



Figur 6: Balansområdenas utsträckning.
Figure 6: The extent of the balance areas.

Tabell 3. Relativ fördelning av nationell efter
sektorerna (%)

Balansområden	Sågverk	Mas
BO1	26	
BO2	24	
BO34	50	

4.2 Skogliga data och ber

Om underlag användes Riksskogstaxeri

Ett energioptimerat skogsbruk i Sverige

ANALYS AV NÅGRA SCENARIER FÖR SKOGSSEKTORN

LJUSK OLA ERIKSSON
DIMITRIS ATHANASSIADIS
MIKAEL ÖHMAN

FÖRORD

Energitillförsel till fjärrvärmesektorn är en ständigt aktuell fråga. Det här projektet syftar till att ge underlag för bedömningar av hur bränsletillförsel från skog till energisektor kan utvecklas i ett nationellt perspektiv under olika förutsättningar vad gäller virkesmarknad och teknik. Studien visar att det finns en potential för att öka bränsleuttaget ur de svenska skogarna utan att det påtagligt hämmar övriga sektorer.

Tidigare Fjärrsynsstudier inom området är projektet ”Energioptimera skogsbruket – fallstudier av potentialen i skogsbränsleanpassningar”.

Projektledare har varit Ljusk Ola Eriksson vid Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU. Projektet har haft en referensgrupp som har följt och bidragit till projektets resultat. Referensgruppen har bestått av Karl Sandstedt, Göteborg Energi (ordf.), Arne Andersson Ronneby Miljöteknik, Peter Nyström ENA Energi AB, Helen Frisén Växjö Energi och Johan Holmqvist Skellefteå Kraft.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn som finansieras gemensamt av Energimyndigheten och fjärrvärmebranschen. Fjärrsyn ska stärka möjligheterna för fjärrvärme och fjärrkyla genom ökad kunskap om fjärrvärmens roll i klimatarbetet och för det hållbara samhället till exempel genom att bana väg för affärsmässiga lösningar och framtidens teknik.

Christian Schwartz
Ordförande i Svensk Fjärrvärmes omvärldsråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns styrelse eller Svensk Fjärrvärme har tagit ställning till innehållet.

SAMMANFATTNING

Det finns förväntningar om ett ökat behov av trädbränsle. Utgångspunkten i denna studie är att skötseln av skogen är ett resultat av efterfrågan på olika produkter. De produkter som särskiljs är sågtimmer, massaved och skogsbränsle och de sektorer som efterfrågar produkterna är sågverksindustrin, massaindustrin och energisektorn. Sektorerna är beroende av varandra på virkesmarknaden då uttag av ett sortiment påverkar tillgången på övriga sortiment.

Projektet syftar till att ge underlag för bedömningar av hur bränsletillförsel från skog till energisektor kan utvecklas i ett nationellt perspektiv under olika förutsättningar vad gäller virkesmarknad och teknik. Således analyseras frågor kring

- vilka skogsbränslepotentialer som finns över tiden regionalt och nationellt med beaktande av övriga skogsindustriella sektors efterfrågan,
- hur utvecklingen av energisektorn påverkar andra sektorer, samt
- vilka skogsskötselåtgärder och tekniska system förefaller mest angelägna för att öka lönsamhet och skogsbränsleskörd.

Analyserna baseras på tre olika scenarier vad gäller utvecklingen av marknaderna för sågverks- och massaindustri samt energisektor:

- Nuvarande marknadsförhållanden består
- Efterfrågan från energisektorn ökar med 50 % under de närmaste 10 till 15 åren
- Efterfrågan från massaindustrin går ned med 25 % under de närmaste 10 till 15 åren

Utbudet är gemensamt för de tre sektorerna och beskrivs av olika skötselprogram för de skogliga beskrivningsenheterna. Analyserna görs med planeringssystemet Heureka där de skogliga beskrivningsenheterna utgörs av Riksskogstaxeringens ytor.

Analyserna har en tidshorisont på 100 år, uppdelad på 20 st 5-årsperioder.

Skogsresursen och de vedförbrukande sektorerna i Sverige är uppdelade på tre skilda balansområden.

Resultaten ska inte ses som förutsägelser utan som grund för kvalitativa bedömningar. Slutsatserna av studien kan sammanfattas i följande punkter:

- Det finns en potential för ökade bränsleuttag ur de svenska skogarna utan att det påtagligt hämmar övriga sektorer.
- På lång sikt ökar utbudet av sortiment som lämpar sig för massaindustri och energisektor. Det skapar en prispress på dessa sektors råvaror som är så stor att priset på massaved kan minska även vid en expansion av energisektorn.
- Om den traditionella massaindustrin minskar sin efterfrågan kan en expanderad energisektor medverka till att hålla priserna uppe. Under sådana förhållanden kan energisektorn bidra till att lönsamt skogsbruk.
- Det långsiktiga utbudet tenderar att minska för sågverksindustrin. Sågverksindustrin gynnas av ökad efterfrågan inom andra sektorer, således också av en expansion av energisektorn.

- Det som i dag apteras som massaved (rundved) skulle kunna utgöra en betydande del av energisektorns råvaruförsörjning. GROT används när prisutvecklingen på rundved gör det motiverat.
- Rundved har en stor potential som råvarukälla till energisektorn. Det motiverar en utveckling av avverkningssystem som kan hantera som energisortiment det som i dag apteras som massaved.
- Röjningsgallring är en ny teknik som ger skogsbränsle. Det ger emellertid begränsade volymer, som också sjunker över tiden. Det kan dock vara ett intressant som skogsskötselalternativ för att ge ökad lönsamhet åt skogsbruket.

SUMMARY

There are expectations of increased demand for wood fuel. The basis of this study is that the management of the forest is a result of the demand for different products. The products that are distinguished in this study are sawlogs, pulpwood and wood fuel and the sectors that are demanding these products are sawmills, pulp mills and energy producers. The three sectors are linked together on the timber market since the supply of one assortment affects access to the others.

The project aims to provide a basis for assessing how the supply of wood fuel to the energy sector can be developed nationally under various assumptions relating to timber markets and technologies. Thus, the analysis focus on

- the forest fuel potentials available over time on regional and national level taking account of the demand from other forest industrial sectors,
- how the development of the energy sector affects other sectors, and
- what silvicultural measures and technological developments seem most interesting as regards enhancing the profitability of forest fuel extraction.

The analyses are based on three different scenarios for the development of markets for sawmills, the pulp industry, and the energy sector:

- Current market conditions prevail
- The demand in the energy sector increases by 50% over the next 10 to 15 years
- The demand for pulpwood goes down by 25% over the next 10 to 15 years

The supply is common to the three sectors, and is described by different forest management programs created by the Heureka planning system and with the forest represented by sample plots from the National Forest Inventory. The analyses have a time horizon of 100 years, divided into 20 5-year periods. The forest resources and the sectors in Sweden are divided on three regions.

The results should not be viewed as predictions but as a basis for qualitative assessments. The conclusions of the study can be summarized as follows:

- There is a potential for increased fuel removals from the Swedish forests without significantly impeding other sectors.
- In the long term, the supply of wood suitable for the pulp industry and energy sector increases. It creates a downward pressure on the price of these raw materials. The tendency is so marked that it could mean a reduction of the price even if the energy sector expands.
- If the traditional pulp industry reduces its demand an expanded energy sector may help to keep wood prices up. Under these conditions the energy sector could contribute to a profitable forestry.
- The long-term supply tends to decrease for the sawmill industry. The sawmill industry will benefit from increased demand in other sectors, thus also of the expansion of the energy sector.

- Pulpwood (round wood) could provide a significant share of the energy sector's raw materials. Slash is used when the price of round wood justifies it.
- Round wood has great potential as a source of raw materials for the energy sector. It motivates the development of harvesting systems that can handle this material as forest energy.
- Thinning in stem rich stands with small diameters is a new technology that provides forest energy. However, the volumes are limited and declines over time.

INNEHÅLL

1	BAKGRUND OCH SYFTE	11
2	SCENARIER	13
3	SEKTORSMODELLEN	14
4	MATERIAL OCH METODER	18
4.1	INDUSTRI	18
4.2	SKOGLIGA DATA OCH BERÄKNINGAR UTOM BRÄNSLEUTTAG	21
4.3	FÖRUTSÄTTNINGAR BRÄNSLEUTTAG – ETABLERAD OCH NY TEKNIK	23
4.4	KOSTNADER TRANSPORT OCH HANTERING	23
4.5	LÖSNINGSPROCESS	25
5	RESULTAT	27
5.1	SEKTORERNAS RÅVARUFÖRBRUKNING	27
5.2	SEKTORERNAS RÅVARUFÖRSÖRJNING	30
5.3	RÅVARUPRISER	34
5.4	SKOGLIG AKTIVITET	36
6	DISKUSSION	39
7	SLUTSATSER	44
8	ERKÄNNANDEN	45
9	REFERENSER	46

1 BAKGRUND OCH SYFTE

Behovet av att ersätta fossila bränslen med förnybar energi ökar och kommer också att påverka fjärrvärmeverkens användning av och tillgång till bränsle. Den viktigaste källan i Sverige i dag av bioenergi är bränsle från skogen, dvs. från traditionella biobränslen såsom avverkningsrester i form av grenar och toppar (GROT) samt biprodukter från skogsindustrin. Fjärrvärmesektorns användning av trädbränslen har från 1995 till 2010 ökat från 11 till 32 TWh (Skogsstatistisk årsbok 2012a). I ett vidare perspektiv kommer trycket på marknaden för bioenergi att öka genom insatser på klimatområdet, t.ex. genom Europe 2020 Strategy och EU's Renewable Energy Directive, RED (EU 2009). En trolig konsekvens är att den internationella marknaden expanderar då många stater inom EU planerar för en betydande import av bioenergi (för en analys av biobränslen se Bowyer (2010)). Det finns således ett betydande behov av att analysera möjligheterna till och konsekvenserna av ökad användning av skogsbränsle.

GROT är det skogsbränsle som i dagsläget är mest utnyttjat, men det finns fortfarande en stor outnyttjad potential (Skogsstyrelsen 2008). Det förefaller också att finnas betydande mängder skogsbränsle att hämta från unga täta röjningsbestånd (Nordfjell et al. 2008). Samtidigt är det en öppen fråga om förstagallringar i framtiden kommer att skördas enligt dagens norm (massaved) eller som skogsbränsle i form av träddeklar (Nordfjell et al. 2008). Ett ökat uttag av skogsbränsle med lämplig teknik kan således utgöra en del av lösningen på de problem som i dag förknippas med s.k. konfliktbestånd (avser främst oröjda bestånd som är på väg att växa in i gallringsfasen och där etablerad skötsel- och avverkningsmetod saknas). Den tekniska utvecklingen rörande uttag av skogsbränsle i form av GROT, stubbar och helträd från unga täta bestånd är mycket snabb. Fortfarande kan skörd av skogsbränsle betraktas som en mycket ung bransch där många tekniska innovationer tävlar mot varandra, och där man kan förvänta sig stora framsteg i tidsperspektivet 3-10 år (se Thorsén och Björheden 2010).

Analysen inom ramen för projekt Energiptimera skogsbruket (Holmström et al. 2012) visar att relativt måttliga anpassningar av skogsbruket kan ge betydande tillskott av skogsbränsle. Studien har genomförts på tre fastigheter om totalt 4200, 1700 respektive 9200 ha tillhörande Göteborg Energi, Jämtkraft respektive Skellefteå Kraft. Anpassningarna av skötselförutsättningarna utgjordes av ett ökat uttag av GROT vid alla typer av avverkningar (ej vid röjning) samt anpassningar av etableringsfasen, t.ex. mindre intensiv röjning. Sett över en 100-årsperiod ökar uttaget av skogsbränsle för de tre fastigheterna med nära 160 %. Samtidigt kan uttaget av massaved öka med 14 %. Uttaget av timmer minskar dock med nära 10 %; dock sker minskningen först efter ca 30 år.

Holmström et al. (2012) pekar således inte bara på att mängden skogsbränsle kan ökas inom ramen för ett konventionellt skogsbruk. Lika intressant är att ändrade förutsättningar vad gäller bränsleskörd ger andra ekonomiska förutsättningar för skogsskötseln som i sin tur påverkar uttaget av både bränsle och andra sortiment.

Uttag av skogsbränsle kan således inte betraktas i isolering från användning av skogsråvaran inom trämekanisk industri och pappers- och massaindustrin. De olika sektorerna är ömsesidigt beroende av varandra på ett mycket intrikat sätt. T.ex. vore massaveden sannolikt dyrare om det inte funnes en sågverksindustri. Omfattningen av uttag av GROT är beroende av att slutavverkningar görs för massa- och sågverksindustrin. Med en större minsta tillåten diameter för massaved blir det mindre massaved och mer GROT, åtminstone på kort sikt. De dynamiska effekterna komplicerar bilden ytterligare. Om t.ex. marknaden för skogsbränsle får ett ökat värde kan det leda till att andra skötselprogram blir mer lönsamma. De skötselprogrammen kan ha fler eller färre gallringar eller en slutavverkning som kommer tidigare eller senare etc. Det kan både gynna och missgynna andra sektorer (se t.ex. resultaten från den ovan omnämnda studien). I grunden beror problemets komplexitet av att produktionen av de tre sortimenten är ömsesidigt beroende och att åtgärder som görs i dag påverkar utfallet i framtiden.

Sammanfattningsvis kan man peka på dels att behovet av skogsbränsle kommer att öka på kort och lång sikt, dels att det finns en fysisk potential för ökade uttag. Samtidigt kan det vara missvisande att tala om potential utan att beakta vad som händer inom andra skogliga sektorer. Eftersom utbytet mellan sektorerna sker via marknaden behöver vi (minst) ha ett nationellt perspektiv för att se när och var dessa potentialer kan realiseras. En annan dimension har att göra den långa tidshorisonten. För att få en uppfattning om vad utvecklingen av efterfrågemönster och teknik kan tänkas betyda är det lämpligt att arbeta med scenarier. I det här sammanhanget betyder det att ställa upp olika tänkbara (men ej helt osannolika) utvecklingar av centrala faktorer. Eftersom fokus här är på interaktionen mellan näringarna är det närmast olika marknadssituationer som kommer att återspeglas. Syftet med denna studie är att ta fram resultat som ger underlag för en diskussion kring:

- vilka skogsbränslepotentialer som finns över tiden regionalt och nationellt med beaktande av övriga skogsindustriella sektors efterfrågan,
- hur utvecklingen av fjärrvärmesektorn påverkar andra sektorer, samt
- vilka skogsskötselåtgärder och tekniska system förefaller mest angelägna för att öka lönsamhet och skogsbränsleskörd.

Studien bygger på att de sektorer som förbrukar skogsråvara kan beskrivas med en efterfrågan som knyter samman pris och volym. På det sättet har den ekonomiskt optimala skogsskötseln kunnat härledas från den samlade effekten på de olika sektorerna. Medan många andra studier beräknat tillgången på skogsenergi på basis av ett givet skötselprogram bestäms tillgången i denna studie utifrån det ömsesidiga beroendet mellan sektorernas betalningsförmåga och de skötselprogram som tillämpas.

Modellen över den svenska skogssektorn bygger på många antaganden som är svåra att verifiera empiriskt. Vissa förenklingar görs som medför att verkligheten inte kan återspeglas på ett helt korrekt sätt. Förenklingarna är dock nödvändiga för att kunna få ut resultat från modellen. Man ska därför i första hand se på de kvalitativa implikationerna av resultaten från modellen och i andra hand det kvantitativa utfallet.

2 SCENARIER

Scenarierna utgår från samspelet mellan skogsägaren och tre sektorer: energisektorn, massaindustrin och sågverksindustrin. Medan de två senare sektorerna är relativt väl definierade behöver energisektorn beskrivas ytterligare. Med energisektorn menas här i första hand fjärrvärmeverken. Den användning som sker internt inom massa- och sågverksindustri (t.ex. massaindustrins returlutar) ingår inte. Fjärrvärmeverken förbrukar i dag ca 32 TWh av trädbränsle (väsentligen skogsbränsle; Skogsstatistisk årsbok 2012a), vilket här tagits som utgångspunkt för energisektorn. Att benämningen energisektor i stället för fjärrvärmesektor används här beror på att scenarierna innehåller volymförändringar som inte kan motsvaras av enbart värmeverken. Det handlar mer om att se på förbrukningen av en sektor som ställer krav på råvaran motsvarande fjärrvärmesektorn, t.ex. vissa typer av biokombinat. (Verk inom energisektorn kommer således att kallas energiverk, av vilka således alla eller många är fjärrvärmeverk.)

Studien utgår från ett grundscenario och två alternativa scenarier:

- Nuvarande marknadsförhållanden består (benämns **BAS**)
- Efterfrågan från energisektorn ökar med 50 % under de närmaste 10 till 15 åren, därefter efterfrågan på denna nivå (benämns **BR+50**). Övriga sektorer har samma efterfrågan som i scenario BAS.
- Efterfrågan på massaved går ned med 25 % under de närmaste 10 till 15 åren, därefter efterfrågan på denna nivå (benämns **MA-25**). Övriga sektorer har samma efterfrågan som i scenario BAS.

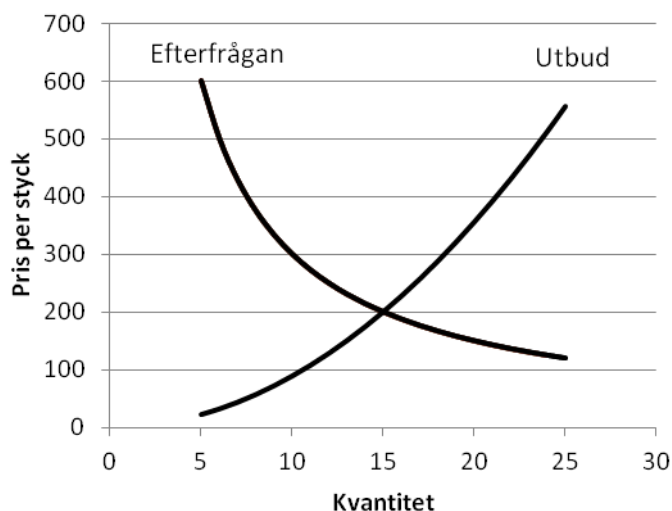
Scenario BAS utgör en referenspunkt mot vilken förändringar jämförs. Scenario BR+50 innebär en större ökning än vad som motiveras av fjärrvärmeverkens utbyggnadsplaner. Scenariot svarar närmast mot vad som skulle kunna hända vid en utveckling av biokombinat eller motsvarande. Det är något extremt men ger samtidigt en uppfattning om hur det kan återverka på prisbildningen på de olika marknaderna. Scenario MA-25 utgör en extrapolering av nuvarande trend mot en minskad användning av vissa typer av papper, framförallt tidnings och skriv- och tryckpapper (Jonsson 2011). Den kompetens som projektets referensgrupp besitter har i hög grad kunnat utnyttjas vid framtagandet av scenarierna.

3 SEKTORSMODELLEN

Sektorsmodellen som använts i denna studie omfattar i princip hela den skogliga sektorn. Sektorn beskrivs i modellen av en produktionsmodul och en efterfrågemodul. Produktionsmodulen består dels av skogliga prognoser baserade på dagens skogstillstånd, olika skogsskötselåtgärder från etablering av ny skog fram till slutavverkning med tillhörande kostnader och volymer av olika sortiment, dels transport och övrig hantering av råvaran fram till industriintag. Efterfrågadelen består av ett efterfrågesamband för respektive sektor, dvs. energisektor, massaindusti och sågverksindustri.

Produktion och efterfrågan knyts ihop genom att de ska vara i balans i varje tidsperiod. Modellen finner en effektiv sådan lösning genom att maximera den diskonterade summan av, vad man kallar, produktions- och konsumtionsöverskottet för varje tidsperiod. En kort genomgång av några ekonomiska grundbegrepp ska förhoppningsvis klargöra dessa begrepp och hur modellen i övrigt arbetar.

Figur 1 visar utbud och efterfrågan som funktion av pris. Ser vi på efterfrågan framgår det att vid ett högt pris finns det betalningsförmåga (eller vilja) till köp av endast ett fåtal enheter medan den efterfrågade mängden är stor vid ett lågt pris (i modellen är det således respektive sektors betalningsförmåga som uttrycks av efterfrågesambandet). På omvänt sätt bjuder producenterna ut en liten volym vid ett lågt pris medan det är lönsamt att producera mycket vid ett högt pris.

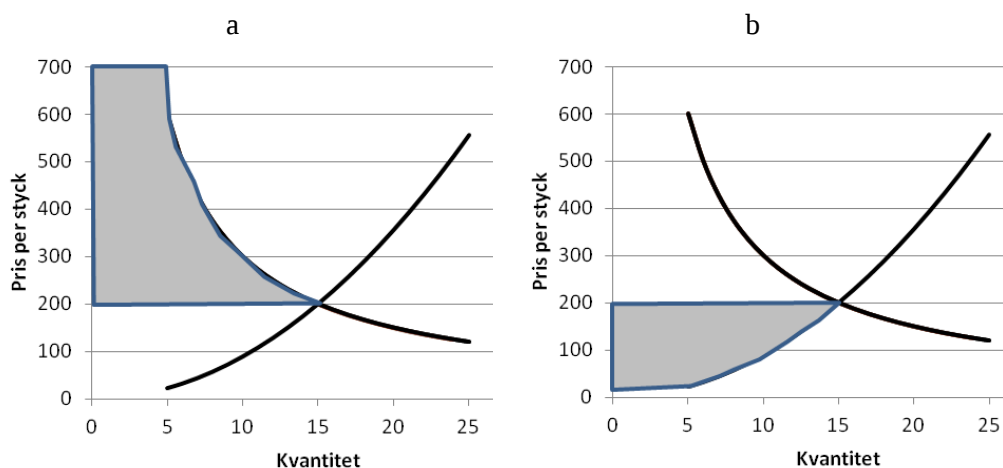


Figur 1: Principiell bild över utbud och efterfrågan med jämviktslösning vid ett pris på 200 kr per styck.

Figure 1: Illustration of supply and demand with a market clearing price of 200 SEK.

Marknaden balanseras vid ett pris av 200 kr per styck. Det är där betalningsförmåga (eller betalningsvilja) och lönsamt utbud möts. Den totala nyttan för ekonomin är då

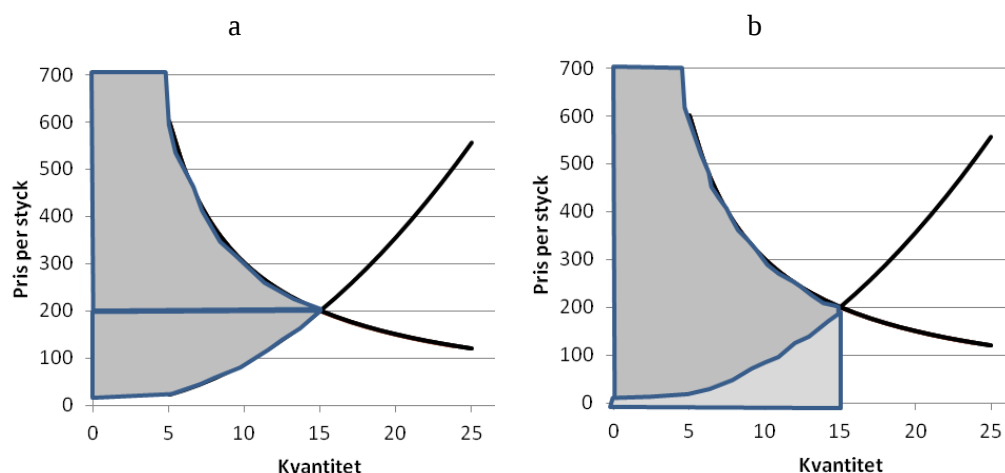
summan av det överskott köparna får, konsumentöverskottet, och den vinst producenterna gör, produktionsöverskottet. Vad menas då med det? Figur 2a visar konsumentöverskottet. En köpare med betalningsförmågan 500 kr får en nytta netto på 300 kr, en köpare med betalningsförmågan 400 kr en nytta netto på 200 kr osv. Summerar man ytan under efterfrågefunktionen men över marknadspriset får man således köparnas samlade nettonytta eller konsumentöverskott. På motsvarande sätt erhålls produktionsöverskottet (Figur 2b). En del producenter är så effektiva att de får break-even redan vid ett pris på 50 kr, varvid de gör en vinst på 150 kr per styck. Åter andra kan producera för en kostnad av 100 kr, och gör en vinst på 100 kr. Summerar man ytan över utbudsfunktionen men under marknadspriset får man således producenternas samlade vinst, eller produktionsöverskottet.



Figur 2: Figur a visar konsumentöverskottet som ytan under efterfrågefunktionen men över prislinjen medan Figur b visar producentöverskottet som ytan över utbudsfunktionen men under prislinjen.

Figure 2: Figure a shows the consumer surplus as the area under the demand function but over the price line and Figure b shows the producer surplus as the area above the supply function but under the price line.

Detta är den grundläggande principen. Vi går nu över till att se närmare på hur denna princip kopplar till modellen. Ett första steg består i att notera att summa produktions- och konsumtionsöverskott kan beräknas genom att ta hela ytan under efterfrågefunktionen och dra bort producenternas kostnad (Figur 3). I Figur 3a beräknas överskottet som beskrivits ovan. I Figur 3b ser vi att vi får samma resultat om man tar hela ytan under efterfrågefunktionen för att sedan dra av den samlade produktionskostnaden, dvs. ytan under utbudsfunktionen.

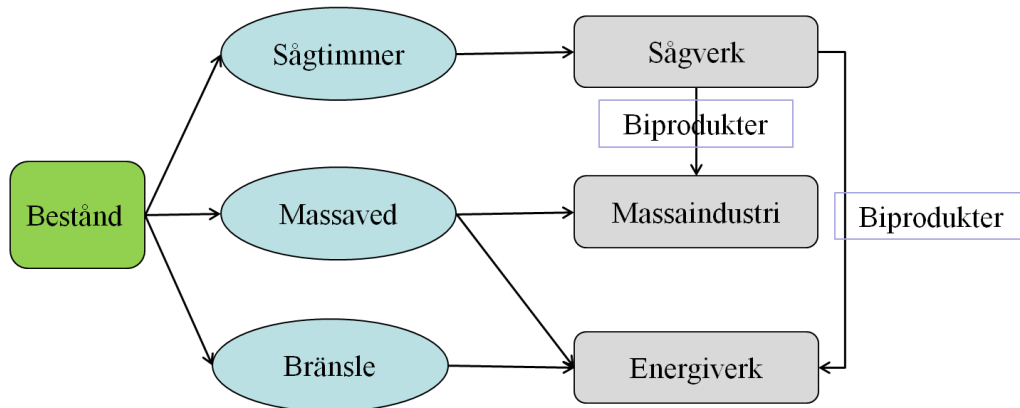


Figur 3: (a) Summan av producent- och konsumentöverskotten. (b) Samma överskott beräknat som total yta under efterfrågefunktionen reducerad med ytan under utbudsfunktionen (produktionskostnaden).

Figure 3: (a) The sum of producer and consumer surplus. (b) The same surplus computed as the total area below the demand function reduced with the area below the supply function (production cost).

I modellen har vi efterfrågesidan definierad i form av en efterfrågefunktion för varje sektor och varje tidsperiod. Vid ett givet pris på var och en av marknaderna kan vi således beräkna ett totalt överskott enligt Figur 3b. Problemet är utbudet. Det kan inte separeras på respektive marknad eftersom en viss skoglig aktivitet nästan alltid har koppling till samtliga tre marknader. Det vi således får göra är att från det totala överskottet summerat över de tre marknaderna dra av den gemensamma kostnad som produktionen av de tre produkterna betingar. För att sedan få ekonomins samlade överskott över hela planeringshorisonten diskonterar vi varje periods överskott till ett samlat nuvärde. Det är det samlade nuvärdet som sedan maximeras i modellen.

Vi övergår här till att beskriva hur skogen kopplar till sektorerna och hur sektorerna kopplar till varandra. Det illustreras i Figur 4. För en viss skoglig enhet, kalla det bestånd, som sköts på ett visst sätt över en längre tidshorisont, säg 100 år, kommer det att vid olika tidpunkter att falla ut sågtimmer, massaved och bränsle. Figur 4 kan sägas beskriva en av dess tidpunkter för ett bestånd och dess koppling till sektorerna. Timmer och massaved apteras vid normala gallringar och slutavverkningar. Bränsle kan antingen tas fram som GROT vid slutavverkning eller som röjningsgallring i klena och stamrika bestånd. Timret transporteras sedan till närmaste sågverk, massaveden till närmaste massaindustri och bränslet till närmaste energiverk. Massaved kan också gå till energiverk.



Figur 4: Illustration av kopplingen mellan bestånd (egentligen Taxyta), produktionen av olika sortiment vid avlägg, transport och utbytet mellan sektorerna.

Figure 4: Illustration between the stand (Taxyta), the production of different assortments at the landing, transport to the facilities and the exchange of byproducts between them.

Ett antal förenklingar har gjorts, framförallt för att inte göra modellen för stor. Träden har apiterats enligt en standardprislista. Man skulle annars kunna tänka sig att apiteringen anpassade sig efter prisrelationerna mellan olika sortiment, men så sker inte här. Någon hänsyn till hur mycket som levereras till en viss anläggning tas inte. I praktiken skulle man behöva flytta volymer från en anläggning som nått sin maxkapacitet till en annan anläggning som har kapacitet kvar. Biprodukter som går från såg till massaindustri och energiverk belastas inte av någon transportkostnad. Modelltekniskt kan man således se det som att all kapacitet för sågverk, massaindustri och energiverk inom varje region är koncentrerad till en punkt. Någon kostnad att föra t.ex. biprodukter från sågverket till energiverk uppstår då inte. Däremot har varje bestånd ett unikt avstånd för respektive sortiment till respektive typ av anläggning. Ytterligare en förenkling är att inga biprodukter går från massaindustri till energiverk. Vidare sker ingen direkttransport av massaved till energiverk utan all massaved går till närmaste massaindustrin, även om rundveden där används till bränsle. Det är inget principiellt problem att ha två transportalternativ för massaveden, ett till massa-industri och ett till energiverk, men det gör modellen väsentligt större. När det gäller avsaknaden av transportalternativ har det i den här studien beaktats på så sätt att bara de största anläggningarna finns med och därmed få transportavstånd som i genomsnitt inte borde bli alltför korta.

4 MATERIAL OCH METODER

Analyserna omfattar 100 år uppdelade på 20 stycken 5-årsperioder och täcker hela landet. Den kalkylränta som använts för att diskontera summan av produktions- och konsumtionsöverskott i respektive period är satt till 2,5 %.

4.1 Industri

Efterfrågesambanden i scenario BAS är konstruerade efter priser enligt Skogsstyrelsen (2012) och tillgänglig statistik över skogsindustrins virkesförbrukning (SDC 2013) och för bränsle enligt Skogsstyrelsen (2012a), samtliga värden avseende år 2011. Sambanden är modellerade med konstant efterfrågeelasticitet, där efterfrågeelasticitet definieras som procentuell förändring av efterfrågad kvantitet vid en procents förändring av priset. Det innebär att vid en liten absolut elasticitet påverkas den efterfrågade kvantiteten litet och vid en stor elasticitet påverkas kvantiteten mycket av en viss prisförändring. Konstant efterfrågeelasticitet innebär att oavsett var man är på funktionen är den procentuella förändringen densamma. Elasticiteten för massaved respektive sågtimmer kommer från Solberg et al. (2010). Elasticiteten för energisektorn saknar empiriskt stöd men har åsatts ett litet absolut värde med utgångspunkt från att oavsett pris måste värme levereras. Elasticiteterna har behållits konstanta över tiden, även om de i ett långsiktigt perspektiv där kapaciteten är rörlig bör anta ett större absolut värde. Någon hänsyn har inte tagits till den priskontroll som internationella marknader kan förväntas ha.

Med utgångspunkt från marknadsjämvikt och elasticiteter enligt Tabell 1 samt förutsättningar om konstans över tiden är efterfrågesambanden entydigt bestämda över alla planeringsperioder. För att få lösningar som ger någorlunda rimliga kvantiteter har den minsta kvantitet som måste levereras respektive den största kvantitet som kan levereras till sektorn den första 5-årsperioden satts till 90 % respektive 110% av marknadsjämviktskvantiteten. Detta spann har sedan ökat linjärt över 5-årsperioderna så att den om 50 år utgör -50 % respektive +50 % av den marknadsjämviktskvantitet som efterfrågesambandet baseras på. Någon förändring av min respektive max kvantitet har därefter inte antagits.

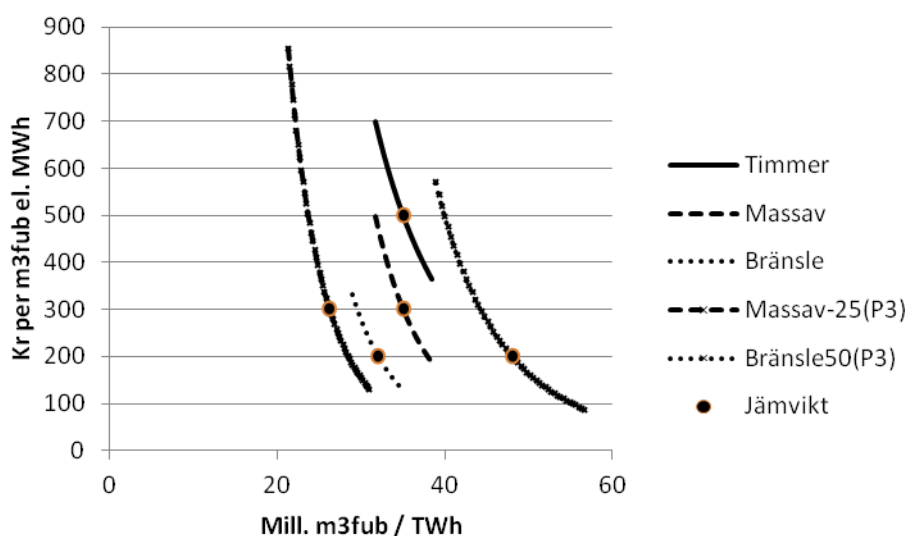
Tabell 1. Jämviktpriser och tillhörande volymer samt elasticiteter använda vid analyserna för de olika sektorerna (m3fub för sågverk och massaindustri och Wh för energisektor)

	Sågverk	Massaindustri	Energiesektor
Priser (kr per m3fub / MWh)(*)	532	334	210
Vedförbrukning (mill. m3fub / TWh)	35.5	35.3	32
Elasticitet	-0.3	-0.2	-0.2

(*) I studien utgick beräkningarna i stället från 500, 300 respektive 200 kr per enhet.

Scenarierna ovan utgår från att efterfrågan ökar (BR+50) eller krymper (MA-25). Här görs det antagandet att en ökning eller minskning av sektorn innebär att

efterfrågesambandet flyttas i x-led i proportion till sektorns ökade eller minskade omfattning. För scenario BR+50 innebär det att jämviktkvantiteten ökar med 25% den andra 5-årsperiod och med lika mycket till den tredje 5-årsperioden. För scenario MA-25 minskar på motsvarande sätt kvantiteterna med 12.5% respektive period. De efterfrågesamband som därmed erhålls beskrivs i Figur 5.



Figur 5: Efterfrågefunktioner för timmer, massaved och skogsbränsle med i period 1 använda max- och min-värden för levererad kvantitet (se text). Funktionerna Massav-25(P3) och Bränsle50(P3) visar funktionerna i 5-årsperiod 3, dvs. när efterfrågeförändringen fått fullt utslag i scenarierna MA-25 respektive BR+50. Jämvikt utgörs av de punkter som använts för att nivålägga funktionerna. Notera således hur efterfrågefunktionen Massav-25(P3) ligger 25 % till vänster om funktion Massav och Bränsle50(P3) 50% till höger om funktion Bränsle, båda dock på med samma jämviktspris som utgångspunkt (300 respektive 200 kr).

Figure 5: Demand functions for timber, pulpwood and forest fuel in period 1 using max and min values for the delivered quantity (see text). The functions Massav-25 (P3) and Bränsle50 (P3) shows the functions in 5-year period 3, i.e. when demand has changed to the new level in scenarios the MA-25 and BR +50, respectively. Equilibriums consist of the points used to level the functions (see Tabell 1). Note how the demand function Massav-25 (P3) is 25% to the left of the function Massav and Bränsle50 (P3) 50% to the right of the function Bränsle, both with the same equilibrium price as the starting point (300 and 200).

De flöden som sker från skog till de olika sektorerna görs i termer av m3fub när det gäller rundved och ton torrsubstans (TTs) när det gäller bränsle. Omvandlingstal för flöden mellan sektorer (se Figur 4) anges i Tabell 2.

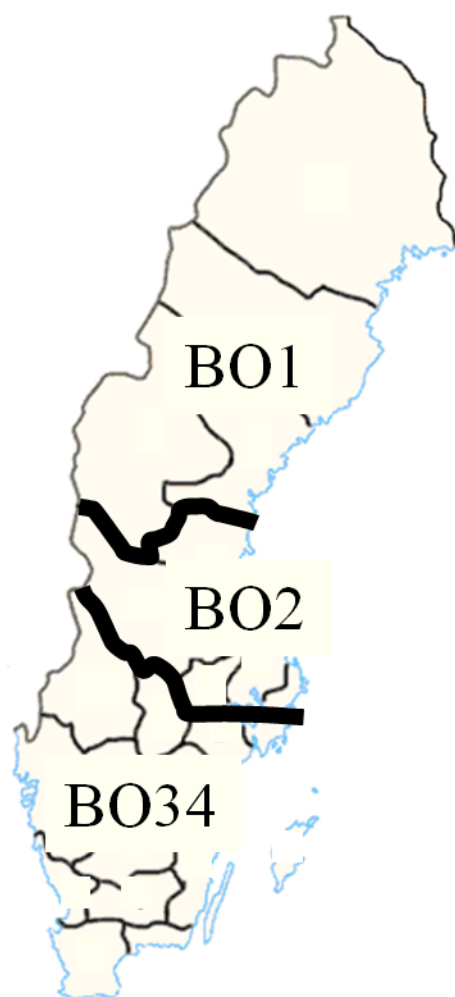
Tabell 2. Omvandlingstal för olika flöden

M3fub biprodukter till massaindustrin per sågad m3fub	0.34
M3fub biprodukter till energiverk per sågad m3fub	0.12
MWh/TTs	5.3
TTs/M3fub	0.4

Statistik för virkesförbrukning redovisas traditionellt för fyra s.k. virkesbalansområden (se Figur 2, Bilaga 6 i Skogsstyrelsen 2012). Den indelningen har även gjorts här av främst två orsaker. För det första kompenserar den delvis för den tidigare nämnda frånvaron av kapaciteter hos enskilda anläggningar och transporter mellan anläggningar. Utan en regionalisering skulle man t.ex. kunna misstänka att de generellt kortare avstånden till anläggningar i södra Sverige jämfört med norra Sverige skulle medföra att råvara i södra Sverige tillfördes anläggningar vars kapacitet egentligen finns i norra Sverige. För det andra tjänar regionaliseringen syftet att belysa eventuella regionala obalanser, inte minst vad gäller tillgång på råvara och förbrukning inom energisektorn.

Initiala analyser med skogstillgångar och industriefterfrågan uppdelad på de fyra balansområdena visade på betydande obalanser mellan råvara och kapacitet för sågverk inom område 3 och 4; område 3 hade ett betydande överskott på sågtimmer och område 4 ett motsvarande underskott (det gick helt enkelt inte att hitta en tillåten lösning för område 4 utan att tillåta ”import”). Därför har beräkningarna här baserats på tre områden, dvs. balansområde 1, 2 och de hopslagna områdena 3 och 4. De refereras i fortsättningen till som BO1, BO2 och BO34. BO1 består av (länsvis) Norr- och Västerbotten, Jämtland och Västernorrland, BO2 av Gävleborg, Dalarna, Västmanland, Uppsala och Stockholm medan BO34 utgörs av resten av landet (Figur 6).

Efterfrågan i de tre sektorerna (Tabell 3) fördelades på balansområden i enlighet med den förbrukning som redovisas av SDC (2013) för timmer och massaved och för bränsle enligt lokaliseringen av de 58 största fjärrvärmeanläggningarna i Sverige. Av den framgår att BO1 har förhållandevis mycket traditionell skogsindustri och relativt litet behov av ved till energisektorn medan det omvända gäller för BO2. Fördelningen av efterfrågan med relativa tal förutsätter således att efterfrågan har samma struktur i olika delar av landet, dvs. elasticitet och prisnivå i förhållande till förbrukning är densamma.



Figur 6: Balansområdenas utsträckning.

Figure 6: The extent of the balance areas.

Tabell 3. Relativ fördelning av nationell efterfrågan på olika balansområden för de olika sektorerna (%)

Balansområden	Sågverk	Massaindustri	Energiverk
BO1	26	31	18
BO2	24	25	32
BO34	50	44	50

4.2 Skogliga data och beräkningar utom bränsleuttag

Som underlag användes Riksskogstaxeringens provytematerial, här benämnt Taxytor, där varje Taxyta har en storlek på 314 m². En närmare beskrivning av materialet och dess egenskaper återfinns av Toet et al. (2007) och på Riksskogstaxeringens hemsida (Riksskogstaxeringen 2013). I denna studie har 2009 års material använts om totalt

6029 Taxytor (se Tabell 4). Riksskogstaxeringens inventeringar är dimensionerade så att de kan ge tillfredställande tillståndsbeskrivningar för områden omfattande åtminstone ca 5 län på ett års material. Eftersom studien bara använder sig av tillståndsbeskrivningen och då balansområdena är stora vad gäller antalet ytor har användningen av material från fler år inte ansetts tillföra projektet ökad noggrannhet.

Tabell 4. Antal Taxytor och den areal (mill. ha) de representerar för olika balansområden

BO	Antal	Areal
1	2164	11.35
2	1328	4.90
34	2537	7.46
Summa	6029	23.71

Av den totala arealen om 23.71 miljoner ha är ca 4% undandragen skogsbruk dels beroende på att den tillhör reservat, dels därför den inte gått att lokalisera till en anläggning. Vid beräkningarna har ytterligare 10% av utfallande timmer, massaved och bränsle dragits bort från marknaden för att kompensera för icke industriell användning av virkesråvaran.

De skogliga beräkningarna baseras på skötselprogram som simuleras på var och en av Taxytorna. Ett skötselprogram är ett specifikt sätt att sköta en viss Taxyta över hela planeringshorisonten. Ett stort antal olika skötselprogram genereras för varje yta. Vilket av dessa program som ska användas bestäms sedan när man löser modellens optimeringsproblem. Programmen skiljer sig åt vad gäller slutavverknings- och gallringstidpunkter och om röjningsgallring tillämpas eller inte. För de ytor som är undandragna skogsbruk simuleras endast ett program för ostörd tillväxt för att få med dem i beräkningar av tillståndet i all skog.

För samtliga beräkningar för att göra prognoser över Taxyternas utveckling används Hurekasystemet (se Heureka 2013). Olika skogliga åtgärder, som beståndsetablering, gallring och slutavverkning, simuleras. Ett stort antal styrparametrar i programmet bestämmer hur åtgärderna ska utföras och under vilka villkor (t.ex. utifrån ålder eller ståndort) åtgärderna får utföras.

I analyserna har Heurekas standardföresättning använts genomgående med två undantag. Ett undantag är röjningsgallring (se nedan) som inte får föregås av konventionell röjning samt att den kan utföras vid lägsta möjliga höjd (vid ca 7 meters övre höjd). Det andra är att Heureka normalt sätter restriktioner för uttag av GROT vid viss minsta granandel. Här simuleras GROT-uttag i samband med alla slutavverkningar oavsett trädslagssammansättning. Apteringen görs enligt standardprislista med minsta toppdiameter massaved 5 cm ub efter det att preliminära analyser visat på bättre ekonomi med 5 cm toppdiameter jämfört med 10 cm.

4.3 Förutsättningar bränsleuttag

– etablerad och ny teknik

Bränsleuttag sker dels i form av GROT i samband med slutavverkning och som röjningsgallring i klena bestånd. GROT representerar en etablerad teknik som använts länge. Röjningsgallring utgör en ny teknik som inte tillämpas i kommersiell skala. Systemet har medtagits här då det inte finns några egentliga tekniska hinder för en implementering. Mer hypotetiska system har inte medtagits då dataunderlaget ansetts vara alltför svagt.

GROT har tillåtits på all mark avsedd för skogsbruk med följande undantag:

- I bestånd på fuktig och blöt skogsmark
- I bestånd där marklutningen är större än 20 grader.
- Där avståndet till väg är större än 500 m.

Tillvaratagandegraden av olika fraktioner är satt till Heurekas standardförutsättningar, dvs.:

- 100% av toppen
- 90% av levande och döda grenar i topp
- 75% av levande och döda grenar ej i topp
- 50% av barr i topp
- 25% av barr ej i topp

Den teknik och de kostnader som är förknippad med uttag av GROT till avlägg har följt Heurekas standardvärden.

Röjningsgallring baseras på simuleringar av Bergström och Fulvio (2013) som i sin tur bygger på modeller av Sängstuvall et al. (2011). Åtgärden är i dessa studier tillåten som förstagångsgallring då medelstammen i beståndet har en stamvolym mellan 0.01 och 0.07 m³sk. Avverkningssystemet bygger på korridorgallring med ett ackumulerande aggregat som sitter på en vanlig skördare. Skördaren avverkar och samlar upp alla träd i en korridor. Träden apteras men kvistas inte. De okvistade trädsektionerna skotas sedan ut med vanlig mellanstor skotare med enklare komprimeringsutrustning. I Heureka beräknas vid denna typ av gallring utfallande biomassa från trädsektionerna. Biomassan förutsätts här i sin helhet kunna tas tillvara som bränsle. I Heureka ligger gallringsstyrkan enligt standardvärden mellan 20% till 40%. För att ge röjningsgallring full effektivitet kunde en högre gallringsstyrka vara motiverad. Det har emellertid inte gått att sätta ett högre uttag för röjningsgallring utan att efterföljande gallringar påverkats på ett sätt som sammantaget inte varit ekonomiskt motiverat.

4.4 Kostnader transport och hantering

Vanlig rundved körs med lastbil till industri, varav 20% över terminal. GROT körs med därför avsedd lastbil till industri, varav 20% över terminal. Trädsektionerna lastas på lastbil för trädsektioner, liknande vanlig GROT- lastbil med enklare komprimeringsutrustning (20% över terminal). För skattning av transportkostnaderna

användes kalkylverket Gillecalk med inställningar utifrån erfarenhetstal (Fjeld 2012). Kostnaderna för terminal har beräknats med FLIS 4.0 (von Hofsten et al. 2006).

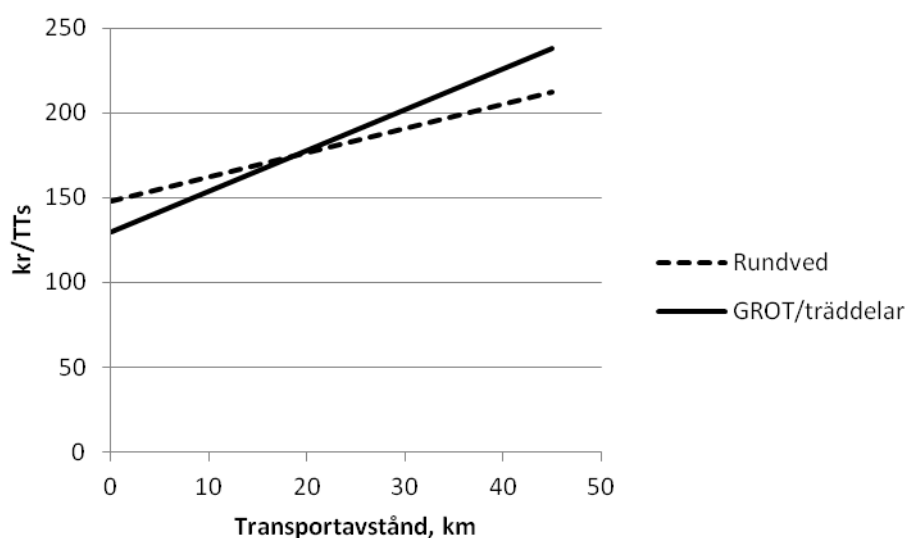
Vid industri eller terminal sker sönderdelning av GROT och trädsektioner. Krossens prestation beräknades utifrån erfarenhetstal med FLIS 4.0 (von Hofsten 2009) och justerades enligt Eliasson och Granlund (2010) till 26.4 kr per m³fub. Rundved som sönderdelas till bränsle antas belastas av en sönderdelningskostnad om 40 kr per m³fub.

Flisning vid väg i kombination med flisbil med skopa har också studerats men inte medtagits här då systemet blir konkurrenskraftigt jämfört med flisning vid panna först vid transportavstånd över 126 km.

En sammanfattning av kostnadssamband ges i Tabell 5. En jämförelse av kostnaden från avlägg fritt panna vid användning av rundved respektive GROT och träddeklar ges i Figur 7.

Tabell 5. Sammanfattning av kostnadsfunktioner, kr/TTs (d = transportavstånd, km)

Trädsektionsbil	$48.158 + 2.4051 \times d$
Medelstor terminal	78.8
Sönderdelning GROT, träddeklar	65.9
Sönderdelning rundved	100
Rundvirkesbil	$31.824 + 1.4339 \times d$



Figur 7: Kostnaden per enhet vid olika transportavstånd för rundved respektive skogsbränsle fritt panna (flisat/krossat).

Figure 7: The cost per unit at furnace at different transport distances for round wood and forest fuel respectively.

Som tidigare nämnts beräknas ett transportavstånd från varje yta till närmaste sågverk, massaindustri respektive energiverk. Transportavståndet har beräknats som det verkliga avståndet på bilväg. För att inte få, som också påpekats ovan, ett genomsnittligt transportavstånd som är för lågt genom att många små anläggningar registreras som närmast anläggning har bara större anläggningar tagits med. Det rör sig om 41 sågverk, 35 massabruk och 58 energiverk.

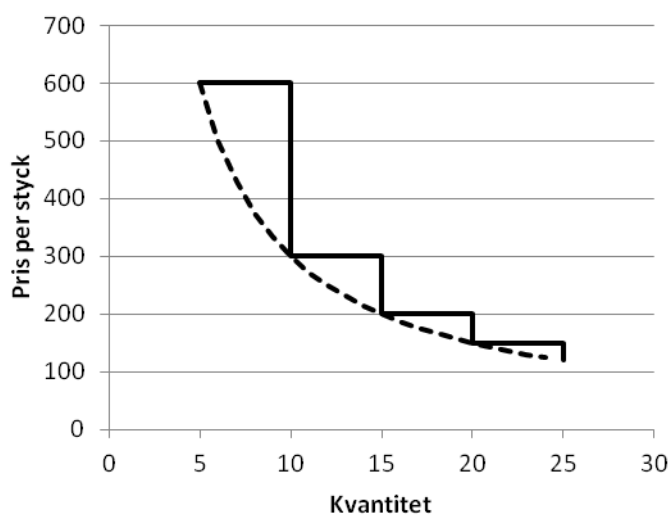
En speciell funktion har knutits till leveranser av GROT. Medan timmer och massaved samt bränsle från röjningsgallringar faller ut som ett resultat av en skoglig åtgärd utgör GROT en separat åtgärd enbart ägnad att ta fram bränsle (och utan långsiktiga konsekvenser, åtminstone är det antagandet i denna studie). I modellen beräknas kostnaderna för att göra GROT-uttag samt övriga transport- och hanteringskostnader vid varje slutavverkning där åtgärden är tillåten. Det är däremot inte rimligt att modellen ska tvinga till GROT-uttag vid varje slutavverkning. Därför sorteras GROT-uttag in i kostnadsklasser och endast de volymer som är lönsamma (som har en kostnad under det etablerade marknadspriset för bränsle) går till energiverket. Kostnadsklasserna är knutna till efterfrågefunktionens linjärisering (se avsnitt Lösningsprocess).

4.5 Lösningsprocess

Sektorsproblemet har formulerats som ett linjärt programmeringsproblem (LP), ett för varje balansområde och scenario. Problemet har bestått i att maximera summan av de tidigare nämnda periodvisa överskotten.

Problemen har formulerats och data administrerats i Heureka's optimeringsdel. Som lösare har CPLEX använts. Problemen har haft ca 90-150 tusen variabler och runt 7 tusen restriktioner. Problemen har i allmänhet tagit mindre än 10 sekunder att lösa, dvs. problemen är relativt små och lätta att lösa (om än tidskrävande att skapa).

Ett LP problem kan inte hantera efterfrågefunktionerna i ursprunglig form. För att lösa problemet rent numeriskt görs efterfrågefunktionen om till en stegvis funktion (Figur 8). Det innebär att den kontinuerliga funktionen approximeras med ett antal segment, ju fler desto bättre approximering. Vid de här genomförda analyserna har 50 steg för alla efterfrågefunktioner använts vilket bedömts tillräckligt för att lösningarna inte ska uppvisa hopp i efterfrågan av volymer (initiala analyser med 10 steg visade sig vara alltför litet). De prissteg som använts för efterfrågan av bränsle är också de steg som använt för att sortera in GROT i kostnadsklasser.



Figur 8: Principskiss för hur efterfrågefunktionen är representerad i LP-modellen.

Figure 8: Diagram of the principle for how the demand function is represented in the LP model.

5 RESULTAT

Resultatredovisningen har följande uppbyggnad:

- Först studeras de olika sektorernas förbrukning under olika scenarier. Härigenom får man en uppfattning om hur de olika sektorerna utvecklas och hur de påverkar varandra. Denna presentation görs för hela 100-årsperioden.
- Därefter redovisas hur de olika sektorerna försörjs med råvara. Den presentationen görs bara för de första 4 5-årsperioderna (de första 20 åren). Anledningen är att bara de första tidsperioderna presenteras när det gäller råvaruförsörjningen är två. Dels blir det möjligt att gå lite mer in i detalj då det rör sig om totalt 6 stycken olika sortiment utan att helt tappa överblicken, dels är vissa aspekter relativt ointressanta i ett mycket långsiktigt perspektiv. Redovisningen kompletteras med ett studium av hur råvaruförsörjningen till energisektorn sker i de olika balansområdena. Eftersom betingelserna skiljer sig åt i de olika områdena kan det ge ytterligare förståelse för vad som påverkar nyttjandet av olika råvarukällor.
- Efter detta presenteras jämviktspriser såsom de etableras i modellen. Eftersom priserna bara är definierade för balansområden kan de inte redovisas på nationell nivå utan måste redovisas på balansområdesnivå.
- Avslutningsvis visas vad som händer i skogen. Anledningen till att det tas upp sist är att i den här studien kan man se sektorerna som drivande; det är sektorernas efterfrågan som styr. Detta får sedan utslag i åtgärder i skogen. Det som händer i skogen utgör en grund för att senare diskutera behovet av ny teknik och teknikutveckling.

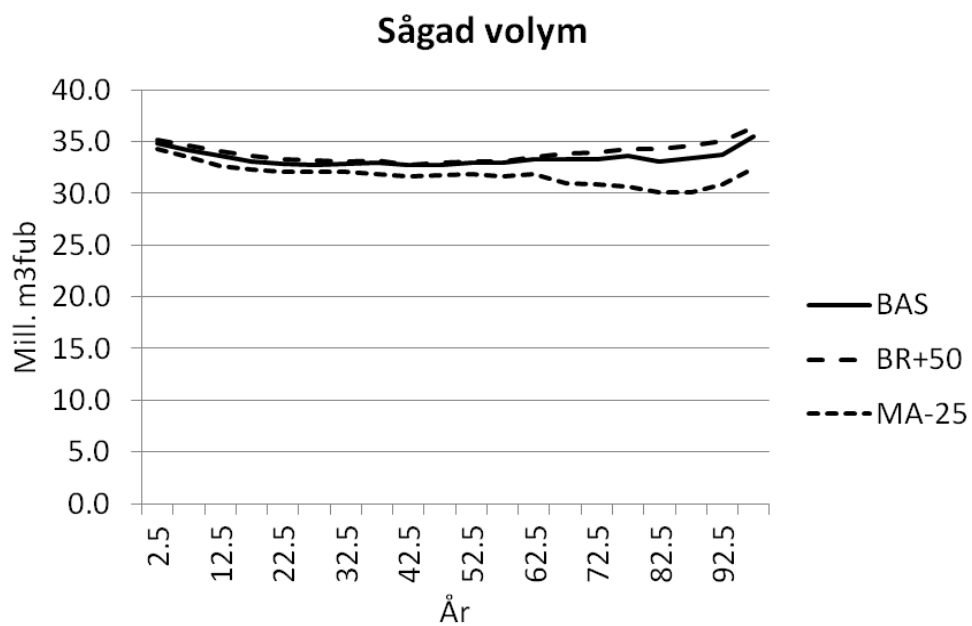
För förståelsen av resultaten är det viktigt att man något behärskar terminologin. Det gäller både den som är knuten till den tekniska och biologiska domänen (t.ex. handelsmättet m^3_{fub} , det vanliga mättet att beskriva mängden skog i m^3_{sk}) och den som är knuten till den ekonomiska modellen. När det gäller den senare gäller det speciellt att skilja på efterfrågan och efterfrågad volym. Efterfrågan avser själva efterfrågesambandet (efterfrågefunktionen) medan efterfrågad volym avser den volym man har vid jämviktspriset.

Resultatredovisningen har som syfte att ta fram den kvantitativa beskrivningen. Det innebär att resultaten presenteras i huvudsak utan kommentarer. Vissa nyckeltal kan behöva betonas för att vägleda läsaren. En mer sammansatt diskussion av resultaten kommer sedan i avsnittet Diskussion. Avslutningsvis sammanfattas arbetet i ett antal slutsatser i avsnittet Slutsatser.

5.1 Sektorernas råvaruförbrukning

Sågverksindustrins produktionsnivå går långsiktigt ner oavsett scenario för att sedan för att sedan stiga något mot slutet av 100-årsperioden (Figur 9). Utbyggnaden av energiverken ökar förbrukningen marginellt för sågverken (BR+50) medan

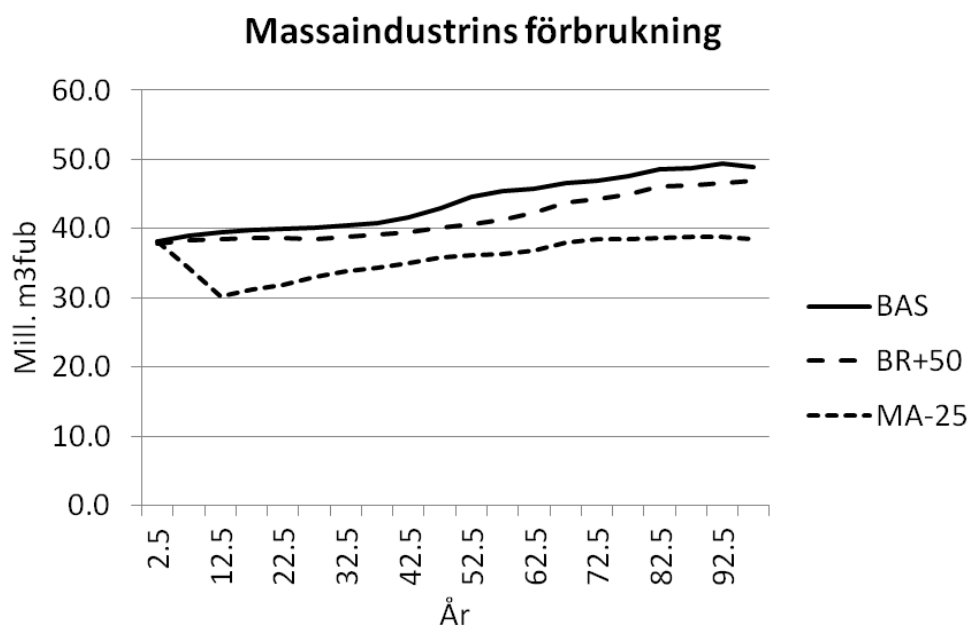
massaindustrins reduktion (MA-25) har en negativ inverkan jämfört med scenario BAS.



Figur 9: Sågad volym över hela 100-årsperioden över alla balansområden.

Figure 9: Consumed volume of saw timber over the 100-year period and all balance areas.

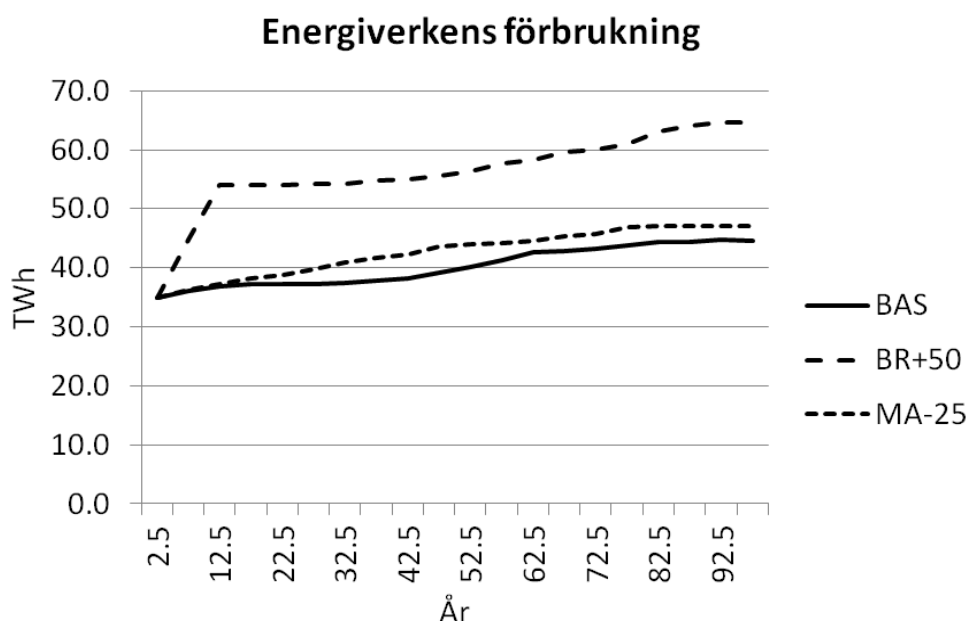
Massaindustrin ökar något över tiden i scenario BAS (Figur 10). Med den minskade efterfrågan i scenario MA-25 sjunker konsumtionen omedelbart för att återhämta sig på lång sikt. Massaindustrin påverkas marginellt av den utbyggda värmesektorn i scenario BR+50.



Figur 10: Massaindustrins förbrukning över hela 100-årsperioden över alla balansområden.

Figur 10: The consumption of wood of the pulp industry over the 100-year period and all balance areas.

Energisektorn ökar långsiktigt i såväl scenario BAS som MA-25 (Figur 11). Den minskade massaindustrin i scenario MA-25 ger en prisbild som tillåter energisektorn att öka konsumtionen något snabbare än i scenario BAS. Den ökade efterfrågan i scenario BR+50 resulterar i en ökad efterfrågad volym om 55% i den tredje 5-årsperioden jämfört med den efterfrågade volymen i den första 5-årsperioden.



Figur 11: Energiverkens förbrukning över hela 100-årsperioden över alla balansområden.
Figure 11: The energy in the wood consumed by the energy sector over the 100-year period and all balance areas.

5.2 Sektorernas råvaruförsörjning

Beskrivningen av råvaruförsörjningen till de olika sektorerna följer flödena i Figur 4. Flödenas storleksordning återfinns i Tabell 6 för de närmaste 20 åren. Tabell 6 är mycket informationstät då den spänner över fyra dimensioner: sektorer, sortiment, scenarier och tidsperioder. Det gör det emellertid möjligt att studera hur olika antaganden om efterfrågan påverkar sammansättningen av råvaran över tiden.

Komplexiteten kan dock motivera en genomgång av hur siffrorna relaterar till varandra i ett scenario i en tidsperiod. Vi tar scenario BAS och den första 5-årsperioden som omfattar år 1-5, dvs. den första kolumnen i Tabell 6. Allt som är apterat som timmer i skogen kan bara gå till sågverken. Sågtimmer är också sågverkens enda källa. Det innebär att de 34.8 miljoner m³fub som levereras till sågverken också motsvarar den efterfrågade volymen timmer. Massaindustrin tar emot 26.3 miljoner m³fub som är apterat som massaved i skogen. Till detta kommer de biprodukter som från sågverken som kan konsumeras av massaindustrin, dvs. 11.8 miljoner m³fub.

Denna volym är en direkt konsekvens av sågverkens produktion. Tillsammans utgör det 38.2 miljoner m³fub, som alltså är den volym massaindustrin efterfrågar (och får). Energisektorn tar i den första 5-årsperioden i scenario BAS inte ut något GROT. Däremot faller det ut 2.4 TWh från röjningsgallringar. Som en konsekvens av sågverkens produktion kommer det motsvarande 8.9 TWh från sågverken. Slutligen levereras det in 23.6 TWh som apterats som massaved i skogen. Tillsammans blir det en efterfrågad mängd om 34.9 TWh som går in i energisektorn.

Skillnaderna mellan scenarierna för sågverken och massaindustrin har i huvudsak redan identifierats i det tidigare avsnittet. För sågverken medför den ökade förbrukningen inom energisektorn (BR+50) att förbrukningen av timmer ökar medan en minskad efterfrågan inom massaindustrin (MA-25) minskar sågverkens konsumtion jämfört med scenario BAS. Massaindustrin påverkas negativt av energisektorns utbyggnad i scenario BR+50. Effekten är dock begränsad; mot en ökad förbrukning åren 16-20 i energisektorn på 46% jämfört med BAS står en minskning för massaindustrin på 3% (38.7 jmf. med 39.9). En viss, om än mycket marginell, kompensande mekanism är att den ökade aktiviteten inom sågverksnäringen ger aningen mer biprodukter till massaindustrin i scenario BR+50 jämfört med scenario BAS.

Redovisningen av råvaruförsörjningen i Tabell 6 avslöjar fler detaljer för energisektorn än för sågverk och massaindustri då man här kan studera flera olika källor. Genomgången börjar med att se på storleksordningen av olika sortiment och mönstret över tiden för att sedan se på hur sammansättningen förändras under olika scenarier.

GROT används i begränsad omfattning de första 10 åren för att sedan öka till ca 12 TWh i BAS, ca 18 TWh i BR+50 och ca 5 TWh i MA-25. Röjgallring tillför begränsade mängde TWh; ca 2 TWh i BAS, 3 i BR+50 och 1 i MA-25. Tillförseln ligger, i jämförelse med GROT, relativt jämt över tiden. Biprodukter från sågverk är tämligen konstant i över tiden i samtliga scenarier. Variationen är också begränsad mellan scenarier då sågverkens förbrukning inte varierar mycket. Den största enskilda källan i alla perioder och i alla scenarier utgörs av rundved; i de flesta perioderna ligger den över 50% (se rad Rundv i energiv, % i Tabell 6). Mängden rundved ligger relativt konstant över tiden i scenarierna BR+50 och MA-25 medan den minskar i BAS. Sammanfattningsvis, det är GROT som varierar mest och det är rundved som tillför mest.

Om man jämför sammansättningen med fokus på GROT och rundved kan man konstatera att det finns en tendens att rundvedens andel av tillförseln minskar över tiden. Den minskningen är störst i BAS och BR+50 och minst i MA-25. I BAS går rundvedens andel ned från 64% under åren 1-5 till ca 40% under åren 11-20. Mönstret är nästan detsamma i BR+50 medan rundvedens andel aldrig understiger 60% i MA-25. I BAS minskar mängden rundved över tiden och ersätts i stället av GROT. I BR+50 ligger rundveden kvar på ungefär samma nivå samtidigt som mängden GROT ökar ändå mer än i BAS, detta för att tillfredställa den ökande efterfrågan. Jämför man MA-25 med BAS ser man att den minskade åtgången av massaved i massaindustrin leder till att de frigjorda volymerna massaved i stället

används inom energisektorn och uttaget av GROT minskas; i BAS är uttaget av GROT 11.7 TWh medan det bara är 5.1 TWh i MA-25.

Tab. 6. Råvarubalanser per år för de olika sektorerna (miljoner m³fub för sågverk och massaindustri och TWh för energiverken).

År inom 5-årsperiod	BAS				BR+50				MA-25			
	1-5	6-10	11-15	16-20	1-5	6-10	11-15	16-20	1-5	6-10	11-15	16-20
Sågverk												
Timm till sågv	34.8	34.2	33.6	33.1	35.1	34.6	34.1	33.6	34.3	33.5	32.6	32.3
Efterfrågad vol.	34.8	34.2	33.6	33.1	35.1	34.6	34.1	33.6	34.3	33.5	32.6	32.3
Massaindustri												
Massaved	26.3	27.4	28.1	28.6	26.0	26.5	26.8	27.2	26.6	22.9	19.2	20.3
Biprod fr sågv	11.8	11.6	11.4	11.3	11.9	11.8	11.6	11.4	11.7	11.4	11.1	11.0
Efterfrågad vol.	38.2	39.1	39.5	39.9	37.9	38.3	38.4	38.7	38.2	34.3	30.3	31.2
Energiverk												
GROT	0.0	4.1	12.9	11.7	0.0	5.5	18.7	18.2	0.0	0.5	4.7	5.1
Röjgall	2.4	3.2	1.7	0.8	3.5	4.5	2.6	1.9	1.6	2.1	0.8	0.5
Biprod fr sågv	8.9	8.7	8.6	8.4	8.9	8.8	8.7	8.6	8.7	8.5	8.3	8.2
Rundved	23.6	20.1	13.7	16.2	22.5	26.0	24.2	25.5	24.6	25.1	23.4	24.4
Efterfrågad vol.	34.9	36.1	36.8	37.1	34.9	44.8	54.1	54.1	34.9	36.3	37.2	38.2
Rundv i energiv, %	68	56	37	44	64	58	45	47	70	69	63	64

Bryter man ner råvaruförsörjningen till energisektorn på de olika balansområdena kan man konstatera att den inte skiljer sig mycket från den nationella sammanställningen vad gäller de generella mönstren (Tabell 7). Några iakttagelser kan dock göras. I BO1 är uttaget av GROT begränsat. Det innebär att mängden rundved inte kan variera så mycket; i BAS ligger mängden rundved runt ca 3 TWh över alla 20 åren medan den mängden sjunker i de andra balansområdena. BO1 har en relativt de andra områdena en stor andel biprodukter från sågverk. Röjningsgallringen har en större andel i BO1 och BO2 än i BO34.

Tabell 7. Fördelning på olika källor till energisektorn för olika balansområden (TWh).

År inom 5-årsperiod	BO1				BO2				BO34			
	1-5	6-10	11-15	16-20	1-5	6-10	11-15	16-20	1-5	6-10	11-15	16-20
BAS												
GROT	0.0	0.0	1.7	0.8	0.0	4.1	4.9	4.6	0.0	0.0	6.3	6.4
Röjgall	0.9	1.0	0.5	0.2	1.0	0.8	0.7	0.4	0.4	1.4	0.5	0.2
Biprod fr sågv	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	4.2	4.1	4.1	4.0
Rundved	3.0	3.2	2.2	3.5	7.8	4.3	3.7	4.3	12.9	12.6	7.8	8.3
Efterfrågad vol.	6.3	6.6	6.7	6.8	11.1	11.3	11.4	11.5	17.5	18.2	18.7	18.9
BR+50												
GROT	0.0	0.1	2.9	2.3	0.0	5.4	5.8	5.8	0.0	0.0	10.0	10.1
Röjgall	0.9	1.1	1.0	0.5	1.5	1.1	0.9	0.6	1.0	2.3	0.6	0.8
Biprod fr sågv	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	4.2	4.2	4.1	4.0
Rundved	3.0	4.6	3.7	4.9	7.3	5.1	7.7	8.0	12.3	16.3	12.8	12.5
Efterfrågad vol.	6.3	8.2	10.0	10.0	11.1	13.9	16.6	16.6	17.5	22.7	27.5	27.4
MA-25												
GROT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.1	2.9	0.0	0.0	1.6	2.2
Röjgall	0.6	0.9	0.4	0.2	0.8	0.7	0.3	0.2	0.2	0.6	0.1	0.2
Biprod fr sågv	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.1	2.1	4.1	4.1	4.0	3.9
Rundved	3.4	3.5	4.3	4.7	8.0	8.2	6.1	6.6	13.2	13.5	13.0	13.0
Efterfrågad vol.	6.3	6.6	6.8	7.1	11.1	11.5	11.7	11.9	17.5	18.2	18.7	19.3

Bl.a. ur miljösynpunkt kan det vara intressant att se hur mycket av det som gjorts tillgängligt av GROT som faktiskt utnyttjas (Tabell 8). Andelen varierar i hög grad. Under åren 1-5 utnyttjas således ingenting utan allt ligger kvar. I BO1 och BO34 gäller det i stort sett även åren 6-10. Hårdast är trycket i BO2 där nästan allt som kan tas fram till väg också utnyttjas under tiden efter år 5 i BAS och BR+50.

Tabell 8. Utnyttjandegraden av tillgänglig GROT potentiellt vid bilväg under de 4 första 5-årsperioderna vid olika scenarier.

	BO1				BO2				BO34			
Scenario	1-5	6-10	11-15	16-20	1-5	6-10	11-15	16-20	1-5	6-10	11-15	16-20
BAS	0.0	0.0	56.7	29.3	0.0	97.2	98.3	94.0	0.0	0.0	88.3	82.3
BR+50	0.0	4.5	72.9	67.3	0.0	99.8	99.8	100	0.0	0.0	98.3	97.8
MA-25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.1	90.6	77.3	0.0	0.0	47.8	45.3

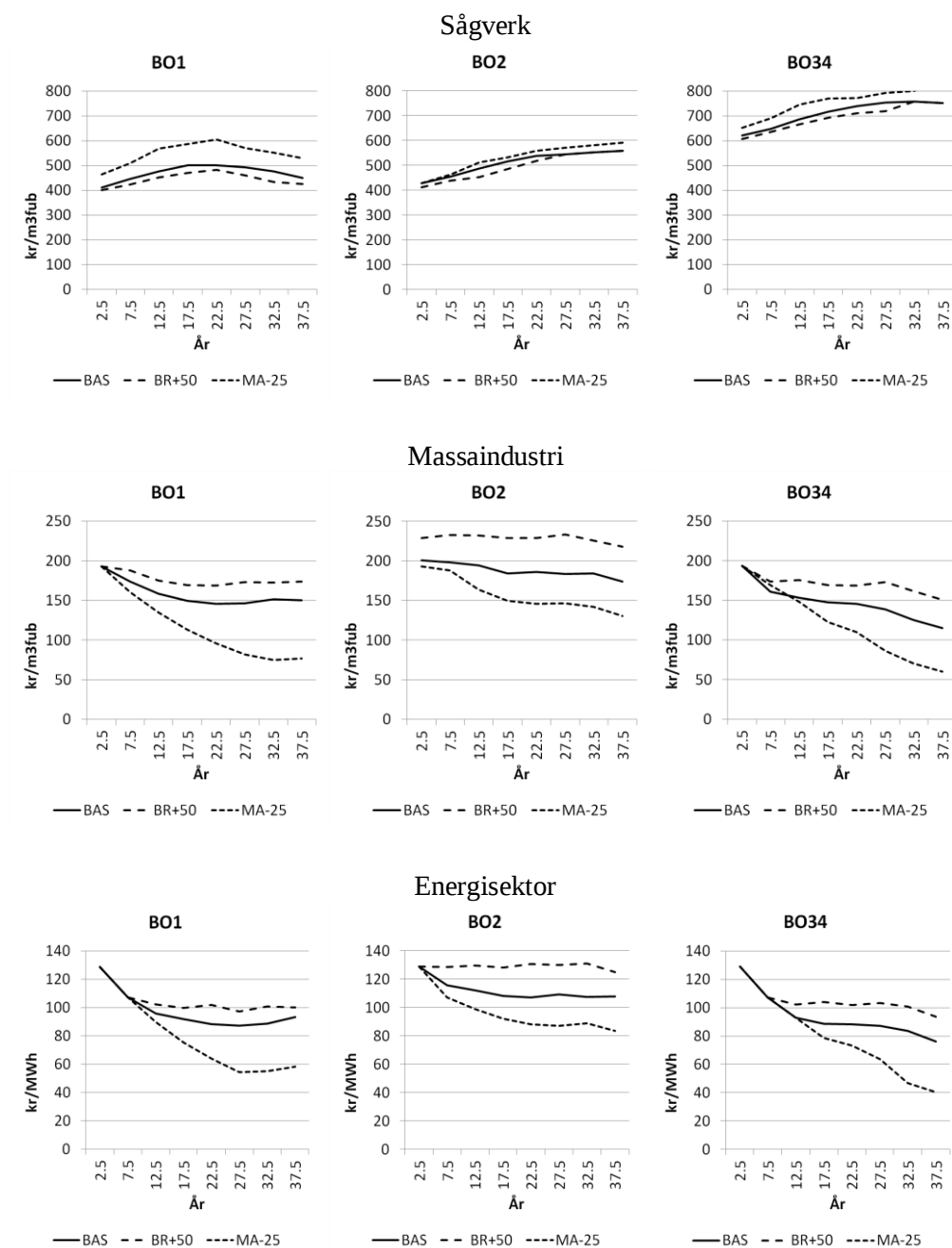
5.3 Råvarupriser

Prisbilden för sektorn utgör i princip inversen av den förbrukade volymen, dvs. ju högre pris desto mindre volym och *vice versa*. Eftersom priserna etableras inom balansområdena återspeglar de också situationen inom dessa. Eftersom den nationella situationen klargjorts i avsnitten ovan och dessa i hög grad också återfinns på balansområdesnivå skall här endast några iakttagelser göras. Vidare redovisas endast de första 40 åren (Figur 12).

För timret återspeglas de minskade volymerna i en ökande pristrend. Det är mest uttalat i BO2 och BO34. Priserna i BO34 ligger på en klart högre nivå än i BO1 och BO2.

Priserna för massaved visar en sjunkande trend. Det gäller i alla områden och under alla scenarier utom scenario BR+50 i BO2. Scenario MA-25 ger betydande prisminskningar på massaveden. I scenario BR+50 har energiverkens utbyggnad den mest påtagliga effekten på priserna i BO2.

Prisbildning inom energisektorn hänger intimt samman med den som sker på marknaden för massaved. Det är naturligt då man delvis delar samma råvara. Den högre prisnivå som etableras i BO2 jmf. med övriga områden i scenario BR+50 indikerar att en relativt större del av energisektorns expansion hamnar i BO1 och BO34 än i BO2.

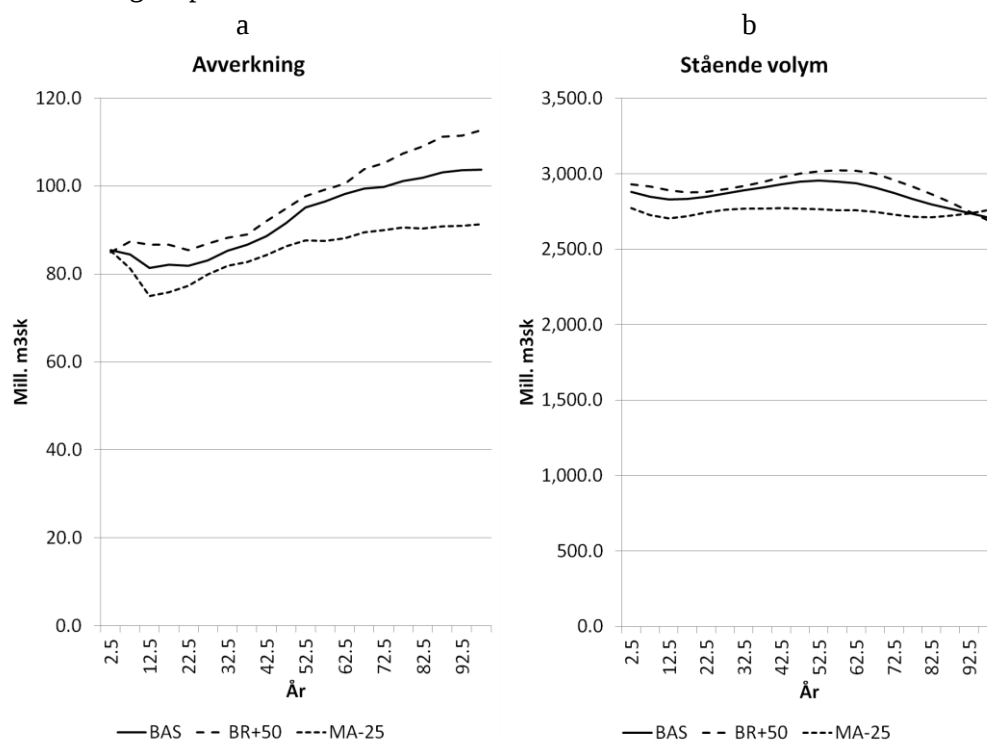


Figur 12: Jämviktspriser över de första 40 åren för olika marknader och scenarier i de olika balansområdena.

Figure 12: Market clearing prices over the first 40 years in different markets and under different scenarios in the different balance areas.

5.4 Skoglig aktivitet

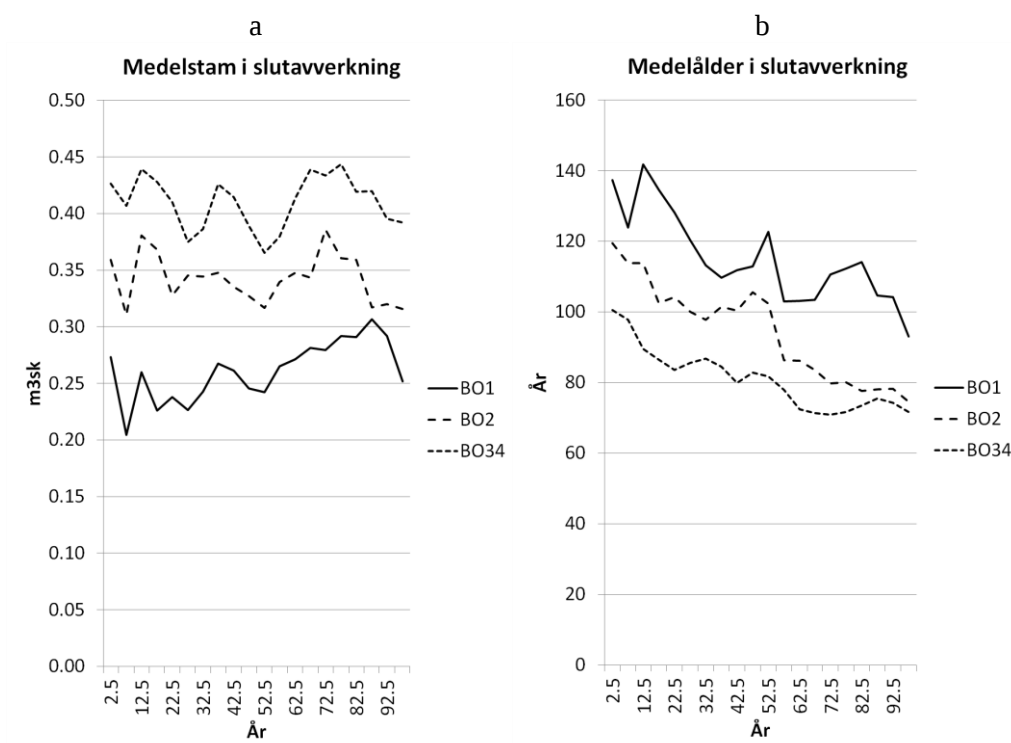
Ovanstående observationer visar vad som händer på marknaden och hur den försörjs. Det korresponderar naturligtvis mot aktiviteterna i skogen. Figur 13 visar den totala avverkningsnivån och det totala förrådets utveckling i Sverige. Man ska komma ihåg att i dessa analyser redovisas bara 90% av de avverkade volymerna. Långsiktigt stiger avverkningen. Som ett resultat sjunker förrådet och är något lägre i slutet än i början av de 100 åren. Det kan noteras att den högre avverkningsnivån i scenario BR+50 inte i nämnvärd grad påverkar slutförrådet.



Figur 13: Total avverkning (a) och stående volym (b) över alla balansområden för hela 100-årsperioden.

Figure 13: Total harvest (a) och standing volume (b) over the 100-year period and all balance areas.

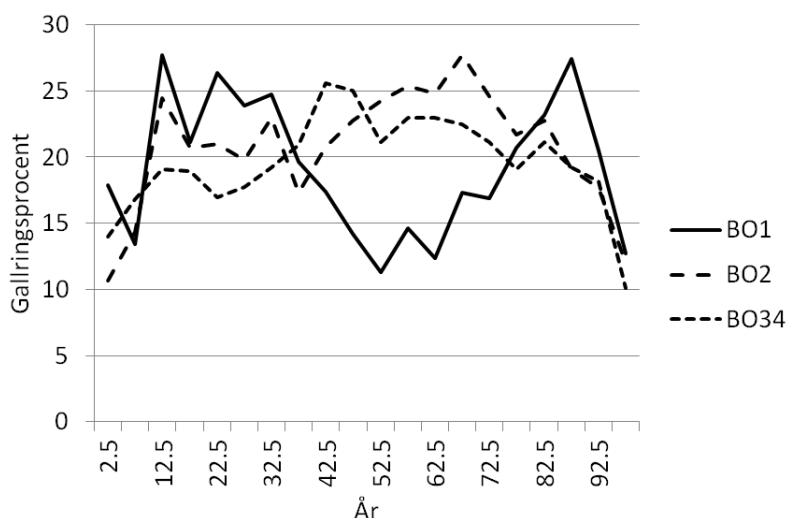
Medelstammen i slutavverkning varierar över tiden (Figur 14a). Det finns emellertid ingen tydlig tendens, t.ex. att den skulle minska. Det gör emellertid medelåldern på de volymer som slutavverkas (Figur 14b). Man kan notera att samma tendenser gör sig gällande i alla balansområden, om än på olika nivåer.



Figur 14: Medelstam (a) och medelålder (b) för de olika balansområdena i scenario BAS över hela 100-årsperioden.

Figure 14: Average stem size (a) och average age (b) for the different balance areas in scenario BAS over the 100-year period.

Den andel av volymen som kommer ut som gallring skiljer sig mycket litet åt mellan olika scenarier inom samma balansområde. Den skiljer sig emellertid mellan områden (Figur 15). Speciellt gäller det den låga gallringsnivån i BO1 om ca 50 år.



Figur 15: Gallringsprocent för de olika balansområdena för scenario BAS för hela 100-årsperioden.

Figure 15: The thinning strength for the different balance areas in scenario BAS over the 100-year period.

Röjningsgallringen ger ett relativt begränsat energitillskott (jmf. Tabell 6). Det är också en åtgärd som minskar i betydelse på längre sikt i alla scenarier. Tabell 9 visar att det i första hand är BO1 och BO2 som har skogar där åtgärden förekommer.

Tabell 9. Andel av den totala arealen produktiv skog i Sverige inkl. reservat på vilken det någon gång under 100 år sker röjningsgallring.

Scenario	BO1	BO2	BO34
BAS	19	16	5
BR+50	20	26	9
MA-25	17	12	3

6 DISKUSSION

Denna studie avser att belysa nuvarande och framtida skogsbränslepotentialer i Sverige och hur de beror av andra skogsindustriella sektorer. Den allmänna, mest generella, kvalitativa slutsats som kan dras från analyserna är att det finns en potential för ökade bränsleuttag ur de svenska skogarna utan att det hämmar övriga sektorer. Här ska resultaten diskuteras något mer i detalj. Ett antal kritiska antaganden som finns i modellen kommer också att diskuteras. Det är viktigt att man är medveten om dem för att inte lockas att dra mer långtgående slutsatser än materialet tillåter.

Sågverken gynnas av en ökad efterfrågan från energisektorn medan en minskad efterfrågan från massaindustrin har en negativ inverkan. Det innebär att ökade uttag av massaved och skogsbränsle gör det lättare att även få fram timmer. En ökad efterfrågan från massa- och energisektorerna gör också att betalningsförmågan för sågverksindustrin förbättras då deras biprodukter får ett högre pris (och motsatt om efterfrågan minskar). Sågverken respektive massaindustri och energiverk är komplementära, inte konkurrerande, verksamheter.

När det gäller massaindustrin finns det en påverkan så att en ökad efterfrågan inom energisektorn leder till högre priser för massaindustrin. Det har emellertid en marginell inverkan på vedförbrukningen. En ökad förbrukning åren 16-20 i energisektorn på 46% står en minskning för massaindustrin på 3% när man jämför scenario BR+50 med BAS. Under åren 16-20 förbrukar energisektorn ytterligare 4.4 miljoner m³fub rundved och 3.1 miljoner m³fub GROT under scenario BR+50 jämfört med BAS. Att massaindustrin ändå sänker sin förbrukning med bara 0.8 miljoner m³fub under samma period beror på två saker: dels kan betydande volymer av såväl GROT som rundved tas fram om det behövs, dels beror det på att efterfrågan för både massaindustri och energisektor är relativt oelastisk, dvs. priserna förändras mer än volymerna. Scenario MA-25 resulterar framförallt i ett ökat intag av rundved till energisektorn jämfört med BAS. Det minskar i sin tur behovet av GROT. Det är således rundved och GROT som balanserar mot varandra för att tillfredsställa efterfrågan. Mellan massaindustri och energisektor råder således ett utbytesförhållande som regleras av användandet av GROT och rundved. Ökar behovet av skogsbränsle fylls det i första hand med GROT. Minskar behovet av ved till massaindustrin minskar intaget till energiverken av GROT och ökar intaget av rundved.

Priserna för massaved och energi har en tydlig tendens att sjunka. Det gäller speciellt för scenario MA-25 där priserna för dessa sortiment över de närmaste 40 åren i vissa fall reduceras med över 2/3. Det ökar naturligtvis lönsamheten i dessa sektorer, men skulle innebära ett avbräck för skogsbruket. Sett utifrån skogsbrukets horisont skulle en expansion av energisektorn innebära att det finns större möjligheter att hålla uppe prisnivån på de sortiment som går till massaindustri och energisektor. Man kan tycka att prisfallen är stora, och är det också när det gäller scenario MA-25. Ser man på scenario BAS är de inte större än vad som registrerats i modern tid. Så utgör prisnivån i reala termer under 00-talet på t.ex. barrmassaved bara ca 60% av prisnivån under 80-talet (Skogsstatistisk årsbok 2012b).

Utvecklingen av sektorernas inbördes relationer beror inte bara förändrad efterfrågan utan beror även på den allmänna sammansättningen av framtida skogar. Man kan i scenario BAS notera en minskad åtgång av sågtimmer och en ökad konsumtion i såväl massaindustri som energisektor, åtminstone i under det närmaste halvsekle. Det återspeglas än tydligare i prisbildningen där timmerpriserna ökar och priserna på massaved och skogsenergi sjunker. Dessa tendenser återfinns även i de andra scenarierna. Förklaringen kan inte knytas till gallringarna då de inte ökar generellt (jmf. Figur 15; ökad andel gallringar skulle kunna leda till lägre dimensioner i genomsnitt). Det är heller inte knutet till att medelstammen i slutavverkning minskar (se Figur 14a). Däremot sker avverkningarna vid en allt lägre ålder (se Figur 14b). Det, i kombination med att träden har samma storlek vad gäller volym, kan bidra till att träden i genomsnitt får en allt sämre form (de får en större avsmalning) vilket i sin tur reducerar timmerandelen.

Det kan tyckas förvånande att den högre uttagsnivå (mätt som m3sk) som är förknippad med scenario BR+50 inte påverkar det stående förrådet efter 100 år. Det visar att uttag och förråd inte är enkelt kopplade till varandra. Möjligen är det så att en ökad efterfrågan, som leder till ökade uttag, också medverkar till en ökad lönsamhet som resulterar i en skötsel som är mer intensiv och som ger större volymer.

De generella dragen som redovisats ovan återfinns även när man bryter ned resultaten på de enskilda balansområdena. Det finns dock skillnader som bl.a. har att göra med områdenas olika sammansättning av sektorer (se Tabell 3). BO1 har en liten energisektor jämfört med sågverk och massaindustri. BO2 har tvärtom en stor energisektor relativt övriga sektorer. BO34 har sektorer som är jämnstora. Dessa förhållanden återspeglas i hur de olika scenarierna påverkar råvaruförsörjningen och jämviktspriser.

Energisektorns utbyggnad i scenario BR+50 har den mest påtagliga effekten på priserna i BO2. Det förklaras i huvudsak med att BO2 är det område som har störst efterfrågan på energi relativt övrig vedkonsumerande industri. Det förklarar också att BO2 är det område där i stort sett all tillgänglig GROT tas ut (gäller dock inte år 1-5 och inte heller scenario MA-25). BO1 är det område som utnyttjar minst GROT. Det återspeglar en relativt mindre efterfrågan på bränsle jämfört med övrig industri liksom en större relativ tillförsel av biprodukter. Det förefaller även rimligt med tanke på att transportavstånden i genomsnitt borde vara störst i detta område. Möjligen kan trädslagsammansättningen ha betydelse. BO34 ligger på en påtagligt högre prisnivå när det gäller sågtimmer. Det kan, åtminstone delvis, förklaras med att det är det enda område som har en större andel sågverk än massaindustri.

De resultat som redovisats här ger också underlag för en diskussion om i vilken riktning man kan tänka sig att utveckla tekniken för bränsleskörd. GROT utnyttjas inte alls under modellens första 5 år och i två av områdena utnyttjas GROT endast i begränsad utsträckning, förutom när behovet av råvara till energisektorn ökar enligt scenario BR+50. Det förefaller ofta vara lönsamt att ta ut bränslesortimentet genom att kvista stammen ner till 5 cm och sedan ta med stamdelen till pannan. Detta förhållande uppstår trots att förutsättningarna är sådana att GROT är billigare än rundvirke per MWh att föra från avlägg till panna vid korta transportavstånd (se Figur 7).

Mot den bakgrunden borde det vara intressant att försöka se om man kan finna tekniska lösningar som gör att man bättre anpassar tekniken till vad råvaran slutligen ska användas till. Det som ligger närmast till hands är system som avskiljer sågtimmerdelen men tar ut resterande delar med grenar och topp.

Röjningsgallring har tagits med som ett nytt tekniskt system. Med de förutsättningar som givits här är bidraget till energiförsörjningen begränsad till i storleksordningen 3 till 4 TWh per år, eller knappt 10% av tillförd energi. Tendensen är att volymen sjunker över tiden. Åtgärden bör kanske i högre grad analyseras som en skogsskötselåtgärd snarare än ett medel i energiförsörjningen. Man kan notera att åtgärden har mindre omfattning i BO34 än i de andra balansområdena. Det kan antingen bero på att det inte finns objekt i södra Sverige som är tillåtna (har inte tillräckligt låg medelstam) eller att det inte är en lönsam åtgärd, dvs. det är bättre att göra en konventionell röjning.

De resultat som redovisas och diskuteras ovan är en funktion av de egenskaper som modellerna har och de antaganden, explicita eller implicita, som underbygger modellkörningarna. Det finns nu anledning att gå igenom några av de mer centrala aspekterna kring själva modellen. Dessa kan grupperas kring två teman. Det ena har att göra med antaganden om graden av ekonomisk effektivitet. Det andra rör graden av flexibilitet på marknaden. Man skulle förenklat kunna säga att i det första fallet görs i modellen realistiska antaganden om systemets effektivitet och i det andra fallet är modellen mindre flexibel än vad verkligheten torde vara.

En förutsättning som säkert gör att effektiviteten i skogsbruket är större i modellen än i verkligheten är att alla skogsägare förutsätts vara vinstmaximerare. Modellen simulerar alltså ägare som är ekonomiskt rationella och som har perfekt information. En rimlig konsekvens av det är ett större utbud och därmed en lägre prisnivå vad som annars vore fallet. Man kan notera att priserna ligger klart under marknadspriser (timmer i BO34 enda undantaget). Förutom en alltför effektiv produktion kan det naturligtvis även finnas kostnadsposter som inte tagits med här och som påverkar producenters krav på ersättning.

Modellens antagande om ekonomisk effektivitet utgör sannolikt orsaken till ett antal fenomen som rör den lösning modellen finner under den första eller de första 5-årsperioderna. Det är troligen så att det i verkligheten finns äldre skog som av olika anledningar inte drivits tidigare men som modellen upptäcker och omedelbart avverkar, dvs. modellen gör ett (ekonomiskt) rationellare val än vad som kan förväntas i verkligheten. En indikation på det är att medelåldern vid slutavverkning hamnar på en förhållandevis hög nivå under den inledande delen av 100-årsperioden (se Figur 14b). Jämfört med analyser för motsvarande tidsperiod i SKA-VB 08 (Skogsstyrelsen 2008) ligger åldrarna i denna studie högre i samtliga balansområden i början av perioden för att ligga på ungefär samma nivå om 100 år. Avverkningen av gammal förklarar också den låga nivå som gallringen ligger på under den första 5-årsperioden (se Figur 15). Man kan också notera att i första 5-årsperioden används inte GROT i något av scenarierna, vilket är en effekt av att det initialt finns lättillgänglig rundved att tillgå. Det kan ses som en modelleffekt, dvs. i verkligheten skulle man inte lägga om skötseln riktigt på det sätt som sker här. En annan förklaring kan

vara att kostnaden för GROT måste hålla sig inom ett visst intervall i modellen (se avsnitt Lösningsprocess), medan rundved kan ha en lägre kostnad.

Ytterligare en källa till en alltför hög grad av kostnadseffektivitet har med det faktum att Taxytor används. Taxytorna är väsentligt mindre än vanliga behandlingsenheter. Det innebär att modellen har kunnat plocka ytor med speciellt förmånliga egenskaper men som egentligen inte återfinns i verkliga bestånd där variationen i allmänhet är större. Skillnaden mellan vad man kan producera baserat på ytor respektive i bestånd är ett välkänt problem, men någon tillförlitlig kvantifiering av konsekvenserna finns inte. I den här studien har en betydande andel av produktionen undandragits marknaden (10% utöver reservat och motsvarande) för att kompensera för detta och andra fenomen, men om det räcker för att återspegla reella begränsningar av utbudet är svårt att bedöma.

Det finns flera skäl till att misstänka att modellen är mindre flexibel vad gäller marknadens funktion än vad den är i verkligheten. Det finns sannolikt ett antal kompenserande mekanismer i verkligheten som gör att prisbilden påverkas mindre än vad som sker i modellen. En sådan mekanism är frånvaron av import och export i modellen. Hade import och export tillåtits till givna priser hade det kunnat göra prisspannet mindre stort än som framkommit här. Av liknande karaktär är avsaknaden av utbyte mellan balansområdena. De relativt höga priserna på massaved och bränsle i BO2 borde balanseras mot de relativa överskott som finns i de två andra områdena. Detsamma kan sägas om de relativt höga priserna på sågtimmer i BO34. Det resultat modellen ger antyder vilka obalanser som finns och vilka flöden det kan ge upphov till mellan områdena. En annan kompenserande mekanism som saknas är möjligheterna att anpassa apteringen mellan timmer och massaved. I beaktande av de ökande priserna på timmer skulle man kunna föreställa sig att toppdiametern för timmer borde sjunka för att öka utbudet. Timmer är problematiskt på ett annat sätt. Här har allt timmer fått samma pris oavsett dimension. Det finns således inget incitament att sköta skogen för speciella sortiment. En skötselaspekt som inte beaktats här är möjligheten att gödsla. Det skulle kunna påverka resultatet, speciellt om det kan leda till större volymer av timmer.

En annan faktor som i hög grad styr modellens priskänslighet är de ansatta elasticiteterna. Efterfrågefunktionerna i modellen har relativt låga elasticiteter: -0.2 (massaindustri och energisektor) och -0.3 (sågverk). Det innebär att om volymen förändras med 1% så förändras priset med 3% vid elasticitet -0.3 och med 5% vid elasticitet -0.2. Med en högre elasticitet hade volymspåverkan blivit större, medan priserna påverkats mindre. Elasticiteterna är dessutom konstanta över tiden. Det implicerar att modellen inte innehåller investeringar som en funktion av sektorns lönsamhet. Hade modellen innehållit en dynamisk investeringsfunktion skulle prisförändringarna troligen blivit mindre. Det kan diskuteras i vad mån det är avgörande för slutsatserna ovan. Troligen skulle man fortfarande se samma tendenser vad gäller ömsesidig påverkan mellan sektorerna och de försörjningsmönster det ger upphov till.

Studien reser, förhoppningsvis, fler frågor än den besvarar. De ovan diskuterade svagheter i modellen antyder områden för vidare studier. Ytterligare några teman ska beröras.

På skötselsidan vore vidare studier av röjningsgallring motiverade. Det rör sig inte om så stora volymer men desto större arealer. Möjligheterna att med en sådan skötselriktning, t.ex. i kombination med gallringsfritt skogsbruk, styra produktionen nära efterfrågecentra, typ storstadsområden, kunde studeras.

Det vore intressant att undersöka andra aspekter som avhänger flödena från skogen till de olika sektorerna och mellan dem. En sådan rör kolbalanser. Eftersom det finns en bra beskrivning av skogen, Heureka-systemet kan göra skattningar av kolförrådet i såväl träd som mark och de avverkade trädens användning och nedbrytning är väl känd så vore sådana analyser inte alltför komplicerade. Ytterligare en utvidgning i den riktningen vore att koppla denna, rätt skogligt orienterade modell, till modeller som beskriver energisystemet i Sverige.

En annan utvecklingsväg är att knyta samman Sverige i en modell. Man skulle t.ex. kunna tänka sig att sätta en transportkostnadsschablon mellan områdena. Emellertid, en områdesindelning med fasta gränser är alltid problematisk. Det gäller speciellt när olika sektorer har olika upptagningsområden. Så har t.ex. skogsindustrin i BO2 en helt annan tyngdpunkt än energisektorn i samma område. En vidareutveckling av modellen skulle i stället kunna vara att ta med en avståndsmatrix mellan anläggningarna. Ytterligare ett steg i den riktningen vore att knyta den svenska marknaden till de internationella via modeller för internationell handel (för en studie i den riktningen se Eriksson et al. (2012)).

För att kunna vidga analyserna är det viktigt att även Heureka underhålls och utvecklas. Programmet har, trots stora förtjänster, utvecklingsmöjligheter när det gäller att analysera olika frågor, bl.a. sådana knutna till bränsleuttag. Det är t.ex. inte säkert att programmet återspeglar de kostnadsreduktioner som en minskad toppdiameter kan medföra (bl.a. därför har 5 cm toppdiameter använts i studierna). Det borde också vara möjligt att variera gallringsstrategi över beståndets omloppstid, något som skulle göra programmet bättre anpassat till analyser där andra sortiment än timmer och massaved tas ut. Andra anpassningar kan säkert också vara befogade sett utifrån att vi har ett skogsbruk som tjänar tre olika sektorer.

Styrkan i den aktuella ansatsen torde vara att kunna knyta en god skoglig beskrivning till en ekonomisk modell för slutanvändningen. Den lämpar sig i första hand för sektorsanalyser. Som instrument för strategiska analyser på företagsnivå ger den möjlighet att utvärdera olika scenarier göra långsiktiga analyser för större regioner. Det kan ge en uppfattning om vilket expansionsutrymme som finns utan att man i alltför hög grad påverkar virkesmarknaden samt vilken sammansättning råvaran kan ha. Med det som bakgrund kan mer specifika analyser göras där kapaciteter, transportmönster etc. utvärderas med andra, mer detaljerade modeller.

7 SLUTSATSER

Fokus för denna studie är försörjningen av råvara till energisektorn i ett långsiktigt perspektiv. Frågan har här undersökts främst utifrån den svenska skogens tillstånd och utveckling, olika källor till försörjning av energisektorn (inklusive möjliga nya tekniker), samt aktiviteten i övriga sektorer som förbrukar skogsråvara. Resultaten ska inte ses som förutsägelser utan som grund för kvalitativa bedömningar. Studien ger stöd för följande påståenden.

- Det finns en potential för ökade bränsleuttag ur de svenska skogarna utan att det påtagligt hämmar övriga sektorer.
- På lång sikt ökar utbudet av sortiment som lämpar sig för massaindustri och energisektor. Det skapar en prispress på dessa sektors råvaror som är så stor att priset på massaved kan minska även vid en expansion av energisektorn.
- Om den traditionella massaindustrin minskar sin efterfrågan kan en expanderad energisektor medverka till att hålla priserna uppe. Under sådana förhållanden kan energisektorn bidra till att lönsamt skogsbruk.
- Det långsiktiga utbudet tenderar att minska för sågverksindustrin. Sågverksindustrin gynnas av ökad efterfrågan inom andra sektorer, således också av en expansion av energisektorn.
- Det som i dag apteras som massaved (rundved) skulle kunna utgöra en betydande del av energisektorns råvaruförsörjning. GROT används när prisutvecklingen på rundved gör det motiverat.
- Rundved har en stor potential som råvarukälla till energisektorn. Det motiverar en utveckling av avverkningssystem som kan hantera som energisortiment det som i dag apteras som massaved.
- Röjningsgallring är en ny teknik som ger skogsbränsle. Det ger emellertid begränsade volymer, som också sjunker över tiden. Det kan dock vara ett intressant skogsskötselalternativ för att ge ökad lönsamhet åt skogsbruket.

8 ERKÄNNANDEN

Referensgruppen knuten till projektet har aktivt och med sin kompetens stöttat projektet i alla dess faser. Viktiga bidrag till studien har också kommit från professor Tomas Nordfjell, institutionen för skogliga biomaterial och teknologi, och doktorand Lars Sängstuvall, institutionen för skoglig resurshushållning, vid SLU. Ett tack riktas till övriga medarbetare vid de båda institutionerna som medverkat vid framtagandet av denna rapport.

9 REFERENSER

- Bergström, D., Di Fulvio, F. 2013. (Manuskript under utarbetande)
- Bowyer, C. 2010. *Anticipated Indirect Land Use Change Associated with Expanded Use of Biofuels and Bioliquids in the EU – An Analysis of the National Renewable Energy Action Plans*. IEEP. www.ieep.eu [2011-01-04]
- Eliasson, Lars och Granlund, Paul 2010. *Krossning av skogsbränsle med en stor kross: en studie av CBI 8400 hos Skellefteå kraft*. Uppsala: Skogforsk.
- Eriksson, I. O., Gustavsson, L., Hanninen, R., Kallio, M., Lyhykainen, H., Pingoud, K., Pohjola, J., Sathre, R., Solberg, B., Svanaes, J. and Valsta, L. 2012. *Climate change mitigation through increased wood use in the European construction sector-towards an integrated modelling framework*. European Journal of Forest Research, 131, 131-144.
- EU 2009. *Directive 2009/28/EC of the European parliament and of the council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*. <http://www.energy.eu/directives/pro-re.pdf> [2012-03-30]
- Fjeld D. 2012. *Student exercises with GilleCalc. SG0059 Operational planning and control*. Manuscript. Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå.
- Heureka 2013. <http://heureka.ad.slu.se/help/index.html?Introduktion.htm>. [2013-03-11]
- von Hofsten Henrik, Hagos Lundström, Berndt Nordén och Magnus Thor 2006. *Systemanalys för uttag av skogsbränsle – ett verktyg för fortsatt utveckling*. Resultat nr 6. Skogforsk.
- Holmström, H., Wikström, P., Eriksson, L.O. 2012 *Energioptimera skogsbruket - Fallstudier av potentialen i skogsbränsleanpassningar*. Svensk Fjärrvärme AB. ISBN 978-91-7381-094-
- Jonsson, R. 2011. *Trends and Possible Future Developments in Global Forest-Product Markets—Implications for the Swedish Forest Sector*. Forests 2:147-167.
- Nordfjell, T., Nilsson, P., Henningsson, M. and Wästerlund, I. 2008. *Unutilized biomass resources in Swedish young dense stands*. Proceedings: World Bioenergy 2008, 27 -29 May, Jönköping, Sweden.
- Riksskogstaxeringen 2013. <http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/> [2013-03-10]
- SDC 2013. *Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 2007 – 2011*. SDC. http://www.sdc.se/admin/PDF/Virkesf%C3%B6rbrukning_2011.pdf [2013-04-09]

- Skogsstatistisk årsbok 2012a. *Tabell 11.8*. Skogsstyrelsen.
<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Statistik/Skogsstatistisk%20%C3%A5rsbok/02.%202012%20%28Kapitelvis-Separated%20chapters%29/11%20Tr%C3%A4dbr%C3%A4nsle.pdf>
[2013-04-09]
- Skogsstatistisk årsbok 2012b. *Figur 13.2*. Skogsstyrelsen.
<http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Amnesomraden/Priser/Tabeller--figurer/> [2013-05-23]
- Skogsstyrelsen 2008. *Skogliga konsekvensanalyser och virkesbalanser, SKA-VB 08*. Rapport nr 25. Jönköping, Sverige.
- Solberg B, Moiseyev A, Kallio AMI, Toppinen A 2010. *Forest sector market impacts of changed roundwood export tariffs and investment climate in Russia*. For Policy Econ 10(1):17–23
- Sängstuvall, L., Bergström, D., Lämås, T. and Nordfjell, T. 2011. *Simulation of harvester productivity in selective and boom-corridor thinning of young forests*. Scandinavian Journal of Forest Research, 27 (1), 56-73.
- Thorsén, Å. och Björheden, R. (eds.) 2010. *Skogen – En växande energikälla. Sammanfattande rapport från Effektivare Skogsbränslesystem 2007-2010*. Skogforsk.
- Toet, H., Fridman, J., Holm, S. 2007. *Precisionen i Riksskogstaxeringens skattningar 1998-2002*. Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 167.

ETT ENERGIOPTIMERAT SKOGSBRUK I SVERIGE

Hur våra skogar sköts är ett resultat av efterfrågan på produkter som sågtimmer, massaved och skogsbränsle. De sektorer som efterfrågar dessa produkter är sågverksindustrin, massaindustrin och energisektorn. Rapporten ger ett bra underlag för bedömningar av hur bränsletillförsel från skogen till energisektorn kan utvecklas i ett nationellt perspektiv under olika förutsättningar vad gäller virkesmarknad och teknik.

Analyserna baseras på tre olika scenarier för hur marknaderna för sågverks- och massaindustrin samt energisektorn kommer att utvecklas. Ett scenario är att nuvarande marknadsförhållanden består. Ett annat är att efterfrågan från energisektorn ökar med 50 procent under de närmaste 10 till 15 åren. Ett tredje scenario är att efterfrågan från massaindustrin går ner med 25 procent under de närmaste 10 till 15 åren. Resultaten sammanfattas i några tydliga punkter som visar att det finns en potential för ökade bränsleuttag ur de svenska skogarna utan att det påtagligt hämmar övriga sektorer.

På lång sikt ökar till exempel utbudet av sortiment som lämpar sig för massaindustrin och energisektorn. Studien visar också att om efterfrågan från den traditionella massaindustrin minskar kan en växande energisektor medverka till att hålla priserna uppe. Energisektorn kan då bidra till ett lönsamt skogsbruk.