värmeproduktion

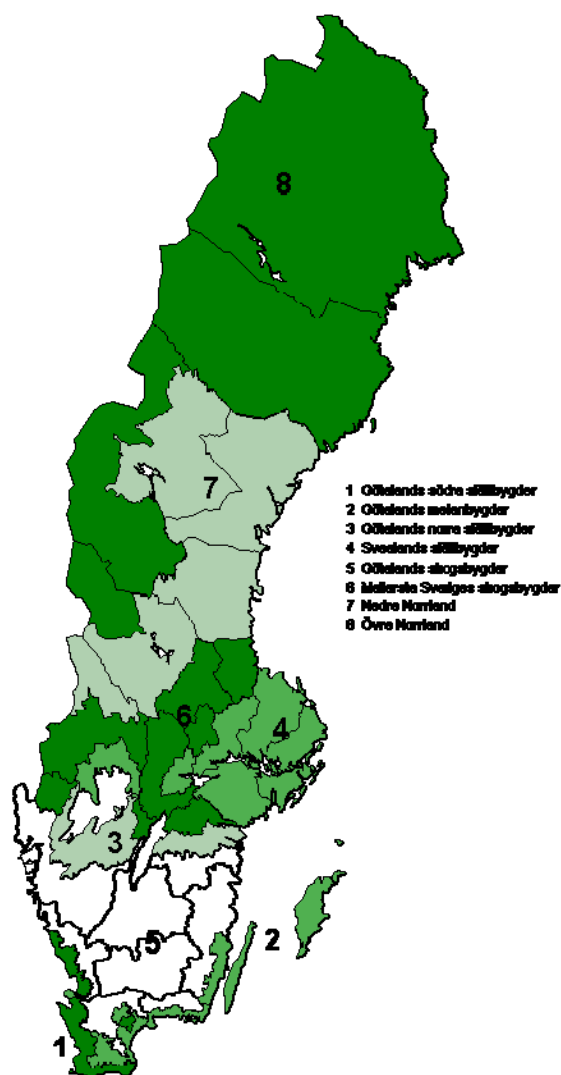
Enligt föregående avsnitt så finns det en stor ökad avsättningspotential för biobränslen inom värmeproduktion (framförallt fjärrvärmeproduktion men också för småskalig uppvärmning), vilket gör att nya biomasseråvaror på sikt måste komplettera nuvarande biobränslesortiment. Fokus har på senare år riktats mot jordbruket och dess potential att leverera biobränslen. Det ökade intresset beror bl a på att det finns en potential att relativt snabbt öka biobränsleproduktionen idag inom jordbruket (dock från en låg nivå) (SOU, 2007), medan de stora volymerna total sett kommer att finnas inom skogsbruket (SVEBIO, 2008).

Bränslen från åkermark kan utgöras av dels traditionella livsmedels- och fodergrödor, dels nya grödor anpassade för energiändamål som t ex salix, rörflen och hampa. Förutom dessa grödor kan snabbväxande lövträd som poppel och hybridasp samt gran också bli aktuella att plantera på åkermark. Utöver odlade grödor används även restprodukter som framför allt halm från spannmålsodling för energiändamål. Hur stor andel åkermark som kommer att utnyttjas för energiodlingar, vilka energigrödor som kommer att odlas samt var och på vilka marker det kommer att ske har stor inverkan på hur mycket biobränsle som kan produceras inom jordbruket. Detta i sin tur styrs av politiska målsättningar, ekonomiska och tekniska förutsättningar samt marknaden för andra grödor och energislag.

5.1 Produktionsförutsättningar

Förutsättningar för att odla energigrödor i olika delar av landet skiljer sig utifrån klimat, nederbörd, jordart mm. Hur mycket insatsenergi och vad miljökonsekvenserna blir vid odling av olika energigrödor kan också skilja. Genom att beakta dessa olika aspekter fås en relativt heltäckande bild av produktionsförutsättningarna för olika biobränslen inom svenskt jordbruk. Denna kunskap kan sedan ligga till grund för beräkningar av produktionskostnader i olika regioner. Börjesson (2007) har i en nyligen gjord studie analyserat förutsättningarna för biobränsle inom svenskt jordbruk.

Sveriges åkerareal delas in i åtta olika produktionsområden vilket illustreras i figur 3. Denna indelning utgår inte från län utan från regioner med liknande produktionsförutsättningar. Inom samma produktionsområden bedöms skördenivåer och möjligheter att odla olika slags grödor vara liknande. Ett län kan därmed ingå i flera produktionsområden. I denna rapport presenteras dock data utifrån regionerna Skåne, Västra Götaland, Mälardalen (Stockholm, Uppsala, Södermanland och Västmanlands län) samt Västerbotten där vi antagit att Skåne representerar produktionsområdet Götalands södra slättbygder (Gss), Västra Götaland Götalands norra slättbygder (Gns), Mälardalen Svealands slättbygder (Ss) och Västerbotten övre Norrland (Nö) (figur 3).



Figur 3. Sveriges åkerareal uppdelat i 8 produktionsområden.

Tillgången på åkermark och dess jordartsfördelning samt nederbörden under odlingsåsongen påverkar vilken total produktion av energigrödor som kan vara möjlig inom ett län samt vilka energigrödor som är lämpliga att odla. Exempelvis är salix mindre lämpligt att odla på lätta jordar (t ex sandjordar) och organogena jordar (mulljordar) medan hampa med fördel odlas på mulljordar. Eftersom jordartsfördelningen varierar mellan olika regioner men även inom ett och samma län innebär det att även skördenivåerna kan variera. I tabell 4 visas uppskattade genomsnittliga skördenivåer (inklusive skördeförluster) för olika energigrödor odlade på en genomsnittlig åkermark inom respektive region (baserat på data från Börjesson, 2007). Tabellen visar således inte den praktiska situationen idag. Exempelvis så har huvuddelen av dagens befintliga salixodlingar inte odlats på denna typ av mark. Anledningen till att odlingen av olika grödor antas ske på samma jord är för att ge jämförbarhet och därmed undvika "felkällor" som att grödorna odlas på mark med olika bördighet mm. Som framgår av tabellen så skiljer sig skördenivån mellan olika produktionsområden. För t ex salix bedöms den genomsnittliga skördenivån vara cirka 2,5

ton ts högre per hektar i Skåne jämfört med Mälardalen. För vårskördad rörflen och hampa bedöms den genomsnittliga skördenivån vara ca 1 ton ts högre i Skåne jämfört med Västerbotten. För energigrödor som rörflen och hampa, där vårskörd tillämpas, så är skillnaderna relativt små mellan olika produktionsområden jämfört med t ex salix och poppel. Vårskörd medför förluster av biomassa under vinterhalvåret med mellan 15-40 %, exklusive direkta skördeförluster. Vinterförluster bedöms bli större ju längre söderut odlingen sker pga mildare vintrar, vilket medför ökad mikrobiell aktivitet och nedbrytning. Lägre biomasseskördar i norra Sverige kompenseras således till stor del av lägre vinterförluster varför vårskörd av hampa och rörflen varierar relativt lite mellan de olika produktionsområdena. Skillnader kan dock förekomma inom samma län beroende på lokala förhållanden.

Vid analys av produktionsförutsättningarna för energigrödor är det viktigt att även ta hänsyn till energibalansen, dvs. hur mycket insatsenergi (uttryckt som primärenergi) det krävs för att producera biomassa från en viss gröda. I figur 4 illustreras detta uttryckt som energikvot (energiinsatsens andel av biomassaskörd uttryckt i procent). Ju högre energikvoten är, desto sämre är energieffektiviteten. I figur 4 ges energikvoten som ett intervall där den högre nivån avser de mest högavkastande systemen (t ex Skåne) och den lägre de mer lågavkastande (t ex Västerbotten). Data baseras på Börjesson (2007) och de skördenivåer som anges i tabell 4.

Som framgår av figur 4 är den genomsnittliga energikvoten lägst för ogödslad gran, poppel och hybridasp där energiinsatsen motsvarar ca 2-4 % av energiskörden. Därefter kommer salix och gödslad gran med en energiinsats på ca 5-6 % av energiskörden. Fleråriga grödor som rörflen har en energikvot kring 8-10 %, medan energiinsatsen för ettåriga grödor varierar från 10 till 17 % av energiskörden. Eftersom energiskörden kan variera från fält till fält kan även energikvoten för en och samma gröda ofta skilja 15-20 % beroende på var denna odlas.

Tabell 4. Uppskattade genomsnittliga skördenivåer för olika energigrödor odlade på genomsnittlig åkermark inom respektive region. ¹ Avser gödslade jordbruksgrödor.

Gröda	Genomsnittlig skördenivå ² per hektar och år			
	Skåne Ton ts	Västra Götaland Ton ts	Mälardalen Ton ts	Västerbotten Ton ts
Vete-kärna	6,4	4,8	4,2	-
Vete – kärna & halm	10,7	6,7	5,8	-
Havre-kärna	4,8	3,6	3,2	1,9
Havre-kärna & halm	8,5	5,2	4,6	2,7
Raps-frö	2,8	2,6	2,0	-
Rapsfrö & halm	5,6	4,4	3,3	-
Rörflen	7,5	6,8	6,3	5,5
Rörflen – vårskörd ³	5,4	5,0	4,8	4,5
Hampa	10,5	9,5	8,5	6,7
Hampa – vårskörd ³	6,5	6,2	6,0	5,0
Salix ⁴	9,5	8,2	7,0	-
Poppel ⁴	8,5	7,4	-	-
Hybridasp ⁴	7,7	6,7	6,0	4,5
Gran – gödslad ⁵	6,5	5,7	5,2	3,2
Gran – konvent. ⁵	5,0	4,2	3,7	2,1

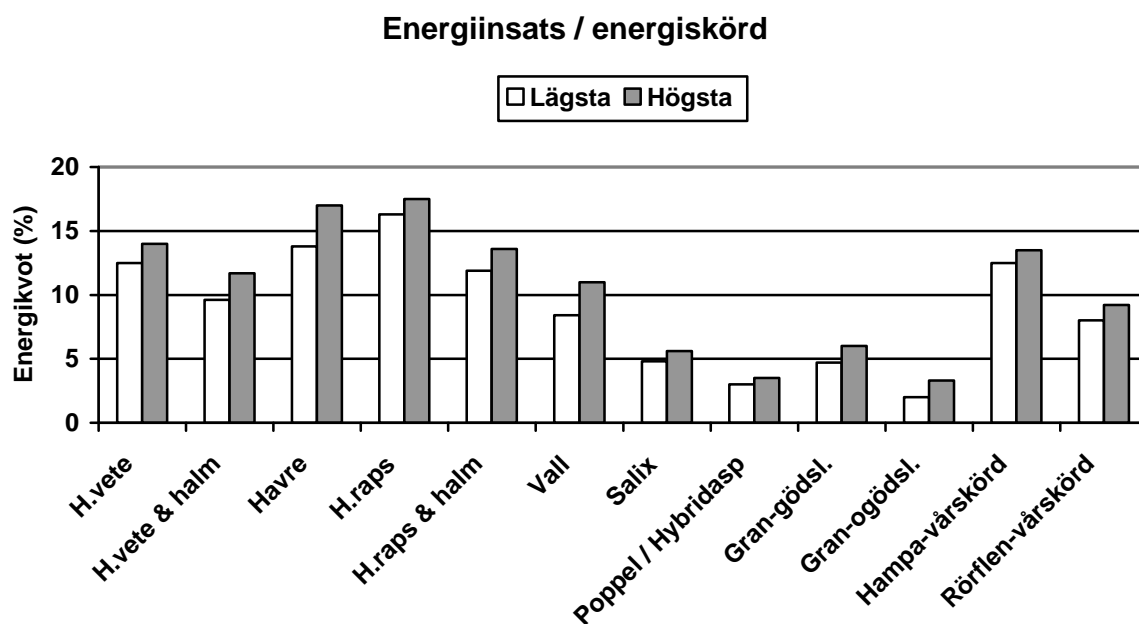
¹ Baserat på data från Börjesson (2007).

² Avser bärgad skörd, dvs. inklusive skördeföruster.

³ Vårskörd medför förluster av biomassa under vinterhalvåret mellan 15-40 %, exklusive direkta skördeföruster.

⁴ Avser skörd i etablerade gödslade bestånd (2008 års kloner), d v s från och med andra omdrevet för salix och i tätplanterade bestånd av poppel och hybridasp. Eftersom första skörden är lägre än skördarna i följande omdrev blir den genomsnittliga skörden i hela odlingsperioden i genomsnitt ca 92 % av omdrevsskördarna. Eftersom plantering av hybridasp sker med plantor, till skillnad från salix och poppel som planteras med sticklingar, blir planteringskostnaden betydligt högre vilket kan leda till att plantantalet per hektar blir lägre för hybridasp. Detta kan i sin tur medföra något lägre biomasseskörd under första omdrevet (cirka 25 år) än vad som anges i tabellen. I andra omdrevet sker etablering av hybridasp med rotskott vilket ger ett högt stamantal och därmed hög skördenivå likt i en tätplanterad odling.

⁵ Gödslad gran avser näringsoptimerad gödsling av granskog som i praktisk tillämpning bedöms ge i genomsnitt mellan 30 % (södra Sverige) till 50 % (norra Sverige) högre biomassaskörd (ton ts) än ogödslad, konventionell granodling. Efter slutavverkning av granskog på åkermark kan stubbrytning bli aktuellt vilket bedöms kunna ge en ökad biomassaskörd om cirka 10-15 % (ton ts) jämfört med skördenivåerna i tabellen (som avser helträdsskörd exklusive stubbrytning).



Figur 4. Uppskattad genomsnittlig energikvot (primärenergiinsats/bruttoenergi-skörd) uttryckt i procent för olika odlingssystem samt hur denna varierar beroende på inom vilket produktionsområde odling sker (se Tabell 4). Baserat på Börjesson (2007).

5.2 Ekonomiska förutsättningar

En viktig förutsättning för att produktionen av energigrödor från åkermark ska öka är att det är tillräckligt lönsamt att odla grödorna och att grödorna prismässigt kan konkurrera med andra bränslen. Energigrödorna befinner sig idag i olika utvecklingsstadiet inom växtförädling, odlingsteknik, hantering efter skörd och förbränning. Jämfört med traditionella livsmedels- och fodergrödor är potentialen att sänka produktionskostnaderna ofta större för nya energigrödor eftersom bränslekedjan för flera grödor inte är färdigutvecklad. Eftersom produktionsförutsättningarna påverkar produktionskostnader för olika grödor analyseras kostnader ofta utifrån regionala förutsättningar. För energigrödor som rörflen och hampa är dock de regionala skillnaderna i t ex skördenivåer (avseende vårskörd), och därmed produktionskostnaderna, mindre jämfört med traditionella grödor. En större betydelse för den totala kostnaden får istället lokala förutsättningar som etablering, skötsel samt hur grödan skördas, hanteras, lagras och transporteras.

5.2.1 Produktionskostnader

Nedan redovisas resultat från beräkningar av produktionskostnaden för olika energigrödor avsedda att användas för energiändamål. Beräkningar har gjorts för de grödor som det idag finns mest kunskap om. Vid beräkningarna har en metodik använts som gör beräkningarna för de olika grödorna jämförbara. Beräkningarna baseras på kalkyler gjorda 2006 (SOU, 2007). Detta innebär att de prisfluktuationer på jordbruksgrödor och insatsmedel som har

skett under 2007-2008 inte är medräknade. En belysning av prisuppgångar och dess betydelse görs istället i avsnitt 5.7.

I samtliga beräkningar ingår direkta kostnader i form av utsäde, gödning m.m., alla körslor är inlejda, kostnader för företagarens eget arbete och kapital med en real kalkylränta på sex procent samt tre mils transport. För stråbränslen inkluderas balning med HD-press (storbalar) samt kostnader för enklare lagring inomhus (ej asfalterad yta) beaktat. Overheadkostnader ingår i produktionskostnaderna med 400 till 600 kr per hektar och år (salix 400 och spannmål 600 kr per hektar per år). Det har både gjorts beräkningar med respektive utan förmedlingskostnad på sex procent av försäljningsintäkten för energigrödorna. När det inte är angivet något annat ingår inte förmedlingskostnad i beräkningarna. Beräkningarna avser leverans till stora användare (t ex förbränningsalternativt förädlingsanläggningar). Beräkningarna avser gödslade grödor. Markkostnader och stöd ingår inte i beräkningarna. Beräkningarna för olika regioner är baserade på de avkastningar som redovisas i tabell 4.

För samtliga grödor och trädslag har en modifierad totalstegkalkyl använts och finns beskriven i Rosenqvist (1997). Skillnaden mellan en traditionell totalstegkalkyl och en modifierad är sättet att beakta in- och utbetalningar under fleråriga perioder. Den modifierade totalstegkalkylen är tillämplig på lönsamhetsberäkningar där man har olika stora in- resp. utbetalningar för olika år. Därmed har samma metod kunnat användas för ettåriga och fleråriga energigrödor. Genom att använda samma metod ökar jämförbarheten mellan de olika markanvändningsalternativen.

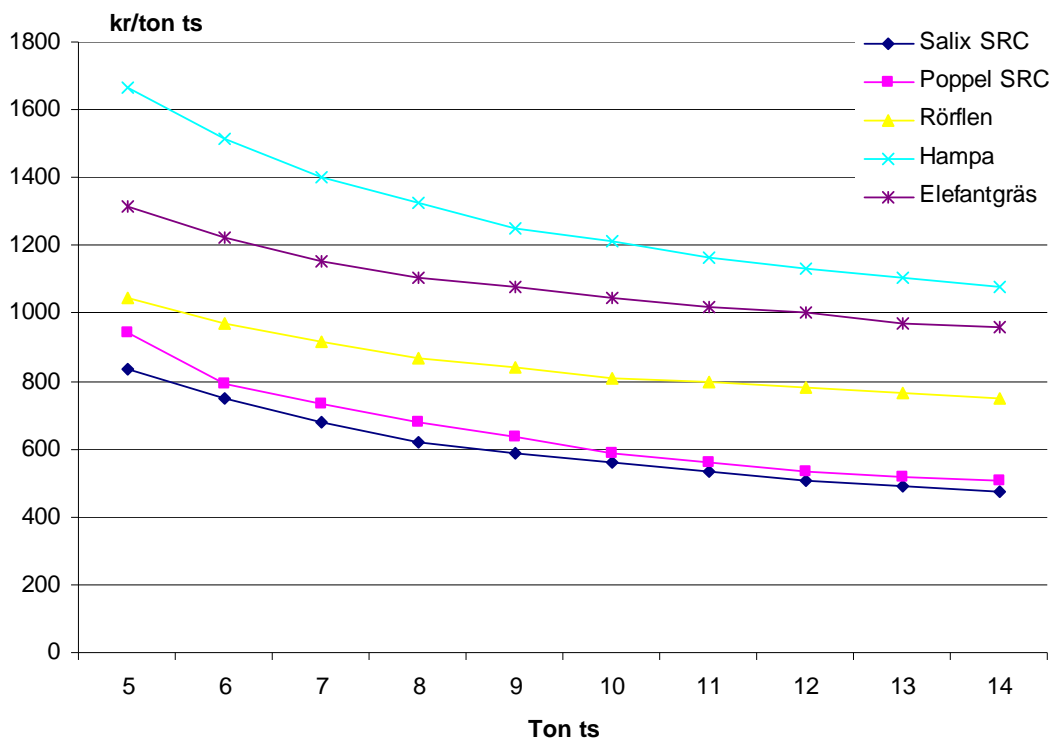
I figur 5 visas produktionskostnaden i SEK per ton ts för olika energigrödor vid olika skördenivåer. Som framgår av figuren så har salix och poppel lägst produktionskostnad följt av rörflen och hampa. Jämfört med de priser som betalas för skogsflis idag, ca 170 kr per MWh (2008, kvartal 3) (Energimyndigheten, 2008) så är det i genomsnitt bara salix och poppel som är tillräckligt konkurrenskraftiga för att användas som råvara för storskalig värmeproduktion. Även halm kan vara konkurrenskraftigt.

Energiskog som salix har hög etableringskostnad men i gengäld tar det många år innan grödan behöver planteras på nytt. Om etableringskostnaden fördelas på odlingens livslängd blir den betydligt lägre än för övriga grödor. Energiskog flisas normalt i samband med skörd och behöver oftast inte lagras under någon längre period. Flisen är dessutom billigare att hantera jämfört med stråbränslen som är pressade i balar.

Fleråriga strågrödor som rörflen har låg etableringskostnad och lång livslängd. Det gör att etableringskostnaden blir mycket låg i förhållande till energiproduktionen. En nackdel med strågrödor är att de är dyra att hantera och lagra. Rörflen för energiändamål skördas dessutom i regel på våren när energibehovet för värme är relativt lågt vilket medför att rörflen ofta lagras före användningen. Ettåriga strågrödor som hampa har utöver höga hanteringskostnader dessutom hög etableringskostnad eftersom grödan ska sås varje år.

För att få bra ekonomi i en odling är det viktigt att grödan odlas och skördas på ett optimalt sätt för att ge en bra avkastning. En ökad skördenivå för salix från 7 ton ts till 9

ton ts per hektar minskar produktionskostnaden med ca 13 % (figur 5). En motsvarande skördenivåökning för rörflen och hampa, från 5 ton ts till 7 ton ts per hektar minskar produktionskostnaden med ca 13 % för rörflen respektive med ca 16 % för hampa.



Figur 5: Kostnad i SEK per ton ts för några olika energigrödor vid olika skördenivåer. Siffrorna i tabellen skall ses som ungefärliga kostnader och inte som exakta kostnader. Förmedlingskostnad 6 % ingår i beräkningarna. De exakta kostnaderna varierar mellan företag.

I tabell 5 och 6 visas produktionskostnaden i SEK per ton ts (tabell 5) respektive SEK per MWh (tabell 6) för energigrödor för olika regioner. Beräkningarna är baserade på de avkastningsnivåer som redovisas i tabell 4. I tabell 5 och 6 inkluderas även produktionskostnaden för halm. Eftersom halm är en restprodukt så är det främst hantering och transport av råvarorna som belastar kalkylen. Som jämförelse visas produktionskostnaderna för traditionella grödor för olika regioner i tabell 7.

I tabell 5 visas även betydelsen av val av kalkylräntefot. Eftersom kalkylräntan har störst betydelse för produktionssystem med stora tidsintervall mellan ut- och inbetalningar har valet av kalkylränta stor betydelse inom skogsbruket. För energigrödorna som redovisas i nedanstående tabell har kalkylräntefoten störst betydelse för salix och en tre procentig ränta inkluderas därför för salix som känslighetsanalys.

Av tabell 5 och 7 framgår att den genomsnittliga produktionskostnaden för alla grödor är något lägre i Skåne eftersom den genomsnittliga skördeavkastningen är högre här jämfört med övriga län. Av tabellerna framgår det även att betydelsen av var i landet som grödan odlas är mindre för energigrödorna jämfört med traditionella grödor. Detta beror på att de

traditionella livsmedelsgrödorna som t ex höstvetete har en mindre andel av kostnaden som är relaterad till skördens storlek, dvs. kostnader för gödsling, skörd och lagring som ökar när skördens storlek ökar (tabell 8).

Energigrödor med relativt stor andel skörderelaterade kostnader som t ex rörflen får därmed konkurrensfördelar på de mindre bördiga markerna. Grödor med stora hektarberoende kostnader, dvs. stora kostnader för etablering, får konkurrensfördel på de bördiga markerna (t ex traditionella grödor som höstvetete).

Tabell 5: Produktionskostnad i SEK per ton ts för energigrödor.¹

Län/Region	Salix ²	Salix ³	Salix ⁴	Poppel ⁵	Poppel ⁶	Hampa	Rörflen	Halm
(i) Skåne	537	502	484	774	660	1368	932	675
(ii) Västra Götaland	581	541	519	845	682	1400	963	675
(iii) Mälardalen	638	594	563	Beräkning finns ej		1422	981	675
(iv) Västerbotten				Beräkning finns ej		1566	1008	

¹ Inklusive 3 mil transport, förmedlingskostnad ingår ej i beräkningarna, 6% kalkylränta när inget annat anges.

² 3 års skördeintervall, 6 % ränta.

³ 3 års skördeintervall, 3 % ränta.

⁴ 4 års skördeintervall, 6 % ränta. Vid höga och medelhöga skördenivåer är det ej aktuellt med 4 års skördeintervall för salix med dagens skördemaskiner.

⁵ Långa skördeintervall (23-31 år), 6 % ränta.

⁶ Långa skördeintervall (23-31 år), 3 % ränta.

Tabell 6: Produktionskostnad i SEK per MWh för energigrödor¹

Län/Region	Salix ²	Salix ³	Salix ⁴	Hampa ⁵	Rörflen ⁶	Halm ⁷	Poppel ⁸	Poppel ⁹
(i) Skåne	105	98	95	279	190	144	152	129
(ii) Västra Götaland	114	106	102	286	197	144	166	134
(iii) Mälardalen	125	116	110	290	200	144		
(iv) Västerbotten				320	206			

¹ Inkl. 3 mil transport, förmedlingskostnad ingår ej i beräkningarna, 6 % kalkylränta när inget annat anges.

² 3 års skördeintervall, 6 % ränta, effektiva värmevärdet 5,1 MWh/ton ts, (SLU, 2008)

³ 3 års skördeintervall, 3 % ränta, effektiva värmevärdet 5,1 MWh/ton ts, (SLU, 2008)

⁴ 4 års skördeintervall, 6 % ränta, effektiva värmevärdet 5,1 MWh/ton ts, (SLU, 2008). Vid höga och medelhöga skördenivåer är det ej aktuellt med 4 års skördeintervall för salix med dagens skördemaskiner.

⁵ Effektiva värmevärdet 4,9 MWh/ton ts (Finell m fl, 2006)

⁶ Effektiva värmevärdet 4,9 MWh/ton ts (Burvall, 1997)

⁷ Effektiva värmevärdet 4,7 MWh/ton ts (Bernesson m fl 2005)

⁸ Långa skördeintervall, 6 % ränta, effektiva värmevärdet 5,1 MWh/ton ts

⁹ Långa skördeintervall, 3 % ränta, effektiva värmevärdet 5,1 MWh/ton ts

Tabell 7: Produktionskostnad i SEK per ton ts för traditionella jordbruksgrödor (ej energigrödor).¹

Län/Region	Höstvete	Höstvete ²	Vårkorn	Havre	Höstraps
(i) Skåne	1264	1148	1408	1411	2724
(ii) Västra Götaland	1526	1368	1642	1664	2888
(iii) Mälardalen	1660	1480	1809	1819	3196
(iv) Västerbotten			3064	2871	
Hela riket	1472	1323	1737	1819	2888

¹ Förmedlingskostnad ingår ej i beräkningarna.

² Reducerad jordbearbetning.

Tabell 8: Andel av totala produktionskostnaden i procent som är skörderelaterad, dvs. kostnader som ökar när skörden ökar (gödsling, skörd, lagring).¹

Län/Region	Salix	Hampa	Rörflen	Helsäd	Höstvete ²
(i) Skåne	62	51	67	58	49
(ii) Västra Götaland	60	50	65	46	42
(iii) Mälardalen	57	49	64	43	39
(iv) Västerbotten		45	63	23	

¹ Förmedlingskostnad ingår ej i beräkningarna.

² Reducerad jordarbetning.

Även hur mycket en gröda omsätter i ekonomiska termer påverkar vad den odlas. Omsättningen per hektar är ofta högre för spannmål och raps när dessa grödor används för livsmedelsändamål jämfört med energigrödor som rörflen, hampa och salix.

Utifrån ett lönsamhetsperspektiv bör traditionella livsmedelsgrödor odlas på de bästa jordarna och energigrödor på de mellanbra jordarna. De lägst avkastande jordarna bör inte användas för jordbruksproduktion under dagens förutsättning exklusive stöd och kreditering av andra nyttor. Om de sämsta jordarna ska odlas kan vall och rörflen vara de lämpligaste alternativen. Rörflen har likartad eller lägre omsättning per hektar jämfört med salix och en något större andel av produktionskostnaden som är relaterad till skördens storlek. Dock måste den absoluta lönsamheten beaktas vid ställningstagandet om enskilda grödor över huvud taget ska odlas i ett område. Givetvis har även växtfysiologiska aspekter stor inverkan på var olika grödor odlas.

5.3 Potential och intresse för att odla energigrödor för värmeproduktion

En avgörande faktor för ökad odling av energigrödor är att det finns odlingsbar mark att ta i anspråk. I ett flertal studier har det analyserats hur stor areal det finns i Sverige som kan utnyttjas för odling av energigrödor.

Ett flertal studier visar t ex att det från jordbruket finns en potential att producera cirka 15-30 TWh biomassa för energiändamål (inkl. restprodukter som halm). Hur fördelningen ser ut mellan olika råvaror och dess ändamål varierar dock mellan olika studier. Den statliga

utredningen SOU (2007) visar att det finns möjlighet att utnyttja ca 600 000 ha åkermark för energiändamål 2020. Förutsättningarna för tillgänglig areal kan dock förändras från år till år. Stigande priser på traditionella grödor har gjort att trädesarealen 2008 nästan har halverats till 147 000 hektar (Agronomics, 2008). I tidigare potentialuppskattningar av jordbrukets möjligheter att producera bioenergi antas ofta att den trädesareal som finns idag bör kunna utnyttjas för bioenergiproduktion.

Även om det finns både odlingsbar mark och det är tekniskt och ekonomiskt möjligt att öka odlingen av energigrödor så finns det också andra aspekter som styr vilken gröda som odlas inom lantbruket. I slutändan är det alltid den enskilde lantbrukaren som tar beslut om vilka grödor som ska odlas även om myndigheters regelverk och ekonomin sätter gränser. Utöver biologiska aspekter, avsättningsmöjligheter och lönsamhet så påverkas valet även av vilka resurser som finns på gården, om grödan påverkar omgivningen, hur sysselsättningen påverkas, hur likviditeten påverkas och hur den upplevda risken ser ut.

I många fall kan det vara lättare att acceptera en mindre förändring än en större. Att fortsätta med den produktionsinriktning man håller på med innebär oftast ingen förändring. Det gör att spannmål och raps för energiändamål är ganska lätta att acceptera för odlaren. Hampa ska etableras och skördas varje år, vilket är en måttlig förändring för odlarens del. Rörflen är en större förändring genom att det är en flerårig växt och skörden till stor del sker med maskiner som inte används inom spannmålsodlingen. Energiskog är den energigröda som innebär den största förändringen genom att det är en flerårig växt, skördas vart tredje till fjärde år, är vedartad, förändrar landskapsbilden, ger liten användning av lantbrukets befintliga maskiner efter etableringen samt leder till låg sysselsättning för lantbrukaren. Produktionsgrenar som stämmer mindre väl överens med företagarens mål leder därför till krav på ett högre ekonomiskt netto än produktionsgrenar som sammanfaller med målen, vilka ofta utgår från den befintliga produktionsinriktningen (Paulrud & Laitila, 2007).

I Paulrud & Laitila (2007) har en värdering av lantbrukarnas attityder till odling av energigrödor gjorts. Resultatet från den undersökningen visar att en faktor som värderas högt bland lantbrukarna är flexibilitet i arealanvändningen, dvs. att binda upp marken under en längre period pga. att grödan har lång omloppstid, värderas negativt. Enligt studien vill lantbrukaren i genomsnitt ha 500 kronor mer per hektar och år för att odla en gröda med en omloppstid på 10 år jämfört med en ettårig gröda, och vid en omloppstid på 20 år ökar detta värde till 1200 kronor per hektar och år. Detta är en attityd som överlag är samma över alla regioner, storlek på gårdar och åldersgrupper. Lång bindningstid av marken utgör ett hinder för de fleråriga energigrödorna och då speciellt för en gröda som salix som har en bindningstid på cirka 20 år.

Ytterligare en faktor som enligt studien har stor betydelse är påverkan på landskapsbilden genom att grödorna har en hög växthöjd. Betydelsen är dock olika beroende på hur gammal lantbrukaren är. En 60-åring har en mer konservativ syn på en förändrad landskapsbild jämfört med en 30-åring. För en 30-åring uppskattas ”kostnaden” av en växthöjd på 4-8 meter vara ca 400 kronor högre jämfört med en växthöjd på 0-2 meter. För

en 50-åring uppskattas denna skillnad i ”kostnad” vara ca 700 kronor och för en 60-åring 900 kr per hektar och år.

Betydelsen av ovan beskrivna faktorer gör att det blir trögt i starten för en expansion av energigrödor. Det kommer med stor sannolikhet inte att börja odlas grödor för värme- och elproduktion i stor skala om det inte samtidigt genomförs åtgärder för att förbättra förutsättningarna för dessa nya produktionsgrenar som kan leda till ökat intresse för odling av energigrödor och då speciellt salix.

I Finland har man visat att det genom olika samverkansformer och insatser på relativt kort tid gick att t ex öka arealen av rörflen. Från 2001 till 2006 ökade rörflensarealen i Finland från 500 ha till 17 000 ha. I en studie av Pakkala m fl (2008) görs en beskrivning av den strategi som användes i Österbotten för att öka odlingen och användningen av rörflen i befintliga värmeverk. Insatserna organiserades av MTT Agrifood Research i Finland. I arbetet ingick bl a att i samarbete med lokala värmeverk organisera kurser och seminarier för lantbrukare och rådgivare. Samtidigt publicerades också en informationsbok som skickades ut till odlare i området. Från 2003 till 2005 undervisades ca 1470 lantbrukare kring odling och ekonomi. Av dessa började 157 st att odla rörflen. Ett flertal intervjustudier har också utförts eller pågår angående avtal och kontrakt mellan producenter och värmeverk, organisation, motivation mm (Kimming, 2008, Sherrington m fl, 2008, Paulrud m fl 2008a).

5.4 Småskalig pelletering och brikettering

Utifrån ett ekonomiskt, tekniskt och miljömässigt perspektiv bör odlingar av energigrödor i första hand etableras i stor skala i närområdet kring värmeverken och där råvaran levereras direkt med korta transportavstånd och utan förädlingssteg. Detta förutsätter dock att hantering och lagring av bränslet kan lösas på ett rationellt sätt, vilket t ex innebär att bränslet på ett kostnadseffektivt sätt måste lagras på gårdsnivå och levereras när värmeverket har behov av bränsle.

För många lantbruk kommer energigrödor, åtminstone inledningsvis, inte att vara den primära grödan inom jordbruksföretaget, utan snarare en kompletterande gröda till befintliga produktionen av traditionella grödor. Detta gör att åkerbränslen ofta kan förekomma i små och geografiskt spridda volymer. Odlingarna kan dessutom vara lokaliserade långt ifrån de större värmeverken med dyra transportkostnader som följd. Ett alternativ kan då vara att lokalt förädla råvaran till briketter och pellets i mindre anläggningar, vilket ökar användningsområdet genom att briketter/pellets är mindre kostnadskänsliga för långa transporter jämfört med oförädlade biobränslen. Andra fördelar med ett förädlat bränsle är att kvaliteten blir jämnare, samtidigt som hanteringen och förbränningen blir effektivare, och därmed ökar möjligheten att använda råvaran i mindre, lokala närvärmeanläggningar.

Förädling av skogens biprodukter till briketter och pellets i småskaliga anläggningar har utförts i många år. Gemensamt för dessa anläggningar är att råvarorna i huvudsak är torra

eftersom det ofta är svårt att få lönsamhet i anläggningar som kräver tork och som har en årsproduktion på mindre än 10 000 ton (Nilsson & Bernesson, 2008). Gemensamt är också att små anläggningar ofta har tillgång till egen råvara som t ex mindre sågverk, snickerier mm och där brikettering och pelletering inte är den primära verksamheten.

Skillnaden mellan brikettering och pelletering är att processen för brikettering är något enklare, vilket gör att såväl kapitalkostnaden som drift och underhållskostnaden blir lägre. I genomsnitt ligger drift och underhållskostnaden ca 50 % lägre vid brikettering än vid pelletering (Bäckman, 2008). Samtidigt är det också kostnader som styr värmeverkens val mellan pellets och briketter då priset är något lägre för briketter. Eftersom pelletsprocessen är dyrare säljs huvuddelen av den pellets som produceras av små tillverkare till den småskaliga marknaden (privata villamarknaden) då denna ger en bättre betalning. Även de mellanskaliga producenterna säljer huvuddelen av produktionen till mindre användare (Höglund, 2008).

Nackdelen med briketter är att användarsidan är något mer begränsad. Briketter säljs framförallt till de mindre och mellanstora värme- och kraftvärmeverken. Enligt Karlhager (2008) används ca 80 % av de briketter som produceras i anläggningar >2MW, 16 % i anläggningar mellan 50 kW-2 MW och resterande i anläggningar <50 kW.

Liksom för pellets har diameterstorleken på briketten stor betydelse för vilken typ av kund som kan använda briketterna. Huvuddelen av briketterna som produceras i Sverige idag har en diameter på 70-75 mm vilket kräver kraftiga matningsanordningar som framförallt finns i de större värmeverksanläggningarna (Winkler, 2008). Det finns dock briketteringsmaskiner som producerar briketter med en diameter på 40 eller 50 mm (www.Bogma.se), som är en storlek som även fungerar i mindre skruvanordningar i t ex mindre närvärmecentraler (Winkler, 2008). Valet att producera briketter eller pellets beror av många faktorer, men det är framför allt viktigt att beakta vilken typ av användare som bränslet i huvudsak kan levereras till.

I en studie av Nilsson & Bernesson (2008) redovisas ett par olika scenarier för olika storlek på pelletsanläggning och för olika råvaror. Analyserna i studien visar att produktionskostnaden för småskalig pelletering av halm, rörflen och salix normalt blir för hög för att tillverkningen ska kunna ske på kommersiell basis i anläggningar med en årsproduktion om mindre än 8000 ton. För en anläggning med en produktionskapacitet på 8000 ton anges i studien en produktionskostnad för pelletering av salix respektive halm på 1290 kr per ton. För en motsvarande anläggning för brikettering anges att kostnaderna i genomsnitt är ca 20 % lägre. Detta kan jämföras med ett genomsnittligt marknadspris för pellets och briketter för större värmeverk som enligt Energimyndighetens prisblad för 2008 kvartal 2 och 3 låg på 260 och 290 kr per MWh eller ca 1250 och 1390 kr per ton exklusive moms (Energimyndigheten, 2008). Villaägarna får däremot betala ett pris på i genomsnitt 1800 kr per ton bulkvara exklusive moms (Naturkraft, 2008). Det bör dock poängteras att kalkylerna i Nilsson och Bernessons (2008) studie bygger på helt nybyggda anläggningar utan tillgång till befintliga lokaler. Har man tillgång till flera råvaror, så att man kan öka pressens utnyttjandetid under året, har befintliga lokaler och har tillgång till en egen

närmarknad kan även förädling i anläggningar om mindre än 8000 årston och då framförallt brikettering bli lönsam, vilket fallstudien för Låtra Gård i avsnitt 6 visar.

5.4.1 Teknik för småskalig brikettering och pelletering

Det finns ett flertal svenska tillverkare/återförsäljare av småskalig förädlingsteknik (tabell 9 och 10). I Sverige används huvuddelen av tekniken för brikettering eller pelletering i anläggningar med egen producerad träråvara som sågspån och kutterspån. Många av tillverkarna har dock också erfarenhet av att förädla råvaror från jordbruket. Nilsson och Bernesson (2008) har bl a sammanfattat erfarenheter från brikettering och pelletering av halm, rörflen, hampa, salix, rapsrester och avrens som råvara.

Det finns idag inga större kommersiella pelleteringsanläggningar i Sverige för jordbruksbaserade råvaror. Försöksverksamhet har utförts/utförs däremot vid SLU, enheten för Biomassateknologi och kemi (BTK) och SLU:s Bränslatekniskt centrum (BTC) i Umeå (www.btk.slu.se). I denna försöksanläggning har ett system byggts upp för att riva storbalar och förädla stråbränsle till pellets. Vid BTC i Umeå finns även ett system för brikettering av stråbränslen. Glommers Miljöenergi AB och MBAB, som är kommersiella anläggningar för träpellets, har också utfört försök med rörflen som råvara. Det finns dock mindre kommersiella anläggningar som idag tillverkar halmpellets för hästströ. Laga Bioenergi säljer halmpellets i 15 kilos säckar på pall om 420 kg för ett pris på 2410 kr per ton (exklusive moms) (Blocket, okt-2008). Anläggningen har en kapacitet på 300-500 kg halmpellets per timme. Även Orrepellets AB i Orrefors annonserar om försäljning av halmpellets för ett pris 2250 kr per ton (exklusive moms) i småsäck.

Det finns idag två mindre kommersiella anläggningar för brikettering av hampa på gårdsnivå (Österlen hampa och Gudhems Kungsgård) och där försäljning av hampabriketter görs till privata hushåll. Flera gårdsanläggningar är även i planeringsstadiet att starta upp verksamhet. Låtra Gård i Södermanlands län, är t ex en kommersiell anläggning som idag tillverkar briketter av träråvara och som har påbörjat arbetet med att bygga upp en linje för brikettering av rörflen (se avsnitt 6).

Eftersom det hittills inte har funnits någon större efterfrågan i Sverige på pellets från jordbruksbaserade råvaror så har utvecklingen med att anpassa förädlingstekniken till nya råvaror som t ex stråbränslen gått relativt långsamt. En ökad efterfrågan på förnyelsebar energi i andra länder har dock lett till att även svenska tillverkare allt mer har börjat anpassa och även sälja pelleteringsteknik för nya biobränsleråvaror. När de gäller de utländska tillverkarna så marknadsförs tekniken oftast idag som flexibel för att pressa olika råvaror som halm och andra stråbränslen. Både Gudhems Kungsgård och Österlen hampa (Forsberg m fl, 2006) använder till exempel tyska briketteringspressar. Andra länder som har utvecklat småskaliga förädlingssystem för stråbränslen är Polen och England. Till exempel saluför det polska företaget Asket (www.asket.pl), i samarbete med engelska företaget Teagle (Teagle, 2008), kompletta kedjor för brikettering av stråbränslen på gårdsnivå idag (figur 6). Dessa anläggningar består av en eldriven stationär rivare (moderniserad Tomahawk balsnittare) med matarbord, ett buffertlager och brikettpressar. Anläggningarna kan fås med en kapacitet på 400-500 kg/h och 800-1000 kg/h och kostar

med komplett utrustning exkl. montering ca 750 000 kr för den mindre modellen och 1,3 milj. kr för den större modellen.

Den totala investeringskostnaden för en småskalig förädlingsanläggning kan variera från fall till fall och beror bl a på om det är en brikett- eller en pelletanläggning, om den har paketeringsutrustning, om befintliga byggnader kan användas, om den är stationär eller mobil, mm. Generellt är dock kapitalkostnaden lägre för en briketteringsanläggning jämfört med en pelleteringsanläggning.



Figur 6. Kompletta kedja för brikettering av halm i Polen. Källa (Asket, 2008).

Tabell 9. Exempel på svenska utrustningsleverantörer av småskalig pelleteringsteknik.

Leverantör		Märke/modell	Kapacitet kg/h ¹
Sweden Powers Chippers AB (SPC)	Tillverkare	SPC	100-500
Biopress AB	Tillverkare	Biopress	100-800
PM Bioenergi och Smide	Återförsäljare	BT-press	150
SvenskEkodiesel	Återförsäljare	Ekopell	200-1000
Morums Mekaniska	Tillverkare	Morumspressen	50
Mared AB	Återförsäljare	Munch	150-5000
Roland Carlberg Processystem AB	Återförsäljare	KAHL	300-8000
UNY Konsult	Återförsäljare	Salmatec	450-950

¹ Variationer förekommer beroende på ingående material.

Tabell 10. Exempel på svenska utrustningsleverantörer av småskalig briketteringsteknik.

Leverantör		Märke	Kapacitet kg/h
Bogma AB/CF Nielsen A/S (Dansk)	Tillverkare	Bogma/CFN	30-2500
Provejo Maskinindustri AB	Återförsäljare	Rb2	40-3000
Svensk Ekodiesel	Återförsäljare	EkoBrik	120
Mared AB	Återförsäljare	Adelmann	150-1500
Ingenjörsfirma R. Sjöstrand AB	Återförsäljare	RUF	110-600

De tekniska förutsättningarna att småskaligt förädla olika biomassråvaror i Sverige är idag relativt goda eftersom vi dels har lång erfarenhet av att förädla biomassa och dels många tillverkare av småskalig förädlingsteknik samt att det under ett flertal år bedrivits forskning och utveckling inom området. Fortsatt forskning och demonstrationsverksamhet kring nya

råvaror är dock viktigt för den fortsatta utvecklingen. Jämfört med träråvaror har nya svårare biobränsleråvaror andra bränsleegenskaper och stora variationer förekommer även i kemiska och fysikaliska egenskaper för en och samma bränsleråvara (Paulrud, 2004; Larsson, 2008). Det innebär att det kan ta tid att bygga upp en erfarenhet och kunskap om hur nya råvaror fungerar. I en nyligen publicerad studie finns bl a förslag på ett demonstrationsprogram för småskaliga stråbränslesystem (Paulrud m fl 2008d). Inom programmets verksamhet föreslås att demonstrationsanläggningar byggs upp på olika platser i landet för att därigenom kunna sammanställa erfarenhet utifrån lokala och regionala förutsättningar. Avsikterna med demonstrationsanläggningar kan vara flera som t ex att demonstrera hela kedjan med befintlig beprövad teknik, förbättra tekniker, minska kostnader, ta tillvara produktions- och användarerfarenheter samt att testa ny teknik.

Enligt Nilsson & Bernesson (2008) har ett stort antal tillverkare/leverantörer av förädlingsteknik provat att pressa olika råvaror. Många uppger att själva pressningen av råvaran är det moment som ofta medför minst problem vid användning av nya råvaror och att stråformiga material ofta kräver ett lägre effektbehov än sågspån. Detta förutsätter dock att utrustningen är anpassad för stråbränslen. Nackdelen med stråformiga material är att det behövs en mer komplicerad förbehandlingslinje med rivare och kvarn som kan medföra större risk för driftstopp. I en anläggning som inte har en torkanläggning blir kravet dessutom högre på en jämn bränslekvalitet.

I Sverige är erfarenheterna kring vilka sönderdelningstekniker som är bäst lämpade att utnyttja för olika råvaror relativt begränsad för jordbruksbaserade bränslen som halm, rörflen och hampa. Inom lantbruket finns ett flertal olika modeller som används för sönderdelning av stråbränslen för andra ändamål som strö och foder. Eftersom det finns ett stort utbud av småskalig teknik inom lantbruket är kostnaderna relativt låga jämfört med att använda sönderdelningsutrustning för träråvara. Vid användning av befintliga lantbruksmaskiner i en bränslekedja kan dock krävas en viss utveckling och modifiering beroende på krav på funktion och automatisering. Ett område som här är viktigt att beakta är problematiken med kraftig dammbildning som är ett problem med framför allt värskördade grödor som rörflen och hampa.

5.5 Förutsättningar för energigrödor som bränsleråvara

Utifrån tidigare avsnitt kan det konstateras att det idag fortfarande är svårt för flera nya energigrödor att ekonomiskt konkurrera med nuvarande biobränslesortiment. Det finns dock flera exempel där salix och halm används i både mindre och större anläggningar. Flera stora nya anläggningar planerar dessutom att till en viss andel kunna använda åkerbränslen som t ex halm (Mattsson, 2006; Forsberg m fl 2007). För storskalig användning kommer förmodligen fler rest- och biprodukter från jordbruket på sikt att få större betydelse, eftersom dessa inte konkurrerar om jordbruksmark samt har lägre produktionskostnad än grödor som enbart odlas i syfte att användas för värmeproduktion. För odlade energigrödor måste däremot betalningsförmågan vara så pass stor att den med god

marginal täcker produktionskostnaden. I de fall investeringar måste göras för att kunna använda råvaran i t ex befintliga anläggningar måste även dessa kostnader tas hänsyn till.

Att förädla egenproducerade råvaror från jordbruket kan vara ett sätt att öka produktens värde. Briketter eller pellets av halm, rörflen och hampa ger till exempel ett högre pris än i lös alternativt balad form. Andra fördelar med att förädla bibränslen till briketter och pellets är att de jämfört med oförädlade bibränslen i större omfattning kan användas i enskilda pannor och mindre närvärmeanläggningar (kapacitet 100 kW och uppåt), och förutsatt att volymerna är tillräckligt stora även kan distribueras kostnadseffektivt över relativt stora geografiska områden. Nedan görs en sammanfattande värdering (tabell 11) och bedömning av för- och nackdelar med råvaror tänkbara för vidare förädling till briketter och pellets.

Tabell 11. Sammanfattande värdering av för- och nackdelar med olika råvaror för brikett- och pelletstillverkning.¹

Produktion	Energiskog	Rörflen	Hampa	Halm
Produktionsförutsättningar				
<i>Skåne</i>	+++	++	++	+++
<i>Västra Götaland</i>	++	++	++	++
<i>Mälardalen</i>	++	+++	++	+
<i>Västerbotten</i>	-	+++	++	-
Produktionskostnad	++	+	--	+++
Förändring för odlaren	---	-	-	+++
Lagringsutrymme	+	-	-	-
Småskalig brikettering	0	++	++	++
Småskalig pelletering	+	++	++	++
Råvarans förbränningsegenskaper	-	-	-	---

¹ Fördelar anges med plus (+) respektive nackdelar med minus (-). Noll (0) betyder mindre aktuellt då råvaran kan användas som torkad kvalitetsflis.

5.5.1 Energiskog (Salix)

Salix är idag en etablerad bränsleråvara som utan större merkostnader kan tas emot som flisad råvara av värmeverken. Om grödan odlas på lämplig mark och sköts om på rätt sätt kan grödan både ge en lönsam avkastning och konkurrera med nuvarande bibränslesortiment. Grödan skördas på vintern och behöver inte lagras lika länge som de vårskördade grödorna. Salix ger i genomsnitt bäst skördeavkastning i de södra regionerna, men frosttåliga sorter gör det möjligt att även odla grödan längre norrut. Ett hinder för salix som bränsleråvara är att intresset för att odla salix är lågt bland jordbrukare, vilket medför att marknaden är liten idag. För att öka odlingarna av salix måste insatser göras för att förbättra förutsättningarna och viljan att odla grödan.

Eftersom salix i första hand används som flisråvara i befintliga värmeverksanläggningar så är erfarenheterna att småskaligt förädla salix relativt begränsad. Pelletering av salix i mindre produktionsanläggningar i kommersiell skala förekommer dock i andra länder som England och Polen. Detta beskrivs närmare i avsnitt 8.2. Nackdelen med salix är att råvaran är fuktig och torkning krävs innan pelletering. Småskalig torkteknik finns idag på marknaden och enligt Nilsson & Bernesson (2008) så är det även ekonomiskt möjligt att använda salix som råvara i mellanstora förädlingsanläggningar. Bedömningen är dock att råvaran i dagsläget är mer lämpad och efterfrågad som flis till värmeverken. Genom fortsatt utveckling av system

kring skörd och lagring av råvaran, som t ex system för buntning, kan eventuellt lagringskapacitet förbättras (Jirijis, 2008). Liksom övriga jordbruksbaserade råvaror så bör salix användas i värmeanläggningar anpassade för ”besvärligare bränslen” med avseende på både aska och emissioner. Tidigare studier har bl a visat att vissa kloner av salix tar upp mycket kadmium ur marken (Energimyndigheten, 2004). I stora anläggningar avskiljs kadmium vid stoftrening och ev rökgaskondensering. Mindre värmeanläggningar typ närvärmecentraler (>100 kW) har inte denna avskiljning, och där bör salixbränslet kontrolleras så de håller låg Cd-halt.

Att använda salix som råvara i mindre förädlingsanläggningar som komplement till traditionella råvaror kan dock vara ett alternativ i områden där odlingar är lokaliserade långt från stora värmeanläggningar och råvaran kan användas oförädlad som flis.

5.5.2 Halm

Halm är en restprodukt och den råvara från jordbruksmark som på kort sikt har bäst förutsättningar att öka i användning i storskaliga anläggningar. Produktionen av halm är begränsad av regionala förhållanden och är en råvara som har bäst förutsättningar i de södra regionerna som har stora odlingar av spannmål och oljeväxter. Halm är förbränningstekniskt en mer besvärlig råvara än flis, men många värmeverk har idag relativt god insikt i hur stor andel av t ex stråbränslen som kan blandas in i befintliga bränslen såsom flis (Lindh, 2005; Todorvic, 2007; Burvall, 2008; Björklund, 2008). Problemet är att på ett kostnadseffektivt transportera råvaran till anläggningen och hanteringen av bränslet innan förbränning i pannan (Forsberg m fl, 2007; Burvall, 2008). Betalningsviljan för halmen måste dessutom bli bättre för att lantbrukare i högre grad ska välja att sälja råvaran som energiråvara istället för att plöja ner den eller sälja den som strö till djurproduktion.

Halm har goda förutsättningar som råvara i småskaliga förädlingsanläggningar. Det som begränsar användningen av briketter och pellets av halm är främst de tekniska och miljömässiga förutsättningarna att använda dessa i mindre förbränningsanläggningar. Under det senaste året har även intresset för att använda halm som ströpellets ökat. Två små anläggningar är i drift och fler är i planeringsstadiet (Wallin, 2008a). Om intresset för halm som ströpellets fortsätter att öka kan det bli svårt för halm att konkurrera som bränslepellets då betalningsförmågan för strö är avsevärt högre. Samtidigt så kan ökad produktion av ströpellets leda till att många små förädlingsanläggningar startas upp, vilket ökar möjligheten att förbättra utnyttjandegraden på anläggningar genom att samordna produktion av ströpellets och bränslepellets av andra råvaror.

5.5.3 Rörflen

Rörflen är den gröda som är mest flexibel av de studerade grödorna/restprodukterna eftersom den lämpar sig att dels odlas på mindre produktiva marker och dels kan odlas i hela landet. Försök har utförts i olika förbränningsanläggningar med bränslet i oförädlad och förädlad form. Förbränningstekniskt har rörflen något bättre egenskaper än halm, och med en anpassad förbränningsutrustning så har rörflen potential att användas som t ex inblandning i mindre värmecentraler (Erhardsson m fl 2006; Paulrud & Nilsson, 2001). Produktionskostnaden är idag för hög för att bränslet ska vara konkurrenskraftigt för

storskalig användning. Det finns dock potential att utveckla en effektivare produktionskedja och studier från Finland visar också att det går att hitta synergier med andra bränslen. Tidigare torvtäkter kan t ex bli areal för produktion av rörflen.

I Finland har användningen av rörflen för energiproduktion ökat drastiskt. Bränslet används i huvudsak som inblandning med torv i fluidiserade bäddar. En undersökning i Finland (Pahkala m fl, 2008) visar att fler än 50 anläggningar idag har möjlighet att använda stråbränslen som blandas med torv och träflis med en andel upp till 10 % av bränslets totala energivärde. Liksom för halmen är problemet för många anläggningar att kunna ta emot och hantera bränslet i form av balar. Utveckling pågår nu i Finland (Pahkala m fl, 2008) för att hitta effektiv teknik att vid anläggningen sönderdela balarna och mixa materialet innan förbränningen i pannan. Ett alternativ till att ta emot materialet i form av balar är att leverera bränslet i hackad form, men för att få en effektiv transportekonomi måste avståndet i detta fall vara kortare än 20 km (Lindh m fl, 2008, 2005).

I Sverige har försök med rörflen blandat med torv gjorts i Skellefteå Krafts anläggning med goda resultat (pågående projekt per kontakt Burvall, 2008). En stor skillnad mellan Sverige och Finland är att subventionerna för rörflensodling är så höga i Finland att de i stort sett täcker hela produktionskostnaden (Kimming, 2008). Enligt Pahkala m fl (2008) var priset för rörflen i Finland fritt levererat till värmeverk i genomsnitt 30 euro/ton 2006, vilket motsvarar ett pris på ca 77 kr/MWh¹.

Av de studerade råvarorna är rörflen en råvara som bedöms ha goda förutsättningar att användas i lokala småskaliga förädlingsanläggningar. Eftersom produktionskostnaden är relativt hög krävs fortsatt utveckling av hela bränslekedjan för att få ner kostnaderna vilket belyses närmare i avsnitt 5.8. Brikettering bedöms i dagsläget vara den förädlingsform som är att föredra då pelletering är dyrare och ofta kräver en småskalig privat marknad för att löna sig. Ur förbränningssynpunkt bör rörflen inte användas i villapannor. Vid tillverkning av mindre briketter, med en diameter på 40 eller 50 mm, kan briketterna användas i mindre värmeverk och närvärmecentraler, vilket ökar möjligheterna att prismässigt konkurrera med andra biobränslen.

Liksom salix är rörflen en flerårig gröda, vilket förbättrar energibalansen samtidigt som grödans odlingssegenskaper inte medför lika stora förändringar för odlarna som salix gör.

5.5.4 Hampa

Liksom rörflen är hampa en gröda som kan odlas i hela landet. Hampa är en gröda som idag har för hög produktionskostnad för att enbart användas som en bränsleråvara. En ökad användning av hampa som bränsle kräver att grödan får en multifunktionell användning genom att t ex kombinera produktion av fiber och energi. Olika utvecklingsprojekt kring nya användningsområden pågår också runt om i landet. I ett pågående utvecklingsprojekt, "Vidareförädling av hampa," görs försök för att separera hampan i fiber och vedråvara på gårdsnivå. I projektet ingår bl a att utveckla en

¹ Valuta; Euro 10,84 SEK

fibersepareringsmaskin för vårskördad hampa som kan användas på gårds- och lokalnivå, med utgångspunkt från befintliga maskiner. (Green4u, 2008).

Fördelen med hampa är att det är en ettårig gröda vilket gör den intressant för fler lantbrukare att odla jämfört med de fleråriga grödorna. Detta är dock också en anledning till att råvaran ej kan konkurrera ekonomiskt som enbart bränsleråvara. Dessutom blir energibalansen sämre.

5.6 Rörflen som bränsleråvara

Rörflen är ett flerårigt gräs som kan odlas i hela landet. Kvaliteten och skördemängden är beroende på vilken mark som valts, vilken sorts rörflen som såtts och hur gödslingen har skett. Första skörden tas på våren två år efter sådd och är ca 20 % lägre än följande års skördar. Skördenivån från andra året ligger på ca 4-6 ton ts/ha vid normala förhållanden för vårskörd. Om rörflen bärgas tidigt på våren är torrsubstansen normalt mellan 80-90 %.

Vid skörd av rörflen är kapaciteten viktig för att hålla nere produktionskostnaden och med tillgängliga maskinresurser hinna bärga en tillräckligt torr rörflen av god kvalitet. Vårskördad rörflen kan pressas med både rundbals- och storbalssteknik, s.k. HD-press.

Rörflen är en råvara som bedöms ha bra förutsättningar att användas i små lokala förädlingsanläggningar i hela landet. Grödan är förhållandevis ny och det finns möjligheter till kostnadsänkningar i samband med både odling, hantering och lagring. Nedan görs en övergripande analys kring rörflensodlingens ekonomiska förutsättningar som råvara för småskalig vidareförädling och var kostnadsänkande åtgärder bör tillämpas i första hand.

5.6.1 Kostnadernas fördelning i rörflensodling

I samtliga beräkningar ingår direkta kostnader i form av utsäde, gödning (avser 2006 års priser) mm., alla körslor är inlejda, kostnader för företagarens eget arbete och kapital med en real kalkylränta på sex procent. Balning avser HD-press (storbalar) och kostnader för lagring inomhus är beaktade (enklare lagring som används till annat under delar av året). I tabell 12 visas kostnadernas fördelning i kr per ton ts.

Av tabell 12 framgår att kostnaderna i samband med skörd och efter skörd (huggning, pressning, hemtransport, in- och utlastning samt lagring) svarar för 48 procent av kostnaderna vid en skördenivå på 6 ton ts per hektar och år. Etablering, gödsling, tillsyn, administration, avveckling och gemensamma företagskostnader svarar för 52 procent av kostnaderna. Vid en högre skördenivå än 6 ton ts kommer andelen av kostnader, som är orsakade av gödsling och hantering att utgöra mer än hälften av kostnaderna vilket visar betydelsen av en kostnadseffektiv hantering av rörflen efter skörd. Av tabellen framgår att vid skördenivån 6 ton ts är produktionskostnaden 818 kr per ton ts. Om skördenivån i stället varit 7 ton ts hade kostnaderna sjunkit till 767 kr per ton ts och vid skördenivån 5 ton ts hade kostnaderna stigit till 890 kr per ton ts.

Tabell 12. Kostnader och dess fördelning i rörlensodling (exkl. markersättning) vid skördenivån 6 ton ts per hektar.

	Kostnad (Kr/ton ts)	Andel av total kostnad (%)
Etablering	45	5
Gödsling	217	27
Huggning, pressning	220	27
Hemtransport	51	6
Inlastning	18	2
Säsongslagring	100	12
Utlastning	10	1
Tillsyn, administration	33	4
Avveckling	22	3
Allmänna företagsomk.	101	12
Summa	818	100

5.6.2 Nettovärdet av ökad skörd

En större rörlensskörd innebär högre intäkter, men också ökade kostnader. Kostnader för pressning, hemtransport, lastning och lagring ökar. Även kostnader för handelsgödsel ökar. Förutom större kvävegivor ökar bortförseln av fosfor och kalium.

En ökad skördeavkastning kan även fås genom en förbättrad skördeteknik som minskar skördeförlusterna, men också genom att hugga gräset vid rätt tidpunkt. De genomsnittliga skördeförlusterna för rörlens kan idag uppgå till ca 40 % (Larsson m fl. 2006).

Om avkastningen ökar med ett ton ts per hektar, visar tabell 13 att hektarkostnaden ökar med 378 kr. Av denna kostnad utgörs 99 kr av handelsgödsel och 279 kr av ökade hanterings- och lagringskostnader. För att ökad hektarskörd skall få ett bra genomslag i odlingsekonomin krävs antingen en bra betalningsförmåga för skördad rörlens och/eller att hanteringskostnaderna kan hållas på en tillräckligt låg nivå. I tabell 14 och 15 visas produktionskostnader vid olika skördar och kostnadsnivåer i kr per ton ts och i kr per MWh.

Tabell 13. Marginalkalkyl för ett ton ts i ökad produktion av rörlens, uttryckt som årlig kostnadsökning i kronor per ton ts vid marginella ändringar av skörden.

Kostnader	Kr/ton ts
<i>Kostnad för bortförda växtnäringsämnen</i>	
Kväve	67
Fosfor	14
Kalium	18
<i>Övriga direkta kostnader</i>	
Pressning	131
Hemtransport	42
Inlastning	15
Säsongslagring	82
Utlastning	9
Summa kostnadsökning	378

Kostnaderna är olika höga för olika odlare. Utöver skördenivån påverkas produktionskostnaden av ett antal faktorer. Några sådana är bl a maskinutnyttjande, fältformer, avstånd mellan fält, storlek på fält, transportavstånd, odlingsteknik, hur gödsling

sker, vilka priser som betalas för olika tjänster och produkter samt inte minst företagarskicklighet. I nedanstående två tabeller går det att utläsa hur produktionskostnaderna för rörflen ändras när kostnaderna för rörflensodling ändras. Kostnader ändras även över tiden, som t ex gödningsprisernas kraftiga stegring under 2008, vilket också kan utläsas ungefärliga effekter av i nedanstående två tabeller. En ökad kostnad på gödning med 60 % innebär t ex en kostnadsökning på ca 14 % på totala produktionskostnaden vid en skördenivå på 6 ton ts per hektar och år (se avsnitt 5.7).

Tabell 14: Kostnadsmatris för rörflen. Kostnader i kr per ton ts med olika skördenivå och kostnadsnivå, där raden 100 % är huvudkalkyl. Till skillnad från beräkningarna i föregående avsnitt ingår inte kostnad för förmedlingsavgift eller transport från gården.

Kostnadsnivå (%)	Skördenivå ton ts per hektar									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60	706	598	534	491	460	437	419	405	393	383
70	824	698	623	573	537	510	489	472	459	447
80	941	798	712	655	614	583	559	540	524	511
90	1059	898	801	736	690	656	629	607	590	575
100	1177	997	890	818	767	729	699	675	655	639
110	1294	1097	979	900	844	801	769	742	721	703
120	1412	1197	1068	982	920	874	838	810	786	767
130	1530	1297	1157	1064	997	947	908	877	852	831

Tabell 15: Kostnadsmatris för rörflen. Kostnader i kr per MWh¹ med olika skördenivå och kostnadsnivå, där raden 100 % är huvudkalkyl. Till skillnad från beräkningarna i föregående avsnitt ingår inte kostnad för förmedlingsavgift eller transport från gården.

Kostnadsnivå (%)	Skördenivå ton ts per hektar									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60	144	122	109	100	94	89	86	83	80	78
70	168	142	127	117	110	104	100	96	94	91
80	192	163	145	134	125	119	114	110	107	104
90	216	183	163	150	141	134	128	124	120	117
100	240	203	182	167	157	149	143	138	134	130
110	264	224	200	184	172	163	157	151	147	143
120	288	244	218	200	188	178	171	165	160	157
130	312	265	236	217	203	193	185	179	174	170

¹ Värmevärde 4,9 MWh/ton ts.

5.7 Påverkan av prisutvecklingen på råvaror och insatsmedel inom jordbruket

Utbudet av råvaror för bioenergi från jordbruket bestäms av det pris som kan fås för råvaran, det pris som kan fås för andra råvaror som konkurrerar om samma areal samt den resursåtgång som krävs för att producera råvaran. Det är det ekonomiskt baserade utbudet som är avgörande för vad som faktiskt finns tillgängligt vid olika prisnivåer. Generellt sett så ökar den utbudna kvantiteten med högre prisnivåer. Ett exempel på detta är ökade spannmålsodlingar runt om i Sverige. Stigande priser på traditionella grödor har t ex gjort att spannmålsodlingen har ökat med 10 % i Sverige och trädesarealen har nästan halverats till 147 000 hektar sedan 2006 (Agronomics, 2008). Svag produktprisutveckling och ökade kostnader har dock inneburit att lönsamheten fallit tillbaka under 2008 och enligt SJV (2008b) kommer ett pris på vete under 1,40 kr per kg att leda till sämre lönsamhet än under

2006. Utöver stora prisuppgångar för jordbrukets produkter har även priserna för jordbrukets produktionsmedel stigit kraftigt under det senaste året. Enligt SJV (2008b) steg produktionskostnaderna i spannmålsodling motsvarande 20 öre per kg vete eller ca 1700 kr (avkastning 8,5 ton) per hektar för höstvetet under perioden juni 2007 till maj 2008. Av denna ökning står handelsgödsel för ca 1000 kr per hektar och 700 kr per hektar kan hänföras till utsäde, bekämpningsmedel, underhåll, drivmedel, underhåll, förvaring, kapital och arbete. Som framgår av tabell 16 har gödning ökat i kostnad betydligt mer än andra insatser i växtodlingen. Växtskydds- och bekämpningsmedel samt energi och smörjmedel har också ökat avsevärt i pris. Även utsäde har haft en kraftig prisökning. Övriga insatser avviker inte nämnvärt i ökningstakt jämfört med KPI.

Tabell 16. Kostnadsökningar inom jordbruket i procent i produktionsmedelsindex under perioden maj 2007 till maj 2008 enligt SJV (2008b).

Produktionsmedel	Diff %
Utsäde	20,5
Energi och smörjmedel	26,2
Gödnings- och jordförbättringsmedel	61,8
Växtskydds- och bekämpningsmedel	27,1
Underhåll av utrustning	4,3
Underhåll av byggnader	4,0
Maskiner och redskap	4,2
Ekonomibygnader	3,7

Från tabell 17 kan vi utläsa att gödning, bekämpning och utsäde utgör en betydligt större kostnad i höstvetet jämfört med rörflen räknat i absoluta belopp, men även i procent utgör dessa kostnadsposter en större andel i höstvetet än i rörflen. Det är dessa tre kostnadsgrupper samt drivmedel som enligt tabell 16 haft kraftigast prisstegringar under perioden maj 2007 till maj 2008.

Tabell 17 Kostnadernas fördelning i rörflensodling och höstvetesodling med reducerad jordbearbetning.¹

	Rörflen Kr/ton ts*	Höstvete Kr per ton vara	Rörflen % av kostnad	Höstvete % av kostnad
Utsäde	8	87	1,0	7,2
Gödning	189	308	23,1	25,6
Bekämpningsmedel	0	139	0	11,6
Körslor, arbete, torkning, lagring och ränta	621	668	75,9	55,6
Summa	818	1202	100	100

¹ Exklusive markersättning, skördenivån om 6 ton ts per hektar för både vete och rörflen samt prisnivå 2006

² Exkl förmedlingsavgifter och 3 mils transport till användare

Ökade kostnader på produktionsmedel påverkar även produktionskostnaderna för energigrödor, speciellt för en ettårig gröda som hampa där en stor andel av produktionskostnaden är etableringskostnader. För fleråriga grödor som salix och rörflen blir kostnadsökningen inte lika stor i kr per ton. En ökad kostnad på gödning med 60 % ökar t ex produktionskostnaden för rörflen med ca 114 kr per ton ts, vilket motsvarar ca 23 kr per MWh. På den totala produktionskostnaden så innebär det en kostnadsökning på ca 14 %.

5.7.1 Effekt av ökat markvärde

I redovisade kalkyler för produktionskostnader ingår inte markkostnaden eller arrendekostnaden eftersom den varierar för olika regioner. Prisutvecklingen på råvaror påverkar dock markkostnaden. Spannmålspriserna har t ex stigit kraftigt under perioden 2006 till 2008, vilket ökat alternativvärdet på marken. I södra och mellersta Sverige har spannmålspriserna haft störst inverkan, medan skogs- och mjölkpriser haft störst inverkan i Norrland. Detta innebär en ökad produktionskostnad för en rörfbensodling. Av tabell 18 framgår hur mycket produktionskostnaden ökar för rörfben vid en ökad markkostnad på 1000 kr per hektar och år. Vid skörden 6 ton ts per hektar innebär en ökad markkostnad på 1000 kr per hektar och år att produktionskostnaden stiger med ca 25 procent.

Tabell 18. Ökad produktionskostnad per MWh och per ton ts per 1000 kr per hektar i ökad markkostnad vid olika skördenivåer i rörfben.

	Skördenivå i rörfben, ton ts per hektar									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kr /MWh	83	62	50	41	35	31	28	25	23	21
Kr/ton ts	405	304	243	203	174	152	135	121	111	101

5.8 Möjligheter till kostnadssänkningar för stråråvara

För att rörfben ska kunna konkurrera med kutterspån, som enligt Winkler (2008) kan ligga på ett pris uppemot 700 kr per ton sommartid och över 1000 kr per ton vintertid, är det viktigt med en effektiv produktionskedja så att produktionskostnaden kan hållas nere. Vid en skördenivå på 6 ton ts per år så ligger produktionskostnaden för rörfben på ca 818 kr per ton ts eller ca 700 kr per ton exklusive transport till användare.

Både produktionskostnad och betalningsförmågan för skördad rörfben avgör om rörfben är en ekonomiskt intressant gröda för vidare förädling till briketter och pellets. I tabell 19 går det att utläsa lönsamheten vid olika skördenivåer och olika betalningsförmåga för rörfben. Vid låga priser eller låga skördar är hektarresultaten negativa i rörfbensodling. I redovisade netton ingår inte markkostnaden, energigrödestödet eller gårdsstödet.

Produktion av åkerbränslen kommer att främst utföras av lantbruksföretag och i redovisad kalkyl (tabell 12) ingår t ex inte effekten av s.k. ”företagarskicklighet”, dvs. företagarens möjlighet att få ner kostnaderna genom att använda befintliga maskiner och byggnader, genom samordning med annan verksamhet samt genom bra affärsmodeller. Kalkylerna kan därför skilja beroende på företagets förutsättningar. Enligt tabell 12 utgör gödning (27 %), slätter och pressning (27 %) och lagring (12 %) samt att flytta balar (9 %) tunga kostnadsposter.

Nedan studeras några olika tänkbara möjligheter till kostnadssänkningar inom rörfbensodling och dess hantering på gårdsnivå och hur det påverkar rörfbenskalkylen (tabell 20). I Finland pågår utveckling för att hitta effektiv teknik för att transportera bränslet till värmeverk samt sönderdela och blanda materialet med andra bränslen innan pannan (Örberg, 2008; Lindh m fl 2008). Även vid SLU, enheten för Biomassateknologi och kemi har studier kring kostnadssänkande åtgärder kring bl a pressning och hantering utförts (Örberg, 2008).

Tabell 19. Odlingsnetto per hektar vid olika betalningsförmåga för rörflen. Förmedlingsavgift eller transport från gården ingår ej.

Betalningsförmåga, Kr per ton ts (kr/MWh)	Skördenivå ton ts per hektar									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
500 (102)	-677	-497	-390	-318	-267	-229	-199	-175	-155	-139
600 (122)	-577	-397	-290	-218	-167	-129	-99	-75	-55	-39
700 (143)	-477	-297	-190	-118	-67	-29	1	25	45	61
800 (163)	-377	-197	-90	-18	33	71	101	125	145	161
900 (184)	-277	-97	10	82	133	171	201	225	245	261
1000 (204)	-177	3	110	182	233	271	301	325	345	361

Tabell 20. Möjliga kostnadsreduktioner genom några olika åtgärder.

	Huvudkalkyl, kr/ton ts	Kommentarer Sänkta/Ökade kostnader	Möjlig kostnadsänkning kr/ton ts (ca)
Etablering	45		
Gödsling	217 (2006)	Sänkta kostnader genom slamgödsling 22 kr per ton ts för fosfor + kväveeffekt och lite kaliumeffekt med 2006 års priser. 80 kr per ton ts för fosfor med höga fosforpriser. Givans storlek påverkar värdet av gödsling med slam.	-50
Slätter, pressning	220	20 % ==> 44 kr Bernesson (2008) och Nilsson hävdar att kapaciteten på pressar ökat avsevärt sedan 1991. Både förbättringar av pressars kapacitet samt ett högre årsutnyttjande av pressar genom att både pressa rörflen på våren, ensilage samt halm på hösten kan sänka kostnaderna.	-44
Hemtransport	51	Ökad baldensitet minskar kostnaderna i hela kedjan efter pressning. Enligt Örberg (2008) kan baldensiteten ökas med 30 %. Det kan innebära 25 % sänkta kostnader i hanteringsleden efter pressning.	-13
Inlastning	18	Ökad baldensitet	-4
Säsongslagring	100	Lagring utomhus i plasttunnel	-45
Utlastning	10	Ökad baldensitet	-2
Tillsyn, administration	33		
Avveckling	22		
Allmänna företagsomk.	101		

5.8.1 Olika skördesystem

Nilsson och Bernesson (2008) och Forsberg m fl, (2007) har tidigare visat att en viktig post som påverkar produktionskostnaden för stråbränslekedjor är om materialet lagras inomhus eller utomhus. Lagringskostnaderna påverkas i sin tur av hur hög densitet bränslet har (rundbal, fyrkantbal, hackelse). Vid utomhuslagring är det dock relativt små skillnader i lagringskostnader mellan olika alternativ jämfört med inomhuslagring (tabell 21). Hackelse kan t ex vara ett intressant alternativ vid utomhuslagring, medan vid inomhuslagring blir hackelse ett dyrt alternativ. Som framgår av tabellen så är utomhuslagring i höga staplade stackar ett avsevärt billigare alternativ än inomhuslagring. Att lagra balar utomhus utan täckning, som siffrorna nedan avser, är dock inget alternativ om råvaran ska vidareförädlas till briketter eller pellets i små produktionsanläggningar, eftersom det försämrar

bränslekvaliteten och ökar risken för driftstörningar. Ska balarna lagras utomhus bör dessa täckas, se nedan.

Tabell 21: Kostnader för lagring av halm (Nilsson och Bernesson, 2008). Kostnaderna är i kr per ton ts halm.

	Stor fyrkantsbal kr/ton ts	Mellanstor fyrkantsbal kr/ton ts	Rundbal kr/ton ts	Hackelse kr/ton ts
Utomhuslagring	21	28	27	24
Inomhuslagring	245	245	320	556

Om baldensiteten ökar kommer hanteringskostnaderna efter skörd att minska. Att densiteten per bal ökar innebär ytterst små ökade hanteringskostnader per bal medan hanteringskostnaderna per kg sjunker avsevärt. Enligt tabell 12 är kostnaderna för hemtransport och inlastning 69 kr per ton ts rörflen och inklusive inomhuslagring och utlastning är kostnaderna 179 kr per ton ts rörflen för stora fyrkantsbalar. En ökad baldensitet på 30 % skulle sänka kostnaderna med ca 21 kr per ton ts rörflen exklusive lagring och med ca 54 kr inklusive lagring inomhus. Ökad baldensitet får framförallt betydelse för produktionskostnaden när stråbränslet lagras inomhus.

5.8.2 Teknik för hantering av balar

I dag finns utrustning tillgängligt i andra länder som Danmark, England och USA som kan tillämpas för att reducera kostnaderna vid hantering och lagring av stråbränslebalar (Hadders m fl 1997; Nielsen m fl 2001, 2002). Anledningen till att utrustningen inte i större omfattning förekommer i svensk hantering av storbalar är att volymerna som hanteras hittills varit för små för att antalet timmar per maskin ska bli tillräckligt stort för att täcka kapitalkostnaderna. Ytterligare skäl är att tekniken inte har testats för svenska förhållanden och system.

Utöver högre baldensitet kan det finnas olika faktorer som kan minska kostnaderna i samband med hantering som t ex balklämmor/gripar som tar fler balar, självlastande och självavlastande vagnar, traverser för avlastning, diverse förbättrade logistikflöden osv. (figur 7 och 8). I Hadders m fl (1997) beskrivs flera sätt att potentiellt minska kostnaderna för hantering av stråbränslen. En del av dessa förbättringar, som t ex utnyttjande av självlastande balvagnar, innebär dock höga kapitalkostnader och blir därmed dyrt i liten produktionsskala. I Hadders studie (1997) lyfts dock ett par åtgärder fram som höjer kapaciteten vid hemkörning, dvs. lastning, transport och lossning av balar utan att samtidigt höja kostnaden per ton material. Dessa är att utöka lastvolymen vid transport av balarna från fält samt att skapa moduler av flera balar tidigt i kedjan (figur 7). Enligt Hadders (1997) höjde en 4-balgrip kapaciteten med 14 % för all på- och avlastning inklusive fälttransport.

För rörflen kostar momenten skörd, pressning, inlastning, lagring inomhus och utlastning i genomsnitt ca 400 kr per ton ts. Minskade kostnader från skörd till uttag från lager med 10 procent skulle innebära ca 40 kr per ton ts i lägre produktionskostnad.



Figur 7. Exempel på teknik som kan skapa moduler av flera balar tidigt i kedjan. Källa (Krone, 2008).



Figur 8. Ysta Pomi uppsamlingsvagn för storbal. Källa (Ystamaskiner, 2008).

5.8.3 Teknik för lagring

Ett alternativ till att lagra stråbränslen inomhus är att lagra utomhus i s.k. plastlimpor eller plasttunnlar. Vid rätt utnyttjande är det en billig metod att lagra stråbränslen. En intressant teknik som utvecklats av ett danskt företag är en inplastare för storbalar Pomi Wrap 5 (figur 9) (Nielsen & Hinge, 2002). Fördelen med den här metoden jämfört med inplastning av varje bal är att materialet lagras i en tunnel, vilket medför att plaståtgången blir mindre samt att luftkanaler bildas när man staplat in den övre balen. Detta gör att man får en ventilation genom stacken som minskar risken för kondens. Kapaciteten begränsas av hur snabbt man kan lasta in i maskinen. Enligt redovisad kalkyl av svenska återförsäljaren Pajse TeknikUtveckling (www.pajse.se) är kostnaden ca 12 kr per bal om maskinen utnyttjas 250 timmar per år. För en fyrkantbal med en vikt på ca 260 kg ger det en kostnad på 4,80 öre per kg eller ca 55 kr per ton ts för rörflen, vilket i genomsnitt är halva kostnaden jämfört med inomhuslagring som är ca 100 kr per ton ts exklusive in- och utlastning. Till detta

tillkommer kostnaden att lasta in balarna i maskinen och eventuell förflyttning av maskinen till olika fält.

Metoden tillämpas bl a på en gård utanför Ystad där bränslehalm lagras i 80 m långa limpor innan leverans till halmvärmeverket i Skurup (Ystad Allehanda, 17 okt, 2007) (figur 10). Inplastaren är en s.k. Pomi Wrap 2 (Nielsen & Hinge, 2002). Maskinerna kostar från 240 000 kr för en Wrap 2 till 415 000 kr för en Wrap 5. Den här typen av plastare är inget för en enskild gård med en småskalig produktion, men kan vara ett alternativ för ett kooperativ/förening av lantbrukare eller i form av en maskintjänst där man hyr maskinen och sköter inlastningen själv.



Figur 9. Lagring av halm i plasttunnel med en PomiWrap 5 (www.pajse.se).



Figur 10. Lagring av halm i plastlimpor utanför Ystad (Ystad Allehanda, 2007).

För att i framtiden kunna utnyttja stråbränslen på ett optimalt sätt är det viktigt att studera om den teknik som finns tillgänglig idag utanför Sverige kan reducera kostnaden även under svenska förhållanden. Genom att lagringskostnaden utgör en relativt stor kostnad är det relevantt att praktiskt studera system för utomhuslagring av stråbränslen och hur det påverkar kvaliteten på bränslet. Oavsett användningsområde, leverans till värmeverk eller för vidareförädling, är det viktigt att bränslet håller en bra kvalitet för att minska eventuella driftsstörningar. Framför allt bör studier genomföras avseende hur lagring i plast påverkar fukthalten på bränslet, effekten av lagringstid samt eventuella problem med att hål orsakade av t ex vilt uppstår i plasten.

5.8.4 Lagringsbyggnad och befintliga maskiner

Om det finns möjlighet att utnyttja lagringsbyggnader för vårskördade stråbränslen som t ex rörflen eller hampa på våren och halm på hösten kan lagerbyggnaden användas för två omgångar bränslen. Eventuellt kan lagringsbyggnaden även användas för andra ändamål under delar av året som t ex förvaring av maskiner. I lagringskostnaden på 100 kr per ton ts för rörflen (tabell 12), är det t ex beaktat att delar av byggnaden under delar av året används till annat än lagring av rörflen.

Strågrödor som skördas före ensilageskörden leder till ett ökat utnyttjande av dessa maskiner. I en situation med konkurrens mellan maskinhållare kan det öka möjligheten att förhandla till sig ett lägre timpris för pressar och hackvagnar, jämfört med när dessa maskiner används för traditionella jordbruksgrödor som halm och vallensilage. Pressningskostnaden med en stor fyrkantsbalspress är bedömd till 160 kr per ton ts för

rörflen (tabell 9). Fältförhållandena och geografiska förutsättningar kan dock påverka pressningskostnader. Om ett bättre maskinutnyttjande vid pressning kan sänka kostnaderna med 10 procent minskar den totala produktionskostnaden för rörflen med ca 16 kr per ton ts.

5.8.5 Transport och förädling på gården

Med vidareförädling på gården sparas kostnader för vidaretransport av balar från gården till kund. Vägtransport av rörflen med sträckan 30 kilometer kostar enligt SOU (2007) 90 kr per ton ts. Bernesson & Nilsson (2005) anger en kostnad på 82 kr per ton halm vilket motsvarar 100 kr per ton ts halm.

5.8.6 Slam och avloppsvatten som gödselmedel

Växtnäringskostnaderna utgör en väsentlig del av kostnaderna för rörflensodling. Enligt tabell 12 utgör gödning ca 27 % av kostnaderna vid skördenivån 6 ton ts per hektar. Genom gödning med slam är det framförallt fosforbehovet som tillgodoses. Avloppsvatten har ett mer balanserat växtnäringsinnehåll, vilket gör att användning av handelsgödsel därmed eventuellt kan slopas. Dessutom kan även skördenivån förväntas öka vid bevattning med avloppsvatten. Enligt en undersökning av Weglin (2004) kostade det för några olika reningsverk ca 220 kr per ton slam plus transportkostnad att göra sig av med slam för användning till anläggningsjord eller gödsel till jordbruksgrödor och energiskog. Reningskostnaderna för reningsverk att rena avloppsvatten är betydligt högre än värdet av växtnäringsinnehållet i avloppsvatten, vilket leder till att de största ekonomiska vinsterna med omhändertagande av avloppsvatten i energigrödeodling ligger i inbesparade kostnader för reningsverket och inte som inbesparade kostnader för inköp av handelsgödsel.

Enligt SJV (2008b) har handelsgödsel- och jordförbättringsmedelspriserna stigit med ca 60 procent mellan maj 2007 till maj 2008. Detta ökar produktionskostnaden för rörflen med ca 114 kr per ton ts, vilket motsvarar ca 23 kr per MWh.

Av fosfor, kalium och kväve är det fosfor som ökat mest i pris under åren 2007 och 2008. Genom att gödsla med slam kan fosforgödslingen slopas, vilket innebär en kostnadsminskning med 22 kr per ton ts med tidigare priser på 11 kr per kg fosfor och med priser på 40 kr per kg fosfor, blir kostnadsminskningen 80 kr per ton ts.

Även om slam och avloppsvatten minskar kostnaderna så är det dock få lantbruksföretag som kan tänka sig att använda den här typen av gödselmedel då man vill bevara flexibiliteten att kunna odla livsmedel igen. (Paulrud & Laitila, 2007).

6. Produktionskostnad för brikettering av rörflen-Fallstudie Låttra Gård i Mälardalen

Det är många faktorer som påverkar förutsättningarna att använda rörflen som bränsleråvara. Tidigare studier och denna studie visar att fortsatta utvecklingsinsatser krävs inom hela bränslekedjan för att rörflen ska bli en konkurrenskraftig bränsleråvara. De kalkyler som tidigare har tagits fram för rörflen bygger oftast på genomsnittssiffror och generella antagande. Rörflen är en gröda som kan odlas i hela landet, men framförallt har den konkurrensfördelar mot traditionella grödor på mindre produktiva marker. Produktionskostnaden är dock beroende av lokala förhållanden. Nedan görs därför en fallstudie för Låttra Gård där produktionskostnaden beräknas för användning av rörflen som råvara i småskalig brikettproduktion.

6.1 Bakgrund

Låttra Gård Bioenergi produkter är ett lantbruksföretag som sedan 1994 driver en småskalig kommersiell briketteringsanläggning i Vingåker utanför Katrineholm. Gården producerar idag ca 2300 ton träbriketter per år. Briketterna levereras till både hushåll (15 %) och till större värmecentraler (85 %). På grund av ökande spånpriser och tilltagande konkurrens om råvara påbörjades 2003 planering för att starta upp lokal produktion av rörflensbriketter. Gården har idag utrustning för att ta in rörflen som råvara i brikettproduktionen. Viss utveckling kvarstår dock för att få en optimal produktionskedja.

Rörflen odlas idag på ca 60 hektar varav man avser att skörda 45 hektar våren 2009. Briketteringsmaskinerna kan idag ta hand om rörflen från ca 500 hektar och själv har gården odlingsmark till maximalt 100 hektar rörflensodling. Detta gör att det på sikt finns ett behov att ta emot råvaror från flera rörflensodlare i trakten av Vingåker utanför Katrineholm.

6.2 Beskrivning av systemet

Rörflen slås av på hösten och får ligga ute i strängar över vintern för att sedan pressas till rund- eller fyrkantsbalar på våren. För att hålla lagringskostnaden nere lagras balarna vid fältkant överdragna med en täckplast. Därifrån hämtas balarna efterhand till hallen där rivaren och kvarnen finns. Avståndet från fältkant till anläggning är ca 1-3 km. Täckning av balarna har hittills skett manuellt. Med ökad skörd måste detta moment effektiviseras och en inplastare av typ Wrap 5 analyseras som ett tänkbart alternativ.

Vid rivaren lastas balarna på en 20 meters lång matarbana som kan sköta sig själv i cirka 10 timmar. Rivaren är en svensktillverkad lamellrivare köpt begagnad, långsamgående för att undvika gnistbildning och brand. Rivaren klarar både fyrkants- och rundbalar och har en kapacitet på 2500 kg per timme. De rivna balarna blåses sedan till en industrikvarn, en Fransson granuleringskvarn HK 26, 55 kW drivmotor, en kvarn som klarar både rörflen

och kutterspån. Därefter blåses det malda materialet över från spånhallen till den närliggande brikettmaskinhallen via ett rör. Materialet leds sedan ner till de tre briketteringmaskinerna, 3 st Bogma V40 svängkolvspressar, med vardera 18 kW huvudmotorer. De färdiga briketterna matas till en före detta plansilo som rymmer 1 000 ton briketter där de lagras. Därifrån lastas och körs briketterna direkt till kund. I brikettmaskinhallen kan briketteringsmaskinerna fjärrövervakas. Via internet kan maskinernas temperatur och ampèreläge avläsas för att se hur hårt de går. Om värdena är avvikande kan maskinerna stoppas via ett datorkommando. Om maskinerna stannar mitt i produktionen fås ett sms-larm till mobiltelefon.

6.3 Produktionskostnad

6.3.1 Beskrivning av kalkylerna

Underlag till produktionskostnadskalkylen för rörflen inkluderar maskinkalkyler för slätter, pressning, fälttransport, inlastning fältlager, inplastning, utlastning fältlager, transport till gård, inlastning i gårdslager samt kalkyl för briketteringsanläggningen. Odlingskalkylen beaktar inte kostnader i samband med skörd eller hantering av materialet efter skörd utan de finns i de separata maskinkalkylerna. I briketteringskalkylen är det beaktat kostnader för briketteringsutrustning, byggnad samt lastare för hantering av rörflen och briketter. Det är inte beaktat stöd som t ex gårdsstöd eller energigrödestöd eller ev. investeringsstöd. Markkostnaden finns inte med i odlingskalkylen. Förklaringen till detta är att exklusive stöd är alternativvärdet på marken relativt nära noll eller negativt om spannmålsodling skulle ha varit alternativet och samtliga kostnader beaktats i spannmålskalkylen liksom för rörflenskalkylen.

I maskinkalkylerna har kostnaderna delats upp på fasta- respektive rörliga kostnader. I beräkningarna har det beaktats att maskinen både används för rörflen och andra arbeten på Låtra gård.

I briketteringskalkylen är fasta och rörliga kostnader separerade för att kunna studera olika årsvolymer. Ränta på briketteringsutrustning, hela kostnaden för byggnader samt hälften av avskrivningen på briketteringsutrustning utgör fasta kostnader i kalkylen. Övrigt utgörs av rörliga kostnader (tabell 27).

6.3.2 Indata till kalkylerna

I kalkylerna är kostnader för arbetskraft antagna till 200 kr per timme och dieselpriset till 8 kr per liter med beaktande av skatteåterbetalningen för drivmedelsskatter inom jordbruk. Realkalkylräntan har antagits till 6 procent. Flertalet av de maskiner som använts är inköpta begagnade och livslängden har kortats ned för dessa maskiner. En del av maskinerna på Låtra gård används även för annat än rörflen samt på andra gårdar. Underlaget till beräkningen av produktionskostnaden ges i tabell 22-24.

Tabell 22. Faktaunderlag för beräkning av produktionskostnaden för rörflen som brikettråvara på Lättra Gärd.

Odling/skörd	
Areal	5 hektar (2002-2006) 60 hektar (2007)
Jordtyp	Lera (lätt-mellan) och sandjord
Sort	Palaton 5 ha Bamse 55 ha
Odlingens omloppstid	10 skördeår.
Gödsling	Handelsgödsel kg/ha: År 1-10 N 70, P 14 och K 28.
Ogräsbekämpning	Första året
Avkastning	6,5 ton/år, 15 % fukthalt (uppskattat)
Skörd	Avslagning på hösten. Rörflenet ligger i strängar till nästa vår, då den samlas in och pressas till fyrkantsbalar. Ev. kan en vändning krävas för att undvika fuktiga partier.
Ihopsamling av balar	Hjullastare
In- och utlastning fältlager samt inlastning gårdslager	Hjullastare
Transport av balar till brikettering	Traktorkärra +vagn
Lagring i plasttunnel	Alt 1. På gårdets kant, invid vägen ca 1-3 km från spånhall. Lagerbalarna plastas in en plasttunnel för att undvika återfuktning och materialförluster. Alt 2. Utanför spånhall. (Detta är känslighetsanalys och inte huvudfallet)

Tabell 23. Maskiner som ingår i produktionskedjan av rörflen.

Maskiner	
Såbäddsberedning	Kverneland fyra skär växelplög, Heslan planersladd och Väderstad N Z harv.
Gödsling	Bogballe hydraiburen centrifugalspridare.
Sådd	Vältsåmaskin (inhyrd).
Skördare/avslagare	John Deer konventionell rotorslätterkross arbetsbredd 3 m
Press	Storbalspress (120x70x250 cm)
Inplastare	Begagnad Pomi Wrap 5 (kommande investering)
Rivare	Svensktillverkad lamellrivare köpt begagnad, långsamgående för att undvika gnistbildning och brand, klarar både fyrkants- och rundbalar.
Kvarn	Fransson granuleringskvarn HK 26, 55 kW drivmotor, industrikvarn köpt för att mala kutterspån som förädlas till träbriketter, klarar även rörflen och träflis.
Briketteringsmaskin/-er	3 st Bogma V40 svängkolvspressar, med vardera 18 kW huvudmotorer. Tot kapacitet 600 kg/h

Tabell 24. Antaganden för de olika maskinerna.

	Anskaffvärde, kr	Livslängd, år	Dieselförb., l/h	Kapacitet, ton vara/h	Användning h/år
Slätter	80 000	15	-	16,6	25
Traktor slätter	450 000	15	17	16,6	25
Press	200 000	10	-	6,8	60
Traktor press	450 000	10	18	6,8	60
Vagn fälttransport	60 000	15	-	16	24
Traktor fälttransport	250 000	10	17	16	24
Lastare inlastning fältlager	400 000	10	15	16	24
Inplastningsmaskiner	420 000	10	2	16	24
Lastare utlastning fältlager	400 000	10	15	32	12
Vagn vägtransport	60 000	15	-	32	12
Traktor vägtransport	250 000	10	14	32	12
Lastare inlastning gårdslager	400 000	10	15	32	12

6.3.3 Resultat kostnadskalkyl

På Låtra gård odlas det 60 hektar rörfilen med en uppskattad hektaravkastning på 6,5 ton, vilket ger 390 ton per år. Kostnadskalkylen bygger på att anläggningen har kapacitet att producera 2500 ton rörfilensbriketter per år. Vid en brikettproduktion med 100 % rörfilen som råvara krävs att Låtra Gård kan köpa in rörfilen från ytterligare ca 325 hektar som ger en avkastning på 6,5 ton.

Kostnaderna för att producera rörfilensbriketter på Låtra Gård visas i tabell 25. Resultatet visar att odlingskostnaden och briketteringen utgör stora andelar av den totala kostnaden. Den höga odlingskostnaden beror framförallt på de höga gödselpriserna. Genom att tillämpa utomhuslagring i plasttunnel minskar kostnadsandelen kring hantering och lagring jämfört med tidigare kalkyl som beskriver en generell produktionskostnad för rörfilen (tabell 12).

Resultatet visar att brikettering av rörfilen på Låtra Gård på sikt kan bli en lönsam bränsleråvara om briketterna betalas med samma pris som för träbriketter. Kostnaderna för att producera rörfilensbriketter är enligt beräkningarna 1236 kr per ton (1453 kr per ton ts) och priset för träbriketter i regionen är i dagsläget ca 1300 kr per ton. Det finns dessutom potential att förbättra kalkylen. Jämfört med de traditionella jordbruksgrödorna är rörfilen fortfarande en ny gröda med potential att sänka kostnader i flera delar av kedjan. Fortsatt teknikutveckling krävs vad gäller skörde- och lagringssystem samt att teknik och system kontrolleras under praktiska förhållanden och kontrollerbara förutsättningar.

Tabell 25. Kostnaderna för produktion av rörlensbriketter på Låtra Gård vid en årsvolym på ca 2500 ton briketter per år.

	Kr/ton	Kr/ton ts ¹	Kr/MWh ²	Kr/ha ³	% av kostnad
Odlingskostnad	522	614	125	3393	42
Slätter	54	64	13	351	4
Pressning	118	139	28	767	10
Fälttransport	34	40	8	221	3
Inlastning fältlager	31	36	7	201	2
Inplastare	30	36	7	195	2
Fältlager	24	28	6	156	2
Utlastning fältlager	15	17	3	98	1
Vägtransport	26	31	6	169	2
Inlastning gårdslager	15	17	3	98	1
Brikettering	367	431	88	2386	30
Summa	1236	1453	294	8035	100

¹ 15 % fukthalt

² Värmevärde 4,9 MWh/ton ts

³ Skördeavkastning 6,5 ton/ha

En jämförelse av kostnaderna i ovanstående tabell med de mer generella siffrorna i tabell 12 visar att det framförallt är kostnaderna för säsongslagring som avviker. Detta beror på att balarna inte lagras i en byggnad, utan att de är inplastade och lagras vid fältkant. Lagringskostnaden är 36 % lägre för Låtra gård jämfört med de generella kalkylerna. In- och utlastning från fältlager är dock ca 90 % högre jämfört med de generella kalkylerna pga. att balarna hanteras fler gånger innan brikettering jämfört med att leverera balarna direkt från fältlager till användare.

Kostnaderna för slätter och pressning är ca 10 % lägre för Låtra gård samt är även kostnaden för vägtransporten mellan fälten och gården lägre jämfört med de generella kostnaderna i tabell 12. Dock är detta en relativt liten kostnad totalt sett och avstånden kan skilja sig åt. Skillnaden i gödselmedelspriser ökar kostnaderna med 142 kr per ton ts i kalkylen för Låtra Gård och en lägre skördeavkastning har använts för Låtra gård, ca 5,5 ton ts jämfört med 6 ton ts per hektar och år.

I kalkylen för Låtra gård är briketteringskostnaden ca 430 kr per ton ts (88 kr/MWh). Energimyndighetens prisblad för biobränslen, torv, mm. (Energimyndigheten, 2008) anger ett pris till stora användare för pellets och briketter på 260-290 kr per MWh och 159-173 kr per MWh för skogsflis för 2008, kvartal 1-3. Gräs och halm kommer dock sannolikt att betalas med ett lägre pris än skogsflis. Enligt Parsby och Rosenqvist (1999) har priserna på halm tidigare legat 17 % lägre än för skogsflis i Danmark.

Om prisskillnaden mellan gräs i balar och gräsbriketter antas till 90 kr per MWh och energinnehållet antas till 4,9 MWh per ton ts så motsvarar detta en prisskillnad på ca 440 kr per ton ts för briketter respektive gräs i balar, vilket är något högre än briketteringskostnaden. Brikettering av rörlfen kan med bra förutsättningar därmed vara ett intressantare alternativ än att leverera balar till större värmeverk. Dessutom kan det vara lättare att finna avsättning för briketter än för rörlfen i storbal, eftersom kostnader för vägtransport av briketter till användare är lägre jämfört med att transportera balar. Enligt SOU (2007) är transportkostnaden för rörlfen i balar 90 kr per ton ts för tre mils transport.

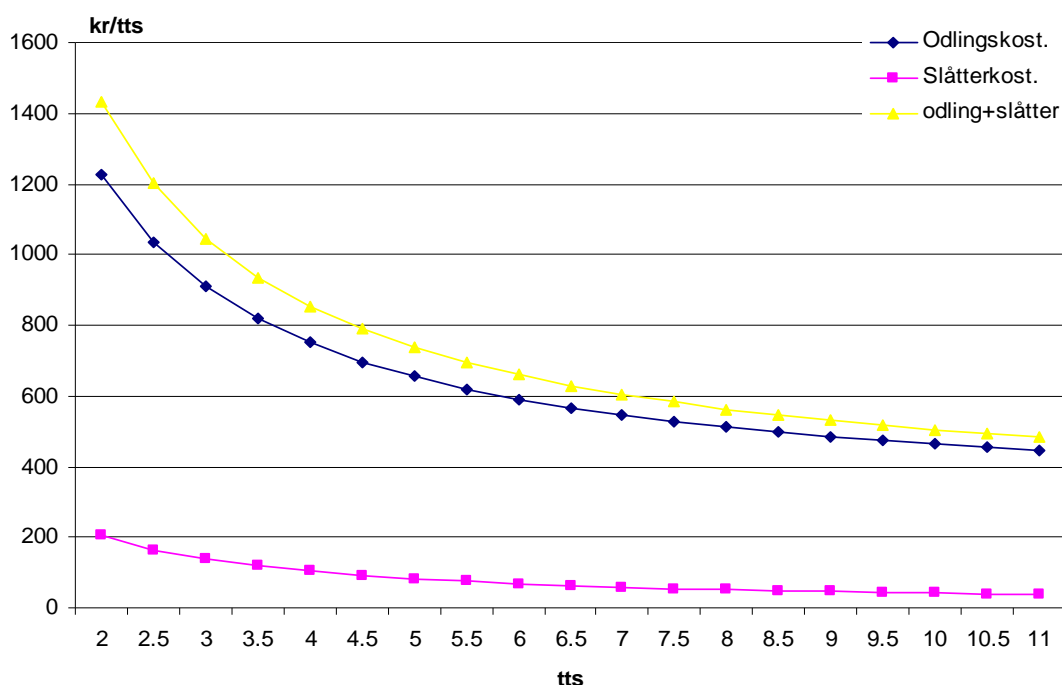
6.3.4 Kostnadernas fördelning och känslighetsanalys

Kostnaderna för rörflensbriketter kan delas upp i de tre huvudgrupperna; odling, hantering och lagring. Med de kostnader som gäller i huvudkalkylen utgör odlingskostnaden 42 %, hantering och lagring 28 % samt kostnader i samband med brikettering 30 %. För hantering utgör pressningskostnaden största kostnadsposten, 10 % av de totala kostnaderna.

Skördenivå

Både odlingskostnad och slätterkostnad sjunker när skörden stiger. En dubblad skörd innebär dock inte halverad odlingskostnad eftersom åtgången av handelsgödsel samtidigt ökar. I figur 11 visas odlingskostnaden, slätterkostnaden och odling + slätterkostnad vid olika skördenivåer. I kalkylen ändras gödsling när skördens storlek ändras. Slätterkostnaden antas däremot vara i stort sett oberoende av skördens storlek. Maskiner och hantering efter slätter antas vara proportionell mot antalet ton som skördas.

Av figur 11 framgår att det har stor betydelse för produktionskostnaden att öka skörden med ett ton ts när skördenivån är låg, medan vid höga skördenivåer minskar produktionskostnaden måttligt vid en ökad skörd på ett ton ts. Det innebär att kostnaderna inte skulle sjunka på något dramatiskt sätt även om rörflen odlas på jordar med mycket höga avkastningspotentialer (skördeavkastningar >6,5 ton ts/ha och år). Resultatet från den här studien indikerar att för hela kedjan från odling till brikettering finns det större potential genom kostnadsreduktion än genom ökad skörd. Dock är det givetvis positivt med en ökad skördenivå.



Figur 11. Odlingskostnad och slätterkostnad i **kr per ton ts** vid olika skördenivåer för rörflen på Lättra Gärd.

Gödsling

Under åren 2007 och 2008 har priserna på handelsgödsel stigit kraftigt. Före denna prisökning var handelsgödselpriserna ca 8 kr per kg kväve, ca 11 kr per kg fosfor och ca 4 kr per kg kalium. I huvudkalkylerna för Låtra gård är priserna 12 kr per kg kväve, 32 kr per kg fosfor och 10 kr per kg kalium. Vid användning av handelsgödselpriser före 2007 sjunker odlingskostnaden från 522 kr per ton till 380 kr per ton, dvs. med 142 kr per ton. De högre handelspriserna har alltså ökat odlingskostnaden med ca 37 procent. Av tabell 26 framgår att för varje 10-tal procent som handelsgödselpriserna ändras utifrån kostnaderna i huvudkalkylen, ändras odlingskostnaderna med ca 30 kr per ton vara.

Tabell 26. Odlingskostnad i kr per ton, kr per ton ts med andra gödselpriser än de i huvudkalkylen på 12 kr per kg N, 32 kr per kg P samt 10 kr per kg K.

Ändring i %	Kr/kg N	Kr/kg P	Kr/kg K	Odlingskostnad kr/ton ¹	Odlingskostnad kr/ton ts ²
+30	15,6	41,6	13	612	724
+20	14,4	38,4	12	582	685
+10	13,2	35,2	11	552	649
0	12	32	10	522	614
-10	10,8	28,8	9	492	579
-20	9,6	25,6	8	462	544
-30	8,4	22,4	7	432	508
-40	7,2	19,2	6	403	474
-50	6	16	5	373	439

¹ 15 % fukthalt

² Värmevärde 4,9 MWh/ton ts

Lagring vid gården

Genom att lagra och plasta in balarna vid briketteringsanläggningen istället för vid fältkant skulle kostnader för inlastning i fältlager samt utlastning från fältlager kunna slopas. Dessa kostnader utgör 46 kr per ton vara (53 kr per ton ts), vilket utgör ca 3 % av de totala kostnaderna. Dock kan det tillkomma något ökade kostnader i samband med briketteringen om lagret med inplastade balar ligger längre ifrån briketteringsanläggningen än vad det ordinarie gårdslagret gör, vilket då sammantaget innebär en marginell besparing.

Briketteringskostnad

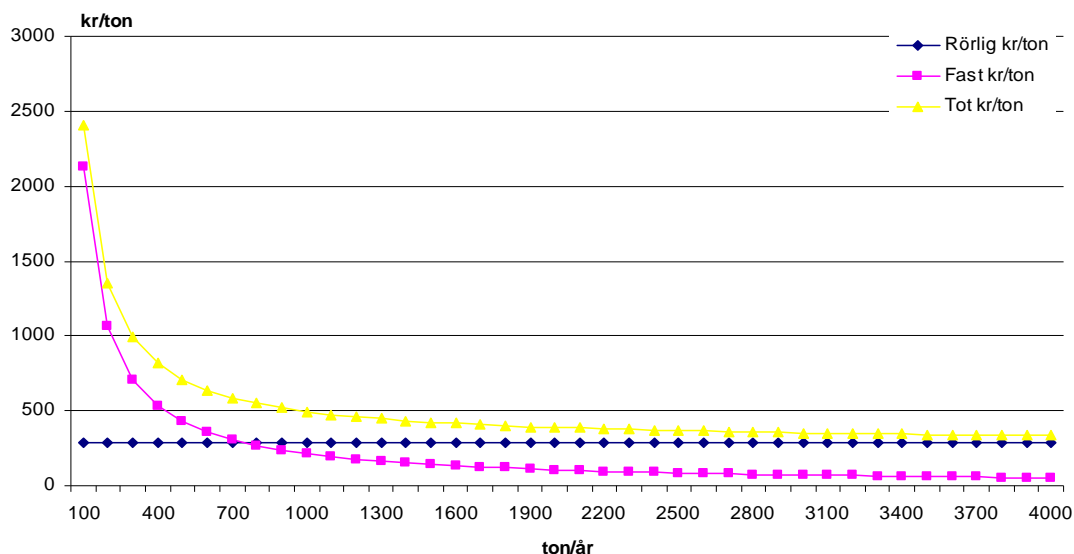
De största kostnaderna i samband med brikettering är arbete och kostnaden för el. Underhåll och förslitningsverktyg som t ex pressmatriser utgör också en relativt stor kostnad (tabell 27).

Tabell 27. Kostnadsfördelning i kr per ton, kr per ton ts och i procent för brikettering av 2520 ton rörfilen per år.

Rörliga kostnader	Kr/ton	Kr/ton ts	%
Arbete	90	106	25
El	64	75	17
Lastare omlastning rörfilen	27	32	7
Lastare utlastning	14	16	4
Förslitning verktyg	51	60	14
Underhåll utrustning	9	11	2
Avskrivning utrustning	8	9	2
Diverse	20	24	5
Summa rörliga kostnader	282	332	77
Fasta kostnader			
Ränta kvarn och rivare	7	8	2
Ränta briketteringsmaskiner	13	15	4
Avskriv. kvarn och rivare	10	12	3
Avskriv. briketteringsmaskiner	15	18	4
Alternativvärdet bef. byggnad	40	47	11
Summa fasta kostnader	85	100	23
Summa rörliga plus fasta kostnader	367	432	100

Kostnaderna för brikettering har i beräkningarna delats upp på fasta och rörliga kostnader. De rörliga kostnaderna är beräknade till 282 kr per ton. Marginalkostnaden per ton i ändrad volym är alltså 282 kr. Med årsvolymen 2520 ton per år är den fasta kostnaden 85 kr per ton och den totala kostnaden är 367 kr per ton. Vid årsvolymen 754 ton är den fasta och rörliga kostnaden lika stora, nämligen 282 kr per ton, se figur 12. Med beräknad årsvolym på 2520 ton per år finns störst potential att sänka de rörliga kostnaderna.

Vid nuvarande och en ökad årsvolym är det möjligt att investera i utrustning som kan minska de rörliga kostnaderna. Vid årsvolymen 2520 ton skulle en investering i utrustning på 100 000 kr innebära 4,21 kr per ton i ökade produktionskostnader. Tidsåtgången i samband med brikettering är 1138 timmer för 2520 årston vilket blir 0,45 timmar per ton. Årsarbetskraftskostnaderna för brikettering är 227 620 kr med årsvolymen 2520 ton. En minskad arbetskraftskostnad med 10 procent täcker investeringar på 215 000 kr i utrustning. Kostnaden för elektricitet är 161 280 kr per år. En minskad elkostnad med 10 procent täcker investeringar på 152 000 kr i utrustning.



Figur 12. Rörlig- fast- och total kostnad i **kr per ton** för brikettering av rörflen vid olika årsvolym. Kostnaderna i figuren avser endast briketteringskostnad vilket innebär att råvarukostnaden inte ingår.

7. Stråbränsle i en mobil pelleteringsanläggning

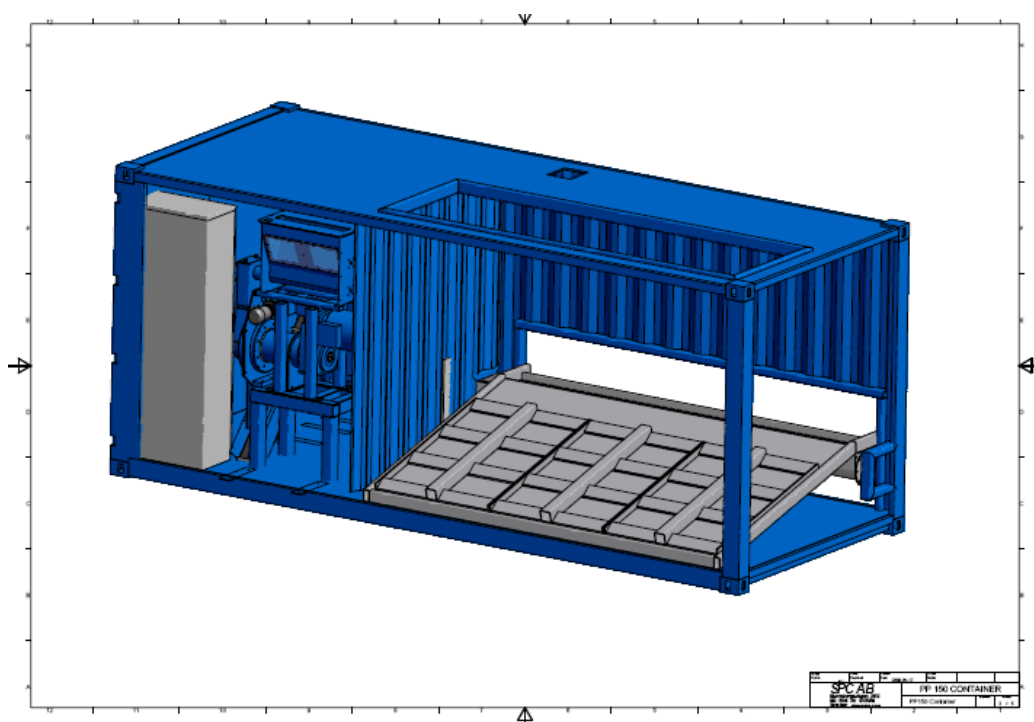
För att få bra ekonomi på en småskalig pelleteringsanläggning är det viktigt att anläggningen kan utnyttjas under hela året och att det finns tillgång till billig råvara (Nilsson & Bernesson, 2008). Genom att göra anläggningen mobil, dvs. flyttbar mellan gårdarna, kan produktionen flyttas dit råvaran finns. Under vårvintern kan anläggningen användas för vårskördade grödor som rörflen och hampa, för att på hösten användas till höstskördade grödor som halm och andra restprodukter. Anläggningen kan därmed utnyttjas för olika ändamål som t ex ströpellets och bränslepellets.

Sweden Power Chippers AB (SPC) i Borås har lång erfarenhet av att tillverka små pelletspressar. SPC-pressen har idag en produktionskapacitet på 150-450 kg per timme. Under 2008 har SPC arbetat med att utveckla en mobil pelleteringsanläggning anpassad för lantbruket (Wallin, 2008b).

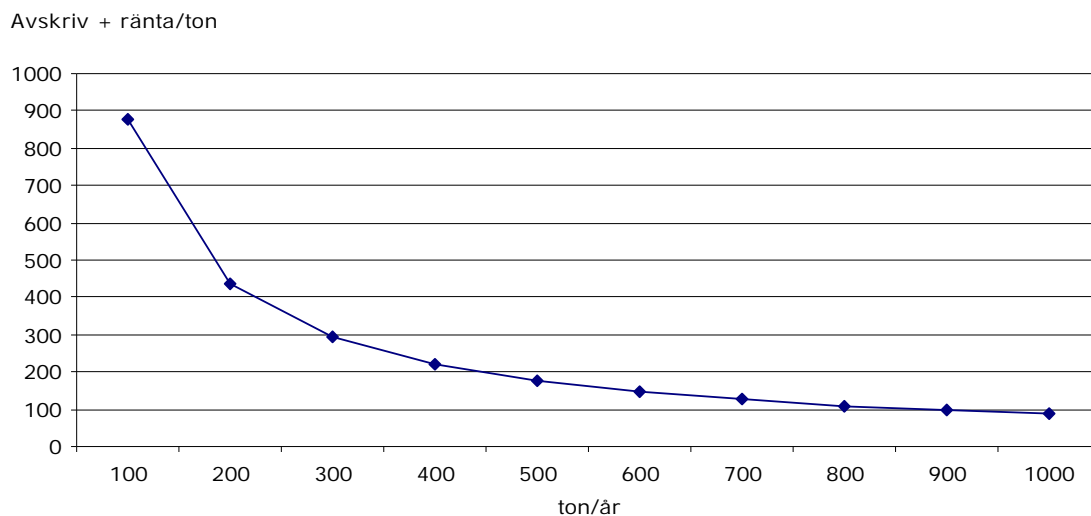
Ett pelleteringssystem har byggts upp i en 6 m lång container. Containersystemet inkluderar sönderdelningsutrustning innan press (kvarn), en pelletspress, kylsystem och utmatningsanordning. Kapaciteten på pressen är 150 kg per timme med träråvara. Containern består även av ett avskärmat buffertlager för grovt sönderdelad råvara. Lagerkapacitet är anpassad till ca en dags körning beroende på råvaran. Anläggningen har en enkel konstruktion för att göra den lättanvänd och anpassad till användare utan utbildning på tekniken. Byte av matriser ska till exempel kunna göras manuellt av en person (figur 13).

Tester av anläggningen med rörflen som råvara pågår för närvarande på Låtra Gård utanför Katrineholm. Anläggningen avses även att testas med halm och hampa i Västra Götaland (Paulrud, 2008c).

Eftersom kapitalkostnaden är hög för den här typen av anläggning i förhållande till kapaciteten så kommer det i dagsläget att krävas en billig råvara och ett högt utnyttjande för att få ekonomisk lönsamhet, men på sikt kan anläggningskonceptet vara ett alternativ för även stråbränsle (figur 14). I dagsläget ligger investeringskostnaden för en komplett container på ca 650 000 kr exklusive rivare matarbord mm. Med en total investeringskostnad på 850 000 kr och årsvolymen 1000 ton per år är den fasta kostnaden 88 kr per ton, vilket är i samma nivå som de fasta kostnaderna för Låtra Gård (85 kr per ton) för en årsvolym på 2500 ton briketter. För att få ut 1000 ton pellets per år krävs att anläggningen körs kontinuerligt (hela dygnet) större delen av året, vilket kräver en hög driftsäkerhet på anläggningen. Erfarenheterna med att pelletera stråbränsle i den här typen av anläggning är fortfarande för små för att kunna bedöma om det är möjligt att komma upp i dessa volymer. Utöver de fasta kostnaderna tillkommer sedan de rörliga kostnaderna för arbete, el, underhåll mm., kostnader som generellt är högre jämfört med en brikettanläggning (Nilsson & Bernesson, 2008).



Figur 13. Mobil pelleteringsanläggning i container inklusive bränslelager med lucka för påfyllning av råvara samt placering av pelletspress. Källa SPC.



Figur 14. Avskrivnings- och räntekostnad för container, rivare och inmatningsutrustning i **kr per ton** vid olika årsvolymerna.

8. Förutsättningar för nya skogsråvaror och vidare förädling

Utbyggnaden och planering av kommunala värmeverk baserade på trädbränsle har under senare år ökat markant och på den privata sidan ersätts olja och el med exempelvis pellets. Nya sortiment av skogsråvara som kan svara mot en ökad efterfrågan är bl a grot, stubbar, gallrings och röjningsvirke. Röjningsbehov finns inte bara i skogen utan även längs dikeskanter och åkerrenar. Inom samtliga skogsbränslesortiment finns potential till teknikutveckling och sänkta kostnader. Nedan görs en övergripande belysning av tillgång och potential samt vilka råvaror som på sikt kan vara tänkbara för en lokal produktion och förädling av skogsråvara till pellets och briketter för användning i mindre värmecentraler.

8.1 Tillgång och potential

I tabell 28 redovisas tillgången på skogsareal inom respektive län tillsammans med medelbonitet och årlig tillväxt.

Tabell 28. Länsvis tillgång på skogsmark, dess produktivitet samt årlig tillväxt.¹

Län	Areal		Bonitet ² (m ³ sk/ha,år)	Årlig tillväxt	
	(milj. hektar)	(% av Sveriges tot. skogsmark)		milj. m ³ sk/år	(% av total tillväxt)
(i) Skåne	0,34	1,5	11,4	3,0	3,0
(ii) Västra Götaland	1,31	5,8	8,5	9,1	9,2
(iii) Västerbotten	3,18	14	3,3	9,0	9,1
(iv) Mälardalen	1,38	6,1	7,7	8,1	8,2
- Södermanland	0,34	1,5	8,1	2,2	2,2
- Stockholm	0,26	1,1	7,6	1,4	1,4
- Uppsala	0,39	1,7	7,7	2,3	2,3
- Västmanland	0,39	1,7	7,4	2,2	2,2
Hela riket	22,7	100	5,3	99	100

¹ Avser år 2005. Baserat på Skogsstyrelsen och SCB (2006).

² Medelbonitet uttryckt som skogskubikmeter per hektar och år.

Vid produktion av grot och stubbar har trädslag betydelse, då t ex andelen grenar och toppar av totala biomassavolymen för ett träd skiljer mellan gran, tall och lövträd. Stubbskörd bedöms också kunna bli aktuellt för främst gran. I Tabell 29 beskrivs trädslagsfördelningen inom respektive län samt den totala virkesvolymen i form av stående skog.

Tabell 29. Trädslagsfördelning (%) inom respektive län samt totalt virkesförråd (milj. skogskubikmeter).

¹

Län	Trädslagsfördelning				Total virkesvolym
	Tall	Gran	Björk	Övrigt löv	
(i) Skåne	12	46	9	33	70
(ii) Västra Götaland	27	53	12	8	230
(iii) Västerbotten	45	37	14	4	300
(iv) Mälardalen	41	39	10	10	224
- Södermanland	39	41	10	10	55
- Stockholm	37	35	12	16	43
- Uppsala	43	38	10	9	65
- Västmanland	42	40	10	8	61
Hela riket	39	43	11	7	2900

¹ Avser år 2005. Baserat på Skogsstyrelsen och SCB (2006).

En sammanställning av SVEBIO (2008) över olika potentialuppskattningar för bl a olika skogsbränslesortiment visar att potentialen för grot från slutavverkning och gallring ligger mellan 50-70 TWh per år. Idag utnyttjas drygt 10 TWh grot per år. I Tabell 30 beskrivs hur tillgången på grot bedöms vara inom respektive län samt hur stor andel som utnyttjas idag (Börjesson, 2007). Den teoretiska potentialen för stubbar beräknas till mellan 30-40 TWh per år, medan den praktiska uppskattas till cirka 10 TWh per år (SVEBIO, 2008). Stubbskörd bedöms bli aktuellt framförallt i granodling och här antas att potentialen fördelar sig länsvis efter respektive läns skogsvolym i form av granskog (Se Tabell 29 och 30).

När det gäller klena träd från röjning och första gallring bedöms potentialen uppgå till cirka 12 TWh per år (SVEBIO, 2008). Denna potential antas fördela sig länsvis utifrån respektive läns totala skogsvolym.

Som framgår av tabell 30 så finns det en stor total potential att öka produktionen av nya skogsbränslesortiment för Sverige som helhet, men potentialen är relativt begränsad i de studerade regionerna jämfört med potentialen för hela landet. Eftersom det dessutom finns en stor avsättningspotential för större användare i dessa områden innebär det att bibränslen kan komma att transporteras långa sträckor från andra områden med överskott av skogsbränslen. Nedan ges en sammanfattande beskrivning av de olika sortimenten och förutsättningarna för en lokal småskalig produktion.

Tabell 30. Uppskattad bibränslepotential inom respektive län.¹

Län	Grot – potential		Uttag idag ²	Stubbar – potential ³	Klen stamved – potential ⁴
	(TWh/år)	(% av total produktion)	(% av potential)	(TWh/år)	(TWh/år)
(i) Skåne	1,9	3,4	> 50	0,32	0,36
(ii) Västra Götaland	5,3	9,5	25 - 50	1,1	0,92
(iii) Västerbotten	4,0	7,1	< 25	0,78	1,1
(iv) Mälardalen	4,9	8,8	> 75	0,81	0,89
- Södermanland	1,3	2,3	> 75	0,21	0,22
- Stockholm	0,9	1,6	> 75	0,14	0,17
- Uppsala	1,3	2,3	> 75	0,23	0,26
- Västmanland	1,4	2,5	> 75	0,23	0,24
Hela riket	56	100	< 25	10	12

¹ Baserat på Börjesson (2001) inklusive uppdatering samt Börjesson (2007).

² Grov uppskattning baserat på Börjesson (2007).

³ Grov uppskattning baserat på SVEBIO (2008) och egna beräkningar över länsvis fördelning.

⁴ Grov uppskattning baserat på SVEBIO (2008) och egna beräkningar över länsvis fördelning.

8.1.1 Grot

Grot från slutavverkning är idag den viktigaste källan för primäreenergi från skogen för storskalig värmeproduktion i Sverige (exklusive intern användning av biprodukter inom skogsindustrin). I takt med att efterfrågan ökar (främst beroende på ökad utbyggnad av värme- och kraftvärmeverk) behöver också tillförseln öka. De mest lättillgängliga skogsarealerna lämpliga för grotuttag utgör en begränsad resurs (dvs. de som ligger inom korta transportavstånd till slutanvändaren, skogsarealer med stora grotvolymen både per hektar och per hygge och med goda terrängförhållanden). På sikt måste därför alltmer svårtillgängliga skogsarealer också utnyttjas för grotuttag.

I Sverige ägs över hälften av all skogsmark av privata, icke-industriella markägare. Majoriteten äger dessutom mindre än 25 hektar. Därför är det många av hyggerna inom den privat ägda skogsarealen som är för små för att använda rationell avverkning och ihopsamling av skogsbränsle baserat på konventionell teknik, som främst är baserat på storskalighet (Gullberg & Johansson, 2006).

Idag tas ca 10 TWh grot ut i Sverige att jämföra med den bedömda potentialen på cirka 56 MWh (Börjesson 2007). Faktorer som påverkar huruvida grot tas ut eller inte och som påverkar uttagets lönsamhet är:

- längden på transportavstånd i terräng och på väg
- mängden grot per hektar
- hyggets storlek

För att öka lönsamheten av grotuttag från små ytor finns en rad studier gjorda avseende integration av uttag och t.ex. markberedning (Gullberg & Johansson, 2006). Resultaten visar att om man kan integrera flera aktiviteter (t.ex. uttag av grot och markberedning) så kan man väsentligt reducera kostnaderna för grotskörd i små bestånd. Gullberg & Johanssons resultat visar att man på hyggen á 1,5 hektar kan få ner kostnaderna till samma nivåer som för konventionella maskiner för separat grotskörd respektive markberedning.

Grot är en råvara som blir tillgängligt vid framför allt slutavverkningar och eventuellt gallringar. Den har överlag en sämre bränslekväitet än råvaror från t ex röjningar och lämpar sig bättre att använda direkt i värmeverken än för vidareförädling i småskaliga produktionsanläggningar. Ökad tillgång av grot beror även av regionala förhållanden och erbjuds framförallt skogsägare som har större grandominerade slutavverkningar. Vid små produktionsytor och långa transportavstånd kan eventuellt grot även bli aktuell att användas i lokala småskaliga förädlingsanläggningar och där ett koncept med mobila anläggningar kan vara ett alternativ, se avsnitt 8.2.

8.1.2 Klens stammar

I dag finns det stora arealer med eftersatt röjning, vilket innebär att skogsägaren skulle ha utfört röjningsåtgärden i ett tidigare skede. Anledningen är att röjningen, liksom förstagallring, normalt ger ett negativt netto för skogsägaren. Stigande priser på biobränsle har dock lett till en möjlighet att förbättra det ekonomiska resultatet i dessa skogsvårdsåtgärder genom att ta tillvara klenskog som röjs och gallras och sälja som

biobränsle. I hela landet finns en stor andel bestånd som bedöms ha eftersatt röjning. Om en ungskogsskörd skall löna sig i dessa bestånd beror naturligtvis på vilket pris som betalas för biomassan och vilka kostnader man har för skörden. Utvecklingsarbete pågår idag för att sänka kostnaderna genom att utveckla både teknik och metoder för skörd och hantering.

Klena stammar från röjning och förstagallring är ett bränslesortiment som på sikt kan användas som en lokal bränsleråvara i både flisad och förädlad form. Produktionen är ofta småskalig och förhållandevis dyr vilket gör den olämplig att transportera långa sträckor. Vid förädling i småskaliga anläggningar kan råvaran kombineras med andra lokala råvaror som t ex jordbruksbaserade bränslen som salix. Röjningsbehov finns dessutom inte bara i skogen utan även i dikeskanter eller åkerrenar. I avsnitt 8.2 beskrivs ett koncept som har byggts upp i England kring utnyttjande av lokala råvaror från skog och åker för småskalig pelletering.

8.1.3 Stubbar

Stubbar har använts av och till under historiens gång för olika ändamål och har nu tack vare höga energipriser blivit aktuellt att använda som biobränsle. Tidigare har man talat om stubbrytning, men med modern teknik blir termen stubblyftning en bättre beskrivning av processen. I Finland har man sedan några år tillbaka börjat med stubblyftning igen efter att liksom i Sverige ha avbrutit denna aktivitet i början på 1980-talet. På 1970-talet bröt man främst stubbar för användning inom fiberindustrin (Egnell m fl 2007; Karlsson 2007).

Uppskattningen av hur mycket energi man kan få ut per hektar genom stubbskörd varierar i olika studier, allt från 140 till 250 MWh per hektar (Eriksson & Gustavsson, 2008). Stubbskörd i modern tappning är en relativt ny företeelse i Sverige och tekniken är därför fortfarande under utveckling. Studier om småskalig skörd är därför mycket begränsad. Skogsstyrelsen skriver i november 2007 att man vet för lite om konsekvenserna av stubbskörd för att tillåta det storskaligt. Man är i behov av en miljökonsekvensbeskrivning av denna aktivitet. De faktorer som man framhåller som viktiga är:

- inverkan på marken kolbalans och flöden av växthusgaser
- inverkan på markens näringsbalans
- inverkan på markvegetationen
- inverkan på mykorrhizasvampar
- inverkan på faunan, särskilt insektsfaunan och sorkpopulationen
- inverkan på rödlistade arter

I början av 2008 startade ett sådant arbete av Sveriges Lantbruks Universitet SLU (SLU 2008-02-18). Sammanställning av kunskap och kunskapsbehov kring miljökonsekvenser av stubbskörd har tidigare gjorts av Egnell m fl (2007).

Stubbar är ett skogsbränsle som fås vid slutavverkning och är likt grott en råvara som i första hand lämpar sig bättre för direktanvändning i de större värmeverken än som råvara i småskaliga förädlingsanläggningar.

8.1.4 Långa toppar

Ytterligare en typ av skogsråvara som skulle kunna utgöra ett tillskott till skogsbränslesortimentet är så kallade långa toppar. Detta är egentligen en omfördelning av stamuttaget där en större andel klen stamved skördas som skogsbränsle i stället för massaved och i viss utsträckning timmer. Vid skörd av långa toppar kapas grövre timmer som vanligt och transporteras ut som rundvirke, medan resterande del av trädet (topp inkl. massavedsdelen och grenar) samt klenare träd som inte håller timmerdimension läggs i bränslehögar direkt på hygget för att sedan flisas. Enligt Liss (2004) blir uttaget av skogsflis per hektar större när metoden med långa toppar tillämpas jämfört med traditionellt grotuttag. Dessutom kan skogsägarens ekonomiska netto förbättras. För få studier har dock genomförts för att man säkert skall kunna förutsäga när skogsbränsleuttag i form av långa toppar ger bättre ekonomi än dagens traditionella metoder. Fluktuerande massavedspriser försvårar bl a en sådan förutsägelse (Liss 2004; Liss 2006).

8.2. Småskalig förädling

När det gäller småskalig förädling av nya skogssortiment är erfarenheterna ganska begränsade. De områden som kan vara intressant för en lokal produktion och användning är s.k. energigallringar och energiröjningar. Energigallringar görs i bestånd som karaktäriseras av ett mycket högt stamantal och klen medeldiameter. Dessa bestånd är dyra att gallra och ger inget eller ett svagt ekonomiskt netto vid traditionell gallringen. Teknik och metoder för bränsleskörd i dessa gallringar håller på att utvecklas.

Möjligheter att använda råvara från tidig gallring för tillverkning av pellets har bl a studerats av Larsson (2004), Näslund, (2003) och Martinsson (2003). Inom projekten har olika sortiment av gallringsvirke pelleterats och förbränningstester har utförts. Problemet med skogsråvaran är att den är fuktig och en torkanläggning krävs i anslutning till förädlingsanläggningen. Mindre flistorkar finns nu på marknaden. Akron flistork typ 32 är ett exempel på en nyutvecklad tork för småskalig användning (Akron, 2008). Effektivast är dock en tork som kan nyttja spillvärme för att hålla torkkostnaderna nere.

Pelletering av fuktiga skogsbränslesortiment i kommersiell mindre skala förekommer inte i Sverige idag. I andra europeiska länder pelleteras jordbruksgrödor som salix tillsammans med skogsbränslesortiment i kommersiell skala i bl a Polen och England (Wallin, 2008a). Ett exempel är en relativt nystartad pelleteringsanläggning i Retford i Nottinghamshire i England som drivs av Biojoule (Biojoule, 2008). Anläggningen har en kapacitet på 10 000 årston och inkluderar en fliseldad torkanläggning, pelletering och lager (figur 15 och 16). Anläggningen är konstruerad för att vara självförsörjande och har en egen generator.

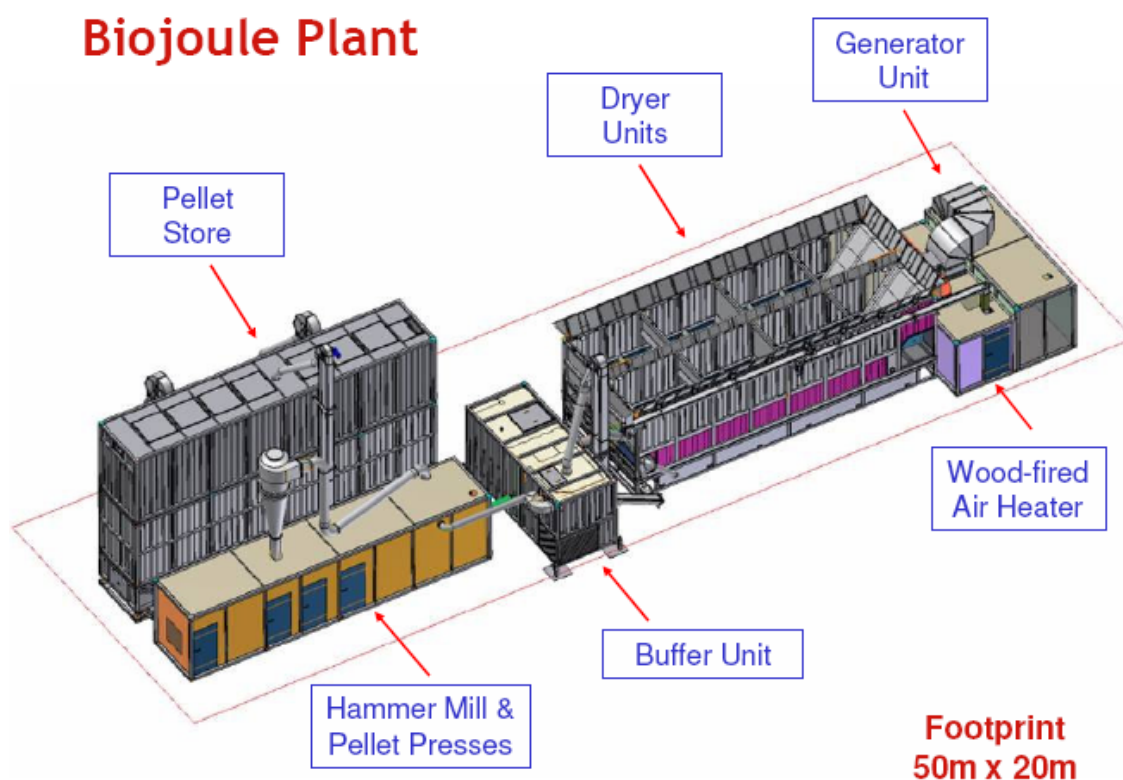
Anläggningen är uppbyggd i containersystem på en yta 40 x 20 meter och finns lokaliserad vid en större lantgård. Syftet med att göra den mobil och självförsörjande är att kunna följa skörden av olika grödor eller kunna använda råvaror som är mer otillgängliga eller bara finns tillgängliga under en kortare period som till exempel vid gallring och röjning. Enligt Biojoule (2008) krävs ca 4000-5000 ton torr råvara för att det ska löna sig att flytta anläggningen. Utrustningen har levererats av den svenska tillverkaren Sweden Powers

Chippers, som även har levererat anläggningar till Polen för motsvarande användning. Producerad bränslepellets i Retford levereras framförallt till kommunala mindre anläggningar som skolor i närområdet. Pellets levereras idag till ca 20-30 olika skolor, men det finns kapacitet att öka antalet mindre värmeanläggningar i närområdet.

I Europa har intresset för det här anläggningskonceptet ökat och i England liksom i andra länder finns planer på att starta upp fler anläggningar av den här typen (Wallin, 2008a). Biojoule har i dagsläget 2 anläggningar men planerar att ha 4-5 anläggningar i drift inom de närmaste åren (Wallin 2008a). Anledningen till intresset för det här anläggningskonceptet i många länder är att det inte finns tillgång till råvara för att bygga upp en storskalig struktur kring pelletering som här i Sverige. På längre sikt skulle det här anläggningskonceptet även kunna bli intressant för Sverige, då brist på lättillgängliga råvaror gör det svårt att försörja stora pelleteringsanläggningar med billig råvara. Det kräver dock att teknik och metoder blir mer kostnadseffektiva och att efterfrågan på förädlade biobränslen fortsätter att öka. Förändringar inom sågverksbranschen påverkar också utvecklingen, och med rådande lågkonjunktur kan tillgången på biprodukter snabbt förändras och efterfrågan på nya råvaror öka.



Figur 15. Mobil pelleteringsanläggning för jordbruksgrödor och skogsbränsle i Retford England. Produktionskapacitet 10 000 ton pellets/år. Källa Biojoule, 2007.



Figur 16. Skiss på en pelleteringsanläggning för jordbruksgrödor och skogsbränsle i Retford England. Produktionskapacitet 10 000 ton pellets/år. Källa Biojoule, 2007.

8.3 Möjligheter för energikombinat med befintlig kraftvärmeproduktion

Idag produceras cirka 7 TWh el i fjärrvärmesystemen via kraftvärme. I dessa kraftvärmeverk utnyttjas inte elproduktionen fullt ut på grund av det betydligt lägre fjärrvärmebehovet under sommarhalvåret. En grov uppskattning är att endast cirka hälften av elproduktionskapaciteten utnyttjas i många kraftvärmeverk. Med en ökad elproduktion (baserat på framför allt biobränslen) bedöms värmeöverskottet teoretiskt kunna bli cirka 11,5 TWh per år (Ericsson och Börjesson, 2008).

I och med ökade priser på el och elcertifikat ökar också intresset att producera el även när inte fjärrvärme behövs. I vissa situationer och för vissa kraftvärmeverk kan det till och med vara lönsamt att bara producera el och kyla bort värmeöverskottet. Det är därför ofta mycket kostnadseffektivt att hitta andra avsättningsområden för denna överskottsvärme. Ett möjligt användningsområde är torkning av biomassa för pelletsproduktion. Förutsättningarna för att integrera pelletsproduktion i de befintliga kraftvärmeverken bedöms vara bättre i små och medelstora fjärrvärmeverk.

I Tabell 31 anges antalet kraftvärmeverk inom respektive län som teoretiskt skulle kunna utvecklas till ett bioenergikombinat där också pellets produceras. Inom en period om 10-20 år bedöms kraftvärmeproduktionen baserat på biobränslen kunna fördubblas inom fjärrvärmesektorn, vilket innebär ett ökat potentiellt värmeunderlag för energikombinat och pelletsproduktion. Dessutom bedöms allt mindre fjärrvärmeverk installera kraftvärmeproduktion tack vare att teknikutvecklingen medför kostnadsänkningar även för mindre ångturbiner.

Tabell 31. Antal kraftvärmeverk idag inom respektive län som teoretiskt skulle kunna utvecklas till energikombinat med pelletsproduktion.¹

Län	Antal	Storlek	
		GWh el/år	GWh värme/år
Skåne	7	300	580
		230	800
		110	220
		100	110
		34	220
		4,4	100
		?	0,63
Västra Götaland	4	170	370
		120	480
		25	110
		18	280
Södermanland	2	210	540
		0,07	0,25
Västerbotten	3	120	280
		65	360
		55	140
”Mälardalen”	10	283	1435
		210	540
		204	1435
		87	1300
		44	186
		42	270
		23	211
		10	133
		2	230
		0,07	0,25

¹ Baseras på Ericsson och Börjesson (2008).

En grov uppskattning är att energiåtgången för torkning av råvara för pelletsproduktion motsvarar cirka 15-20 % av energiinnehållet i pellets (Ericsson och Börjesson, 2008). Teoretiskt skulle då potentiell överskottsvärme i kraftvärmeproduktion (vilket uppgår till drygt 10 TWh per år, se ovan) kunna räcka till att mer än 50 TWh pellets producerades från fuktig råvara. I praktiken finns det dock en mängd olika begränsningar för att utnyttja denna teoretiska potential, men en rimlig bedömning är att några TWh pellets/briketter kan komma att produceras i energikombinat inom en relativt snar framtid. Detta kräver dock fortsatt utvecklingsarbete för att optimera dessa kombinatssystem utifrån såväl effektiv kraftvärmeproduktion som pellets-/brikettproduktion.

Ett intressant koncept skulle inledningsvis kunna vara att utnyttja existerande teknik i form av mobila pelletsanläggningar som bl a beskrivs ovan i avsnitt 8.2. På detta sätt låser inte intresserade kraftvärmeverk upp sig med stora investeringskostnader i fasta produktionssystem för pellets vilket minskar deras risktagande. I stället kan de t ex hyra mobila pelletsanläggningar under sommarhalvåret då de har överskottsvärme att tillgå som kan ersätta den träbränsleeldade värmeenheten i de mobila pelletsanläggningarna.

Vid en årsproduktion om cirka 10 000 ton pellets från fuktig råvara, vilket motsvarar årskapaciteten för den mobila pelletsanläggning som beskrivs i avsnitt 8.2, krävs ungefär 10 GWh torkningsvärme. Detta värmebehov är litet i jämförelse med den värmeproduktion som sker i dagens kraftvärmeanläggningar vilket framgår av tabell 31. Produktionen av fjärrvärme är oftast över 100 GWh per år och för riktigt stora anläggningar över 1000 GWh, vilket indikerar att det potentiella och teoretiska värmeöverskottet under sommarhalvåret är i motsvarande storleksordning. Att det potentiella värmeöverskottet i befintliga kraftvärmeanläggningar är mycket större än behovet av torkningsvärme i mobila pelletsanläggningar innebär dock inte att detta kombinatkoncept inte är intressant att utveckla. Tvärtom finns det stora möjligheter att utnyttja en eller flera mobila pelletsanläggningar vid ett befintligt kraftvärmeverk för att tillvarata spillvärme vid ökad elproduktion.

En tydlig trend är att allt mindre fjärrvärmeanläggningar installerar ångturbiner för elproduktion vilket drivs av de ökade priserna på el och elcertifikat. I början av 2000-talet krävdes oftast en årlig fjärrvärmeproduktion om drygt 200 GWh per år för att det skulle vara ekonomiskt försvarbart att också installera ångturbiner för elproduktion. Idag har denna gräns flyttats ned till motsvarande cirka 50 GWh fjärrvärme per år (Ericsson och Börjesson, 2008). Den potentiella mängden överskottsvärme som teoretiskt skulle kunna produceras under sommarhalvåret i dessa mindre kraftvärmeanläggningar uppgår således till som högst cirka 50 GWh (eller något lägre i norra Sverige där fjärrvärmebehovet är större över året). Om dessa kraftvärmeverk också designades för pelletsproduktion via kombinat med existerande mobila pelletsanläggningar, samtidigt som ångturbiner installerades, kan en relativt stor andel av den potentiella överskottsvärmen tas tillvara. Detta innebär att den totala energieffektiviteten för hela energikombinatet blir högt, samtidigt som energibärare med hög energikvalitet produceras tillsammans med fjärrvärme, dvs. el och pellets.

9. Slutsatser

Sverige har goda förutsättningar för en ökad produktion av bibränslen, genom ännu ej utnyttjade bibränsletillgångar och en stor potential för ökad biomasseproduktion inom både skogsbruk och jordbruk. I denna studie undersöks förutsättningarna för användning av ”nya” bibränsleråvaror för värmeproduktion. Mer preciserat analyseras vilka bibränsleråvaror som har bäst förutsättningar för vidare förädling till briketter och pellets i mindre produktionsanläggning (<10 000 årston producerat bränsle) i nära anslutning till råvaran. I studien görs dels övergripande analyser kring olika råvarors förutsättningar, dels en fallstudie där en kostnadskalkyl för hela produktionskedjan för brikettering av rörflen på en specifik gård (Låttra Gård) har tagits fram.

Våra resultat i denna studie visar att det finns en stor potential att öka användningen av nya bibränslen inom både storskalig (>10 MW) och småskalig (<10 MW) värmeproduktion och att nya råvaror på sikt kommer att komplettera nuvarande bibränslesortiment. Det finns idag en potential att relativt snabbt öka bibränsleproduktionen inom jordbruket (dock från en låg nivå), medan de stora volymerna total sett kommer att finnas inom skogsbruket

De råvaror från jordbruket som bedöms ha potential att komplettera nuvarande bibränslesortiment inom värmeproduktion är salix (och till viss del andra snabbväxande lövträd), halm och rörflen. I framtiden kan även andra fleråriga gräs bli aktuella som t ex ungerska energigräset ”szarvasi-1”. Nya sortiment från skogen som kan svara mot en ökad efterfrågan är bl a grot, stubbar, gallrings- och röjningsvirke. När det gäller dessa råvaror och dess förutsättningar för vidare förädling till briketter och pellets i mindre produktionsanläggningar är våra slutsatser följande:

- Salix är idag en etablerad bränsleråvara som tas emot som flisad råvara av värmeverken. Om grödan odlas på lämplig mark och sköts om på rätt sätt kan grödan både ge en lönsam avkastning och konkurrera med nuvarande bibränslesortiment, samt på sikt också förädlas till pellets och briketter.
- Ett hinder för salix som bränsleråvara är att intresset för att odla salix är lågt bland jordbrukare vilket medför att marknaden är liten idag. För att öka odlingarna av salix måste insatser göras för att förbättra förutsättningarna och viljan att odla salix.
- I dagsläget är det mer kostnadseffektivt att använda salix som flis i större värmeverk i när anslutning till råvaran än att förädla råvaran till pellets, vilket bl a kräver torkning.
- Att använda salix som råvara i mindre förädlingsanläggningar är framför allt ett alternativ i områden där tillgången på andra träbränsleråvaror är begränsad och där salixodlingarna är lokaliserade långt från användare som kan utnyttja råvaran som flis.

- Halm har lägst produktionskostnad av de undersökta råvarorna från jordbruket och är det bränsle som på kort sikt kan öka snabbast i storskaliga värmeanläggningar. Detta kräver dock att det finns system för att ta emot och hantera bränslet i balform. Tillgången på halm för energiändamål skiljer betydligt mellan olika områden pga. av skiftande regionala produktionsförutsättningar.
- Halm har goda förutsättningar som råvara i småskaliga förädlingsanläggningar för produktion av både bränsle- och ströpellets. Det som begränsar användningen av briketter och pellets av halm är främst de tekniska och miljömässiga förutsättningarna att använda dessa i mindre förbränningsanläggningar som t ex närvarmecentraler. Fortsatt utveckling av teknik krävs för att kunna använda halm i form av briketter eller pellets i mindre värmeanläggningar med acceptabel miljöprestanda.
- Rörflen är en gröda som kan odlas i hela landet och har konkurrensfördelar mot traditionella grödor på mindre produktiva marker. Liksom salix är rörflen en flerårig gröda, vilket ger en hög energibalans samtidigt som grödans odlingsegenskaper inte medför lika stora förändringar för odlarna som salix gör.
- Förbränningstekniskt har rörflen (vårskördad) något bättre egenskaper än halm, och med en anpassad förbränningsutrustning så har rörflen potential att användas som t ex inblandning i träbränslen i mindre varmecentraler.
- Av de studerade råvarorna bedöms rörflen ha bäst potential att användas som råvara i småskaliga förädlingsanläggningar sett över hela landet.
- Brikettering av rörflen är en förädlingsform som i dagsläget är att föredra då småskalig pelletering är en dyrare och mer avancerad process än brikettering och ofta kräver en småskalig privat villamarknad för att löna sig.
- Brikettering av rörflen på Låttra Gård kan på sikt bli en lönsam verksamhet om briketterna betalas med samma pris som för träbriketter. Kostnaderna för att producera rörflensbriketter är enligt beräkningarna ca 1450 kr/ton ts (280 kr/MWh) varav briketteringskostnaden är 430 kr/ton ts (88 kr/MWh).
- Vid en prisskillnad mellan rörflen i balar och rörflensbriketter på 90 kr/MWh kan brikettering av rörflen vara ett intressantare alternativ än att leverera balar till större värmeverk.
- Hampa är en gröda som idag har för hög produktionskostnad för att enbart användas som en bränsleråvara. En ökad användning av hampa som bränsleråvara kräver att grödan får en multifunktionell användning genom att t ex kombinera produktion av fiber och energi.

- Nya sortiment från skogen som kan svara mot en ökad efterfrågan på biobränslen är bl a grot, stubbar, gallrings- och röjningsvirke. Inom samtliga skogsbränslesortiment finns potential till teknikutveckling och sänkta kostnader vid en småskalig produktion.
- Förädling av skogsråvara till pellets och briketter i mindre lokala anläggningar kan på sikt bli intressant för Sverige om brist på traditionella råvaror (t ex restprodukter från sågverk mm) gör det svårt att försörja stora pelleteringsanläggningar med billig råvara. Detta kräver dock att teknik och metoder blir mer kostnadseffektiva och att efterfrågan på förädlade biobränslen fortsätter att öka.
- Klena stammar från röjning och förstagallring är ett bränslesortiment som på sikt kan användas som en lokal bränsleråvara i både flisad och förädlad form. Produktionen är ofta småskalig och i dagsläget förhållandevis dyr vilket gör denna råvara mindre kostnadseffektiv om långa transportersträckor till slutanvändare krävs. Vid förädling i småskaliga anläggningar kan råvaran kombineras med andra råvaror.
- Det finns potential att utveckla framför allt mindre kraftvärmeverk till bioenergikombinat där också pellets produceras. Ett intressant koncept kan inledningsvis vara att utnyttja existerande teknik i form av mobila pelletsanläggningar när överskottsvärme finns att tillgå som kan ersätta den träbränsleeldade värmeenheten i de befintliga mobila pelletsanläggningarna.

Om den politiska målsättningen är att jordbruket inte enbart ska vara producent av livsmedel och miljövärden, utan i allt högre grad också ska bli producent av bränsle för värmeproduktion behövs mer kunskap om åtgärder som kan leda till ökad odling. Fler studier behövs även kring hur en framgångsrik politik bör utformas och en belysning om vilka styrmedel som skall användas, och vilka konsekvenser det får för produktionssystemen. Diskussioner har bl a förts om ett särskilt energistöd bör ges för energiodling på lågproduktiv jordbruksmark för att förhindra att åkermark ligger oanvänd när den skulle kunna användas för t ex energiproduktion (SVEBIO, 2008).

Överlag är de tekniska förutsättningarna att småskaligt förädla olika biomassaråvaror i Sverige relativt goda idag. Fortsatt forskning och demonstrationsverksamhet kring nya råvaror är dock viktigt för att säkerställa en fortsatt utveckling och för att nå en kommersiell marknad. Framförallt är det viktigt att utveckla effektiva system som kräver låga arbetsinsatser och kostnader. Att förädla biobränslen till pellets och briketter är ett sätt att öka produktens värde och därigenom intresset för att producera energiråvaror inom t ex jordbruket. Lantbruksföretag som både odlar råvara och förädlar denna har stora möjligheter att påverka och förbättra alla steg i produktionskedjan och får hela förtjänsten av det mervärde som t ex brikettering och pelletering av stråbränsle medför. Att vidareförädla bränsleråvaror skapar även sysselsättning för lansbygdsföretag, vilket kan var viktigt för lantbrukare som vill ha sysselsättning på det egna företaget. Genom att förädla balar av strå till briketter underlättas dessutom handel, transport och lagring av stråbränslen.

Flertalet av de nya biobränslesortimenten som kan utnyttjas för pelletsproduktion är dock inte lämpliga att användas i enskilda villapannor idag. Trots att privata hushåll betalar bäst pris för pellets bör nya och förbränningstekniskt svårare biobränslebaserade pellets och briketter användas i värmeanläggningar som är anpassade för dess specifika egenskaper. Frågeställningar som bör analyseras vidare är bl a avsättningspotentialen för nya förädlade biobränslen i olika specifika typanläggningar och inom för vilka anläggningstyper/tekniker det finns störst potential för fortsatt forskning och teknikutveckling. Tidigare studier indikerar att det finns en potential att öka pellets- och brikettanvändningen i närvärmeanläggningar men även inom industrin. Inom industrin är även pulvertekniken intressant där olja används för uppvärmning och produktion och där det av olika skäl kan vara svårt att bygga nya biobränsleanläggningar. Andra frågeställningar som bör belysas och som kommer att påverka utvecklingen är i vilken omfattning nuvarande produktion av träpellets från ren träråvara i framtiden kommer att användas av stora värmeverksanläggningar och om det i framtiden kommer att finnas ett behov av att styra produktionen mot villasektorn.

10. Referenser

- Agronomics. 2008. www.agronomics.se
- Akron. 2008. Akron flistork typ 32. www.akron.se
- Asket. 2008. www.asket.pl
- ATL, 2008. <http://atl.nu/marknad> 20080808
- Bernesson S. och Nilsson D. 2005. Halm som energikälla. Rapport – miljö, teknik och lantbruk, Vol 2005:07. Inst. för biometri och teknik, SLU, Uppsala.
- Biojoule. 2008. Creating renewable energy from biomass. www.biojoule.co.uk
- Biojoule. 2007. Presentation från invigning 2007. www.biojoule.se
- Bisaillon M m fl. 2008. BIODONK. Konsekvenser för energi- och skogssektorn av förändrad efterfrågan på biomassa-sammanfattande rapport. Elforsk rapport 2008.
- Björklund U. 2008. Eskilstuna Energi & Miljö, Eskilstuna. Personlig kontakt.
- Burval J. 2008. Skellefteå Kraft, Skellefteå. Personlig kontakt.
- Burvall J. 1997. Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary grass. Biomass and Bioenergy 12 (3), 149-154.
- Bäckman M. 2008. MBAB Robertsfors. Personlig kontakt.
- Börjesson P. 2001. Framtida tillförsel och avsättning av bioenergi i Sverige – Regionala analyser Rapport nr 34, Avd. för Miljö- och Energisystem, Lunds Universitet, Lund.
- Börjesson P. 2007. Bioenergi från jordbruket – en växande resurs. Bilagedel, Statens Offentliga Utredningar, SOU 2007:36, Stockholm.
- Egnell G, Hyvönen R, Högbom L, Johansson T, Lundmark T, Olsson B, Ring E & von Sydow F. 2007. Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. Energimyndigheten 2007. ER 2007:40.

- Energimyndigheten. 2008. Prisblad för biobränslen, torv mm. Nr 4/2008. Statens Energimyndighet, Eskilstuna.
- Energimyndigheten. 2004. Syntes av forskning rörande *Salix* inom programmet Fasta biobränslen från jordbruksmark. ER:2004, Statens Energimyndighet, Eskilstuna.
- Erhardsson T, Öhman M, de Geyter S, Öhrström A. 2006. Bäddagglomereringsrisk vid förbränning av odlade bränslen (hampa, rörflen, halm) i kommersiella bäddmaterial. Värmeforskrapport 998, Värmeforsk, Stockholm.
- Ericsson K & Börjesson P. 2008. Potentiell avsättning av biomassa för produktion av el, värme och drivmedel inklusive energikombinat – Regionala analyser och räkneexempel. Rapport ER 2008:4, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Eriksson LN & Gustavsson L. 2008. Biofuels from stumps and small roundwood – Costs and CO₂ benefits. *Biomass and Bioenergy* (2008), doi: 10.1016/j.biombioe.2008.01.17
- Finell M, Shaojun X, Olsson R. 2006. Multifunktionell industrihampa för norra Sverige. Sveriges Lantbruksuniversitet. BTK-rapport 2006:13, Umeå.
- Forsberg M, Baky A, Westlin H, Ljungberg D, Ytterberg P. 2007. Jordbruket som leverantör av åkerbränsle till storskaliga kraftvärmeverk – Fallstudie Värtan. JTI rapport 361, JTI, institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Forsberg M, Sundberg M, Westlin H. 2006. Småskalig brikettering av hampa-förstudie. JTI rapport 351. JTI, institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Green4u. 2008. Vidare förädling av hampa (nytt projekt). www.green4u.se
- Gullberg T. & Johansson J. 2006. A method for integrated extraction of logging residues and soil scarification on a small scale. *Biomass & Bioenergy* vol. 30, pp 1035-1042.
- Hadders G, Jonsson C och Sundberg M. 1997. System för hantering av halm i rektangulära storbalar. JTI Rapport Lantbruk & Industri Nr 240, 1997. JTI, institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Höglund J. 2008. The Swedish fuel pellets industry production; market and standardization. SLU, inst för skogens produkter. Examensarbete nr 14, 2008.
- Jirijis, R. 2008. Personlig kontakt. Uppstartat projekt ”lagring i buntar och hur det påverkar hela kedjan”. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Jordbruksverket och SCB (2005). Normskördar för skördeområden, län och riket 2005. Statistiska Meddelanden JO 12 SM 0501. Statistiska Centralbyrån, Örebro.
- Karlhager J. 2008. The Swedish market for wood briquettes-production and market development. Sveriges Lantbruksuniversitet, inst. för Skogens produkter. Examensarbete nr 13, 2008.
- Karlsson J. 2007. Produktivitet vid stubblyftning. Examensarbete vid Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå.
- Kimming M. 2008 Potential contract models to stimulate commercial production of energy crops. Thesis for the fulfilment of the master of science in environmental management and policy. HIEE, Lund.
- Krone. 2008. Big Pack Large Square Balers. www.krone-northamerica.com
- Larsson S. 2008. Fuel pellet production from reed canary grass: supply potentials and process technology. Doktorsavhandling 2008:65, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.

- Larsson S, Örberg H, Kalén G, Thyrel M. 2006. Rörflen som energigröda. Erfarenheter från fullskaleförsök vid Biobränsletekniskt centrum (BTC) i Umeå under åren 2000-2004. BTK-rapport 2006:11. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
- Larsson S. 2004. Gallringsvirke som pelletsråvara-förädling, förbränning och marknad. BTK-rapport 2004:9. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
- Lindh T, Paapanen T, Rinne S, Sivonen K, Wihersaari W. 2008. Reed canary grass transportation costs – Reducing costs and increasing feasible transportation distances. Biomass and Bioenergy in press.
- Lindh T m fl. 2005. Production of reed canary grass and straw as blended fuel in Finland. VTT Processes, Jyväskylä, Finland. Arbetsrapport.
- Liss J-E. 2004. Trädbränsle – en möjlighet för framtida energiförsörjning. Slutrapport Mål 2 Norra 1 juli 2001 – 30 juni 2004. Arbetsdokument nr 6.
- Liss J-E. 2006. Långa toppar – metod för uttag av skogsbränsle i slutavverkningar. Slutrapport (STEM-projekt 21937-1). Arbetsdokument nr 4.
- Pahkala K, Aalto M, Isolanti M, Poikola J, Jauhiainen. Large-scale energy grass farming for power plants-A case study from Ostrobothnia, Finland. Biomass and Bioenergy 32 (2008) 1009-1015.
- Martinsson L. 2003. Råvaror för framtida tillverkning av bränslepellets i Sverige. Värmeforsk rapport 813, Värmeforsk, Stockholm.
- Mattsson J. E. 2006. Affärsutveckling-Närodlat stråbränsle till kraftvärmeverk. Rapport 2006:8. Inst. för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU, Alnarp.
- Naturkraft. 2008. www.naturkraft.se
- Nielsen K, V och Hinge J. 2002. Opbevaring af halm i wrap. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Landbrugsinfo. Århus, Danmark.
- Nielsen K, Hinge J. 2001. Opbevaring af halm i plastik. Dansk Bioenergi 59, oktober 2001.
- Nilsson D, Bernesson S. 2008. Pelletering och brikettering av jordbruksråvaror-En systemstudie. Sveriges Lantbruksuniversitet, inst för energi och teknik, report 001, Uppsala 2008.
- Näslund M. 2007. Systemanalys och övergripande slutsatser. Slutrapport för projektet ”Samverkan för utveckling och förädling av regionens outnyttjade skogsresurser. Energidalen, Sollefteå.
- Näslund, M. 2003. Teknik och råvaror för ökad produktion av träpellrets. Projektrapport Energidalen Sollefteå.
- Pajse Teknik Utveckling. 2008. www.pajse.se
- Parsby och Rosenqvist. 1999. Energiafgrödernes produktionsökonomi – med särskilt fokus på pil, SJFI – Working Paper no. 3/1999. Statens Jordbrugs- og Fiskeriökonomiske Institut. Copenhagen, Denmark.
- Paulrud S & Laitila T. 2008a. Handlingsalternativ för att öka intresset hos lantbrukare att odla energigrödor – en studie om attityder och värderingar. Pågående värmeforskprojekt.
- Paulrud S & Lundgren J. 2008b. Framtida behov och system för småskalig värmeproduktion med biobränslen. Pågående projekt inom Energimyndighetens program ”Småskalig värmeförsörjning med biobränslen”.
- Paulrud, S. 2008c. Småskalig pelletteringsanläggning för lantbruket. Pågående projekt inom Energigården finansierat av SJV och Stiftelsen IVL.

- Paulrud S, Wahlberg C, Arkelöv O. 2008d. Demonstrationsprogram för småskaliga stråbränslesystem-förstudie. Uppdragsrapport för Energimyndigheten. IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborg.
- Paulrud, S & Laitila, T. 2007. Lantbrukarnas attityder till odling av energigrödor-värderingsstudie med choice experiment. 2007. IVL-rapport 1746. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg.
- Paulrud S. 2004. Upgraded Biofuels-Effects of Quality on Processing, Handling Characteristics, Combustion, and Ash melting. Doktorsavhandling Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
- Paulrud, S., Nilsson, C., Öhman, M. 2001. Reed canary-grass ash composition and its melting behaviour during combustion. Fuel 2001 80(10) 1391-1398.
- PIR (Pelletsindustrins Riksförbund). 2008. Pelletleveranser. www.pir.se
- Todorovic, J, Zintl, F och Bodén, H. 2007. Metodutveckling för utprovning av nya bibränslen-driftserfarenheter från en rostpanna. Slutrapport inom området Rosteknik. TPS-07/02.
- Rosenqvist H. 1997. Salixodling-Kalkylmetoder och lönsamhet. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 24, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. 241 s. ISSN 1401-6230. ISBN 91-576-5308-9.
- SCB. 2007. Energistatistik för småhus 2006. Statistiska Meddelanden EN16 SM 0701.
- Sherrington C, Bartly J, Moran D. 2008. Farm-level constraints on the domestic supply of perennial energy crops in the UK. Energy Policy 36 (2008), 2504-2512.
- SJV. 2008a. JO 49 SM 0808. Jönköping
- SJV. 2008b. Hur har lönsamheten i det svenska jordbruket påverkats av kostnadsutvecklingen de senaste åren? Utredningsenheten 2008-07-23. Jönköping.
- Skogsstyrelsen och SCB (2006). Skogsstatistisk årsbok 2006. Statistiska Centralbyrån, Örebro.
- SLU 2008-02-18. http://www.slu.se/?ID=559&Nyheter_id=8096 Stubbtäkt - en joker i energiförsörjningen.
- SOU-Statens offentliga utredningar. 2007. Bioenergi från jordbruket-en växande resurs. SOU 2007:36
- Sundberg, M, Westin, H. 2005. Hampa som bränsleråvara. JTI. Rapport 341.
- SVEBIO (2008). Rapport om potentialen för bioenergi – tillgång och användning. Sveriges Bioenergiförening, Stockholm.
- Sveriges Lantbruksuniversitet. 2008. Enheten för Biomassateknologi och Kemi, underlag från tidigare laboratorianalyser.
- Teagle J. 2008. Teagle, UK. Personlig kontakt.
- Wallin M. 2008a. Sweden Powers Chippers, Borås. Personlig kontakt.
- Wallin M. 2008b. Småskalig pelleteringsanläggning för lantbruket. Pågående utvecklingsprojekt för Energimyndigheten.
- Weglin, J., 2004. Hanteringskostnader för slam, <http://www.svensktvatten.se/Templates/Article1.aspx?PageID=7cced6df-ab78-4c9d-8893-7c2af422b5a1>, Svenskt Vatten AB, Stockholm.
- Winkler G. 2008. Låttra Gård, Vingåker. Personlig kontakt.

YstadAllehanda. 2007.

YstaMaskiner. 2008. Pomi uppsamlingsvagn för storbal. www.ystamaskiner.se

Örberg H, Kalén G, Thyrel M, Finell M och Andersson L-O. 2006. Pelletering av rörflen. BTK-rapport 2006:12. Sveriges Lantbruksuniversitet, BTK, Umeå.

Örberg H, Thyrel M, Kalen G, Larsson S. 2007. Pelletering och förbränning av gallringsvirke. BTK-rapport vol 14. Sveriges Lantbruksuniversitet, BTK, Umeå.

Örberg H. 2008. Presentation vid World Bioenergy 2008. Workshop-Reed Canary Grass 2008-05-28. Jönköping