



Institutionen för skogens produkter

**Följdeffekter av olika användningsätt för vedråvara
– en ekonomisk studie**

*Consequences of different ways to utilize raw wood
– an economic study*

Markus Götherström



Institutionen för skogens produkter

**Följdeffekter av olika användningssätt för vedråvara
– en ekonomisk studie**

*Consequences of different ways to utilize raw wood
– an economic study*

Markus Götherström

*Examensarbete 20 poäng, D-nivå i ämnet företagsekonomi
Markus Götherström, jägmästarprogrammet 02/07*

*Handledare SLU: Lars Lönnstedt
Handledare Holmen AB: Rikard Nilsson*

Förord

Detta examensarbete är skrivet av en student på jägmästarprogrammet med skogsindustriell ekonomi som inriktning vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala. Studien som behandlar följd effekter av olika användningssätt för prima vedråvara är utförd på uppdrag av Holmen AB.

Jag har ensam författat arbetet, men har varit i kontakt med många människor under skrivandet, vilka varit mig mycket behjälpliga. Först och främst vill jag tacka mina två handledare, Rikard Nilsson på Holmen och professor Lars Lönnstedt vid SLU som löpande har varit två viktiga bollplank för studien. Andra personer som jag vill tacka för att de bidragit med sitt kunnande är Eddie Johansson, VD, ENA Energi AB, Lars Vallander tekn. dr. Energimyndigheten och Göran Fridh ek. chef på SCA.

Samma fråga kan ha olika svar beroende av till vem den ställs, detta gäller inte minst åsikterna för hur Sveriges skogsråvara ska användas. Resultaten i detta arbete är indikativa och bör inte ses som absoluta. Jag är medveten om att antaganden och resonemang kring beräkningarna som gjorts i de fyra processmodellerna, som resultatet till stora delar grundar sig på kan ifrågasättas. För att inte fara med osanning har jag tydligt klargjort hur och under vilka premisser beräkningarna gjorts. Det är sedan upp till läsaren att bilda sig en egen uppfattning kring energiproblematiken.

Uppsala, juli 2007

Markus Götherström

Abstract

Since the turn of the millennium a sharp increase in the interest for bio energy has been observed. Important reasons for this growing interest can be due to the fact that fossil fuels are a finite resource. A net discharge of greenhouse gases occur when fossil fuels are burned. The discharge of greenhouse gases are considered to be the main reason to the greenhouse effect. Means of control to increase the use of bio energy has been introduced and, as intended, the use of bio energy has increased.

As a result of the legal provisions the ability to pay for bio energy has increased, which the forest industry view as a problem. The forest industry are positive to a higher bio energy use, but the increased ability to pay for it has led to a situation where first-rate pulpwood are used for energy production instead of production of paper.

This degree thesis is an explorative study. The aim has been to estimate effects as a consequence of the use of pulpwood in different processes. The consequences refer to employment, added value, export value and the influence of the environment. The different processes are Cogeneration (combined heat and power), production of ethanol and production of newsprint and LWC-paper.

I have developed models which simulate the four processes and on the basis of these models I have received indicative results, which underlie my conclusions.

The indicative results from the study show that the forest industry has 2 to 10 times higher employment rate than the energy sector. The added value is 1,5 to 4,6 times higher in the forest industry and the export as much as 4 to 208 times higher. An increased use of bio fuels is solely good according to the environment and the climate.

Sammanfattning

Intresset för bioenergi har ökat markant under 2000-talet. Viktiga orsaker till detta är att tillgången på fossila bränslen är begränsad. Förbränning av fossila bränslen ger nettoutsläpp av växthusgaser. Utsläppen anses vara orsaken till växthuseffekten. Styrmedel för ökad bioenergianvändning har tillkommit och just ökat användningen av biobränslen.

Skogsindustrin ser ett följdproblem som uppstått i styrmedlenas kölvatten, nämligen den ökade betalningsförmågan för biobränslen från energisektorn. Skogsindustrin är positiv till ökad bioenergianvändning, men den höga betalningsförmågan har lett till att prima massaved istället för biobränslen använts för energiproduktion.

Detta examensarbete är en explorativ studie. Syftet har varit att göra beräkningar på följd effekter för olika processer där massaved används. Med följd effekter avses sysselsättning, förädlingsvärde och export, samt miljöpåverkan. De olika processerna är kraftvärmeverk, etanoltillverkning, samt tillverkning av tidningspapper och LWC-papper.

Jag har byggt modeller som simulerar de fyra processerna och utifrån dessa modeller erhållit indikativa resultat som ligger till grund för mina slutsatser.

De indikativa resultaten från studien visar på att skogssektorn har 2 till 10 gånger större sysselsättning än energisektorn. Förädlingsvärdet är 1,5 till 4,6 gånger större i skogssektorn och exporten är hela 4 till 208 gånger större för skogssektorn. För klimatet är ökad biobränsleanvändning positiv.

Nyckelord: biobränsle

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
2. Syfte och avgränsningar	3
2.1 Syfte.....	3
2.2 Avgränsningar	3
3. Metodbeskrivning	6
3.1 Allmänt	6
3.2 Modeller.....	7
3.3 För- och nackdelar med modeller	7
3.4 Osäkerhet i dataunderlag	8
4. Litteratur	9
4.1 Resursfördelningsproblem.....	9
4.2 Konkurrens om massaved mellan skogs- och energisektorn.....	9
4.3 Kan Sverige få brist på skog?.....	10
5. Skogsråvaran till processerna	11
5.1 Biobränsle.....	11
5.2 Massaved och massafelis	11
5.3 Energiinnehåll i trädbränsle.....	12
6. Ekonomiska styrmedel för ökad bioenergianvändning	14
6.1 Svensk klimatstrategi ur ett internationellt perspektiv	14
6.2 Styrmedel allmänt.....	14
6.3 Styrmedel som gynnar biobränslen	15
6.3.1 Energiskatter.....	16
6.3.2 Elcertifikat	16
6.3.3 Koldioxidskatt	16
6.3.4 Stöd och bidrag.....	16
6.3.5 Handel med utsläppsrätter för CO ₂	17
7. Beskrivning av de olika processteknikerna	18
7.1 Kraftvärmeverk.....	18
7.2 Etanoltillverkning	20
7.3 Mekanisk pappersmassa	22
7.4 LWC-papper	22
7.5 Tidningspapper	23
8. Resultat och beräkningar	24
8.1 Beräkningar kraftvärmeverk.....	24
8.2 Beräkningar etanol.....	26
8.3 Beräkningar tidningspapper.....	30
8.4 Beräkningar LWC-papper	32
9. Slutsatser och egna kommentarer	34
9.1 Sysselsättning	34
9.2 Förädlingsvärde	35
9.3 Handelsbalans, import – export.....	35
9.4 Förädlingsvärde och export per sysselsatt.....	36
9.5 Miljöperspektiv.....	37
9.6 Slutord	38
10. Källförteckning	41
10.1 Notförteckning.....	43
11. Bilagor	45

1. Inledning

Kapitlet avser att ge läsaren en inblick till varför detta examensarbete har skrivits och bakgrunden till problemformuleringen.

1.1 Bakgrund

Klimatförändringen, hotet om översvämningar, orkaner och smältande glaciärer, men också de stigande oljepriserna och de osäkra energileveranserna från Ryssland är några orsaker till ökat intresse för förnyelsebar energi i Sverige.¹ Det är främst utsläpp av koldioxid från förbränning av fossila bränslen och andra växthusgaser som med större och större säkerhet pekas ut som orsak till växthuseffekten. Ett annat problem är att de reserver av olja, naturgas och kol som finns på jorden är ändliga. Är man cynisk kan man säga - vad bra, då löser sig problemet självt när de fossila bränslena tar slut! Problemet är dock att forskarsamhället generellt menar att utsläppen måste minska snarast. Ett annat synsätt på problemen är att oljan på något sätt måste ersättas i framtiden, exv. genom att nyttja förnyelsebara energikällor såsom biobränslen istället för fossila bränslen och på så sätt minska bl.a. koldioxidutsläppen i atmosfären.

Intresset för bioenergi har ökat markant under 2000-talet. Skälet till detta är förbättrad kunskap om hur den ökande halten av växthusgaser i atmosfären påverkar klimatet. Energipolitiken i Sverige försöker därför introducera energisystem som minskar koldioxidutsläppen och minskar växthuseffekten.² De styrmedel som används i Sverige för ökad bioenergianvändning är bl.a. energiskatt, koldioxidskatt, elcertifikat, investeringsbidrag och handel med utsläppsrätter på CO₂. Detta har ökat de ekonomiska incitamenten att investera i energiproduktion av förnyelsebar karaktär, exv. vind- och vattenkraft samt kraftvärme baserad på biomassa. Sveriges energitillförsel i form av biobränslen och torv uppgick 1970 till 43 TWh, att jämföra med 112 TWh 2005.³

Med anledning av ovanstående uppstår indirekta följdproblem. Ett är hur prima vedråvara (massaved och massaflis) bör användas. Skogsindustrin är positiv till användning av biobränslen för energiproduktion, inte minst därför att de själva är både största producent och konsument av biobränslen. De bränslen som hittills använts består till största delen av biologiskt material som inte kan vidareförädlas i massa- och pappersprocesser.

Energisektorns ökande betalningsförmåga har lett till att massaved och massaflis har använts för energiproduktion. Man kan då fråga sig om detta är resurseffektivt? Skogsindustrin anser att konkurrens på virkesmarknaderna är bra, t.o.m. nödvändigt för att en marknadsekonomi ska fungera, men menar att vidareförädling av fibern indirekt missgynnas av statliga styrmedel. Styrmedlena kan försämra förutsättningarna för den svenska massa- och papperstillverkning i ett internationellt perspektiv. Energin i fibrerna finns kvar oavsett om fibrerna har vidareförädlats till kartong eller tryckpapper dvs. energin i fibrerna är oförstörbar så länge dessa inte förbränns.

Skogsindustrin anser att de osubventionerade ekonomiska effekterna av olika användningssätt av förstklassig vedråvara ska vara utslagsgivande för hur den användas.

Det borde således vara bättre att först tillverka pappersprodukter, sedan återvinna vedfibern så många gånger det går och därefter utnyttja vedfibrerna till energiproduktion.

I detta examensarbete avser jag att utvärdera och visa på de ekonomiska effekterna för direkt användning av virkesråvara i energisektorn och vidareförädling i skogssektorn av massaved

och massaflys. Vidare kommer de olika användningssätten att beskrivas utifrån ett miljöperspektiv. Med utgångspunkt från energi- och skogssektorn kommer jag att med hjälp av kalkyler analysera nyttan av respektive verksamhet.

2. Syfte och avgränsningar

I detta kapitel anges syftet med mitt examensarbete och inom vilka ramar som det har skrivits.

2.1 Syfte

Syftet är att kvantitativt analysera de ekonomiska och sysselsättningsmässiga effekterna som olika användningssätt för massaved och massaflis medför. Med ekonomiska effekter avser jag förädlingsvärde och export dvs. faktorer som påverkar Sveriges BNP och handelsbalans. Med sysselsättningsmässiga effekter avses arbetstillfällen i Sverige. Miljömässiga effekter kommer i viss mån kvalitativt att beaktas. Miljöeffekterna kommer inte således inte att anges i monetära enheter, utan jag avser endast att föra ett resonemang kring olika miljöaspekter. Med miljömässiga följder avses bl.a. miljöpåverkande utsläpp i form av koldioxid. Jag vill med denna uppsats öka läsarens förståelse för hur olika intressekonflikter kan uppstå och vilka följder olika handlingsalternativ kan få.

Jag har gjort följande systemavgränsningar i samförstånd med min handledare professor Lars Lönnstedt vid SLU:

- Materialflödesbeskrivning, vad går in och vad går ut vid respektive process
- Enbart beakta antal anställda direkt verksamma vid respektive process

I resultatavsnittet redovisas vad respektive process innebär för:

- Sysselsättningen
- Förädlingsvärdet
- Exporten
- Miljöeffekter

2.2 Avgränsningar

Skogen har många användare. Denna studie belyser endast effekterna av hur massaved och massaflis från trädslaget gran kan användas inom skogssektorn och energisektorn, övriga användningssätt utesluts. För skogssektorn har jag sedan valt att analysera två processer; tillverkning av LWC-papper (light weight coated = lättviktigt bestruket papper) och tidningspapper. Motsvarande för energisektorn är etanolframställning och förbränning i kraftvärmeverk.

Inom ramen för detta examensarbete ryms inte externa effekter. Dels för att arbetet har en tidsbegränsning på 20 veckor, dels för att det är mycket svårt att beskriva externa effekter på ett rättvisande sätt med monetära enheter. Med externa effekter avser jag bl.a. följder av olika utsläpp, kostnaden för fortsatt fossil användning och människors eventuella vilja att betala för en bra miljö. Det kan tänkas att en del av Sveriges befolkning är redo att avstå från massa- och pappersbrukens produkter ifall de upplever att industrin påverkar miljön negativt.

Således ligger beräkning och prissättning av kostnaden för exv. växthuseffekten eller att människor får följsjukdomar av vissa utsläpp utanför ramen för detta arbete.

Jag utesluter också de processer som förekommer innan massaveden ligger vid bilväg, alltså innan massaflisen är huggen vid sågverket, eftersom frågeställningen utgår från att en given kvantitet färsk massaved används på något sätt. Det är vad som händer efter att veden lämnar skogsbilvägen som är intressant i detta fall.

Transporter kommer ej att behandlas då utgångspunkten är att en given kvantitet massaved vid bilväg eller kvantitet massaflis vid sågverket används i någon process. Oavsett om veden används för energiändamål eller papper så krävs en transport från bilväg eller sågverk till respektive industri. Jag är medveten om att transportsträckan innan fibern är vid industri kan variera för de olika sektorerna. Generella antaganden är att kraftvärmeverken är mindre och geografiskt jämnt fördelade och därför kan ha kortare transportavstånd än vad de större massabruken har, men det finns exempel där biobränsle transporteras långa sträckor med lastbil, båt och tåg.

Transporter förekommer även efter att veden har processats i industrin. Elektricitet och värme transporteras via olika nät, vanligen elnät och fjärrvärmenät. Massa och papper transporteras vanligen per lastbil, tåg och båt. I arbetet kommer ej miljöeffekterna av transporterna att beaktas. Jag är medveten om att transporter av massa- och pappersprodukter ger såväl ökade utsläpp från transportsektorn som ökade arbetstillfällen.

Arbetet är avgränsat till att behandla fyra processer och varje process grundar sig i sin tur på hur det går till vid en specifik ”modellanläggning”. I viss mån kommer jag att försöka beräkna och sammanställa medelvärden för de olika processerna, dock ska mina medelvärden endast ses som fingervisningar och inte exakta fakta. För etanoltillverkning kommer min modell endast att bygga på antaganden utifrån forskningsresultat etc. då det inte finns någon befintlig anläggning för kommersiell produktion. För att göra resultaten lättöverskådliga och jämförbara kommer jag att bygga modeller på samtliga fyra processer, där varje modell får samma kvantitet vedråvara till förfogande. Modellerna ska ses som förenklingar av de befintliga processer som finns idag. Arbetet kommer att grundas på olika antagande avseende befintlig teknik och priser på insatsvaror.

Det finns bra material för att bygga upp modeller som simulerar kraftvärmeverk, LWC- och tidningspappersbruk då de bygger på väl etablerad teknik och kunskap. För framställning av etanol är det svårare att bygga en modell som exakt simulerar hur det går till i verkligheten, då processtekniken inte är färdigutvecklad. I dagsläget finns det ingen etanolfabrik i Sverige baserad på skogsråvara för kommersiell produktion av etanol, utan endast en testanläggning med låg verkningsgrad.

Antalet sysselsatta i skogsbruket är detsamma oavsett vad som händer med veden efter att den lämnar skogen, dvs. antalet verksamma i skogsskötseln är oberoende av vedens användning. Däremot kan det tänkas förekomma många variabler som beskriver vedens användning efter respektive process, exv. arbetstillfällen och export i förädlingskedjan. Det är möjligt att gå nästan hur långt som helst i förädlingskedjan för hur fibern begagnas. För papper kan tryckerier, förlag, pappersåtervinning etc. räknas in. Motsvarande för kraftvärmeverkens elproduktion är nästan oöverskådlig, elektriciteten kan användas till nästan vad som helst i vilken industri som helst och på så sätt generera arbetstillfällen. För att avgränsa och göra problemet överskådligt har jag gjort en systemavgränsning.

Skäl som talar för min avgränsning är att kostnaden för användare längre fram i förädlingskedjan är låg, dvs. att tryckeriets kostnad för papper är liten i förhållande till alla övriga kostnader de har.

Detsamma gäller för energisektorn att exv. härleda en kontorsassistens kostnad för elektriciteten till dator och arbetsbelysning. Varken tryckeriet eller assistenten kan verka utan papper respektive elektricitet, men pga. insatsvarornas procentuellt låga kostnad i relation till övriga kostnader har jag valt att avgränsa antalet arbetstillfällen till innanför grindarna på massa- och pappersbruken respektive kraftvärmeverket och etanolfabriken.

Bäst för svensk sysselsättning är om så många som möjligt har användning av en given kvantitet vedråvara, desto fler processer varje fiber genomgår desto fler arbetstillfällen kan den generera. Avgörande är dock att varje process i sig medför ökat förädlingsvärde som är ekonomiskt hållbart.

3. Metodbeskrivning

Kapitlet beskriver de vetenskapliga angreppssätten jag använt mig av för att uppnå syftet.

3.1 Allmänt

Under författandet av detta examensarbete har jag suttit i Uppsala vid institutionen för skogens produkters lokaler och i min egen bostad, även den belägen i Uppsala. Första steget till detta arbete var kontakt med Holmen för rådgörning om frågeställning och hur arbete skulle läggas upp.

Jag har ägnat mig åt litteraturstudier i stor omfattning för att få förståelse och kunskap till att bygga upp modeller som beskriver och förklarar syftet. Det har varit ganska enkelt att finna litteratur som rör skogsindustrin och papperstillverkning. När det gäller energisektorn har det varit svårare, särskilt för etanoltillverkning som är en relativt ny företeelse i Sverige.

Jag har fått föredömlig handledning från Holmen, men även från flera personer vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) har varit mig mycket behjälpliga. Vid insamling av fakta och information till detta arbete har jag möts av entusiasm och samarbetsvillighet från såväl externa som interna personer. Interna personer har jag definierat som människor med anknytning till Holmen och SLU, externa personer utgörs av människor med anknytning till andra organisationer, exempelvis representanter för kraftvärmeverk, Statens energimyndighet och SCA - Svenska Cellulosa Aktiebolaget.

Min arbetsmetodik har utgjorts av följande komponenter:

- Litteraturstudier
- Intern informationsinhämtning
- Extern informationsinhämtning
- Framtagande av egna modeller som beskriver de fyra processerna, utifrån dessa modeller har jag dragit slutsatser angående mina frågeställningar

Genom ovan angiven arbetsmetodik har jag sökt underlag till mina modeller. Den information som jag behövt för modelleringen kan sammanfattas i följande punkter:

- Problematiken rörande användning av skogsråvara för energiproduktion
- Målkonflikter mellan förnyelsebar energi och vidareförädlig i skogsindustrin
- Styrmedel som påverkar energisektorn och skogssektorn
- Hur de fyra processerna fungerar
- Definitioner på massaved och massaflis, vad har de för energiinnehåll och åtgångstal för de olika processerna
- Fakta och nyckeltal som behövs för att beräkna antal arbetstillfällen per år förädlingsvärde och inverkan på handelsbalans, samt förda resonemang kring miljöeffekter i form av koldioxidutsläpp
- Materialflödesanalys, vad går in, vad händer i själva processen och vad fås ut

För respektive modell har jag varit i kontakt med branschkunnigt folk, nedan anges de personer som har varit mig behjälpliga:

- Modellen för tidningspapper är uppbyggd tillsammans med Rikard Nilsson, koncernstab teknik, Holmen, Stockholm
- Modellen för LWC-papper är uppbyggd tillsammans med Göran Fridh, economichef på SCA Graphic, Sundsvall
- Modellen för kraftvärmeverk är uppbyggd tillsammans med Eddie Johansson, VD för Ena Energi AB, Enköping
- Modellen för etanoltillverkning är uppbyggd tillsammans med Lars Vallander, tekn. dr. Statens energimyndighet i Eskilstuna

Förädlingsvärdet har uppskattats genom att minska intäkterna med kostnaderna för köpta varor och tjänster. Löner, sociala avgifter och kapitalkostnader eller inköpskostnader för varor som säljs utan vidare bearbetning har inte avräknas produktionsvärdet. Förädlingsvärdet brukar uttryckas som företagets bidrag till BNP.

Vid beräkning av förädlingsvärdet för samtliga mina modeller har inköpskostnaden för massaved avräknats. Priset på massaved har tidigare år legat mellan ca 250 till 300 kr per m³ fub fritt bilväg.⁴ I beräkningarna har jag använt 350 kr/m³ fritt industri, dvs. priset inkluderar transporten från skogsbilväg till industri. Det är Holmen Skog som angivit priset 350 kr/m³ fritt industri. För LWC- och tidningspapper har jag även grovt avräknat inköpskostnaden för kemikalier, el, bstrykningsmedel och fyllnadsmedel. För etanol har jag avräknat en indikativ kostnad för enzymer och el. Uppskattningar av förädlingsvärdet beskrivs mer ingående i kapitel 8.

3.2 Modeller

Modellering är ett sätt att avbilda verkligheten.⁵ Desto mer omfattande och komplex modellen är desto större är möjligheten att den verkligen återspeglar verkligheten. Beroende av vad modellen ska användas till så är kraven på upplösning olika, exv. behöver inte en översiktlig vägkarta ha samma detaljrikedom som en orienteringskarta. Modeller har många olika användningsområden, allt ifrån t.ex. ett modellflyg av plast till en avancerad datormodell som kan simulera framtida scenarier.

Mina modeller kommer att byggas upp i Excel och är att betrakta som flödesmodeller, vilka beskriver flödet av resurser genom olika processer. Därefter avser jag att använda komparation modellerna emellan. Vid komparation är följande viktigt:⁶

- Enheterna måste vara jämförbara
- Före jämförelsen behövs generalisering av de företeelser som skall jämföras
- Omvandla sorter, exv. använda samma valuta för beräkningar
- Såväl likheter som olikheter skall beskrivas

3.3 För- och nackdelar med modeller

Det finns ett antal för- och nackdelar med modeller. Till fördelarna hör att modeller ofta bygger på verklighetsbaserade förenklingar, detta ökar överskådligheten och förståelsen. Modellernas komplexitet kan i viss mån anpassas till olika användare. Ett barn som tittar på en flygplansmodell kan nöja sig med förklaringen att det är vingarna som gör att planet kan flyga.

Detta är bara en del av sanningen. För en pilot som tränar inför kommande flygningar krävs en mycket mer avancerad modell, exempelvis en flygsimulator med tillgång till kockpittens samtliga komponenter. Möjligheten att anpassa modellens detaljrikedom är således en stor fördel. Andra fördelar är att modeller kan användas vid osäkra försök, praktexemplet i detta fall är att modellera en etanolfabrik för att beräkna eventuella för- och nackdelar innan en fullskalig anläggning byggs.

Det finns såklart även nackdelar med modeller, den kanske viktigaste är att verkligheten alltid är synnerligen komplicerad. Det är svårt att ta hänsyn till alla detaljer och för stor detaljrikedom kan göra modellen oöverskådlig. Användarproblem uppstår lätt ifall modellen är för komplicerad.

Andra nackdelar är svårheten vid jämförelse av olika modeller. I detta arbete jämförs fyra modeller som var och en beskriver en speciell process. Jämförbarheten modellerna emellan kan ifrågasättas, det är därför viktigt att skilja på päron och äpplen. En annan svaghet är att modeller bygger på antaganden som kanske inte stämmer helt överens med verkligheten. Ny teknik och forskning kan tillkomma och sätta olika antaganden på kant, tidsperspektivet är därför viktigt att ha i åtanke vid modellering. Förutom i detta avsnitt har jag i kapitel 7 och 8 angivit svagheter med just mina modeller.

3.4 Osäkerhet i dataunderlag

För att bygga modeller krävs ett bra dataunderlag. Tillförlitligheten hos de använda källorna är viktigt för att uppnå saklighet. Det är också viktigt att oberoendekrav föreligger, dvs. trovärdigheten är större om den som tagit fram material inte har egen vinning beroende av arbetets utfall. Färskhetskrav på dataunderlaget är viktigt för att modellen ska avspegla det som sker i nutid.

De osäkerheter jag ser i mitt eget dataunderlag är bl.a. följande: Svårt att få bra arbetsstatistik, det är i synnerhet svårt att kunna hänvisa till vad respektive process ”innanför grindarna” innebär för svensk sysselsättning. ”Grindarna” kan vara svåra att avgränsa och all personal kanske inte är aktiv inom kärnområdet.

Förändring av skala på modellerna jämfört med verkligheten kan utgöra felkällor. Antaganden för priser på de producerade varorna utgör en osäkerhet, exv. har jag räknat med elpriset för 2008, vilket bygger på prognoser som elmarknaden har gjort. Andra osäkra källor är beräkningarna för världens oljereserver, skulle det visa sig att de är för höga (beräkningarna sticker oljepriset och även priset för t.ex. etanol. Styrmedlena är beroende av politik, med all osäkerhet detta medför. Om etanoltullarna tas bort kan situationen för etanol producerad av skogsråvara kraftigt försämrats.

Ett antal avgränsningar har gjorts, detta kan medföra att en viss process nytta inte redovisas till sin helhet. Teknikutveckling kan förändra modellernas sammansättning. Sist men inte minst kan den framtida efterfrågan förändras, krasst kan det tänkas att ökad växthuseffekt leder till minskad efterfråga på energi i form av värme.

4. Litteratur

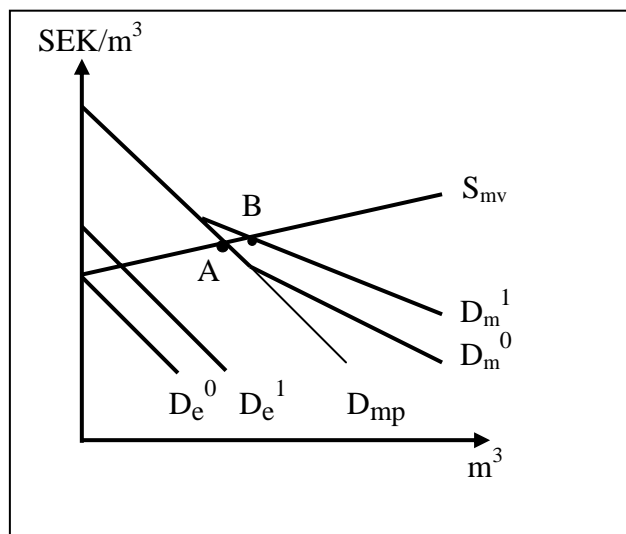
Kapitlet avser att ge läsaren en grundläggande teoretisk förståelse för resursfördelningsproblem. Då det var önskvärt att mina modeller inte skulle grundas på äldre informationskällor har jag främst sökt information på Internet, i färska rapporter, i nytgivna artiklar och i olika utredningar. När relevant litteratur har hittats, har jag sökt vidare i källförteckningen och funnit angränsande litteratur. Mestadels har jag använt litteraturen i kapitel 5 till 7. Den litteratur som är av ren teoretisk art återfinns i detta avsnitt.

4.1 Resursfördelningsproblem

Denna uppsats bygger på att det inte finns oändligt med resurser, dvs. en knapphet. Det finns ett begränsat antal produktiva resurser i form av arbetskraft, naturtillgångar och kapital, vilka ska täcka samhällets behov av varor, tjänster, miljö kvalitet och övrigt som är efterfrågat. Den ekonomiska teorin brukar sammanfattas med fyra resursfördelningsfrågor, **vad** skall produceras, **hur** skall det produceras, **till vem** skall produktionsresultatet gå och **när** skall det produceras.⁷ I detta arbete ska jag främst besvara första frågan, ”**vad** ska produceras” för att förklara skogsresursernas nyttjande.

4.2 Konkurrens om massaved mellan skogs- och energisektorn

Figur 1 visar på ett teoretiskt sätt vad som händer på marknaden för massaved och massafällis när energisektorn får ökad betalningsförmåga. Ökad betalningsförmåga från energisektorn kan komma ifrån styrmedel och eller höjda energipriser.



Figur 1. Ekonomiska effekter av konkurrens om massaved mellan massa- och pappersindustri och energisektor.⁸

Vi antar att efterfrågan på massaved för energisektorn kan beskrivas med hjälp av efterfrågefunktionen D_e^0 . I figuren visar linje S_{mv} utbudet av massaved, linje D_{mp} visar massa- och pappersindustrins efterfrågan, vid punkt A där de två linjerna korsas visas marknadspriset vid en given kvantitet. Vid en efterfrågan på energived, motsvarande linje D_e^0 , kommer inte energisektorn att köpa någon massaved, beroende på att den helt enkelt är för dyr i förhållande till energivärdet. Linje D_m^0 beskriver energisektorn och massa- och pappersindustrins totala betalningsförmåga ($D_e^0 + D_{mp} = D_m^0$).

Om det exv. kommer en kraftig prishöjning på energi pga. en kylig vinter, låga vattennivåer eller driftstopp i något kärnkraftverk ökar detta energisektorns betalningsförmåga av den enkla anledningen att deras slutprodukt ger större intäkter. Detsamma gäller om priset på elcertifikat ökar eller andra styrmedel tillkommer. Om så sker skiftar energisektorns ursprungliga efterfrågekurva utåt till D_e^1 och när de båda sektorernas efterfrågekurvor adderas hamnar marknadspriset i läge B ($D_e^1 + D_{mp} = D_m^1$). I detta läge kommer energisektorn att köpa en viss kvantitet massaved, beroende på att betalningsförmågan nu stigit och når upp till de priser som krävs för att skogsbruket ska bjuda ut massaved. Marknadspriset på massaved kommer därmed att stiga, samtidigt som den omsatta kvantiteten ökar. Vinnare i denna situation är framförallt skogsägarna då producentöverskottet för dessa ökar. Förlorare är massa- och pappersindustrin som får betala ett högre pris för råvaran.

4.3 Kan Sverige få brist på skog?

Det finns flera svar på frågan ”Kan Sverige få brist på skog?”. Vad som egentligen menas med ”brist” är att något tar slut, men kommer då skogen att ta slut? Med största sannolikhet kommer inte så att ske så länge växternas fotosyntes fungerar. Begreppet ”brist” har ingen egentlig mening i en marknadsekonomi, därför att priset avspeglar resursknapphet.⁹ Således kommer en ökad efterfrågan på skog inte leda till ”brist”, men däremot prishöjning. Lokalt kan det upplevas att det råder brist på skogsråvara, men den lokala bristen kan också ses som ett uttryck för att transportkostnaderna ökat för den som ”huggit bort skogen runt sig”. En annan infallsvinkel på ”skogsbrist” kan illustreras genom att en stor kapacitetsutbyggnad sker inom ett upptagningsområde där all biomassa redan används. Som exempel kan den planerade utbyggnaden av Värtaverket i Nacka söder om Stockholm nämnas, där växer inget biobränsle i närheten, utan det krävs långväga transporter från markområden i Mellansverige. Utbyggnad av ny kapacitet på en redan exploaterad marknad kommer att ge upphov till högre priser, vilket innebär att den som betalar minst blir utan. Det kan av dem med låg betalningsförmåga upplevas som brist på biomassa.

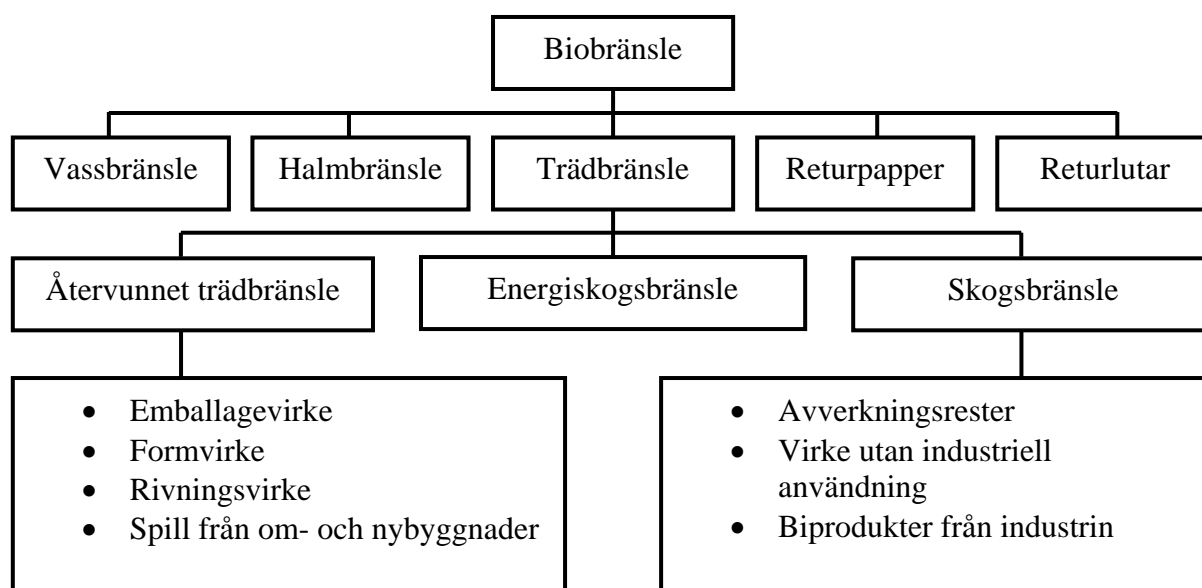
5. Skogsråvaran till processerna

Kapitlet syftar till att ge läsaren grundläggande kännedom om skogsråvaran som är den viktigaste råvaran till de fyra flödesmodellerna. Här ges också förklaringar på vad biobränsle, massaved och massaflis är för något och vilket energinnehåll som finns i trädbränsle. De olika enheterna som används löpande i texten återfinns i Bilaga 4.

5.1 Biobränsle

Enligt Skogsstatistisk årsbok¹⁰ är biobränsle ett biologiskt material. Detta är i sin tur indelat i olika grupper beroende på ursprung, tillverkningsmetod och fraktionsstorlek. Värt att notera är att massaved och massaflis inte klassas som bränsle trots att sådan användning förekommer.

Med trädbränsle menas skogsbränsle, energiskogsbränsle och återvunnet trädbränsle dvs. trädets alla delar som ej är kemiskt behandlade, exv. klassas massaindustrins avlutar ej som trädbränsle. Skogsbränsle är ett trädbränsle som inte tidigare haft någon annan användning, hit räknas grenar och toppar (GROT), stamved, stubbar och även bränsle från industrins biprodukter, som t.ex. bark, flis och sågspån. Det trädbränsle som kommer direkt från skogen, huvudsakligen GROT och ved, kallas ibland primärt skogsbränsle. Återvunnet trädbränsle har tidigare haft annat syfte än bränsle, det kan röra sig om rivningsvirke, emballagevirke eller spillvirke från byggnadsverksamhet. Energiskogsbränsle är trädbränsle från snabbväxande träarter, som har odlats för energiändamål. I Figur 2 ges en övergripande indelning av olika typer av biobränslen.



Figur 2. Indelning av biobränslen.¹¹

5.2 Massaved och massaflis

Med massaved förstås rundvirke avsett för massatillverkning.¹² Olika träslag och blandningar av träslag lämpar sig för olika massakvaliteter. Massaveden mäts i m³fub. I norra och mellersta Sverige kapas massaveden vanligen i fallande längder, som varierar mellan 270 och 579 cm. Minsta toppdiameter är 5 cm under bark och maximala rotdiametern 70 cm under bark. I södra Sverige apteras massaveden främst i standardlängder, vanligen 3

meter ± 30 cm. Kraven på färskhet är olika för respektive sortiment, även en viss andel röta tillåts beroende på sortiment.

Massaflis är en biprodukt från sågverken. När stocken passerar såglinjen för att sönderdelas till önskade dimensioner erhålls förutom plank och brädor biprodukter i form av sågspån och flis. Flisen uppstår när flishuggar, så kallade reducerare fasar stockens ytor plana. Procentuellt fördelar sig stockens volym vid medelsågverket på följande vis: sågutbytet (plank och bräder) 48 % flis 35 % samt sågspån 9 % av volymen. 8 % av den ursprungliga stocken försvinner genom krympning när vätskan torkas bort.¹³

Det i särklass vanligaste användningsområdet för massaved och massaflis är produktion av pappersmassa och papper. Men på senare tid har det blivit allt vanligare att massaveden används som brännved och som energisortiment i värme- och kraftvärmeverk.¹⁴

5.3 Energiinnehåll i trädbränsle

Det är viktigt att ha kunskap om energiinnehållet i det bränsle som ska förbrännas för att kunna räkna ut den tekniskt sett maximal verkningsgraden. Fukthalten i virket påverkar värmevärdet (MWh/ton) i stor utsträckning. Rå massaved och nyhuggen massaflis från sågverken håller i medeltal en fukthalt runt 55 %. Vid denna fukthalt är det effektiva värmevärdet 1,9 MWh/ton. Vid 23 % fukthalt håller sågverksflisen ett effektivt värmevärde på 4,1 MWh/ton. Stor del av energiinnehållet åtgår således till att koka bort vattnet i den råa flisen. För att utnyttja bränslets energiinnehåll maximalt måste flisen torkas till en låg fukthalt före förbränningen.

Det biobränsle som normalt används i kraftvärmeverken består av skogsrester (GROT etc.), som vid avverkningstillfället har ca 55 % fukthalt. Bränslet torkas inte artificiellt, men fukthalten sjunker när avverkningsresterna ligger på hygget och vid bilväg. Hur låg fukthalten hinner bli före förbränning beror på årstiden. Kraftvärmeverken vill ha så låg fukthalt som möjligt, önskvärd fukthalt är 40 – 45 %. Lägre fukthalt är svårt att få utan artificiell torkning eller långvarig utomhustorkning under goda förhållanden.

Vedens olika beståndsdelar har olika värmevärde. För cellulosa och hemicellulosa är den ca 17,5 MJ per kg TS och för lignin 26,5 MJ per kg TS samt för extraktivämnena 34,9 MJ per kg TS. Olika träslag har olika andelar av ovan angivna ämnen. Sammansättningen är också olika för olika delar av trädet. Skillnaderna mellan olika träslag och delar av trädet är så små att det i praktiska sammanhang inte har någon betydelse.¹⁵ I boken ”Ädellöv – Virke och förädling” anges följande formel för att beräkna det effektiva värmevärde för rå ved:

$$W_{\text{eff}} = (19,22 - 0,22 * F) \text{ MJ/kg rå ved}$$

där

$$W_{\text{eff}} = \text{Effektivt värmevärde.}$$

F = Fukthalt i %, vikten av vatten i relation till vikten av ved och vatten.

I min kraftvärmeverksmodell har jag utgått ifrån att veden har en fukthalt om 45 % vid förbränning. Detta ger ett effektivt värmevärde om:

$$W_{\text{eff}} = (19,22 - 0,22 * 45) = 9,32 \text{ MJ/kg rå ved}$$

Det är vanligare att använda storheterna MWh/ton, då 1 MWh motsvarar 3,600 GJ ger detta:

$$W_{\text{eff}} = 9,32/3,600 = 2,588 \text{ MWh/ton}$$

I skogliga sammanhang är det vanligare att tala om volymmått istället för vikter då vikterna är starkt korrelerade till fukthalten. Bland de vanligaste volymmåtten är fub. För att räkna om från ton till m³ fub behövs kunskap om fuktkvot och torr – rådensitet för trädslaget, kg/m³ f. I avgränsningarna har jag begränsat arbetet till att enbart omfatta fibrer från granved, torr – rådensiteten för gran är i medeltal 400 kg/m³ f.¹⁶ Vid en fukthalt om 45 % väger 1 m³ fub massaved:

$$(1 - 0,45) * \text{kg/m}^3 = 400$$

$$\text{kg/m}^3 = 400/0,55 = 727,27 \approx 727 \text{ kg/m}^3$$

dvs. det går 1,375 m³ fub per ton vid en fukthalt om 45 %. Varje m³ fub massaved har ett effektivt värmevärde om 1,88 MWh (2,588 / 1,375 = 1,88). Tabell 1 jämför det effektiva värmevärdet för olika bränslen. Värt att notera är träpelletsens höga densitet trots låg fukthalt. I mina beräkningar för kraftvärmeverk så kommer även barken att ingå, vilket ger ett tillskott på 14 % per fub, dvs. 1 m³ fub motsvarar 1,14m³ fub. Vid etanoltillverkning fås rester som består av lignin och extraktivämnen, om dessa rester torkas och pelleteras erhålls ett bränsle som har ca 30 % högre energiinnehåll än vanlig träpellets.¹⁷

Tabell 1. Energiinnehåll i olika bränslen¹⁸

Bränsle	Rå bulkdensitet (kg/m ³ s)	Effektivt värmevärde (MWh/ton)	Fukthalt (%)
Massaved	727 kg per m ³ fub	2,6	45
Sågverksflis barrved, torr	200	4,1	23
Sågverksflis barrved rå	300	1,9	54
GROT	320	2,6	45
Träpellets	700	4,7	11
Ligninpellets		6,1	11
Olja (Eo1)		11,9	<0,01

Råbulkdensitet är kg ved per m³ stälpt mått. Värmevärdet talar om vilken energimängd som kan utvinnas ur bränslet.

6. Ekonomiska styrmedel för ökad bioenergianvändning

I detta avsnitt diskuteras framför allt ekonomiska styrmedel för att påverka energianvändningen. Ekonomiska styrmedel kan innebära starka skäl till förändring av verksamhet. Det är därför av stort intresse i detta examensarbete att redogöra för de ekonomiska styrmedel som påverkar förutsättningarna för bioenergianvändning.

6.1 Svensk klimatstrategi ur ett internationellt perspektiv

Sverige har sedan slutet av 1980-talet successivt verkat för minskad klimatpåverkan, bl.a. inom miljö-, energi- och transportområdena.¹⁹ Vägledande i arbetet är numera Kyotoprotokollet och FN:s ramkonvention om klimatförändring.

Klimatkonventionen antogs vid toppmötet i Rio 1992.²⁰ Syftet med konventionen är att undvika farlig mänsklig inverkan på klimatet genom att minska utsläppen av växthusgaser och öka kolsänkorna. Konventionen har 189 parter och innehåller inga bindande åtaganden.

År 1997 i Kyoto kom ett antal industriländer överens om att begränsa utsläppen av växthusgaserna; koldioxid (CO₂), metan (CH₄), kväveoxidul (N₂O), fluorkolväten (HCF), perfluor-väten (PFC) och svavelhexafluorid (SF₆). Syftet med Kyotoprotokollet²¹ är att minska utsläppen av växthusgaser med drygt 5 % mellan år 2008 och 2012 jämfört med 1990 års nivå. I mars 2007 hade 156 länder skrivit under avtalet, de länder som ej skrivit under är bl.a. USA och Australien.

Enkelt uttryckt kan Kyotoprotokollet ses som Klimatkonventionens verktygslåda. Kyotoprotokollet är bindande för de som deltar och har olika ”instrument” i form av flexibla mekanismer, rapportering och efterlevnadskrav.

För Sveriges del innebär Kyotoprotokollet att utsläppen av växthusgaser under perioden 2008-2012 skall minskas med minst 4 % jämfört med utsläppen år 1990. Då den svenska industrin sedan 1990 minskat sina utsläpp med ca 8 % får vi, enligt Kyotoprotokollet, egentligen öka våra utsläpp med upp till 4 %.²² Sverige har en egen klimatstrategi och kommer inte att öka utsläppen²³, men att landet med marginal uppfyller Kyotoprotokollet ger en fingervisning om hur viktigt Sverige anser att klimatmålen är.

6.2 Styrmedel allmänt

Styrmedel syftar till förändringar och kan delas in i fyra²⁴ olika kategorier; administrativa respektive ekonomiska styrmedel, information och forskning. Administrativa styrmedel är olika typer av regleringar genom påbud eller förbud, vilka kan yttra sig i form av tvingande lagstiftning, exv. miljöbalken eller kvantitativa gränsvärden för utsläpp. Ekonomiska styrmedel påverkar kostnaden och nyttan av berörda aktörers valmöjligheter, exv. skatter, avgifter, stöd, bidrag och panter etc.

Information kan påverka inställningar och attityder till en viss process. Skillnaden mot administrativa och ekonomiska styrmedel är att det inte är tvingande, ej heller ekonomiskt belastande, dvs. förändringen är frivillig. Sist men inte minst är forskning och utveckling ett styrmedel som påverkar. Teknisk utveckling ger kunskap om effekter av olika förändringar och är nödvändigt för att långsiktigt nå uppsatta mål. I Tabell 2 ges en översiktlig sammanställning av vanligaste styrmedlena.

Tabell 2. Huvudgrupper av styrmedel²⁵

Administrativa	Ekonomiska	Information	Forskning
Regleringar	Skatter	Upplysning	Forskning
Gränsvärden för utsläpp	Stöd, bidrag, subventioner	Rådgivning	Utveckling
Krav på bränsleval och energieffektivitet	Pant	Utbildning	Demonstration
Långsiktiga avtal	Handel med utsläppsrätter	Opinionsbildning	Kommersialisering
Miljöklassning	Handel med certifikat		Upphandling

6.3 Styrmedel som gynnar bibränslen

Styrmedel förekommer i olika former och ter sig på olika sätt. Samtliga styrmedel som anges nedan ökar incitamenten att investera i anläggningar av förnyelsebar energiproduktion. Incitamenten kan exv. utgöras av ökade intäkter eller investeringsbidrag. De styrmedel som väger tyngst i mina beräkningar är elcertifikaten då de direkt ger kraftvärmeverken nettointäkter.

Energiskatter och handel med utsläppsrätter ger kraftvärmeverken indirekta intäkter genom kostnaden för användning av bl.a. olja och kol ökar. Ett enkelt exempel: Om en villaägare värmer huset med olja och priset på olja till stor del består av höga energiskatter ger detta en stor kostnad för uppvärmningen. Vi antar att det finns ett närbeläget kraftvärmeverk som levererar fjärrvärme. Kraftvärmeverket anpassar sin prissättning för fjärrvärmen till de alternativa uppvärmningssätten på marknaden, i detta fall en oljepanna. Desto högre kostnaden är för olja desto mer kan kraftvärmeverket ta betalt för fjärrvärmen utan att överstiga alternativet att behålla oljeuppvärmningen.

Det som ligger till grund för mina beräkningar för kraftvärme är elcertifikaten, men det är viktigt att ha i bakhuvudet att de andra styrmedlena ligger inbakade i el- och fjärrvärmepriserna. Det finns spekulationer om att handeln med utsläppsrätterna har ökat elpriserna med upp till 10 öre per kWh.²⁶

6.3.1 Energiskatter

Energiskatter är ett samlingsbegrepp för punktskatter på bränslen och elkraft. När de första energiskatterna infördes i april 1948²⁷ så var det av fiskalt syfte, dvs. finansiera de offentliga verksamheterna. På senare tid har energiskatterna fått en större betydelse som energi- och miljöpolitiskt instrument. Till de miljöstyrande skatterna räknas koldioxid- och svavelskatt medan den allmänna energiskatten i första hand är fiskal. Det finns dock ingen skarp gräns mellan energiskatterna då båda har såväl miljöstyrande effekt som en fiskal funktion. Intentionen med miljöstyrande skatter är att stävja tillväxten i energiförbrukningen och styra produktionen och användningen av energi till sådana alternativ som förorsakar mindre nettoutsläpp.²⁸ Detta bidrar till effektivare energianvändning, ökad användning av biobränslen, minskad miljöbelastning från företagen och förbättrade förutsättningar för inhemsk produktion av el.²⁹

6.3.2 Elcertifikat

I maj 2003 infördes ett system med elcertifikat, även kallade ”gröna elcertifikat”. Ändamålet med elcertifikatsystemet är att ställa om energisystemet till en större andel förnybar elproduktion. Certifikaten är produktionsbaserade, för varje förnybar MWh el ges ett elcertifikat. Berättigade producenter av förnybar el är, bl.a. viss vattenkraft, vindkraft, solenergi, vågenergi och elproduktion från biomassa. Certifikaten kan sedan säljas på handelsplatsen Nordpool. De slutgiltiga köparna av certifikaten är alla som använder el, basindustrin undantagen. Större elhandlare arrangerar handeln och tillgodoser att kvotplikten uppfylls. Kvotplikten är för 2007 beräknad till 15,1 %, och innebär att elkonsumenterna måste köpa elcertifikat motsvarande 15,1 % av den totala elförbrukningen. Vinnare på systemet är producenterna av förnyelsebar el och elhandelsbolagen som sköter själva administrationen av certifikaten, samt förhoppningsvis miljön. Förlorarna är elkonsumenterna, exv. privata hushåll. Även skogsindustrin anses vara förlorare på systemet, då de får ökad konkurrens från kraftvärmeverken, som genom ökad betalningsförmåga från elcertifikaten pressar upp priset på massaved och massaflis.³⁰ Priset för ett elcertifikat på Nordpool uppgår till ca 195 Euro per MWh dvs. ca 18 öre per kWh. Detta tas upp närmre i resultatdelen.

6.3.3 Koldioxidskatt

Sedan januari 1991 har Sverige haft beskattning på koldioxid, i syfte att minska koldioxidutsläppen vid förbränning av fossila bränslen. Staten räknade även med ökade skatteinkomster vid införandet av skatten.³¹ Skatten medför en extra kostnad för användare av fossila bränslen. De produktionsanläggningar som baserar sin el- och värmeproduktion på kol och olja får ökade skattekostnader, vilket höjer priset på energi och det gynnar i sin tur producenter av energi från biobränsle. Om kraftvärmeverken använder fossila bränslen utgår en kraftvärmebeskattning, som innebär att skatten på bränslen för värmeproduktionen likställs med den inom industrin. Notera att elproduktionen är helt obeskattad.³² Används enbart biobränslen i kraftvärmeverken råder ingen beskattning på vare sig värme- eller elproduktionen, endast bolagsskatt på vinsten.

6.3.4 Stöd och bidrag

Investeringsstöd av olika former förekommer för att öka de ekonomiska incitamenten att investera i miljövänlig teknik. Ofta är stöd och bidrag temporära. I skrivande stund (våren 2007) finns investeringsstöd till viss solvärme.

Ett annat är stöd till konvertering av uppvärmningssystem, exv. byte från direktverkande el till fjärrvärme eller oljepanna mot bibränslepanna. Tidigare gavs skattereduktion för installation av energieffektivare fönster.

Programmet för energieffektivisering (PFE) är ett ekonomiskt styrmedel som riktar sig till svenska energiintensiva industriföretag. Företagen ingår i ett femårigt program där de arbetar strukturerat med energifrågor och genomför energieffektiviserande åtgärder. Vid deltagande reduceras energiskatten och i vissa fall kan statens energimyndighet (STEM) ge investeringsstöd om produktionen modifieras så att den blir energisnålare.

6.3.5 Handel med utsläppsrätter för CO₂

EU:s utsläppshandel inleddes i januari 2005 och samtliga medlemsländer deltar. Cirka 12 000 anläggningar inom industri- och energiproduktion berörs. Utsläppshandeln är ett viktigt verktyg för att nå EU:s åtagande om minskade utsläpp av växthusgaser enligt Kyotoprotokollet.³³ Den första handelsperioden pågår mellan år 2005 – 2007 och skall ses som en provperiod inför den internationella utsläppshandeln som enligt Kyotoprotokollet inleds år 2008. Under första provperioden skall minst 95 % av utsläppsrätterna vara gratis, efter 2008 ska 90 % vara gratis. Svenska företag har under första perioden fått sina utsläpp gratis av staten.³⁴ Det som har hänt är att energiproducenterna har inkluderat den extra kostnaden för handeln med koldioxidutsläppen i energipriset utan att de haft någon verklig kostnad.³⁵ Detta har inneburit ökade vinster för energiproducenter och gjort elkonsumenter till förlorare på systemet. Även miljön är att se som en förlorare på systemet då de frikostiga gratiskvoterna hittills bara marginellt minskat utsläppen.

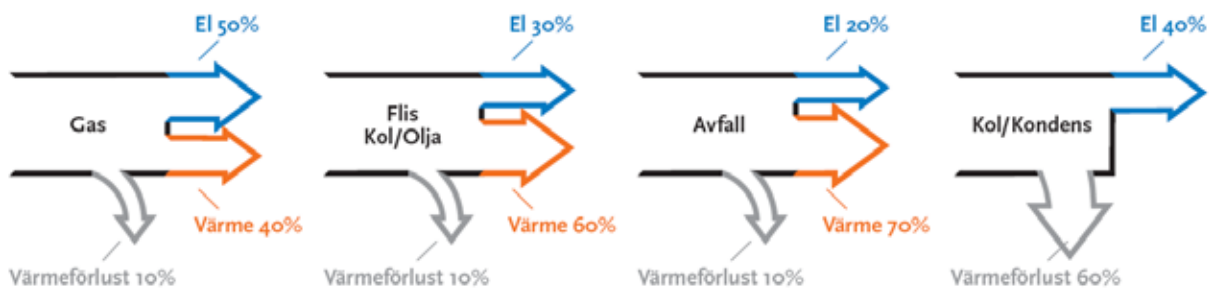
7. Beskrivning av de olika processteknikerna

I detta kapitel beskrivs fyra olika processers uppbyggnad, processer som alla kan använda vedråvara. Syftet med kapitlet är att ge en ingående förklaring till hur materialflödet ser ut i de fyra processerna, alltså vad som stoppas in i respektive process, vad som sker i själva processen och vad som fås ut efteråt. Beskrivningen av processteknikerna ligger till grund för antaganden i mina beräkningar i följande kapitel.

7.1 Kraftvärmeverk

Ett kraftvärmeverk producerar både värme och elektricitet som distribueras via fjärrvärme- respektive elnät. Ett kraftvärmeverk kan sägas utgöra en kompromiss mellan ett värmeverk som enbart producerar värme och ett kraftverk som endast producerar elektricitet. Ett kraftverk har högre utbyte av elektricitet än ett kraftvärmeverk exv. så kan ett nytt kondenskraftverk med den senaste tekniken eldat med naturgas uppnå en verkningsgrad på 57 %. Motsvarande anläggning eldat med biobränsle kan uppnå en verkningsgrad på 42 %.³⁶ Ett modernt kraftvärmeverk har 100 % verkningsgrad eldat med biobränsle. Produktionen fördelar sig normalt på 30 % elektricitet och 70 % värme.

Figur 3 visar effektivitet och energiutbytet fördelat på elektricitet och värme för kraftvärmeverk. Figuren kan sägas vara typisk för de anläggningar som finns i Sverige. De nyaste anläggningarna har högre verkningsgrad än vad figuren visar. Figuren beskriver kraftvärmeverk eldade med tre olika bränslen. Sista bilden visar energislöseriet med att endast utvinna elektricitet och låta värmen gå förlorad i kraftverk. Sveriges kärnkraftverk utvinna bara elektricitet och kyler av det upphettade vattnet i havet. Anledningen till att värmen från kärnkraftverk inte används för uppvärmning av hus och lokaler är människors oro för radioaktivitet och att det vid driftsstopp skulle krävas stor reservkapacitet, annars kan det bli kallt i väldigt många hus samtidigt. I Europa är det mycket vanligt med kraftverk eldade med fossila bränslen, inte minst kol. Dessa anläggningar ofta är ineffektiva och bidrar i hög grad till växthuseffekten.

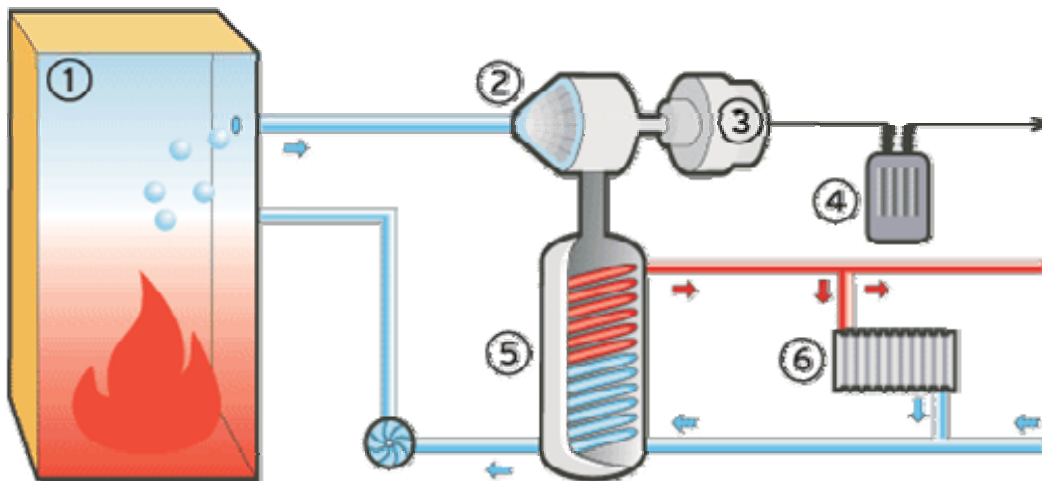


Figur 3. Effektivitet och elutbyte.³⁷

Verkningsgraden är ungefär lika för både värmeverk och kraftvärmeverk. Om de är biobränsleeldade har de en medelverkningsgrad på 87,5 %, enligt SCB.³⁸ Att siffran inte är högre beror på att många anläggningar har ålderstigen teknik. Den totala verkningsgraden kan vid så kallad rökgaskondensering uppgå till omkring 110 % av det effektiva värmevärdet, i värme- eller kraftvärmeverk.³⁹

Detta beror på att fukten i bränslet, som övergått till het vattenånga då bränslet eldats, får kondensera och denna extra värme kan tas tillvara som värme. För att uppnå största elutbyte i ett kraftvärmeverk måste bibränslet förgasas, medan ett traditionellt kraftvärmeverk med fliseldning och ångcykel ger en något lägre andel el, men större andel värme och högre totalverkningsgrad. Kraftvärmeverk är beroende av efterfrågan på varmvatten, i t.ex. ett fjärrvärmenät. Eftersom den största delen av bibränslets energi blir värme, sätter fjärrvärmenätets behov en gräns för hur mycket el som kan produceras med kraftvärme.

Viktigt i sammanhanget är att skilja på maximal verkningsgrad och årsmedelverkningsgrad. För att ha maximal verkningsgrad skall ett uppvärmningssystem köras med dess nominella effekt dvs. den effekt som systemet är byggt för. Systemet är ofta byggt för att ha en hög effekt då systemet används för fullt, under hårda vinterdagar, medan verkningsgraden är lägre under sommaren vid låg belastning. Årsmedelverkningsgraden kan därför vara betydligt lägre än den nominella verkningsgrad som uppvärmningssystemets tillverkare anger.⁴⁰



Figur 4. Beskrivning av kraftvärmeverk.⁴¹

1. Ångpanna

Här hettas vatten upp genom förbränning av exv. bibränslen. Det heta vattnet övergår till ånga under stort tryck

2. Ångturbin

Trycket i den heta ångan får skovlarna på turbinen att rotera.

3. Generator

Turbinen är sammankopplad med en generator som producerar elektricitet.

4. Transformator

I transformatorn omvandlas elen till användbar högspänning, som skickas ut via ledningar till elnäten.

5. Kondensator

Efter att ångan har passerat turbinen kyls den ner till vatten.

6. Fjärrvärme

Hetvattnet leds ut i ett fjärrvärmenät som är ihopkopplade med cirkulationssystem i hus och lokaler i omgivningen.

7.2 Etanoltillverkning

Etanol har tillverkats i årtusenden genom att jäsa socker- eller stärkelserika grödor, såsom sockerrör och potatis. Syftet med etanolframställningen har varit att få drickbar alkohol. Det går även att tillverka etanol från trä, men sockerarterna är svårare att bryta ned eftersom vedråvaran är kemiskt och strukturellt mer komplext sammansatt.⁴²

Det har skett mycket forskning kring etanoltillverkning baserad på skogsråvara, främsta milstolpen är etanolpiloten i Örnsköldsvik. Det finns i dagsläget ingen storskalig produktionsanläggning för kommersiell försäljning av etanol gjord på skogsråvara. Det är därför svårt att bygga en flödesmodell som korrekt beskriver en etanolfabrik, eftersom mycket bygger på erfarenheter från forskning i laboriemiljö. En omfattande forskning och utveckling av cellulosabaserad etanoltillverkning har pågått i Sverige de senaste 15 åren och denna satsning fortgår. Teknikutveckling i allmänhet kräver tid och löpande justeringar, exv. så blir datorer bara snabbare och snabbare samtidigt som priset pressas. Det är tänkbart att om en storskalig fabrik byggs, så kommer den att belastas med barnsjukdomar. Vid byggnation av fabrik nummer två så kommer den sannolikt att förbättras med avseende på verkningsgrad och kostnadseffektivitet etc.

En etanolfabrik kan likställas med ett bioraffinaderi där lågvärdiga energiformer såsom t.ex. ved, sågspån och skogsflis omvandlas till mer högvärdig energi som etanol och ligninbränsle. Veden består i huvudsak av cellulosa, ca 40 %, liksom hemicellulosa och lignin, som vardera bidrar med 20-30 %. Etanoltillverkningen går ut på att spjälka kolhydraterna i veden genom hydrolys till jäsbara sockerarter.

Det finns tre metoder att sönderdela (försockra) vedens kolhydrater, nämligen svagsyra-, starksyra- och enzymprocesserna. Vid svagsyrprocessen används svagsyra (utspädd starksyra) och värme för att påskynda sönderdelningen. Vid temperaturer upp till ca 190°C spjälkas hemicellulosan, i nästa steg upp till 225°C spjälkas cellulosan. Vid starksyraprocessen används koncentrerade syror och låg temperatur. Denna metod ger mindre biprodukter och högt utbyte. Det kan dock vara svårt att återvinna syran på ett kostnadseffektivt sätt. De miljömässiga nackdelarna med denna process är stora, varför forskningen på detta processkoncept inte har fullföljts. Sönderdelningen med enzymprocessen sker med enzymer, en sorts proteiner, som vid något förhöjd rumstemperatur, 35-50 °C, spjälkar vedens kolhydrater.

Den metod som med största sannolikhet kommer att bli den dominerande i framtiden är enligt Lars Vallander enzymatisk hydrolys. Jag har därför valt att utgå ifrån enzymprocessen vid konstruerandet av min flödesmodell för etanoltillverkning. Enzymatisk hydrolys innebär att enzymer från svampar används för att bryta ned cellulosan i veden till jäsbart socker. Etanol kan tillverkas både satsvis och i en kontinuerlig process. Den sistnämnda är att föredra. Kontinuerlig jäsning ger ett mycket snabbare jäsningsförlopp än satsvis jäsning, nackdelen är att råvaran inte jäses fullständigt. Ju snabbare jäsningen sker, ju mindre tankar behövs, vilket minskar kapitalkostnaderna för processen.

Första steget vid enzymatisk hydrolys är flisning av den råa veden till mindre fragment så att kemikalier och enzymer snabbt kan bryta ner veden. Efter flisningen hettas flisbitarna upp med ånga till 170 – 200°C och syra (utspädd svavelsyra eller svaveldioxid) tillsätts för att lösa ut sockret i hemicellulosan, processen kallas förhydrolys.

Sedan pumpas blandningen vidare till själva reaktorn (enzymatiska processen) där enzymer bryter ner cellulosa vid en temperatur om 35 – 50°C.

Efter sönderdelningsprocessen avskiljs lignin och andra restprodukter i en membranfilterpress, sockerlösningen pumpas över till tempererade tankar om 35°C för jäsning. Vid jäsningen bildas ungefär lika mycket koldioxid som etanol (på viktsbasis). Det diskuteras om möjligheten att i framtiden ta till vara på koldioxiden och sälja den som en produkt. Det finns ett antal användningsområden såsom läskedryckstillverkning, i brandsläckare och som en svag syra för att sänka pH i industriella processer (massaindustrin).

Efter jäsning destilleras mäsken, vilket sker genom upphettning i en destillationskolon. Etanolen övergår i gasform, kyls sedan ned och återgår till vätskeform (kondenserar). Den rena etanolen samlas upp i en stor tank varifrån den kan transporteras vidare.

Hur mycket etanol som kan tillverkas från en given kvantitet begränsas av dess sockerinnehåll, vanligen uppgår sockerarterna till ca 65 % av vedens torrsubstans, resten består av lignin och extraktivämnen m.m. Det är en stor del av veden som det inte ens teoretiskt går att tillverka etanol av, det är därför viktigt att finna avsättning för denna rest (återstod). Återstoden kan torkas och säljas som ligninpellets eller användas fuktigt som bränsle i kraftvärmeverk. En del av ligninbränslet används direkt i etanolfabriken för uppvärmning i de olika processtegen. Ligninpellets har ungefär 30 % högre energiinnehåll än vanliga biopellets.

Vedens torrsubstans består till ca 65 % av kolhydrater (sockerarter). Vid jäsning av glukos, som är det socker cellulosan är sammansatt av erhålls 51 viktsprocent etanol och 49 viktsprocent koldioxid. De mest lyckade försöken visar på etanolutbyten om 325 liter per ton TS, motsvarande 258 kg per ton TS. I stor laboratorieskala har 80 % av det teoretiskt sett möjliga utbytet uppnåtts. Bark innehåller inte lika mycket socker som vanlig ved, vanligen utgör sockerinnehållet i bark bara 75 % av mängden i ved. Om råvaran består av GROT eller annan ved där bark ingår sänks etanolutbytet med 25 % för barkinnehållet.⁴⁴



Figur 5. Etanoltillverkning i laboratoriemiljö.⁴³

Ovanstående har använts som utgångspunkt i mina beräkningar för etanol. Teoretiskt fördelar sig 1 ton TS på 258 kg etanol, 247 (=258*49/51) kg koldioxid och 400 kg ligninbränsle, som också innehåller en del utlöst cellulosa, samt några procent restprodukter. Delar av ligninbränslet och restprodukterna förbrukas för den egna processens värmeframställning, motsvarande ca 30 % av energiinnehållet i den inkommande veden till processen. Produkterna som kan säljas är således 325 liter etanol och ca 200 kg ligninbränsle, vikten för ligninpellets kan vara något högre ifall den säljs med visst fuktinnehåll.

7.3 Mekanisk pappersmassa

De två viktigaste huvudkategorierna av pappersmassa är idag kemisk respektive mekanisk massa. Både LWC- och tidningspapper består till största delen av mekanisk pappersmassa. LWC-papper har dock en inblandning på 10 – 15 % kemisk sulfatmassa, men jag har valt att koncentrera mig på tillverkningsprocessen för mekanisk massa. Det har ingen betydelse för massaprocessen om massan ska användas till tidningspapper eller LWC.

Mekanisk massa framställs genom att bearbeta veden mekaniskt så att fibrerna friläggs från varandra. Till skillnad mot kemisk massa, så finns ligninet kvar i den mekaniska massan, som i stort sett består av hela vedsubstanten. Det finns olika mekaniska massasorter bl.a. slipmassa och termomekanisk massa (TMP). Slipmassa fås då stora vedbitar slipas mot en stor slipsten, men TMP är den process som jag kommer att behandla därför att den är vanligast vid framställning av pappersmassa för LWC- och tidningspapper.

Om massaved används är det första steget i TMP processen barkning. Efter barkningen flisas massaveden, flisbitarna är mellan 20 och 40 mm långa och mellan 5 och 8 mm tjocka. Om sågverksflis används kommer flisen ”färdig”. I nästa steg värms flisen upp med ånga till ca 120°C för att göra ligninet mjukt innan flisen mals (raffinerar) i en skivkvarn (raffinör) under tryck. Utbytet är 95-99 %, det som bortgår är vedharts och i någon mån även lättlösliga kolhydrater (hemicellulosa). Målsättningen i processen är att få ut fibrerna så hela som möjligt så att de ger goda pappersegenskaper. Den raffinerade massan silas för att avskilja grövre och styva fibrer och bli ren, eventuellt kan den blekas, oftast inte. Sedan pumpas den i rörsystem till pappersbruket, som vanligen ligger i anslutning till massabruket.

Granved är den bästa råvaran till både slipmassa och raffinörmassa (TMP). Furu kan ej användas till slipmassa då den höga hartshalten ger hartsavlagringar på slipstenen. Tallen går att använda till raffinörmassa, men energiförbrukningen blir högre än för granved.

Kvaliteten på massaveden är viktig, låg fukthalt ger sämre ljushet och orenare massa. Bäst är att använda så färsk massaved som möjligt och då har den en ungefärlig fukthalt mellan 50 och 55 % (mycket beroende på årstiden). Åtgången är som regel 2,33 m³ fub per ton.⁴⁵

Energiåtgången är stor vid mekanisk massatillverkning då kraftfulla elmotorer används i bl.a. raffinörerna. En stor del av elektriciteten återvinns som värmeenergi i form av ånga. Ångan bildas när vattnet i flisen hettas upp av friktionen som uppstår i raffinören vid malning. Värmen som bildas används internt i processen och i pappersbruket. Normalt kan 60 % av tillsatt elektricitet återvinnas i form av värme.

7.4 LWC-papper

Oavsett om tidningspapper eller LWC-papper (light weight coated = lättviktigt bestruket papper) görs är tillverkningen av pappersmassan (TMP-massa) densamma. Andelen sulfatmassa som blandas med TMP-massan köps vanligen in från externa massabruk. När flisen har raffinerats pumpas massan i rörsystem från massabruket till pappersbruket. I liten utsträckning förekommer det även torkning av massan som sedan transporteras per lastbil, tåg och båt till externa pappersbruk, men detta försämrar kvalitén på massan. TMP tillverkas nästan enbart som pumpmassa vid pappersbruket. Massan pumpas vid ca 10-30 % torrhalt.

För tidningspapper och LWC-papper bleks normalt inte massan. Om massaveden är gammal och extra mörk kan dock natriumditionit eller väteperoxid användas för att bleka massan.⁴⁶

I pappersbruket måste massan renas ytterligare från spetor, sand och andra föroreningar innan fibrerna raffinerats igen för att bli till en mäld. Mälden späds till ca 1 % koncentration, renas på nytt och sprutas ut på viran. Viran är en ändlös duk, som roterar över ett antal "avvattningselement" och valsar med olika funktioner. Vatten avskiljs från mälden och där viran vänder ner och tillbaka har den formats till en pappersbana av fibrer med ca 20 % torrhalt. Det som nu är en pappersbana förs över till presspartiet där den pressas mellan pressvalsar till 40 – 55 % torrhalt. För att få bort det sista vattnet leds pappersbanan in i ett torkparti för att torkas med ångvärmda cylindrar till ca 90 % torrhalt, vilken är den torrhalt vid vilken pappret varken avger eller tar upp fukt från luften.

LWC-papper är ett tunt papper och består av ca 40 % bstrykningsmedel, ca 45 % TMP-massa och ca 10 – 15 % Sulfatmassa, samt ca 10 % vatten. Bstrykningen består vanligen av lera med bindemedel och pigment. Kalciumoxid eller titandioxid kan användas istället för lera. Pappret bstryks för att få en högkvalitativ tryckyta med bra färgåtergivning. Slut användare är främst högkvalitativa tidskrifter.

7.5 Tidningspapper

Tidningspapper baserat på färskfiber görs uteslutande av TMP-massa i Sverige och består av mekaniskt bearbetade fibrer, fyllnadsmedel (vanligen lera), samt förstärkningsfibrer (kemisk sulfatmassa). Tillverkningen av tidningspapper i pappersmaskinen skiljer sig inte nämnvärt från LWC-papper. Dock är recepten annorlunda. Tidningspappret har normalt en ytvikt om 40 till 45 gram per m² och är obestruket. Vikten på färskfiberbaserat papper fördelar sig på > 99 % fibrer och < 1 % fyllnadsmedel.

Kundernas krav och den tekniska utvecklingen har lett till att tidningspapper nu blivit en hel produktgrupp med ett antal varianter och ytvikter. Med standardtidningspapper menas ett papper med en ytvikt omkring 40 till 45 gram per m² och noga specificerade egenskaper för styrka m.m. Det är viktigt att tidningspappersmaskinerna kan gå med problemfri drift vid högsta hastighet då tidningspapper är en bulkvara som kräver stora volymer för att uppnå lönsamhet. Tidningar trycks under stor tidspress, därför är banbrott högst önskat i tryckeriet och kraven är stora på jämn kvalitet och styrka på pappret.

8. Resultat och beräkningar

I kapitlet redovisas hur flödesmodellerna har byggts upp och vilka antaganden som ligger till grund för de indikativa beräkningarna. Kortfattat redovisas resultaten av följd effekterna för de fyra processerna med avseende på sysselsättning, förädlingsvärde och export. I nästkommande kapitel jämförs resultaten närmare och miljöeffekter behandlas.

8.1 Beräkningar kraftvärmeverk

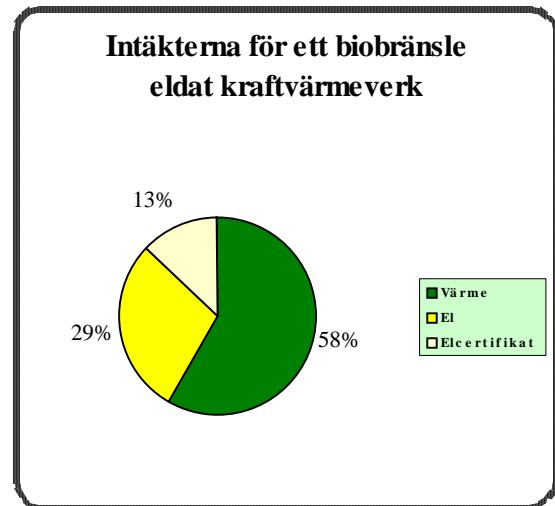
Jag har i mina teoretiska beräkningar för kraftvärmeverk utgått från att den kvantitet energi som producerats i modellen är efterfrågad. För att förenkla förståelsen har jag utgått ifrån att 1 miljon m³ fub (granved) förbränts i ett kraftvärmeverk och att den energin som därifrån har utvunnits med modern teknik är efterfrågad till ett bestämt pris. I kraftvärmeverksmodellen har även barkens energiinnehåll beaktats. Verkligheten kan ha svåröversägliga svängningar, som förändrar marknadspris på den producerade energin. Andra felkällor i modellen kan vara att kraftvärmeverket inte kan hålla konstant verkningsgrad pga. ojämnt energiinnehåll i bränslet eller att kraftvärmeverket inte kan köras med maxkapacitet om hög utomhus-temperatur råder, vilket minskar efterfrågan på värme. Då kraftvärmeverken har ett givet fjärrvärmenät att försörja med värme utgör abonnenternas efterfrågan flaskhalsen för produktionen, elektricitet kan alltid säljas och vid överproduktion exporteras utomlands. Vid extremt höga elpriser i kombination med låg efterfrågan på fjärrvärme kan luftkylare användas. Denna komponent kyler bort delar av värmen för att kunna öka elproduktionen.

I samråd med Eddie Johansson, VD Ena Energi AB, har jag tagit fram en kraftvärmeverksmodell. Ett modernt kraftvärmeverk har en verkningsgrad på minst 110 % av det effektiva värmevärdet i bränslet, men årsmedelverkningsgraden är betydligt lägre. Att årsmedelverkningsgraden är lägre beror på att kraftverket sommartid inte kan köras med dess nominella effekt. Verkningsgraden i ångturbinen sänker den totala verkningsgraden, dessutom åtgår det el i processen. Røkgaskondensatorer däremot höjer effektiviteten. På ett helt år räknat så har ett modernt kraftvärmeverk en verkningsgrad om 92 %. Alla effektivitetshöjande detaljer är då inräknade, samt alla förluster borträknade, förutom de i fjärrvärmenäten som uppgår till 9 %. Med beaktande av förlusterna i fjärrvärmenäten levereras 86,5 % av det effektiva värmevärdet i bränslet till slutkund enligt min modell.

Verkningsgraden om 92 % fördelar sig på 2/3 värme och 1/3 el, för värmeandelen har jag sedan dragit ifrån 9 % för förluster i fjärrvärmenäten. Förlusterna i fjärrvärmenäten varierar beroende på abonnenterna, bäst verkningsgrad ger stora fastigheter med många familjer och sämst är verkningsgraden för geografiskt utspridda villor. 9 % får symbolisera ett medelvärde för fjärrvärmenäten i Sverige. Några förluster i elnäten belastar inte kraftvärmeverken, då de levererar direkt till en närliggande transformator. När elen mottagits i transformatorn får elbolagen ta kostnaderna för spänningsförluster. Kraftvärmeverk kan få ersättning för nätnytta med 1,5-2 öre/kWh. Ersättningen för nätnytta ges då lokalnätägaren får minskade kostnader, lokal produktion minskar överföringsförluster och minskar därmed behovet av effektinköp. I Sverige finns överkapacitet i norr pga. elproduktionen i de stora älvarna och ett underskott i södra Sverige pga. många användare och få elproducenter.

Granveden som förbränns har ett effektivt värmevärde om 2,588 MWh/ton, vilket innebär 1,882 MWh/m³ fub vid en fukthalt om 45 %. Fukthalten varierar starkt under året, men 45 % utgör ett medelvärde. 1 m³ fub motsvarar 1,14 m³ fpb och jag har därför i min modellen adderat energiinnehållet i barken.

När ved förbränns erhålls två intäkter, dels från fjärrvärmeleveranserna och dels från elproduktionen. Intäkterna från fjärrvärmerna har satts till 45 öre/kWh, vilket är ett ungefärligt pris under tidigare år enligt Eddie Johansson. Prissättningen kan vara ganska komplicerad med både fasta och rörliga kostnader, samt anslutningsavgifter. 45 öre/kWh utgör ett medelvärde uppbyggt på både rörliga och fasta intäkter. Intäkterna för elleveranser består av två delar i min kraftvärmeverksmodell, dels direkta intäkten för elförsäljningen till Nordpool och dels elcertifikatintäkten. Intäkten för nätnytta om ca 1,5 öre/kWh har jag slagit ihop med elförsäljningen. Priset på el har jag satt till 41 öre/kWh och det grundar jag på Nordpools priser för 2008, som i dag (070427) ligger på 43,3



Figur 6. Intäkternas fördelning procentuellt.

EUR/MWh, 1 Euro = 9,14 SEK.⁴⁷ Priset på elcertifikat har över tiden varierat liksom elpriset. För tillfället råder överskott på elcertifikat och priset har därför dämpats en aning. Dagspriset (070427) uppgår till 196 EUR/MWh. Jag har satt det till 18,0 öre/kWh i min modell. Figur 6 visar hur intäkterna fördelar sig procentuellt för min kraftvärmeverksmodell.

En produktionsanläggning av förnyelsebar energi kan som längst få certifikat under 15 års tid. Certifikaten är inte till för att gynna befintliga anläggningar, utan för att underlätta vid nyetableringar. Beroende på när anläggningarna etablerats eller anpassats för förbränning av bibränslen fasas de ut ur systemet efter olika lång tid. Intäkten för elcertifikaten är således av temporär karaktär, men utgör en mycket viktig komponent i min modell. Det finns planer på nybyggnation av flera kraftvärmeverk avsedda för bibränsle, därtill är det många kraftvärmeverk som anpassar pannorna till bibränsle från tidigare fossila bränslen och kan på så sätt erhålla elcertifikat.

Sysselsättningen för kraftvärmeverken uppgår till 8,1 GWh per person och år. Siffran grundar sig på material som jag erhållit ifrån Sofie Andersson vid energikonstulnen FVB. Materialet anger endast värmeleveranser, varför jag har lagt till en elandel om 1/3 för att efterlikna kraftvärmeverksmodellen (Bilaga 1). Jag har verifierat siffran genom ett stickprov på Ena Energi som 2006 levererade 298 GWh med 37 direkt verksamma (298 / 37 = 8,05 GWh per person och år).

Det finns flera planerade utbyggnader av kraftvärmeverk de närmaste åren. Dessa nya anläggningar är högteknologiska med automatiserad processdrift. Flera funktioner kan styras centralt från kontrollrum och sysselsättningsgraden blir därför låg. Igelstaverket ägt av Söderenergi AB planerar efter genomförda nybyggnationer att producera ca 1200 GWh värme och ca 500 GWh el per år. Siffrorna är ungefärliga uppskattningar gjorda av Igelstaverket. Hur många som kommer att sysselsättas efter kapacitetsutbyggnaden av Igelstaverket är osäkert, men Söderenergi räknar med att både nyanställa och omplacera om befintlig personal.

Idag arbetar ungefär 100 personer och efter utbyggnaden beräknas ca 10 nyanställas. Söderenergis totala energileveranser kommer efter utbyggnaden vara ca 2800 GWh per år, mestadels fjärrvärme.

Igelstaverket kommer således att stå för ca 61 % (1700 / 2800) av energileveranserna. I min beräkning antar jag därför att de även står för 61 % av sysselsättningen, vilket ger en beräknad personalstyrka om 67 personer (0,61 * 110). Detta ger 25,4 GWh per anställd och år (1700 / 67). Om 1 miljon m³ fub förbränns i ett nyanlagt kraftvärmeverk ges enligt ovan angivna uppskattningar 73 (1856 / 25,4) arbetstillfällen. Nyttillkommen produktionskapacitet ger således marginell ökning av svensk sysselsättning.

Nyckelfakta för kraftvärmeverksmodellen	
Effektivt värmevärde per m ³ fub i MWh	2,15
Årsmedelverkningsgrad i %	92
Andel värme i %	66
Andel el i %	33
Förlust i fjärrvärmenät i %	9
Pris för el öre per kWh	41
Pris för elcertifikat öre per kWh	18
Pris för fjärrvärme öre per kWh	45
Andel export av el i %	4,5
Sysselsättning, levererad GWh per anställd	8,1

Figur 7. Förutsättningar för kraftvärmeverksmodellen.

Förädlingsvärdet har jag beräknat som produktionsvärdet (nettoomsättningen) minus kostnader för inköp av massaved. För min modell innebär detta ett förädlingsvärde på 577 miljoner kronor (927 - 350).

Kraftvärmeverkens möjlighet till export är mycket begränsad. I dagsläget finns det inga fjärrvärmenät som är sammankopplade med fjärrvärmenät i andra länder. Planer finns på ett sammankopplat nät i Öresundsregionen, men inget beslut har tagits. Export och import av el sker kontinuerligt. Sverige har varit såväl importör som exportör av el. Enligt energimyndigheten har en nettoexport skett 2004 och 2005.⁴⁸ För 2005 är exporten ca 4,5 % av den totala elproduktionen i Sverige. Jag har därför låtit 4,5 % av kraftvärmeverkets elproduktion påverka svensk export positivt. Enligt Statens energimyndighet finns det indikationer på ökad export i framtiden.⁴⁹

I Tabell 3 anges resultatet för min kraftvärmeverksmodell. Energileveranserna till kund uppgår till 1856 GWh per år fördelat på 658 GWh el och 1198 GWh värme.

Tabell 3. Sysselsättning, förädlingsvärde och export i kraftvärmeverk

Om 1 miljon m ³ fub granved förbränns i ett kraftvärmeverk erhålls följande under ett år:	
Antal sysselsatta (genomsnitt i dagens anläggningar)	229
Antal sysselsatta (i en ny anläggning)	73
Intäkter i miljoner kr (varav certifikat 118)	927
Förädlingsvärde i miljoner kr	577
Exportintäkter i miljoner kr	12

8.2 Beräkningar etanol

Först och främst vill jag påpeka att resultatutfallet från min modell för etanoltillverkning är osäkra eftersom processtekniken inte är färdigutvecklad. Mycket bygger på uppskattningar baserade på laboratoriestudier, kalkylprogram för ekonomi och processutformning, offerter på existerande utrustning m.m. Den existerande utrustningen kan vara alltifrån identiska för vad som kan komma att utnyttjas i en etanolanläggning till utrustning som antas likna sådan som finns i industrin. Det krävs mer forskning för att förbättra utbytet och hålla produktionskostnaderna på rimliga nivåer. Storskalig produktion av etanol i Brasilien baserad på sockerrör medför en produktionskostnad om ca 2 kronor per liter. Denna etanol kan sedan köpas i svensk hamn för ca 4,5 - 5 kronor per liter. Ökningen av priset består av transport, ca 0,5 - 1 kronor per liter och tull om ca 1,8 kronor per liter.

Enligt Energimyndighetens rapport "Programmet etanol från skogsråvara, slutrapport ER 2006:23" anges att storskalig etanolproduktion baserad på skogsråvara ger en tillverkningskostnad om 3 - 5 kronor per liter. Att inte en mer exakt angivelse kan anges beror på flera osäkra faktorer bl.a. prishöjning för biprodukter såsom ligninbränsle och koldioxid, lägg därtill osäkerhet gällande hur stort etanolutbyte som kan uppnås, samt vilken processtyp och processutformning som väljs. Därutöver tillkommer vilka bedömningar som görs med avseende på processens energibehov, dvs. hur mycket ligninbränsle som kan säljas. Att bygga en fabrik som endast tillverkar etanol är svårt att räkna hem ekonomiskt. Bäst verkningsgrad och lönsamhet fås om etanolfabriken ingår i ett kombinat, exv. med ett kraftvärmeverk eller ett kemiskt massabruk.

I min modell har jag satt etanolutbytet till 258 kg per ton TS, dvs. 325 liter per ton TS. Detta är det bästa värde som har uppnåtts i stor laboratorieskala. Då forskning och tekniska framsteg görs kontinuerligt är det troligt att en fabrik i framtiden kan hålla motsvarande prestanda. En m³ kub av gran har en torrsubstansmängd om 400 kg, därtill har jag i mina beräkningar lagt till barkinnehållet som uppgår till 14 % utöver vedens volym. Forskningsresultat visar att kolhydrathalten i barken endast utgör 75 % av vedens sockerinnehåll, varför jag har sänkt etanolutbytet i barken i min modell. Vid mycket höga barkandelar kan en minskad effektivitet av den enzymatiska hydrolysen fås. Större krav på förbehandlingen ställs vid högt barkinnehåll.

Flödesmodellen är inte konstruerad som ett kombinat, utan produkterna räknas var för sig. Det är tänkbart att ligninbränslet hade givit bättre intäkter om det förbränts i ett sammankopplat kraftvärmeverk, jämfört med om det säljs som ligninpellets till externa aktörer.

I enkla drag erhålls följande produkter vid etanoltillverkning: etanol, koldioxid samt en fast återstod bestående till största del av lignin. Etanolen är en väl efterfrågad produkt ifall priset är det rätta. Så länge etanoltullarna finns kvar är ett pris om 4,5 kronor per liter realistiskt att anta som försäljningsintäkt i min modell. Koldioxiden tror inte Lars Vallander att det finns någon avsättning för i dagsläget, men det är möjligt att det i framtiden kommer att finnas användning för den. Den kan bl.a. användas till kolsyra i läsk och som drivmedel i brandsläckare, tänkbart är även industrikombinat där koldioxiden behövs som pH sänkare i vissa processer. Jag har i min modell inte räknat med några intäkter från koldioxiden. Den fasta återstoden kan avvattnas och torkas till ligninbränsle, som har ca 30 % högre energiinnehåll än vanlig biopellets.

Energiinnehållet i den inkommande råvaran till processen (100 %) fördelas på följande sätt:

- Etanol 30 %
- Ligninbränsle 40 %
- Energianvändning för att driva processen 30 %

Fördelningen i utbyte mellan etanol och ligninbränsle baseras på att hydrolysen inte är fullständig utan en del cellulosa kommer att finnas kvar i den fasta återstoden. Ligninandelen i barrved uppgår till ca 28 viktprocent. En förbättrad hydrolys leder således till ett högre etanolutbyte men samtidigt ett lägre utbyte av ligninbränsle och vice versa.

Priset för förädlade trädbränslen är 211 kr/MWh,⁵⁰ hit räknas bl.a. briketter och pellets. 211 kr/MWh avser försäljning till värmeverk, ifall pelletsen distribueras till hushåll och mindre användare är priset ca 380 kr/MWh.⁵¹ Det förekommer lokala variationer. Jag har räknat med det högre priset eftersom förädlad ligninpellets är extra lämpligt för privata hushåll då det högre energiinnehållet kräver mindre volymer. Lagringskapaciteten är som regel begränsad för exempelvis privata hushåll med villa. Intäkten för ligninpellets är 209 miljoner kronor vid det högre priset, 116 miljoner kronor för det lägre priset, differensen är 93 miljoner kronor.

För ligninpellets har jag räknat med ett energiinnehåll om 6,1 MWh/ton vid en fukthalt om 11 %. Andelen ligninbränsle har jag satt till 20 % av torrsubstansen med tillägg för fukthalten. Andelen är egentligen större, men ca 30 % av vedens energiinnehåll eldas upp i pannor för att tillverka värme till egna processteg. Försäljningen av ligninpellets ger ett tillskott om 1,45 kronor per liter etanol enligt min modell (vid priset 380 Kr/MWh). Tillskottet per liter är starkt korrelerat till priset på ligninpellets samtidigt som ett högt etanolutbyte ger ett lägre utbyte av ligninpellets.

Vad gäller arbetstillfällen så finns det som tidigare nämnts ingen fabrik att utgå ifrån. Det bästa referensmaterial som finns att tillgå är Lantmännens Agroetanolfabrik. Det finns olikheter, t.ex. erhålls inget ligninbränsle vid etanoltillverkning baserad på jordbruksgrödor, samtidigt fås andra rester såsom foderpellets. Det är troligt att hanteringen av ligninpellets kräver ungefär samma personalstyrka som foderpelletshanteringen. Agroetanol i Norrköping tillverkar 55 000 m³ etanol och sysselsätter i dagsläget (070428) 44 personer.⁵² Varje person tillverkar således 1250 m³ etanol per år.

Förädlingsvärdet har jag beräknat som produktionsvärdet (nettoomsättningen) minus kostnader för inköp av massaved, enzymer och el. Priset på massaved är satt till 350 kr/m³ fub fritt industri. Priset för enzymer är osäkert, indikativa studier pekar på 20 – 35 öre/liter, jag har använt mig av siffran 30 öre/liter. Elförbrukningen per liter etanol ligger mellan 0,8 till 1,8 kWh per liter etanol. Jag har valt siffran 1,3 kWh per liter etanol då den ligger i mitten av intervallet. Priset på el per producerad liter etanol blir därmed 51,5 öre, (1,3 * 0,39,6) 39,6 öre per kWh är det elpriset jag använt mig av tidigare. Indikativa studier pekar på 20 – 75 öre/liter etanol.⁵³ För min modell innebär detta ett förädlingsvärde på 388 miljoner kr (855 – 350 – 43 – 74).

Kostnaderna för att tillverka etanol redovisas i Tabell 4 nedan. Siffrorna är uppskattningar som gjorts av Lars Vallander och påverkas av hur stor mängd etanol som tillverkas. Den låga råvarukostnadsandelen för etanoltillverkning beror på att en betydande del av råvaran kommer ut ur processen som ett ligninrikt fastbränsle.

Tabell 4. Uppskattning av kostnadsfördelning för en etanolfabrik

Kostnader för etanoltillverkning	
Kostnadspost	Intervall
Råvara	10-15 %
Tillverkning (rörliga kostnader)	25-30 %
Kapital	45-50 %
Personal (inkl. underhåll)	10-15 %

Eftersom etanol kan tillverkas billigare i Brasilien är export inte möjligt med dagens tillverkningskostnader för etanol tillverkad i Sverige baserad på skogsråvara. Handel inom EU är dock tänkbar eftersom tullarna skyddar samtliga medlemsländer. Eftersom Sverige importerar ca 90 % av etanolförbrukningen är det tänkbart att etanol som tillverkas i Sverige minskar importen av etanol. Vid ett pris om 2,5 kronor per liter etanol inklusive transport ger detta en importminskning med 359 miljoner kronor om 1 miljon m³ fub används med förutsättningarna som anges för min etanolmodell. Om etanoltullarna skulle tas bort skulle intäkterna minska med 259 miljoner kronor ($1,8 * 143\,650\,000$, tull * volym).

Vid etanoltillverkning åtgår mycket energi, främst i form av värme, men även el till pumpar etc. Värme krävs i förhydrolysen, hydrolysen av cellulosa och vid destillationen. Mina beräkningar bygger på att 30 % av vedens energi förbränns, materialet som förbränns är den fasta återstoden som består av bl.a.

lignin och extraktivämnena. I Tabell 5 beskrivs följd effekterna om 1 miljon m³ fub används för etanoltillverkning. Intäkterna är självfallet beroende av prissättningen och som tidigare angivits uppgår priset per liter etanol till 4,5 kr och 380 kr/MWh för ligninpelletsen. Den totala volymen etanol uppgår i modellen till 143 650 m³ och ca 89 000 ton ligninpellets.

Nyckelfakta för etanolmodellen	
Antal liter etanol per ton TS	325
Antal kilo ligninpellets per ton TS	200
Effektivt värmevärde i ligninpellets MWh per ton	6
Fukthalt i ligninpellets i %	11
Pris för etanol, kronor per liter	4,5
Pris för ligninpellets kronor per MWh	380
Andel export i % (obs. minskad import av etanol)	0
Sysselsättning, antal m ³ etanol per anställd	1250

Figur 8. Förutsättningar för etanolmodellen.

Tabell 5. Sysselsättning, förädlingsvärde och export i en etanolfabrik

Om 1 miljon m ³ fub granved raffinerar i en etanolfabrik erhålls följande under ett år:	
Antal sysselsatta	115
Intäkter i miljoner kronor (varav etanoltullar 259)	855
Förädlingsvärde i miljoner kronor	388
Exportintäkter i miljoner kronor (minskad import med ca 359 miljoner kronor)	0

8.3 Beräkningar tidningspapper

Min flödesmodell för tidningspapper är enkel och bygger på befintliga anläggningar. Det finns ett antal antaganden för beräkningarna som jag redovisar i detta avsnitt. Vedåtgången är 2,33 m³fub per ton papper, dvs. 1 miljon m³ fub räcker till 430 000 ton tidningspapper. Om vätskan tas bort från 1 miljon m³ fub massaved återstår det inte mer än 400 000 ton TS, men pappret har en torrhalt om ca 90 % när det levereras till slutkund, vätskehalten höjer därför vikten. 90 % är den torrhalt som pappret har när det varken avger eller tar upp fukt från luften. Barken från massaveden används vanligen för värmeproduktion till olika interna processteg.

Tidningspapper kan göras på enbart färskfiber, dvs. TMP-massa från granved utan inblandning av returfiber (använt papper). Vanligt är dock att pappersbruken köper in returpapper och blandar in returfiber i massan. Enligt Rikard Nilsson på Holmen är andelen färskfiber i svenska tidningspappersbruk i genomsnitt ca 60 % och returfiberandelen ca 40 %. Eftersom huvudsyftet med detta arbetet är att undersöka följd effekterna för användning av massaved och massafällis, har jag gjort två beräkningar, en som enbart avser färskfiber och en med inblandning av returfiber.

Någon kan då påpeka att det är till energisektorns nackdel att blanda in returfiber i pappersprocessen med argumentet att exv. ett kraftvärmeverk skulle kunna elda motsvarande mängd returfiber med ökad sysselsättning och förädlingsvärde som följd. Motargumentet är att kraftvärmeverken inte långsiktigt kan bränna returfiber om pappersindustrin inte fanns. Fibrerna förstörs inte i pappersprocessen, vilket de gör vid förbränning.

Sysselsättningsstatistiken är hämtad från följande fyra bruk: Braviken, Hallsta, Hylte och Kvarnsveden. De två första ägda av Holmen och de två sistnämnda ägda av Stora Enso.⁵⁴ Nämnvärt i sammanhanget är att Hylte pappersbruk är det enda av fyra ovan nämnda bruk som enbart tillverkar tidningspapper.

De tre andra har även tillverkning av andra, om än liknande, papperskvalitéer. Snittproduktionen för alla fyra bruken räknat i ton per anställd och år är 929, Hyltes produktion är 928 ton per person och år, dvs. papperssorten behöver inte vara avgörande för sysselsättningen. Se Bilaga 2 för sysselsättningsstatistiken vid respektive bruk.

Nyckelfakta för tidningspappersmodellen	
Vedåtgång per ton papper i m ³ fub	2,33
Andel färskfiber i % (Tabell 6)	100
Andel inblandning av returfiber i % (Tabell 7)	40
Fukthalt för tidningspapper i %	10
Pris per ton tidningspapper exkl transport i kr	4200
Andel export i %	82,5
Sysselsättning, ton tidningspapper per anställd	929

Figur 9. Förutsättningar för tidningspappersmodellen.

Förädlingsvärdet har jag beräknat som produktionsvärdet (nettoomsättningen) minus kostnader för inköp av massaved, kemikalier, el och i ena fallet returfiber. Priset på massaved är satt till 350 kr/m³ fub fritt industri. Kemikalierna uppgår till 150 kr/ton papper (import 120 kr/ton) och elkostnaden uppgår till 1170 kr/ton papper. Elanvändningen för TMP-massa uppgår till 2300 kWh/ton och 650 kWh/ton i pappersmaskinen, totalt 2950 kWh/ton. Jag har använt samma elpris som för kraftvärmemodellen, dvs. 39,6 öre/kWh. När returfiber blandas med färskfiber ökar kostnaden för kemikalier samtidigt som elkostnaden minskar, enligt Rikard Nilsson handlar det om ett nollsummespel. För enkelhetens skull har jag i beräkningen för returfiberinblandningen inte ändrat förhållandet mellan el- och kemikaliekostnaden.

För min modell innebär detta ett förädlingsvärde på 888 miljoner kr utan returfiberinblandning (1806 – 350 – 65 – 503). Med returfiberinblandning är förädlingsvärdet 1417 (3010 – 350 – 107 – 839 – 297).

Priset för standard tidningspapper om 45 gram per m² har jag satt till 536,81 EUR/ton, vilket är dagspriset (070502) på den europeiska marknaden.⁵⁵ Detta motsvarar 4906 svenska kronor per ton. Priset är inklusive frakt, priset exklusive uppgår till ca 4200 kronor per ton. 85 % av Holmens tillverkning går på export, vilket är mycket i jämförelse med tidigare nämnda sektor. Tidningspappret består till nästan 100 % av fibrer, men viss import av insatsvaror som kemikalier förekommer, enligt Rikard Nilsson uppgår importen till 120 kronor per ton. Exporten är därför sänkt med 2,5 % (120 / 4906) till 82,5 %.

Nedan i Tabell 6 anges sysselsättning, förädlingsvärde och export för ett pappersbruk som har 100 % färskfiber från gran. Den totala produktionen i modellen uppgår till 430 000 ton tidningspapper förutsatt att 1 miljon m³ fub vidareförädlas.

Tabell 6. Sysselsättning, förädlingsvärde och export i ett tidningspappersmassabruk med 100 % färskfiber

Om 1 miljon m³ fub granved processas till TMP massa och sedan används för tidningspappersproduktion erhålls följande under ett år:	
Antal sysselsatta	463
Intäkter i miljoner kronor	1806
Förädlingsvärde i miljoner kronor	888
Exportintäkter i miljoner kronor	1490

I Tabell 7 har hänsyn tagits till den normalt förekommande returfibercirkulationen. I beräkningen har en inblandning om 40 % returfiber gjorts och totalproduktionen uppgår till 716 666 ton.

Tabell 7. Sysselsättning, förädlingsvärde och export i ett tidningspappersmassabruk med 60/40 färskfiber/returpapper

Om 1 miljon m³ fub granved processas till TMP massa och sedan används för tidningspappersproduktion erhålls följande under ett år:	
Antal sysselsatta	771
Intäkter i miljoner kronor	3010
Förädlingsvärde i miljoner kronor	1417
Exportintäker i miljoner kronor	2483

8.4 Beräkningar LWC-papper

Modellen för LWC-papperstillverkning har jag byggt upp i samarbete med Göran Fridh, ekonomichef vid SCA Graphic, Sundsvall. LWC-papper består till största delen av fibrer från TMP massa och en mindre andel sulfatmassa, samt bestyrknings- och fyllnadsmedel. Utgångspunkten för min modell har varit Ortvikens pappersbruk. Vid Ortviken sker ingen inblandning av returpapper, det är endast färskfiber som används i deras process. Vid andra bruk förekommer inblandning av returfiber, jag har dock i min modell inte gjort beräkningar för inblandning av returfiber. Ortvikens pappersbruk tillverkar enbart TMP massa, sulfatmassan köps in. Torrvikten för LWC-papper fördelar sig på ca 60 % färskfiber och 40 % bestyrknings- och fyllnadsmedel. Därtill har hänsyn tagits till en fukthalt i pappret som i min beräkning uppgår till 10 %. Åtgångstalen varierar för vilken kvalitet av LWC-papper som tillverkas. I min modell är vedåtgången för att tillverka 1 ton LWC-papper ca 1,5 m³ fub, veden används till både sulfat- och TMP-massa. Det låga åtgångstalet av ved förklaras av den stora andelen bestyrknings- och fyllnadsmedel.

Som i tidigare räkneexempel har jag använt mig av 1 miljon m³ fub för att få jämförbara tal. För att få en så rättvisande modell som möjligt har tillverkningen av sulfatmassan avräknats från 1 miljon m³ fub. 70 % av veden har använts till TMP massa med åtgångstalet ca 2,33 m³ fub per ton och 30 % av veden har använts till sulfatmassa med åtgångstalet ca 5,10 m³ fub per ton. Till massblandningen har således 300 100 (700 000 / 2,33) ton TMP massa och 58 800 (300 000 / 5,1) ton sulfatmassa tillförts. Sedan har bestyrknings- och fyllnadsmedel om 40 % adderats, torrsubstansen uppgår nu till 598 000 (358 900 / 0,6). Sulfatmassan utgör ca 10 % av pappret. Fuktinnehållet om 10 % ger 666 340 (598 000 / 0,9) ton LWC-papper.

Vid Ortvikens pappersbruk används ca 570 000 m³ fub för LWC-papper, detta innebär att jag har fått skala upp fabriken i min modell. Vid Ortviken tillverkas både LWC- och tidningspapper, detta innebär att brukets totala vedförbrukning överstiger 1 miljon m³ fub. Sysselsättningen för Ortvikens pappersbruk uppgår till 930 anställda (Bilaga 3). Årsproduktionen är fördelad på ca 55 % LWC-papper (470 000 ton) och ca 45 % tidningspapper (380 000 ton). Årsproduktionen per anställd är 914 ton.

Priset för LWC-papper är i min modell satt till 5300 kr per ton. Det priset är angivet av Göran Fridh och är ett nettopris vid fabrik exklusive frakt. Priset är inte SCA:s exakta dagspris, men Göran menar att det mycket väl återspeglar ett för branschen genomsnittligt pris för LWC-papper under 2006. Priserna brukar ofta anges som "fakturapris till kund fritt levererat", vilket innebär att kunden får pappret fritt levererat. Priset inklusive leverans ligger på ungefär 6000 kr per ton, dvs. fraktkostnaden uppgår till ca 700 kronor per ton beroende på geografiskt läge och transportmetod.

Förädlingsvärdet har jag beräknat som produktionsvärdet (nettoomsättningen) minus kostnader för inköp av massaved, bestyrknings- och fyllnadsmedel, samt el. Priset på massaved är satt till 350 kr/m³ fub fritt industri. Kostnaden för bestyrknings- och fyllnadsmedel uppgår till 1100 kr/ton LWC-papper. Elkostnaden i pappersmaskinen är satt till 650 kWh/ton LWC-papper med elpriset 39,6 öre/kWh, dvs. 257 kr/ton papper. Elkostnaden för TMP-massan är satt 2300 kWh/ton med elpriset 39,6 öre/kWh, dvs. 911 kr/ton TMP-massa. Någon elkostnad för sulfatmassan har jag inte avräknat med då kemisk massa som regel är självförsörjande på energi då avlutarna förbränns i pannor med ångturbiner. För min modell innebär detta ett förädlingsvärde på 1783 miljoner kr (3236 – 350 – 672 – 157 – 274).

Vad gäller export så uppgår försäljningen utomlands till 95 % för LWC-papper tillverkat vid Ortvikens pappersbruk. Det sker även en viss import av bestryknings- och fyllnadsmedel. Det mesta köps från svenska leverantörer, som i sin tur köper av utländska producenter. Det är svårt att exakt ange i vilket land värdet skapas. En grov uppskattning från Göran Fridh är att kostnaden för bestryknings- och fyllnadsmedel uppgår till ca 800 kronor per ton, därutöver tillkommer distributionskostnader som räknas som en tjänst från utlandet på ca 300 kronor per ton. Summa summarum importeras varor och tjänster för ca 1100 kronor per ton LWC-papper. Detta ger en exportminskning med 18 % (1100 / 6000), således uppgår mycket grovt skattat nettoexporten till 77 % av försäljningen.

I Tabell 8 anges följd effekterna om 1 miljon m³ fub granved används för LWC-pappersproduktion. Att LWC-papper uppvisar höga siffror för samtliga följd effekter beror till stor del på att papperskvaliteten kräver mer insatsvaror i form av bestryknings- och fyllnadsmedel än exempelvis standard tidningspapper som till största delen består av ren träfiber.

Nyckelfakta för LWC-pappersmodellen	
Andel färskfiber i %	100
Andel inblandning av returfiber i %	0
Andel ved till TMP massa i %	70
Andel ved till sulfatmassa i %	30
Vedåtgång för TMP massa m ³ fub per ton	2,33
Vedåtgång för sulfatmassa m ³ fub per ton	5,1
Andel sulfatmassa i %	10
Fukthalt för tidningspapper i %	10
Bestrykningsmedel & fyllnadsmedel i % av papprets vikt (utan vatten)	40
Pris per ton LWC-papper exkl transport i kr	5300
Andel export i %	77
Sysselsättning, ton LWC-papper per anställd	914

Figur 10. Förutsättningar för tidningspappersmodellen

Totala årsproduktionen uppgår till 610 599 ton LWC-papper i min modell.

Tabell 8. Sysselsättning, förädlingsvärde och export i ett LWC-pappersmassabruk med 100 % färskfiber

Om 1 miljon m ³ fub granved processas till TMP- och sulfatmassa och sedan används för LWC-pappersproduktion erhålls följande under ett år:	
Antal sysselsatta	668
Intäkter i miljoner kronor	3236
Förädlingsvärde i miljoner kronor	1783
Exportintäkter i miljoner kronor	2492

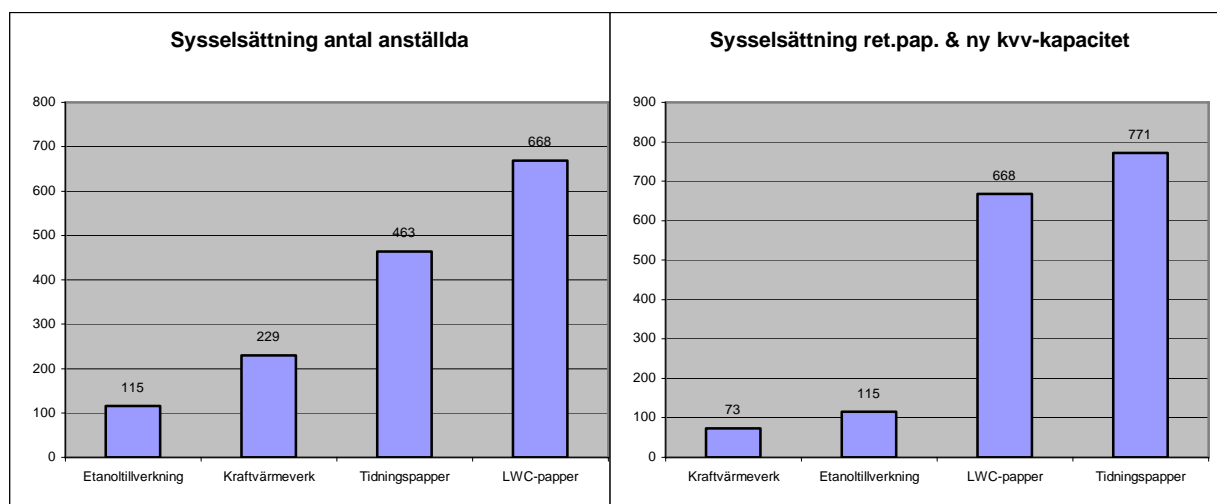
9. Slutsatser och egna kommentarer

Kapitlet sammanfattar de viktigaste slutsatserna i detta examensarbete. Jag kommenterar de indikativa resultaten och ger egna synpunkter på energiproblematiken samt växthuseffekten. Slutsatserna bygger på ett scenario där endast prima massaved används i respektive process, vilket nödvändigtvis inte behöver ske i verkligheten. Till grund för detta kapitel ligger gjorda beräkningar, men även viktiga synpunkter från de personer som hjälpt mig att bygga upp modellerna.

9.1 Sysselsättning

I Figur 11 anges sysselsättning för basscenariot där 1 miljon m³ fub används i respektive process. Sysselsättningen är avsevärt högre för skogssektorn jämfört med energisektorn. Skillnaden är som störst mellan etanolproduktion och LWC-pappersproduktion, 5,8 gånger större. Minst skillnad i sysselsättning råder mellan kraftvärmeverk och tidningspappersproduktion där den bara är 2 gånger större i tidningspappersproduktionen. I Figur 12 har 40 % returpapper blandats med färskfiber i tidningspappersmodellen. I samma figur har figurerad sysselsättning för nytillkommen kraftvärmekapacitet beaktats. Resultaten i Figur 12 visar då att tidningspappersproduktionen sysselsätter över 10 gånger så många som nytillkommen kraftvärmekapacitet.

Det är troligt att anläggningens storlek har betydelse för sysselsättningen, som regel finns ekonomiska skalfördelar. En fördubblad produktionskapacitet innebär inte nödvändigtvis en fördubbling av sysselsättningen. En miljon m³ fub är en verklighetsanpassad vedförbrukning för ett tidningspappersbruk, likaså är en miljon m³ fub (eller motsvarande mängd biobränslen) en realistisk förbrukning för ett kraftvärmeverk. Lars Vallander bedömer att en etanol fabrik i framtiden kan ha en kapacitet på ungefär 100 000 m³ etanol. Min etanolmodell har en kapacitet på 143 650 m³ ifall 1 miljon m³ fub används. Det är tänkbart att skalfördelar kan uppnås och att min uppskattning av sysselsättning därför är något hög. Även LWC-modellen är uppskalad jämfört med Ortvikens pappersbruk.



Figur 11. Jämförelse av sysselsättning.

Figur 12. Jämförelse av sysselsättning.

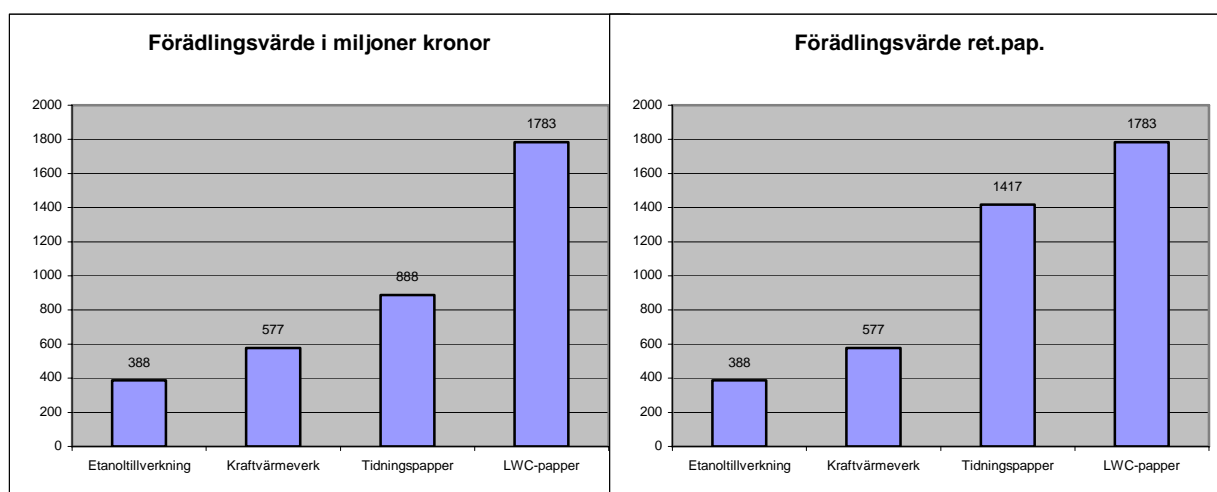
Slutsatserna bygger på att prima vedråvara (massaved och massaflys) används. Trädbränslen kan inte användas för pappersproduktion, men väl i kraftvärmeverk och etanolfabriker.

En produktionsökning i energisektorn är mycket positivt för sysselsättningen så länge bibränslen etc. används. Om prima vedråvara används är det mycket negativt för sysselsättningen då samma mängd ved hade gett 2 till 10 gånger så många sysselsatta i skogssektorn.

9.2 Förädlingsvärde

I Figur 13 och 14 visas förädlingsvärdet för de fyra processerna när 1 miljon m³ fub används. I Figur 14 har en inblandning om 40 % returpapper gjorts i tidningspappersmodellen. Förädlingsvärdet är avsevärt högre för skogssektorn än för energisektorn. Skillnaden är ca 1,5 mellan kraftvärmeverk och tidningspapper. Störst är differensen mellan etanoltillverkning och LWC-papper som uppgår till 4,6 gånger. Det är viktigt i sammanhanget att påpeka att någon hänsyn till lönsamhet ej gjorts. Att tillverka papper kräver fler insatsfaktorer i form av bl.a. elektricitet, kemikalier, fyllnadsmedel, bstrykningsmedel (LWC-papper) och personalkostnaden är betydligt större. Kapitalkostnaderna är en annan tung post som påverkar lönsamheten.

Ökad användning av bibränsle i energisektorn är positivt för såväl klimatet som Sveriges BNP. Viktigt är dock att väl märka att det är just bibränsle som ger positiva följd effekter och inte användningen av prima vedråvara i energisektorn.



Figur 13. Jämförelse av förädlingsvärde.

Figur 14. Jämförelse av förädlingsvärde.

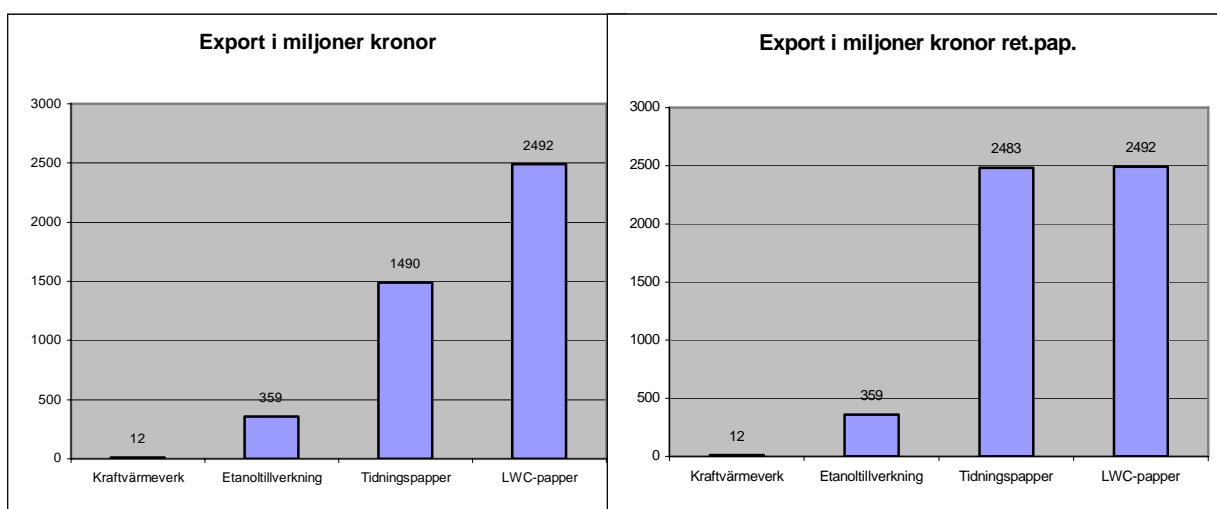
9.3 Handelsbalans, import – export

Figur 16 anger export från de olika processerna under förutsättning att 1 miljon m³ fub massaved används. Då Sverige har en sedan länge väl uppbyggd skogsindustri är produktionskapaciteten klart högre än vad som förbrukas i Sverige, därav den stora exportandelen. Fjärrvärme lämpar sig inte för export några längre sträckor då värmeförlusterna blir för stora. El lämpar sig väl för export, men produktionsöverskottet är begränsat. Sveriges klimat vintertid ökar behovet av el, liksom den tunga basindustrins förbrukning.

Det sker naturligtvis ingen export av etanol från Sverige, men då det finns en efterfrågan på etanol innebär inhemsk produktion en minskning av importen. Minskad import främjar den svenska handelsbalansen lika väl som ökad export. Vid beräkning av värdet av minskad etanolimport har jag använt brasilianska etanolpriser plus frakt.

(Anm.: etanolexport inom Europa kan förekomma, men då tillverkningen i Sverige understiger behovet har jag endast tagit hänsyn till den minskade importen av etanol)

Exportmöjligheterna för energisektorn och skogssektorn skiljer sig åt. Störst är differensen mellan kraftvärme och LWC-papper, en LWC-fabrik kan exportera hela 208 gånger mer än ett kraftvärmeverk. Minst är skillnaden mellan etanolproduktion och tidningspappersproduktion, endast 4 gånger för basscenariot utan returpappersinblandning. Även här gäller som tidigare konstaterats att en ökad bibränsleanvändning är positiv för såväl svensk export som det globala klimatet. Därutöver kan bibränslen vara en eventuell lösning på framtidens drivmedel i form av etanol. Men prima vedråvara bör ej används för energiändamål ifall maximal export efterfrågas.



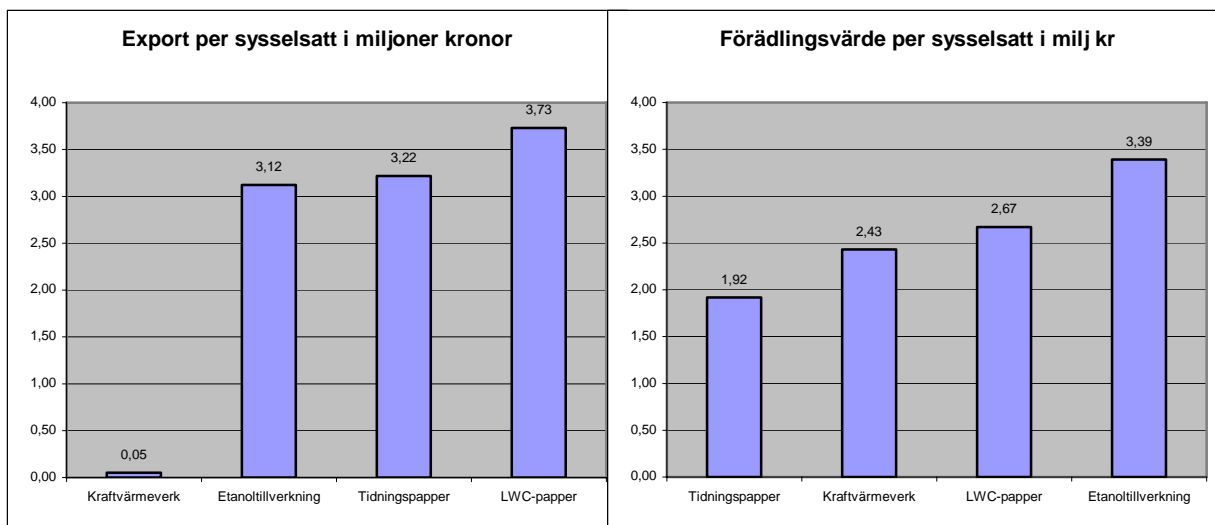
Figur 15. Jämförelse av export.

Figur 16. Jämförelse av export.

9.4 Förädlingsvärde och export per sysselsatt

Figur 17 anger exporten per sysselsatt i miljoner kronor för basscenariot där 1 miljon m³ fub ved används i respektive modell. Jag har fått fram jämförelsen genom att dividera total export med totalt antal sysselsatta vid respektive modell. Då exportmöjligheterna för kraftvärmeverk är begränsade blir exporten per sysselsatt låg. De tre andra processerna har en export per sysselsatt som ligger på drygt 3 miljoner kronor.

Figur 18 beskriver förädlingsvärdet per sysselsatt, avseende basscenariot. Inga våldsamma skillnader kan noteras för basscenariot. Störst är differensen mellan etanoltillverkning och tidningspapper, den förstnämnda har ca 1,8 gånger högre förädlingsvärde per sysselsatt jämfört med den sistnämnda. Dock är skillnaden större ifall nytillkommen kraftvärmekapacitet beaktas. Få sysselsatta åstadkommer ett högt förädlingsvärde. För min kraftvärmeverksmodell är förädlingsvärdet per sysselsatt 7,9 miljoner kronor när förädlingsvärdet divideras med sysselsättning för nytillkommen kraftvärmekapacitet (visas ej figur). Vid returfiberinblandning om 40 % minskar förädlingsvärdet per sysselsatt till 1,84 miljoner kronor i tidningspappersmodellen, att jämföra med 1,92 miljoner kronor för basscenariot.



Figur 17. Jämförelse av export per sysselsatt.

Figur 18. Jämförelse av förädlingsvärde per sysselsatt.

9.5 Miljöperspektiv

De statliga styrmedlena syftar till att styra om energianvändningen och öka intäkterna till statskassan. Vid förbränning av bibränslen frigörs lika mycket koldioxid som bundits av växternas fotosyntes, det handlar således om ett nollsummespel. Ifall fossila bränslen förbränns frigörs koldioxid till atmosfären som varit bundet i tusentals år, här sker en nettoökning av koldioxidhalten. Styrmedlena syftar till att öka den förnyelsebara energiproduktionen och minska användningen av den fossila energin genom beskattning.

Vid papperstillverkning frigörs inte koldioxid, utan kolatomerna finns bundna i pappret efter träfibrerna passerat massa- och pappersbruket. Dock är inte papperstillverkningen koldioxidfri, massa- och pappersbruket släpper ut koldioxid från bl.a. värmepannor. Enligt Kassberg et al vållar den mekaniska massan dock inga större miljöproblem.⁵⁶

I kraftvärmeverk frigörs koldioxid som är bunden i bibränslet. Om det bara funnits bibränsleeldade kraftvärmeverk hade en stor del av värme- och elproduktionen inte bidragit till växthuseffekten. Då klimatet på jorden är globalt spelar det ingen roll var koldioxiden frigörs. Ett stort problem är kolkraftverken i andra länder, dels har kolkraft dålig verkningsgrad, dels ger förbränning av kol ett nettobidrag av koldioxid till atmosfären. Globalt sett vore det bäst för klimatet om de mest smutsiga industrierna stängdes först, då det ger bäst margineffekt för klimatpåverkan. Samtidigt brukar det inte vara ett vinnande koncept att jämföra sig med de sämsta, utan med de bästa. Även om Sverige redan har kommit långt i klimatfrågorna finns det ingen anledning att sluta sträva efter att reducera bl.a. utsläpp av koldioxid.

I dagsläget har kraftvärmeverk betydligt högre verkningsgrad än t.ex. etanolfabriker. Det är därför bättre för miljön om bibränslet används för energiproduktion i kraftvärmeverk än till etanolproduktion.

Därmed inte sagt att satsningarna på etanol är förgäves, oljan måste på något sätt ersättas, då inte minst skogssektorn är beroende av drivmedel.

Med dagens låga verkningsgrad för etanoltillverkning anser jag att det är slöseri med biobränslet om det i stor skala används för etanolproduktion istället för i kraftvärmeverk. Om eller när verkningsgraden för etanoltillverkning kan förbättras väsentligt bör en storskalig anläggning övervägas. Förmodligen kommer någon form av kombinat att krävas för att uppnå godtagbar verkningsgrad. Fortsatt forskning får i framtiden utvisa vad som är mest lämpligt.

Kapitalkostnaderna är en akilleshäla för produktion av biodrivmedel som etanol.⁵⁷ För miljön är en hög verkningsgrad viktigt, men även kostnaderna hålls nere ifall så mycket som möjligt av vedens energiinnehåll kan nyttjas. Samlokalisering med annan industri som kraftvärmeverk, massafabriker och sågverk är tänkbare alternativ för förbättrad verkningsgrad. Det gäller att uppnå synergieffekter då de olika processerna samlokaliseras. Överskottsvärme från kraftvärmeverk kan exv. sommartid användas för torkning av ligninpellets, på så sätt kan elproduktionen hållas hög samtidigt som värmen används effektivt.

Som konstaterats ovan är en hög verkningsgrad viktig för att begränsa utsläppen av bl.a. koldioxid till atmosfären och därmed bromsa växthuseffekten. Efterfrågan på drivmedel kommer sannolikt inte att försvinna framöver och då kan man fråga sig hur drivmedel som etanol ska framställas? Enligt energimyndigheten är skogsråvara bättre än jordbruksgrödor för etanolproduktion, då energiåtgången för att producera etanol från skogsråvara är mindre än från jordbruksgrödor. Åtgången av fossila bränslen är stor för plantering, gödning och skörd i jordbruket.⁵⁸ Om koldioxid från fossila bränslen släpps ut i stor omfattning försvinner syftet med förnyelsebara drivmedel som etanol. I dessa sammanhang är det viktigt att styrmedel inte subventionerar alternativa biodrivmedel som direkt eller indirekt orsakat klimatpåverkan. Andra argument som talar för att skogsråvaran är lämpligare än jordbruksgrödor är att skogen täcker över halva Sveriges yta och jordbruksmarken endast 6-7 %.

Vid uttag av grenar, toppar (GROT) och stubbar är det viktigt att energikostnaden för att bryta stubbar och transportera träbränslet inte är för stor. Generellt gäller att det inte får åtgå mer energi för att omhänderta träbränslet än vad som kan genereras i slutändan. Detta gäller framförallt när fossila bränslen används i fordon som skördare och transporterar biobränslet.

I ett längre tidsperspektiv, 20 – 30 år, tror jag inte det är ovanligt med större kombinat, kanske är det dagens pappersbruk som då har integrerad tillverkning av papper, biodrivmedel, el och värme? Redan idag sker i mindre utsträckning försäljning av industriell spillvärme till fjärrvärmenät, denna typ av samverkan för miljön kan bli ännu viktigare i framtida försök att reducera växthuseffekten.

Andra frågor som kan uppstå i ett längre tidsperspektiv är hur energisektorns betalningsförmåga ser ut om eller när styrmedlen fasas ut? Ifall skogsindustrin minskar eller upphör med investeringar i svenska pappersbruk till följd av ogynnsamma konkurrensförhållanden kan det i framtiden uppstå frågor kring användningen av skogsråvaran. En kombination av en försvagad skogsindustri och en energisektor utan styrmedel kan få vilken skogsägare som helst att fundera på hur vederbörande ska få avsättning för sin skog.

9.6 Slutord

Att beskriva verkligheten med siffror har sina för- och nackdelar. Fördelarna kan vara att det är enkelt att jämföra siffror (ifall de är jämförbara). Det kan dessutom vara lättare för människor att förstå sammanhang ifall de får beskrivande siffror. Om chefen säger att du ska få en ”jättehög” lön, kanske ”jättehög” inte beskriver verkligheten lika väl som siffran 1 eller 5 miljoner kronor om året. Att ange fakta i monetära enheter kan ge förbättrad förståelse.

Till nackdelarna med siffror hör osäkerhet varifrån de kommer och under vilka antaganden de tagits fram. Att sätta siffror på miljön är minst av allt enkelt. Likaså är inte alltid siffror jämförbara. Mina beräkningar för följd effekter av massavedsanvändning visar att LWC-papper ger bäst utfall för samtliga tre följd effekter, sysselsättning, intäkter och export. Varför tillverkas något annat än LWC-papper då? Svaret är enkelt, marknaden efterfrågar helt enkelt olika typer av produkter, dessutom tar inte min modell hänsyn till kostnader för LWC-tillverkning. Lönsamheten är oftast avgörande för vad som tillverkas. Optimalt är en låg tillverkningskostnad och låga kapitalkostnader i kombination med ett högt försäljningspris.

Grunden till problemformuleringen för denna uppsats var klimatförändringar och minskande tillgångar på fossila bränslen. Olika styrmedel har införts för att minska klimatpåverkan och öka andelen förnyelsebar energi. Dessa styrmedel är på gott och ont. Skogsindustrin är mycket positiv till biobränslen, men menar att styrmedlena missgynnar pappersproduktionen. Om styrmedlena bara gällt för biobränslen som GROT m.m. hade det inte varit något problem. Men när energisektorn får ökad betalningsförmåga som inte kommer från den fria marknaden utan ifrån staten, riskerar detta att kraftigt försämra förutsättningarna för den svenska pappersproduktionen. Hade skogsindustrin erhållit ”papperscertifikat” hade detta utjämnat betalningsförmågan från respektive sektor. Dagens elcertifikatsystem tar inte hänsyn till vilken typ av biologiskt bränsle som används, vilket ger en ojuste konkurrenssituation. Om massaved och sågverksflis används som bränsle anser jag att man kan ifrågasätta rimligheten i att subventionera detta.

På längre sikt kan skogsindustrin ta skada då de ofördelaktiga styrmedlena ökar priset på massaved och massafflis, vilket minskar skogsindustrins benägenhet att investera i svenska pappersanläggningar. Samtidigt behöver skogsbolagen drivmedel för att transportera varor, liksom elektricitet och värme behövs i tillverkningsprocesserna för papper. Skogssektorn är således beroende av utvecklingen för energisektorn. USA har under de senaste åren gjort stora satsningar på att producera inhemsk etanol. Dessa satsningar beror inte huvudsakligen på miljöskäl, utan även för att minska beroendet av länder i Mellanöstern med stora oljetillgångar. I Europa råder en osäkerhet över Rysslands vilja att leverera fossila bränslen på ett tillfredställande sätt. På lång sikt efterfrågas en hållbar lösning för framtidens energiförsörjning. Likväl ligger åtgärder för minskade människovådliga utsläpp i fokus. På kort sikt tror jag det främst är politiska beslut som driver på utvecklingen av förnyelsebar energi.

Jag har nedan sammanfattat de viktigaste för- och nackdelarna som ökad användning av massaved för energiändamål leder till.

Fördelar:

- En långsiktigt och hållbar lösning på energifrågan
- Hälsoproblem orsakade av utsläpp från fossila bränslen minskar⁵⁹
- Begränsning av klimatförändringar
- Oroligheter i bl.a. Mellanöstern kan bli mindre kännbara vid minskat oljeberoende

Nackdelar:

- Färre arbetstillfällen
- Minskade exportintäkter
- Minskat förädlingsvärde
- Skogsindustrin får minskad konkurrenskraft

Vad ska man då välja? En viktig industrigren eller tänkbara lösningar på klimat- och energiproblematiken? Personligen har jag svårt att tänka mig att avstå något av dessa två alternativ. Båda behövs eftersom nästan alla människor dagligen använder energi såväl som pappersprodukter. En kompromiss där skogens råvara delas upp restriktivt kan vara en lösning, den prima vedråvaran vidareförädlas till papper och biprodukter såsom GROT, stubbar m.m. kan tas om hand för energiproduktion. En samsyn på skogens nyttigheter är viktig, oavsett vem som avverkar måste det ställas krav på att både prima massaved och trädbränslen tas om hand. I slutänden är det viktigt att förstå följd effekterna om prima massaved används för energiproduktion. Samtidigt är all användning av biobränslen för energiproduktion av mycket positiv karaktär för såväl sysselsättning, förädlingsvärde, export och klimat.

10. Källförteckning

Skriftliga referenser:

Andersson, G. 2001. Kalkyler som beslutsunderlag. Studentlitteratur, Lund

Ejvegård, R. 2003. Vetenskaplig metod. Studentlitteratur, Lund

Fröberg, F 2007. Utsläppshandel trissar upp elpris. Publicerat 13 mars 2007, SVD, näringsliv

Kassberg, M., Erlandsson, M. & Gavelin, G. 1998. Massa och papper - en grundbok. Skogsindustrins utbildning i Markaryd

Lundin, T. 2007. Gröna börsvinnare. Publicerat 9 februari 2007, SVD, näringsliv

Nylinder, M. 1979. Relationstal träbränslen – olja. Rapport nr 110, institutionen för virkeslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala

Nylinder, M. & Törnmarck, J. 1986. Mätning av bränseflis, spån och bark. Rapport nr 173, institutionen för virkeslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala

Nylinder, M., Woxblom L. & Fryk. H. 2006. Ädellöv – Virke och förädling. Institutionen för skogens produkter och marknader, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala

Privataaffärer. 2006. Nya utsläppsrätter ger dyrare el senare. Publicerat 30 november 2007, Privataaffärer, TT

Ringdahl, O. 1981. Uppsatskrivning – teknik eller konst. Studentlitteratur, Lund

Rådet för virkesmätning och redovisning. 2006. Mätinstruktion för massaved. VMR 1-06

Skogsstyrelsen. 2004. Skogsstatistisk årsbok 2004. Skogsstyrelsen, Jönköping

Statens energimyndighet. 2006. Energiläget. ET 2006:43

Statens energimyndighet. 2006. Energiläget i siffror. ET 2006:44

Statens energimyndighet. 2004. Etanol som biodrivmedel. ET 11:2004

Statens energimyndighet. 2007. Prisblad för biobränslen, torv m.m. Nr 1/2007

Statens energimyndighet. 2006. Programmet etanol från skogsråvara. Slutrapport, ER 2006:23

Statens offentliga utredningar. 2005. Fjärrvärme och kraftvärme i framtiden. SOU 2005:33

Statens offentliga utredningar. 2006. Mervärdesskog. SOU 2006:81

Sveriges Lantbruksuniversitet. 2004. Uppdrag rörande den framtida användningen av bioenergi i Sverige. Slutrapport FABS, Umeå

Söderberg, C. 2005. Småskalig vattenkraft, projektering – konstruktion – drift. Småskalig vattenkraft, Köping

Hemsidor:

BioAlcohol and fuel foundation (Baff). 2007. <http://www.baff.info/>

Effektiv. 2007. <http://www.effektiv.org/>

Energirådgivningen, Lapplands kommunalförbund. 2007.
<http://www.lapplandskommunalforbund.se/>

FOEX Indexes Ltd. 2007. <http://www.foex.fi/>

Handels- och industriministeriet. 2007. <http://www.ktm.fi/?l=sv&s=193>

Holmen AB. 2007. <http://www.holmen.com/>

Lantmännen Agroetanol. 2007. <http://www.agroetanol.se/>

Naturvårdsverket. 2007. <http://www.naturvardsverket.se/>

Nordpool. 2007. <http://www.nordpool.com/>

Primwood AB. 2007. <http://www.primwood.se/>

Regeringen och Regeringskansliet. 2007. <http://www.regeringen.se/>

Statens energimyndighet. 2007. <http://www.energimyndigheten.se/>

Statistiska centralbyrån. 2007. <http://www.scb.se/>

StoraEnso. 2007. <http://www.storaenso.com/>

Svensk Etanolkemi AB. 2007. <http://www.sekab.com/>

Svensk Fjärrvärme AB. 2007. <http://www.svenskfjarrvarme.se/>

Svenska Cellulosa Aktiebolaget. 2007. <http://www.sca.se/>

Svenska Petroleum Institutet. 2007. <http://www.spi.se/>

Sveriges lantbruksuniversitet. 2007. <http://www2.slu.se/>

Vattenfall AB. 2007. <http://www.vattenfall.se/>

Muntliga referenser:

Andersson, S. 2007. Energikonsult, FVB, Västerås
Fridh, G. 2007. Ekonomichef, SCA Graphic, Sundsvall

Johansson, E. 2007. VD, Ena Energi, Enköping

Nilsson, R. 2007. Koncernstab teknik, Holmen, Stockholm

Vallander, L. 2007. Tekn. Dr. Statens energimyndighet, Eskilstuna

10.1 Notförteckning

-
- ¹ Lundin, T. 2007. Gröna börsvinnare. Publicerat 9 februari 2007, SVD, näringsliv
- ² http://www.energimyndigheten.se/WEB/STEMEx01Swe.nsf/F_PreGen01?ReadForm&MenuSelect=1D25DCE353B5C9D6C1256DD600602970
- ³ Statens energimyndighet. 2006. Energiläget. ET 2006:43
- ⁴ Skogsstyrelsen. 2004. Skogsstatistisk årsbok 2004. Skogsstyrelsen, Jönköping
- ⁵ Ejvegård, R. 2003. Vetenskaplig metod. Studentlitteratur, Lund
- ⁶ Ejvegård, R. 2003. Vetenskaplig metod. Studentlitteratur, Lund
- ⁷ Sveriges Lantbruksuniversitet. 2004. Uppdrag rörande den framtida användningen av bioenergi i Sverige. Slutrapport FABS, Umeå
- ⁸ Sveriges Lantbruksuniversitet. 2004. Uppdrag rörande den framtida användningen av bioenergi i Sverige. Slutrapport FABS, Umeå
- ⁹ Sveriges Lantbruksuniversitet. 2004. Uppdrag rörande den framtida användningen av bioenergi i Sverige. Slutrapport FABS, Umeå
- ¹⁰ Skogsstyrelsen. 2004. Skogsstatistisk årsbok 2004. Skogsstyrelsen, Jönköping
- ¹¹ Skogsstyrelsen. 2004. Skogsstatistisk årsbok 2004. Skogsstyrelsen, Jönköping
- ¹² Rådet för virkesmätning och redovisning. 2006. Mätinstruktion för massaved. VMR 1-06
- ¹³ <http://www.primwood.se/Downloads/Stjarnsagning%20Psv.pdf>
- ¹⁴ Statens offentliga utredningar. 2006. Mervärdesskog. SOU 2006:81
- ¹⁵ Nylinder, M., Woxblom L. & Fryk. H. 2006. Ädellöv – Virke och förädling. Institutionen för skogens produkter och marknader, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala
- ¹⁶ Nylinder, M. 1979. Relationstal träbränslen – olja. Rapport nr 110, institutionen för virkeslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala
- ¹⁷ http://www.baff.info/production_processes.cfm
- ¹⁸ <http://www2.slu.se/forskning/fakta/faktaskog/pdf95/4S95-05.pdf>
- ¹⁹ Statens energimyndighet. 2006. Energiläget. ET 2006:43
- ²⁰ <http://www.regeringen.se/sb/d/3188>
- ²¹ [http://www.energimyndigheten.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/\(vLookupDocumentsWeb\)/BDDCC6BB0435A142C1256E82003BE6B2?OpenDocument&count=-1](http://www.energimyndigheten.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/(vLookupDocumentsWeb)/BDDCC6BB0435A142C1256E82003BE6B2?OpenDocument&count=-1)
- ²² [http://www.energimyndigheten.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/\(vLookupDocumentsWeb\)/BDDCC6BB0435A142C1256E82003BE6B2?OpenDocument&count=-1](http://www.energimyndigheten.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/(vLookupDocumentsWeb)/BDDCC6BB0435A142C1256E82003BE6B2?OpenDocument&count=-1)
- ²³ [http://www.energimyndigheten.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/\(vLookupDocumentsWeb\)/BDDCC6BB0435A142C1256E82003BE6B2?OpenDocument&count=-1](http://www.energimyndigheten.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/(vLookupDocumentsWeb)/BDDCC6BB0435A142C1256E82003BE6B2?OpenDocument&count=-1)
- ²⁴ Statens energimyndighet. 2006. Energiläget. ET 2006:43
- ²⁵ Statens energimyndighet. 2006. Energiläget. ET 2006:43
- ²⁶ Fröberg, F 2007. Utsläppshandel trissar upp elpris. Publicerat 13 mars 2007, SVD, näringsliv
- ²⁷ <http://www.spi.se/fprw/files/Energiskatter%20-%20historik.XLS>
- ²⁸ <http://www.ktm.fi/?l=sv&s=193>
- ²⁹ Statens energimyndighet. 2006. Energiläget. ET 2006:43
- ³⁰ Sveriges Lantbruksuniversitet. 2004. Uppdrag rörande den framtida användningen av bioenergi i Sverige. Slutrapport FABS, Umeå
- ³¹ <http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/hallbar/miljoeko/energi/koldio.htm>
- ³² Statens energimyndighet. 2006. Energiläget. ET 2006:43

-
- ³³ http://www.energimyndigheten.se/WEB/STEMEx01Swe.nsf/F_PreGen01?ReadForm&MenuSelect=7EDE1E26198B1B4CC1256E4C0047CC8C
- ³⁴ http://www.energimyndigheten.se/WEB/STEMEx01Swe.nsf/F_PreGen01?ReadForm&MenuSelect=7EDE1E26198B1B4CC1256E4C0047CC8C
- ³⁵ Privataaffärer. 2006. Nya utsläppsrätter ger dyrare el senare. Publicerat 30 november 2007, Privataaffärer, TT
- ³⁶ Statens offentliga utredningar. 2005. Fjärrvärme och kraftvärme i framtiden. SOU 2005:33
- ³⁷ http://www.svenskfjarrvarme.se/download/3203/Fv_Kraftvarme_Framtiden.pdf
- ³⁸ http://www.scb.se/templates/Publikation____55857.asp
- ³⁹ <http://www.vattenfall.se/downloads/informationsmaterial/system.pdf>
- ⁴⁰ <http://www.effektiv.org/miljobel/forklaring.asp#Verkningsgrad>
- ⁴¹ http://www.vattenfall.se/om_vattenfall/energikunskap/olja/kraftvarmeverk.asp
- ⁴² Statens energimyndighet. 2004. Etanol som biodrivmedel. ET 11:2004
- ⁴³ <http://www.sekab.com/default.asp?id=1139&refid=1179>
- ⁴⁴ Statens energimyndighet. 2006. Programmet etanol från skogsråvara. Slutrapport, ER 2006:23
- ⁴⁵ Kassberg, M., Erlandsson, M. & Gavelin, G. 1998. Massa och papper - en grundbok. Skogsindustrins utbildning i Markaryd
- ⁴⁶ Kassberg, M., Erlandsson, M. & Gavelin, G. 1998. Massa och papper - en grundbok. Skogsindustrins utbildning i Markaryd
- ⁴⁷ <http://www.nordpool.com/>
- ⁴⁸ Statens energimyndighet. 2006. Energiläget. ET 2006:43
- ⁴⁹ Statens energimyndighet. 2006. Energiläget. ET 2006:43
- ⁵⁰ Statens energimyndighet. 2007. Prisblad för biobränslen, torv m.m. Nr 1/2007
- ⁵¹ <http://www.laplandskommunalforbund.se/ebranschen/priser.htm>
- ⁵² <http://www.agroetanol.se/>
- ⁵³ Statens energimyndighet. 2006. Programmet etanol från skogsråvara. Slutrapport, ER 2006:23
- ⁵⁴ http://www.storaenso.com/CDAvgn/main/0,,1_EN-1950-13982-,00.html
- ⁵⁵ http://www.foex.fi/pix_newsprint.asp
- ⁵⁶ Kassberg, M., Erlandsson, M. & Gavelin, G. 1998. Massa och papper - en grundbok. Skogsindustrins utbildning i Markaryd
- ⁵⁷ Statens energimyndighet. 2006. Programmet etanol från skogsråvara. Slutrapport, ER 2006:23
- ⁵⁸ Statens energimyndighet. 2004. Etanol som biodrivmedel. ET 11:2004
- ⁵⁹ <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Energi/Energin-paverkar-miljon/>

11. Bilagor

Bilaga 1

Företag med kraftvärme 2003	Värme-leverans GWh	Antal anställda		GWh/pers
Norrenergi AB	1008	60		16,8
Enköpings Värmeverk, AB	213	37		5,8
Eskilstuna Energi & Miljö AB	701	239		2,9
Tekniska Verken i Linköping AB	1280	440		2,9
Sydkraft Öst Värme AB	948	110		8,6
Jönköping Energi AB	529	93		5,7
Nässjö Affärsverk AB	143	72		2,0
Växjö Energi AB	499	151		3,3
Oskarshamn Energi AB	94	20		4,7
Sydkraft Värme Syd AB	2427	188		12,9
Lunds Energi AB	875	207		4,2
Öresundskraft AB	913	134		6,8
C4 Energi AB Värme	272	79		3,4
Ängelholms Energi AB	193	65		3,0
Borås Energi AB	597	41		14,6
Karlstads Energi AB	477	92		5,2
Sydkraft Mälardalen Värme AB	1297	143		9,1
Sala-Heby Energi AB	134	29		4,6
Falu Energi AB	259	128		2,0
Härnösand Energi & Miljö AB	156	82		1,9
Sundsvall Energi AB	562	125		4,5
Jämtkraft AB	564	271		2,1
Skellefteå Kraft AB	451	388		1,2
Umeå Energi AB	835	93		9,0
Skellefteå Kraft AB	451	388		1,2
Tekniska Verken i Kiruna AB	215	131		1,6
	Medelvärde			5,4
1/3 elproduktion	inkl skattad elproduktion		1,5 * 5,4 =	8,1

Källa: Sofie Andersson vid energikonstuln FVB, <http://www.fvb.se/>

Bilaga 2

Pappersbruk	Antal anställda	Produktion ton/år
Hallsta	1000	795000
Braviken	725	760000
Hylte	900	835000
Kvarnsveden	970	950000
Antal ton per person och år i medelvärde	929,07	

Källa: <http://www.holmenpaper.com/> och <http://www.storaenso.com/>

Bilaga 3

Pappersbruk	Antal anställda	Produktion (ton per år)	Produktion per anställd (antal ton per person och år)
Ortviken Totalt (LWC och tidning)	930	850000	914

Källa: Göran Fridh, SCA och http://www.forestproducts.sca.com/modules/pdf/presentations/gsortviken/06/g_s_ortviken_06_se.pdf

Bilaga 4

Enheter

Nedan definieras ett antal mått som används i löpande i texten.

<i>m₃ sk</i>	Skogskubikmeter. Avser volymen av hel stam ovan stubbskär inklusive topp och bark
<i>m₃ f</i>	Kubikmeter fast mått. Avser verklig volym virke med eller utan bark.
<i>m₃ f u b</i>	Kubikmeter fast mått. Avser verklig volym av stam eller stam-del exklusive bark.
<i>m₃ f p b</i>	Kubikmeter fast mått. Avser verklig volym av stam eller stam-del inklusive bark
<i>m₃ s</i>	Kubikmeter stjälpt mått. Avser yttre volymen av flis, sågspån och liknande produkter inklusive luft i behållare, stack etc.
<i>TS</i>	Torrsubstans
<i>Fukthalt</i>	Kvoten mellan vattenvikt i virket och träets fuktiga vikt

Publikationer från Institutionen för skogens produkter, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

Rapporter

1. Ingemarson, F. 2007. De skogliga tjänstemännens syn på arbetet i Gudruns spår. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
2. Lönnstedt, L. 2007. *Financial analysis of the U.S. based forest industry*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala

Examensarbeten

1. Stangebye, J. 2007. Inventering och klassificering av kvarlämnad virkesvolym vid slutavverkning. *Inventory and classification of non-cut volumes at final cut operations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
2. Rosenquist, B. 2007. Bidragsanalys av dimensioner och postningar – En studie vid Vida Alvesta. *Financial analysis of economic contribution from dimensions and sawing patterns – A study at Vida Alvesta*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
3. Ericsson, M. 2007. En lyckad affärsrelation? – Två fallstudier. *A successful business relation? – Two case studies*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
4. Ståhl, G. 2007. Distribution och försäljning av kvalitetsfuru – En fallstudie. *Distribution and sales of high quality pine lumber – A case study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
5. Ekholm, A. 2007. Aspekter på flyttkostnader, fastighetsbildning och fastighetstorlekar. *Aspects on fixed harvest costs and the size and dividing up of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
6. Gustafsson, F. 2007. Postningsoptimering vid sönderdelning av fura vid Sätters Ångsåg. *Saw pattern optimising for sawing Scots pine at Sätters Ångsåg*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
7. Götherström, M. 2007. Följdeffekter av olika användningssätt för vedråvara – en ekonomisk studie. *Consequences of different ways to utilize raw wood – an economic study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala