

Digital styrning av biomassaflöden för ökad resurseffektivitet och lönsamhet

– EN PILOTSTUDIE



FOTO: ERIK VIKLUND/TIDIGARE SKOGFORSK

Summary

Digital management of biomass flows to improve resource efficiency and profitability – A pilot study

Efficient use of resources is becoming crucial in view of population growth and increased prosperity. Forest and forest products have a significant role in helping Sweden's transition to a circular bioeconomy, as well as reducing the environmental and climate impact. Residual products from the forest and forest industry processes have been used to substitute 96 percent of all use of fossil energy in the forest industry's internal processes. This has formed a basis for the conversion to renewable energy that is taking place in the district heating sector.

The supply chain for forest fuel is cost-sensitive, and profitability depends on both the properties and the quality of the fuel, but also on the quality of the execution of the processes themselves. This requires more information and, especially, automation of information flows. Increased information throughout the processes could improve decision-making regarding how materials are best managed to meet the needs of industrial customers, with a high level of efficiency through resource utilisation. Some of the necessary information is available today, but in many cases this is based on visual assessments and estimates.

The assessment factors for net production cost, energy efficiency and climate performance are closely linked. More efficient supply chains would mean lower costs, higher energy efficiency, and thereby improved climate performance. Net production costs in relation to the fuel's energy content would probably decrease with better access to data and a more automated information flow.

A relevant LCA requires that the system boundaries are clearly described, and should be based on an entire circulation period to enable a fair assessment of the forestry sector's impact on climate. One of the most important questions is how costs, energy efficiency and climate performance relating to forest fuel management should be allocated in relation to other forest product assortments. Different approaches will have different consequences for the results, and there is currently no general method for this.

From the project, the following main conclusions have been drawn:

- Better access to data and a more automated information flow would generate potential for streamlining supply chains and creating a higher net value, partly by reducing costs but mainly by increasing the value of the end product.
- Much of the requested data is available today, but not at all stages, so is not used. Consequently, there is scope and interest for a larger project to evaluate how better data could improve supply chain management and its processes.
- In such a larger project, it is important to address the various supply chains and processes, and have well-defined system boundaries and allocation grounds.

Förord

Denna förstudie syftar till att utreda genomförbarheten för eventuella vidare studier inom området digital styrning av biomassaflöden. Projektet är finansierat av Energi-myndigheten och har utförts i samverkan med projektet ”Produktifiera för optimal bränslebas”, som leds av Maria Iwarsson Wide och Tomas Johannesson, Skogforsk.

Tack till intervjurespondenterna Thomas Esbjörnsson (Sveaskog), Sven Ekstedt (Stora Enso Bioenergi), Mikael Gustavsson (Södra) och Anders Andersson (Södra).

Uppsala i maj 2019

Sara Holappa Jonsson

Innehåll

Summary.....	2
Förord	3
Sammanfattning	5
Bakgrund	6
Syfte	7
Metod.....	8
Intervjustudie	9
Utveckling av simuleringsmodell	9
Resultat.....	13
Marknaden för skogsbränsle och kundernas önskemål	13
Försörjningskedjor för skogsbränsle.....	14
Sveaskog.....	16
Stora Enso och Stora Enso Bioenergi (SEBAB)	16
Södra Skog och Södra Skogsenergi.....	16
Ekonomi och effekter på skogsvården.....	17
Informationsflöde inom försörjningskedjorna	18
Skörd	20
Lagring i skog.....	20
Skotning	20
Lagring vid avlägg.....	21
Sönderdelning och transport.....	21
Lagring vid terminal	22
Nyttor kopplade till mer information.....	23
Systemstöd.....	24
Bedömningsfaktorer	24
Nettoproduktionskostnad.....	25
Energieffektivitet.....	25
Klimatprestanda	27
Simuleringsutfall	28
Diskussion	32
Marknaden för skogsbränsle och kundernas önskemål	32
Informationsflöde inom försörjningskedjorna	32
Bedömningsfaktorer	34
Simuleringsutfall	34
Slutsats.....	36
Referenser.....	37
Personlig kommunikation	39

Sammanfattning

Resurs- och hushållningseffektivitet blir allt viktigare i takt med befolkningstillväxt och ökat välbefinnande. Skogen och skogsindustrins produkter har en betydande roll för Sveriges möjligheter att övergå till en cirkulär bioekonomi samt minska miljö- och klimatpåverkan. Restprodukter från skogen och från skogsindustrins processer har nyttjats till att fasa ut 96 procent av all användning av fossil energi för skogsindustrins interna processer samt skapat en bas för den omställning till förnybar energi som skett inom fjärrvärmesektorn.

Försörjningskedjan för skogsbränsle är mycket kostnads känslig och lönsamheten är beroende av bränslets egenskaper och kvalitet, men också av kvaliteten på utförandet av själva processerna. Detta ställer krav på information, och framförallt automatisering av informationsflöden. Ökad information genom processerna skulle dessutom kunna bidra till beslutsunderlag kring hur material hanteras för att passa industrikundernas behov på bästa sätt, samt hur försörjningskedjorna kan effektiviseras i form av resursutnyttjande. En del av den önskvärda informationen finns idag tillgänglig, även om den i många fall utgörs av visuella bedömningar och uppskattningar. Samtidigt skapas en stor mängd information automatiskt genom exempelvis skördarrapportering.

Bedömningsfaktorerna för nettoproduktionskostnad, energieffektivitet och klimatprestanda är nära kopplade till varandra. Effektivare försörjningskedjor torde innebära lägre kostnader, högre energieffektivitet och därmed även förbättrad klimatprestanda. Nettoproduktionskostnaderna i relation till bränslets energiinnehåll skulle sannolikt minska vid bättre tillgång till data och en mer automatiserad informationsöverföring. Vad gäller energieffektiviteten borde det inte vara några problem att få tag på data, eftersom bränsle- och tidsåtgång vid de olika processerna generellt finns tillgänglig. Klimatprestanda är dock lite svårare, men inte omöjligt, att modellera. En av de mest väsentliga frågorna är hur kostnader, energieffektivitet och klimatprestanda kopplade till skogsbränslehanteringen ska allokeras i förhållande till andra sortiment. Olika angreppssätt kommer att ha olika konsekvenser för resultaten och i dagsläget finns ingen generell metod för detta.

Från projektet har följande huvudsakliga slutsatser dragits:

- Bättre tillgång på data och ett mer automatiserat informationsflöde ger potential att effektivisera försörjningskedjorna och skapa ett högre nettovärde, genom minskade kostnader men framförallt genom att skapa ett högre värde på slutprodukten.
- Stora delar av de data som efterfrågas finns idag tillgängliga, men är inte tillgängliga i alla led och används därför inte. Därför finns möjligheter och intresse att genomföra ett större projekt för att testa och utvärdera styrning av försörjningskedjorna och dess processer med hjälp av bättre data.
- Vid ett eventuellt större projekt är det viktigt att fånga de olika försörjningskedjorna och processerna, samt att ha väl definierade systemavgränsningar och allokeringssgrund.

Bakgrund

Resurs- och hushållningseffektivitet blir allt viktigare i takt med befolkningstillväxt och ökat välbefinnande. Hållbarhetsmålen som antogs av världens ledare under 2015 ställer krav på en social, ekonomisk och miljömässig hållbar utveckling, vilket innebär att tillgodose dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjlighet att tillfredsställa framtida behov (United Nations Development Programme, 2019). En viktig del i detta arbete är att ersätta fossila material med förnybara material. Konkreta miljömål inom EU är att minska växthusgasutsläppen med minst 40 procent till 2030 (jämfört med utsläppsnivåerna 1990), att minst 27 procent av energiförsörjningen ska ha sitt ursprung i förnybara källor samt att energieffektiviteten ska öka med minst 27 procent (De la Fuente Diez m.fl., 2017).

Skogen och skogsindustrins produkter har en betydande roll för Sveriges möjligheter att övergå till en cirkulär bioekonomi samt minska miljö- och klimatpåverkan. Restprodukter från skogen och från skogsindustrins processer har nyttjats till att fasa ut 96 procent av all användning av fossil energi för skogsindustrins interna processer samt skapat en bas för den omställning till förnybar energi som skett inom fjärrvärmesektorn (Andrén m.fl. 2016).

Skogsbränslen delas in i primära och sekundära bränslen. Primära bränslen utgörs av grenar och toppar (grot), stubbar, träddeklar och nedklassad stamved (bränsleved). Sekundära skogsbränslen innefattar skogsindustrins avfall och biprodukter som bark och spån. Andelen primära skogsbränslen ökade stadigt fram till 2011 inom den svenska energiförsörjningen men har sedan dess minskat till följd av konkurrens från andra bränslen, främst hushållssopor och returflis (Gunnarsson, m.fl. 2016). I norra Sverige har grothanteringen praktiskt taget avstannat, medan förutsättningarna i mellersta och södra Sverige har varit mer gynnsamma.

Eftersom fossila bränslen i Sverige beskattas av olika miljörelaterade skatter och avgifter skapas konkurrenskraft för skogsbränslen. Samtidigt påverkas konkurrenskraften av att priserna för fossila bränslen sjunkit utan att skatterna och avgifterna ökat. Det finns en betydande potential att öka uttaget av primära skogsbränslen, som under 2015 endast var en tredjedel av potentialen (Iwarsson Wide, 2015). En scenarioanalys av den europeiska skogssektorn mellan 2010 och 2030 visade att marknaden för skogsbränslen på sikt bör harmoniseras, förutsatt att det finns politiska styrmedel som på ett realistiskt sätt åter speglar målen för miljö- och klimatnytta satta inom EU (FN, 2011). Idag pågår projekt som syftar till att skapa en branschgemensam metod för livscykelanalyser (LCA), vilket är betydelsefullt för att kunna göra transparenta jämförelser av klimatprestanda inom skogsbranschen men också möjliggöra jämförelser med andra branscher (Bioinnovation, 2019). I en LCA ingår generellt fyra faser: formulering av mål och omfattning av studien, inventering av flöden, kvantifiering av miljöpåverkan samt tolkning av resultaten. Arbetsprocessen är iterativ, eftersom målformuleringen kan komma att ändras efter att inventering av ingående flöden genomförts. Vid framtagandet av en LCA finns en mängd osäkerheter; osäkra indata, olika beräkningsmetoder, systemgränser och allokeringar

(fördelningar) av resursförbrukning och utsläpp (De la Fuente Diez, 2017).

Förutom den instabila marknaden finns andra betydande utmaningar vid skogsbränslehantering (i synnerhet grot och träddeklar). Det beror på att värdet på slutprodukten är starkt kopplat till energiinnehållet, som påverkas genom hela försörjningskedjan. Både skogs- och energiföretag efterfrågar robusta, hållbara och flexibla produktionssystem för beställning och leverans av rätt skogsbränsle till rätt förbränningsanläggning. För att möjliggöra kvalitetsdrivande utveckling för en mer rationell biobränslehantering krävs effektiva och snabba metoder för att karaktärisera och kvalitetssäkra efterfrågade bränslen.

Stora datamängder blir alltmer tillgängliga inom skogsbruket, både i Sverige och internationellt. Genom att samla och hantera dessa data på ett integrerat sätt, finns stora potentialer att effektivisera värdekedjan från stående skog till färdig produkt, vilket både är förknippat med kostnadsbesparingar och hållbarhetsaspekter (Scholz m.fl., 2018). Produktion och leveranser av skogsbränslen kännetecknas av att flera olika aktörer hanterar materialet genom försörjningskedjan, vilket innebär risk för dubbelarbete, suboptimering och att information går förlorad (Eriksson m.fl., 2015).

Moderna skördare lagrar information om varje avverkat träd i så kallade hpr-filer (harvester production files) enligt standarden StanForD2010. Bhuiyan m.fl. (2012) har utvecklat en modul för beräkning av skogsbränsle baserat på skördardata som möjliggör positionsbestämning och prognoser av avverkade kvantiteter skogsbränsle. Modulen genererar information om avverkningstidpunkt, trädslagsblandning, mängden grot som grotanpassats per trädslag, grothögarnas placering på hygget samt hur stor mängd av groten som gått till bärighetshöjande åtgärder. Dessutom tar den hänsyn till att en delmängd grot alltid blir kvar på hygget samt uppskattat energivärde och fukthalt (Möller m.fl. 2009). Informationen från skördaren har integrerats som kartlager (shape-filer) för att visualisera skogsbränslet i GIS-program, vilket även ger skotarföraren information om var bärighetshöjande åtgärder är utförda. Utifrån detta kan shape-filer skapas och sändas till grotskotaren som en del av traktdirektivet.

Att kunna följa hela process- och flödeskedjan med avseende på biomassans egenskaper både före och efter sönderdelning innan leverans kommer att vara avgörande framgångsfaktorer för en väl fungerande marknad med biobaserade råvaror. Det blir då viktigt att kunna mäta, bestämma och kommunicera biomassans olika egenskaper i respektive processteg, exempelvis vid avverkning, skotning, lagring vid avlägg, efter sönderdelning och vid terminalhantering. Ökad information genom processerna skulle dessutom kunna bidra till beslutsunderlag kring hur material hanteras för att passa industrikundernas behov på bästa sätt, samt hur försörjningskedjorna kan effektiviseras i form av resursutnyttjande.

Syfte

Syftet med studien är att utreda förutsättningarna för att med hjälp av digital styrning av produkttegenskaper för biomassa, styra produktionen och göra affärer på ett hållbart och resurseffektivt sätt. Ett sådant system förväntas leda till bättre kundanpassning, minskade förluster, minskad miljöbelastning, lägre produktionskostnader och ett ökat maskinutnyttjande. Detta innebär att mer biomassa av högre kvalitet kan finnas tillgänglig för energiproduktion, vilket har en potential att minska den totala miljö- och klimatpåverkan från energisystemen.

Målen med genomförbarhetsstudien är att

- Identifiera och definiera nödvändiga nyckeltal som underlag för bestämning av potentiella förbättringar i ett tänkt framtida system för digital monitorering av produkttegenskaper för biomassa. Nyckeltalen ska grupperas i bedömningsfaktorer för:
 - Nettoproduktionskostnad
 - Energieffektivitet
 - Klimatprestanda
- Utreda genomförbarheten i ett sådant system genom, att analysera
 - Tillgång och kvalitet på indata
 - Hantering av potentiellt känslig information
 - Befintliga och kommande IT-stöd för hantering av data och information till systemet

Metod

INTERVJUSTUDIE

Representanter från Stora Enso Bioenergi, Sveaskog och Södra med god kännedom om produktion och logistik kopplat till skogsbränsle deltog som intervjurespondenter för kartläggning av skogsbränsleprocessen inom respektive organisation.

Intervjuerna genomfördes i form av fysiska möten (Sveaskog och Stora Enso Bioenergi) samt via Skype (Södra) och syftade till att skapa ett underlag för att etablera modeller för nyckeltal kopplat till nettoproduktionskostnad, energieffektivitet samt klimatprestanda. Dessutom diskuterades lämpliga avgränsningar för modellerna samt nödvändiga indata.

Genom beskrivning av dagens försörjningskedjor kartlades vilka indata till modellerna som finns tillgängliga idag samt med vilken noggrannhet dessa kan bestämmas. Respondenterna fick även ange vilken data/information som skulle vara fördelaktig för att förbättra processerna och skapa ett ökat värde genom försörjningskedjan.

Intervjuerna var semistrukturerade och de initiala frågorna som ställdes var:

- Hur arbetar man idag dvs. hur ser de olika försörjningskedjorna ut och vilka processer/moment ingår?
- Vilka nyckeltal är kopplade till de olika momenten?
- Vilka delar av försörjningskedjan bedöms som mest kritiska ur ett kostnadsperspektiv?
- Hur anpassas hantering av bränsle utifrån kundbehov?
- Vilka data finns tillgängliga idag?
- Vilka data skulle kunna underlätta hanteringen inom de olika delarna av försörjningskedjan och hur kan detta kopplas till en eventuellt ökad nytta
- Finns det eventuella processer som skulle förändras/försvinna vid bättre data?

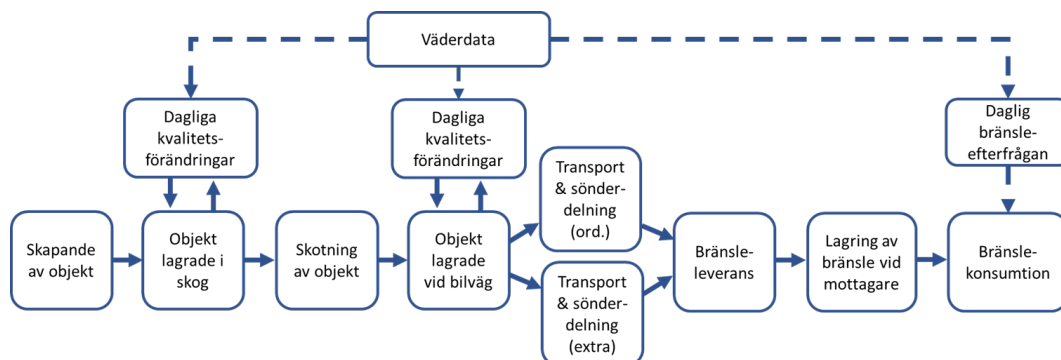
UTVECKLING AV SIMULERINGSMODELL

Simuleringsmodellen som användes i studien är utvecklad av Eriksson m.fl. (2017). Med hjälp av respondenterna formulerades förslag till anpassning av modellen, detta för att simulera ett verklighetstroget referensscenario och olika scenarier för styrning utifrån de viktigaste parametrarna för att öka nettovärdet inom hela försörjningskedjan.

Därefter utfördes nya stokastiska simuleringar (med tio upprepningar) utifrån de scenarier som fastställts. Resultatet från dessa är sammanställda i resultatdelen. Ingångsdata till modellen kommer från Sveaskogs (2016) verksamhetsområde södra Bergslagen. Dessa var redan insamlade och passade därmed bra med tidsramen för denna studie.

Modellen som använts kallas Weather-driven Analysis of Forest Fuel Systems (WAFFS) och är skapad med hjälp av simuleringsplattformen ExtendSim®. Simuleringsmodellen drivs av historiska väderdata och är baserad på tidigare utvecklade modeller (Eriksson m.fl., 2014a-c). Den är designad som en hybrid mellan en push- och pull-modell, vilket innebär att det finns inslag av både maskinsystem som alltid, när de kan, försöker leverera mot industri och maskinsystem som bara levererar när industrin efterfrågar

mer kapacitet. Grotobjekt skapas kontinuerligt vid olika tidpunkter inom olika geografier, för att sedan hanteras och transporteras till en och samma kraftvärmeanläggning (Figur 1). All grotflis som behövs för att försörja kraftvärmeanläggningen antas levereras av den simulerade maskinparken, som är baserad på ett huggbilssystem.



Figur 1: Modellbeskrivning (Eriksson m.fl. 2017).

Den första modulen, skapande av objekt, är designad för att efterlikna avverkningsprocessen i ett konventionellt trakthyggesbruk med grotanpassning. I modellen motsvarar varje objekt den mängd (kvantitet) biomassa som producerats och innehåller även information om geografi samt bränslets kvalitet. Dessa objekt skapas kontinuerligt under simuleringsperioden och har månadsvisa variationer baserade på avverkningsstatistik för barrved som erhållits från Natural Resources Institute Finland (LUKE) (Tabell 1).

Tabell 1: Procentuell andel avverkning (barrträd) per månad utifrån ett årligt medelvärde (2001–2012) och fukthalt (%) för olagrad grot (gran). Källa: Natural Resources Institute Finland (LUKE).

Månad	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Avverkning %	9,1	8,7	9,6	6,9	5,9	5,8	3,9	9,4	10,0	11,1	10,7	8,9
Fukthalt %	52	52	51	51	51	50	51	51	51	50	51	52

Vid generering av ett objekt skrivs och sparas information om tid för avverkning, initialvärde på kvantitetsparametrar samt dess geografi (X- och Y-koordinater) till dess attribut. Varje objekt får också, via sannolikhetsfördelning, en tillgänglig kvantitet grot kvar efter att hänsyn tagits till bärighetshöjande åtgärder, barravfall samt grot nära marken som naturligt blir kvar på hygget vid avverkning och skotning. Dessutom får objekten olika väderförutsättningar genom att de kopplas ihop med en av fyra väderzoner där historiska väderdata samlats in. En väderzon för varje väderstreck i upptagningsområdet finns definierad och den innehåller daglig information om avdunstning och nederbörd. Under lagring på hygget och vid bilväg påverkas grotens fukthalt av de rådande väderförutsättningarna hos det enskilda objektet. Modellen hanterar kvalitetsförändringar i materialet under lagring, som baseras på kvalitetsfunktioner utvecklade av LUKE, väderdata och lagringstid, samt en modell som beräknar nettoavdunstning (skillnaden mellan avdunstning och nederbörd för den aktuella platsen) (Erber m.fl., 2015; Routa m.fl., 2015). Från och med avverkningstidpunkten skapas tillgängliga objekt för skotning som hanteras i ett kösystem. Utifrån de dagliga kvalitetsförändringarna kan objektens placering i kön förändras beroende hur villkoren för att ett objekt ska vara leveransgillt är satta och hur den mottagande industrins efterfrågan är bestämd.

Vid grotskotning antas att prestationen är 5 TTS/h (Nurmi, 2007; Kärkä & Vartiamäki, 2006). Maskinflytt vid byte av objekt antas ta mellan två och fem timmar, i genomsnitt tre timmar. Vid simuleringen bestäms ett mål för önskad lagringstid i välta och antalet tillgängliga skotare anges. Skotarens skift är måndag till fredag mellan klockan 07.00 och 16.00. Juli månad räknas som semesterperiod. Väntetid mellan avverkning och skotning är inräknat. Om det förutbestämda antalet skotare inte har tillräcklig kapacitet för att skapa det angivna mållagret vid bilväg, tillkommer temporära extraskotare.

För transport och sönderdelning används huggbil, som kan ta 102 m³ och 28 tons lastvikt. Vid varje intransport beräknas om lasten begränsas av vikt eller volym baserat på huggbilens egenskaper och bränslets kvalitet. Sönderdelningen sker vid avlägg och den sönderdelade flisen hamnar direkt i huggbilens lastutrymme eller det efterföljande släpet. Det ordinarie antalet huggbilar benämns som CT I (CT för chipper truck) medan eventuella extra huggbilar som kan behövas för att möta industrins efterfrågan benämns som CT II. De ordinarie huggbilarna jobbar utifrån sitt skift så länge lagret inte är fullt vid industrin. Extra huggbilar (CT II) initieras av att lagernivån på industri är under en kritisk minimigräns. När en sådan huggbil är färdig med ett objekt tas ett beslut om fortsatt arbete baserat på lagernivån. Huggbilarna kör enkelskift, det vill säga klockan 08.00 till 16.00 (lunch klockan 11.00 och semester under juli). De aktiviteter som ingår i traktorhuggens rutt är: till skog, sönderdelning och lastning, till industri, kötid vid industri, inmätning och lossning. Efter varje avslutad rutt görs en bedömning om det finns tid kvar av skiftet för att hinna med ytterligare en rutt. Huggbilen tillåts påbörja en ny rutt förutsatt att kvarvarande tid av skiftet (inklusive eventuell accepterad övertid) motsvarar den tid det tog att slutföra föregående rutt. Tidsåtgången för transporten är baserad på transportavstånd och en avståndsbaserad funktion för medelhastighet (Ranta & Rinne, 2006; Eriksson m.fl., 2015). Mängden grothflis som kan lastas påverkas av grothflisens kvalitet och huggbilens angivna kapacitet, vilken kan vara begränsad av antingen vikt eller bulkvolym. Modellen söker alltid efter fulla lass, förutom vid det sista lasset för ett enskilt objekt (då kan den lastade volymen bli lägre än vad som skulle vara möjligt i praktiken). Tidsåtgången för sönderdelning och lastning inkluderar förberedande arbete och efterarbete och baseras på en triangulär statistisk sannolikhetsfördelning med ett medelvärde på 100 minuter samt ett min- respektive maxvärde på 80 respektive 120 minuter. Kötiden vid mottagningsplats är beroende av situationen vid den givna mottagningsplatsen. Vid ankomst måste varje huggbil invänta inmätning, vilket tar tio minuter per huggbil. Endast ett lass kan mätas åt gången. Lossning vid mottagningsplats tar mellan fem och 20 minuter, vilket hanteras genom en triangulär statistisk fördelning med ett medelvärde på tio minuter (Trolin, 2013).

Efterfrågan på bränsle inom ett fjärrvärmesystem styrs av utomhustemperatur och kundbeteende (Dotzauer, 2002). Varje system har ett individuellt lastmönster men det finns korrelationer mellan observerade värmelaster och rådande utomhustemperaturer (Werner, 1984). Modellen använder ett utvecklat linjärt samband mellan dessa och låter således rådande utomhustemperatur styra värmelasten och därmed bränslebehovet. Efter lossning vid industri läser modellen av värdet på kvalitetsparametrarna samt levererad kvantitet för varje lass. Modellen beräknar därefter mängden energi som levererats per bil (Alakangas, 2005).

Scenarion som undersöktes var:

- S1. Referensscenario – modellen väljer trakter utifrån datum, det vill säga först in – först ut, med bivillkoret att närliggande trakter körs samtidigt. Detta för att få ett så verklighetstroget referensscenario som möjligt.
- S2. Kvalitetsstyrning på fukthalt – leverera så låg fukthalt som möjligt under vintermånaderna. Bivillkor att söka så korta transportavstånd som möjligt under vintermånaderna.
- S3. Styra mot så jämn fukthalt som möjligt under hela året (fukthalt på 40-50 procent) med bivillkor att finns inga objekt i målintervallet prioriteras äldst först.

För att testa de olika strategierna skapades ett fiktivt fjärrvärmeverk beläget i Uppland med en maxvärmelast på 50 MW, varav 33 MW produceras av skogsflis som antas helt och hållet levereras av de modellerade maskinsystemen. Fjärrvärmeverket är centrerat inom det givna verksamhetsområdet med 75 kilometers radie. Slingerfaktorn, det vill säga förhållandet mellan vägavstånd och avstånd fågelvägen var satt som 1,3 och storleken på objekten (i TTS) bestämdes genom en normalfördelning med medelvärdet 250 TTS och standardavvikelse på 100 TTS. Ett nytt objekt skapades i medeltal var 73:e timme, dock med månadsvariationer enligt tidigare beskriven avverkningsstatistik. De objekt som skapas är alla tänkta för det fiktiva värmeverket och skapas i relation till förväntat bränslebehov.

Dagliga väderdata från fem olika väderstationer erhöles genom SMHI, en station för värmeverket och fyra för de olika väderzonerna. För evapotranspiration, fanns inga tillgängliga data, därav användes FAO Penman-Monteith-ekvationen (Allen m.fl., 1998) med SMHI-data som ingångsvärden. De olika objekten kopplades till väderstationerna baserat på kortast avstånd.

Simuleringen sträckte sig över fem år. Den önskade lagringstiden var en månad i högar på hygget respektive 11 månader i välta vid bilväg, dock påverkades detta självklart av restriktioner och prioriteringar inom de olika scenarierna. Det första året användes för att skapa lagerytor (på hygge, vid bilväg och vid mottagningsplats) utifrån de tillgängliga objekten. Utgångsvärdena för lagerytorna vid mottagningsplatsen var 16 000 MWh, vilket också var den maximala lagringskapaciteten vid mottagningsplatsen. Om energivärdet på den lagrade grothflisen vid lagringsplatsen sjönk under 8 000 MWh sattes extra huggbilar in i systemet. Antalet konstant tillgängliga maskiner var två grotskotare och tre huggbilar.

Resultat

MARKNADEN FÖR SKOGSBRÄNSLE OCH KUNDERNAS ÖNSKEMÅL

De olika försörjningskedjorna för skogsbränsle skiljer sig mellan olika aktörer utifrån geografi, organisatorisk struktur och förutsättningar samt kulturella skillnader kopplade till både organisation och geografi. Mängden bränsleved har generellt minskat något under de senaste åren, till följd av bristande tillgång på massaved kombinerat med massaindustrins utvecklade möjlighet att hantera rötskadad rundvirke, samt ett lägre marknadspris för skogsflis.

I norra Sverige har skogsbränsleleverantörerna avvecklat stora delar av grothanteringen under de senaste 5–7 åren. Detta beroende på en avtagande efterfrågan på skogsflis främst till följd av en ökad tillgång på spån och bark, men också på grund av gynnsamma villkor och priser för att importera sopor för eldning. Samtidigt finns ett allmänt ökat fokus på hållbarhet och förväntningar på att biomassa ska bidra till att ersätta fossila råvaror, vilket på sikt förväntas öka efterfrågan på skogsbränslesortimenten över hela landet. Dock präglas organisationer i norr av få värmeverk och långa transportavstånd, vilket ställer höga krav på resurseffektivitet för att skapa lönsamma affärer.

Kunders behov och önskemål varierar och leverantörerna av skogsbränsle försöker anpassa flödet utifrån önskemålen. De flesta pannor vill ha en viss andel väldigt torrt material för att kunna blanda med blöt bark (billigare i relation till grot). Skulle kunderna kunna få 65 procent torrhalt eller högre skulle det innebära att de kan elda det tillsammans med blöt bark. Under vintermånaderna när efterfrågan är störst, är det viktigt att hitta lagerplatser med bra kvalitet (förutsättning för låg fukthalt) för att klara av försörjningen till kunderna. Oavsett vilka preferenser mottagande kund har, upplever organisationerna att det är viktigt att leverera ett material som håller en jämn fukthalt. Dagens kundanpassning sker främst genom att entreprenörerna som ansvarar för sonderdelning och transport har kännedom om kundernas önskemål och förutsättningar. På så vis försöker de välja objekt utifrån lagringstid och träslagsblandning så länge det inte påverkar transportavstånden nämnvärt.

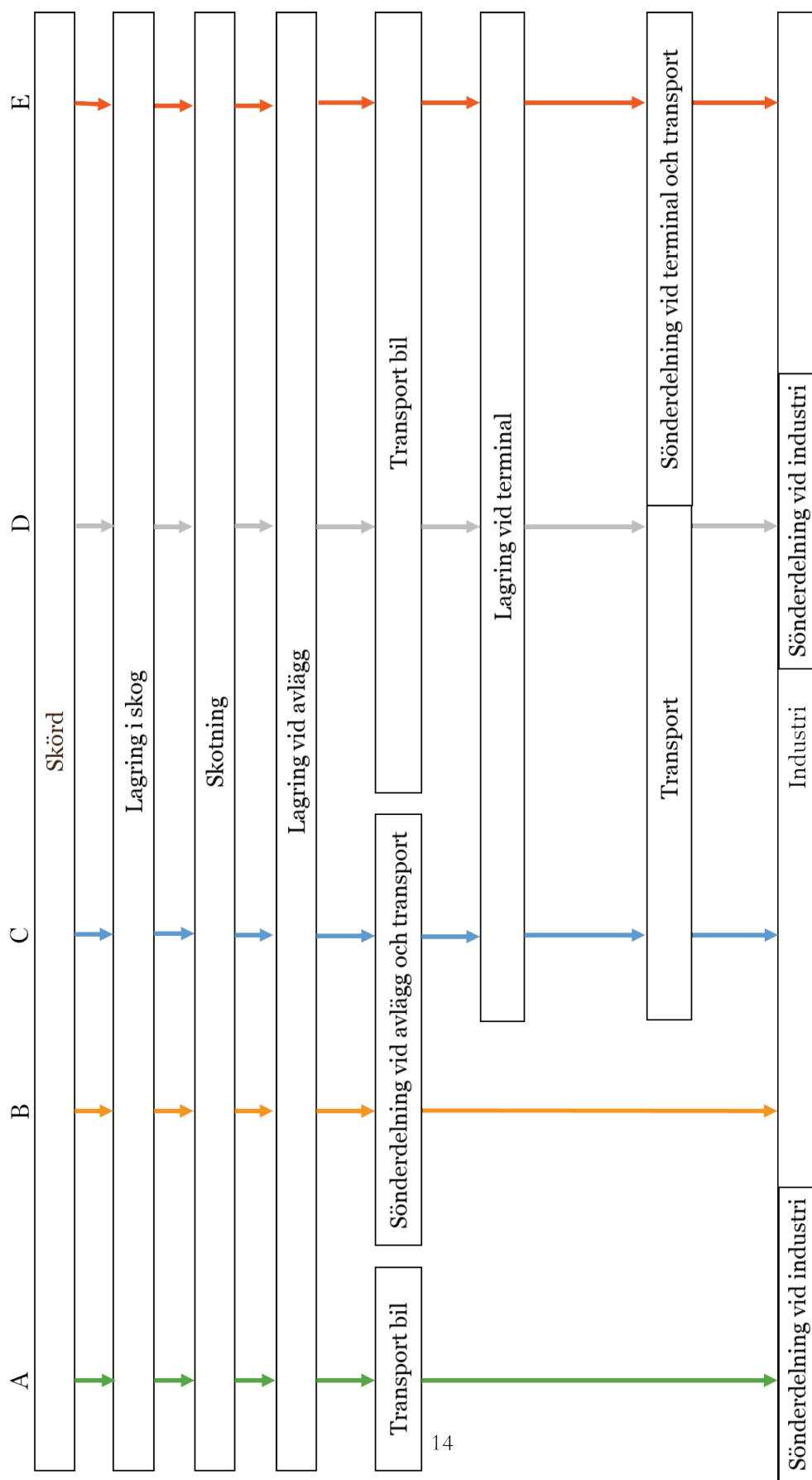
Finfraktionsandel är också en viktig kvalitetsparameter, eftersom mottagande kunders pannor är olika väl anpassade till att hantera olika fraktionsstorlekar. Dock är kunskapen och erfarenheten om hur förbränningseffektivitet i olika pannor kopplas till finfraktionsandelar begränsad. Kännedomen att finfraktionsandelen påverkar fukthalt och lagringsbarhet är dock spridd, men få aktörer har gjort direkta ekonomiska kalkyler baserat på detta. Trots att det går att mäta finfraktionsandel genom sällprov anser respondenterna att det är svårt att dra slutsatser direkt kopplade till råvarans egenskaper, eftersom finfraktionsandelen är beroende av hur vassa knivar huggen har, körsätt, typ av såll i flisarna med mera. Om mottagande industri har synpunkter på finfraktionsandelen är det oftast kopplat till en visuell bedömning av grotflisen – om den är grön händer det att kunderna reagerar.

För branschen som helhet är det viktigt att ha beslutsunderlag där man har koll på kvalitet och kvantitet på tillgängliga objekt. Detta borde kunna påverka affärsrelationerna positivt eftersom varje panna har ett ”optimalt bränsle” och med rätt förutsättningar skulle varje enskild panna kunna få en högre energieffektivitet. Med mer skräddarsydda leveranser anser respondenterna att man skulle kunna öka resurseffektiviteten genom hela kedjan. Dagens prissättning speglar dock inte denna vision. Idag får bränsleleverantörer betalt per MWh, vilket är ett incitament för organisationerna att försöka leverera material med så låg fukthalt som möjligt. Södra Skogsenergi exempelvis betalar skogsägaren per m³s, eftersom skogsägaren inte kan styra över hur länge groten ska lagras eller under vilka förhållanden den ska transporteras. Därav är det viktigt för Södra Skogsenergi att få till ett så högt energivärde som möjligt. Bränsleleverantörerna uppger att man idag inte klarar att förutsäga fukthalten med tillräcklig säkerhet för att respondenterna tror sig kunna leva upp till en mer detaljerad beställning.

Överlag ser respondenterna ljust på framtidens marknad för skogsbränsle, särskilt i mellersta och södra Sverige där förutsättningarna är gynnsammare. Organisationerna räknar med att öka produktionen av skogsbränsle, vilket exempelvis ingår i Stora Ensos och Stora Enso Bioenergis gemensamma miljömål.

FÖRSÖRJNINGSKEDJOR FÖR SKOGSBRÄNSLE

Eftersom de olika försörjningskedjorna och hanteringen av informationsflödet skiljer sig mellan de olika organisationerna följer nedan en sammanfattning av intervjuresultaten för respektive organisation. En generalisering av förekommande försörjningskedjor för primära skogsbränslen sammanfattas i Figur 2.



Figur 2: Processkartläggning över försörjningskedjornas fysiska flöden. A-E representerar olika system/försörjningskedjor. A-E representerar olika system/försörjningskedjor.

Sveaskog

Sveaskogs hantering av skogsbränsle omfattar samtliga försörjningskedjor (A-E) i Figur 2. Generellt sett är de olika försörjningskedjorna starkt kopplade till olika affärsuppgörelser, men valet av process kan också bero av regionala förutsättningar eller upphandlade tillgängliga resurser. Oftast hanteras ett bränslesortiment åt gången, men det händer att bränsleved och grot kommer från samma avverkning. Det är däremot ovanligt att ta ut både grot och träddeklar från samma objekt. Hanteringen av bränsleved liknar ofta timmer- och massavedsflöden eftersom det är billigast att transportera bränsleveden som rundvirke med timmerbil. Antingen sker transporten direkt till industri eller via terminal där bränsleveden sönderdelas och transporteras vidare med tåg eller flisbil. Det förekommer också att bränsleved körs via terminal för att vid ett senare skede sönderdelas vid industri, detta för att hantera säsongsmässiga svängningar i efterfrågan.

Stora Enso och Stora Enso Bioenergi

Inom Stora Enso Bioenergi utgörs ungefär 90 procent av skogsbränsleflödet av grot. Detta beror både på att Stora Enso i första hand är ett massavedsföretag, varför rundvirke i första hand ska gå till massaindustrierna, men också på att det finns goda förutsättningar för avsättning av grot inom geografien där Stora Enso Bioenergi är verksam. Det är framförallt gran med mycket röta eller övrigt löv som hanteras som skogsbränsle istället för massaved. Målsättningen är att grotanpassa alla Stora Ensos avverkningar från egen skog och avverkningsuppdrag där grotuttag är biologiskt möjligt, men Stora Enso Bioenergi köper även leveransgrot vid bilväg. I de fall grotanpassning inte sker, är det en bedömning för den enskilda trakten som kan ha att göra med miljöhänsyn, naturvårdsbedömning eller en ofördelaktig trädslagsblandning. En hög andel gran är att föredra eftersom gran har en större andel grot än övriga trädslag, dock får trakterna inte vara för fuktiga eftersom det medför att risken för markskador ökar när mindre grot finns tillgängligt för bärighetshöjande åtgärder.

Det vanligast förekommande systemet är lagring och sönderdelning av grot vid avlägg (försörjningskedja B, Figur 2), men en mindre andel transporteras direkt till kund och sönderdelas av kunden (försörjningskedja A, Figur 2). När det gäller bränsleved går en stor andel direkt till kund, till skillnad från för ungefär 10 år sedan när näst intill all bränsleved mellanlagrades på terminal. Anledningen till att Stora Enso Bioenergi frångått detta system är främst eftersom både Stora Enso Bioenergi och kunderna därmed besparas på kostnader förknippade med extra hantering, extra transport samt uppstart vid terminal.

Södra Skog och Södra Skogsenergi

Inom Södra hanteras skogsbränsle, i de olika delarna av flödet, av Södra Skog och Södra Skogsenergi. Ur Södra Skogs perspektiv finns två kunder, nämligen medlemmen (skogsägaren) och Södra Skogsenergi. Eftersom Södra är en medlemsägd ekonomisk förening prioriteras medlemmens behov och önskemål högt, samtidigt som de även vill tillgodose Södra Skogsenergis kunders behov för att skapa lönsamma affärer och goda kundrelationer.

När det kommer till grot, hanterar Södra framförallt försörjningskedja B (Figur 2), det vill säga grot som sönderdelas vid avlägg och därefter transporteras. Dock förekommer även försörjningskedja A (Figur 2) eftersom det regionalt finns kunder som tar emot icke-sönderdelad grot för att själva stå för sönderdelningen vid mottagningsplatsen. En försvinnande liten andel av groten körs via terminal, dock kan det ske i de fall Södra Skog

önskar ta ut groten under torra perioder för att minska risken för markskador (försörjningskedja D/E). För några år sedan införde Södra en så kallad markskoningsgaranti, vilket innebär att grot i första hand används för bärighetshöjande åtgärder. Vid införandet av markskoningsgarantin såg Södra en minskning av mängden grot som nyttjades till skogsbränsle, dock har det sedan dess skett en stadig ökning. Bränsleveden körs oftast direkt till kund, eller via terminal där den sönderdelas och transporteras vidare med flisbil (Försörjningskedja A respektive B, Figur 2).

Generellt sett hanterar Södra Skog grot till dess att groten sönderdelats och tippats i container/lastutrymme, därefter sker affären mellan Södra Skogsenergi och mottagande industrikund. Huvudprocessen utgår från skogsinspektörernas avtalsskrivande för slutavverkningar. Generellt för Södra (med regionala skillnader) uppskattar respondenten att grotuttag sker vid 50 - 60 procent av alla slutavverkningar.

EKONOMI OCH EFFEKTER PÅ SKOGSVÅRDEN

Bland primära skogsbränslen är groten mest kostnads känslig, eftersom värdet på produkten är starkt förknippad med groten kvaliteten (framförallt fukthalt men också andelen finfraktion samt förekomst av föroreningar) och kvaliteten kan förändras inom försörjningskedjan beroende av hur och när de olika åtgärderna utförs. Därav har den fortsatta beskrivningen av skogsbränslehanteringen fokuserat på grot.

Generellt anser respondenterna att själva grotanpassningen vid skörd inte innebär någon nämnvärd ökad avverkningskostnad, vilket förklaras av skördarförarnas ökade skicklighet vid utförande av grotanpassning, till följd av utbildningssatsningar. En god grotanpassning kännetecknas av att riset ligger strukturerat och lättåtkomligt för grotskotaren, samt att skördaren och rundvirkesskotaren undvikit att köra i riset. Dock medför grotskotningen naturligt extra kostnader, kopplat till de extra resurserna som krävs. Grotanpassningen har en del gynnsamma effekter på efterföljande skogsvårdsåtgärder, exempelvis underlättas markberedning och plantering. Den anses ha en särskilt hög betydelse för plantors överlevnad i snytbaggeutsatta geografier eftersom plantan behöver frilagd mineraljord. För organisationer med hela skogsvårdskedjan anses det därför vara en investering att grotanpassa, eftersom de ser en total minskning av kostnaderna ur ett omloppstidsperspektiv. Samtidigt fördröjer grotanpassningen ofta förnygringsfasen, eftersom hyggesvilan blir längre om organisationen väljer att låta groten torka på hygget.

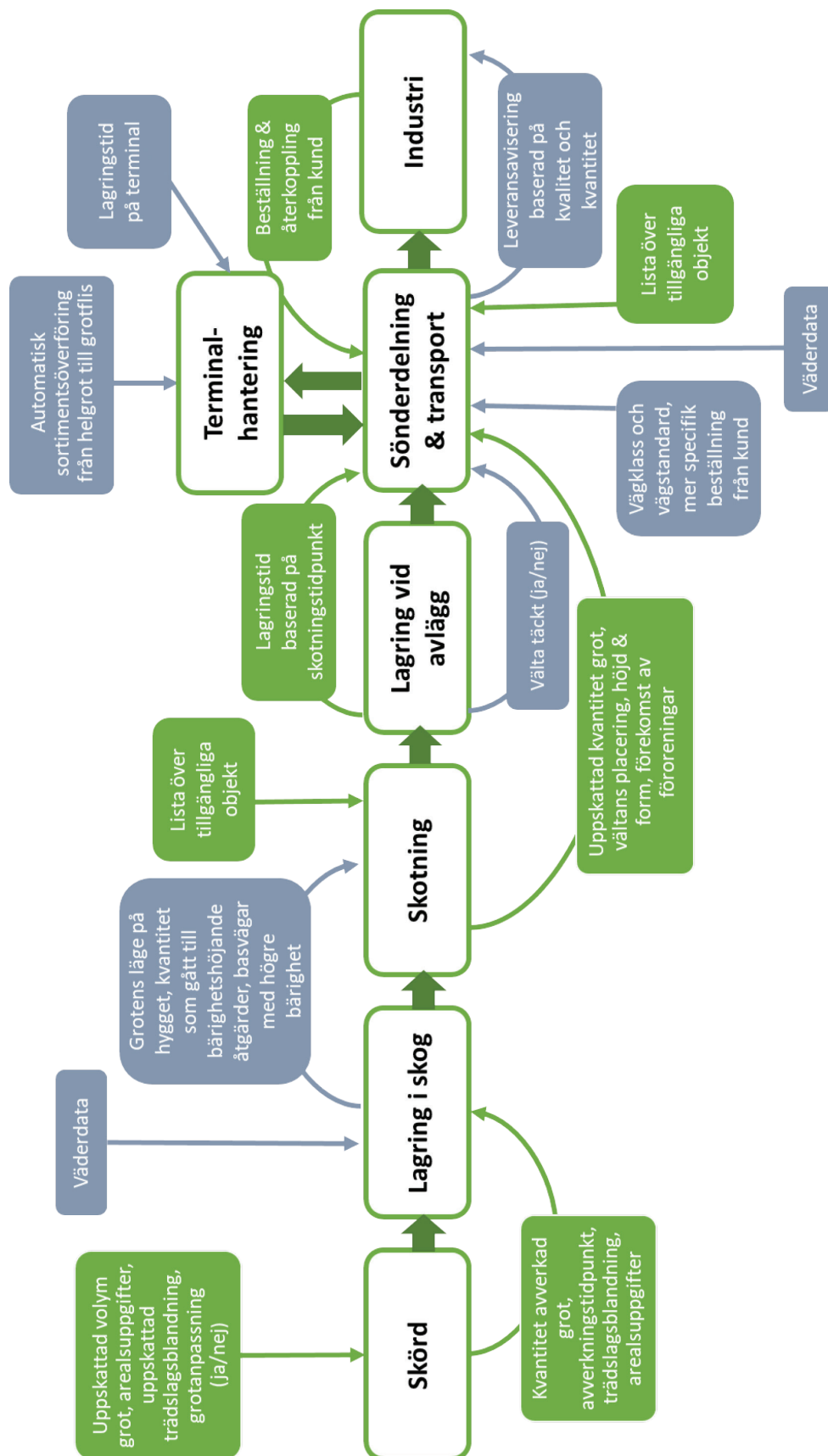
Förutom energiinnehållet är medeltransportavståndet den mest avgörande faktorn för kostnaderna och därmed den styrande parametern vid ruttplanering. Fukthalten har dessutom en väsentlig inverkan på transportkostnaderna, eftersom det är dyrt att transportera vatten. När bränslet är väldigt torrt är det svårt att få en lastfyllnadsgrad som gynnar åkeriet, eftersom de får betalt per ton. Vid sådana fall är det vanligt att organisationerna betalar extra ersättning till transportören. Ju torrare bränsle, desto högre energieffektivitet och ju högre energieffektivitet, desto färre bilar och mindre upptagningsområde krävs för respektive industri. I Finland får flisentreprenörerna betalt per MWh istället för ton, vilket skulle kunna stimulera en strävan efter ökat energiinnehåll genom hela kedjan. Eftersom det fortfarande är vanligt att olika entreprenörer ansvarar för olika delar av försörjningskedjan, anser några av respondenterna att det vore orättvist om flisentreprenören skulle behöva ta konsekvenserna från hur tidigare delar av kedjan hanterat bränslet med avseende på fukthalt och tycker därav att det är bättre att entreprenörerna betalas per ton.

I norra Sverige är det även viktigt att beakta objektens avstånd till allmän väg, eftersom det vintertid kan krävas flera omgångar av plogning innan ett objekt är avslutat. För att göra detta så kostnadseffektivt som möjlig vägs sträcka att ploga mot bränslets kvalitet – vid ruttplaneringen önskas objekt med relativt låg fukthalt med kortast sträcka att ploga.

Fastän transportavståndet (samt även energiinnehåll) är det mest kritiska ur ett kostnads-perspektiv, är hela kedjan känslig. Om själva grotanpassningen är undermålig, vältorna är fyllda med föroreningar eller om ruttplaneringen är svag, blir det svårare att få ekonomi i kedjan. Det absolut dyraste scenariot är om bränslet håller så låg kvalitet att mottagande panna slocknar. Detta är dock sällsynt, men hanteringen av materialet har stor betydelse för värdet i slutprodukten. Inom organisationerna har man haft upprepade utbildnings-tillfällen med både avverkningsentreprenörer (skördarförare och rundvirkesskotare) och grotskotare för att förbättra grotanpassningen. Detta har visat sig ge goda resultat och är en viktig del när det kommer till att förbättra processerna.

INFORMATIONSFLODE INOM FÖRSÖRJNINGSKEDJORNA

Utifrån respondenternas beskrivningar av försörjningskedjorna kan befintligt informationsflöde respektive önskat beskrivas enligt Figur 3. De gröna figurerna motsvarar den information som idag endast finns tillgängligt internt och därmed kräver handpåläggning. De grå figurerna motsvarar information som inte finns idag men som respondenterna anser vara till nytta inför de olika processerna och skulle kunna ge ett ökat värde för hela försörjningskedjan. Figuren beskriver inte terminalhanteringen, detta beskrivs separat i ett stycke nedan.



Figur 3: Informationsflöde inom försörjningskedjorna. De gröna figurerna motsvarar information som finns tillgänglig internt men som inte överförs automatiskt. De grå figurerna motsvarar önskad information.

Skörd

Ruttplaneringen inför avverkning och grotanpassning utgår generellt från att produktionsledaren anger vilka objekt som ska grotanpassas. I första skedet är det virkesköparen, planeraren eller skogsinspektorns skattade mängd grot och trädslagsblandning som ligger till grund för planeringen. Det finns skillnader mellan organisationerna när det kommer till önskvärd trädslagsblandning vid val av objekt att grotanpassa. Inom Sveaskogs norra verksamhetsområde anses tall vara bättre under vinterhalvåret, eftersom deras erfarenhet är att tallgrot håller en något lägre fukthalt än grangrot. Inom Stora Enso däremot, grotanpassas främst granmarker, eftersom gran har större andel grenar och toppar. Detta är dock förutsatt att granmarkerna inte är alltför fuktiga, i och med den ökade risken för markskador. Inom Södra väljer man inte objekt för grotanpassning utifrån trädslag eller andra förutsättningar. Där har man principen att behandla alla skogsägare lika och de objekt som skogsägarna vill grotanpassa, grotanpassas. Södra räknar grot med 80 procent barr och 20 procent löv som barrgrot, men vid högre andel löv registreras lövgrot som ett eget sortiment.

Vid avverkning anges kvantitet avverkad grot, dock saknas information om grotens exakta läge på hygget samt kvantitet som gått åt till bärighetshöjande åtgärder. Denna information skulle underlätta ruttplaneringen för skotningsentreprenörerna, eftersom de då skulle veta mer exakt hur mycket som finns på olika objekt. Lägesinformationen skulle minska tidsåtgången vid grotskotningen. Det vore även fördelaktigt för entreprenörerna att känna till vilka basvägar som har högre bärighet.

Inom Stora Enso gör avverkningsentreprenören en arealsbedömning av hur stor del av ett objekt som grotanpassats. Det grotanpassade området skuggas i GIS-verktyget för att grotskotaren ska veta var groten finns. Detta är särskilt viktigt vid stora avverknings-trakter där bara en delmängd grotanpassats. Tillsammans med information om medelstam och trädslagsblandning bedöms sedan grotvolymen. Även om uppskattningsförmågan hos entreprenörerna kan skilja, brukar generellt överensstämmelsen mellan uppskattad och faktisk volym vara ganska bra.

Lagring i skog

Tack vare information om avverkningstidpunkt från virkesordern kan entreprenörerna hålla koll på hur länge groten blivit lagrad, vilket är viktigt att känna till för att veta om groten är grön (färsk) eller brun (torr). Inom Sveaskog skiljer sig riktlinjer för lagring av grot på hygge inom norra, mellersta och södra Sverige. I det norra verksamhetsområdet skotas groten oftast grön, medan groten i mellersta- och södra Sverige får torka på hygget.

Stora Enso Bioenergi har som riktlinje att all grot ska lagras på hygget 3–12 månader. Med denna information är det lättare att anpassa flödet utifrån vilka objekt som är leveransgilla och inte. Groten ska helst torka på hygget under en sommar, men inte längre. Samtidigt kan det vara önskvärt att minska tiden för hyggesvilan, vilket kan vara en utmaning. Endast i undantagsfall skotas grot som inte torkat på hygget och då finns särskilda skäl för detta (exempelvis när vägen endast är körbar vintertid eller för att möta en enskild markägares behov). Stora Enso Bioenergi bedömer att fördelarna med att låta groten torka på hygget är att det medför en lägre fukthalt samt lägre finfraktionsandel, vilket anses innebära en lägre askhalt i det levererade skogsbränslet.

Inom Södra lagras groten antingen på hygget eller i välta, men oftast blir det en kombination av båda alternativen. Det finns alltid en utmaning att balansera kvalitet och hastighet – ofta vill medlemmarna gärna påbörja förnygringsfasen relativt snabbt efter att avverkningen är utförd. Därav är det viktigt att inspektörerna kommunicerar Södras riktlinjer för lagring av grot på hygge, det vill säga mellan slutet av april och slutet av september ska groten lagras på hygge under sex veckor eller i välta under tolv veckor för att groten ska hinna torka. I de fall de förlängda ledtiderna för grotanpassning är väl kommunicerade, är det generellt inga problem ur medlemmens perspektiv.

Skotning

Inför skotning är information om avverkningstidpunkt och uppskattad mängd grot viktigt, eftersom det underlättar beslutsfattande om när ett objekt ska skotas och hur mycket grot det kommer att generera. Idag har inget av företagen exakt information om grothögarnas läge, kvantitet som gått till bärighetshöjande åtgärder samt vilka basvägar som har högre bärighet. Detta är dock önskvärd information, eftersom grotskotarens tidsåtgång per objekt skulle minska, likväl som risken för markskador.

Sveaskog har en metod där entreprenören som utför grotskotning kan betygsätta vältans placering, höjd och form samt avläggets läge (vind- och solexponering) utifrån kriterierna bra, medel och dåligt. Denna information är viktig för att få en uppfattning om bränslets fukthalt. Tillsammans med betygssättningen och en bedömning av säsongs-klimat får bränslet olika kvalitetsstämplar; A – kan levereras året om, B – kan levereras vår eller höst (mars-april eller september–november) eller C – kan bara levereras under sommaren. Bedömd förekomst av eventuella föroreningar anges också. Informationen om föroreningar påverkar val av maskin för sönderdelning och därmed även entreprenörernas ruttplanering.

Lagring vid avlägg

En bra placering innebär att vältan ligger på plan, frisk mark och är vindutsatt samt solexponerad. Inom Sveaskog anses vältans storlek ha betydelse för skogsbränslets fukthalt, eftersom materialet håller lägre fukthalt inne i vältan och en större välta därmed kan hålla en högre volym med lägre fukthalt. Vältans placering, höjd och form påverkar inte bara bränslets kvalitet utan också tidsåtgången, och därmed bränsleförbrukning och kostnad för entreprenören som utför sönderdelningen.

Placeringen av grotvältan påverkar hur lättåtkomlig den är vid sönderdelning och transport. Eftersom vältor vid allmän väg kräver särskilda tillstånd med relativt korta datum, undviks detta i så stor utsträckning det går. Det skiljer sig mellan de tillfrågade organisationerna om information kring huruvida vältan är täckt eller inte finns tillgänglig, fastän den absolut övervägande andelen av vältorna är täckta. Detta är dock information som efterfrågas eftersom det har betydelse för hur länge groten kan lagras vid avlägg.

Sönderdelning och transport

Eftersom transport oftast sker i samband med sönderdelning beskrivs informationsflödet för sönderdelning och transport samtidigt. Det har blivit allt vanligare (men inte genomgående) att samma entreprenör ansvarar för skotning, sönderdelning och transport – antingen i egen regi eller genom att entreprenören lägger ut något av momenten på en annan entreprenör. Södra anser att denna förändring förbättrat kommunikationen mellan de olika parterna och dessutom minskat risken för dubbelarbete och missförstånd med mera.

Det vanligast förekommande systemet för sönderdelning och transport är lastbilshugg, men även traktorhuggar, skåpbilssystem och helgrotssystem förekommer. Den så kallade andra generationen av lastbilshugg har blivit allt vanligare inom Södra, vilket innebär att det går att lyfta av själva huggen och köra asfalt och grus under sommarhalvåret när skogsbränslemarknaden är sval och därmed upprätthålla sysselsättningen för entreprenörerna. Flera av de kontrakterade entreprenörerna har tillgång till olika sönderdelningssystem och ger därmed möjlighet till optimering utifrån de förhållanden som råder inom deras område. Inom både Stora Enso Bioenergi och Södra används krosssystem endast vid väldigt mycket föroreningar på enskilda objekt. Inom Sveaskog påverkas val av maskin (hugg eller kross) av huruvida det finns föroreningar i groten eller inte. En huggmaskin kan hantera humus men om vältan innehåller rötter och jord krävs en kross. Krävs en krossmaskin för ett eller några objekt inom samma geografi är det vanligt att den också får gå på de närliggande objekten där det fungerat lika bra med huggmaskin. Det görs för att minska flyttkostnaderna, trots att en krossmaskin är mer kostsam än en huggmaskin.

Leveransplanerna skapas i regel veckovis och innehåller information om volymer (antal lass), sortiment och under vilka förhållanden skogsbränslets ska levereras (det kan exempelvis finnas överenskommelser om flödesrytm med mera). Entreprenörerna tilldelas en mängd trakter som de sedan ruttplanerar utifrån. Vid planeringen behövs information om trakternas koordinater, kartvy över trakterna, volymsuppgifter, kontaktuppgifter till entreprenör som utfört skotningen, mottagningsplats samt övrig information så som eventuell vägbom, kontaktuppgifter till markägare med mera.

Under perioder med mycket plogning är det viktigt att hålla koll på de olika tillgängliga trakterna, särskilt i de norra delarna med längre transportavstånd. För att minska behovet av plogning har exempelvis Stora Enso Bioenergi försökt vara proaktiva genom att ibland lagra sönderdelad grot på terminal. Partier som ligger långt avsides körs ibland under hösten istället för vintern.

Lagring vid terminal

Ett sätt att hantera de säsongsmässiga svängningarna i efterfrågan är att mellanlagra skogsbränslet på terminal. Detta är dock kostsamt och undviks i högsta möjliga mån. Samtliga av de tillfrågade organisationerna har minskat terminalhanteringen väsentligt under de senaste åren. Kunder med låg lagringskapacitet kan ibland betala delar av terminalkostnaderna för att säkerställa leveranser under kalla månader. En annan orsak till terminallagring är att skapa sysselsättning för entreprenörerna under de varmare perioderna när efterfrågan är liten, och därmed få en jämnare produktion över året. Inom Södra Skogsenergi används terminaler dessutom för blandning av material, eftersom de även hanterar andra sortiment (exempelvis bark).

Organisationerna har som ambition att omsätta terminallager så snabbt som möjligt för att minska substansförlusterna, därför behövs information om hur länge groten eller grotflisen lagrats vid terminal. I de fall sönderdelning sker vid terminal efterfrågas information om sortimentsöverföring för att underlätta planeringen för nästkommande steg (transport till industrikund).

NYTTOR KOPPLADE TILL MER INFORMATION

Ytterligare information kopplat till produktionen av skogsbränsle och bränslets kvalitet har potential att bidra till ett antal nyttor, dessa sammanfattas i Tabell 2. Trots att en del av informationen idag finns helt eller delvis tillgänglig överförs den inte per automatik, vilket efterfrågas av organisationerna.

Tabell 2. Information med störst nytta för effektivare processer inom skogsbränslehanteringen utifrån respondenternas svar. Huruvida informationen är tillgänglig idag (ja/delvis/nej) är baserat på de tillfrågade organisationerna.

Information	Nytta	Tillgängligt idag
Avverkningstidpunkt	Underlättar planering av vilka objekt som är leveransgilla utifrån estimerad fukthalt.	Ja, men informationsöverföringen sker inte automatiskt.
Trädslagsblandning	Ger ökad kännedom om vilka objekt som har goda förutsättningar för låg fukthalt samt bedömning av kvantitet grot och eventuellt flera grotsortiment.	Ja, dock baserad på skattningar i första skedet. Alla tillfrågade organisationer använder inte heller skördarmätningens trädslagsblandning.
Grotens läge på hygget	Minskar tidsåtgång och bränsleförbrukning för grotskotaren.	Nej, i bästa fall vet entreprenören vilken del av ett objekt som är grotanpassat.
Kvantitet av grot som gått till bärighetshöjande åtgärder	Underlättar ruttplanering för grotskotaren samt minskar tidsåtgång och bränsleförbrukning för grotskotaren.	Nej/delvis. I vissa fall kan detta anges manuellt.
Basvägar med bärighetshöjande åtgärder	Tidsåtgång, bränsleförbrukning och kvalitet vid skotning genom reducerad risk för markskador.	Finns om detta anges manuellt (dock ovanligt).
Grotvältors placering, höjd och form vid lagring på avlägg	Bedömning av bränslets kvalitet, tidsåtgång vid sönderdelning och vilka trakter som är leveransgilla under olika säsonger.	Delvis, information om placering finns ofta även om kvaliteten kan variera.
Lager och sortimentsvandring	Viktig information för ruttplanering inom de olika processerna.	Delvis, men respondenterna önskar bättre kvalitet på dessa uppgifter.
Förekomst av föroreningar	Bedömning av bränslets kvalitet och eventuellt val av sönderdelare.	Delvis, men baserat på uppskattningar.
Lagringstid	Skattning av materialets fukthalt samt eventuella substansförluster.	Ja, men överförs inte automatiskt.
Avstånd till allmän väg	Information om tillgänglighet vid tjällossning, behov av vägplogning under vinterhalvåret samt eventuellt behov av tillstånd.	Ja, finns ofta men överförs inte automatiskt.
Väderdata; geografiska meteorologiska data (under tidigare perioder samt prognoser)	Väsentligt för estimering av materialets fukthalt och ruttplanering utifrån tillgänglighet och framkomlighet.	Väderdata finns tillgängligt men är inte implementerat i något systemstöd utan kan idag endast användas manuellt och ge en uppskattning.
Information om vägstANDARD	Viktig för att kunna bedöma framkomlighet och tillgänglighet samt behov av vägplogning.	Delvis, men kvaliteten på informationen är varierande.

SYSTEMSTÖD

För att realisera nyttorna med ökad tillgång på information inom försörjningskedjorna för skogsbränsle krävs systemstöd som kan hantera och kommunicera informationen.

Sveaskog har utvecklat flödessystemet PROLOG som hanterar affärsrelaterad information så som avverkningsplaner, objektinformation, produktionsdata, lagersituation, virkesordrar, transportordrar och mätning. Alla led rapporterar löpande (daglig rapportering av produktion och transport). På mottagningsplatser som saknar egen mätning kan åkarna registrera digitala mätkvitton så att mätningen blir redovisad via Biometria. I PROLOG finns även information om trädslagsblandning i de fall att avverkningsobjektet är hopkopplat med grotobjektet. Det finns däremot ingen automatisk överföring av trädslagsblandning till grotobjektet utan det krävs extra handpåläggning för att nå informationen. Detta är en viktig parameter som Sveaskog önskar skulle följa med från utfall på avverkningsobjektet till grotobjektet. Betygssättningsystemet av grotvältorna för entreprenörerna (som tidigare nämnts) är något Sveaskog anser hjälper mycket vid planering och är med dagens information det närmaste de anser sig komma att styra mot mottagande kunders preferenser.

Sedan 2016 pågår ett omfattande arbete kring att skapa en gemensam IT-plattform för hela Södra. Det nya systemet kommer att innebära att mycket av den information som idag hanteras manuellt, finns digitalt. I det kommande systemet kommunicerar skördarrapporteringen direkt med grotskotaren och delger information om mängd avverkad grot, trädslag, grotens läge på hygget (genom GPS-positionering) med mera. Dock kommer den mängd grot som använts till bärighetshöjande åtgärder eller av andra anledningar blivit överkörd i olika led behöva bedömas manuellt, men registreras automatiskt. Information om lagerförändringar kommer också att framgå, det vill säga från skogslager till bilvägs-lager. Det blir dessutom möjligt för produktionsledaren att ruttplanera objekt som inte ännu är tillgängliga, vilket innebär att det kommer att finnas olika statusar på ruttplaneringen; *utkast*, *ruttplanerat* och *traktplanerat*. De objekt som är angivna som utkast blir tillgängliga vid det datum som är angivet för att groten ska ha hunnit torka enligt riktlinjerna. Detta innebär förhoppningsvis att entreprenörernas ruttplanering förenklas, eftersom de då vet hur många objekt som finns tillgängliga och hur många som kommer att bli det inom en viss tid. Automatiseringen av informationsflödet kommer att bespara berörda parter inom flödet mycket administrationstid. Skogsvårdsledarna förväntas kunna spara ungefär två timmar per vecka, vilket för 19 skogsvårdsledare blir kring 1900 timmar på ett år. Mycket av den administrativa tiden går idag åt att felsöka och reda ut vad som har gjorts i olika delar av kedjan, vilket innebär att automatiseringen också förväntas ge en högre kvalitetssäkring av hela försörjningskedjan.

Den manuella hanteringen av information är, som tidigare nämnts, inte bara kostsam i form av administrativ tid, den ökar även risken för fel längs kedjan. Samtidigt påpekar respondenten från Stora Enso Bioenergi att det, trots att det idag finns digitala verktyg tillgängliga, är en utmaning att få alla entreprenörer att vilja/våga använda dem.

BEDÖMNINGSAKTÖRER

Bedömningsfaktorerna för nettoproduktionskostnad, energieffektivitet och klimatprestanda är nära kopplade till varandra. Effektivare försörjningskedjor torde innebära lägre kostnader, högre energieffektivitet och därmed även förbättrad klimatprestanda. Vid en bättre bedömning av fukthalt räknar respondenterna exempelvis med att kunna transportera ett högre energivärde till en lägre kostnad och samtidigt nyttja resurser på ett

mer effektivt sätt (exempelvis genom kortare transportavstånd, lägre tidsåtgång och lägre bränsleförbrukning). Som tidigare nämnts skulle ett högre energivärde per lass kunna innebära att färre lass behöver levereras för att uppfylla mottagande kunds behov. Nedan följer en beskrivning av exempel på bedömningsfaktorer för nettoproduktionskostnad, energieffektivitet och klimatprestanda.

Nettoproduktionskostnad

Vid beräkning av nettoproduktionskostnad ingår alla kostnader som kan kopplas till skörd, lagring, skotning, sönderdelning, transport, terminalhantering av skogsbränslet samt tillkommande administrativa kostnader (Tabell 3). Tidsåtgång och bränsleförbrukning är viktiga parametrar för bedömning av kostnader inom de olika momenten. Eftersom det handlar om nettoproduktionskostnad och inte enbart produktionskostnad ingår dessutom presumtiva intäkter för externa samhälls- eller miljönyttor som produktionen kan ge upphov till, som exempelvis värdet av bättre föryngringar, eventuella rekreationsvärden eller naturvårdsnyttor följt av olika val. Dessa är i dagsläget svåra att kvantifiera, då de kräver vidare utredning om huruvida förbättring av olika processer skulle kunna ge upphov till olika former av styrmedel.

En omdiskuterad fråga är hur kostnaderna för skogsbränsle ska hanteras i förhållande till timmer och massaved. Tidigare har skogsbränsle ofta hanterats som en biprodukt och därmed har exempelvis kostnader för skörd allokerats till sortiment med högre värde. Inom ett pågående projekt för att skapa av en gemensam standard för livscykelanalyser inom skogsnäringen (Bioinnovation, 2019) har frågan ställts om det inte vore mer rättvisande att allokera kostnader per tontorrssubstans. För en organisation som hanterar samtliga sortiment och dessutom hela kedjan (inklusive föryngringsfasen och efterföljande skogsvårdsåtgärder, som till exempel gödsling, röjning och gallring) torde denna distinktion vara av mindre betydelse. Diskussioner har förts huruvida kostnaderna inom de olika processerna bör räknas i relation till de olika sortimentens värde. Detta skulle dock innebära att timmer skulle bära en högre kostnad än massaved utifrån prislistorna i skördarna, när massaveden i själva verket i vissa fall kan anses som mer värdefull ur ett marknadsperspektiv.

Energieffektivitet

Vid bedömning av energieffektivitet handlar det om att utvärdera de olika processernas energiåtgång i förhållande till energivärde hos slutprodukten. I detta fall räknas den energi som förbrukas under produktionen och energiinnehållet i det producerade bränslet. Det finns en stark koppling mellan tidsåtgång och bränsleförbrukning. Skogforsk har utvecklat verktyget FLISavFLIS, som kan tillhandahålla förbrukningsdata vid skogsbränsleuttag (Skogforsk, 2019). Maskintillverkarna följer upp bränsleförbrukningen för enskilda maskiner och många företag sparar driftsuppföljningsdata. Idag är det alltså möjligt att följa upp enskilda maskiners bränsleförbrukning, även om det kräver extra handpåläggning. Just nu pågår en uppföljning av noggrannheten i dessa data och inom en snar framtid bör det finnas heltäckande statistik på bland annat bränsleförbrukning utifrån driftsuppföljningsdata (mom-filer) för ett stort underlag (Arlinger, 2019, personlig kommentar). En viktig fråga att ta ställning till även i detta fall är hur stor del av bränsleförbrukningen hos skördarna som ska allokeras till skogsbränsle.

Tabell 3. Nyckelvariabler för nettoproduktionskostnad. De kursiva nyckeltalen motsvarar den tillkommande informationen beskriven i tabell 2, som anses kunna minska kostnader och/eller öka nettovärdet.

Process	Nyckeltal
Skörd	Avverkningsform (slutavverkning/gallring) Medelstam (m ³ f) Markförhållanden (grundförhållanden, ytstruktur, lutning m.m.) Drivningsvägar och avlägg Antal sortiment (grot) Flytt av maskin Årstid
Grotskotning	Terrängtransportavstånd (meter) Markförhållanden (grundförhållanden, ytstruktur, lutning m.m.) Flytt av maskin Antal sortiment <i>Grothögarnas placering</i> <i>Kvantitet grot som gått till bärighetshöjande åtgärder</i> <i>Basvägar med bärighetshöjande åtgärder</i> <i>Trädslagsblandning</i> <i>Väderdata</i>
Lagring i skog och vid avlägg	Fördröjd plantering <i>Täckt välta (ja/nej)</i> <i>Substansförluster</i> <i>Väderdata</i>
Sönderdelning	Typ av sönderdelningssystem Flytt av maskin Eventuella ledtider <i>Vältans placering, form och höjd</i> <i>Förekomst av föroreningar</i> <i>Materialets fukthalt</i> <i>Väderdata</i>
Transport	Medeltransportavstånd (km) Bränslets vikt i förhållande till volym (fukthalt, %) Vägstandard Framkomlighet och tillgänglighet Kö vid industrigrind Plogning <i>Storlek på vändplats</i> <i>Information om vägstandard</i> <i>Avstånd till allmän väg</i>
Terminalhantering	Extra hantering (lastning, lossning) Medeltransportavstånd (km) Substansförluster Fasta terminalkostnader <i>Lagringstid</i> <i>Sortimentsvandring</i> <i>Väderdata</i>
Övrigt	Ersättning markägare Upprustning av vägar Planering, arbetsledning och administration Rastkojor och personalbodar Askåterföring och gödsling

Klimatprestanda

Klimatprestanda hos skogsbränsleproduktionen bör kunna skattas med hjälp av en livscykelanalys (LCA). Vid utförandet av en LCA bör nyckeltal som uppvärmningspotential (GWP), kollagring, koldioxidupptag, eventuell förändrad markanvändning och konsekvenser av att ersätta andra material med skogsråvara (så kallade substitutions-effekter) ingå. GWP kan räknas per leverans, men de övriga påverkansfaktorerna beräknas mer övergripande. Det är viktigt att kunna formulera systemgränserna för att tydliggöra vad som ingår i beräkningen och inte, samt för att skapa resultat som är jämförbara med andra livscykelanalyser (Klein m.fl., 2015). För att kunna skapa en gemensam modell för nettoproduktionskostnad, energieffektivitet och klimatprestanda torde det därav vara lämpligt att använda tontorrssubstans samt att beakta hela omloppstiden.

Relevansen av olika påverkansfaktorer beror på vilka processer som ingår i en LCA. En LCA som fokuserar på den skogliga produktionen bör exempelvis räkna med förurning, förändrad markanvändning, övergödning, biologisk mångfald, påverkan på vatten och kollagring tillsammans med klimatpåverkan. Skulle industriprocesser ingå i samma LCA vore det eventuellt relevant att även räkna in utsläpp av partikelmateriell. För att analysera miljökonsekvenserna så omfattande som möjligt bör flera påverkansfaktorer ingå, även om de kan vara svåra att analysera. Ibland kan analyser visa positiva miljöeffekter för några påverkanskategorier och negativa miljöeffekter för andra.

Utifrån förekommande påverkansfaktorer listar tabell 4 de som är mest relevanta för bedömning av klimatprestanda.

Tabell 4. Påverkansfaktorer som bör ingå i en modell för klimatprestanda samt kommentarer angående anpassning till eventuell modell.

Påverkansfaktor	Kommentar
Uppvärmningspotential (GWP)	Index som beskriver växthusgasers påverkan på växthuseffekten i förhållande till samma mängd koldioxid. Relevant faktor då andra växthusgaser än koldioxid används inom olika processer. Torde vara relativt enkel att analysera i en tänkt modell. Beskrivs oftast med hjälp av data om tidsåtgång och bränsleåtgång inom olika processer, vilket är tillgängliga data.
Kollagring	Det finns data som beskriver kollagring i skogsmark beroende på skötselmetod och omloppstid m.m. och detta borde vara möjligt att använda i en gemensam modell, förutsatt att avgränsningarna är väl definierade.
Fotokemisk ozonbildning och ozonnedbrytning	Kan vara svårt att mäta i en modell, eftersom det framförallt handlar om landskapsnivå. Generella data finns tillgängliga och har använts i tidigare studier.
Energiåtgång	Energiåtgången torde vara det lättaste att mäta utifrån de olika processerna och är beroende av tidsåtgång, medeltransportavstånd och terrängtransportavstånd, storlek på maskin, etc.
Miljögifter Påverkan av fossila bränslen	Eventuellt mer relevant om man tar industriprocesserna i beaktande. Data för utsläpp av fossila bränslen är relativt lättillgängliga. I de fall substituering av fossila bränslen avses, torde det vara möjligt att beräkna med hjälp av en konsekvensanalys. Dock blir systemavgränsningarna särskilt viktiga i ett sådant fall.

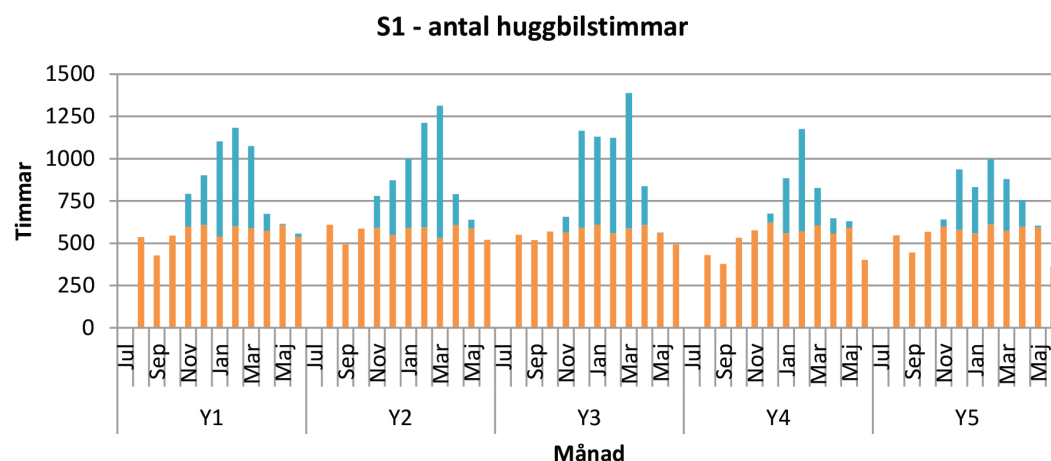
Nettoutsläppen av växthusgaser genererade på skogsmark indelas ofta efter så kallade kolpooler: levande träd och växter (levande biomassa), döda träd och växter (dött organiskt material), jordar (mineraljord), träprodukter, torvmarker (organogen jord) och övriga utsläpp (bränder och gödsling m.m.). För en fullständig livscykelanalys borde dessa tas i beaktande.

SIMULERINGSUTFALL

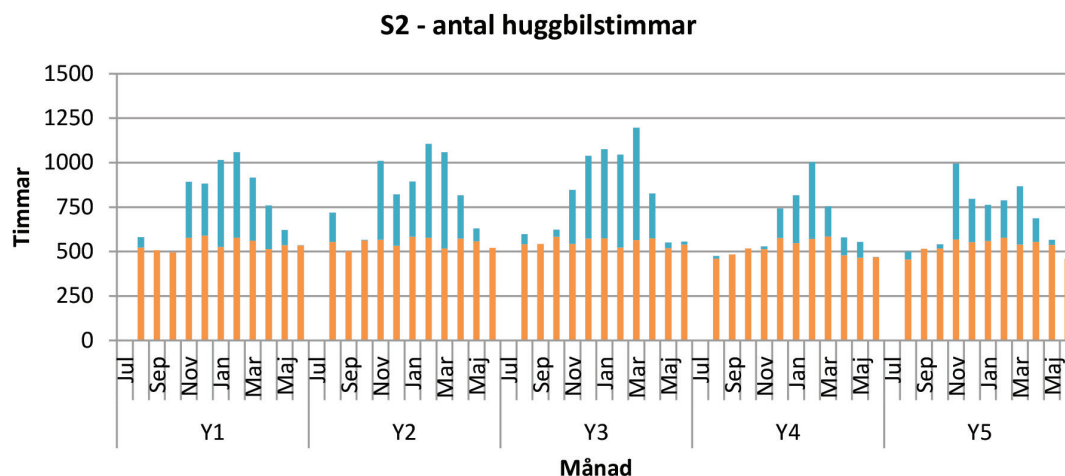
Scenarier som undersöktes var:

- S1. Referensscenario – modellen väljer trakter utifrån datum, det vill säga först in – först ut, med bivillkoret att närliggande trakter körs samtidigt. Detta för att få ett så verklighetstroget referensscenario som möjligt.
- S2. Kvalitetsstyrning på fukthalt – leverera så låg fukthalt som möjligt under vintermånaderna. Bivillkor att söka så korta transportavstånd som möjligt under vintermånaderna.
- S3. Styra mot så jämn fukthalt som möjligt under hela året (fukthalt på 40–50 procent) med bivillkor att om inga objekt finns i målintervall prioriteras äldst först.

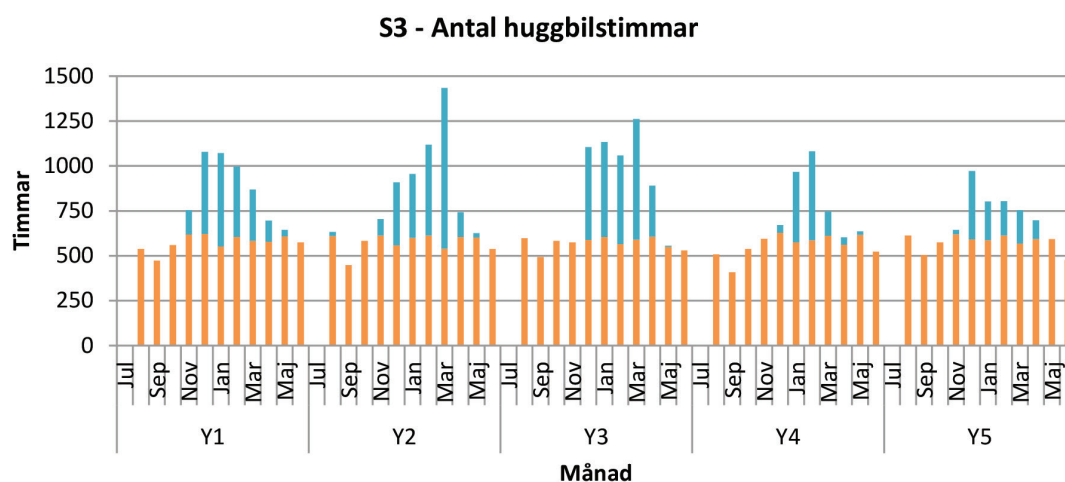
Alla de simulerade scenarierna klarar att möta det fiktiva värmeverkets bränslebehov. Resultaten från simuleringarna visar små skillnader i de arbetstimmar som krävdes hos de ordinarie huggbilarna och de som kallas in vid behov, alltså vid låga lagernivåer, under den simulerade femårsperioden. Dock påverkade prioriteringen av objekt i scenario 1-3 när och i vilken omfattning extra arbetstimmar krävdes. Referensscenariot (S1, Figur 4) är mer krävande i termer av maximala arbetstimmar som krävs per månad än de andra två scenarierna (Figur 5 och 6). Under vintersäsongen har scenario 2 och 3 en jämnare arbetsbelastning med mindre toppar jämfört med referensalternativet vars arbetstimmar i större utsträckning följer värmebehovet hos kunden (Figur 7).



Figur 4: Antal arbetstimmar per månad för scenario 1 (S1) där de orangea staplarna motsvarar tiden de ordinarie lastbilshuggarna (CT I) arbetar, medan de blå staplarna motsvarar tiden de extra lastbilshuggarna (CT II) arbetar.

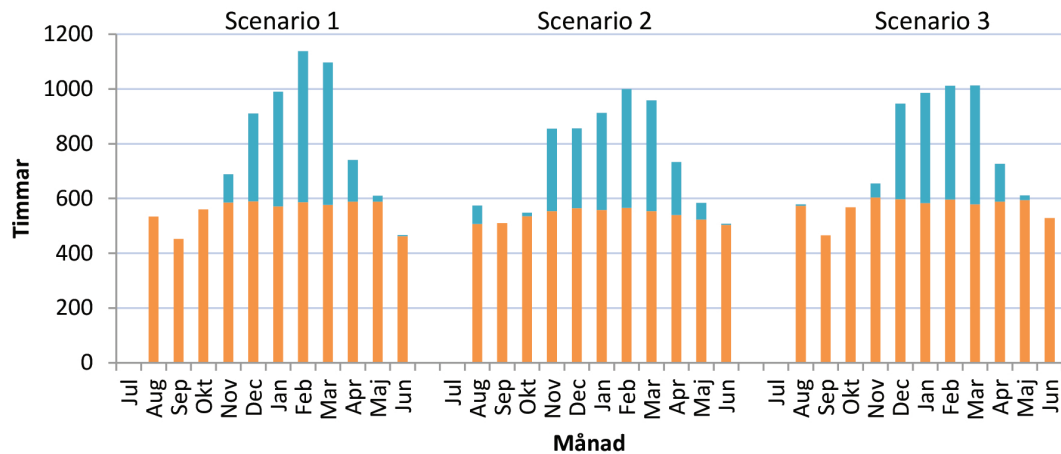


Figur 5: Antal arbetstimmar per månad för scenario 2 (S2) där de orangea staplarna motsvarar tiden de ordinarie lastbilshuggarna (CT I) arbetar, medan de blå staplarna motsvarar tiden de extra lastbilshuggarna (CT II) arbetar.



Figur 6: Antal arbetstimmar per månad för scenario 3 (S3) där de orangea staplarna motsvarar tiden de ordinarie lastbilshuggarna (CT I) arbetar, medan de blå staplarna motsvarar tiden de extra lastbilshuggarna (CT II) arbetar.

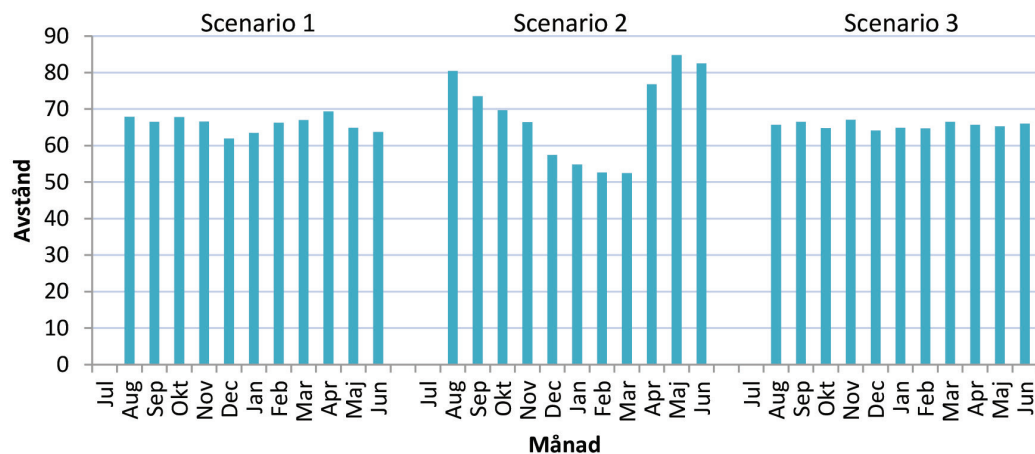
Medelvärden för huggbilstimmar



Figur 7: Medelvärden för antal arbetstimmar per månad för de tre studerade scenarierna där de orangea staplarna motsvarar tiden de ordinarie lastbilshuggarna (CT I) arbetar, medan de blå staplarna motsvarar tiden de extra lastbilshuggarna (CT II) arbetar.

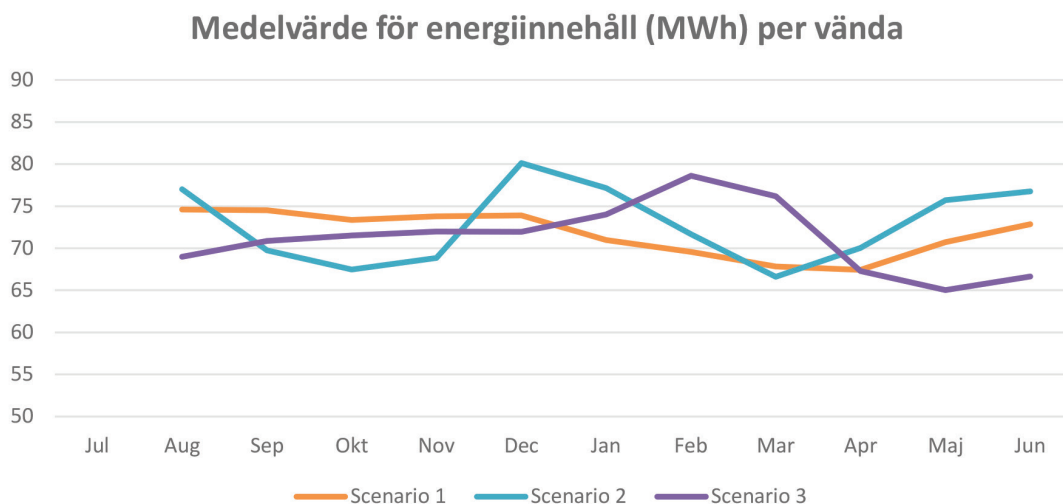
Medeltransportavståndet mellan avlägg och mottagande industri sjunker under vintermånaderna (december – mars) för scenario 2, för att sedan öka under lågsäsong (april – juni) då det finns fler objekt längre bort från industrin kvar (figur 8). Scenario 1 och 3 genererar däremot ett jämnare medeltransportavstånd under året, eftersom inget aktivt val görs baserat på transportavstånd.

Medeltransportavstånd



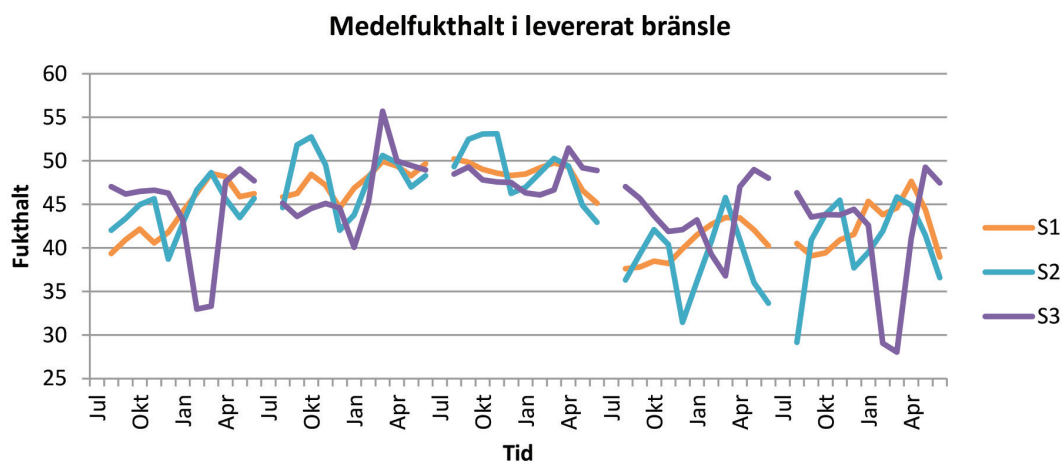
Figur 8: Medeltransportavstånd per månad mellan avlägg och industri för de olika scenarierna S1, S2 och S3.

Medelvärde för MWh-innehållet per vända är jämnast för scenario 1 (Figur 9). Scenario 2 genererar något lägre energiinnehåll per vända mellan september och november, för att sedan öka. Scenario 1 och 3 genererar totalt sett ett något lägre medelvärde för MWh-innehållet per vända över året (72 respektive 71 MWh/vända) jämfört med scenario 2 (73 MWh/vända).



Figur 9: Medelvärden för MWh/vända, månad för månad under de fem simulerade åren. Orange linje visar scenario 1 (S1), blå linje scenario 2 (S2) och lila linje scenario 3 (S3).

Medelfukthalten per månad jämförs mellan de olika scenarierna i Figur 10. Resultatet visar att scenario 2 lyckas leverera lägst fukthalt under december och januari jämfört med scenario 1 respektive 3.



Figur 10: Medelvärden för fukthalt per månad. Orange linje visar scenario 1 (S1), blå linje scenario 2 (S2) och lila linje scenario 3 (S3).

Diskussion

MARKNADEN FÖR SKOGSBRÄNSLE OCH KUNDERNAS ÖNSKEMÅL

För att lyckas skapa lönsamma skogsbränsleaffärer krävs resurseffektiva försörjningskedjor och att slutprodukten håller så hög kvalitet som möjligt. Idag får leverantörer av skogsbränsle mer betalt för ett högre energiinnehåll, samtidigt som kostnaderna för transport blir lägre. Detta innebär att det med dagens prissättning är viktigt att få till ett torrt bränsle utan substansförluster. Trots att leverantörer och entreprenörer kan känna till industrikundernas specifika preferenser gällande fukthalt och finfraktionsandel, återspeglas detta inte av prisbilden, då de olika industrikunderna i princip kör efter samma modell.

Med mer information om kundernas specifika önskemål om fukthalt och finfraktionsandel vore det intressant att försöka styra mot att möta dessa, istället för att eftersträva en jämn fukthalt, även om en jämn fukthalt visserligen verkar vara en del av kundernas önskemål. Betalning per MWh för entreprenörerna skulle eventuellt kunna stimulera en effektivare hantering genom hela försörjningskedjan, eftersom kostnaderna då skulle ställas i relation till energivärde och det därmed skulle löna sig att styra mot så högt energivärde som möjligt. Dock skulle detta troligtvis vara lättast och kanske mest rättvist för entreprenörer som ansvarar för hela försörjningskedjan från grotskotning till industrileverans.

I projektet "Produktifiera för optimal bränslebas" föreslås en ny produktklassning av skogsbränsle baserat på olika egenskaper. Vid implementering av ett sådant system skulle styrning av försörjningskedjorna på ett tydligare sätt kunna genomföras utifrån de olika önskade egenskaperna.

Marknadsförutsättningarna är av yttersta betydelse för ekonomin.

INFORMATIONSFLODE INOM FÖRSÖRJNINGSKEDJORNA

Försörjningskedjorna för skogsbränsle skiljer sig mycket från rundvirkessortimenten, eftersom processerna är betydligt mer kostnads känsliga och det inte finns något primärt produktionssystem som dominerar. En av respondenterna jämförde det med att det vore som om fällare/läggare fortfarande skulle användas för skörd av rundvirke. Dessutom finns betydande skillnader i arbetssätt kopplat både till region och organisation. Oberoende av försörjningskedjor har samtliga organisationer liknande utmaningar när det kommer till sysselsättning av entreprenörer. Eftersom efterfrågan på skogsbränslen är som allra störst under de kalla månaderna behöver organisationerna hitta sätt att kunna skapa en jämn arbetsbelastning för entreprenörerna över året, trots att det inte är det mest resurseffektiva tillvägagångssättet. Detta är kanske den främsta anledningen till att terminalhantering fortfarande används, även om den minskat betydligt.

När det kommer till frågan om huruvida lagring bör ske på hygget eller vid avlägg råder skilda uppfattningar. Det går att ana att olika strategier är kulturellt och historiskt betingade. En studie av Eliasson & Nilsson (2015) visade att oavsett uttagsstrategi så blir mer än 20 procent av groten kvar på hygget och dessutom finns ingen garanti att hyggeslagring av groten innebär att barren faller av och näring utlakas. Hyggeslagrad grot är inte torrare än vätlagrad grot vid leverans. De eventuella effekter som valet av uttagsstrategi har på

den framtida tillväxten bör vara mindre än det man kan se i försöken med helträdsuttag. Skotning av färsk grot frigör hygget för markberedning och återplantering redan första sommaren efter avverkning, det vill säga minst ett år tidigare än om groten ska hyggeslagras. Det finns dessutom forskning som visar att grothögarnas läge på avlägget är så pass avgörande för bränslets kvalitet att det, oavsett sönderdelningsmetod, ofta är värt att skota groten längre för att få till en optimal vält. Detta förutsatt att flishuggarnas prestation minskar nämnvärt, exempelvis genom att maskinerna inte kan ställas upp på ett optimalt sätt (Von Hofsten m.fl., 2018). Dessa aspekter torde vara av betydelse vid effektivisering av försörjningskedjorna.

Eftersom hela försörjningskedjan för skogsbränsle (framförallt grot) är väldigt kostnads-känslig och lönsamheten är beroende både av bränslets egenskaper och kvalitet samt av kvaliteten på utförandet av själva processerna är det tydligt att det bästa sättet att skapa ekonomi inom hela kedjan är att sträva efter att vara så resurseffektiv som möjligt. Detta ställer krav på information, och framförallt automatisering av informationsflöden. En del av den önskvärda informationen respondenterna nämner finns idag tillgänglig, även om den i många fall utgörs av visuella bedömningar och uppskattningar. Samtidigt finns det fall då informationen skapas automatiskt. Det varierar mellan organisationerna huruvida informationen genererad av skördaren används eller om det trots att informationen finns, blir en visuell uppskattning av entreprenören.

Modulen utvecklad av Skogforsk (Bhuiyan m.fl., 2012) skapar information om grothögarnas läge, kvantitet, trädslag och mängden grot som gått till bärighetshöjande åtgärder. All denna data registreras vid skördarrapporteringen och kan utnyttjas, förutsatt att användaren har implementerat hprCM. Genom information om avverkningstidpunkt skulle då lagringstiden vara en del av informationen. Detta är alltså informationsöverföring som idag är möjlig att använda men som inte används. Anledningen till att tillgängliga data inte används kopplar oftast till avsaknaden av systemstöd, vilket också medför att information som skapas i olika led inte förs över till nästkommande led. Därmed krävs idag ganska mycket administration för att tillgängliggöra informationen. Med bättre och mer automatiserad information skulle potentiellt kostnader som drivs av tidsåtgång och bränsleförbrukning kunna minska, eftersom entreprenörerna skulle kunna fatta bättre beslut. Ett bättre informationsflöde skulle även sannolikt förbättra planeringen och därmed minska kostnader kopplade till administration och uppföljning/kvalitetssäkring av värdekedjan.

Stora aktörer inom skogsbruket har ofta bättre möjligheter till intern utveckling av systemstöd, vilket också framgår i intervjuerna. Sveaskog har kommit relativt långt när det gäller att utnyttja de data som idag finns tillgängliga, även om de önskar mer automatiserad informationsöverföring. Södras projekt som syftar till att skapa en gemensam IT-plattform kommer att skapa goda förutsättningar för att styra och effektivisera försörjningskedjorna för skogsbränsle och generellt sett kommer all den information som önskas av de olika organisationerna att ingå, förutom väderdata. Dock finns en risk förknippad med att olika större aktörer investerar i intern systemutveckling. Det gör att den branschgemensamma nyttan blir lägre, då systemen inte kommer att kunna användas i affärer mellan olika leverantörer. Samtidigt behövs bevisligen den interna utvecklingen för att önskemålen ska bli verklighet, vilket i sig ökar branschnyttan på sikt.

BEDÖMNINGSFAKTORER

En stor del av de data som behövs för att bedöma kostnader inom de olika processerna finns idag tillgänglig och kan användas i en modell. Nettoproduktionskostnaderna i relation till bränslets energiinnehåll skulle sannolikt minska vid bättre tillgång till data. Eventuella intäkter för externa samhälls- eller miljönyttor bedöms lämpligast vid ett större projekt där en vidareutveckling av modellen kan testas med informationen som önskats i denna studie. Vad gäller energieffektiviteten borde det inte heller vara några problem att få tag på data, eftersom uppgifter om bränsle- och tidsåtgång vid de olika processerna generellt finns tillgängliga. Dock kan tillförlitligheten i driftuppföljningsdata idag inte bestämmas med säkerhet. Generella data för bestämning av bränsleförbrukning vid skotning, flisning och vidaretransport finns hos Skogforsk. Återkopplingen från mottagande industri vid inmätning skulle kunna ge information om den genererade energin. Klimatprestanda är dock lite svårare, men inte omöjligt, att modellera. En bra LCA förutsätter att systemgränserna är tydligt beskrivna och för att kunna göra en rättvis bedömning av skogens roll för klimatet bör en hel omloppstid ingå. Detta kopplar även till den bedömda påverkan på skogsvården i efterkommande led som dessutom påverkar ekonomin. Det går också att argumentera för att grotuttag borde bidra positivt till kolbalansen i skogsmarken, eftersom dött organiskt material avger koldioxid. Kan det då utnyttjas till bränsle och som substitut till fossila bränslen borde detta anses som positivt. Samtidigt finns forskning som visar att grotuttag innebär en minskad tillförsel av näringsämnen i marken. En studie av Jacobsson (2018) visade att grotuttag vid gallring innebär en tillväxtminskning kring 15 procent på det kvarvarande beståndet jämfört med att lämna kvar groten. Kompensationsgödslingen i denna fallstudie gav effekt, men inte tillräcklig för att motsvara tillväxtförlusten av grotuttaget. Detta skulle kunna innebära att kvarlämnande av grot innebär ett högre koldioxidupptag av nästkommande generation träd. Detta vore en intressant aspekt att ta med i en LCA. I rapporten nämns bedömningsfaktorer utifrån en LCA som primärt kopplar till miljöpåverkan snarare än klimatpåverkan, som exempelvis förurning och övergödning. Dessa faktorer bedöms viktiga att inkludera (åtminstone i resonemanget) för att kunna utvärdera effekter av eventuella statliga styrmedel. Dessutom hävdas i vissa sammanhang att biologisk mångfald skulle kunna påverka kolbindningen.

Eftersom tillgången till de olika datakällorna skiljer sig och har olika hög noggrannhet, skulle en metod kunna vara att räkna utifrån enskilda moment i ett eller några typfall, för att sedan räkna mer generellt när det kommer till aspekter där landskapsnivå är mer relevant. Den mest väsentliga frågan är egentligen hur kostnader, energieffektivitet och klimatprestanda kopplade till skogsbränslehanteringen ska allokeras i förhållande till andra sortiment. Olika angreppssätt kommer att medföra olika konsekvenser och i dagsläget finns ingen generell metod för detta.

SIMULERINGSUTFALL

Resultaten från simuleringarna visade inga större skillnader mellan de tre scenarierna om man endast beaktar medelvärden under hela simuleringsperioden. Däremot fanns skillnader över året, exempelvis beträffande vilka resurser som krävs för att möta industrins krav (Figur 4, 5 och 6). Att kunna hantera en varierad efterfrågan med samma maskinresurser genom aktiva val av vilka objekt som ska levereras när, innebär en rad fördelar. Miljömässigt kan aktiva val innebära att samma energimängd kan levereras med färre maskintimmar och därmed mindre fossil insats i form av diesel. Ekonomiskt är det fördelaktigt att kunna nyttja en resurs så effektivt som möjligt under året. Onödig

överkapacitet kostar mycket pengar. Vidare är en jämnare arbetsbelastning bra för entreprenören och maskinförarna. Vid planering av arbetsresurser kan exempelvis en ökad efterfrågan hanteras genom att någon huggbil går upp på tvåskift under en period. Omfördelningen är möjlig genom att mer information adderas i försörjningskedjan. Både information om objektens geografi samt förväntad kvalitet har i simuleringarna visats kunna förflytta arbetstimmar från toppplastmånaderna till övriga månader. Resultaten visar att det finns en klar vinst i form av ökat energiinnehåll under november - februari vid scenario 2 (Figur 9). Bättre prognoser skulle sannolikt kunna motverka den minskning av energiinnehåll som infaller i mars.

De studerade scenarierna är inte optimerade utan har endast designats för att visa på att mer tillgänglig information tillsammans med beslutsstöd kan utveckla hur vi gör affärer. Dock ger denna simulering endast en fingervisning kring eventuella potentialer, eftersom lagringstid och väderdata bara är en del av den information respondenterna önskade. Vid ett eventuellt fortsatt projekt vore det värdefullt att testa en modell som inkluderar informationen respondenterna uttryckt som viktig inom de olika processerna. För att lyckas fånga aspekter som exempelvis effekter på skogsvård borde en hel omloppstid studeras, vilket skulle inkludera ytterligare information som inte berörts i denna studie. Ett omloppsperspektiv (alternativt landskapsperspektiv) är dessutom nödvändigt om kollagring och nettoutsläpp av koldioxid ska inkluderas i en LCA.

Genom att hantera försörjningskedjan som en värdekedja blir både kvantitet och kvalitet viktig, vilket innebär ett ökat fokus på värdeskapande processer och borde kunna innebära bättre resursutnyttjande. Simuleringsmodellen som används kan i en framtida studie nyttjas för att analysera miljömässiga och hållbara lösningar som samtidigt, sett ut ett systemperspektiv, är både resurs- och kostnadseffektiva. Genom simuleringar av hela försörjningskedjan möjliggörs en helhetsbild av konsekvenser av olika beslut, samtidigt som risken för suboptimering av enskilda delar undviks.

Slutsats

Från projektet har följande huvudsakliga slutsatser dragits:

- Genom bättre tillgång på data och ett mer automatiserat informationsflöde finns potentialer att effektivisera försörjningskedjorna och skapa ett högre nettovärde, både genom minskade kostnader men framförallt genom att skapa ett högre värde på slutprodukten.
- Stora delar av de data som efterfrågas finns idag tillgängliga även om de inte är tillgängliga i alla led och därför inte används. Därför finns möjligheter och intresse att genomföra ett större projekt för att testa och utvärdera styrning av försörjningskedjorna och dess processer med hjälp av bättre data.
- Vid ett eventuellt större projekt är det viktigt att fånga de olika försörjningskedjorna och processerna, samt att ha väl definierade systemavgränsningar och allokeringsgrund.

Referenser

- Alakangas, E. (2005). Properties of wood fuels used in Finland - BIOSOUTH - Project. Technical Research Centre of Finland, VTT; 90p.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome; 1998. 300: D05109.
- Andrén, H., Arvonen, H., Badman, D., Dasoson, Y., Dotzauer, E., Furness, A., Hollander, M., Larsson, M., Läkeryd, P., Nilsson, S., Olsson, O., Olsson, T., Pettersson, A., Rogerstedt, L., Thor, M. & Wintzell, J. (2016). Främjande av biobaserade produkter och energi, smarta transport, en skogsindustri i världsklass och ökad export. Underlagsrapport från arbetsgrupp 3 inom nationellt skogsprogram. Regeringskansliet. Stockholm, Sverige. https://www.regeringen.se/contentassets/ob71b3ef7dbf49dab19bf7a15a8da07c/3_slutligbak.pdf [Hämtad 2018.10.18].
- Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J. J. (2012). Kartunderlag för effektivare grotskotning genom export av shapefiler. Arbetsrapport 764. Skogforsk, Uppsala.
- Bioinnovation (2019). Hållbarhetskriterier och livscykelanalys för skogsbruk. <https://www.bioinnovation.se/projekt/hallbarhetskriterier-och-livscykelanalys-skogsbruk/> [Hämtad 2019.02.25].
- De la Fuente Diez, M. T., (2017). System analysis and life cycle assessment of forest supply chains with integrated biomass production, Doctoral Thesis, ISBN (electronic version) 978- 91-576-8882-8.
- De la Fuente Diez, T., Athanassiadis, D., González-García, S. & Nordfjell, T. (2017) Cradle-to-gate life cycle assessment of forest supply chains: Comparison of Canadian and Swedish case studies. Journal of Cleaner Production 143, pp 866-881.
- Dotzauer, E. (2002). Simple model for prediction of loads in district-heating systems. Appl Energy 73:277 pp. 84.
- Erber, G., Routa, J., Wilhelmsson, L., Raitila, J., Toiviainen, M. & Riekkinen, J. (2014) INFRES - A prediction model prototype for estimating optimal storage duration and sorting (311881); 2014. p. 91.
- Eriksson, A., Eliasson, L., Hansson, P-A. & Jirjis, R. (2014a). Effects of supply chain strategy on stump fuel cost: a simulation approach. Int J Forest Res 2014. Article ID 984395:11.
- Eriksson, A., Eliasson, L. & Jirjis, R. (2014b). Simulation and modeling of wood chip container logistics at forest landings. In: Bennet OY, editor. Bioenergy from forest. Helsingfors 2014.
- Eriksson, A., Eliasson, L. & Jirjis, R. (2014c). Simulation-based evaluation of supply chains for stump fuel. Int J For Eng. <http://dx.doi.org/10.1080/14942119.2014.892293>.
- Eriksson, A., Eliasson, L., Sikanen, L., Hansson, P-A. & Jiris, R. (2017). Evaluation of delivery strategies for forest fuels applying a model for Weather-driven Analysis of Forest Fuel Systems (WAFFS). Applied Energy 188, pp 420–430.

- Eriksson, B., Ohls, J., Norin, K. & Eliasson, L. (2015). Processkartläggning – Ett verktyg för att förbättra försörjningskedjor. Arbetsrapport 879. Skogforsk, Uppsala.
- Eriksson A, von Hofsten H, Eliasson L. (2015). Systemkostnader, logistik och kvalitetsaspekter för sju försörjningskedjor för stubbränslen. Arbetsrapport 868. Skogforsk, Uppsala.
- Eliasson, L. & Nilsson, B. (2015). Skotning av grot direkt efter avverkning eller efter hyggeslagring Effekter på näringsuttag, barravfall och fukthalt. Arbetsrapport 878. Skogforsk, Uppsala.
- Gunnarsson, C., Anerud, E., Iwarsson Wide, M., Jonsson, N. & Segerborg-Fick, A. (2016). Optimerad lagring av biomassa – en strategisk innovationsagenda. Rapport 442, Lantbruk & Industri. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Iwarsson, W. (2015). Skogens energi – en källa till hållbar framtid. Sammanfattande rapport från Effektivare Skogsbränslesystem 2011-2015. Skogforsk, Uppsala. ISBN: 978-91-979694-7-5.
- Jacobsson, S. (2018). Helträdsuttag - mera skogsbränsle men mindre timmer. Arbetsrapport 35-2018. Skogforsk, Uppsala.
- Klein, D., Wolf, C., Schulz, C. & Weber-Blaschke, G. (2013). 20 years of life cycle assessment (LCA) in the forestry sector: state of the art and a methodical proposal for the LCA of forest production. *Int J Life Cycle Assess* (2015) 20:556–575. DOI 10.1007/s11367-015-0847-1.
- Kärhä K, Vartiamaäki T. (2006). Productivity and costs of slash bundling in Nordic conditions. *Biomass Bioenergy* 30:1043 pp. 52.
- Möller, J J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. (2009). Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. Arbetsrapport 677. Skogforsk, Uppsala.
- Nurmi J. (2007). Recovery of logging residues for energy from spruce (*Picea abies*) dominated stands. *Biomass Bioenergy* 31:375 pp. 80.
- Ranta T, Rinne S. (2006). The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. *Biomass Bioenergy* 30, pp. 231–7.
- Routa J, Kolström M, Ruotsalainen J, Sikanen L. (2015). Precision measurement of forest harvesting residue moisture change and dry matter losses by constant weight monitoring. *Int J For Eng* 2015;26:71–83.
- Scholz, J., De Meyer, A., Marques, A. S., Pinho, T. M., Boaventura-Cunha, J., Van Orshoven, J., Rosset, C., Küenzi, J., Kaarle, J. & Nummila, K. (2018). Digital Technologies for Forest Supply Chain Optimization: Existing Solutions and Future Trends. *Environmental Management*. DOI:10.1007/s00267-018-1095-5.
- Skogforsk (2019).
<https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/flisavflis/>
 [Hämtad 2019.02.28].
- United Nations Development Programme (2019). Globala målen.
<https://www.globalamalen.se/> [Hämtad 2019.02.25].

Von Hofsten, H., Eliasson, L. & Johannesson, T. (2018). GROT-skotningens kostnader i nästa led. Arbetsrapport 993. Skogforsk, Uppsala.

Werner SE. (1984). The heat load in district heating systems. Dr. thesis, Chalmers University of Technology, Sweden.

PERSONLIG KOMMUNIKATION

Arlinger, John. Specialist, Skogforsk, Uppsala, Sverige. (2019).