

Identifiering av energiverkens merkostnader vid förbränning av åkerbränslen samt lantbrukarens möjlighet att påverka bränslekvaliteten

Åse Myringer, Martin Petersen, Johanna Olsson, Marie Rönnbäck, Monika Bubholz, Maya Forsberg

**Identifiering av energiverkens merkostnader vid
förbränning av åkerbränslen samt lantbrukarens
möjlighet att påverka bränslekvaliteten**

**The estimated additional costs for combustion of
agro fuel and the potential of farmers to influence
fuel quality**

Åse Myringer, Martin Petersen, Johanna Olsson, Marie Rönnbäck,
Monika Bubholz, Maya Forsberg

E06-608

Förord

Syftet med föreliggande rapport är att beskriva de merkostnader som kan uppstå vid ett kraft-och/eller värmeverk när man byter eller sameldar åkerbränslen jämfört med skogsflis samt lantbrukarens möjlighet att påverka bränslekvaliteten. Underlag har bland annat samlats in vid studiebesök och intervjuer. Vi vill speciellt tacka de personer som ställt tid och data till förfogande:

Sven-Göran Green, Lantmännen Agrovärme AB
Jan Baldefors, Vattenfall Värme Norden
Rolf Gustavsson, Eskilstuna Energi och Miljö
Tomas Andersson, Grästorp Fjärrvärme AB
Camilla Åhlund, ENA Energi
Erik Holmén, ENA Energi
Hans Pettersson, Vattenfall Värme Norden

Vi vill även tacka de personer som bidragit med information vid telefonintervjuer och som omnämns i referenslistan.

Vi vill också tacka projektets referensgrupp som kommit med värdefulla synpunkter
Hans Nordström, Vattenfall Värme Norden (ordf)
Birgitta Tideman, Göteborg Energi
Ola Palm, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Kenneth Lundkvist, Fortum
Ulf Björklund, Eskilstuna Energi

Projektgruppen har bestått av
Åse Myringer, Vattenfall Research and Development
Monika Bubholz, Vattenfall Research and Development
Martin Petersen, Vattenfall Research and Development
Johanna Olsson, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Maya Forsberg, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Marie Rönnbäck, SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Abstract

Merkostnader som uppstår jämfört med skogsflis vid förbränning av halm, salix, avrens och rörflen har identifierats och beräknats. Eftersom dokumenterad erfarenhet från förbränning av åkerbränslen är sparsam måste resultaten ses som indikativa. Lantbrukarens möjligheter att påverka bränslekvaliteten genom odlingsåtgärder har undersökts och idag möjliga åtgärder beskrivs. Faktorer som påverkar lantbrukarnas val vid försäljning och leverans av åkerbränslen har identifierats och förslag på hur handeln med åkerbränslen kan förbättras för både lantbrukare och energiverk tagits fram.

Sammanfattning

Denna studie ingår i Värmeforsks program Grödor från åker till energiproduktion och syftar till att klargöra vilka kostnader som kan uppstå vid förbränning av åkerbränslen i jämförelse med skogsbränslen samt på vilka sätt lantbrukare kan minimera dessa kostnader genom att förbättra grödornas förbränningsegenskaper. Energiverken får på så sett en bättre förståelse för vilka merkostnader som kan uppstå och kan enklare jämföra kostnaden för olika bränslen med varandra. Lantbrukarna ges å sin sida möjlighet att förbättra kvaliteten på grödorna och därigenom möjlighet till att prisdifferentiera bränslet. De grödor som undersöks i rapporten är halm, salix, rörflen och spannmålsavrens.

Det finns idag ingen känd sammanställning av skillnader mellan drift- och underhållskostnader för olika bränslen. Resultaten från projektet är användbara för både lantbrukare, bränsleinköpare och bränsleanvändare.

För att få en övergripande och rättvis bild av merkostnader och olika parametrars påverkan på bränslekvaliteten har flera anläggningar besökts. Under studiebesöken genomfördes djupintervjuer med anläggningsägare och dokumentation kring merkostnader samlades in. Val av anläggningar var till stor del begränsad av den erfarenhet som finns i Sverige kring att elda åkerbränslen.

En litteraturgenomgång och erfarenhetsinsamling genomfördes för att undersöka lantbrukarnas möjligheter att påverka bränslekvaliteten genom olika odlingsåtgärder. Studien visade att kunskapsnivån är relativt låg inom området, men också att det finns exempel på möjliga åtgärder för halm och rörflen. För salix finns för tillfället inga kända åtgärder i fält som kan förbättra bränslekvaliteten.

Tabell 1. Möjliga åtgärder för lantbrukaren att genomföra för en bättre bränslekvalitet.

Table 1. Possible measures for farmers to improve biofuel quality

Åkergröda	Aktuella i dagsläget	Ej aktuella i dagsläget
Halm	• Utlakning av halmen • Val av fält för bärgning av halm till förbränning • Lagring som ger en acceptabel fukthalt • Minimera kaliumgivan • Använda svampmedel som ej innehåller klor	• Byte till ett kaliumgödselmedel med låg klorhalt
Salix	• Inga åtgärder	• Förändrade skördemetoder för flexibel skördetidpunkt • Nya lagringsmetoder
Rörflen	• Anpassad skördetidpunkt	• Billigare skörde-, transport- och lagringssystem • Skördetider och -metoder som ger mindre förluster

Lantbrukarnas olika val och preferenser vid försäljning och leverans av åkerbränslen påverkas av en mängd olika faktorer, detta undersöktes i studien i en litteratursammanställning med kompletterande intervjuer.

För att kunna beräkna merkostnaden krävs dokumenterad erfarenhet av längre eldningsperioder med åkerbränslen. Det var inte lätt att hitta energiverk med sådan erfarenhet. Många har proveldat mindre mängder av åkerbränslen, men utan egentlig dokumentation i form av mätningar av emissioner, sotningsfrekvens, korrosionsskador, effektutveckling, askhantering etc. Merkostnaden för åkerbränslen jämfört med skogsbränsle vid de anläggningar vi slutligen besökte sammanställs här. De måste ses som indikativa för varje bränsle och typ av anläggning, och påverkas som alltid av anläggningsspecifika förhållanden.

Spannmålsavrens på rost 2,5 MW (Kvänum)

3-13 SEK/MWh orsakat av ökat underhåll av stofffiltren, fler stillestånd för manuell sotning och mer aska att hantera.

Spannmålsavrens i pulverpanna 80 MW (Jordbro)

Ca 20 SEK/MWh exklusive effektsbegränsning från 80 till 40 MW. Den redovisade kostnaden består av ökat underhåll (slitage, sotning), fler stillestånd, högre NO_x-utsläpp och mer aska att hantera. Ökat underhåll utgör den dominerande kostnaden.

Halm på rost 4 MW (Såtenäs)

15 – 37 SEK/MWh orsakat av investering i bränslehantering (dominerande kostnad) och mer aska att hantera.

Salix på rost 3,5 MW (Grästorp)

0 – 1 SEK/MWh orsakat av mer aska att hantera.

Salix på vibrationsrost 55 MW_v och 24 MW_{el} (Enköping)

Inga merkostnader vid < 10 % salix (momentant).

Salix i BFB 72 MW_v och 38 MW_{el} (Eskilstuna)

Inga merkostnader vid < 15 % salix (momentant).

Rörflen sammanställning och exempel från Finland

Typisk inblandning är idag < 5 % rörflen i torv.

Merkostnader uppstår om man investerar i transportsystem och lagerhållning.

Nyckelord: åkerbränslen, halm, rörflen, salix, avrens, merkostnad, bränslekvalitet, organisationsform

Executive Summary

The main objectives of this study were to identify and calculate the additional costs to energy plants of combustion of agro fuels instead of wood chips, and to determine the potential farmers have to influence fuel quality and thus identify parameters that could be used for pricing in the future. The overall aim is to increase the volume of agro fuels produced.

Four agro fuels were considered in this study: willow, straw, husks and reed canary grass. These four were selected because data were available on their combustion at energy plants and because they are representative of different categories of agro fuels: short rotation coppice, crop by-products, seeds and grass. Data were obtained through literature surveys, telephone interviews with farmers, researchers, advisors and contractors, and visits to six energy plants.

Combustion properties for each crop and data on combustion were compared. Measures that could be taken by farmers to improve fuel quality today and perhaps in the future were estimated. Although information and experience proved to be lacking in this area, it was possible to identify some potential measures, which are listed below for each fuel.

To promote expansion of the agro fuel market, issues concerning business contacts and forms of organisation were examined. The choices and preferences of farmers as regards sale and delivery are influenced by a number of different factors, which were investigated here by studies of the literature and interviews with farmers.

There was little documentary evidence available on combustion of agro fuels. Short-term trials have been carried out on small amounts of a number of crop species without specific documentation of emissions, maintenance costs, ash handling, etc. The additional costs to energy plants for combustion of agro fuels compared with wood chips were investigated on visits to energy plants by collecting data directly and by interviewing plant personnel.

The additional costs were then calculated for each fuel and type of boiler, but the specific conditions prevailing in any individual plant will obviously affect the actual costs. General conclusions were:

- Additional costs for an outage caused by the agro fuel depend on whether there is an accumulator to cover some of the load, and on the other types of boilers and equipment available.
- Additional costs for ash handling depend on the technical system and business agreements concerning ash handling, which differed between the energy plants visited.
- Additional costs arising when a boiler and/or fuel is new can be reduced by hard work and experience. In one example (Såtenäs), feeding a new boiler with new straw with a moisture content of 20-22% caused problems with fuel feeding, more frequent soot blowing, etc. Through persistent efforts and feedback on straw quality to farmers, these problems have been eliminated.

- In two cases, 100% agro fuel was combusted during part load periods. In one case full load could not be achieved because of low bulk density and resulting limitations of the feeding system, and in the other case high load was known to cause problems with fouling and dust production. Using agro fuels during part load was not considered an additional cost.
- At the two combined heat and power plants (CHP-plants) visited, the upper limit for willow in the fuel mix was set at 15%, since additional costs caused by increased fouling are expected beyond this level (based on experience).

The additional costs of increased NO_x emission fees or for reduction of NO_x were not calculated for any of the energy plants. At the CHP-plants no increase in NO_x was noted, and the smaller plants did not have any NO_x restrictions. An additional cost was only reported for the boiler in Jordbro, but this was not quantified. Emissions of nitrogen oxides depend on fuel, combustion conditions and the presence of an NO_x reduction system, and any additional costs are therefore specific for each plant.

Transport and storage costs (including refining cost for pellets or briquettes) for straw and reed canary grass are lowest when the fuel is transported in bales from the farm to the energy plant by lorry or rail (the calculated distances here were 100 km or 250 km). If the fuel is refined to pellets or briquettes, the total cost increases substantially.

The highest cost in the logistics chain for willow is the on-farm cost, which includes the costs of establishment, management and harvest of willow. The lowest total cost (including establishment, harvest, transport and storage) of willow is around 190 SEK/MWh, which refers to transport of chopped willow by lorry or rail to the energy plant (the calculated distance was 100 km). If the chopped willow has to be transported longer distances by lorry or if shipping is used as a mode of transportation, the transport costs increase.

This study has mainly focused on the cost for a plant to change from forestry fuels to agro fuels. However, a more common issue is to co-combust a cheaper fuel. This is especially true for larger boilers mainly due to the fact that the fuel availability is more uncertain if large quantities of agro fuels shall be used, and that problems like increased deposit or corrosion rate shall be avoided. Therefore this investigation has looked both at cases with combustion of 100 % agro crops (Jordbro, Kvänum, Grästorp and Såtenäs) and at cases with co-combustion (Enköpings and Eskilstuna). Co-combustion of agro fuels with another fuel can reduce the problems that might arise due to the fuel properties of the agro fuels, and has therefore an influence on the rate of extra costs.

The summation below is based on the six plants visited, which had some documented evidence of agro fuel combustion. The additional costs presented are examples and should not be taken as absolute figures. All additional costs are compared with combustion of wood chips.

Grate combustion of husks 2.5 MW (Kvänum)

Additional costs **3-13 SEK/MWh** caused by increased maintenance of fabric filters, more frequent outages due to manual soot blowing and more ash to handle.

Dust combustion of husks 80 MW, (Jordbro)

Additional costs **approx. 20 SEK/MWh** excluding a limitation of the efficiency from 80 to 40 MW. The additional cost consists of increased maintenance (wear and soot blowing, main contributor), more frequent outages, higher NO_x emissions and more ash to handle.

Grate combustion of straw 4 MW (Såtenäs)

Additional costs **15-37 SEK/MWh** caused by investments in fuel handling (main contributor) and more ash to handle.

Grate combustion of willow 3,5 MW (Grästorps)

Additional costs **0-1 SEK/MWh** caused by more ash to handle.

Vibrating grate combustion of willow 55 MW_{th} and 24 MW_{el} (Enköping)

No extra cost for <10% willow (at present)

BFB combustion of willow 72 MW_{th} and 38 MW_{el} (Eskilstuna)

No extra cost for <15% willow (at present).

Reed canary grass (compilation and example from Finland)

A typical fuel mix today is <5% RCG in co-combustion with peat.

Additional costs arise if investments are made in conveyor system and storage.

It should be noted that the additional costs calculated for e.g. operation and maintenance are expected to decrease in the future with increasing knowledge and experience regarding combustion of agro fuels.

The information obtained in the project on each fuel is presented below.

Conclusions for straw***Important combustion parameters for straw compared with wood chips***

- Straw (yellow straw in particular) has high contents of chlorine and alkali. This leads to increased sintering, fouling of heat exchangers and corrosion on superheaters. In grey straw the contents are lower.
- Ash content (4-10%) is higher than for wood chips.
- Straw is voluminous, which can cause problems during transport and fuel feed.
- Moisture content (10-20%) is lower than for wood chips. Moisture contents above 18-20% can cause problems during handling and fuel feed.
- Fuel mixtures with less than 15% straw generally do not cause problems at CHP-plants.

Additional costs in combustion of straw compared with wood chips

- Increased investment costs for fuel feed equipment, for example bale shredder and overhead crane.
- Increased maintenance costs for fuel handling, for example through more frequent clogging caused by straw and baling twine.
- Higher costs for ash handling because of more ash to handle.
- Increased costs in the boiler for cleaning of heat exchangers and shorter lifetime of superheaters due to high temperature corrosion.
- Risk of low temperature corrosion.

On-farm measures to improve fuel quality of straw**Possible measures today:**

Leach the straw to reduce the alkali and chlorine content, for example by leaving the straw in the field for 14 days.

Use fields known to produce straw with e.g. low silica content (restricted scope).

Store the straw in the same way as straw for other purposes. The moisture content should not be too high.

Minimise the potassium content, e.g. by replacing NPK fertiliser 21-3-10 (older product) with NPK 27-3-3.

Reduce the chlorine content e.g. by using fungicides that do not contain chlorine.

Possible measures in the future:

Replace the potassium fertiliser used with a chlorine-free fertiliser. This currently carries an additional cost for the farmer that is not covered by a better price for the fuel.

Conclusions for willow***Important combustion parameters for willow compared with wood chips***

- Willow is used chipped and resembles wood chips in moisture content, heating value, density, angle of repose and other fuel parameters. The individual chips are somewhat larger than ordinary wood chips and the fine fraction is often low.
- The ash content (up to 5%) is higher than for wood chips.
- More alkali and chlorine compared with wood chips, which may lead to sintering and fouling problems.
- Higher nitrogen content.
- Lower bulk density. This affects the power generated when the willow fraction is high.
- Mixing degrees: During heat production 100% willow is possible, during combined heat and power <15-20% is recommended.
- Higher content of heavy metals than for wood chips. This does not affect the combustion process but may lead to consequences for ash handling, or water handling if a flue gas condenser is applied.

- Willow is usually combusted freshly chipped because storage of the chipped material leads to energy losses and possibly mould. A few weeks of storage may lead to less fouling.

Additional costs in combustion of willow compared with wood chips

- Ash handling and final deposition of fly ash.
 - None of the energy plants visited reported increased costs caused by ash handling. A theoretical calculation resulted in additional costs of up to 1 SEK/MWh for increased ash handling.
- Soot blowing to clear fouling.
 - Heating plants visited reported no problems with increased fouling with 100% willow.
 - CHP-plants visited reported no problems with fouling with <15% willow. Experience shows that 20-30% willow leads to a need for more frequent soot blowing caused by fouling of the superheaters.
- Reduction of nitrogen oxides
 - No need for increased nitrogen reduction for <20% willow, according to the CHP-plants.
 - Combustion with a high mix of willow would lead to a need for increased reduction of nitrogen oxides or higher nitrogen emissions fees.

On-farm measures to improve fuel quality of willow

Possible measures today

Today farmers have no means of improving fuel quality through choice of variety, fertilisation or prolongation of the cutting cycle.

Possible measures in the future

To increase the production volume, new methods are needed to allow harvesting during a longer period of the year. Alternatively, other types of storage methods will have to be developed, because chipped willow cannot be stored without losing energy and developing mould in the stack.

Conclusions for reed canary grass (RCG)

Important combustion parameters for RCG compared with wood chips

- Can be combusted as bale, shredded, pelletised or briquetted.
- The ash content is higher than for wood chips and varies between 2 and 16% depending on soil type. The ash is voluminous and can be difficult to transport through and out of the boiler.
- More alkali and chlorine than wood chips, which can lead to problems with sintering and slagging.
- RCG that has been harvested in the spring has a lower content of potassium and chlorine than autumn-harvested, and a higher ash melting temperature.

- RCG can be difficult to transport into the boiler. Experiences from Finland show that for RCG to be carried to the boiler using the existing transport system and without any risk of clogging, it has to be chopped into small pieces (50 mm) and have a moisture content <30-35%.
- Higher nitrogen content than wood chips.

Additional costs in combustion of RCG compared with wood chips

- Investments in transport system designed for straw fuel.
- No additional costs reported from Finland at an admixture of <15%.
- No information available on the additional costs of nitrogen reduction, but combustion with high admixtures of RCG will increase the costs for nitrogen reduction or incur an NO_x fee.
- When potassium and chlorine have not been properly washed out, costs can arise due to increased soot blowing and possible superheater corrosion.
- Combustion of RCG can result in higher costs for ash handling compared with wood chips.

On-farm measures to improve fuel quality of RCG

Possible measures today

Farmers should follow the recommendations regarding harvest time (spring harvest is recommended in the north of Sweden but is less successful in the south of Sweden).

Possible measures in the future

Cheaper systems for harvest, transport and storing.
Harvest times and methods that reduce losses.

Conclusions for husks

Important combustion parameters for husks compared with wood chips

- Variable density of unpelleted husks, depending on the feeding system, can result in variable fuel energy input.
- Ash content (5-8%) higher than for wood chips.
- Higher nitrogen content than wood chips.
- Higher chlorine content than wood chips, which can result in higher slagging tendency and corrosion in the boiler.
- High ash content results in high amounts of fly ash, which can lead to increased wear on the fabric filters.

Additional costs in combustion of husks compared with wood chips

- Difficult to estimate the additional costs of variable density. Investment in a more advanced feeding system might increase costs.
- The higher amount of ash gives an additional cost due to increased wear on the fuel-handling equipment and can also result in a higher cost for handling the ash.

- The nitrogen content gives increased production of NO_x, which can result in an increased cost for nitrogen reduction or incur an increased NO_x fee.
- The chlorine content increases the tendency for fouling and thus generates additional costs for cleaning caused by extra outages.
- Experience shows that an high level of husk admixture can lead to additional costs caused by increased wear on fabric filter.

On-farm measures to improve fuel quality of husks

Possible measures today

No measures have been identified.

Possible measures in the future

A possible measure for farmers is to invest in a pelletising machine and to pellet the husks before delivery.

Conclusions regarding business contacts and forms of organisation

Important factors affecting farmers' decisions about which crops to grow, and thereby the volume of agro fuels available for sale, were identified as being: organisational structure, how to secure delivery of agro fuels, alternative uses for crops from arable land and information.

The traditional cooperative structure for sale and delivery of crops is considered to have disadvantages on the market, which is being increasingly exposed to competition. However from a farmer's point of view it is an advantage to have an organisation that handles as much of the value chain as possible. In the case of agro fuels this can comprise coordinating the delivery, formulating contracts, storage and processing. Examples of suitable structures are economic associations, joint-stock companies, trading companies or limited partnership companies, all of which have different advantages and disadvantages. Farm businesses can become more effective and increase profitability by consolidation, which would also strengthen the bargaining position towards the energy company. Examples of organisation and contract structures are given in the report.

Long-term contracts are important to encourage entrepreneurs and farmers to risk making the necessary investments to supply agro fuels. The contract period should be around 5-25 years for willow, with renegotiation rights for long periods. The recommended period for RCG is approx. 5 years. For straw the period should be 5 years if the farmer makes investments, 1 year if the farmer sells the straw directly from the field. Prices should be index-linked for perennial crops.

Supply can be secured by extending the harvest period, intermediate storage or by coordination between producers. Security of supply demands commitment from the suppliers and can be difficult over the years due to weather variations.

Alternative uses for straw are as a soil conditioner, fodder or animal bedding. The latter is very dependent on the demand for bedding material in the region. RCG is sold as bedding and the price can compete with the fuel price. The alternative to cultivation of willow is primarily to destroy the crop and grow cereals.

To increase the market for agro fuels, there is a need for:

- Information to farmers about existing crops and potential buyers. Initiatives from the energy companies are desirable.
- Tangible information to suppliers on the structure of the whole chain and the need to grow and deliver consistent amounts.
- Contract forms that give farmers an acceptable risk.
- A dialogue between farmers and the energy companies concerning the quality changes that can be achieved by decisions at harvest, storage, transport and price-setting, etc.

Where can resources best be deployed?

To reduce the costs associated with the use of agro fuels and to increase the total volume of agro fuels produced, the most simple and fastest measures are to:

- Involve farmers in energy production.
One example is the straw harvesting association in Såtenäs, which was formed as part of a conscious strategy to improve straw quality, and has eliminated problems with moisture, mould and yellow straw.
- Educate the fuel supplier/farmer
One tangible measure to lower the costs is education about how to produce a fuel of acceptable quality, for example the system in Såtenäs.
- Reduce transport costs.
It is important that efforts to lower costs for straw are concentrated on transport and handling at the energy company because they represent major costs in the combustion process. No costs can be saved on the straw before harvest and transport from the field because it is a by-product.
- The energy companies have to take the initiative to create a market for agro fuels.

Key words: agro fuel, straw, reed canary grass, willow, husk, extra cost, fuel quality, forms of organisation

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	BESKRIVNING AV FORSKNINGSOMRÅDET	1
1.3	FORSKNINGSUPPGIFTEN OCH DESS ROLL INOM FORSKNINGSOMRÅDET	2
1.4	MÅL OCH MÅLGRUPP	2
1.5	PROJEKTGENOMFÖRANDE	2
1.6	RISKANALYS	2
2	ÅKERBRÄNSLENS FÖRBRÄNNINGSEGENSKAPER	4
2.1	HALM	5
2.2	SALIX	7
2.3	RÖRFLEN	8
2.4	AVRENS	9
3	STUDIEBESÖK OCH TELEFONINTERVJUER	11
3.1	SPANNMÅLSAVRENS ELDAD PÅ ROST - KVÄNUM	11
3.2	HALM ELDAD PÅ ROST - SÄTENÄS	12
3.3	SALIX ELDAD PÅ ROST UPP TILL 100 % - GRÅSTORP	14
3.4	SPANNMÅLSAVRENS ELDAT I PULVERPANNA – JORDBRO	14
3.5	SALIX ELDAD PÅ VIBRATIONSROST < 10 % - ENA-ENERGI, ENKÖPING	17
3.6	SALIX ELDAD I BFB < 15 % - ESKILSTUNA ENERGI OCH MILJÖ	19
4	BERÄKNINGAR AV ENERGIVERKENS MERKOSTNADER	21
4.1	MERKOSTNAD VID ELDNING AV HALM, SALIX OCH AVRENS I VÄRMEPANNOR	21
4.2	MERKOSTNADER VID ELDNING AV AVRENS I PULVERPANNA	23
4.3	MERKOSTNADER VID ELDNING AV SALIX I ROST- OCH BFB-PANNA	24
4.4	MERKOSTNADER VID ELDNING AV RÖRFLEN	24
4.5	BERÄKNING AV NO _x -UTSLÄPP VID FÖRBRÄNNING AV ÅKERBRÄNSLEN	25
4.6	LAGRINGS- OCH TRANSPORTKOSTNADER	26
4.7	SAMMANSTÄLLNING AV MERKOSTNADER FRÅN STUDIEBESÖKEN	29
5	LANTBRUKARNAS MÖJLIGHETER ATT PÅVERKA KVALITETEN PÅ ÅKERBRÄNSLET	32
5.1	ALLMÄNT	32
5.2	OLIKA ÄMNENS BETYDELSE I VÄXTEN	32
5.3	ODLINGSÅTGÄRDER OCH METODER SOM KAN FÖRBÄTTRA BRÄNSLEKVALITETEN	35
6	HINDER OCH MÖJLIGHETER FÖR ODLING AV ÅKERBRÄNSLEN	42
6.1	HALM	42
6.2	SALIX	45
6.3	RÖRFLEN	45
7	AFFÄRSKONTAKTEN MELLAN LANTBRUKAREN OCH ENERGIVERKET	47
7.1	TRADITIONELL ORGANISATION INOM LANTBRUKET	47
7.2	ORGANISATION VID LEVERANS AV ÅKERBRÄNSLEN	47
7.3	EXEMPEL PÅ ORGANISATION OCH AVTAL VID LEVERANS AV ÅKERBRÄNSLEN	48
7.4	LÄMPLIG AVTALSLÄNGD UR LANTBRUKETS PERSPEKTIV	51
7.5	HUR KAN LEVERANSER AV ÅKERBRÄNSLEN SÄKRAS?	52
7.6	ALTERNATIVVÄRDEN TILL LEVERANS AV GRÖDOR TILL FÖRBRÄNNING	54
7.7	VILKEN INFORMATION VILL LANTBRUKARE HA FRÅN ENERGIANLÄGGNINGAR?	57
7.8	SAMMANFATTNING	59

8	SLUTSATSER	61
8.1	SLUTSATSER FÖR HALM.....	63
8.2	SLUTSATSER FÖR SALIX.....	64
8.3	SLUTSATSER FÖR RÖRFLEN.....	65
8.4	SLUTSATSER FÖR AVRENS	66
8.5	SLUTSATSER KRING AFFÄRSKONTAKTER OCH ORGANISATIONSFORMER – ALLA BRÄNSLEN	66
8.6	VAR SÄTTS RESURSERNA BÄST IN?	67
9	REFERENSER	69

Bilagor

A ERFARENHETER FRÅN ODLING OCH FÖRBRÄNNING AV RÖRFLEN I FINLAND

B UTBILDNINGSMATERIAL FRÅN SÅTENERGI

C ORDLISTA FÖR TERMER INOM KRAFT- OCH VÄRMEVERK OCH JORDBRUK

D SVAMPMEDEL MED OCH UTAN KLOR

**E ALTERNATIVA LOGISTIKKEDJOR FÖR BERÄKNING AV
TRANSPORTKOSTNADER**

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Efterfrågan på biobränslen för energiproduktion har under de sista åren ökat vilket gör att grödor från åkern blir intressanta för energiföretagen. I dagsläget upplever många värmeverk att det saknas en marknad för åkerbränslen. Samtidigt finns det ett intresse hos lantbrukarna för att producera åkerbränslen, men marknaden kring dessa kan ibland upplevas som osäker. Osäkerheten beror till stor del på att värmeverken inte vet vilka merkostnader som tillkommer vid förbränning av åkerbränslen i jämförelse med skogsbränslen. Samtidigt vet inte lantbrukarna vilket pris de kan vänta sig att få för sin produkt.

Biobränslen från åker anses medföra mer askrelaterade problem i förbränningsanläggningar. Många hävdar dock att om det bara finns bränsle på marknaden till rätt pris så går det att lära sig elda det. Ett första steg till att identifiera vad rätt pris är (relativt skogsflis), är att identifiera vilka eventuella merkostnader ett byte av bränsle, eller samförbränning av åkerbränslen, medför, och hur denna merkostnad fördelas på olika poster. En identifikation av vilka parametrar i bränslet som medför merkostnader, exempelvis genom ökade krav på sotning, fler tubläckage, förändrad askhantering etc, kan i förlängningen användas till att styra och förbättra bränslekvaliteten.

Ett problem för de flesta pannägare/bränsleköpare är att få fram tillräckligt med bränsle för att ett bränslebyte ska vara intressant. För att öka produktionen av energigrödor från åkermark, krävs en ökad kommunikation mellan producenter och konsumenter, i detta fall mellan lantbrukare och energiproducenter.

1.2 Beskrivning av forskningsområdet

Enligt Berg m.fl. är kunskapsnivån generellt sett låg när det gäller vilka möjligheter som finns att med olika odlingsåtgärder såsom gödsling, sortval och val av odlingsplats påverka bränsleegenskaperna hos åkerbränslena [6]. Likaså är kunskapen om hur årsmån och jordart påverkar bränsleegenskaperna mycket begränsad. Men man vet exempelvis att liggtiden i fält kan påverka bränslekvaliteten för halm positivt. Lantbrukarna är idag vana att styra sin produktion efter odlingsförutsättningar samt den eventuella merbetalning som enskilda insatser kan ge. Då lantbrukaren planerar för sin växtodling vägs många olika faktorer in. Den faktor som väger tyngst för de flesta lantbrukare är ekonomin och efterfrågan på marknaden. För att lantbrukaren ska öka mängd/omfattning på sina insatser i växtodlingen måste det finnas ekonomisk merbetalning för detta. Idag finns det inga kvalitetsreglerande parametrar för åkerbränslen som kan ge lantbrukaren merbetalning. Rosenqvist ger i Berg m.fl. [6] exempel på incitament för en produktion av åkerbränslen som ger möjlighet till ökad inkomst för lantbrukaren. Ett sådant incitament kan vara riktad prissättning eller vidareförädling.

1.3 Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet

Det finns idag ingen känd sammanställning av skillnader mellan drift- och underhållskostnader för olika bränslen. Inte heller har det gjorts en undersökning om hur man kan höja kvaliteten på grödorna så att de blir bättre ägnade till förbränning. Denna rapport tar upp just dessa frågor och lyfter även fram möjligheter till samarbetsformer mellan lantbrukare och energiverk. Resultaten från projektet är användbara för både lantbrukare, bränsleinköpare och bränsleanvändare.

1.4 Mål och målgrupp

Målet med projektet är

- att identifiera vilken merkostnad ett byte till eller samförbränning med åkerbränsle innebär för kraft- och/eller värmeproducenten och hur kostnaden fördelar sig på olika poster
- att ge förslag till parametrar i bränslet som är lämpliga som grund för ett prissättningssystem som leder till ökad produktion av åkerbränsle, förbättrar bränslenas kvalitet och leder till god ekonomi för både bränsleproducenter och anläggningsägare

Syftet med projektet är att samla erfarenhet och överföra kunskap mellan producent och användare så att en ökad energiproduktion underlättas.

1.5 Projektgenomförande

För att få en övergripande och rättvis bild av merkostnader och olika parametrars påverkan på bränslekvaliteten har flera anläggningar besökts. Under studiebesöken genomfördes djupintervjuer med anläggningsägare och dokumentation kring merkostnader samlades in. Val av anläggningar var till stor del begränsad av den erfarenhet som finns i Sverige kring att elda åkerbränslen. Dessa bränslen är halm, salix, rörfen och avrens.

För att undersöka lantbrukarnas möjligheter att påverka bränslekvaliteten på åkerbränslet genom olika odlingsåtgärder sammanställdes litteratur och erfarenheter inom området. Efter sammanställningen gjordes en analys med fokus på vilka odlingsåtgärder som är genomförbara för lantbrukarna med avseende på ekonomi och befintlig kunskap inom området.

Utifrån lantbrukarnas perspektiv undersöktes sedan vad som påverkar lantbrukarnas olika val och preferenser med avseende på försäljning och leverans av åkerbränslen. Bland annat studerades olika typer av organisation vid leverans av åkerbränslen och alternativvärden till leverans av grödor till förbränning.

I Bilaga C finns en ordlista där både kraft-värmeverk- och jordbrukstermer förklaras.

1.6 Riskanalys

På grund av att det i nuläget finns relativt liten erfarenhet kring att elda åkerbränslen i Sverige har studien begränsats av tillgången på dokumentation och erfarenhet kring odling och förbränning av åkerbränslen. I de fall där kostnaden har varit svår att uppskatta

förs en diskussion om vilka faktorer som kan påverka kostnaden. Osäkra kostnadsposter anges i intervall med en maximum- och miniminivå.

2 Åkerbränslens förbränningsegenskaper

Detta projekt fokuserar på erfarenheter från odling och förbränning som berör följande åkerbränslen: halm, salix, rörflen och avrens. Den huvudsakliga orsaken till detta val är att det finns dokumenterad erfarenhet att hämta. Men de representerar även fyra viktiga grupper av åkerbränslen: restprodukter vid odling, frön, gräs och flerårig energiskog på åkermark.

Åkerbränslen har följande gemensamma drag [6]:

1. Energivärdet uppvisar inga stora skillnader jämfört med andra biobränslen. Fukthalten kan variera, precis som i andra biobränslen
2. Åkerbränslen har generellt en högre askhalt jämfört trädbränslen såsom skogsflis och träbriketter.
3. Innehållet av alkali och klor är generellt högt i åkerbränslen vilket leder till en ökad risk för påslag, korrosion och sintring.
4. Åkerbränslen har generellt högre halter av kväve, och ofta även av svavel och fosfor.

I Tabell 1 och Tabell 2 visas en sammanställning av relevanta bränsleparametrar för de bränslen som undersökts i denna studie. I de följande avsnitten beskrivs bränslena mer ingående.

Tabell 2. Innehåll av klor, svavel, kväve, aska, värmevärde och fukthalt i ett antal bränslen.

Table 2. Content of chlorine, sulphur, nitrogen, ash, heating value and moisture in different biofuels

	Klor, Cl	Svavel, S	Kväve, N	Aska	Värmevärde (MJ/kg torrt askfritt)	Fukthalt (vikt-%)
	(vikt-% i ts)					
Trä [6]	0-0,05	0-0,3	0,04	0,4-0,8	16-21	8-60
Salix [6]	0,01-0,1	0,005-0,03	0,4	1-5	18-20	25-50
Halm [6]	0,05-1,5	0,05-0,2	0,7	4-10	18-20	10-20
Rörflen, vår-skördad [9]	0,09	0,09	0,9	5,6 ¹	17,6	10-15
Rörflen, höst-skördad [9]	0,53	0,17	1,3	6,4 ¹	17,9	10-15
Avrens [80]	0,04	0,15	1,6	4,5	17,8	10-14

¹ Medelvärde. Askhalten varierar beroende på jordart och halter mellan 2 och 10 % förekommer.

Tabell 3. Innehåll av kalium och natrium i askan i ett antal bränslen.

Table 3. Content of potassium and sodium in ash in different biofuels

	(mg/kg aska)	
	Kalium, K	Natrium, Na
Trä [6]	67 000 - 90 000	2 500 - 7 300
Salix [6]	38 000 - 158 000	1 500 - 7 800
Halm [6]	9 000 - 153 000	5 500 - 7 400
Rörflen, vårskördad [9]	48 000	3 500
Rörflen, höstskördad [9]	192 000	3 000
Avrens [80]	127 000	3 000

2.1 Halm

Halm är utbrett som bränsle i Danmark men användningen i Sverige är fortfarande begränsad. Sett ur ett tillgångsperspektiv finns det en möjlighet att öka användning av halm som bränsle. Hur stor ökning som är möjlig varierar mellan olika studier, från 4 TWh [8] till 10 TWh per år [73]. Överföring av erfarenheter från Danmark angående optimering av bränslekvalitet och eldningsteknik pågår inom [86]. Projektet rapporteras under 2009.

I Danmark förekommer huvudsakligen tre metoder för att förbränna halm:

- sameldning i befintlig kolpulverpanna
- eldning av 100 % halm i rostpanna avsedd för ändamålet
- eldning i ny panna anpassad för hög inblandning av halm och med möjlighet att elda andra bränslen [26]

För lagring av halm finns det huvudsakligen tre alternativ. Att lagra utomhus utan täckning är billigt men ovanligt i Sverige och innebär en risk att halmen blir blöt då det regnar. Lagring i lada är dyrt, men medför att halmen förblir torr samtidigt som det finns risk för brand. Att lagra halmen under plast är ett mellanalternativ. [26]

Stråbränslen har gemensamt att logistikkostnaderna är höga. Försök att sänka kostnaderna för storskalig leverans av stråbränslen till värmeverk pågår inom [85]. Projektet inkluderar hela kedjan från skörd, lagring och transport till hantering vid värmeverket och rapporteras 2009.

Hantering på anläggningen, lagring och inmatning till pannan, är ofta det som orsakar flest svårigheter. Problem som kan uppkomma är damning, problem vid sönderdelningen av halmen och igensättningar i transportsystemen. Balbanden runt balarna ställer ofta till med bekymmer och fastnar lätt i bränslehanteringsutrustningen. [26]

När halmen kommit in i eldstaden är det främst problem med beläggningar på värmeöverföringsytor, igensättningar av ekonomiser och korrosion av överhettare som uppkommer. Försvårande egenskaper för halm som bränsle är dess höga innehåll av klor, kisel och alkali vilket leder till en låg asksmälttemperatur, ca 800-900 °C [73]. Den van-

ligaste tekniken för att elda halm är att använda en rörlig rost. Den rörliga rosten minskar sintringsproblemen vilka annars skulle stoppa bränsleflödet och kväva förbränningen. Pulverförbränning förutsätter malning av halmen vilket innebär en merkostnad. Vid förbränning i fluidbädd är risken stor att bädden sintrar om halm förbränns i stor skala (> 20 % inblandning). I Sverige används halm vid några mindre anläggningar som alla är av rosttyp. Gemensam nämnare för deras driftserfarenheter är olika grader av sintringsproblem [8]. Ett annat problem är att katalysatorer för reduktion av NO_x (SCR) blir deaktiverade oacceptabelt snabbt om halminblandningen överstiger 10 %. [26]

Svalövs Värmeverk har eldat ca 6000 ton halm per år på en rörlig rost med en högsta effekt på 2x25 MW. Härifrån rapporterades att lägst sintringstendens förekommer vid eldning av halm från vete och råg och högst sintringstendens har korn och havrehalm. De beläggningar som uppstod i pannan var dock lätta att avlägsna med sotning vid ett regelbundet stopp varje månad [6], [73], [8].

Värmeverket i Skurup har en 4,5 MW rostpanna som förbrukar 6000 ton halm per år, vilket till största delen består av vete halm [8]. Värmeverket har ett krav på en maximal fukthalt på 20 % på halmen som levereras. Sintringsproblem förekommer framförallt vid eldning av gul halm. Däremot rapporteras att grå halm inte leder till några sintringsproblem.

I Tyskland har försök genomförts med att elda helsäd. Resultaten visar på en minskad slaggbildning som hänger samman med att halten kalium minskade i rökgaserna [6].

Haslev Kraftvärmeverk i Danmark är en rostpanna med effekten 5 MW_{el} och 14 MW_v. Här eldas varje år 26 000 ton halm i balform det vill säga halmen tillförs pannan i hela balar. Sintring är inget stort problem i Haslev men det förekommer. Hur stor tendensen till sintring är varierar mellan olika år. Ett bra år karaktäriseras av att halmen har fått regn på sig och hunnit torka innan leverans till värmeverket [8].

Avedöreverket är ett kraftvärmeverk också placerat i Danmark. Här eldas ca 150 000 ton halm årligen varav huvuddelen består av halm från höstvet. De huvudsakliga problemen som har uppstått här består av korrosion på överhettare och lågtemperaturkorrosion på luftförvärmare. För att reducera korrosionen på överhettare sänktes temperaturen på ångan från 580 °C till 540 °C. Ett annat problem är att hanteringen av halm leder till ett ökat slitage på bränslehanteringsutrustningen. Vad gäller sintring måste panna stoppas varannan månad för rengöring [8].

I Danmark har en ny typ av pannkonstruktion introducerats som är bättre anpassad för att elda halm. Genom att konstruera pannan så att avståndet mellan tuberna är tillräckligt stort så går det att undvika problem med igensättningar. [26]

För att minska kväveoxidutsläppen vid halmförbränning kan SCR (selektiv katalytisk reduktion av NO_x) användas där katalysatorn antingen är placerad efter stoftavskiljningen (low dust) eller efter ytterligare rökgasrening (tail-end). På så sätt undviks en snabb deaktivering av katalysatorn. En annan metod är att använda SNCR (selektiv icke-

katalytisk reduktion av NO_x) som inte innebär någon katalysator, men som heller inte har samma avskiljningsgrad av NO_x. [26]

2.2 Salix

Salix är ett samlingsnamn för sälg, vide och pil och odlas i huvudsak i södra och mellersta Sverige. Odling i norra Sverige innebär svårigheter eftersom salix är känsligt för frost. I dagsläget odlas ca 12 000 ha salix i Sverige men det finns potential för ca 300 000 ha vilket innebär 15-20 TWh per år [73].

Livslängden för en salixodling uppgår till 15-20 år och skörd av salix sker med intervallet 3-5 år. Normal skördetid är mellan november till februari, efter bladfällningen, vilket bland annat beror på markens bärighet. Det finns i huvudsak två olika omhändertagningstekniker. Dels kan salix sköras och flisas vid samma tillfälle och dels kan salix flisas efter en tids lagring. Fördelen med att flisa salix innan lagring är att möjligheten att driva ut fukt från flisad salix är bättre än för oflisad. Nackdelen är istället att lagring av flisad salix innebär större substansförluster samt större risk för mögelbildning jämfört mot lagring av oflisad salix [73].

I en förstudie har ett underlag för kravspecifikation för teknik för komprimerande hel-skottskörd av salix i buntform skapats [88]. Förhoppningen är att underlätta lagring av skördad salix och minska kostnader för lagring och transport. Projektet rapporterades i slutet av 2008.

Karaktäristiskt för salix är dess förmåga att ta upp tungmetaller. Denna ansamling av tungmetaller leder till att askorna i vissa fall måste efterbehandlas innan deponering eller eventuell återföring till åkermark. Förutom tungmetaller finns relativt skogsbränslen höga mängder av både klor och alkalimetaller. Till skillnad mot halm och rörflen finns ingen möjlighet att urlaka dessa ämnen genom övervintring eller lagring på åkern [73].

Salix är ett etablerat bränsle i Sverige där vissa verk eldar kontinuerligt med en inblandning av salix i bränslemixen och andra verk tillför salix när det är kostnadsmässigt fördelaktigt. Dock är tillgängligheten för salix ofta begränsad, och man får inte tag på så mycket som man vill och kan elda. Salix eldas flisad och är, jämfört med skogsflis, ansett som enhetligt och rent från skräp och finfraktion. Drifterfarenheter med eldning av salix varierar där en del verk inte rapporterar några problem med 100 % salix och andra får problem redan vid en mindre inblandning av salix. Gemensamt för de anläggningar som upplever problem är ökade tendenser av beläggning och sintring [73].

Vid tester av salixeldning i laboratorieskala har ett par intressanta observationer gjorts. I en jämförelse mellan ett yngre och ett äldre bestånd av salix visade det sig att det yngre beståndet behöver en längre uppehållstid i eldstaden för en fullständig förbränning. Anledning härtil är att andelen bark är större på det yngre beståndet. En annan observation gäller salix som malts till pulverform. Hanteringen av detta pulver visar kraftiga valvningstendenser och bildande av statisk elektricitet [73].

Vid anläggningen Flintränna i Malmö, som består av en 40 MW panna med fast rost, har tidigare eldats en bränsleblandning med flisad stamved, lövflis och salix. Härifrån rapporterades att relativt lösa beläggningar på överhettartuber bildades vid inblandning av 10 % salix. Beläggningarna var sådana att de kunde avlägsnas med sotblåsning. Däremot vid en inblandning av 30 % salix blev beläggningarna alltför stora för att kunna avlägsnas med sotblåsning [6].

2.3 Rörflen

Rörflen är ett högt vassliknande gräs som växer vilt vid stränder men förekommer även i odlad form på åkermark. Typiskt för rörflen är att det är en mycket tålig och anpassningsbar växt. Potentialen för rörflen som åkerbränsle beror på avsättningspriset, ett exempel är en potential på 1,3 TWh vid ett avsättningspris på 116 SEK/MWh [73].

Rörflen med hög askhalt ger vanligen mindre problem med sintring och lägre stoftutsläpp än rörflen med låg askhalt. Detta kan verka motstridigt den generella kunskap som säger att tillskott av kisel till ett bränsle gärna leder till sänkt smälttemperatur. Förklaringen kan ligga dels i relationen mellan olika askbildande element, dels i att kiselhalt över ett visst värde verkar ha motsatt effekt, det vill säga ökad asksmälttemperatur [84].

Asksmältpunkten kan även påverkas genom att välja olika skördetidpunkter. Ett exempel på skillnad mellan vår- och höstskörd är en ökad smälttemperatur från 1070 °C till 1400 °C [6] och [43].

I ett tidigare forskningsprojekt [57] genomfördes en system- och ekonomianalys av hela kedjan av rörflen till energi och fiberråvara. Där drogs slutsatsen att bäst betalförmåga för rörflen ges av storskalig produktion och kombinerad förädling till massa och energi. Med förädlad energi avsågs briketter till närvärmeanläggningar eller pellets.

Rörflen som bränsle inom energisektorn är inte vanligt förekommande i Sverige varför det finns få drifterfarenheter av bränslet. De drifterfarenheter som finns i Sverige härrör antingen från korttidsförsök eller från laboratorieexperiment. I Finland däremot är användningen av rörflen större. Under 2007 eldade ett 25-tal anläggningar 60 GWh rörflen. Oftast är det en stor kraftvärmeanläggning utrustad med fluidiserad bädd som använder rörflen och den vanligaste inblandningsgraden är 1-5 % även om andelen ibland kan komma upp i 10-15 %. Rörflen eldas under kortare eller längre perioder, främst under våren och hösten. De problem som uppstår är vanligen förknippade med bränsleinmatningen eftersom rörflen orsakar valvning och stopp i transportsystemen. Kritiska punkter är ytor där bränslet levereras, skivsäll, krossare och skruvtransportörer vid mellanlager. Eftersom rörflen hittills används i låga andelar har problem med agglomering, påslag, korrosion och övertemperaturer inte varit av någon större betydelse. En utförligare beskrivning om rörflenseldning i Finland återfinns i Bilaga A.

På Eskilstuna Energi & Miljö har en inblandning av 0 – 33 % rörflen testeldats på en 4 MW rostpanna med positivt resultat. Vid analys av påslag och NO_x-utsläpp visade det sig att en ökad inblandning av rörflen ledde till en minskning i bägge fall. Ett problem som uppstod i samband med testeldningen var bränsleinmatning i form av en skruv.

Problemet bestod i att snö följde med bränslet in i skruven och bildade en fuktig blandning som fastnade i skruven [78].

I Jordbro har rörlenspulver testats och jämförts mot träpulver som normalt eldas. Vad gäller bränslehanteringen uppvisades liknande egenskaper mellan bränslena och befintlig utrustning för pulverhantering fungerade därmed också bra för rörlenspulver. Grundinställning för förbränning av träpulver fungerade också bra vid eldning av rörlenspulver. Till problemsidan med rörlen kunde två saker konstateras, dels uppstod höga NO_x -utsläpp och dels uppstod problem med askutmatningen. Det senare problemet har sin grund i att askpartiklar från rörlen gärna hakar i varandra och bildar valv. Resultatet blir en aska med ”fluffig” karaktär som är svår att mata ut från pannan [73]. Andra erfarenheter från samma proveldning var att pannans maximala effekt sänktes från 32 till 26 MW, det uppstod en brand i elfiltret och oförbränd andel i flygaskan uppgick till 10 %, vilket är högt. Anledningen till de två senare observationerna var att rörlenspulvret bestod av för stora partiklar som ej hann brinna ut innan de lämnade eldstaden [5].

Laboratorietester med rörlenspellets i en 75 kW respektive 750 kW FB panna visade att rörlen med högre askhalt (11 %) visar sämre förbränningsegenskaper jämfört med rörlen med lägre askhalt (2 %). Konkret bestod skillnaderna i en ojämnare förbränning, högre CO-halt i rökgaserna och höga stoftmängder [73].

På Alholmens Kraft i Jakobsstad Finland eldas en 600 MW_v CFB panna kontinuerligt med rörlen under maj till juli med en inblandningsgrad av ca 5 %. Övriga bränslen i bränsemixen är framför allt torv men ingår gör även bark, kol och avfall. Bränsleinmatningen till pannan sker med skruvar. Några specifika problem har inte identifierats i samband med inblandning av rörlen, däremot så har det visat sig att rörlen har goda lagringsegenskaper [18].

I Finland är den enda parameter som påverkar priset idag fukthalten och betalning till bränsleleverantörer sker efter energiinnehåll, se Bilaga A.

Rörlen är som andra stråbränslen volymiöst att hantera, lagra och transportera. Insatser för mer kostnadseffektiv teknik för skörd, transport och förädling hos lantbrukaren och hantering, transport och bränsleblandning vid värmeverket sker till exempel i ett pågående projekt [87]. Inom samma projekt sker även förbränningstester med bränsemixar där rörlen ingår. Projektet ska rapporteras under 2010.

2.4 Avrens

När spannmålskärna rensas kommer ca 1 % av vikten att gå bort som avrens. Avrenset består av agnar, små kärnor och skräp. Avrensets sammansättning liknar sammansättningen i spannmålskärna, se [80] för mer information. Avrens karaktäriseras av låg bulkdensitet och ojämn kvalitet. Fukthalten är oftast så pass hög att lagring i stack är svårt och kan medföra brand. Det eldas därför antingen direkt i lös form eller pelletteras för att eldas senare. Som pellets är avrenset torrare och tar mindre plats. Exempelvis eldas varje år 8000 ton avrens vid Lantmännens siloanläggning i Ystad i två 5 MW Danstoker-pannor med rörligt rost [30]. Ungefär hälften eldas löst och hälften som pel-

lets (blandat). Bottenaskan från pannorna hämtas av lantbrukare som använder det som gödselmedel på sina åkrar. Flygaskan går till deponi på grund av för höga halter av bly och kadmium. De lantbrukare som hämtar bottenaska vid Ystads siloanläggning betalar ingen avgift då de har kostnader i form av transport och krav på att sprida den heterogena askan som är pulverformig och även består av stora klumpar. En del av avrenset från Ystads silo säljs för energiändamål till pappersbruk som använder det för att öka ts-halten i sitt bränsle.

Det är svårt att få en samlad bild av hur mycket avrens som används för energiändamål i Sverige. En grov uppskattning av tillgängligt avrens kan göras med hjälp av Jordbruksverkets statistik över skördat spannmål [34]. År 2005 skördades totalt 2,25 Mton höst- och vårvete och 1,6 Mton vårkorn. Om man antar att allt vete går till mjöl och vårkornet går till öl-produktion och att övriga spannmål (råg, korn, vete och rågvete) används som foder utan att passera en siloanläggning, kommer maximalt 38 500 ton avrens att finnas tillgängligt för att eldas.

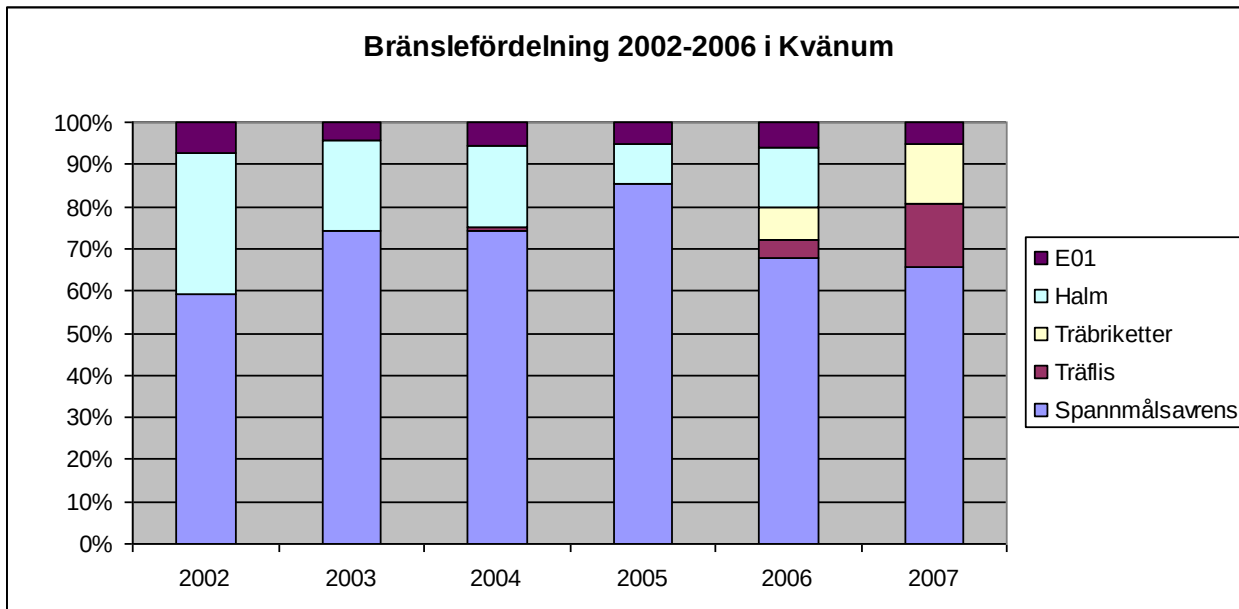
3 Studiebesök och telefonintervjuer

Studiebesök genomfördes vid 6 anläggningar, varav 3 var rostpannor, en pulverpanna, en BFB och en CFB. De sistnämnda var båda kraftverkspannor. Nedan följer sammanfattningar från studiebesöken. En betydande svårighet för att uppnå projektets mål visade sig vara att hitta anläggningar med dokumenterad erfarenhet av längre eldningsperioder med åkerbränslen. Många anläggningar har eldat mindre mängder av åkerbränslen under kortare perioder, men utan egentlig dokumentation i form av mätningar av emissioner, underhållskostnader, effektutveckling, askhantering etc. Någon panna > 2 MW med dokumenterad erfarenhet av rörlensförbränning hittades inte i Sverige. I Bilaga A finns en sammanställning över erfarenheter från förbränning av rörlens i Finland.

3.1 Spannmålsavrens eldad på rost - Kvänum

Vid Kvänums siloanläggning finns två rostpannor installerade. Båda är av märket Osby Parca och har effekterna 2,5 MW respektive 3,0 MW. Som komplement till dessa finns två stycken oljepannor vilka används som spetslast och reservpannor. Den större av rostpannorna är installerad vid årsskiftet 07/08 och har ännu inte tagits i full drift. Den mindre av rostpannorna har varit i drift sedan 2000 och är den panna som fokuseras på i studien. Anläggningen ägs och drivs av Lantmännen Agrovärme AB.

Det bränsle som i huvudsak har eldats i rostpannan sedan 2002 är spannmålsavrens. Andelen har varierat mellan 58 – 82 %, se Figur 1. Förutom spannmålsavrens har bio-bränslena halm, träflis och träbriketter ingått i bränslemixen.



Figur 1. Bränslefördelning i Kvänum under 2002-2006. E01 står för Eldningsolja 1

Figure 1. Fuel distribution at Kvänum 2002-2006.

3.1.1 Problem och merkostnader

Spannmålsavrenset matas från slutna containrar med hydraulisk skrapa ut på ett transportband. Via transportbandet förs bränslet till ett mellanlager i form av en silo. Ett problem med spannmålsavrens är att bränslet är av heterogen kvalitet eftersom dess ursprung är av varierande karaktär (olika typer av sädesslag, olika delar av sädesslaget samt andra komponenter som jord och silomaterial). Den ojämna kvaliteten ger att dess densitet varierar vilket ger problem med ojämn inmatning och fluktuerande bränsleeffekt. För att jämna ut bränslets densitet omblandas avrenset i silon och blandas även med andra bränslen. Om omblandningen i silon inte räcker till finns en parallell bränsleinmatning med mer homogena bränslen för att jämna ut eventuella sänkningar i bränsleeffekten.

De krav som finns på rökgaserna är att halten stoft ska understiga 100 mg/Nm^3 . För att hantera detta krav finns det ett stofffilter installerat. Eldning med spannmålsavrens har lett till ett ökat slitage av filtrets strumpor. Olika filtermaterial har testats men inget har visat sig motståndskraftigt. Lösningen har blivit att köpa in billigare strumpor och budgetera för 2-3 utbyten per år. Ett annat problem som har observerats med spannmålsavrens är en ökad påslagstendens i pannan. Tuberna sotas kontinuerligt med tryckluft men detta räcker inte, utan man måste stoppa pannan en gång varannan månad för manuell sotning av tuberna. Detta tar $\frac{1}{2}$ dag. Enligt regionchefen Sven-Göran Green behöver manuell sotning av en motsvarande panna som eldas med skogsflis bara ske en gång per år. [21]

Anläggningen i Kvänum har ingen ackumulator installerad. Vattenmängden i fjärrvärmerören klarar ett stillestånd på ca 10 min innan oljereservpannorna måste startas. Ett ökat antal stillestånd ger alltså en direkt inverkan på oljekonsumtionen. När den större rostpannan är i full drift kommer beroendet av oljepannorna att minska.

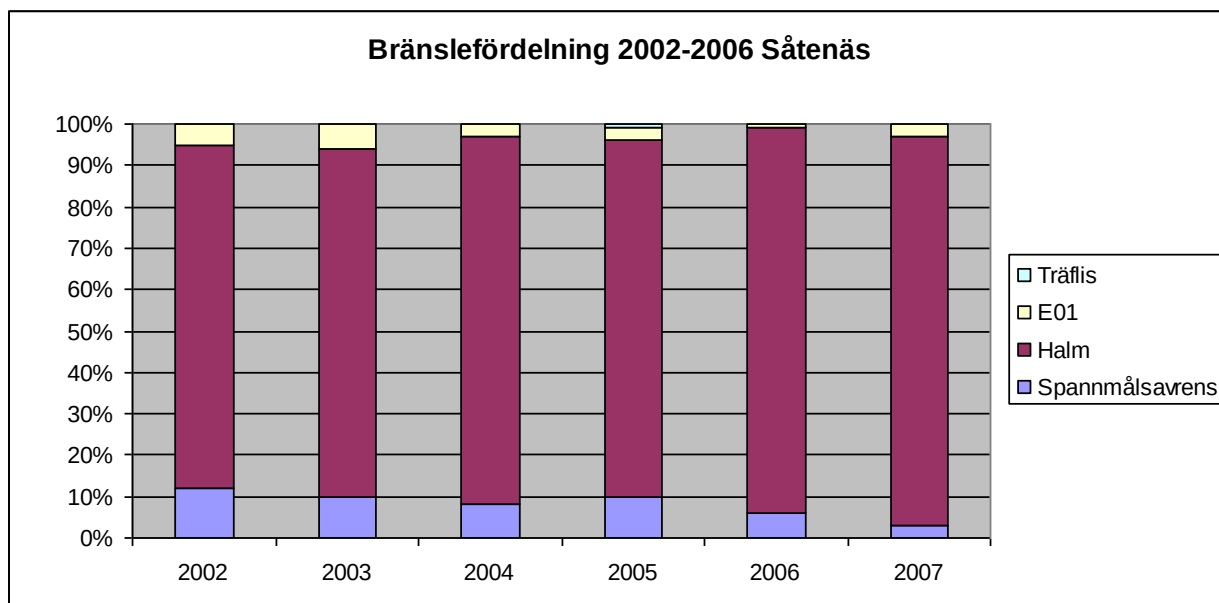
När det gäller spannmålsavrens är den varierande densiteten en viktig bränsleparameter. Inmatning styrs genom varvtalet på en bränsleskruv. För att få rätt mängd in i pannan måste en densitet antas. Varierar denna störs inmatningen och därmed bränsleeffekten. Det vore bättre att ha ett bränsleinmatningssystem som matade in en viss vikt istället för, som idag, en viss volym, men man har inte tagit fram en kostnad för detta. Någon specifik parameter som orsakar den ökade förslitningen på filterstrumpor eller slaggning har inte identifierats.

Askan från avrenspannan i Kvänum körs ut till lantbrukare och sprids på åkrarna som gödselmedel. Lantbrukarna har hittills inte betalat för askan. Det finns ingen möjlighet att separera botten- och flygaska vid anläggningen.

3.2 Halm eldad på rost - Såtenäs

I Såtenäs finns en rostpanna på 4,0 MW av märket Osby Parca installerad. Anläggningen ägs av Lantmännen Agrovärme AB och drivs av Fortifikationsverket. I pannan eldas i huvudsak halm som anländer till anläggningen i form av fyrkantsbalar. Balarna levereras av lokala jordbrukare och placeras i ett traverslager. Traversen plockar upp balarna och placerar dem på ett transportband som leder fram till en rivare. Efter rivning matas

halmen med två skruvar in i pannan. I pannan eldas även mindre mängder av träflis, spannmålsavrens och eldningsolja 1, se Figur 2.



Figur 2. Bränslefördelning i Såtenäs under 2002-2006. E01 står för Eldningsolja 1

Figure 2. Fuel distribution at Såtenäs 2002-2006.

Hög fukthalt, 20-22%, gör halmen seg och leder till inmatningsproblem. Konkret så fastnar halmen i skruvarna efter rivaren. Systemet måste därmed stannas och rensas manuellt. Extra problem har uppstått om hö har eldats eftersom höet ofta har varit mögelangripet och lett till allergiska reaktioner hos personalen. Av denna anledning eldas inte längre något hö.

Lantbrukaren får full betalning enbart om fukthalten är maximalt 18 %. Mellan 18-22 % sker en reducerad betalning och vid fukthalter över 22 % skickas halmen tillbaka. För att bättre organisera halmproduktionen har lantbrukarna bildat en halmbärgarförening. Föreningen har även blivit delägare i verket med 9 %. Att göra halmbärgarföreningen till delägare och därmed få ta del av vinsten var en medveten strategi för att förbättra kvaliteten på halmen. Desto bättre halm desto bättre fungerar värmeverket och möjliggör en bättre vinst. Strategin har varit lyckad och idag upplever man att problem med fukt, mögel och gul halm har försvunnit. Mer information om organisationen återfinns i kapitel 7.3.1.

Halmen strängläggs och får torka ovanpå stubben. Det är en fördel om den får ligga 14 dagar, då tvättas klor och kalium ur av dagg och nedbrytningsprocesser. Kunskapen om hur man bäst bärgar halmen har man tagit från Danmark och har förfinats efterhand.

När anläggningen var ny utlöstes de automatiska larmen ofta. Efter ett konsekvent arbete med att minska antalet larm genom att identifiera dem och undanröja orsakerna är

antalet driftrelaterade larm nu nere på 3-4 per månad. Pannan är byggd med låg rostbelastning med låga bäddtemperaturer ner mot 700-800 °C, varför det går att elda halm utan några större bekymmer med slaggnings eller påslag. Eftersom man oftast nyttjar halm som legat ett tag har troligen en del kalium lakats ut från bränslet.

Också den här pannan behövde sotas manuellt när sotningen utfördes med ett ljudsotningssystem. Ett sotsystem med tryckluft installerades istället med lyckat resultat. Idag behövs därför inga extra stillestånd för sotning förutom det ordinarie årliga revisionsstoppet. [21]

3.3 Salix eldad på rost upp till 100 % - Grästorp

I Grästorp finns en rostpanna på 3,5 MW av märket Danstoker installerad. Grästorps Fjärrvärme AB ägs av kommunen och Lantmännen Agrovärme AB som också sköter driften. I denna anläggning eldas uteslutande träbränslen i form av skogsflis och salix. Mängden salix i bränsleblandningen varierar men uppgår till 100 % under delar av sommarhalvåret. Anledningen till att salixinblandningen är högst under sommarhalvåret beror på att med salix kan inte pannan nå sin maximala effekt.

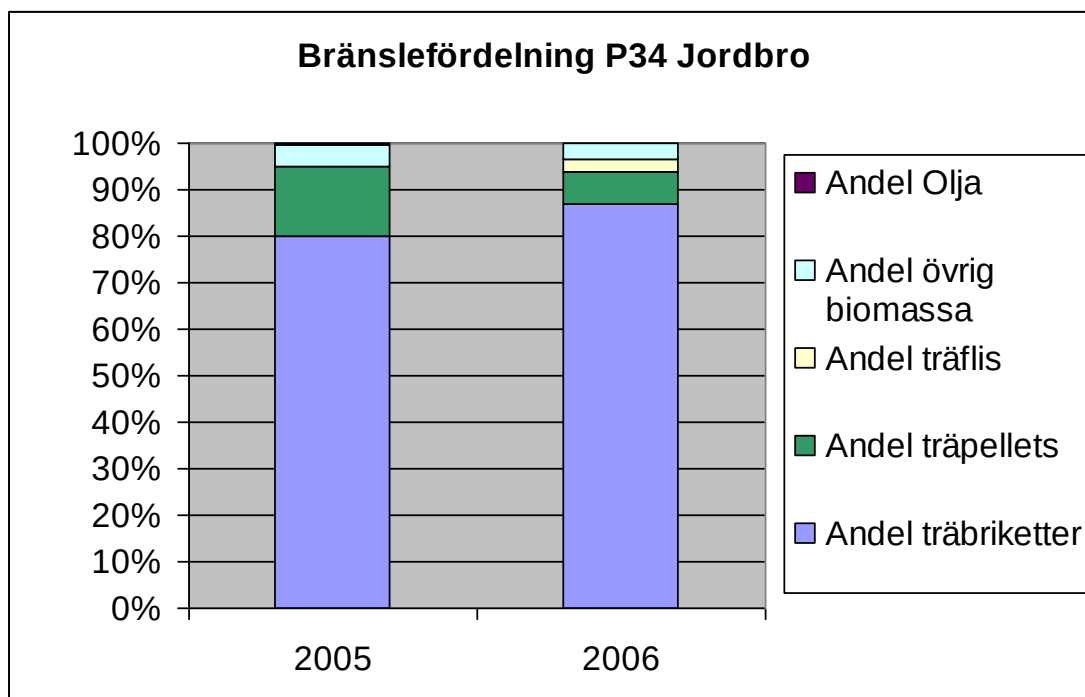
Några skillnader mellan salix och övriga skogsflisbränslen har inte observerats när salixen har fått ligga i hög i 6 veckor. Om färsk salix stoppas in i pannan har vita kletiga beläggningar observerats på värmeväxlare i rökgasstråket.

Pannan sotas automatiskt och man upplever ingen skillnad i skötsel, underhållskostnader eller reparationer jämfört med skogsflis. På anläggningen upplevde man att askmängderna blir ungefär lika stora som med skogsflis, men med salix ökar andelen flygaska på bekostnad av andelen bottenaska. [3]

3.4 Spannmålsavrens eldat i pulverpanna – Jordbro

Värmeverket i Jordbro två mil söder om Stockholm ägs av Vattenfall Värme Drevviken och har fyra installerade pannor. Den största av dem, P34, är en träpulverpanna på 80 MW_v och står för 95 % av produktionen. Pannan byggdes 1995 och levererades av Kvaerner. Två år tidigare, 1993, byggdes en kvarnanläggning för att mala träbriketter och träpellets till pulver. Förutom träpulverpannan finns det tre olika oljepannor, en på 70 MW_v och två identiska oljepannor på 28 MW_v.

Det huvudsakliga bränslet för P34 är och har varit träbriketter. Tillgänglig bränslestatistik mellan 2005-2006 visar att dess andel uppgick till 80-85 %. Ser man till träbränslen i form av pellets, briketter och flis uppgår andelen till ca 95 %. Användandet av avrenspellets, som ingår i kategorin övrig biomassa i Figur 3, har uppgått till ca 6000 ton per år mellan 2002 till 2006. Tillförseln över året har inte varit jämt fördelad utan avrens har körts i kampanjer under den varmare delen av året.



Figur 3. Bränslefördelning i Jordbro 2005-2006 [55].

Figure 3. Fuel distribution at Jordbro 2002-2006 [55].

I Jordbro levereras bränslet till en avtippningsficka i kvarnanläggningen. Från tippfickan hämtas materialet av en travers som fördelar bränslet i två lagerfickor. Från lagret hämtas sedan bränslet till en mellanficka med bottenutmatning. Från mellanfickan förs bränslet till en grovkross innan det förs till ett skaksåll och vidare till kvarnarna (3 stycken). Efter kvarnarna passerar pulvret samma skaksåll återigen och överstort material förs åter till kvarnarna. Det pulver som passerar sållet transporteras till ett mellanlager. Härifrån matas sedan pannans fyra brännare.

Rökgasernas NO_x -halt sänks med hjälp av direktinsprutning av ammoniak i pannans nedre delar (SNCR). Innan rökgaserna släpps ut till atmosfären passerar de två stycken elfilter som är kopplade parallellt med varandra.

3.4.1 Problem

Eldning med avrenspellet innebär en effektbegränsning på pannan till 40 MW_v mot normalt 80 MW_v . Anledningen till att pannan inte körs med högre effekt är:

1. Ökade problem med sintrade askklumpar som stör bottenaskutmatningen. Vid effekter över 40 MW lossnar aska på väggarna och faller ned i botten av pannan. Bottenaskskruven är dimensionerad för lös aska och stora sintrade askklumpar blockerar därför utmatningen.
2. Kapacitetsgräns i elfilter. I anläggningen finns två stycken elfilter installerade. Varje elfilter klarar 40 MW effekt vid avrenskörning. Om effekten är högre och ett filter går sönder klaras inte utsläppskraven för stoft.

3. Kraftigt ökad NO_x-halt i rökgaser vid effekter ovanför 40 MW. Om effekten hålls under 40 MW kan en utsläppsnivå på 40 – 50 mg /MJ hållas. När träbriketter eldas ligger utsläppet på ca 40 mg/MJ.

Problem som uppstod även när lasten på pannan hölls under 40 MW var ett ökat slitage på det inre bränsletransportsystemet. Exempel på sådant slitage uppstod i rörböjar, slussar och cellutmatare som alla används vid transport av bränslet i pulverform. Trolig anledning enligt Jan Baldefors är ett högre askinnehåll i avrenspellets jämfört med de ordinarie träbränslena. Ett annat problem var att ekonomisern sotade igen vid eldning med avrens. Denna är utformad med täta mellanrum mellan tuberna. Igensotningen leder till att pannan behöver stannas oftare vid körning med avrens för sotning, annars kan inte pannan köras på full effekt när bränslet växlas tillbaka till ordinarie träbränslen. Ett sådant extra stillestånd för rengöring kräver att pannan står still under ca 12 h, vilket leder till en merkostnad då reservkraften drivs med ett dyrare bränsle. [5]

Den parameter i bränslet som har störst betydelse för problem i samband med avrenselning är askinnehåll. Detta har varierat mellan 5-8 % och är avhängigt av bränslets ursprung. Avrens som består av rester från spannmålshantering inom jordbruket kan innehålla olika andelar av sädesslag samt förorening från hantering inom jordbruket.¹ Andra bränsleparametrar som har betydelse för problembilden är innehållet av kväve samt klor och asksmälttemperaturer.

De bränsleparametrar som har inkluderats vid bränsleinköp har framför allt varit krav på fukthalt och askhalt. Några problem med ställda krav har inte upplevts utan leveranserna av avrens (från Lantmännen) har hållit en jämn kvalitet.

3.4.2 Hinder för anläggningar

Tillgången på avrens har sjunkit eftersom spannmålsarealen har minskat under senare år och därmed finns det mindre avrens att köpa. Vidare har fler verk börjat elda avrens och därmed har konkurrensen ökat. Båda faktorerna har ökat priset på avrens. Det framkom dock inte om det var det ökade priset eller andra faktorer som låg bakom besluten att sluta köra med avrens.

3.4.3 Inköp

Normalt är det anläggningsägaren som kontaktar bränsleinköparen och talar om vilka volymer och kvaliteter han/hon önskar till sin anläggning. Sedan blir det bränsleinköparens uppgift att hitta lämpliga bränsleleverantörer.

En viktig faktor för att öka användandet av åkerbränslen är tillgången. Erfarenheten från Jordbro är att tillgången på avrens är beroende av skördeperioden. Denna sker oftast i augusti – september och ligger fel i tidpunkt för Jordbro. I verket vill man som beskrivit ovan elda avrens i slutet på driftsäsongen innan ordinarie revisionsstopp vilket inträffar innan augusti månad. I Jordbro löstes detta problem genom att avrenspelletsen lagrades hos säljaren fram till våren.

¹ Ett exempel på förorening är rester av cement som lossnat från lagringssilos.

3.4.4 Önskemål

Hans Pettersson, inköpare av fasta bibränslen inom Vattenfall Värme Norden, anser att handel med åkerbränslen sker bäst via en central samarbetsorganisation. Han ser att en sådan lösning ger ett bättre affärsklimat och en smidigare procedur. Det bättre affärsklimatet består i att säljpriset för lantbrukarna är detsamma och spelreglerna mer tydliga. Antalet avtal skulle också bli färre och upphandlingarna därmed mer lättarbetade. [59]

Jan Baldefors vid Jordbro betonade att införsel av nya bränslen i verket underlättas om driftpersonalen är erfaren och känner sin anläggning. Erfarenheten kommer framförallt till sin rätt då pannan behöver trimmas till bästa drift med det nya bränslet.

3.5 Salix eldad på vibrationsrost < 10 % - ENA-Energi, Enköping

Det bibränsleeldade kraftvärmeverket på Kaptensgatan levererar fjärrvärme till centralorten och elkraft till stamlinjenätet. Anläggningen ägs och drivs av Enköpings kommun. Pannan är en Burmeister & Wain med vibrationsrost och effekten 55 MW_v och 24 MW_e. Anläggningen rymmer även en träpulvereldad hetvattenpanna, olje- gas och elpannor och en ackumulator på 325 MWh. Kraftvärmepannan eldas huvudsakligen med skogsbränslen såsom GROT, bark och spån. Andelen salix har på årsbasis varit 2-5 %, beroende på tillgång. Som mest har inblandningen av salix varit 10 %. Det finns ett policy beslut på att begränsa inblandningen av salix till maximalt 20 % eftersom man är rädd för problem med beläggningar och andra störningar. Vid en tidigare testeldning med 20 % salix var man tvungen att radikalt korta sotningsintervallen på grund av ökade påslag i överhettarna. ENA Energi har även gjort försök med mindre partier av andra åkerbränslen såsom rapskakor, men det har rört sig om så små mängder att inga egentliga slutsatser kunnat dras annat än att ”det fungerade”. Det enda åkerbränsle man inte vill ha in till anläggningen är stråbränslen, eftersom bränsleinmatningen inte är utformad för dessa. Man vill inte heller elda salix tillsammans med returflis, eftersom man är rädd att alkalihalterna blir för höga.

3.5.1 Salix – inköp och användning

Huvuddelen av den salix som eldas levereras av Naturbränsle AB och en mindre del från enskilda lantbrukare. ENA Energi arrenderar och odlar i egen regi 150 ha salix, men den är tämligen nyplanterad och har inte skördats än. Målet har varit att arrendera och odla totalt 2000 ha, men på grund av de senaste förändringarna i priser för jordbruksprodukter kan detta komma att omvärderas.

Salixen eldas huvudsakligen nyskördad. Skörden kräver att marken är tjälad varför skörden de senaste varma vintrarna skett under februari, mars och halva april. Materialet flisas på fältet och tippas direkt i tippfickan på värmeverket. Vid behov kan ett litet lager läggas upp bredvid tippfickan.

3.5.2 Askhantering

Bottenaskan från pannan tas om hand inom ramen för ett projekt som drivs av Länsstyrelsen. Askan blandas med slam från Reningsverket och blandningen körs ut till salix-

odlare och tillförs åkermarken. De lantbrukare som tar emot slammet får en rabatt vid nyplantering av salix. Rabatten finansieras av Energi- och Reningsverken.

Ett delprov tas från var tredje ton bottenaska, och ett prov från tio sådana blandande delprov skickas på analys av metaller och vissa spårämnen, bland annat Cesium 137. Ibland har kadmiumhalten i bottenaskan överstigit gränsvärdet, men detta har inte kunnat kopplas till förbränning av salix.

3.5.3 Problem

Man har inte behövt göra några speciella åtgärder eller investeringar eller märkt några speciella effekter av 10 % salix. Fukthalt och askhalt överensstämmer med övrigt skogsbränsle. Möjligen är salix bättre definierat i avhuggna kutsar och askhalten jämnare och ibland lägre än i kontaminerad bark och GROT. Pannan har kontinuerlig övervakning av NO_x, CO, stoft och SO₂ och NO_x-reduktion sker med SNCR. Man ser ingen effekt på emissioner som kan härledas till salixinblandningen. Man ser heller ingen effekt på fördelning av flyg- och bottenaska. Man har haft lite höga NO_x-värden sista året i samband med höga temperaturer i bädden men tror att det huvudsakligen handlar om att SNCR-systemet behöver trimmas.

Påslag på eldstadsväggarna är ibland ett problem, men varken Erik Holmén eller Camilla Åhlund vid ENA-energi kan knyta detta till salixinblandningen. De tror istället att det huvudsakligen är så att påslag sker hela tiden, och vid ändring från höglast till låglast kan påslagen ramla ned. Man är då rädd att de ska orsaka skador. Man tror även att försämrad kvalitet på GROT kan spela roll. Tidigare låg ofta GROTen ute på hygget en tid och lakades ur innan det samlades ihop och buntades. Idag sker hopsamling och buntning snabbare. Pannstillverkaren ska eventuell sätta in sotning med vattenkanon i eldstaden för att få bort problemet med nedfallande påslag. [29][83]

Vid ankomst till verket tas alltid fuktprov på bränslet, som betalas efter levererad energimängd. Man har även byggt en bränsletork för att kunna erbjuda leverantörer att torka sitt bränsle. Syftet är att öka elproduktionen och minska värmeproduktionen från rök-gaskondensering. Man tar även regelbundet ut och sparar bränsleprov, i en ansats att kunna spåra eventuella problem till levererat bränsle. När ett problem uppstår kan man ta fram aktuellt prov och göra en analys. Camilla Åhlunds erfarenhet är dock att det är svårt att spåra problem på detta sätt.

3.5.4 Hinder och möjligheter för salix

Man vill gärna elda mer salix vid ENA Energi. För att salix ska kunna bli ett ”större” bränsle tror Erik Holmén dels att volymerna måste öka, dels att man måste bli mer oberoende av vädret för skörd. Eftersom det är små volymer som odlas idag finns inte alltid maskinpark tillgänglig när man behöver den och logistiken är inte utvecklad. Kanske bör man utveckla metoder för att lagra i bunt på hårdgjorda ytor vid åkern och flisa efterhand, alternativt att lagra och flisa vid verket. Detta skulle ge jämnare leveranser. Det är även positivt om materialet får lakas ur av regn under en tid. Det görs försök med att hårdgöra ytor med hjälp av flygaska, vilket kan vara ett alternativ.

Under de senaste åren har tillgängligt bränsle minskat och bränslepriserna ökat, varför det på ett sätt finns förutsättningar att öka volymen salix. Samtidig söker man bränsle över hela världen idag, för att få låga priser. Ökade volymer på odlad salix kräver att prissättning och avtal är ”rätt” både för köpare och för säljare. Erik Holmén efterlyser nytänkande kring upphandling och avtal.

På frågan om någon bränsleparameter som lantbrukaren eventuellt kan påverka kan vara aktuell att prissätta, svarar Erik Holmén att det är möjligt att alkali i framtiden kan bli en sådan. När man blandar olika bränslen som innehåller alkali kan det bli aktuellt att räkna noggrannare på en sådan parameter som är begränsande.

3.6 Salix eldad i BFB < 15 % - Eskilstuna Energi och Miljö

Det biobränsleeldade kraftvärmeverket på Ståhlbergsvägen togs i drift år 2000. Anläggningen ägs och drivs av Eskilstuna kommun. Huvudbränslet är skogsbränsle, krossat till flis. Panna är en BFB-panna med en värmeeffekt på 72 MW_v, eleffekt på 38 MW_{el} och en rökgaskondensor på 25 MW_v. Pannan är byggd av Metso Power (dåvarande Kvaerner). På området finns även en CFB-hetvattenpanna. Pannorna har samma bränsleinmatning.

Under år 2007 levererades 832 GWh och bränslemixen var:

- 6 % sågspån
- 18 % bark och sågverksrester
- 74 % flis (GROT)
- 2 % salix

Den genomsnittliga fukthalten var 45-50 %.

3.6.1 Salix – inköp och användning

Bränsle köps från 4-5 bränsleleverantörer, bland annat Agrobränsle som levererar salix. Man eldar även en del material från kommunens parker och från invånarnas trädgårdsavfall. Vid leverans mäts fukthalten och bränslet tippas i en ficka. Det finns plats för mindre bränslelager. Bränslets askhalt analyseras regelbundet. Bränslet sållas och rejektet (stora bitar av bränsle och annat material) får leverantörerna ta tillbaka. Detta sker i proportion till hur mycket bränsle man levererar och är ett inte helt populärt system som vissa tycker slår orättvist.

Salixen har levererats under den korta tid den kan skördas och som mest har inblandningen varit 10-15 %. Man har satt upp en gräns för maximal inblandning på 20 %. Det finns ingen statistik eller argument för den övre gränsen, men man är rädd för att eldstaden ska bli nedsmutsad vid större inblandningar.

3.6.2 Problem

Man har inte gjort några speciella investeringar eller sett några speciella effekter av att elda salix. Nyligen sattes ljudsotning in som sotar den andra primära överhettaren och ekonomisern och man har även bytt delar av överhettarna under sommaren 2008, men påslag och korrosion går inte att koppla till något specifikt bränsle. Slitage på vissa

delar av tubpaketen har varit större än planerat, men detta kan bero på stråkbildning eller på att man har kört pannan så maximalt man kunnat under vintern då elpriset varit högt. Det blir viss stråkbildning i bädden eftersom bränslet och primärluft från sidorna inte tränger in tillräckligt långt. Pannan står still under 4 veckor sommartid för revision och två dagar i januari för besiktning. Tillgängligheten är alltså hög², och NO_x-emissionerna har varit låga. Det har varit en del påslag kring murtoppen i eldstaden. Dessa lossnar relativt lätt när man går ner i last och kan då sätta igen askutmatningen i botten. För att lösa akuta proppar har man installerat möjlighet att blåsa askutmatningen med tryckluft.

3.6.3 Hinder och möjligheter för salix

Man sätter inte krav på någon särskild parameter på salixen. Man ser också positivt på mer salix, den har bra partikelstorlek och innehåller inte skrot. Panntillverkaren var från början lite skeptiskt till att elda salix men har inte ställt några särskilda krav. Rolf Gustavsson, driftschef, tror att det i framtiden kan bli svårt att få fram tillräckliga volymer av biobränslen och att man kommer att handla mer internationellt. [25]

² 99% under 2007

4 Beräkningar av energiverkens merkostnader

I detta avsnitt redovisas de merkostnader som uppstår vid förbränning av åkerbränslen vid de anläggningar som besökts inom projektet.

4.1 Merkostnad vid eldning av halm, salix och avrens i värme pannor

4.1.1 Metod och antaganden

Nedan redovisas beräkningar för merkostnader i jämförelse med skogsflis vid eldning av halm, avrens och salix vid anläggningarna i Såtenäs, Kvänum och Grästorp. Eldningen sker i rostpannor för värme produktion, 2-4 MW. Beräkningarna baserar sig på de uppgifter som framkommit vid besöken. Följande antaganden har använts:

1. Inga merkostnader uppstår för salix förutom en förändrad kostnad på grund av ökat askinnehåll. Det faktum att pannan i Grästorp inte når full effekt med salix leder inte till en kostnad då salix används enbart under sommarmånader.
2. Halm har en högre investeringskostnad på 4 MSEK för inmatningsutrustning det vill säga balrivare och travers.
3. Avrens har en merkostnad som beror på ökat antal stillestånd för sotning samt ökade underhållskostnader för filterstrumpor.
4. Under stillestånd i Kvänum täcks värmebehovet upp med reservpannor som drivs med E01 (Eldningsolja 01). När den nya biobränslepannan tagits i full drift kommer denna att användas som reservpanna. Hur detta påverkar kostnads bilden har inte behandlats, men antagligen kommer kostnaden att sjunka då biobränsle här lägre inköpskostnad än olja.
5. Kostnaden för stillestånd inkluderar inte startkostnad av pannor.
6. För merkostnad i form av investering anges den årliga energiproduktionen som ett intervall. Den undre gränsen utgör ett medelvärde av levererad energi från perioden 2002-2007. Den övre gränsen är en maximal produktion då pannan kontinuerligt går på max effekt under hela året förutom ett fyra veckors stopp för revision.
7. För merkostnader i form av underhåll och stillestånd används enbart den undre gränsen för energiproduktion eftersom de ingående data för beräkning av dessa merkostnader utgår från faktisk producerad energi.
8. För askhantering har en schablonkostnad på mellan 100 och 200 SEK per ton antagits.

I Tabell 4 och Tabell 5 redovisas aktuella värden för merkostnadsberäkningarna. Några av dem är angivna i ett intervall för att tydliggöra osäkerheten.

Det ska även påpekas att kostnad för NO_x-reduktion inte är medtaget som en merkostnad. Anledningen är att de undersökta pannorna i Kvänum, Såtenäs och Grästorp inte behöver betala för utsläppt NO_x. Några mätdata för utsläppt mängd för de olika bränslena finns därmed inte att tillgå, härav kan inte någon merkostnad för NO_x beräknas. En uppskattning av ökade NO_x-utsläpp vid förbränning av åkerbränslen har gjorts i kapitel 4.5.

Tabell 4. Bränsledata använda för beräkning av merkostnader, typiska data har använts [73].

Table 4. Fuel data used for calculation of additional costs (typical data) [73]

	Variabel	Skogsflis	Halm	Spannmålsavrens	Salix
Askhalt [%ts]	A	0,7-1,4	3,3-5,2	5-8 [5]	0,8-1,8
Energivärde [MWh/ton]	E	2,14	4,03	4,3	1,8
Ask mängd max [ton/MWh]	Maska,max	0,0065	0,013	0,019	0,01
Ask mängd min [ton/MWh]	Maska, min	0,0033	0,0082	0,012	0,0044

Tabell 5. Anläggningsvärden använda för beräkning av merkostnader.

Table 5. Energy plant data used when calculating additional costs

	Variabel	Såtenäs	Kvänum	Grästorps
Antal extra stillestånd [antal/år]	S		4-6	
Längd på stillestånd [h]	S_h		4-6	
Effektbehov från reservpanna [MW]	E_r		1,5-2,5	
Pris E01 [SEK/MWh]	P_{br}		370 [15]	
Skatt E01 [SEK/MWh]	$P_{br,s}$		366	
Pris på avrens [SEK/MWh]	$P_{bo,a}$		60 ^a	
Pris på halm [SEK/MWh]	$P_{bo,h}$	163		
Antal byte av filterstrumpor [antal/år]	B_f	Var 3:e år (1/3 per år)	2-3	
Kostnad byte filterstrumpor [SEK]	P_f	175 000	30 000	
Merkostnad i absoluta tal för bränslehanteringsutrustning [MSEK]	I	4		
Kalkylränta [%]	r	8	8	
Livslängd [år]	L	10-15	10-15	
Årlig energiproduktion [MWh]	$E_{år}$	16883 - 32352	8691 - 20220	
Omhändertagningskostnad för aska [SEK/ton]	P_{aska}	100-200	100-200	100-200

^a Det låga priset på avrens beror på att lantbrukarna ej har någon annan avsättning för avrens som uppstår i deras hantering av spannmål. Priset baseras på att täcka transportkostnader från den enskilda lantbrukaren till anläggningen i Kvänum [21].

Beräkning av merkostnad för underhåll K_u i Kvänum beskrivs i ekvation (1)

$$K_u = \frac{B_{f,Kvänum} - B_{f,Såtenäs}}{E_{år,Kvänum}} P_f \quad [\text{SEK/MWh}] \quad (1)$$

Beräkning av merkostnad för stillestånd i Kvänum beskrivs i ekvation (2)

$$K_{still} = s \cdot \left(\frac{C_r \cdot S_h + C_{br} + P_{br,s} - P_{bo}}{E_{\dot{a}r}} \right) [\text{SEK/MWh}] \quad (2)$$

Beräkning av merkostnad för aska K_{aska} vid Såtenäs, Kvänum och Grästorp beskrivs i ekvation (3)

$$K_{aska} = (M_{aska,i} - M_{aska,sf}) \cdot P_{aska} = \frac{A_i / E_i}{A_{sf} / E_{sf}} \cdot P_{aska} [\text{SEK/MWh}] \quad (3)$$

där

$M_{aska,i}$ = Mängden aska från bränsle i per tillförd energi

$M_{aska,sf}$ = Mängden aska från skogsflis per tillförd energi

P_{aska} = Pris på omhändertagande av aska

Merkostnad för investeringar K_{inv} i Såtenäs beräknas med annuitetsmetoden enligt ekvation (4)

$$K_{inv} = \frac{I \cdot \frac{r}{1 - (1+r)^{-L}}}{E_{\dot{a}r}} [\text{MSEK/MWh}] \quad (4)$$

där

I = skillnad i inköpspris av bränslehanteringsutrustning för halm och skogsflis

r = kalkylränta

L = livslängd

$E_{\dot{a}r}$ = tillförd energi per år

4.1.2 Resultat

Resultaten från beräkningarna redovisas nedan i Figur 4. Den totala merkostnaden för att elda avrens är mindre än för halm. Vidare uppvisar salix endast en försumbar merkostnad. Vad gäller avrens så är dess merkostnad, jämfört med halm, mer jämnt fördelad mellan olika poster där stilleståndskostnaden utgör den största posten.

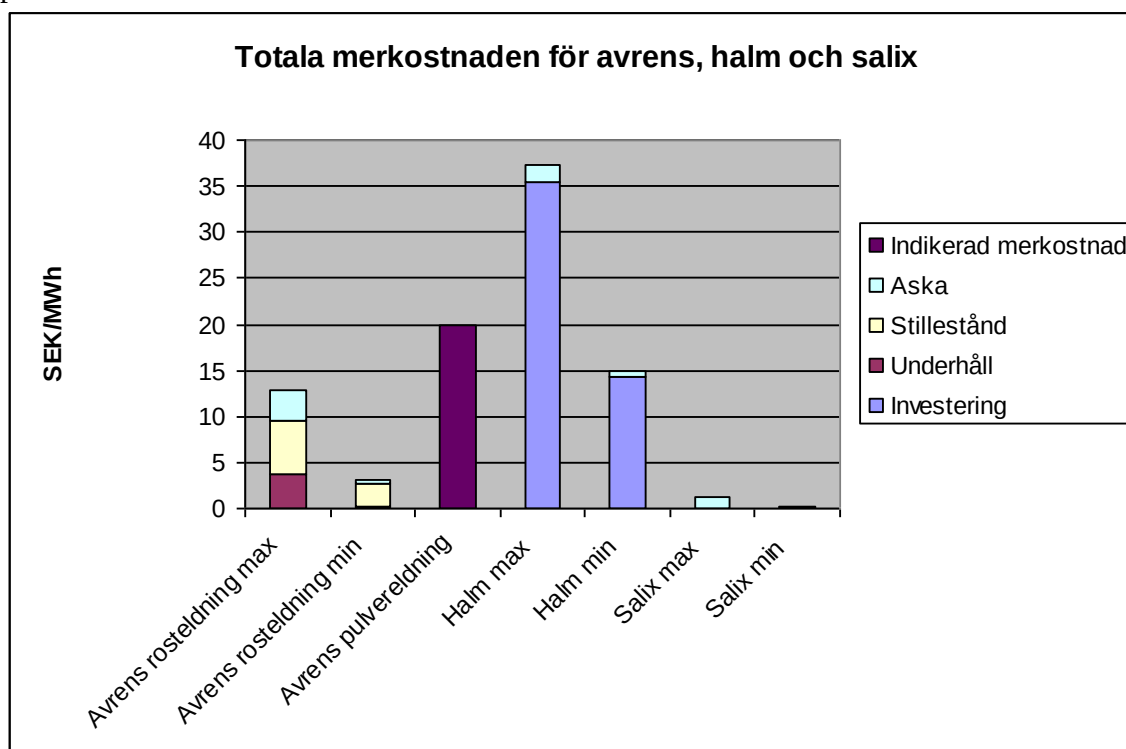
Den klart största merkostnaden är investeringsbehovet för eldning med halm. Intervallet mellan min och max är också stor vilket i huvudsak beror på antagandet att den årliga energiproduktionen kan variera. Den faktiska energiproduktionen 2002-2007 är hälften eller mindre än en möjlig produktion om pannorna kan köras på max effekt under hela året förutom ett revisionsstopp på fyra veckor.

4.2 Merkostnader vid eldning av avrens i pulverpanna

Den största merkostnaden vid eldning med avrens i Jordbro skulle vara effektbegränsningen om avrenspellet användes året runt. Merkostnaden skulle då bestå i ett ökat behov av spetslastpannor vilka drivs med ett dyrare bränsle, bioolja. Men i Jordbro har

avrens enbart eldats under sommarhalvåret när effektbehovet understiger 40 MW. Därmed har denna kostnad uteblivit. Andra merkostnader som kan identifieras från erfarenheterna i Jordbro är knutna till extra rengöring av ekonomisern, ökad mängd aska att omhänderta, högre NO_x-utsläpp och det ökade slitaget på bränslehanteringssystemet. Den sistnämnda kostnaden har i absoluta tal angetts till 240 000 SEK.

I Jordbro anser man sig ha för dåligt underlag på relevanta driftdata för att kunna beräkna en total merkostnad eftersom avrens har eldats under enbart kortare perioder (några veckor per driftsäsong). Men en kvalificerad uppskattning från deras sida pekar mot en merkostnad på ca 20 SEK per MWh (se Figur 4) och att underhållet utgör den största posten.



Figur 4. Merkostnader vid eldning med avrens, halm och salix jämfört med skogsflis.

Figure 4. Additional costs for combustion of husk, straw and willow compared with wood chips.

4.3 Merkostnader vid eldning av salix i rost- och BFB-panna

Vid besöken i Eskilstuna och Enköping framkom inga merkostnader för eldning med salix.

4.4 Merkostnader vid eldning av rörflen

I Bilaga A redovisas en uppskattning av investeringskostnaden för ett bränslehanteringssystem för 15 GWh rörflen per år.

4.5 Beräkning av NO_x-utsläpp vid förbränning av åkerbränslen

I jämförelse med träbränslen är ofta kväveoxidutsläppen högre vid förbränning av åkerbränslen. Det leder i sin tur till att anläggningarna måste betala en högre NO_x-avgift eller åstadkomma kväveoxidreducering genom primära eller sekundära åtgärder. Av de bränslen som ingår i denna studie har salix lägst andel kväve (i vikt-% av ts) och avrens högst. Typiska kvävehalter hos de olika bränslena anges i Tabell 6.

Det finns få detaljerade redogörelser för kväveoxidutsläpp vid eldning av åkerbränslen. En studie har dock visat att halm, gräs och miscanthus har kväveoxidutsläpp i storleksordningen 150-400 mg/MJ (300-800 mg/Nm³)³. Trä hade vid samma studie utsläpp kring 50-125 mg/MJ (100-250 mg/Nm³). [79] Emissionsdata från 13 olika halmeldade fjärrvärmeverk i Danmark visade på utsläpp av i genomsnitt 90 mg/MJ (med en spridning mellan 40-150 mg/MJ). [52] Se Tabell 6 för en översikt.

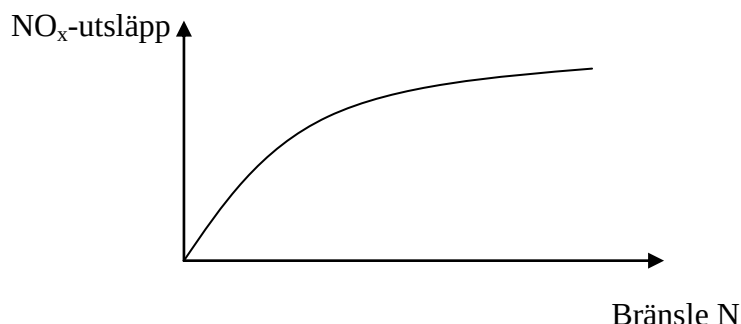
Tabell 6. Kvävehalter och kväveoxidutsläpp hos aktuella bränslen från olika källor.

Table 6. Nitrogen content and NO_x emissions of relevant biofuels from different sources

	Kväve, N (vikt-% i ts)	Kväveoxidutsläpp före reduktion (mg/MJbr)
Trä	0,04 [73] 0,2-0,4 [75]	50-125 [79]
Salix	0,4 [73] 0,5-0,6 [75]	ingen tillgänglig information
Halm	0,7 [73] 0,9-1,7 [75]	90 (mellan 40 och 150) [52] alternativt 150-400 [79]
Rörflen	0,9-1,3 [9]	150-400 [79]
Avrens	1,7 [73]	Ingen tillgänglig information

Utsläppen av kväveoxider är inte linjära mot kväveinnehållet utan avtar med ökat kväveinnehåll enligt Figur 5.

³ Vid 11 % O₂



Figur 5. Förhållandet mellan mängden kväve i bränslet och kväveoxidutsläppen före reduktion.

Figure 5. Correlation between nitrogen content of fuel and NO_x emissions before reduction.

Ett försök att uppskatta de ökade NO_x-utsläppen kan se ut såhär:

Om ett värmeverk eldar en mix på 20 % halm och resten skogsflis så är utsläppen:

$$80 \% * 50 \text{ mg/MJ} + 20 \% * 150 \text{ mg/MJ} = 70 \text{ mg/MJ}$$

Om 100 % skogsflis skulle ha eldats hade utsläppen varit 50 mg/MJ

Det innebär i detta fall att 40 % mer kväveoxid släpps ut.

4.6 Lagrings- och transportkostnader

De olika åkerbränslena kan transporteras och lagras i olika form. För stråbränslen som halm och rörflen är balar, hackelse, pellets och briketter möjliga former medan salix kan transporteras och lagras antingen i buntat format eller som flis. De olika formerna har olika densitet, vilket inverkar på både transport- och lagringskostnaden. Densiteten för olika bränsleformer anges i Tabell 7.

Tabell 7. Typiska egenskaper för halm i bulk och balform, samt för salix i bulkform [19].

Table 7. Typical density and dimensions of straw as bulk or bale and of willow as bulk [19]

Hanteringsform		Densitet, kg/m ³	Dimensioner, HxBxL m
<i>Halm</i>			
Hackelse		85 ^a	
Briketter		450 ^b	
Pellets		635 ^b	
Balar ⁴	Hesstonbal	150 ^a	1,20x1,28x2,40
	Medibal	150 ^a	0,90x1,28x2,40
<i>Salix</i>			
Flis		275 ^c	
Buntar		241 ^c	

^a 15 % fukthalt, 14,4 MJ/kg i värmevärde

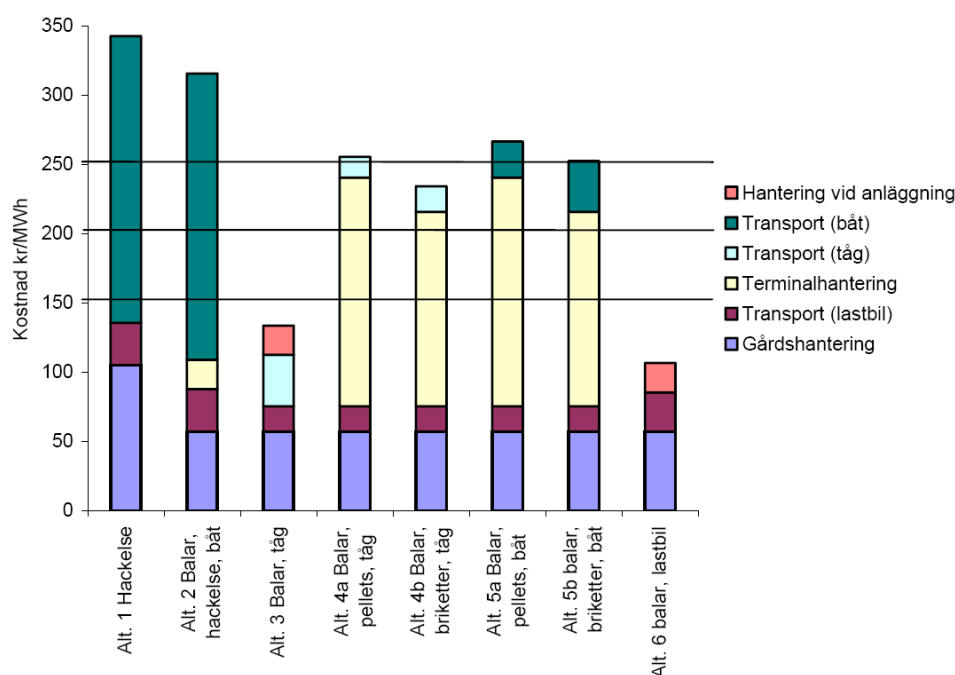
^b 8 % fukthalt, 15,3 MJ/kg i värmevärde

^c 30-55 % fukthalt, 6,8-11,1 MJ/kg (våt bas)

⁴ Vid balhantering är det av stor betydelse vilka dimensioner varje bal har

I en studie av Forsberg m.fl. [19] analyserades kostnaderna för transport av halm och salix till ett värmeverk med en upptagningsradie av 100 km respektive 250 km. Resultatet för olika transportalternativ vid 100 km transportavstånd för halm presenteras i Figur 6. De olika alternativen presenteras mer utförligt i Bilaga E. Kostnaden är något högre för samtliga alternativ vid 250 km transportavstånd, men staplarnas förhållande sinsemellan är samma som vid 100 km transportavstånd.

Transport av halmbalar på tåg eller lastbil ger den lägsta totalkostnaden och ligger i samtliga fall under 150 SEK/MWh. Terminalhantering, där pelletering eller brikettering ingår (alternativ 4 och 5) blir väsentligt dyrare på grund av förädlingskostnaden. Transport av halm i lös form är det mest oekonomiska alternativet.

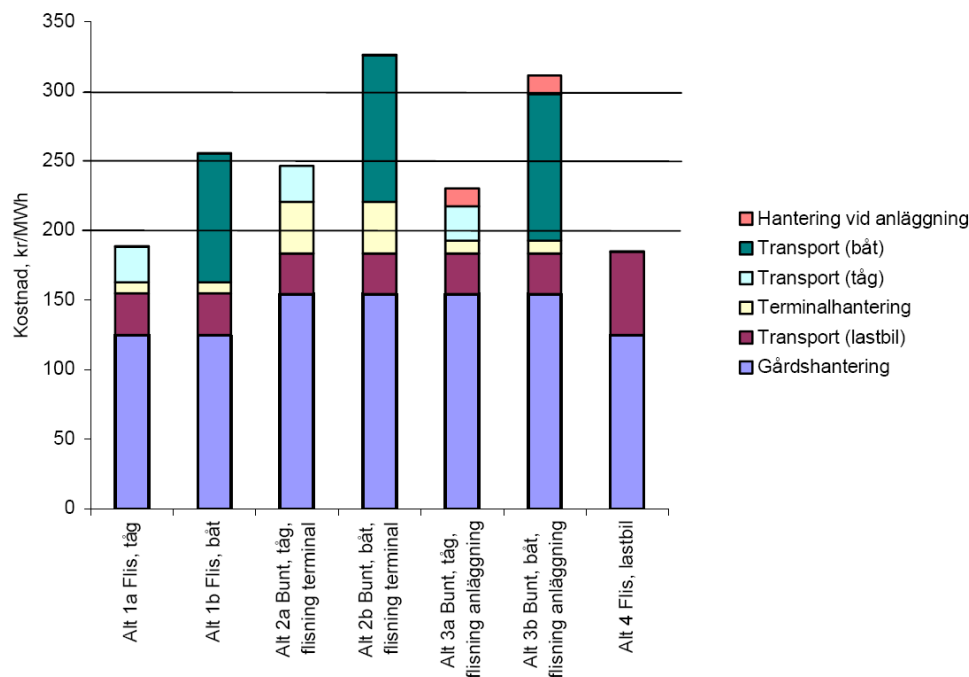


Figur 6. Kostnader för olika logistikkedjor för halm vid transportavståndet 100 km. [19]. De olika logistikkedjorna är närmare beskrivna i Bilaga E

Figure 6. Cost of different logistic routes for straw at a transport distance of 100 km. [19]

Motsvarande resultat för salix återfinns i Figur 7. Kostnaderna för hanteringen på gården är jämfört med halm betydligt högre vilket främst motiveras av att salix måste etableras och skötas medan halm är en biprodukt. En beskrivning av de olika alternativen återfinns i Bilaga E.

Den lägsta kostnaden ger transport av salix i flisad form med tåg eller lastbil. Denna kostnad ligger under 200 SEK/MWh. Det längre transportavståndet 250 km, påverkar framför allt kostnaden för lastbilstransport medan kostnaden för båt och tåg ökar endast marginellt. Etablering och skötsel av odlingen är en av de större kostnadsposterna i beräkningarna för salix.



Figur 7. Kostnader för olika logistikkedjor för salix vid transportavståndet 100 km (vid en skörd på 20 ton ts per hektar) [19]. De olika logistikkedjorna är närmare beskrivna i Bilaga E

Figure 7. Cost of different logistic routes for willow at a transport distance of 100 km. [19]

Lagring av åkerbränslen på anläggningen innebär framförallt kostnader relaterade till eventuella byggnader, materialsvinn och utrymme som lagret kräver på anläggningsområdet. Utrymmet som krävs för lagring av åkerbränslen är framförallt beroende av mängden bränsle som förbrukas och hur stor buffert som anses nödvändig. Den kostnad som uppstår vid utomhuslagrat bränsle är främst relaterad till materialförluster i det översta och understa lagret. Vid inomhuslagring är den största kostnaden själva lagerbyggnaden. [19]

Storleken på utomhuslagrat bränsle begränsas främst av höjden på stacken, stapeln eller vältan. Halm i form av fyrkantsbalar lagrades i Svalöv i staplar som var ungefär 10 m höga. Bränsle i flisad eller hackad form lagras i stackar, där höjden ej bör överskrida 7 m. Anledningen är att den mikrobiella aktiviteten inne i stacken starkt ökar vid högre stackhöjder. [6] [45] Forsberg m.fl. [19] har räknat på kostnader för lagring på gårdsnivå och vid terminal/anläggning, se Tabell 8. På gårdsnivå så avser kostnaderna för lagring utomhus materialförluster i den halm som ligger överst och underst i en stack (hackelse) eller stapel (balar), medan kostnaderna för lagring inomhus avser byggnadskostnader.

Tabell 8. Kostnader för lagring av halm och salix [19]

Table 8. Costs for storage of straw and willow [19]

Bränsle och bränsle-form	Lagringsplats		Kostnad, SEK/ton	Kostnad, SEK/MWh
Halm – hackad form	Gårdsnivå	Inomhus	474,2	118,5
		Utomhus	5,2	1,3
Halm – balar	Gårdsnivå	Inomhus	10,9	2,7
		Utomhus	168,4*	42,1*
Salix – flis	Gårdsnivå	Utomhus	3	1,4
Salix – bunt			3	1,4
Salix – flis och bunt	Terminal/Anläggning	Inomhus	100 SEK/m ³	

* pga stora materialförluster då hela balar måste kasseras

4.7 Sammanställning av merkostnader från studiebesöken

Merkostnaden för åkerbränslen jämfört med skogsbränsle vid de anläggningar vi besökte sammanställs Tabell 9.

Tabell 9. Sammanställning av merkostnader vid eldning med åkerbränslen jämfört med skogflis vid besökta anläggningar.

Table 9. Summary of additional costs in combustion of agro fuels compared with wood chips at the plants visited

Åker-bränsle	Anläggning	Last och bränslemix	Effekt av åkerbränslet med specificerad merkostnad	Merkostnad [SEK/MWh]	Effekt av åkerbränslet där merkostnad inte uppskattats
Avrens	Rostpanna 2,5 MW	Upp till 100 % avrens	Ökat underhåll av stofffilter (dominerande kostnad) Fler stillestånd för manuell sotning Mer aska	3-13	Ojämn bulkdensitet ger ojämn effektutveckling Ökad sotningsfrekvens
Avrens	Pulverpanna 80 MW	Avrens endast vid låglast, max 40 MW 100 % avrens	Ökat underhåll framförallt slitage och sotning (dominerande kostnad) Fler stillestånd för manuell sotning Mer aska Högre NO _x -utsläpp	20 (uppskattad av anläggningen)	Endast låglast. Lasten begränsas av kapacitet i el-filter, ökade NO _x -utsläpp och att sintrade askklumpar blockerar askutmatningen.
Halm	Rostpanna 4 MW	Upp till 100 % halm	Investering i bränslehantering (dominerande kostnad) Mer aska	15 – 37	Pannan byggd med låg eldstadsbelastning
Salix	Rostpanna 3,5 MW	Upp till 100 % salix Låglastperioder	Mer aska	0 - 1	Endast låglast
Salix	Vibrationsrost 55 MW _v och 24 MW _e	< 10 % salix momentant	Inga merkostnader vid < 10 % (momentant).	0	
Salix	BFB 72 MW _v och 38 MW _e	<15 % salix momentant	Inga merkostnader vid < 15 % salix (momentant).	0	
Rörflen	Sammanställning från Finland, typisk panna är FB, kraftvärmepanna	< 10-15 % rörflen blandat i torv och skogflis	Merkostnader uppstår om man investerar i transportsystem och lagerhållning	0	Merkostnader uppstår om man investerar i transportsystem och lagerhållning.

4.7.1 Exempel på produktionskostnader

För att få en relation till storleken på de olika merkostnaderna har förfrågningar om produktionskostnader på besökta anläggningar gjorts. Resultatet av förfrågningarna och uppdelningen av deras produktionskostnad redovisas i nedanstående tabeller. Det som är tydligt i tabellerna är att beroende på anläggning så används olika kostnadsuppdelningar, att göra en jämförelse mellan olika poster som ingår i produktionskostnaden är därför svårt. Däremot visas att den totala produktionskostnaden för Eskilstuna är lägre eller mycket lägre än för anläggningarna i Grästorp, Kvänum och Såtenäs. Denna skillnad i produktionskostnad kan till viss del förklaras med att intäkter för elcertifikat medräknas i posten miljö för Eskilstuna KVV och därmed sänker den totala produktionskostnaden. Enligt svenska kraftnät uppgår medelpriset för el-certifikat under det senaste året till 236 SEK/MWh⁵ [10].

Tabell 10. Redovisade produktionskostnader för Eskilstuna KVV i SEK/MWh [25]

Table 10. Production costs (SEK/MWh) for Eskilstuna CHP [25]

	Eskilstuna KVV
Drift ^a	51
Underhåll ^a	18
Bränsle, miljö och kapital	142
Total produktionskostnad	211

^a Dessa kostnader inkluderar personalkostnad behövlig för drift respektive underhåll.

Tabell 11. Produktionskostnader i Grästorp, Kvänum och Såtenäs i SEK/MWh [21]

Table 11. Production costs (SEK/MWh) for Grästorp, Kvänum and Såtenäs [21]

	Grästorp	Kvänum	Såtenäs
Personal ^a	54	94	- ^d
Övriga kostnader ^b	33	94	43
Bränsle	212	154	176
Kapitalkostnader ^c	52	75	50
Total produktionskostnad	351	417	269

^a Här inkluderas kostnader för både drift- och administrativ personal

^b I övriga kostnader ingår allt förutom personal, bränsle och kapitalkostnader.

^c Kapitalkostnader inkluderar avskrivningar plus ränta

^d Enligt avtalet i Såtenäs är driften av pannan utlokaliserat till mottagaren av värmeproduktionen. Betalning sker genom att erbjuda ett lägre energipris.

⁵ Avser perioden 2007-10-27 – 2008-10-27

5 Lantbrukarnas möjligheter att påverka kvaliteten på åkerbränslet

I detta avsnitt görs en sammanställning av litteratur och erfarenheter med avseende på odlingsåtgärder och metoder som kan förbättra bränslekvaliteten. De grödor som finns med i sammanställningen är rörflen, salix och halm. Inledningsvis görs en genomgång av olika ämnens betydelse i växten. Sedan studeras de olika grödorna och halm mer ingående med avseende på inverkan av sort, jordart, odlingsplats, gödsling, växtskydd, skörd och lagring på bränslekvaliteten.

5.1 Allmänt

Bränslekvaliteten hos åkerbränslen kan variera kraftigt. Variationerna i bränslekvalitet kan bero på bland annat jordart, årsmån och väderförhållandena under bärgningen. De parametrar som påverkar bränslekvaliteten är främst vattenhalt, askhalt, asksmältemperatur och innehållet av korroderande ämnen som exempelvis klor.

Enligt Berg m.fl. [6] är kunskapsnivån generellt sett låg när det gäller vilka möjligheter som finns att med olika odlingsåtgärder såsom gödsling, sortval och val av odlingsplats påverka bränsleegenskaperna hos åkerbränslena. Likaså är kunskapen om hur årsmån och jordart påverkar bränsleegenskaperna mycket begränsad.

Om man genom odlingsmetoder vill påverka bränslekvaliteten måste det finnas ett ekonomiskt utrymme för optimeringen av odlingssystemet för åkerbränslet, eftersom lantbrukaren endast kommer att ändra på odlingsåtgärderna om det finns ekonomiska grunder för det. Biomassa för energiändamål är en produkt med lågt värde och därför är det ekonomiska utrymmet för att optimera odlingssystemet begränsat. Men eftersom det uppstår problem vid förbränningen av åkerbränslena som ger upphov till extra kostnader finns det ett behov att undersöka hur odlingssystemet kan optimeras [35]. Därför bör de åtgärder som kan användas för att optimera odlingssystemet endast öka produktionskostnaderna marginellt. Exempel på sådana åtgärder som Jørgensen & Sander [35] nämner är odling av åkerbränsle på vissa typer av jordar, speciella villkor för gödsling och växtskydd samt speciellt framtaget sortmaterial.

5.2 Olika ämnens betydelse i växten

Växten behöver 14 olika näringsämnen, förutom ljus, koldioxid och vatten. Dessa näringsämnen kallas för essentiella näringsämnen därför att de är essentiella för växtens tillväxt och utveckling genom att de ingår i växtens metabolism, varför växten inte kan fullfölja sin livscykel utan dessa. Sex av dessa kallas makronäringsämnen (ämnen som växten behöver i större mängd). De är kväve, kalium, kalcium, magnesium, fosfor och svavel. Åtta av näringsämnena kallas mikronäringsämnen (behövs i mindre mängd), de är klor, järn, mangan, bor, zink, koppar, nickel och molybden. Koncentrationen av mikronäringsämnena i växten är mycket låg i jämförelse med makronäringsämnena, se Tabell 12. De koncentrationer som presenteras i Tabell 12 är medelvärden, och koncentrationerna varierar. Exempelvis för fosfor kan koncentrationen i spannmål variera mellan 0,2 till 0,4 % av torrsubstansen (ts) och i halm är motsvarande siffra 0,03 till 0,15 %.

Tabell 12. Koncentrationer av de olika makro- och mikronäringsämnena som växten behöver [76].

Table 12. Concentrations of different macro- and micro-elements required by plants [76]

Näringsämne	Enhet	Koncentration av ts
Kväve	g/kg ts	15
Kalium	g/kg ts	10
Kalcium	g/kg ts	5
Magnesium	g/kg ts	2
Fosfor	g/kg ts	2
Svavel	g/kg ts	1
Klor	mg/kg ts	100
Järn	mg/kg ts	100
Bor	mg/kg ts	20
Mangan	mg/kg ts	50
Zink	mg/kg ts	20
Koppar	mg/kg ts	6
Nickel	mg/kg ts	0,1
Molybden	mg/kg ts	0,1

Ytterligare några ämnen anses vara värdefulla, men är inte nödvändiga, till exempel natrium, kisel, kobolt och selen. Växten använder dessa näringsämnen både för att bygga upp växten och som reglerande ämnen i jonbalanser och i enzymreaktioner. Många av ämnena förekommer ofta i högre koncentrationer än växtens minimikrav. Näringsämnena finns dels naturligt förekommande i marken och dels tillförda med gödselmedel. Det går att påverka innehållet av olika näringsämnen i växten genom gödsling till en viss nivå. Växten måste alltid ha en viss halt av de olika ämnena för att inte drabbas av olika bristsymptom.

De huvudsakliga ämnen som tillförs med gödsel (stallgödsel och/eller mineralgödsel) är kväve, kalium och fosfor. Om det uppstår brist på något övrigt makro- eller mikronäringsämne på fältet eller om grödan behöver extra tillförsel av något specifikt ämne tillförs det också. Exempelvis tillförs natrium till sockerbetor. Åkerbränslen använder generellt mindre än hälften av den växtnäring som läggs på fältet [76]. Tabell 13 ger en översikt över olika ämnens betydelse i växten.

Tabell 13. Olika ämnens betydelse i växten.

Table 13. Significance of different elements in the plant

Ämne	Egenskaper
Kväve (N)	- ingår i växternas protein och utgör en viktig beståndsdel i klorofyll - gödslingen sker generellt för att nå en viss avkastningsnivå - om för lite N tillförs utnyttjas ej möjligheten till en god skörd och om för mycket N tillförs finns risk för liggsäd (plantan lägger sig ner, skörden blir förstörd) - vattenhalten i marken är den viktigaste faktorn för hur väl grödan kan ut-

	nyttja det N som tillförs till åkern
Kalium (K)	• fungerar som katalysator vid ämnesomsättningen och påverkar bildningen av socker och stärkelse • finns löst i cellsaften • markanalys visar hur mycket K som finns i jorden • majoriteten av de svenska jordarna innehåller stora mängder K
Fosfor (P)	• ingår i växternas protein och påverkar särskilt utvecklingen av rötter, frukter och frön • markanalys visar hur mycket P som finns i jorden • vid P-brist blir plantan allmänt svag och sent utvecklad • binds hårt i marken, svår för växtrötterna att få tag i • P-gödsling bygger upp ett förråd av mer lättillgänglig fosfor så att grödorna får den försörjning de behöver
Kalcium (Ca)	• en viktig beståndsdel i cellväggarna • finns nästan alltid i tillräcklig mängd i marken • tillförs till marken via kalkning
Magnesium (Mg)	• har flera funktioner i växten, finns bland annat i klorofyllet • Mg-brist till följd av för låga halter i marken är inte särskilt vanlig • växten behöver lika stor mängd av Mg som av K och Ca
Svavel (S)	• ingår i växternas protein och har betydelse för klorofyllbildningen • anses vara lika viktigt som kväve • grödornas S-försörjning har under lång tid tryggats genom nedfall från förbränning av fossila bränslen samt genom P- och PK-gödsling [65] • till följd av minskade utsläpp till luft av S, mer koncentrerade gödselmedel och reducerad P-gödsling har den "passiva" S-tillförseln minskat betydligt [65]
Klor (Cl)	• lätttrörlig i växten, kan tas upp av både rötter och blad • primära funktionen är att reglera den osmotiska potentialen i växten, även viktig i fotosyntesen • konc. i växter ligger oftast mellan 0,2-2,0 %, tåliga grödor får sämre skörd och kvalitet då konc. överstiger 4 % • begränsad tillväxt hos grödan orsakad av Cl-brist förekommer i områden med lågt atmosfäriskt nedfall av Cl [28] • särskild Cl-gödsling för att påverka skörd och kvalitet hos spannmål har inte varit aktuellt i Sverige, tillgången på inhemska data vad gäller effekter är därför begränsad
Kisel (Si)	• ej näringsämne, men saknar ej betydelse i mark/växtsystemet • exempel på funktioner som finns beskrivna i litteraturen är stabilisering av växtvävnad, försvar mot patogener, inverkan på transpiration och inflytande på upptagningen av andra ämnen [37] • Si-halten i växterna varierar kraftigt mellan olika växter och olika växtdelar • växtupptag av kisel är artspecifikt, gräsarter tar ofta upp betydligt mer kisel än örtartade växter
Natrium (Na)	• de flesta växter klarar sig utan Na • tillsammans med Cl påverkar det salthalten i växterna • finns i förhållandevis stora mängder i jordskorpan, men lite i jorden vilket troligtvis beror på att den utlakas

5.3 Odlingsåtgärder och metoder som kan förbättra bränslekvaliteten

5.3.1 Halm

I Danmark är erfarenheterna kring halmeldning betydligt större än i Sverige där ca 1,5 miljoner ton bränslehalm [11] eldas varje år jämfört med ca 0,1 miljoner ton i Sverige [69]. Därför är även mycket av erfarenheterna kring eldning av halm hämtade från danska studier. Halm räknas idag som en biprodukt från odling och är direkt kopplad till odlingen av spannmål och oljeväxter. Erfarna halmeldare kan förbättra bränslekvaliteten hos halmen då de har en lokal kännedom om vilka fält de bör undvika att bärga halm på och vilka sorter och spannmålsslag som bör undvikas [8].

5.3.1.1 Spannmålsslag och sort

I en studie av Nikolaisen m.fl. [52] uppmättes ungefär lika höga halter av klor, kalium och kalcium i halm från vete, korn, råg och raps. Halten av klor och kalium skilde sig åt mellan tre olika sorter av vete medan inga skillnader uppmättes vid jämförelse av ett par sorters korn och råg.

5.3.1.2 Jordart och plats

Nikolaisen m.fl. [52] fann inget samband mellan innehållet av klor och kalium i halm och jordart, inte heller med olika geografiska platser. Däremot fanns en tydlig tendens till ökat Si- och minskat N-innehåll i halmen vid ökande lerhalt. I ett pågående projekt kommer kostnader, tillgångar och kvalitet hos bränslehalm att studeras med avseende på inverkan av lokala variationer i väderlek och geografi samt val av hanteringssystem [94].

Enligt Mengel & Kirkby [49] varierar mineralsammansättningen för vegetativa delar av växten som blad, stam och rot mer än sammansättningen hos frukter, knölar och frön. I en studie av ökande magnesiumtillgång i jord var halmen mer påverkad av Mg-tillgången än kärnan. Samma förhållande gällde för andra växtnäringsämnen (P, K, N, Fe, Ca) ([62], citerad av [49]).

5.3.1.3 Gödsling

Kaliuminnehållet i det stora flertalet sammansatta gödselmedel på marknaden baseras på KCl, eftersom det ligger bättre i pris än exempelvis K_2SO_4 och även en högre kaliumkoncentration. K_2SO_4 innehåller endast 1 % klor och används till klorkänsliga grödor som exempelvis potatis och grönsaker. Av den totala försäljningen av mineralgödsel 2005/06 bestod 52 % av enkla kväve-, fosfor-, kalium- eller svavelmedel och resterande 48 % av sammansatta gödselmedel av typ NP, NK, PK och NPK, se Tabell 14. Av Tabell 14 framgår även att det är mindre vanligt att gödsla med enbart kalium, då endast 9 411 ton såldes 2005/06. Det är betydligt vanligare att gödsla med sammansatta gödselmedel, framförallt med NPK. Stora klormängder tillförs därför passivt med många gödselmedel. Klor tillförs även åkermarken med stallgödsel och genom atmosfäriskt nedfall. Nikolaisen [52] undersökte om klorhalten kunde sänkas genom att byta ut KCl till K_2SO_4 som kaliumgödselmedel. Resultatet blev en signifikant sänkning av klorhalten i halmen. Varken kväve- eller fosforgivan påverkade halmens innehåll av kalium. Vävna-

der i växter som gödslas med ammoniumkväve innehåller vanligtvis mer klor än vävnader i växter som gödslas med nitratkväve oavsett klorhalten i näringslösningen [36].

Ett annat sätt att minska klorhalten i grödan kan vara att minska på mängden kalium som tillförs till åkern, exempelvis genom att byta från ett 21-3-10 NPK-gödselmedel (äldre produkt) till ett 27-3-3 NPK-gödselmedel. Troligtvis kommer produkten 27-3-3 att öka i takt med att priset på fosfor och kalium ökar.

Tabell 14. Försäljning av mineralgödsel med fördelning på enkla och sammansatta gödselmedel, uttryckt i kvantitet vara, ton [66].

Table 14. Total amount (tons) of mineral fertiliser used in 2005/06, sub-divided into individual elements and compound fertilisers [66]

År	Gödselmedel (ton)							
	Enkla				Sammansatta			
	N	K	P	S	NP	PK	NK	NPK
2005/06	360 888	9 411	773	511	34 628	14 441	9 715	281 698
Summa		371 583				340 482		
Summa totalt				712 065				

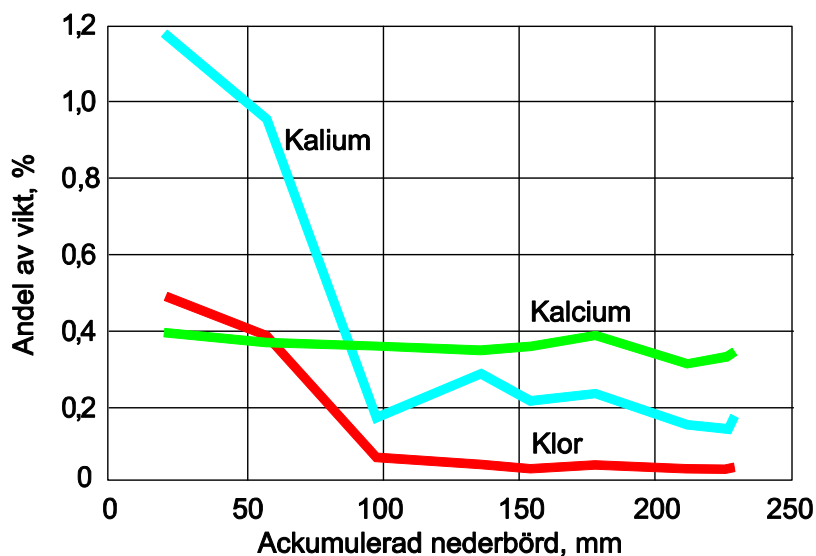
Enligt Bergström m.fl. [7] har fosforgödsling en påtaglig effekt på fosforhalten i halmen till stråsäd.

5.3.1.4 Växtskydd

Ravn [60] visade i en studie av klorhaltiga svampmedel i korn att samtliga 4 preparat gav upp till tio gånger högre klorhalt i halmen. Det finns även studier där inget samband mellan den kemiska bekämpningen och halmens sammansättning kunde konstateras [52].

5.3.1.5 Skörd

Det är allmänt känt att ligg tiden i fält kan påverka bränslekvaliteten för halm positivt. Halm som lämnas kvar på åkern efter skörd (grå halm) och som har utsatts för regn har en lägre halt av de korrosiva ämnena klor och kalium än halm som tas in direkt vid skörd (gul halm) [52]. Den grå halmen har även något högre värmevärde än den gula halmen. Lantbrukare i regioner med lång bärgningssäsong kan ofta låta halmen ligga ute på fältet tills den är tillräckligt torr och tills en del av alkalimetallerna och kloreten har hunnits tvättas ut. Av Figur 8 framgår att 100 mm regn reducerade halterna av klor och kalium till låga nivåer medan kalciuminnehållet i stort sett var konstant, liknande resultat uppnåddes i försök med vetehalm [61].



Figur 8. Utlakningen av kornhalm under liggtiden i fält efter Sander [61].

Figure 8. Leaching of straw from barley during lying period in field. Adapted from Sander [61].

I Danmark har försök utförts där man försökt att tvätta ur klor- och kaliuminnehållet. Man fann att den ekonomiskt lönsamma vattentemperaturen var 50-60 °C [52]. Energiförlusterna som orsakades av tvättningen, torkningen och utlakningen av organiskt material utgjorde ungefär 8 % av värmevärdet hos halmen.

Tabell 15. Innehåll av olika parametrar i gul och grå halm [52].

Table 15. Comparison of different parameters in yellow and gray straw [52]

Parameter	Enhet	Gul halm	Grå halm
Vattenhalt	%	10-20	10-20
Aska	%	4	3
Kol	%	42	43
Väte	%	5	5,2
Syre	%	37	38
Klor	%	0,75	0,2
Kväve	%	0,35	0,41
Svavel	%	0,16	0,13
Värmevärde	MJ/kg	14,4	15
Asksmälttemperatur	°C	800-1000	950-1100

5.3.2 Salix

I Sverige odlades salix för eldning på ca 14 600 hektar år 2006. Varje år levereras salixflis från ca 2 500 hektar [24]. Den skördade salixflisen levereras sedan till omkring 25 kraft/värmeverk i Mellansverige och södra Sverige. En välskött salixodling kan avkasta 8-10 ton torrsvikt flis per hektar och år. I praktisk odling har det dock visat sig att

skörden är betydligt lägre, kring 5 ton torrsubstans per hektar och år. Skörd av salix i Sverige sker vanligtvis det fjärde, sjunde, tionde, trettonde, femtonde, sjuttonde och tjugonde året efter plantering.

Salix är ett ganska nytt odlingssystem, kunskapen är ej lika stor som för de flesta andra jordbruksgrödor. Eftersom salix är en flerårig gröda har både odlingsåtgärderna och effekterna av årsmånen mindre inverkan än hos en ettårig gröda. I ett pågående projekt undersöks hur sticklingslängd och –ursprung samt sticklingshantering vid plantering påverkar överlevnad och tillväxt i salixbestånd under etableringsåret [91]. Projektet rapporteras under 2009.

5.3.2.1 Sort

Förädling av salix startades 1987 vid Svalöf Weibull AB. År 2002 tog Lantmännen Agroenergi AB över salixförädlingen från Svalöf Weibull. Fokus i förädlingen har varit att uppnå en bra resistens mot skadedjur och sjukdomar samt frosttåliga plantor [41]. Ingen information har hittats kring förädling av salix för att förbättra förbränningsegenskaperna. Idag odlas salix huvudsakligen söder om Gävle. Ett försök pågår med att odla salix i Västerbotten, utanför Örnköldsvik. I projektet ingår test av frosttålighet hos tre salixsorter [90]. Projektet rapporteras 2010.

Egenskaper som skulle kunna förbättras vid förädling mot bättre salixsorter för förbränning skulle kunna vara högre ts-halt i flisen och en mindre barkproportion jämfört med stamved samt låta plantan få mer ved.

5.3.2.2 Jordart och plats

Det finns för få studier gjorda för att bedöma hur jordarten och platsen påverkar variationen i askhalt och kemisk sammansättning av skördad salixflis.

5.3.2.3 Gödsling

Gödsling med slam är mycket vanligt i kommersiell odling av salix, men kvävegödsling med handelsgödsel är ovanligt enligt Aronsson [4]. Branschfolk uppskattar att endast 1-10 % av odlingarna har kvävegödslats [50]. Kväve tillförs för att öka produktionen av salix. En möjlig förklaring till bristen på gödsling av kommersiella salixodlingar enligt Mola-Yudego & Aronsson [50] är att lantbrukarna inte får ihop det rent ekonomiskt. En tillförsel av 100 kg N/ha kostar runt 100 €/ha i Sverige, medan värdet av den ökade skörden ligger kring 30 €/ton ts. För att lantbrukaren ska få en nettoinkomst från kvävegödslingen måste han räkna med en skördeökning på minst 3,3 ton ts/ha. Men om man räknar på att en tillväxtökning på 0,5 % per tillfört kg N, kommer en genomsnittlig lantbrukare endast att öka skörden med mindre än 3 ton ts/ha och kommer därmed att förlora pengar på kvävegödslingen.

I det pågående projektet ”Gödsling av salix - gödslingseffekt i nya sorter och vid nya gödslingsstrategier” studeras tre olika gödslingsstrategier i fält: normal, intensiv och ekonomi (2 års giva vid ett tillfälle – efter skörd) [4].

5.3.2.4 Växtskydd

För närvarande är det inte tillåtet att göra någon kemisk bekämpning av insekter i salix, eftersom det inte finns några kemiska preparat registrerade för salixodlingar [24]. De allvarligaste skadorna på salixodlingar i Sverige orsakas av frost. Mot både bladbaggar och blodrost som förekommer som skadegörare i salixodlingar finns det resistenta sorter.

5.3.2.5 Skörd

Ts-halten i salix är som högst tidigt på vintern, d.v.s. strax efter bladfällningen för att därefter kontinuerligt sjunka [77]. Även om salix skördas samtidigt som behovet av att elda salix är som störst är lagring av salix oundvikligt. Dagens skördare för salix sönderdelar vanligtvis skotten omedelbart efter att de har skördats [31]. Projekt pågår som undersöker effekten av förlängd skördesäsong [89] och skördeteknik vid små odlingsenheter [92]. I en nystartad förstudie ska man undersöka alternativa skördemetoder som alternativ till att flisa salix direkt vid skörd. Studien ska ge svar på hur bränslets kvalitet förändras om salixskotten förvaras i buntform över en sommar [95]. I ett annat nystartat projekt ska man kvantifiera effekterna av nedklippningen av första årets tillväxt efter plantering av salix på skördeutfallet på kort och längre sikt (första och andra omdreivet). Syftet är att få bättre etablering och utökad produktion i salixodlingar [96].

Adler m.fl. [1] visade att salixbark har en högre vattenhalt än salixträ och en högre koncentration av askbildande ämnen än trä. Ju lägre vattenhalt ett bränsle har desto högre är värmevärdet. Enligt Adler m.fl. [1] ska salix till energiändamål odlas så att plantan får en låg proportion bark. Vid en låg proportion bark tas så lite mängd näringsämnen bort från fältet som möjligt vid skörd. Samma studie visade att skörd av salix bör ske efter det att salixskotten har nått en diameter på 20 mm vid en höjd av 55 cm för att minska proportionen bark och därmed minska koncentrationen av tungmetaller i bränslet och minimera emissionerna av kväveoxid vid förbränning av bränslet (bark har högre halter av aska och kväve än vad stamved har). En minskning av tiden från skörd till nästa skörd skulle resultera i en högre proportion bark och därmed en ökad koncentration av ämnen i biobränslet.

5.3.3 Rörflen

Rörflen för eldning odlas på kring 600 hektar i Sverige [64] vilket är en minskning från slutet av 1990-talet då odlingarna omfattade cirka 5000 hektar. Nu ökar dock åter intresset för rörflen som åkergröda. Flera energibolag har testat att elda gräset, och det finns också företagare som pressar briketter av rörflen i Sverige. I Finland är intresset för rörflen mycket större, odlingarna där utgör cirka 15 000 hektar.

5.3.3.1 Sort

Rörflenssorter för förbränning bör ge en så låg bladskörd som möjligt i motsats till sorter till djurfoder. En hög bladskörd ger till exempel en hög askhalt, stor andel finfraktion vid hantering och sönderdelning av balar [6]. Skillnaderna mellan olika sorter i blad/strå kan vara stor mellan olika platser och år, mellan 26,6-78,5 % [56]. Det sker ingen nyförädling av rörflenssorter i Sverige idag, eftersom det inte finns någon marknad för rörflen. Det man satsade på i den förädling som pågick tidigare var att öka den totala ts-

produktionen. Exempel på en industrisort som har introducerats i Sverige är Bamse som gett en ca 10 % högre avkastning än bästa fodersorten, Palaton enligt Olsson m.fl. [56]. Oavsett vilken sort som väljs så är de rörflensutsäde som finns i Sverige idag dyrt. Vid Institutionen för Norrländsk Jordbruksvetenskap (NJV) vid SLU pågår SLF-projektet "Rörflen (*Phalaris arundenacea*) - växtförädling, sortframställning och utsädesproduktion" med Cecilia Palmborg som projektledare som kan ge intressanta resultat inom området. Fältförsök pågår i Västerbotten och Södermanland med fyra finländska och två svenska rörflenssorter [93]. Man undersöker även möjligheten att etablera rörflen tillsammans med kvävefixerande klöversorter, optimering av gödsling och inverkan av packning av marken vid olika skördesystem. Projektet rapporteras under 2010.

5.3.3.2 Jordart och plats

En studie av Olsson m.fl. [56] visade på stora skillnader i askinnehåll mellan olika växtplatser. Skillnaderna mellan olika populationer på samma växtplats var dock små. Olsson m.fl. [56] menar att detta tydligt visar att markförhållandena (jordtyp och tillgängliga växtnäringsämnen) på växtplatsen är den viktigaste faktorn som påverkar uppbyggnaden av askan i växten. Askhalten påverkas även av vallåldern. I en studie med fältförsök omfattande 10 olika försöksplatser sjönk askhalten från 5,8 % i medeltal i ettårsvalLEN till 3,2 % i medeltal i femårsvalLEN [38].

Rörflen har en större andel aska än skogsbränslen, men askinnehållet kan samtidigt variera beroende på jordmånen. Om odlingen sker på mullrika jordar fås en askhalt på ca 2 %. Om jordmånen istället består av styva lerjordar ökar askhalten till ca 16 % [73].

Även kväveinnehållet varierade mellan olika växtplatser, men inom en och samma växtplats var variationerna små. Detta kan bero på skillnader i tillgängligt kväve till följd av gödsling eller andra skillnader i markkemi.

5.3.3.3 Gödsling

Inga studier har hittats där gödslingens påverkan på bränslekvaliteten hos rörflen har undersökts.

5.3.3.4 Växtskydd

Resistens mot skadegörare kan påverka bränslekvaliteten liksom vinterhärdighet [6].

5.3.3.5 Skörd

Vinter/vårskörd är möjlig för rörflen och ger en avvissnad och torr produkt om vädret är torrt eller om frost gör att de ovanjordiska delarna på plantan dör. Det vaxlager som finns på plantan tvättas bort i vårt klimat vintertid, vilket gör att plantan blir torr och skör. Olsson m.fl. [56] uppmätte en minskning av skörden med 25 % vid vårskörd jämfört med höstskörd och samtidigt ökade torrsbstanshalten till omkring 85 % på de nordligaste växtplatserna.

Även om en försenad skörd (vinter eller följande vårskörd) minskar skörden, så är det viktigt för ekonomin vid odling av åkerbränslen eftersom det minimerar kostnaden för torkning och ger en hygieniskt acceptabel biomassa med avseende på exempelvis arbetsmiljö. Det har också visat sig att en senarelagd skörd kan förbättra bränslekvaliteten

och minska gödslingskostnaderna. Kostnaderna för gödslingen kan minskas genom att mängden näringsämnen som tas bort från åkermarken minskar. För ämnen som klor och kalium sker ofta en minskning av bränslets innehåll med en faktor 6 vid vinter/vårskörd och för exempelvis kväve, svavel och kalcium en halvering av innehållet [6]. Halten av mer svårslösliga ämnen som tungmetaller är oförändrad eller ökar.

Vad gäller kväveinnehållet är denna precis som askhalten högre i rörflen jämfört mot skogsbränslen och påverkas positivt (minskar) om rörflenet skördas på vår jämfört mot höst [6] och [43].

För att undvika skördeförluster bör slåttermaskinen lägga rörflenet i en samlad och lucker sträng, som kan pressas utan ytterligare strängläggning. Slåtterkrossar bör modifieras för så mild behandling av grödan som möjligt för att undvika spill. Undvik jordinblandning som starkt försämrar kvaliteten.

6 Hinder och möjligheter för odling av åkerbränslen

Utifrån resultaten i kapitel 5 gjordes en analys med fokus på vad som är realistiskt respektive orealistiskt för lantbrukarna att påverka med tanke på ekonomi och befintlig kunskap inom området. Ett antal odlingsåtgärder från kapitel 5 undersöktes vidare bland annat genom en rundringning till fyra forskare och till två företag som är verksamma inom området. Slutsatserna sammanfattas som rekommendationer i slutet av stycket om varje odlingsåtgärd.

6.1 Halm

Utifrån litteraturstudien undersöktes vidare om dessa odlingsåtgärder kan påverkas i odlingen för att förbättra bränslekvaliteten:

- Utlakning av halmen
- Använda kaliumgödselmedel med låg klorhalt
- Använda svampmedel utan klor
- Odlå på vissa platser/undvika vissa platser

6.1.1 Utlakning av halmen

Möjligheten att låta halmen ligga ute lite längre på fältet än normalt med syfte att bland annat korrosiva ämnen ska lakas ur påverkas av vilken gröda som ska odlas närmast påföljande år. Om lantbrukaren ska höstså finns det inte så mycket marginal. Halmen kan inte ligga ute mer än några dagar eftersom lantbrukarens höstgröda måste hinna etablera sig innan vintern. Därför vill lantbrukaren ofta komma igång med höstbruket så snabbt som möjligt och vill ha bort halmen snabbt. Vid vårsådd är det mycket lättare för lantbrukaren att låta halmen ligga ut i fält lite längre för att lakas ur. Att låta halmen ligga ute lite längre på fältet för att vissa ämnen ska lakas ut är en fullt genomförbar åtgärd för lantbrukarna. Men lantbrukarna har större utrymme då efterföljande gröda är en vårgröda än om det är en höstgröda.

Enligt Lundin [46] brukar halmen torka på någon dag ute i fält. Det är bra att låta halmen ligga kvar någon dag extra även i normala fall för då vissnar även det gröna i halmen (ogräs, till exempel kvickrot). Om det regnar på halmen torkar den upp ganska snabbt.

En högre stubbhöjd vid tröskningen gör att halmen torkar snabbare eftersom den ligger luftigare. Lantbrukaren får även med en mindre andel av ogräset med halmen. Men samtidigt minskar avkastningen något eftersom man lämnar kvar mer halm på fältet.

Det finns några olika faktorer som påverkar bärgningen av halmen, bland annat maskinkapaciteten, vädret och läglighetskostnaderna [12]. Arbetsbördan varierar under året i växtodlingen, att ha tillräckligt med maskinkapacitet under växtodlingssäsongen är avgörande för att kunna bedriva en lönsam växtodling. Exempelvis krockar ofta tidpunkten för skörd av vårgrödor med sådd av höstgrödor. Ett moment vid skörd av vårgrödorna är att ta in halmen från fältet. Då ett visst arbetsmoment inte kan utföras under de mest gynnsamma förhållandena medför det en ökad kostnad, benämnd läglighetskost-

nad. Ekvation 5 kan användas för att beräkna läglighetskostnader på den totala arealen av varje gröda på gården innan operationen inleds.

$$d_i = l_i \times p_i \times A_i \quad \left[\text{r} \cdot \text{dag}^{-1} \right] \quad (5)$$

där l_i beskriver läglighetsfaktorn i $\text{kg ha}^{-1} \text{dag}^{-1}$ för gröda i , p_i är priset i SEK kg^{-1} för den aktuella grödan och A_i är den totala odlade arealen för grödan [22]. Ekvationen visar att om exempelvis priset ökar kommer även läglighetskostnaderna att öka. De exempeldata som redovisas i Tabell 16 visar startdatum för läglighetsberäkningar för sådd och skörd av höstveten i två olika regioner i Sverige. Eftersom tidsfördröjning mellan optimalt datum och verkligt datum för utförd operation på åkern beror på maskinkapaciteten är läglighetskostnaderna en del av maskinkostnaderna. Bärningsarbetet påverkas även av vädret. För att få fram läglighetsfaktorn har man utgått från försök och gjort kvantitetsbedömningar, studerat hur skörden förändras beroende på så- och skördedatum.

Tabell 16. Läglighetsdata för höstveten [23].

Table 16. Timeliness costs for winter wheat [23]

Område	Startdatum för läglighetsberäkningen		Läglighetsfaktor (kg/ha och dag)	
	Sådd	Skörd	Sådd	Skörd
Götalands södra slättbygder	22-sept	30-jul	17	40
Svealands slättbygder	15-sept	8-aug	30	44

Läglighetskostnaderna är ej särskilt stora i växtodlingen under hösten [12]. Fram till den 20 september är läglighetseffekten liten och efter detta datum börjar man se en viss effekt. Under blöta år kan man se en större effekt på läglighetskostnaderna då halmen lämnas ute.

Rekommendation: Lantbrukaren har möjlighet att påverka bränslekvaliteten positivt hos halmen genom att låta den ligga ute på fältet lite längre för att laka ur korrosiva ämnen. Läglighetskostnaderna är i normala fall låga för växtodlingen på hösten, men kan öka under blöta år, vid stor försening av skörden och vid ökat pris på grödan.

6.1.2 Använda kaliumgödselmedel med låg klorhalt

Enligt Lantmännen direkt [39] kostar ett kaliumgödselmedel baserat på K_2SO_4 kring 6 SEK/kg K mer än ett som är baserat på KCl. Omräknat till kronor per hektar blir kostnaden 150 SEK/ha för stråsäd och 120 SEK/ha för oljeväxter. Det innebär att lantbrukaren måste få extra betalt för att han väljer ett dyrare gödselmedel.

Det kan vara krångligt för lantbrukaren att välja ett annat gödselmedel just för de fält där halmen ska säljas till förbränning. Ofta är det årsmånen som påverkar vilken halm som ska gå till förbränning och vilken som ska gå till strö. Därför vet lantbrukaren sällan i förväg vilken halm som ska gå till förbränning.

Det är betydligt vanligare att kalium tillförs med sammansatta gödselmedel, NPK, än med enkla gödselmedel. I sammansatta gödselmedel baseras huvudsakligen kaliumet på kaliumklorid, ej på kaliumsulfat.

Rekommendation: Det är ej realistiskt att lantbrukaren ska byta till ett kaliumgödselmedel med låg klorhalt som det ser ut idag.

6.1.3 Minska kaliumgivan

Ett annat sätt att minska klorhalten i grödan kan vara att minska på mängden kalium som tillförs till åkern, exempelvis genom att byta från ett 21-3-10 NPK-gödselmedel (äldre produkt) till ett 27-3-3 NPK-gödselmedel. Detta ger även en lägre kaliumhalt i grödan.

Rekommendation: Lantbrukaren bör ha ett ökat fokus på att minimera mängden kalium som tillförs till åkern, vilket kan ge en lägre halt av både kalium och klor i grödan.

6.1.4 Använda svampmedel utan klor

Från Mårtensson vid Kemikalieinspektionen (KEMI) [51] sammanställdes en lista över svampmedel med klor med utgångspunkt från KEMIs bekämpningsmedelsdatabas, se Bilaga D. Med på listan finns totalt 11 svampmedel och listan innehåller flera av de vanligaste svampmedlen. Utifrån de svampmedel som finns med i SJVs Bekämpningsrekommendationer för 2008 sammanställdes även en lista över de ämnen som ej innehåller klor. Med på listan över svampmedel utan klor finns 12 svampmedel, även här finns flera av de vanligaste svampmedlen med.

Det är inga stora mängder svampmedel som tillförs till åkern. På den behandlade arealen i Sverige 2006 förbrukades i genomsnitt 0,47 kg svampmedel/ha [70]. Klor utgör bara en del av alla verksamma substanser i svampmedlet. Enligt en brukarundersökning från 1997 från SCB erhöles ca 1800 kg halm per hektar för höstvetete [68]. Svampbekämpningen sker vanligtvis kring eller innan blomningen, vilket betyder att stora delar av svampmedlet har hunnit lakas ur innan skörd. Därför borde ej klorinnehållet i svampmedlen ge någon större inverkan på klorhalten i halmen. Men en studie från 1986 visade att samtliga 4 klorhaltiga svampmedel gav upp till tio gånger högre klorhalt i kornhalm [60].

Rekommendation: Det är svårt för lantbrukaren att undvika de svampmedel som innehåller klor för att minska klorhalten i halmen på grund av att halmen är en biprodukt och fokus i odlingen ligger på kärnan eller fröet. Men eftersom det i vissa fall kan ge lägre klorhalter i halmen av att använda svampmedel utan klor kan lantbrukarna använda svampmedel som finns med i lista D2 i Bilaga D.

6.1.5 Odlar på vissa platser/undvika vissa platser

Ofta är det årsmånen som påverkar vilken halm som ska gå till förbränning och vilken som ska gå till strö. Därför vet lantbrukaren sällan i förväg vilken halm på vilka fält som ska gå till förbränning [46]. Men enligt litteraturstudien kan det finnas en lokal känne-

dom om vilka fält som lantbrukaren bör undvika att bärga halm för förbränning från. Nikolaisen m.fl. [52] visade att det fanns en tydlig tendens till ökat Si-innehåll i halmen vid ökande lerhalt.

Rekommendation: Lantbrukarna kan i vissa fall genom att välja bort att bärga halm till förbränning på vissa fält förbättra bränslekvaliteten.

6.2 Salix

Utifrån litteraturstudien undersöktes vidare om dessa odlingsåtgärder kan påverkas i salixodlingen för att förbättra bränslekvaliteten:

- Sortval
- Förlängd tid mellan skördarna (omdrev)
- Gödsling

6.2.1 Sortval

Enligt Larsson vid Agrobränsle [42] finns det inga salixsorter som är speciellt anpassade för förbränning i Sverige idag. Det pågår inte heller någon förädling för att få fram några sådana sorter idag. De fyra vanligaste sorterna är Tora (gammal sort från mitten av 90-talet), Tobis, Gudrun (torrare ved) och Inger.

Rekommendation: I dagens sortmaterial för salix finns det ingen skillnad i bränslekvalitet, utan det är istället viktigt att välja den sort som ger högst ts-skörd på den enskilda gården.

6.2.2 Förlängd tid mellan skördarna (omdrev)

Enligt en studie av Adler & Aronsson [1] bör salix odlas så att plantan får en låg proportion bark. Ju längre salix står på fältet ju mindre andel bark fås. Men enligt Aronsson [4] kan långa omdrev (växtperioden mellan skördarna) samtidigt ge en lägre medelproduktion, högre dödlighet och i slutändan en minskad produktion.

Rekommendation: Generellt går det inte att rekommendera för lantbrukarna att förlänga omdreven.

6.2.3 Gödsling

Den forskning som pågår kring gödsling av salix fokuserar ej på bränslekvaliteten.

Rekommendation: Med den kunskap som finns inom forskningen idag vad gäller gödsling av salix går det ej att ge några rekommendationer för lantbrukarna angående hur de kan förbättra bränslekvaliteten genom gödslingen.

6.3 Rörflen

Utifrån litteraturstudien undersöktes vidare om dessa odlingsåtgärder kan påverkas i rörflensodlingen för att förbättra bränslekvaliteten:

- Anpassa sortvalet
- Odlar på vissa platser/undvika vissa platser

- Anpassa skördetidpunkten

6.3.1 Anpassa sortval

Enligt Andersson vid Svalöf Weibull [2] finns det i princip två rörflessorter att välja mellan i Sverige idag, de är Bamse (Svalöf Weibull) och Palaton (Nordamerikansk sort). Bamse är förädlad för att användas till förbränning. Palaton är en fodersort där halten alkaloider är sänkt. I Bamse är aldrig halmen analyserad för alkaloider i Sverige enligt Andersson [2].

I Finland sker förädlingen av rörflen hos ett skogsföretag enligt Lötjonen vid MTT [47]. Företaget har tagit fram några nya sorter och den bästa av dessa sorter kommer att vara tillgänglig för lantbrukarna 2012. Vid MTT pågår försök med bland annat den nya sorten, Chiefton och Palaton. Men försöken ska inte skördas förrän våren 2009, det är för tidigt att säga något om resultaten än.

Rekommendation: I det sortmaterial som provas i Rönnebydalen i Umeå och hos det material som provodlas i Finland för tillfället finns det potential vad gäller ökad avkastning hos några av linjerna. Det finns inga sorter idag som är bättre än andra vad gäller bränslekvalitet.

6.3.2 Odla på vissa platser/undvika vissa platser

Styva jordar är inte bra vad gäller askhalt eftersom den blir mycket hög på sådana jordar. I försök som utförts av SLU gav mulljordar den lägsta askhalten [16]. Skillnaden i askhalt kunde vara så mycket som en tiopotential, från ca 1,5 % till 10 %. Rörflen från styv jord ger dock högre asksmältpunkt än rörflen från mulljord.

Rekommendation: Beroende på vad som efterfrågas - låg askhalt eller hög asksmältpunkt, kan lantbrukare odla rörflen på mulljord eller på styva lerjordar.

6.3.3 Anpassa skördetidpunkten

Vinterförlusterna är större ju längre söderut man kommer på grund av varmare klimat och mer regn [16]. Därför fungerar vårskörd bra uppe i Umeå men inte lika bra längre söderut. Vid vårskörd blir det ett stort svinn, upp till 25 procent ibland, på grund av att gräset smulas sönder [82].

Rekommendation: Vårskörd av rörflen fungerar bra i norra Sverige och mindre bra i södra Sverige.

7 Affärskontakten mellan lantbrukaren och energiverket

Detta avsnitt syftar till att ge en bild av faktorer som påverkar lantbrukarens olika val och preferenser när det gäller försäljning och leverans av åkerbränslen ("gränssnittet" mellan lantbrukare och energiverk). Organisatoriskt upplägg, hur leveranser av åkerbränslen kan säkras, alternativvärden för vissa åkerbränslen och informationsbehovet hos den som säljer eller vill sälja åkerbränslen berörs här utifrån lantbrukets synvinkel. Resultatet är baserat på en litteraturstudie samt nio kompletterande telefonintervjuer med lantbrukare, rådgivare och entreprenörer.

7.1 Traditionell organisation inom lantbruket

Inom lantbruket har leverans och försäljning av grödor traditionellt organiserats genom kooperativa företag. Exempel på sådana företag inom den bondeägda industrin är Arla Foods, Swedish Meats, Lantmännen och Södra Skogsägarna. Dessa drivs som ekonomiska föreningar, som förädlar och säljer svenska livsmedel och skogsprodukter.

De lantbrukskooperativa företagens traditionella organisation har exempelvis inneburit kollektiv finansiering, plikt att föreningen tagit emot allt som medlemmarna vill leverera, styrning av företaget genom lika rösträtt samt likabehandling av medlemmarna oavsett om dessa är olika. Detta främjar en stor produktionsvolym för företaget, som leder till stordriftsfördelar och konkurrenskraftiga priser [54].

Professorn Jerker Nilsson från SLU [54] menar att den traditionella Kooperationen har nackdelar på en allt mer konkurrensutsatt marknad. Med hårdnande konkurrens är det bland annat viktigt att öka andelen förädlade produkter. Detta kräver investeringar och ett kommersiellt tänkande, som enligt honom rimmar illa med traditionell Kooperation. Nilsson föreslår två olika huvudtyper av entreprenöriella företagsformer, där den ena innebär att låta utomstående investerare köpa in sig, och den andra att låta medlemmarna få individuellt ägande. Ur lantbrukets perspektiv är det ofta fördelaktigt med organisationsformer där lantbruket svarar för så stor del av värdekedjan som möjligt, eftersom det kan ge mervärden för den omgivande landsbygden [54].

När det gäller att satsa på samt leverera åkerbränslen till energibolag är självägande viktigt för att motivera lantbrukaren långsiktigt. Annars finns en risk att lantbrukaren hoppar av, enligt lantbruksrådgivaren Kalle Svensson [74]. Om lönsamhet finns och risken inte upplevs för stor, finns egentligen inga större hinder, men en ovana kan leda till en viss rädsla för att dra igång en verksamhet på egen hand. En viss träning kan krävas hos många lantbrukare som är vana med de traditionella organisationsformerna som kräver mindre ansvar, då de nya av mer entreprenöriell karaktär kräver mer aktivitet. Information och ökad kunskap är också viktigt för att minska den upplevda risken och för att de här organisationerna ska kunna bli ett alternativ för lantbrukare [74].

7.2 Organisation vid leverans av åkerbränslen

Försäljning av åkerbränslen kan organiseras på olika sätt. Huvudsakligen handlar det antingen om att energibolaget kontrakterar enskilda lantbrukare, eller att lantbrukare går samman för att fungera som en avtalspart.

I det fall lantbrukare går samman kan organisationen exempelvis ske genom bildandet av ekonomisk förening, aktiebolag, handelsbolag eller kommanditbolag. Innebörden av dessa företagsformer samt deras för- och nackdelar belyses i samband med leverans av halm finns beskrivna i rapporten ”Affärsutveckling - Närodlade stråbränslen till kraftvärmeverk” [48], och sammanfattas mycket kort i Tabell 17.

Tabell 17. Olika företagsformer samt några för- och nackdelar [48].

Table 17. Different types of business organisation and their pros and cons [48]

Organisationsform	Egenskap	För- och nackdelar i korthet
Ekonomisk förening	Ska främja medlemmarnas ek. intressen	Nya medlemmar kan enkelt tas med i föreningen genom styrelsebeslut.
Aktiebolag (AB)	Ska bedriva sin verksamhet till gagn för aktieägarna	Deläggande fungerar som incitament för effektiv och lönsam verksamhet. Känd och välreglerad företagsform. Ny medlem måste köpa aktier för att bli delägare.
Handelsbolag (HB) eller kommanditbolag (KB)	Drivs av två eller flera delägare, som personligen är ansvariga för företagets avtal och skulder. HB och KB i stort samma sak, med skillnaden att delägare kan ha olika grad av ansvar i ett KB.	Möjlighet att sätta in vinsten som arbetande kapital, i likhet med ett AB. Innebär ett stort risktagande för den enskilde delägaren på grund av personligt ansvar.

Samgåendet kan ge en effektivare och lönsammare verksamhet, samt en bättre förhandlingsposition gentemot energibolaget än den enskilda lantbrukaren har. Vidare kan organisationen lättare utveckla verksamheten, genom till exempel förädling av produkter. Nackdelen kan vara att samgående ofta innebär mer ansvar och arbete för de ingående intressenterna.

Alternativet att enskilda lantbrukare kontrakteras innebär ett större åtagande för energibolaget, som behöver stå med personal som sköter prissättning, leveransplaner och administration, vilket innebär en extra kostnad. En av fördelarna är att energibolaget får en bättre insikt i villkoren för produktion och leverans av åkerbränslen. Påverkan på råvarupris om energibolaget väljer att stå för denna organisation är dock svårbedömd [48].

7.3 Exempel på organisation och avtal vid leverans av åkerbränslen

Nedan ges några exempel på hur organisation och avtal ser ut, eller planeras se ut, i samband med leveranser av åkerbränslen till olika förbränningsanläggningar. För- och nackdelar med respektive organisationsform ur lantbrukarnas perspektiv beskrivs även.

7.3.1 Leverans av halm, Såtenäs

Produktionsbolaget Såtenergi AB försörjer Skaraborgs Flygflottilj F7 med värme (4 MW anläggning). Bolaget ägs till 91 % av Lantmännen och till 9 % av de lokala halmleverantörerna i form av Stråbränsleenergi Väst ek. för. Halmleverantörerna gör-

des till delägare i produktionsbolaget för att säkra tillgången och halmkvaliteten. Valet att organisera bränsleleverantörerna i en leverantörsförening för att ha en motpart att diskutera frågor kring bland annat kvalitet och avtal grundades bland annat i Lantmännens tidigare erfarenheter av det halmeldade värmeverket i Kvänum, där man hade ett 20-tal halmleverantörer. Avtalet är treårigt där halmpriset regleras varje år inför eldningssäsongen med ett index enligt en modell som baseras på både KPI (konsumentprisindex) och OPI (oljeprisindex) [19].

Fördelarna med att ha en leverantörsförening är att utbudet samlas vilket gör att lantbrukarna får en större volym att förhandla med och därigenom blir starkare. Vid föreningsmöte sker även ett utbyte av erfarenheter om bärgning och hantering, vilket de tycker är värdefullt. Föreningen har 20 aktiva leverantörer och enligt lantbrukaren Mattias Franzon innebär samordningen inte så mycket jobb [20]. Samordningen tar cirka två timmar för avräkning och bokföring i månaden, och drygt 10 timmar vid den årliga kontraktsskrivningen. Det har inte varit några problem att hitta någon som vill driva samordningen, enligt Franzon.

7.3.2 Leverans av halm, Skurup

I Skurup finns en 4,5 MW halmanläggning, ägd av Lantmännen, som enbart eldar halm i storbalar. Tre maskinstationer i bygden försörjer anläggningen med halm. Lantmännen och de tre maskinstationerna har tillsammans ett femårskontrakt som förnyas vartannat år. Priset indexeras med samma pris som värmeförbrukningen mot kunderna för att få en följsamhet. Priset för halmen beror på vilken tid under året leveransen sker [27].

De tre maskinstationerna som levererar till Skurup ingår i ett och samma avtal med värmeverket, men drivs som separata företag. Fördelen med denna konstellation är att de bara är tre och har lättare att samordna än om de hade varit fler. En nackdel med att ha gemensamt avtal är att de måste gå i god för varandra om någon annan inte kan leverera. Detta innebär att de är beroende av varandra, det vill säga om en har brist på halm får någon av de andra två se till att leverera. Hittills har de dock klarat att leverera inom gruppen. I framtiden kan det vara möjligt att de tre maskinstationerna skriver separata avtal med anläggningen för att slippa gå i god för varandra. Nackdelen kan då bli att det blir en större utmaning att leverera den avtalade volymen halm. Om de inte klarar att leverera kan halm alternativt köpas in från annat håll [27].

7.3.3 Leverans av halm, Lunds Energi

I samband med Lunds Energis planer att bygga ett biobränsleeldat kraftvärmeverk vid Örtofta, där en 45 MW halmpanna planeras, har möjliga organisations- och avtalsformer utretts i en studie av Mattsson [48]. Den organisation som föreslogs utifrån studien innebär att lantbrukarna bildar ett bolag eller en ekonomisk förening som har handel med ett åkerbränsle som sin kärnverksamhet. De organiserar uppköp, skörd, lagring och transport, som kan utföras av den egna organisationen eller kontrakteras av lantbrukare eller entreprenörer. Ägarna föreslås vara 5-10 personer med ekonomiskt och personligt intresse i verksamheten, och kan vara lantbrukare, maskinstationer eller åkare [48].

7.3.4 Leverans av rörflen, Västerbotten

I Västerbotten odlas cirka 400 ha rörflen som resultat av ett gemensamt projekt initierat av bland annat LRF och de två lokala energibolagen Umeå Energi och Skellefteå Kraft. Maskinring Norr fungerar som samordnande part mellan odlare och energibolag, mycket på grund av kravet från energibolagen att ha samordnande part (juridisk person). Avtalet med energibolagen är femårigt, med tre leveranser. Energibolagen har förbundit sig att köpa skörden till ett visst pris per MWh från den kontrakterade arealen på 420 hektar under dessa år. Avtalet förlängs sedan med ett år i taget om ingen säger upp det. Priset för bränslet styrs med ett index som baseras på prisutvecklingen för andra bränslen i regionen [71].

Att organisera avtal och leveranser genom en maskinring bedömdes vara ett bättre alternativ än att bilda ett aktiebolag eller ekonomisk förening då maskinringen har ett bra kontaktnät och ett stort förtroende i odlarled, enligt Rickard Stjärnbäck som arbetar på maskinring Norr. Dessutom finns kompetens om rörflensodling hos Maskinring Norr [71].

Hittills har detta organisatoriska upplägg fungerat bra, enligt både Rickard Stjärnbäck på Maskinring Norr och en av de intervjuade lantbrukarna Kurt Edvardsson, som odlar 41 hektar rörflen. Om odlarna själva bildar en ekonomisk förening i framtiden finns fördelen att de kan ha fokus på just sin verksamhet och sina medlemmars intressen, till skillnad mot maskinringen som har en bredare verksamhet. En ekonomisk förening är dock beroende av att hitta någon som drar i det bland lantbrukarna [13] och [71].

7.3.5 Leverans av rörflensbriketter, Låttträ Gård

Vid Låttträ gård utanför Katrineholm tillverkas rörflensbriketter, som en del av verksamhetens fem olika driftgrenar. Provbrikettering och eldning har utförts och den första ”riktiga” skörden sker och levereras under våren 2009. Eskilstuna energi & miljö kommer att elda briketterna i lokala panncentraler på 100-600 kW i kommunen där det inte lönar sig att satsa på rökgaskondensering som kan ta tillvara värmeenergin från rökgaserna. I samband med detta har man skapat en lokal kedja från odlare av rörflen till brikettförädlare fram till slutanvändare. Låttträ Gård har för tillfället ett treårigt avtal, år 2008-2010, med Eskilstuna Energi & Miljö, där priset avtalas på årsbasis. Rörflen från andra odlare handlas även in på årsbasis [81].

Låttträ Gård drivs som ett kommanditbolag, då det än så länge inte funnits någon anledning att skapa ett aktiebolag enligt Göran Winkler, som driver verksamheten. Fördelen är att den administrativa kostnaden blir lägre då man slipper revision. En annan fördel är att det med nya skatteregler finns samma möjligheter som för ett aktiebolag att sätta in vinsten som arbetande kapital, det vill säga pengarna kan vara kvar i företaget och man behöver då inte skatta för dem. Nackdelen med kommanditbolaget är att ägaren blir personligt ansvarig om något går snett, varför det är viktigt att hålla efter kundfodringar och att ha försäkringar [81].

7.3.6 Leverans av salix, Lantmännen Agroenergi

En av Lantmännen Agroenergis affärsverksamheter är att sälja salixflis. Lantmännen köper salix på rot av kontrakterade odlare samt organiserar skörd, transport och försäljning till värmeverk i närheten av odlingen.[40] Här belyses upplägget för odling och leverans till energibolaget ENA Energi i Enköping, som organiserats lite annorlunda. ENA Energi har där tagit eget initiativ för att öka odlingen i regionen och arrenderar mark av lantbrukaren för att odla salix. Energibolaget har även investerat i odlingarna samt står för skötsel. Avtalstiden är ca 18 år. Arrendet till lantbrukarna är bland annat baserat på en analys av hur olika stöd (framför allt gårdsstöd och energigrödestöd) kommer att utvecklas framöver. Efter skörd kan både ENA Energi och markägaren bryta avtalet. Ersättningen för att bryta avtalet baseras på förväntad intäkt [19]. Lantmännen Agroenergi står för plantering samt salixmaterialet. De garanterar en viss avkastning (5 ton ts/ha och år), förutsatt att deras rekommendationer för efterbearbetning och slamspridning följs, och del av vinsten om tillväxten är bättre. Att arrendera ut mark innebär för lantbrukaren en liten risk och lite arbete, men ger också lägre inkomst för marken. Detta kan dock ändå vara ett alternativ i områden med minskande antal jordbruk, deltidssamarbetande lantbrukare och markägare som inte bor på plats [44].

7.3.7 Leverans av salix, projekt Salix i Mälardalen

Projektet Salix i Mälardalen startades som ett gensvar på en förfrågan från energibolaget Mälarenergi i Västerås till det dåvarande farmarenergibolaget i Hallstahammar AB, enligt projektledaren Hans Eriksson. Syftet med detta nystartade projekt är att skapa goda ekonomiska förutsättningar för odlare i närheten av energibolaget, genom bland annat korta transportavstånd och få mellanhänder. Målet är att projektet ska leda till att salix från totalt 4000 ha ska levereras till Mälarenergi. Cirka 100 odlare är hittills involverade i projektet, som finansieras med medel från EU samt Mälarenergi [17].

Verksamheten kommer att drivas som ett aktiebolag där de inblandade odlarna köper en andel och blir delägare. Lantbrukaren kan skrämmas av detta, men delägarskapet är samtidigt ett incitament för att lantbrukaren ska känna sig delaktig, vilket är viktigt för lönsamheten, enligt Eriksson. En annan fördel är att ett aktiebolag är en mer välreglerad företagsform, än till exempel ett handelsbolag [17]. Inget avtal med energibolaget är skrivet ännu. Det skulle exempelvis kunna skrivas på 25 år med en omförhandlingsrätt vart 10:e år så att möjlighet finns att bryta marken efter denna tid [17].

7.4 Lämplig avtalslängd ur lantbrukets perspektiv

De intervjuer som utförts med lantbrukare i denna studie pekar på att den tidslängd som föredras till stor del är kopplad till risken som tas vad gäller investeringar och prisvariationer för alternativ avsättning eller användning av marken samt konkurrerande bränslen. Lantbrukarens syn på risken kan även bero på om grödan är ett- eller flerårig, samt etablerad eller obeprövad, vilket belyses närmare av lantbruksekonomen Håkan Rosenqvist i rapporten "Förstudie - sammanställning och syntes av kunskap och erfarenheter om grödor från åker till energiproduktion" [6]. Vid samtliga intervjuer framhölls att långa avtalstider är viktiga för att entreprenörer och lantbrukare ska våga göra de investeringar som krävs för att leverera åkerbränslen. Vad gäller salix, där odlingstiden

bör vara minst 20-25 år av lönsamhetsskäl, är avtal på *minst* 5 år att föredra. Detta gäller särskilt innan det finns en marknad för avsättning [19].

För rörflén förefaller femåriga avtalstider lämpliga, för att lantbrukaren ska hinna skriva av odlingskostnader. Dock återstår detta att se, då första skörden sker till våren 2009 i de två befintliga fall i Sverige där rörflén enligt avtal ska levereras till energibolag (se tidigare beskrivning [81] och [71]).

Vid försäljning av halm kan den lantbrukare eller entreprenör som sköter hantering och leveranser av halm behöva upp till fem år långa avtal, särskilt i ett initialt skede med tanke på avskrivningar av investeringar som krävs för att komma igång. Om en entreprenör sköter detta led finns det för lantbrukaren en fördel i att inte ha långa avtal, utan till exempel sälja den på årsbasis, för att ha en större flexibilitet att sälja den som stallströ eller plöja ner den i jorden.

En av maskinstationerna som levererar halm till Skurup sedan år 2000 framhåller dock att en femårig avtalslängd fortfarande är önskvärd då det nu är dags att byta ut en del utrustning och göra nyinvesteringar för att kunna leverera halm [27]. Lantbrukarna i den ekonomiska förening som levererar halm till Såtenäs tycker att tidslängden tre år är lämplig [20].

Vid samtliga intervjuer framhålls att det vid fleråriga kontrakt är viktigt för leverantören att ha ett index som följer prisvariationer väl, och som har en koppling till den generella utvecklingen av marknadspriserna för biobränslen. Stråbränsleenergi Väst ek. har själva erfårit detta då de har ett index som följer KPI och OPI, men inte priset på andra biobränslen, vilket de inte tycker fungerar så bra. Om indexet inte har tillräcklig följsamhet kan förhandling på årlig basis vara bättre [81] och [71].

7.5 Hur kan leveranser av åkerbränslen säkras?

7.5.1 Halm

Den leverantörsförening som levererar till Såtenäs har med sitt upplägg klarat att säkra leveranserna av halm över året. På grund av att de är så många leverantörer, 20 stycken, har var och en i princip kunnat välja när de vill leverera under året. I kontraktet står att de ska leverera på anmodan av anläggningen. Föreningen lämnar in en lista på vem som har halm samt eventuella önskemål om leveranstidpunkt, och anläggningen ringer sen till lantbrukare när de behöver halm. De som levererar sent får högre pris, då anläggningen hellre vill ha bränslet senare in på eldningssäsongen. Anläggningen vill ha bränsle från början av september till slutet av juni. Det mesta behövs under vintermånaderna, särskilt under december-februari då cirka 50 % av den totala volymen levereras. De som har dåligt med lagerkapacitet levererar direkt efter skörd. Lagring sker i de flesta fall under tak, i gamla ladugårdar eller halmlager de byggt. Vissa mellanlagrar enbart en kortare tid då lagringen innebär en kostnad och de behöver använda lagret till något annat, till exempel uthyrning av husvagnsparkering inomhus under vintern [20].

Leveranssäkerheten över olika år är däremot besvärligare. Fördelen med treåriga kontrakt är att de vid fint väder kan bärga mer än de ska leverera. Detta har jämnat ut leve-

ranssäkerheten över åren betydligt. När lagring sker under tak kan halmen lagras mycket länge med bibehållen kvalitet. 2008 är det första året på 10 år man inte har kunnat leverera den avtalade volymen, utan bara hälften. Anläggningen kommer då att köpa in andra bränslen och tar inte ut någon straffavgift som ”good will”. Detta dels då föreningen övriga år har levererat fullt och dels då alla lantbrukare drabbats av hälften så stor skörd på grund av icke påverkbara faktorer [20].

En annan aspekt vad gäller leveranssäkerhet är att det krävs ett stort engagemang från leverantörerna för att få in de stora volymer halm som krävs under den mycket korta tid då halmen ska bärgas, mellan slutet av augusti och början av september. Särskilt för de som driver lantbruk vid sidan och samtidigt måste sköta andra sysslor [20].

De tre maskinstationer som levererar till Skurup mellanlagrar inomhus. Detta innebär merkostnader, men ses som en förutsättning för att kunna styra tidpunkten för leveranser. Hanssons Maskinstation levererar exempelvis själv cirka 200 ton per år, och lagrar allt inomhus. Under vintern levererar varje maskinstation en dag var tredje vecka, och under högsäsong två gånger var tredje vecka, det vill säga leveransplanen för vintern är känd innan. Vid lågsäsong levereras mindre volymer, exakt när vet de inte innan. Med den organisation de har idag har det fungerat bra att styra leveranserna efter behov [27].

7.5.2 *Salix*

Salix skördas i dagsläget uteslutande i flisad form. Flisad salix lämpar sig inte att lagra längre tider på grund av mögelbildning som försämrar arbetsmiljön samt på grund av de substansförluster som den biologiska aktiviteten ger [33]. Därför levereras den när det är gynnsamt att skörda och transportera, vilket är en nackdel med dagens system, enligt Stig Larsson på Lantmännen Agroenergi [19]. För att kunna erbjuda kunden jämnare leveranser skulle salixen behöva mellanlagras, enligt Larsson, som även tror att detta skulle kunna motivera ett högre pris på salixen [19]. Hanteringsformer som klarar längre lagring är bland annat kapade bitar av salix, hela skott eller buntar av hela skott som lagras i hög. Detta kräver dock viss anpassning av logistikkedjan, bland annat att andra skördare används samt att sönderdelning av de buntade stammarna exempelvis sker på anläggningen [17].

En anpassning av hanteringsformen för salix för att få en lagringsduglig vara är nödvändig för att kunna garantera en bättre leveranssäkerhet, enligt Hans Eriksson [17]. Inom ramen för projektet Salix i Mälardalen kommer man för att öka leveranssäkerheten att bygga logistikkedjan på en hanteringsform som kan lagras längre tid än flis. Inom ramen för projektet planerar man även att stödja utvecklingen av en ny skördare som möjliggör hantering av buntar fram till anläggningen [17].

Leveranssäkerheten kan även förbättras om skördeperioden kan sträckas ut, vilket bland annat beror på biologiska faktorer för växten samt markbärigheten, vilken beror av klimatet samt marktrycket från maskinerna som används [17].

7.5.3 Rörflen

Vad gäller rörflen skulle tidpunkten för leveranser delvis kunna styras genom att man sprider ut skördetidpunkten på både vinter och vårskörd. I nuläget skördar exempelvis rörflensleverantörerna som intervjuats i Västerbotten kring skiftet maj-juni. Då har de cirka 10 dagar på sig, det vill säga en relativt kort tid, att skörda innan grönskott bildas [71].

Mellanlagring, det vill säga att grödan lagras en tid innan leverans, är även ett alternativ för att styra leveranstidpunkt. För rörflen vet man dock inte vilken form av lagring som fungerar bäst för ändamålet och är mest ekonomisk, enligt de tillfrågade. Lagring i slang (även kallat ”korvläggning”) över sommaren är ett alternativ som diskuterats av Maskinring Norr och de lokala rörflensodlarna [71]. Mellanlagring i balar täckta med plast, på gården är även ett sätt att förlänga lagringstiden. Att lagra hackat är svårt i de fall det handlar om stora volymer, enligt en av rörflensodlarna som själv behöver hitta en lämplig lagringsform för skörden från sina 41 hektar till våren [13].

På Låttara Gård planeras både lagring inomhus av färdiga rörflensbriketter samt kompletterande lagring på fältet i fyrkantsbalar som plastas in i partier. Om man lyckas med lagringen, det vill säga att balarna klarar att lagras ett år på fältet, bör leveranser till anläggningarna kunna säkras. Osäkerhet finns dock kring lämplig lagringstid i fält, på grund av kondensbildning i de inplastade balarna. En tvåårig lagringstid kan komma att krävas för att helt säkert kunna garantera leveranser [81].

7.6 Alternativvärden till leverans av grödor till förbränning

De huvudsakliga alternativen till odling av energigrödor är för lantbrukaren att producera råvaror för livsmedel och foder eller att lägga marken i träda. Enkelt förklarat läggs marken i träda om inte kostnaderna för odlingen täcks. Valet mellan odling av råvaror för bioenergi beror av vilket ändamål som ger bäst lönsamhet. Vid valet mellan ettåriga och fleråriga grödor behöver i det senare fallet kapitalbindning och prISRISKEr vid förändringar på marknaden kompenseras med avseende på att odlaren binder upp marken en längre tid. I det fall grödan är obeprövad, till exempel vad gäller salix som har en omloppstid på 20-25 år, behöver lantbrukare även en säkerhetsmarginal för detta. Detta belyses bland annat närmare i den statliga utredningen ”Bioenergi från jordbruket – en växande resurs” [64]. Lantbrukarens preferenser och vilja att odla åkerbränslen under olika ekonomiska förutsättningar beskrivs även av [58]. Enligt dem är dålig lönsamhet den mest vanliga orsaken till att lantbrukare väljer att inte odla åkerbränslen. Utöver lönsamheten finns andra faktorer som kan påverka lantbrukarens val, såsom till exempel förändring av landskapsbilden, förändrad sysselsättningsgrad och arrendefrågor, vilket berörs i Berg m.fl. [6].

Vid odling av samtliga åkerbränslen finns alternativet att bryta upp en odling, där alternativvärdet således bestäms av värdet för den alternativa användningen för marken. Spannmålsodling är i många fall det mest sannolika alternativet till gräsbevuxna marker och salixodling [52].

Här nedan belyses andra alternativvärden till förbränning som är aktuella för halm, rörflen och salix.

7.6.1 Alternativvärden halm

Halmens andra användningsområden är att:

- lämna kvar på åkern för att bibehålla markens produktionsförmåga. Ett lägsta alternativvärde kan uppskattas genom värdet av den växtnäring som förs bort med halmen.
- avsätta som foder eller strö till hästar och animalieproduktion. Gäller i de områden där det finns gott om djur.

Växtnäringsvärdet kan förväntas variera mellan olika fält, men kan värderas till 7-15 öre/kg, eller 25-31 SEK/MWh [48].

De lantbrukare som intervjuats menar att lantbrukare har god koll på alternativen. Enligt de som levererar halm har det först år 2008 blivit aktuellt att diskutera halmens alternativvärde som växtnäring och överväga alternativet att plöja ner halmen, i samband med att priset för gödsel (fosfor) stiger. Växtnäringsvärdet värderas idag av lantbrukarna till 20 öre per/kg och lantbrukaren får 10 öre per/kg för halmen, enligt Hanssons maskinstation som levererar till Skurup [27]. Nästa år kan de behöva ge 20 öre/kg till lantbrukaren, vilket är något som i så fall behöver kompenseras från värmeanläggningen nästa år och som de tänkt ta upp vid förhandling av priset inför nästa år, enligt Hansson. Om denna ökade kostnad inte täcks finns stor risk att lantbrukarna inte kommer att vilja sälja halmen framöver [20] och [27].

Om halmen säljs som strö gäller år 2008 är priset 80-90 öre/kg för fyrkantsbalar och 70 öre/kg för rundbalar enligt uppgifter från Lantmännen [32]. Halm till strö ses inte av leverantörerna till Såtenäs och Skurup som någon alternativ avsättning, då det finns gott om halm och lite djur i dessa delar av Sverige [20] och [27].

Ersättningen som leverantörerna av halm i Skåne får idag redovisas inte här, men enligt olika uppskattningar inom ramen för ett examensarbete utfört av Simmons [63] av den möjliga prisökningen under 2008 bör priset i Skåne-regionen ligga mellan 130-160 SEK/MWh. Enligt en analys som gjorts av Lunds Energi, i samband med planer för att bygga en halmeldad biobränslepanna i Örtofta, kommer priset inom tio år kunna stiga till 180-200 SEK/MWh. Enligt intervjuer med lantbrukare 2008 ville tre av de tillfrågade ha kring 65 öre/kg, det vill säga ca 163 SEK/MWh för att sälja halmen [63].

7.6.2 Alternativvärden rörflen

De främsta alternativen för lantbrukare som idag odlar rörflen är att:

- sälja halmen som strö. Detta gäller framför allt i norra Sverige.
- bryta upp marken och odla spannmål eller vall.

Enligt Maskinringen Västerbotten finns avsättning för rörflen som strö i en stor del av regionen och det har ibland varit svårt att få tag på halm, enligt Stjärnbäck på Maskinring Norr. Dock är rörflen inte ett lika bra strömedel som halm, men bättre än ingenting.

Det går att få ca 70-80 öre per kilo för rörflen som strö. Enligt tidigare kalkyler för de odlare som kontrakterats för rörflensodling skulle energibolagen betala 40-50 öre per kilo för rörflenet, beroende på vattenhalt och förbränningskvalité [71].

Vad priset kommer att bli är dock inte klart, men under vintern 2007-2008, var energibolagen i Västerbotten beredda att betala 150 SEK/MWh (58 öre/kg) för levererat rörflen till anläggningen [44]. Efter detta kontrakt med energibolagen löpt ut är det möjligt att avhopp kommer ske på grund av att spannmålspriser ökat och priset för gödsling av rörflensodlingen ökat, enligt Maskinringen Västerbotten. Dock kan prisläget och efterfrågan ändras, så det återstår att se, enligt Stjärnbäck [71].

När man på Låttträ Gård övervägde rörflensodling år 1998, var alternativen att lägga marken i träda eller att odla vall. Att odla rörflen till förbränning är för dem bättre alternativ idag. Strö till hästar kan utgöra en alternativ avsättning, men de har inte tittat så mycket på det. Förmodligen är det för mycket damm i deras rivna rörflen, då det legat över vintern, för att det direkt ska kunna användas som strö. Att producera ströpellets skulle kunna vara ett alternativ [81].

Enligt en ny avhandling från SLU behöver lantbrukaren ett bränslepris motsvarande minst 130 SEK/MWh vid hämtning på gården för att odlingen ska bli lönsam. [44]

7.6.3 Alternativvärden salix

Det främsta alternativet för de som odlar salix är att bryta upp marken och odla spannmål, något som bland annat belyses i den statliga utredningen Bioenergi från jordbruket - en växande resurs [64]. Någon annan större marknad för det skördade salixmaterialet finns inte i Sverige idag, även om det till exempel förekommer fall där unga skott av salix säljs för tillverkning av vägpinar.

Betalningsförmågan hos värmeverk ligger idag i nivå med priset för skogsflis. Enligt Energimyndighetens prisblad betalar värmeverk idag ca 165 SEK/MWh för skogsflis [14]. De verkliga priserna för skogsflis ligger dock något högre enligt den generella uppfattningen i branschen [19]. I energibolaget Mälarenergis fall har man dock beräknat ett mervärde i att få en lokal, trygg och långsiktig försörjning av salix, och kan tänka sig att betala mer än man gör för skogsflisen [17]. I inledande samtal mellan det nyskapade projekt Salix i Mälardalen och Mälarenergi, har energibolaget indikerat att de kan tänka sig betala 200 SEK/MWh för salix, jämfört med priset på ca 180 SEK/MWh som de betalar för skogsflisen. Farmarbolaget Salix Mälardalen planeras hantera 7 % av deras totala bränslebehov, enligt Eriksson.

Indikationer finns på att avkastningen för salix kan variera i stort sett på samma sätt som för spannmålsodlingen. Sambanden är dock inte helt kartlagda. Avkastningen för salix är således avsevärt lägre i landets skogsbygder än i de områdena i sydligaste delarna av landet med högre avkastning [64].

7.7 Vilken information vill lantbrukare ha från energianläggningar?

Nedan belyses vilken information som kan underlätta för den som säljer eller vill sälja åkerbränslen, utifrån de intervjuer som utförts med lantbrukare, entreprenörer och rådgivare.

Kunskapen om marknaden för åkerbränslen samt hur hela leveranskedjan bör se ut är generellt låg bland lantbrukarna. Potentiella åkergrödeodlare behöver få information om att och var det finns kunder som vill köpa åkerbränslen, enligt flera av dem som intervjuats.

Få har information om vilka anläggningar man kan leverera till och vad som krävs för att leverera åkerbränslen, förutom de som aktivt kollat upp detta, enligt rådgivaren Kalle Svensson från Hushållningssällskapet [74]. Detta tar mycket tid att sätta sig in i [74] och [81]. Det vore önskvärt att hitta en lösning på att matcha kund och leverantörer [17].

En viktig förutsättning för att få igång en marknad är att energibolagen tar initiativ för att visa på behovet, menar rörlensodlaren Kurt Edvardsson [13]. Att rörlensodlingen och kontrakten i Västerbotten kommit till stånd beror mycket på att energibolagen Skellefteå Kraft och Umeå Energi tog en aktiv roll och visade att de ville ha bränsle. Energibolaget bör även ha framförhållning om de vill få lantbrukare att odla, då det är viktigt att ha tid på sig att förbereda marken innan man ska så [13].

Vidare behöver lantbrukaren få information till exempel om hur skörd och logistik kan ske. Lantbrukare har ofta mycket konkreta frågor. Mer konkret information än den som finns tillgänglig idag kan behövas för att möta dessa frågor, det vill säga hur man tänker sig hela kedjan med lagring, transport och så vidare [74].

Många lantbrukare är äldre. Även om många har intresse av affärsmöjligheter med åkerbränslen är de dock generellt mindre riskbenägna än yngre lantbrukare. Lantbrukaren saknar information och har felaktig uppfattning om hur stor risken kan vara. Förutom att se till att information finns tillgänglig är det viktigt att energibolagen visar att det går att skriva rättvisa kontrakt, vilket för åkerbränslen till exempel kan innebära att de kan behöva vara längre än ett år. Eftersom det är en ny kundrelation som ska byggas upp är det viktigt att visa att man är en bra kund [74].

Vad gäller rörlens saknas information och kunskap om hur skörden kan ske så billigt som möjligt och vilken hanteringsform som lämpar sig bäst att leverera, enligt Maskinring Norr. Som exempel kan tas att de enligt kontrakt ska leverera rörlenet i rundbalar. Dock vill anläggningen helst ha det i hackad form då det ska blandas med andra bränslen, bland annat torv och skogsflis. På Skellefteå Krafts anläggning är det inte lämpligt att sönderdela materialet, då det dammar för mycket med avseende på grannar. Att hacka kan vara ett alternativ, men kan leda till ökade transportkostnader. Energibolaget letar därför efter en annan terminal för att kunna hacka och kanske blanda bränslet på annan plats. Rundbalar är egentligen inte det bästa alternativet ur transportsynpunkt. Fyrkantbalar är inget större alternativ i dagsläget då det inte finns så mycket fyrkantpressar i regionen, samtidigt som de är tyngre vilket är negativt för känsliga marker.

Lantbrukarna behöver information om hur systemet bäst ska se ut för att minimera kostnader i kedjan, då marginalerna är små [71] och [13]. Odlingen har lantbrukarna god kunskap om, enligt intervjuerna. Att hålla 20 % vattenhalt är heller inget problem [71].

En annan intressant fråga som de inte vet något om är om rörflen kan eldas i mindre anläggningar, till exempel 2 MW pannor. Detta skulle kunna vara ett sätt att öka lönsamheten då de stora anläggningarna handlar i bulk och betalar dåligt, enligt Stjärnbäck på maskinring Norr [71].

Enligt Lantmännens erfarenheter av halmeldning krävs en medveten styrning av hanteringen av halm för att skapa ett så problemfritt bränsle som möjligt, eftersom halmkvaliteten kan variera mycket. Kvalitetsförbättringar kan uppnås genom kvalitetsspecifikationer, utbildning i till exempel bärgning, lagring, transport samt genom prissättning [19].

Halmleverantörerna kring Såtenäs och Kvänum har god kunskap och erfarenhet om vad det innebär att leverera numera [27] och [20]. I början saknades dock information. Lantbrukarna fick lära sig bärga halm på ett nytt sätt, till exempel att inte köra över en halmsträng då hjulspår pressar in fukt i stråna, vilket sen ger stopp i pannan, se information i Bilaga B. Dialogen lantbrukare och anläggning emellan är viktig. Leverantörsföreningen vid Såtenäs har ett leverantörsmöte varje år där pannpersonalen är med, där erfarenheter utbyts om kvalitéer, fel på halm och orsaker bland annat [20].

En lantbrukare i leverantörsföreningen vid Såtenäs menade att halm kan eldas i större utsträckning, men att det fortfarande är ett för okänt bränsle i Sverige [20]. Enligt honom finns mycket halm i trakten, men ändå sätts flispannor upp. Fall har förekommit där man inte vågat satsa på en halmeldad panna, fast det fanns lantbrukare som ville leverera. Större energibolag verkar vara ”insnöade” på flis, menar Franzon, som tror att mer information kan behövas om alternativet [20].

För att få fler lantbrukare att satsa på åkerbränslen är det viktigt att bygga upp en fungerande anläggning och visa hur det fungerar från odling till leverans, menar Göran Winkler på Låtra Gård. Detta är inte bara viktigt utifrån producentens perspektiv, utan även för att bygga upp ett förtroende från energibolaget. Mer tillämpad forskning krävs där olika upplägg demonstreras eller testas. Det är mycket svårt för lantbrukaren eller förädlaren att själv finansiera bygge och demonstration av en anläggning, något som kan krävas för att få till stånd en marknad [81].

I södra delen av Sverige där markkostnaderna och därmed avkastningskraven är högre verkar det i rörflenets fall nödvändigt att förädla bränslet för att hitta lönsamhet. Alla som odlar behöver nödvändigtvis inte förädla, utan det kan ske i något större enheter dit lantbrukarna levererar. Förädlaren och lantbrukaren har då olika behov av information, det vill säga lantbrukaren behöver då nödvändigtvis inte skaffa sig information om hela kedjan [81].

7.8 Sammanfattning

Ur lantbrukets perspektiv är det ofta fördelaktigt med organisationsformer där lantbruket svarar för så stor del av värdekedjan som möjligt, eftersom det kan ge mervärden för den omgivande landsbygden. Om lantbrukare går samman kan det ge en effektivare och lönsammare verksamhet, en bättre förhandlingsposition gentemot energibolaget och utveckling av verksamheten underlättas. Ett samgående innebär dock ofta mer ansvar och arbete för de ingående intressenterna.

Försäljningen av åkerbränslen kan exempelvis organiseras genom bildandet av ekonomisk förening, aktiebolag, handelsbolag eller kommanditbolag, vilka kan innebära olika för- och nackdelar för lantbrukare. Exempelvis kan delägarskap i ett bolag vara främmande för lantbrukare, men kan också vara avgörande för en långsiktig och lönsam verksamhet.

Långa avtalstider är viktiga för att entreprenörer och lantbrukare ska våga göra de investeringar som krävs för att leverera åkerbränslen. Enligt de olika intervjuade leverantörerna förefaller följande ungefärliga avtalstider vara lämpliga för de olika grödorna:

- salix – 5-25 år, där omförhandlingsrätt kan läggas in i den längre tiden,
- rörflen - kring 5 år,
- halm - 5 år för leverantören som gör investeringar för att leverera halm och 1 år för lantbrukare som säljer halmen från fältet.

Vid fleråriga avtal är viktigt för leverantören att ha ett index som följer prisvariationer väl, och som har en koppling till den generella utvecklingen av marknadspriserna för biobränslen. Annars kan kortare avtal vara mer fördelaktigt.

Säkring av leveranser till anläggningen beror på om det är möjligt att styra tidpunkten för leverans. Denna kan bland annat styras genom:

- Att sträcka ut skördetiden. För rörflen skulle detta kunna ske genom både höst- och vårskörd. För salix genom bättre kännedom om den biologiska påverkan på salixskotten samt genom maskiner som kan köras vid tider med sämre bärighet i marken. För halm är det svårare att styra skördetidpunkten på detta sätt. På grund av den korta tid då halmen ska bärgas krävs därför ett stort engagemang från leverantörerna för att få in stora volymer halm.
- Mellanlagring, det vill säga att grödan lagras en tid innan leverans. Vad gäller halm finns erfarenhet av detta, medan det för rörflen och salix saknas en del kunskap om kostnader och möjlig lagringstid för olika hanteringsformer.
- God organisation och samordning av leveranser.

De huvudsakliga alternativen till odling av åkerbränslen är för lantbrukaren att producera råvaror för livsmedel och foder eller att lägga marken i träda. Lönsamhet är den viktigaste faktorn vid lantbrukarens val om åkerbränslen ska odlas, men även andra icke-ekonomiska faktorer kan spela in. Leverantörer av halm, rörflen och salix kan ha god kunskap om alternativ avsättning och prislägen, enligt intervjuerna. Halmens andra användningsområden är att sälja den som foder eller strö till hästar och animalieproduktion eller lämna kvar den på åkern för att bibehålla markens produktionsförmåga. De främsta

alternativen för lantbrukare som idag odlar rörflen är att sälja halmen som strö (gäller framför allt i norra Sverige) eller att bryta upp marken och odla spannmål eller vall. Vid salixodling det främsta alternativet att bryta upp marken och odla spannmål.

Följande information kan underlätta för den som säljer eller vill sälja åkerbränslen, utifrån de intervjuer som utförts med lantbrukare, entreprenörer och rådgivare:

- Potentiella odlare av åkerbränslen behöver få information om var det finns kunder som vill köpa produkterna.
- Energibolag behöver ta initiativ och visa på behovet av åkerbränslen
- Lantbrukare behöver mer konkret information om hur hela kedjan kan se ut och vad som krävs för att leverera åkerbränslen, till exempel hur skörd, hantering och logistik kan ske. Kunskapsluckor finns även kring hur länge olika hanteringsformer kan lagras samt kostnad, främst för salix och rörflen.
- Då en ny kundrelation ska byggas upp mellan energibolag och leverantör är det viktigt att visa att man är en bra kund och att det går att skriva rättvisa avtal, vilket för åkerbränslen till exempel kan innebära att de kan behöva vara längre än ett år.
- Dialogen lantbrukare och anläggning emellan är viktig för att styra kvaliteten på åkergrödan. Kvalitetsförbättringar kan uppnås genom kvalitetsspecifikationer, utbildning i till exempel bärning, lagring, transport samt genom prissättning.

8 Slutsatser

För att kunna beräkna merkostnaden krävs dokumenterad erfarenhet av längre eldningsperioder med åkerbränslen. Det var inte lätt att hitta energiverk med sådan erfarenhet. Många har proveldat mindre mängder av åkerbränslen, men utan egentlig dokumentation i form av mätningar av emissioner, underhållskostnader, effektutveckling, askhantering etc. Merkostnaden för åkerbränslen jämfört med skogsbränsle vid de anläggningar vi slutligen besökte sammanställs nedan.

Beräknade merkostnader måste ses som indikativa för varje bränsle och typ av anläggning, och påverkas som alltid av anläggningsspecifika förhållanden.

- Hur stor merkostnaden blir för stillestånd orsakat av bränslet beror på om det finns en ackumulator som kan täcka lasten en tid, och vilka andra pannor och bränslen som finns tillgängliga.
- Merkostnader för hantering av aska beror av vilket system eller vilka avtal man har för askhanteringen, vilket har varierat vid de besökta anläggningarna.
- Merkostnader som uppstår när en panna och/eller ett bränsle är nytt kan arbetas bort, vilket pannan i Såtenäs är ett exempel på. Där hade man i början problem med inmatning av fuktig halm (20-22 %), frekvent behov av sotning och många larm på pannan. Genom konsekvent arbete med driften och genom att återföra kunskap om halmkvalitet till halmbärgarföreningen har dessa problem eliminerats.
- I två fall har man valt att elda 100 % åkerbränsle under låglastperioder. Skälet var i ett fall att full effekt inte kunde nås på grund av av lägre bulkdensitet, i det andra fallet att man visste att problem uppstod med påslag och stoftreduktion vid högre laster. Valet att elda åkerbränsle vid låglast har inte setts som en merkostnad.
- Vid de två kraftverkspannorna som besöktes har man satt en gräns för inblandning av salix vid 15 %. Vid högre inblandningar är man rädd för merkostnader orsakade framförallt av påslag (baserat på egna och andras erfarenheter).

Kostnader för ökade utsläpp alternativt reduktion av kväveoxider har inte beräknats för någon av de besökta anläggningarna. Vid kraftverkspannorna hade man inte noterat ökade kostnader, och de mindre pannorna har inga krav på NO_x-utsläpp. Endast vid pannan i Jordbro har man noterat ökade kostnader, men hur stora de var kunde inte specificeras. Eftersom utsläpp av kväveoxider har fler orsaker såsom bränslet, förbränningsförhållanden och installerad reduktionsteknik blir eventuella merkostnader anläggningsspecifika.

Transport- och lagringskostnader för stråbränslen som halm och rörflen är lägst när bränslet transporteras i balad form från gården till energiverket (beräknat avstånd är 100 km eller 250 km) med lastbil eller tåg. En förädling av bränslet till pellets eller bri-ketter ger en väsentligt högre totalkostnad.

Den högsta kostnaden i logistikkedjan för salix är själva gårdshanteringen där etablering och skötsel av salix ingår. Med denna inberäknad ligger transport- och lagringskostnaden på cirka 190 SEK/MWh som lägst och det inbegriper transport av flisad salix med tåg eller lastbil till energiverket vid det kortare avståndet 100 km. Transportkostnaden

stiger drastiskt om flisad salix ska transporteras med lastbil längre sträckor, eller om båt används som transportmedel.

Denna studie har i första hand fokuserat på vad ett byte från skogsbränsle till åkerbränsle skulle kosta en anläggning. I praktiken rör det sig dock ofta om att man vill blanda in bränslesortiment som är billigare. Detta gäller speciellt för stora pannor eftersom bränsleförsörjningen är osäker om stora kvantiteter av åkerbränslen ska användas och att man här också vill försöka undvika att provocera fram problem som till exempel ökade påslag eller korrosion. Studien har därför tittat både på exempel med förbränning av 100 % åkerbränsle (Jordbro, Kvänum, Grästorp och Såtenäs) och på exempel av samförbränning (Enköping och Eskilstuna). Samförbränning av åkerbränslen med ett annat bränsle kan mildra de problem som eventuellt kan uppstå på grund av åkerbränslenas bränsleegenskaper och har därför betydelse för graden på merkostnaderna.

Nedanstående sammanställning är baserad på de sex anläggningar som hade i viss utsträckning dokumenterad erfarenhet av förbränning av åkerbränslen. De beräknade merkostnaderna måste därför tas som exempel och inte som exakta värden. Alla merkostnader är beräknade jämfört med eldning av skogsflis.

Spannmålsavrens på rost 2,5 MW (Kvänum)

3-13 SEK/MWh orsakat av ökat underhåll av stofffiltren, fler stillestånd för manuell sotning och mer aska att hantera.

Spannmålsavrens i pulverpanna 80 MW (Jordbro)

Ca 20 SEK/MWh exklusive effektsbegränsning från 80 till 40 MW. Den redovisade kostnaden består av ökat underhåll (slitage, sotning), fler stillestånd, högre NO_x-utsläpp och mer aska att hantera. Ökat underhåll utgör den dominerande kostnaden.

Halm på rost 4 MW (Såtenäs)

15 – 37 SEK/MWh orsakat av investering i bränslehantering (dominerande kostnad) och mer aska att hantera.

Salix på rost 3,5 MW (Grästorp)

0 – 1 SEK/MWh orsakat av mer aska att hantera.

Salix på vibrationsrost 55 MW_v och 24 MW_{el} (Enköping)

Inga merkostnader vid < 10 % salix (momentant).

Salix i BFB 72 MW_v och 38 MW_{el} (Eskilstuna)

Inga merkostnader vid < 15 % salix (momentant).

Rörflen sammanställning och exempel från Finland

Typisk inblandning är idag < 5 % rörflen i torv.

Merkostnader uppstår om man investerar i transportsystem och lagerhållning.

Det bör påpekas att de merkostnader som har beräknats för till exempel drift- och underhåll, förväntas sjunka i takt med att kunskap och erfarenhet av förbränning av åkerbränslen växer fram.

I de följande avsnitten har den information som kommit fram i projektet sammanställts bränslevis.

8.1 Slutsatser för halm

8.1.1 Viktiga förbränningsparametrar för halm jämfört med skogsflis

- Halm har högt innehåll av klor, kisel och alkali, detta gäller främst gul halm, i grå halm är halterna av klor och alkali lägre. Dessa ämnen leder till ökad sint-ring, beläggningar på värmeöverföringsytor och korrosion av överhettare.
- Askhalten är högre än hos skogsflis och ligger kring 4-10 %.
- Halm är ett voluminöst bränsle, vilket kan skapa problem vid transport och inmatning i pannan.
- Fukthalten är lägre hos halm än hos skogsflis, kring 10-20 %. Vid fukthalter över 18-20 % kan problem uppstå vid inmatning och hantering av halmen.
- Vid inblandningsgrader av halm under 15 % är förbränningen oftast problemfri vid kraftvärmeverk

8.1.2 Merkostnader som kan uppstå vid förbränning av halm jämfört med skogsflis

- Ökade investeringskostnader för inmatningsutrustning, exempelvis balrivare och travers.
- Underhållskostnaderna i bränslehanteringen kan öka jämfört med vid hantering av skogsflis, exempelvis genom ökad igensättning i transportsystemen av både halm och balband.
- Halmförbränning ger högre askhanteringskostnader på grund av mer aska att hantera.
- I pannan skapar halmen ökade kostnader för rengöring av värmeöverföringsytor och kortare livslängd på överhettare på grund av korrosion.
- Även lågtemperaturskorrosion på luftförvärmare måste bevakas vid halmeldning.

8.1.3 Påverkbara åtgärder för lantbrukaren

Idag möjliga åtgärder

Utlakning av halmen, till exempel låta halmen ligga ute i fält ca 14 dagar, för att få en lägre halt av alkali och klor.

Val av fält för bärgning av halm till förbränning som ger en bättre bränslekvalitet, till exempel med avseende på lägre kiselhalt (begränsad möjlighet).

Lagring, använd samma strategi som vid lagring av halm till andra ändamål. Det är viktigt att fukthalten ej blir för hög.

Minimera kaliumgivan. Exempelvis kan det vara aktuellt att byta ett 21-3-10 NPK-gödselmedel (äldre produkt) till ett 27-3-3 NPK-gödselmedel.

En åtgärd som visat sig vara möjlig i vissa fall för att sänka klorhalten i halmen är att använda svampmedel som ej innehåller klor.

Möjliga åtgärder men ej i dagsläget

Byte till ett kaliumgödselmedel med låg klorhalt. Detta är ej aktuellt idag eftersom energiverken ej ger någon merbetalning för bättre halmkvalitet och det ger en extra kostnad för lantbrukaren.

8.2 Slutsatser för salix

8.2.1 Viktiga förbränningsparametrar för salix jämfört med skogsflis

- Salix används alltid flisad och liknar skogsflis när det gäller fukthalt, värmevärde, densitet, rasvinklar och andra bränsleparametrar. Storleken på flisen är något större än för vanlig flis och andelen fina partiklar oftast låg.
- Askhalten är högre än skogsflis, kan vara upp till 5 %.
- Mer alkali och klor än skogsflis, vilket kan ge sintrings- och beläggningsproblem.
- Högre kväveinnehåll än skogsflis
- Lägre bulkdensitet än skogsflis. Påverkar effektutvecklingen vid hög inblandning av salix.
- Inblandningsgrader: vid värmeproduktion upp till 100 % möjlig, vid kraftproduktion rekommenderas < 15-20 %.
- Salix har även högre halter av tungmetaller än skogsflis. Detta påverkar inte förbränningen men kan ge konsekvenser i form av hantering av flygaska och lakvattnet vid rökgaskondensering.
- Salix eldas vanligen nyflisad då lagring leder till energiförluster och risk för mögelbildning. Dock uppges att lagring av det flisade materialet ett antal veckor kan minska problem med beläggningar.

8.2.2 Merkostnader som kan uppstå vid förbränning av salix jämfört med skogsflis

- Askhantering och deponering av flygaska.
 - Inget av de besökta verken uppgav ökade kostnader för askhantering. En teoretisk beräkning gav en merkostnad på upp till 1 SEK/MWh för ökad askhantering.
- Sotblåsning av beläggningar
 - Besökt värmeverk uppgav inga problem med beläggningar vid 100 % salix.
 - Besökta kraftvärmeverk uppgav inga problem med beläggningar vid inblandningar < 15 % salix. Erfarenhetsmässigt uppges inblandningar > 20-30 % salix leda till behov av ökad sotningsfrekvens på grund av ökade påslag i överhettarna.
- Reduktion av kväveoxider
 - Inget behov av ökad kvävereduktion anges av kraftvärmeverken vid < 20 % salix.

- Eldning med hög inblandning av salix bör leda till viss ökning av kostnader för kvävereduktion alternativt NO_x-avgift.

8.2.3 Påverkbara åtgärder för lantbrukaren

Idag möjliga åtgärder

Idag finns inte möjligheter för lantbrukaren att påverka kvalitén genom sortval, gödsling eller förlängda omdrev.

Möjliga åtgärder men ej i dagsläget

För att öka produktionsvolymerna måste skördemetoderna förändras så att skörd kan ske under större delen av året. Alternativt måste andra typer av lagringsmetoder tas fram, eftersom flisad salix inte kan lagras utan förlust av energivärme och risk för mögelbildning i högen.

8.3 Slutsatser för rörflen

8.3.1 Viktiga förbränningsparametrar för rörflen jämfört med skogsflis

- Rörflen kan eldas i bal, riven, pelleterad eller briketterad.
- Askhalten är högre än skogsflis och varierar mellan 2 och 16 %, beroende på vilken typ av jord rörflenet odlas på. Askan är volymiös och kan vara besvärlig att transportera genom och ut ur pannan.
- Mer alkali och klor än skogsflis, vilket kan ge sintrings- och beläggningsproblem.
- Vårskördad rörflen har lägre halter av kalium och klor än höstskördad, och en hög asksmälttemperatur.
- Rörflen kan vara svårt att transportera in till pannan. Erfarenheter från Finland säger att rörflenet måste hackas kort (50 mm), ha en fukthalt < 30-35 % och blandas väl med annat bränsle för att kunna transporteras in i pannan av existerande transportsystem utan att riskera stopp.
- Högre kväveinnehåll än skogsflis.

8.3.2 Merkostnader som kan uppstå vid förbränning av rörflen jämfört med skogsflis

- Investering i transportsystem avsedd för stråbränsle
- Inga merkostnader rapporteras från Finland vid inblandning < 15 %.
- Kvävereduktion. Inga uppgifter om ökande kostnader har hittats men eldning med hög inblandning av rörflen bör leda till viss ökning av kostnader för kvävereduktion alternativt NO_x-avgift.
- I de fall kalium och klor inte har lakats ut kan kostnader uppstå för ökad sotning och eventuell överhettarkorrosion.
- Förbränning av rörflen resulterar i att askhanteringskostnaderna blir högre jämfört med skogsflis

8.3.3 Påverkbara åtgärder för lantbrukaren

Idag möjliga åtgärder

Lantbrukaren bör följa rekommendationer angående skördetidpunkt.

Möjliga åtgärder men ej i dagsläget

Billigare skörde-, transport- och lagringssystem.

Skördetider och -metoder som ger mindre förluster.

8.4 Slutsatser för avrens

8.4.1 Viktiga förbränningsparametrar för avrens jämfört med skogsflis

- Ojämn densitet – opelleterad avrens visar upp en ojämn densitet vilket, beroende på inmatningssystem, kan resultera i ojämn effektutveckling.
- Askhalt – den är relativt skogsflis högre och pendlar mellan 5-8 %.
- Kväveinnehållet är högre än hos skogsflis.
- Klorinnehåll är högre jämfört med skogsflis vilket kan leda till ökad beläggningstendens och korrosion i pannan.
- Den höga askhalten ger höga halter av flygaska vilket kan ge ökat slitage på stoftfilter.

8.4.2 Merkostnader som kan uppstå vid förbränning av avrens jämfört med skogsflis

- Den ojämna densiteten är svår att kvantifiera i en kostnad. Eventuellt kan en investering i ett mer avancerat inmatningssystem ge en högre kostnad.
- Askmängden får en merkostnad i ökade förslitningar av bränslehanteringsutrustningen. Askmängden leder även till en ökad askomhändertagningskostnad.
- Kväveinnehållet ger en ökad NO_x-bildning vilket kan resultera i ökad kostnad för kvävereduktion alternativt ökad NO_x-avgift.
- Klorinnehållet ger en ökad påslagstendens och därmed en merkostnad i form av extra stillestånd för rengöring.
- Erfarenhet har visat att vid hög inblandningsgrad av avrens ökar slitaget på filterstrumpor vilket medför en extra kostnad.

8.4.3 Påverkbara åtgärder för lantbrukaren

Idag möjliga åtgärder

Inga åtgärder har identifierats.

Möjliga åtgärder men ej motiverade i dagsläget

Den enda möjlighet vi ser är att lantbrukaren investerar i en pelletsmaskin och pelleterar avrenset innan leverans.

8.5 Slutsatser kring affärskontakter och organisationsformer – alla bränslen

Faktorer som påverkar lantbrukarnas val av gröda, och därmed tillgänglig volym av åkerbränslen till försäljning, undersöktes via litteratur och intervjuer och diskuteras i rapporten. Viktiga faktorer visade sig vara organisatoriskt upplägg, hur leveranser av åkerbränslen kan säkras, alternativvärden för åkerbränslen och information.

Den traditionella kooperativa organisationsformen för försäljning och leverans av grödor anses ha nackdelar på en alltmer konkurrensutsatt marknad. För lantbrukaren är det istället fördelaktigt med organisationsformer som svarar för så stor del som möjligt av värdekedjan, vilket i fallet åkerbränslen kan vara samordning av leverans, avtalsskrivning, lagring eller förädling. Passande organisationsformer kan vara ekonomiska föreningar, aktie-, handels- eller kommanditbolag, vilka alla har olika för- och nackdelar. Genom att gå samman kan verksamheten effektiviseras och lönsamheten öka, samtidigt som förhandlingspositionen gentemot energibolaget stärks. Exempel på organisations- och avtalsformer ges i rapporten.

Långa avtalstider är viktiga för att entreprenörer och lantbrukare ska våga göra de investeringar som krävs för att leverera åkerbränslen. Vid odling av salix bör avtalstiden vara 5-25 år, med omförhandlingsrätt vid långa tider. Vid rörflen rekommenderas ca 5 år och vid halm 5 år för de lantbrukare som gör investeringar, 1 år om lantbrukaren säljer halmen direkt från fältet. Indexreglering bör finnas vid fleråriga grödor.

Säkring av leveranser kan ske genom att sträcka ut skördetiden, mellanlagra eller via samordning mellan producenterna. Leveranssäkerhet kräver engagemang från leverantörerna. Leveranssäkerhet år från år kan vara besvärligt när vädret skiftar.

Alternativvärde för halm är dess värde som växtnäring eller som foder och strö. Det senare är avgörande av om det finns behov av strö i regionen. Även rörflen säljs som strö och kan konkurrera med bränslepriset. Alternativet till att odla salix är i första hand att bryta upp marken och odla spannmål.

För att underlätta marknaden för åkerbränslen efterlyses:

- Information till lantbruket om vilka grödor som finns och var köpare finns. Initiativ från energiverken efterlyses.
- Konkret information till leverantören om hur hela kedjan ser ut och vilka investeringar som krävs för att odla och leverera.
- Avtalsformer som ger lantbrukaren en acceptabel risk.
- Dialog mellan lantbrukare och energiverk avseende vilka kvalitetsförbättringar som kan nås genom val av bärning, lagring, transport, prissättning etc.

8.6 Var sätts resurserna bäst in?

För att minska kostnader relaterade till användningen av åkerbränslen samt öka den totala volymen producerade åkerbränslen har de åtgärder som enklast och snabbast ger resultat identifierats.

- Involvera lantbrukaren i energiproduktionen.
Ett exempel är halmbärgarföreningen i Sätenäs. Bildandet av denna var en medveten strategi för att förbättra kvaliteten på halmen och har gett resultat exempelvis genom att problemen med fukt, mögel och gul halm har försvunnit.
- Utbilda bränsleleverantören/lantbrukaren

Utbildning i hur man bäst får fram en bra bränslekvalitet, exempelvis som den i Såtenäs, är en konkret åtgärd för att minska kostnaderna.

- Minska transportkostnaderna
Det är viktigt att resurser för att minska kostnaderna sätts i leden transporter och hanteringen på anläggningen eftersom de är stora kostnadsposter vid förbränning av halm. Eftersom halmen är en restprodukt läggs inga kostnader på halmen förrän den ska skördas och tas in från fälten.
- Energibolag måste ta initiativ för att få igång en marknad
Information om vilka anläggningar som är intresserade av åkerbränslen samt vad som krävs för att leverera bränslen bör spridas till lantbrukare. Energibolagen måste också ha framförhållning och erbjuda långa avtalstider för att lantbrukarna ska våga göra nödvändiga investeringar.

Möjliga prissättningsparametrar som kan formuleras i avtal mellan bränsleleverantören och energibolaget är fukthaltsnivå och leveranstidpunkt. Eventuellt kan även innehållet av alkali i bränslet vara parameter för prissättning.

9 Referenser

- [1] Adler, A., Verwijst, T. & Aronsson, P.; "Estimation and relevance of bark proportion in a willow stand". Biomass and Bioenergy, 2005
- [2] Andersson, B.; Personlig kommunikation med Bengt Andersson, Svalöf Webull, 2008
- [3] Andersson, T.; Personlig kommunikation med Tomas Andersson, driftledare vid Grästorp Fjärrvärme AB.
- [4] Aronsson, P.; Personlig kommunikation med Pär Aronsson, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU, 2008
- [5] Baldefors, J.; Personlig kommunikation med Jan Baldefors, driftschef på Jordbro Värmeverk, 2008
- [6] Berg, M., Bubholz, M., Forsberg, M., Myringer, Å., Palm, O., Rönnbäck, M. & Tullin, C.; "Förstudie – sammanställning och syntes av kunskap och erfarenheter om grödor från åker till energiproduktion". Värmeforsk rapport nr 1009, Stockholm, juni 2007
- [7] Bergström, L., Djodjic, F., Kirchmann, H., Nilsson, I. & Ulén, B.; "Fosfor från Jordbruksmark till Vatten – tillstånd, flöden och motåtgärder i ett nordiskt perspektiv". Sveriges Lantbruksuniversitet, 2007
- [8] Bernesson, S. & Nilsson, D.; "Halm som energikälla, Översikt över existerande kunskap.", Institutionen för biometri och teknik vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala 2005
- [9] Burvall, J.; "Rörflen som bränsleråvara". Fakta-Teknik nr 1, SLU, 1997
- [10] CAESAR, information om elcertifikatavgiften, <https://elcertifikat.svk.se/>
- [11] Danmark Statistik; "Statistisk Årbog 2005". Danmarks Statistik, København, 2005
- [12] de Toro, A.; Personlig kommunikation Alfredo de Toro, Institutionen för energi och teknik, SLU, 2008
- [13] Edvardsson, K., Personlig kommunikation med Kurt Edvardsson, Rörflensodlare Skellefteå, 2008
- [14] Energimyndigheten; "Prisblad för biobränslen, torv m.m.", Internet 2008-10-10
- [15] Energimyndigheten; www.energimyndigheten.se
- [16] Ericson, L.; Personlig kommunikation med Lars Ericson, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU, 2008
- [17] Eriksson, H.; Personlig kommunikation med Hans Eriksson, Projektledare Salix i Mälardalen, 2008
- [18] Forsbacka, R.; Personlig kommunikation med Rune Forsbacka, underhållschef på Alholmens kraft, 2008
- [19] Forsberg, M., Baky, A., Westlin, H., Ljungberg, D. & Ytterberg, P.; "Jordbruket som leverantör av åkerbränsle till storskaliga kraftvärmeverk – Fallstudie Värtan". JTI-rapport Lantbruk & Industri 361. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala 2007
- [20] Franzon, M.; Personlig kommunikation med Mattias Franzon, Lantbrukare Grästorp och samordnare i Stråbränsleenergi Väst ek. förening, 2008

-
- [21] Green, S-G.; Personlig kommunikation med Sven-Göran Green, regionchef på Lantmännen Agrovärme, 2008
- [22] Gunnarsson, C. & Hansson, P-A.; "Optimisation of field machinery for an arable farm converting to organic farming". *Agricultural systems* 80, 85-103, 2004
- [23] Gunnarsson, C., Olsson, J., Lundin, G. & de Toro, A.; "Spannmål till energi – ökad lönsamhet genom anpassning av odlingssystemet". Rapport 03, Institutionen för energi och teknik, SLU, Uppsala, 2008
- [24] Gustafsson, J., Larsson, S. & Nordh, N-E.; "Manual för salixodlare". Lantmännen Agroenergi AB/Salix, Örebro, 2007
- [25] Gustavsson, R., Personlig kommunikation med Rolf Gustavsson, driftschef på Eskilstuna Energi och Miljö, 2008
- [26] Halmseminarium; "Experiences from Denmark of using straw as a fuel – from production to use", Vattenfall seminar on straw, Köpenhamn, 9 juni 2008
- [27] Hansson, P.; Personlig kommunikation med Per Hansson, Maskinstation, 2008
- [28] Havlin J., Beaton J., Tisdale S., & Nelson W.; "Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management". Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2005
- [29] Holmén, E.; Personlig kommunikation med Erik Holmén, energiingenjör vid ENA Energi, 2008
- [30] Ivarsson, A.; Personlig kommunikation med Anders Ivarsson vid Lantmännen i Ystad, 2008
- [31] Jiris, R.; "Effects of particle size and pile height on storage and fuel quality of comminutes *Salix viminalis*". *Biomass and Bioenergy*, 2004
- [32] Johansson, H., Personlig kommunikation med Haldor Johansson, Lantmännen, 2008
- [33] Jonsson, N. & Jirjis, R.; "Torrsubstansförluster och mikrobiell aktivitet vid lagring av salixflis". JTI-rapport 237, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala, 1997
- [34] Jordbruksstatistik årsbok 2006 – med data om livsmedel, Sveriges officiella statistik
- [35] Jørgensen, U. & Sander, B.; "Biomass requirements for power production: How to optimise the quality by agricultural management". *Biomass and Bioenergy*, 1997
- [36] Kafkafi, U., Xu, G., Imas, P., Magen, H. & Tarchitzky, J.; "Potassium and chloride in higher plants. I: Johnston A. E. (red) Potassium and Chloride in Crops and Soils: The Role of Potassium Chloride Fertilizer in Crop Nutrition". International Potash Institute, Basel, Switzerland, 2001
- [37] Kirchmann, H. & Ericsson, J.; "Kisel i mark och gröda". Sveriges Lantbruksuniversitet, 1987
- [38] Landström, S. & Olsson, R.; "Perennial rhizomatous grasses – Cultivation experiments with reed canary grass for bioenergy in Sweden". *Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry*, 1998
- [39] Lantmännen direkt; Personlig kommunikation med Lantmännen direkt, 2008
- [40] Lantmännens hemsida; www.lantmannen.com
- [41] Larsson, S.; "Bättre salixskorter till energiskog", *Bioenergi*, 1997

-
- [42] Larsson, S.; Personlig kommunikation med Stig Larsson, Lantmännen Agrobränsle, 2008
- [43] Larsson, S., Örberg, H., Kalén, G. & Thyrel, M.; "Rörflen som energigröda- erfarenheter från fullskaleförsök vid biotekniskt centrum (BTC) i Umeå åren 2000-2004". BTK rapport 2006:11, Enheten för biomassateknologi och kemi, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, 2006
- [44] Larsson, S.; "Fuel pellet production from reed canary grass. Supply potentials and process technology". Enheten för biomassateknologi och kemi, SLU, 2008
- [45] Lehtikangas, P., "Lagringshandbok för trädbränslen", Sveriges Lantbruksuniversitet, 1999
- [46] Lundin, G., Personlig kommunikation med Gunnar Lundin, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2008
- [47] Lötjonen, T; Personlig kommunikation med Timo Lötjonen, MTT, Finland, 2008
- [48] Mattsson, J-E.; "Affärsutveckling – närodade stråbränslen till kraftvärmeverk". Rapport 2006:8, SLU, Alnarp, 2006
- [49] Mengel, K. & Kirkby, E.A.; "Kap 1.3 Mineral Contents of Plant Material. I: Principles of plant nutrition". International Potash Institute, Bern, Switzerland, 1987
- [50] Mola-Yudego, B. & Aronsson, P.; "Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden". Biomass and bioenergy 32, 829-837, 2008
- [51] Mårtensson, A., Personlig kommunikation med Astrid Mårtensson, Kemikalieinspektionen, 2008
- [52] Naturvårdsverket; "Åtgärder och kostnader för minskad fosforutlakning från jordbruksmark till sjön Glan". Rapport 5291 Naturvårdsverket, Stockholm 2003
- [53] Nikolaisen, L.(ed), Nielsen, C., Larsen, M.G., Nielsen, V., Zielke, U., Kristensen, J.K., Holm Christensen, B.; "Straw for Energy Production. Technology – Environment – Economy. 2:nd edition". The Centre for Biomass Technology, København, Danmark, 1998
- [54] Nilsson, J.; "Skärpt konkurrens kräver ändrad Kooperation". FAKTA Jordbruk, Nr 15 2002, SLU, 2002
- [55] Norén, L-L.; Personlig kommunikation med Lise-Lotte Norén, assistent på Vattenfall Värme Sverige med placering i Drevviken, 2008
- [56] Olsson, R., Landström, S., Nilsson, C., Schade, J., Löfquist, B., Paavilainen, L., Tulppala, J., Finell, M., Oravainen, H., Paulrud, S., Gylling, M. & Pederson, S.; "The Reed Canary Grass Project". Sveriges Lantbruksuniversitet, Enheten för Biomassateknologi och Kemi, Umeå, 2004
- [57] Olsson, R., Rosenqvist, H., Vinterbäck, J., Burvall, J., Finell, M., Rörflen som Energi- och Fiberråvara - En System- och Ekonomistudie, Sveriges Lantbruksuniversitet, BTK-rapport 2001:4, 2001
- [58] Paulrud, S. & Laitila, T.; "Lantbrukarnas attityder till odling av energigrödor – värderingsstudie med choice experiment". Rapport 1746, Svenska Miljöinstitutet, Göteborg, 2007
- [59] Pettersson H.; Personlig kommunikation med Hans Pettersson, bränsleinköpare på Värme Norden, 2008

-
- [60] Ravn, T.; "Brugsværdi av dansk halm. II Clorinhold i byghalm". Bioteknisk institut, Kolding, 1986
- [61] Sander, B.; "Properties of Danish Biofuels and the Requirements for Power Production". Biomass and Bioenergy Vol 12, nr. 3, sid 177-183, Storbritannien, 1997
- [62] Schreiber R.; "Effect of magnesium on the yield and the nutrient uptake of K_2O and MgO by cereals". Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., 1949
- [63] Simmons, B.; "Straw in Skåne. The imminent development of the Skåne straw market triggered by the Örtöfta Biomass Boiler". Examensarbete, Lund universitet, Lund, 2008
- [64] SOU; "Bioenergi från jordbruket - en växande resurs". Statens Offentliga Utredningar 2007:36, Jordbruksdepartementet, 2007
- [65] Statens Jordbruksverk (SJV); "Riktlinjer för gödsling och kalkning 2008". SJV, Jönköping, 2007a
- [66] Statens Jordbruksverk (SJV); "Försäljning av mineralgödsel 2005/06". SJV, Jönköping, 2007b
- [67] Statens jordbruksverk (SJV); "Bekämpningsrekommendationer svamp och insekter 2008", Jordbrukets växtskyddscentraler april 2008
- [68] Statistiska Centralbyrån (SCB); "Utnyttjande av halm och blast från jordbruksgrödor 1997". Statistiska meddelanden, Mi 63 SM 9901, SCB, Örebro, 1997
- [69] Statistiska Centralbyrån (SCB); "Energiundersökning för jordbruket avseende 2002". Statistiska Centralbyrån, Stockholm och Örebro, 2003
- [70] Statistiska Centralbyrån (SCB); "Växtskyddsmedel i jord- och trädgårdsbruket 2006", Statistiska meddelanden MI31 SM 0701, juni 2008
- [71] Stjärnbäck, R.; Personlig kommunikation med Rickard Stjärnbäck, Maskinring Norr, 2008
- [72] Stridsberg, S. & Christensson, K.; "Bränslemixar med halm. Eldningsförsök vid fem anläggningar". Stiftelsen Lantbruksforskning, Stockholm, 1994
- [73] Strömberg, B.; "Bränslehandboken", Värmeforskrapport 911, Stockholm 2005
- [74] Svensson, K.; Personlig kommunikation med Kalle Hansson, Hushållningssällskapet Uppsala, Uppsala
- [75] Sydkraft; "Värnamoverket – En demonstrationsanläggning för el- och värmeproduktion ur biobränsle, baserad på trycksatt förgasning", Demonstrationsprogrammet 1996-2000, 2000
- [76] Taiz, L. & Zeiger, E.; "Plant Physiology 3rd edition". Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, 2002
- [77] Telenius, B.; "Implications of vertical distribution and within-stand variation in moisture contents for biomass estimation of some willow and hybrid poplar clones". Scandinavian Journal of Forest Research, 1997
- [78] Todorovic, J., Zintl, F. & Bodén, H.; "Metodutveckling för utprovning av nya biobränslen – drifterfarenheter från en rostpanna: slutrapport inom området Rostteknik". Rapport TPS 07/02, september 2007
- [79] Van Loo, S. & Koppejan, J. (Ed.); "The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing", Earthscan, London, 2008

-
- [80] Westlin, H., Lundin, G., Rönnbäck, M., Österberg, S., Johansson, M, Förbränning av otorkad havre och havrefrånrens - hur fungerar förbränningen och hur påverkas ekonomin? SP Rapport 2007:03
 - [81] Winkler, G.; Personlig kommunikation med Göran Winkler, Låttträ Gård, 2008
 - [82] Xiong, S., Personlig kommunikation med Shaojun Xiong, Enheten för biomassateknologi, SLU, 2008
 - [83] Åhlund, C., Personlig kommunikation med Camilla Åhlund, supportchef vid ENA energi, 2008
 - [84] Öhman, M., Luleå Tekniska Universitet, personligt meddelande, 2008

Pågående projekt:

- [85] Logistik för stråbränslen, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-639, Sveriges Lantbruksuniversitet
- [86] Elaboration of a platform for increasing straw combustion in Sweden, based on Danish experiences, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-641, Dansk Teknologiskt Institut
- [87] Teknikutveckling för ökad etablering och nyttjande – Demonstrationsförsök i fullskala, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-611, Sveriges Lantbruksuniversitet,
- [88] Teknik för kravspecifikation för teknik för komprimerande helskottskörd av salix i buntform, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-624 Västeräng Lantbruk AB
- [89] Effekter av sticklingsparametrar på grobarhet och tillväxt av salix, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-631, Sveriges Lantbruksuniversitet
- [90] Demonstration av salix i Norrland, med frosttolerans i fokus, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-635, Öviks Energi
- [91] Effekter på överlevnad och tillväxt vid förlängd skördesäsong av salix, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-642, Sveriges Lantbruksuniversitet
- [92] Utveckling av skördeteknik och logistik för bättre lönsamhet från små odlingar av salix, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-643, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik
- [93] Optimering av odlingsåtgärder i rörflen för ökad lönsamhet, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-634, Sveriges Lantbruksuniversitet
- [94] Kostnader, tillgångar och kvalitet hos bränslehalm – inverkan av lokala variationer i väderlek och geografi samt val av hanteringssystem, Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF) forskningsprogram bioenergi, projektnr: H0640048, Sveriges Lantbruksuniversitet
- [95] Lagringsstudie på buntade helskott av Salix, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-651, Sveriges Lantbruksuniversitet
- [96] Effekter av skottnedklippning efter etableringsåret på produktionen under första och andra omdrevet i salixodlingar, Värmeforsks program Grödor från Åker till Energi E06-652, Sveriges Lantbruksuniversitet

Bilagor

A	ERFARENHETER FRÅN ODLING OCH FÖRBRÄNNING AV RÖRFLEN I FINLAND .	2
B	UTBILDNINGSMATERIAL FRÅN SÅTENERGI.....	6
C	ORDLISTA FÖR VÄRMEVERKS- OCH JORDBRUKSTERMER	8
D	SVAMPMEDEL MED OCH UTAN KLOR.....	12
E	ALTERNATIVA LOGISTIKKEDJOR FÖR BERÄKNING AV TRANSPORTKOSTNADER	13

A Erfarenheter från odling och förbränning av rörflen i Finland

Här följer en sammanställning över dagsläget för användning av rörflen som energigröda i Finland. Sammanställningen baseras huvudsakligen på uppgifter från Teuvo Paappanen från VTT Statens tekniska forskningscentral i Finland. Paappanen är forskare specialiserad på produktion av fasta bränslen som åkerbränslen, torv och flis. Nedanstående sammanställning är också delvis baserad på forskning utförd av andra nyckelorganisationer, som MTT Agrifood Research Finland and TTS Work Efficiency Institute.

A.1 Bränsletillgång och användning

För närvarande är rörflen den enda viktiga åkergrödan i Finland. Under 2007 användes 60 GWh rörflen vid ett 25-tal anläggningar, och användningen uppskattas öka snabbt. Den odlade arealen är cirka 20 000 ha, vilket kan ge minst 400 GWh i framtiden. Uppskattningar av största möjliga odlingsareal varierar, men kan vara 50 – 100 000 ha, eller mer.

En typisk rörflensanvändare är en stor kraftvärmeanläggning utrustad med fluidiserad bädd. De största har pannor på 200-300 MW_e och de minsta är på 5 MW. Huvudsakligt bränsle är torv, oftast malen men även stycketorv förekommer. Andelen torv är 18-96 % med ett medelvärde på 68 % på energibasis. De träbränslen som används kan delas in i tre klasser: flis från skogsavverkning, rivningsvirke och biprodukter som sågspån, bark och kutterspån. Medelvärdet för andelen träbränslen är 30 %. Det mesta kommer från skogsflis (40 % av träbränslena) och från rivningsvirke (46 %) och resten är biprodukter. Även kol och olja förekommer som bränsle, men andelen är vanligen marginell.

Målet är att använda 10-20 % rörflen på energibasis vid en enskild anläggning. Denna approximativa maximala andel baserar sig på kapaciteten på transportband och på förbränningsegenskaper hos rörflen, som brinner i den övre delen av pannan och ökar temperaturen vid överhettarna. För närvarande är andelen rörflen lägre, även om andelen under perioder kan komma upp i 10 – 15 %. En typisk siffra idag är 1-5 %, och på årsbasis 1 % eller lägre. Rörflen eldas under kortare eller längre perioder, typiskt under sommar och höst. För närvarande finns det ingen anläggning som eldar rörflen året om. Den momentana andelen rörflen varierar på den enskilda anläggningen. Vanligen levereras rörflen blandat med torv men även balar förekommer.

A.2 Problem förknippade med rörflen

De problem som förknippas med rörflen beror på att dess fysiska egenskaper avviker från torv och flis. Rörflen har låg densitet och orsakar valvning och stopp i transportsystemen. Kritiska punkter är ytor där bränslet levereras, skivsäll, krossare och skruvtransportörer vid mellanlager. Rörflenet måste hackas kort, (kortare än 50 mm) och fukthalten måste vara låg. Vid skörd kan fukthalten vara lägre än 10 % och den högsta fukthalt som accepteras är 30-35 %. För att undvika problem i transportsystemen måste rörflenet blandas väl med annat bränsle och inga klumpar av rent rörflen får förekomma. För närvarande överskuggar dessa problem med hantering tveksamheter kring påslag

och korrosion i pannan. Problemen är anläggningsspecifika och vissa anläggningar har mer problem än andra.

Eftersom rörflen hittills används i låga andelar och under kortare perioder har problem med agglomerering, påslag, korrosion och övertemperaturer inte varit av någon större betydelse. Detta har också verifierats av testkörningar med 1-2 % rörflen. Om andelen rörflen ökar och eldningsperioderna förlängs kan bilden förändras. Rörflen är dock ett mindre problematiskt bränsle än halm.

Under 2006 och 2007 skickades två enkäter ut till kraftvärmeverken för att belysa problem med rörflen. Det är troligt att 1-2 nedstängningar skett på grund av bäddagglomerering. De större verken har vanligen mer än ett transportsystem och flera mellanlager, så momentana störningar i någon del leder inte till att anläggningen stängs ned. Det redovisades inga speciella problem relaterade till askhantering, rökgasrening eller ökade emissioner.

A.3 Hinder för åkerbränslen

För närvarande håller man i Finland på att lära sig att använda rörflen. Det är möjligt att vissa investeringar vid verket kan öppna för ökad användning. Det är också möjligt att man vid ökad användning kommer att uppleva tillgängligheten på marknaden som ett problem.

För att öka användningen av rörflen måste problemen med bränsletransport vid pannorna lösas. Åtminstone en anläggning har investerat i en kross och en transportlinje anpassad för rörflen. Andra anläggningar tvivlar på att tillgången på rörflen kommer att räcka, då en stor anläggning kan kräva tusentals hektar odlingsyta för sitt behov. Dessutom är produktionen idag baserad på subventioner till lantbruket, vilket oroar verken.

A.4 Kostnader, prissättning och inköp

De största kostnader som kan uppstå är när en anläggning har ett stillestånd. Exempelvis kan en dags stillestånd vid en 300 MW panna kosta 100 000 €.

Den enda parameter som påverkar priset idag är fukthalten. Betalning sker efter energi-innehåll. En del köpare ger instruktioner till lantbrukarna om hur fukthalten kan kontrolleras, och om skörd och lagring, men på det stora hela är kontroll av fukthalten ett område som måste utvecklas i framtiden.

Det finns idag två typer av kontrakt. Den ena innebär att Vapo Oy, som är den största bränsleproducenten i Finland, skriver kontrakt med lantbrukare, varefter Vapo sköter affärerna med verken. Den andra innebär att verket handlar direkt från odlarna, ett förfarande som av vissa verk upplevs som alltför arbetskrävande. Direkta kontakter borde dock ge verken lägre priser.

Priset för rörflen beror på fuktinnehållet och det finns vanligen tre klasser. Bäst pris ges för fukthalter lägre än 14-20 % och högsta fukthalt är 30-35 %. För odlaren kan priset också variera med avkastning på fältet och avstånd till verket. Kraftvärmeverken accep-

terar olika storlekar på runda och kantiga balar, vilket skiljer sig från situationen i Danmark.

För närvarande finns det inga reservlager av rörflen. Eftersom lagring sker under bar himmel kan fukthalten öka med långa lagringsperioder. Eftersom Vapos odlingsareal har ökat snabbt så odlas kanske mer än vad som säljs. Idag är andelen rörflen som eldas så liten att den kan ersättas av andra bränslen, men i framtiden måste tillgången på rörflen på något sätt säkras.

För lantbrukaren är inte odling av rörflen något riskfyllt företag. Kontraktsperioden är oftast fem år. Priset är fast under perioden eller bundet till priset för CO₂-handel. Rörflen är en anspråkslös gröda och angrips inte av sjukdomar och kräver ingen kemisk ogräsbekämpning. Det första året kan vara kritiskt eftersom rörflen växer sakta i början och kan under denna period utkonkurreras av ogräs. Möjlig skördetid under våren är kort, men detta orsakar sällan något problem. Det pris lantbrukaren får är lågt, men förutsägbart. Däremot får odlaren ta risken att priserna på bränsle och gödningsmedel höjs under kontraktsperioden.

Ett sätt att öka produktionen av rörflen är att höja priset till odlaren. Idag är den typiska lantbrukaren ett äldre par eller så har odlaren ett deltidsjordbruk. Unga lantbrukare som driver boskapsskötsel är inte intresserade av att odla rörflen. Ekonomin vid rörflensodling, medräknat försäljningspris, subventioner och kostnader vid odling, uppmuntrar inte nödvändigtvis till hög avkastning. Bäst lönsamhet för odlaren kan nås med låg avkastning eller så ökar inte lönsamheten med kostnaderna för ökad avkastning. Åtgärder för att förbättra situationen är att betala ett högre pris för rörflen (som också är bundet till avkastningen) eller åtminstone låta en del av subventionerna vara bundet till avkastningen. Rörflen borde också skattemässigt behandlas som skogsflis. När skogsflis används till kraftproduktion fås en skatteåterbetalning på 6,9 €/MWh producerad elektricitet.

A.5 Övrigt

Kraftvärmeverket har fördelar av att använda rörflen på grund av handeln med växthusgaser, om de ersätter kol eller torv. Just nu är tillgången på rörflen låg på nationell nivå, och verken förväntar sig att problemen med bränslehantering ska lösas innan man ökar sin användning. Rörflen ses som ett miljövänligt bränsle, men vid anläggningarna är man inte odelat entusiastisk. Vissa säger att de använder rörflen för att minska emissioner. Vissa ser rörflen som en möjlighet bland andra, men är villiga/tvungna att investera för att öka användningen. Det är troligt att användningen av rörflen ökar i framtiden. Det finns också kraftverk som skulle kunna öka sin användning avsevärt med mycket liten insats.

A.6 Uppskattning av investeringskostnader för hantering och transport av rörflen vid verket

Här följer en uppskattning av investeringskostnaden för ett bränslehanteringssystem för 15 GWh rörflen per år.

- Transportbana ca 40 m, ca 240 €
- Kross från Reka 56 000 €

Krossen är automatisk och startar och stannar efter bränslebehov och maximal kapacitet är 1500 kg/tim. Investering och drift av krossen och transportbanan utgör endast en del av totala kostnaden. Större delen av kostnaden utgörs av lagerhall och pneumatisk transportör och instrumentering av utrustningen.

- Lagerhall ca 4700 m², (kostnad ej uppskattad).
- Pneumatisk transportör, rostfri, d = 10 cm, 50 m, (kostnad ej uppskattad).

En typisk driftskostnad för en mobil kross är 3-4 €/MWh. Driftskostnad för en stationär kross vid ett kraftvärmeverk uppskattas till 1,5-2 €/MWh. Dessa är designade för träbränslen och är alltför tunga för rörflen och inte alla verk har dessa krossar. Kapaciteten är också högre med träbränslen än med rörflen, varför rörflen kan krossas då det finns tid över. Total kostnad för hela transportkedjan vid balproduktion är lägre än transportkedjan vid blandade bränslen (torv/träflis och hackad rörflen), så det finns ett intresse av att utveckla metoden för kross vid verket och eget transportsystem för rörflen. Det kan vara ett sätt att öka andelen rörflen i bränslemixen.

B Utbildningsmaterial från Sätenergi

Följande material användes vid utbildning av leverantörer för halmbärgning. Materialet är sammanställt av J-G Hemming, VL Energi och JTI i juni 1993. De flesta av råden gäller fortfarande och kan ses som exempel på frågor som bör beaktas.

Ett tack till Sven-Göran Green från Lantmännen Agrovärme för materialet.

”Kom ihåg” –lista för Dig som bärgar halm för förbränning

Förberedelser

- Besiktiga aktuella fält före tröskningen. Hur är betingelserna för torkning? Ligger stora delar i skugga eller lä? Hur stort är inslaget av ogräs?
- Ta reda på tröskans skärvidd och typ. Klarar Din press axialtröskad halm?

Tröskning

- Informera brukaren om att halmen på vändtegarna skall hackas. Kräv att tröskan körs tegvis eller drag i drag i såriktningen. Önska 10-15 cm stubbhöjd, vilket är en rimlig kompromiss mellan maximal halmmängd och goda torkningsförhållanden.
- Gör klart för jordbrukaren att halm som är överkörd av spannmålsvagnar kommer att lämnas kvar på fältet.
- Om Du har en rullpress med standarpickup och skall pressa efter en stor tröska, begär att strängbredden begränsas till 1,2 m.

Eventuell strängbehandling

- Om strängarna är för små för att pressen ska bli rimligt utnyttjad, räfsa samman två strängar till en. Gör Du det i fint väder några timmar före pressningen medför det även torrare halm.
- Regnvåta strängar kan behöva vändas för att bli torra.

Pressning

- Låt normalt tröskan hålla minst två dagars försprång. Då slipper Du värmebildning, mögel och kondensfenomen i balarna. Dessutom förbättras halmens egenskaper som bränsle.
- Pressa inte vid vattenhalter över 18 %. Tidigt på säsongen måste halmen vara ännu torrare. Halten bestämmer Du enklast med ett ”vattenhaltsspjut”, något som bör finnas i varje pressekipage. Håll en strängläggare i beredskap för att kunna påskyn-da upptorkningen efter regn.
- Se upp för dagg morgon och kväll. Var beredd att utnyttja de nätter då ingen dagg faller ut.
- Ifråga om rullpress, pressa hårt och gör snygga, väl snörade cylindrar med minst 1,5 m diameter. **Nät får inte förekomma!**
- Ifråga om fyrkantspress, pressa hårda och snygga paket, som regel 2,4 m långa. Acceptera aldrig att en knytare är ur funktion.

Ihopsamling och placering i lager

- Rundbalar kan utan större risk lämnas kvar på fältet någon vecka medan fyrkantsbalar omedelbart måste skyddas mot regn.
- Vid korta avstånd är en automatisk balsamlingsvagn ofta ett bra alternativ.
- Utan balsamlingsvagn bör insamlingen ändå göras till ett enmansjobb genom att använda en dragtraktor utrustad med frontlastare och att ha vagnen kopplad med hitchkrok.
- Enligt trafikbestämmelserna måste lasten vara säkrad vid färd på allmän väg. Balar säkras lämpligen med spännband.
- Vid lagret staplas rundbalar i pelare med balgrip. Balarna hanteras två och två. På jämna och hårdgjorda ytor i höga lador kan Du hantera tre balar åt gången. Även fyrkantbalar bör hanteras i moduler om minst två balar.

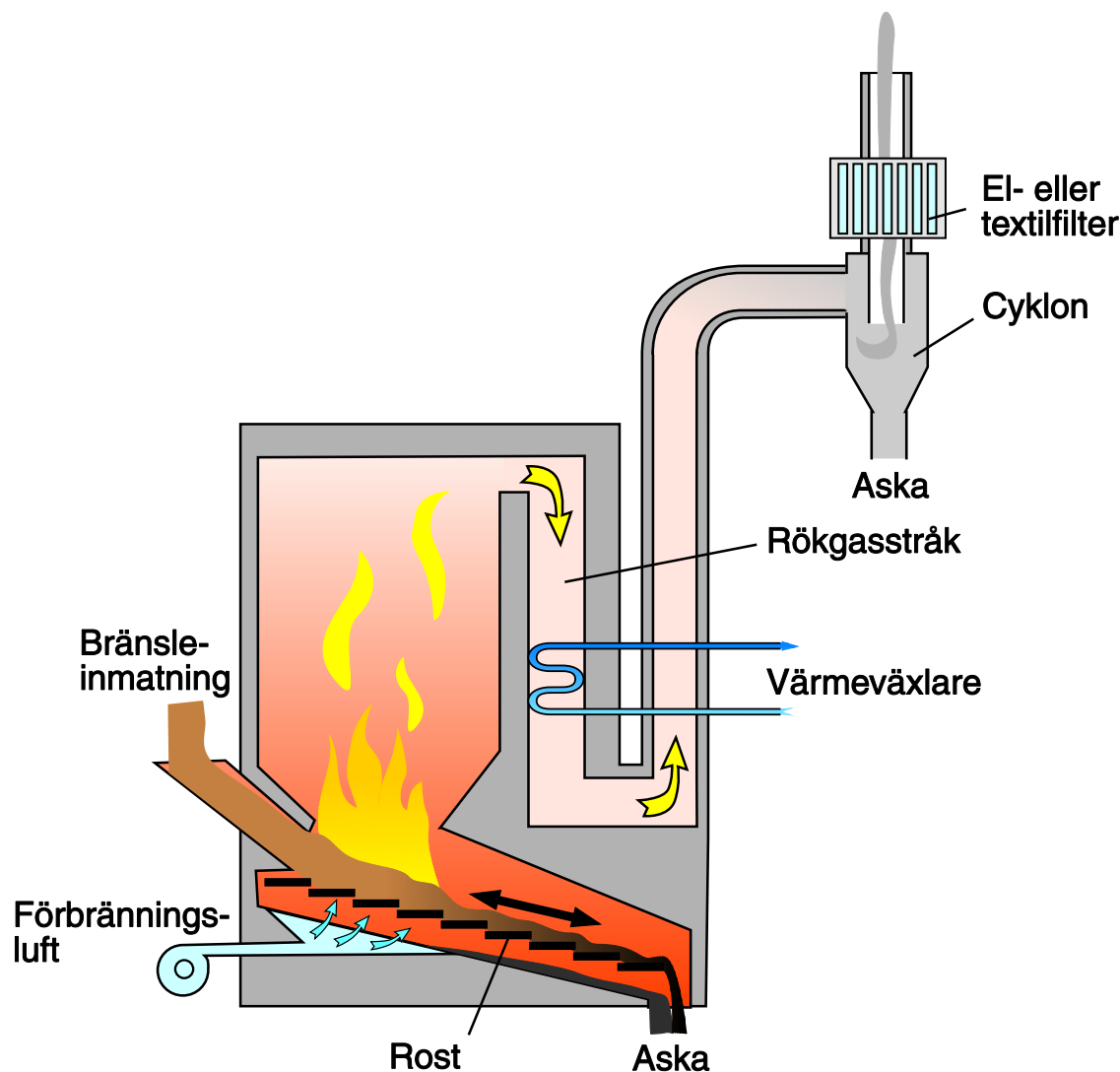
Lagring

- Så länge det finns lagringsutrymmen under tak tillgängliga är lagring inomhus att föredra framför lagring utomhus. Det är en svår konst att undvika skador och prisavdrag när halm lagras utomhus.
- Körbarheten i gamla lador med många stödben och låga portar på långsidorna förbättras väsentligt om man tar upp en ny stor öppning på byggnadens gavel. Börja med att stuva svåråtkomliga hörn och sidofack. Stuva sedan mittskeppet från gavelporten.
- Om ladans golv består av jord, singel eller grusbädd bör det täckas med en plastfolie, till exempel 0,15-0,20 mm ensilageplast. Detta gäller även hårdgjorda golv som saknar fuktspärr.
- Se upp så att sten inte följer med balarna från lagret till värmeverket där stenen kan orsaka dyra haverier.
- I framtiden kan även lagring utomhus bli aktuell. Råden för sådan förvaring är emellertid så många att vi sparar dem till en särskild ”kom ihåg” –lista.

C Ordlista för termer inom kraft- och värmeverk och jordbruk

Ord	Förklaring
Agglomerering	I en BFB eller CFB-panna kan bädden agglomerera. Det innebär att askpartiklar med låg smälttemperatur börjar klibba och fästa sig vid varandra och vid bäddsanden och på så sätt bilda stora klumpar som hindrar bäddens rörelser.
Asksmältpunkten	Den temperatur när askan börjar smälta.
BFB	Bubblande Fluidbäddspanna. Botten i pannan består av en sandbädd. Luft tillsätts underifrån genom sandbädden tills den fluidiserar, det vill säga sandkornen lyfts av luftfödet och får egenskaper som en fluid (gas eller vätska). En del av gasen passerar genom bädden som gasbubblor. I en BFB är gashastigheten inte högre än att sanden blir kvar i pannan. Bränslet brinner i sandbädden och genom sandens rörelser blir blandning mellan luft, bränsle och eventuella additiv god och utbränningsgraden hög. Sanden värms av det brinnande bränslet och temperaturen i sandbädden kan hållas lägre än i en ren bränslebädd.
CFB	Cirkulerande Fluidbäddspanna. Gashastigheten är högre än i en BFB och bäddsand och bränsle rycks med rökgaserna. Fasta partiklar avskiljs i en cyklon och cirkuleras tillbaks till pannan.
Cyklon	Stoft avskiljs med hjälp av centrifugalkrafter.
Ekonomiser	Värmeväxlare där varma rökgaser värmer vatten.
Elfilter	Stoft avskiljs med hjälp av elektrostatiske krafter.
Hetvattenpanna	I en hetvattenpanna värms vatten till hetvatten under tryck. Hetvatten leds sen antingen direkt eller via värmeväxlare ut i fjärrvärmenätet.
Höglast	Pannan går på höglast när efterfrågan är hög i nätet (till exempel en kall vinterdag).
Korrosion på överhettare	Hög alkalihalt i bränslet gör att de avlagringar som bildas på överhettare kan orsaka korrosion. Vanlig orsak till överhettarkorrosion vid biobränsleeldning är kaliumklorid, KCl.
Korrosion (lågtemperatur)	Korrosion som uppstår vid lägre temperaturer och som framförallt beror på att svavelsyraånga i rökgaserna kondenseras.
Kraftvärmeverk	En anläggning som producerar både värme och elektricitet.
Luftförvärmare	Innan rökgaserna släpps ut via skorstenen värmeväxlas de med ingående förbränningsluft.
Låglast	Pannan går på låglast när efterfrågan är låg i nätet.
Pulverpanna	Bränslet är i pulverform och sprutas in i pannan genom en brännare.

	Framför brännaren bildas en flamma där bränslet förbränns, på samma sätt som när ett flytande bränsle eldas i en brännare.
Påslag	Beläggningar från flygaska som fastnar på pannans väggar och tuber.
Rostpanna	Förbränningspannan har en rost i botten där bränslet förbränns. Rosten kan vara plan, lutande eller utformad med trappsteg. Bränslet är i skrymmande form, till exempel träflis eller bark. Se Figur 9 för en illustration av en rostpanna.
Rörlig rost	Rosten förflyttar bränslebädden i pannan genom sin rörelse. Ofta rör sig delar av rosten fram- och tillbaka i sekvens, varvid bränslet knuffas framåt.
Sintring	Askelement med låg smälttemperatur smälter och bildar, när smältan stelnar, mer eller mindre hårda partiklar.
Slaggbildning	Askpartiklar som finns i förbränningsluften fastnar på värmeöverföringsytor i pannan. Ett klibbigt och ibland hårt lager bildas som hindrar värmeöverföringen.
Sluss, cellmatare	Fyller funktionerna att mata bränsle framåt och att hindra varma rökgaser från att sprida sig bakåt och orsaka brand i bränsleförrådet.
SNCR-system	Ett system som minskar NO _x -utsläppen genom att till exempel ammoniak sprutas in i pannan.
Spetslast	Den maxlast som en anläggning måste bemöta, ofta under korta perioder. Ofta finns en spetslastpanna som bara används när behovet är som störst, till exempel årets kallaste dagar.
Stråkbildning	Rökgaserna i pannan blandas inte utan bildar olika stråk vilket ger sämre atmosfär i pannan och kan leda till problem som korrosion och höga emissioner.
Textilfilter	Stoft avskiljs genom filtrering.
Tubpaket	Överhettartuber, det vill säga rör med ånga som sitter tillsammans i rökgasstråket.
Valvbildning	Aska från ett bränsle ansamlas och bygger upp valv som blockerar askans utmatning ur pannan.
Vibrationsrost	Rosten vibrerar med jämna mellanrum varvid bränslebädden skakas om. Vibrationsrost används oftast då bränslet tenderar att slagga, exempelvis vid halmeldning.
Värmeverk	En anläggning som producerar värme.
Överhettare	Värmeväxlare där heta rökgaser värmer ånga



Figur 9. En schematisk bild på en rostpanna (illustratör Kim Gutekunst).

Figure 9. Schematic diagram of a grate furnace (illustrator Kim Gutekunst).

Ord	Förklaring
Betningsmedel	Kemiskt eller biologiskt preparat som används för att behandla utsäde för att undvika spridning av svampsjukdomar.
Grå halm	Urtvättad halm som fått ligga ute på fältet en längre tid mellan skörd och intagning, anses som god kvalitet till förbränning.
Gul halm	Halm som ej utsatts för några större mängder regn, anses som god kvalitet till strömedel.
Jordart	En geologisk avlagring med lös struktur, ger information om både hur marken bildats och vilken kornstorlekssammansättning den har.
Jordmån	Det allra översta lösa materialet närmast jordytan, det vill säga det

	lösa material som har bildats eller påverkats av vittringen. Jordmånens utveckling bestäms av jordartens och berggrundens egenskaper.
Liggtid	Tiden som halmen ligger ute i fält från skörd tills den tas in från fältet.
Växtföljd	Den ordningsföljd i vilken olika grödor odlas på ett fält.
Vallålder	År 0 – insåningsåret, Vall I = vallår 1, Vall II = vall år 2 och så vidare.
Vinterhärdighet	Den höstsådda grödan eller fleråriga grödor klarar av att övervintra.
Årsmån	Inverkan på växtodlingen av olika väderförhållanden vilket ger variationer i bland annat nederbörd, vind, temperatur och ljus.

D Svampmedel med och utan klor

De svampmedel som nämns i listan i D1 har hämtats från KEMIs databas över godkända svampmedel i Sverige. Svampmedlen utan klor i listan i D2 är hämtad från SJVs Bekämpningsrekommendationer från 2008 [67]. Betningsmedel och preparat som ej används direkt i växande gröda i stråsäd och oljeväxter har inte tagits med i sammanställningen.

D.1 Med klor

Comet
Comet Plus
Proline EC 250
Rizolex 50 FW
Rovral
Signum
Sportak EW
Stereo 312.5 EC
Stratego EC 250
Tilt 250 EC
Tilt Top

D.2 Utan klor

Acanto
Acanto Prima
Amistar
Amistar Duo
Baycor 25 WP
Forbel 750 EC
Impuls EC 500
Kumulus DF
Mentor
Tern 750 EC
Topsin WG
Unix 75 WG

E Alternativa logistikkedjor för beräkning av transportkostnader

Följande material är direkt hämtat ur [19] och beskriver närmare de olika alternativa logistikkedjor som presenterats i Figur 6 och Figur 7.

E.1 Transportalternativ för halm

De två hanteringsformer för halm som beaktats i alternativen är hackelse, det vill säga lös form, samt i balform. På gårdsnivå innebär detta följande hantering:

Hackelse (alternativ 1): efter spannmålsskörd hackas halmen med en självgående fält-hack samt transporteras med traktor till ett gårdslager.⁶

Balar (alternativ 2 till 6): efter skörd följer pressning och hopsamling av halmbalar samt traktortransport till ett gårdslager.

I samtliga alternativ mellanlagras halmen hos lantbrukaren i ett gårdsnära lager, som även kan vara i fältkant. Övriga moment som följer efter gårdslagringen i respektive alternativ beskrivs nedan.

Alternativ 1: transport av hackelse med lastbil från gård till hamnterminal, där en kort mellanlagring sker, varefter båttransport till värmeverket sker.

Alternativ 2: transport av halm i balform med lastbil från gård till hamnterminal, där den mellanlagras en kort tid och hackas, varefter båttransport till värmeverket sker.

Alternativ 3: transport av halm i balform med lastbil från gård till järnvägsterminal, där den mellanlagras en kort tid, varefter tågtransport sker till värmeverket där balarna hackas.

Alternativ 4: transport av halm i balform med lastbil från gård till järnvägsterminal, där mellanlagring och pelletering (alt 4a) eller brikettering (alt 4b) sker. Därefter sker tågtransport av pellets respektive briketter till värmeverket.

Alternativ 5: transport av halm i balform med lastbil från gård till järnvägsterminal, där mellanlagring och pelletering (alt 5a) eller brikettering (alt 5b) sker. Därefter sker båttransport till värmeverket.

Alternativ 6: transport av halm i balform med lastbil från gård till värmeverk, där balarna hackas.

E.2 Transportalternativ för salix

Hanteringens på gårdsnivå omfattar förutom skörd, transport inom gård och lagring i fält även etablering och skötsel.

⁶ Antagandet om gårdslagring utomhus har stor betydelse för totalekonomin i halmhanteringen och det är därför viktigt att verifiera om utomhuslagring är möjlig. Se Tabell 8.

Samtliga alternativ beräknas för en idag genomsnittlig skörd på 20 ton ts/ha och skörde-tillfälle.

Alternativ 1 (a och b): salix flisas i samband med skörd och blåses över till medföljande traktor med vagn (container), för transport till en mellanlagringsplats nära skördeplatsen. Containerarna hämtas och transporterad därefter av lastbil med släp till terminal, där lastning på tåg (alt 1a) alternativt på båt (alt 1b) sker för transport till anläggningen.

Alternativ 2 (a och b): salix skördas som hela stammar och buntas. Buntarna transporteras med traktor till en mellanlagringsplats nära skördeplatsen. Därefter transporteras buntarna med lastbil till terminal där flisning sker innan vidare transport med tåg (alt 2a) eller båt (alt 2b) till anläggningen.

Alternativ 3 (a och b): salix skördas som hela stammar och buntas. Buntarna transporteras med traktor till en mellanlagringsplats nära skördeplatsen. Därefter transporteras buntarna med lastbil till terminal där de lastas på tåg (alt 3a) eller båt (alt 3b) för transport till anläggning. Vid anläggningen lossas buntarna och flisas i samband med användning.

Alternativ 4: Salix flisas i samband med skörd och transporteras med traktor till ett mellanlager nära skördeplatsen. Vid mellanlagret lastas flisen på lastbil för direkttransport till anläggningen.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35