



En jämförande kostnadsanalys av maskinsystem för upparbetning och transport av GROT

A comparative cost analysis of machine systems for chipping and transport of logging residues

Mikaela Berglund och Johan Larsson

Arbetsrapport 366 2012
Examensarbete 15hp C
Jägmästarprogrammet

Handledare:
Dimitris Athanassiadis
Dag Fjeld

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.slu.se/srh
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-366-SE

En jämförande kostnadsanalys av maskinsystem för upparbetning och transport av GROT

A comparative cost analysis of machine systems for chipping and transport of logging residues

Mikaela Berglund och Johan Larsson

Kandidatarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 15hp

Jägmästarprogrammet

EX0593

Handledare: Dimitris Athanassiadis, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Handledare: Dag Fjeld, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Examinator: Anders Roos, SLU, Institutionen för skogensprodukter

Innehåll

Tillkännagivanden.....	5
Sammanfattning	6
Abstract	7
Inledning	8
<i>GROT och dess sönderdelningsmetoder</i>	9
<i>Ekonomisk teori</i>	10
<i>Norra Skogsägarnas utveckling av biobränslehantering</i>	11
<i>Mål</i>	11
Metod	12
<i>Systembeskrivning</i>	12
TOMO hugglink med en flisbil	12
Willibald kross och dumper med containersystem.....	12
<i>Tillvägagångssätt</i>	13
Resultat.....	17
<i>Litteratursammanställning</i>	20
Tomo Hugglink med en flisbil	20
Skotarburen flishugg och skopbil.....	20
Huggbil med lastväxlare och containersystem.....	21
Willibald kross och dumper med containersystem.....	22
Diskussion.....	23
TOMO Hugglink med en flisbil	23
Willibald kross med dumper och containersystem.....	24
<i>Underlagets kvalitet och omfattning</i>	25
<i>Utveckling</i>	27
<i>Slutsatser</i>	27
Referenslista.....	28
<i>Bilaga 1</i>	31
<i>Bilaga 2</i>	33

Tillkännagivanden

Ett tack riktas till våra handledare och de personer som bidragit med underlag och stöd på Norra Skogsägarna:

Dimitris Athanassiadis, Institutionen för skoglig planering och teknologi, SLU
Dag Fjeld, Institutionen för skoglig planering och teknologi, SLU
Patrik Jonsson, Marknadschef för cellulosafiber och biobränsle, Norra Skogsägarna
Mikael Forsman, Skogsbränslespecialist, Norra Skogsägarna
Anette Lindberg, Virkesredovisning, Norra Skogsägarna
Allan Isaksson, Virkesredovisning, Norra Skogsägarna
Henrik von Hofsten, Försökstekniker, Skogsbränsle, Skogforsk

Mikaela Berglund och Johan Larsson
Umeå, april 2012

Sammanfattning

En kostnadsjämförelse av fyra maskinsystem för sönderdelning och transport av GROT vid avlägg har utförts för att identifiera kostnadspåverkande faktorer samt finna de mest lönsamma maskinsystemen inom hanteringskedjan för GROT. Studerade maskinsystem var TOMO hugglink med en flisbil; Skotarburen flishugg och skopbil; Huggbil med lastväxlare och containersystem; Willibald kross och dumper med containersystem. Respektive maskinsystem körs av entreprenörer från Norra Skogsägarna och fakturerade kostnader från 15 utförda trakter per maskinsystem och entreprenör har analyserats med avseende på transportavstånd och avläggstorlek. Fakturerade kostnader har sedan jämförts med kostnader beräknade utifrån ekonomiska modeller med annuitetsmetoden och vetenskapliga rapporter som grund. I modellerna har medtagits fasta maskinkostnader, maskinutnyttjande, personalkostnader, rörliga kostnader samt förväntad prestation där prestationen utgjorts av ett medeltal från minst två vetenskapliga rapporter. Resultaten har redovisats grafiskt.

Huggbil med containersystem är det i praktiken billigaste systemet för sönderdelning och transport av GROT vid avlägg. Skillnaden mellan fakturerad och beräknad kostnad varierar i denna studie mellan 45-69 SEK/m³f för studerade maskinsystem. I modellen är Skotarburen flishugg och skopbil det billigaste systemet upp till 40 km transportavstånd då Huggbil med containersystem blir billigast. TOMO Hugglink med en flisbil är ett maskinsystem med stor potential då det med en flistrailer och 29 % teknisk utnyttjandegrad på huggen ändå konkurrerar med de andra maskinsystemen. Kostnadsvariationerna för Willibald kross och dumper med containersystem är stora och på medeltransportavståndet är det dyrast av de fyra systemen.

Nyckelord: GROT, sönderdelning, kostnadsanalys, maskinsystem.

Abstract

A comparison of the costs of four machines for chipping and transport of logging residues at landings has been performed to identify costs and find the most profitable machine systems within the chipping and transport chain. Machine systems studied were TOMO hugglink med en flisbil; Skotarburen flishugg och skopbil; Huggbil med lastväxlare och containersystem; Willibald kross och dumper med containersystem. Invoiced costs of 15 landings per machine were obtained from Norra Skogsägarna and analyzed regarding transport distance and volume of logging residues at landing. Chipping and transport were executed by one contracted entrepreneur per machine system. Invoiced costs have been compared with costs based on economic models and scientific reports. The models included fixed machine costs, machine utilization, personnel costs, variable costs and expected productivity. Productivity consisted of an average based on at least two scientific reports. All results were presented in graphs for illustrative comparison.

Huggbil med containersystem is according to invoiced costs the system with the lowest costs for chipping and transport of logging residues at landings. The difference between model and invoiced costs varied between 45-69 SEK/m³f for the machine systems, respectively. According to the model Skotarburen flishugg och skopbil is the cheapest system up to transport distances of 40 km where Huggbil med containersystem becomes cheaper. TOMO Hugglink med en flisbil is a machine system that competes well with the other systems although it has a technical rate of utilization at 29 % and with only one chip trailer included. There were large variations in costs for Willibald kross och dumper med containersystem and on the average transport distance it is the most expensive system.

Keywords: Logging residues, chipping, cost analysis, machine system.

Inledning

Historiskt kom utvecklingen för tillvaratagandet av träbränslen igång på allvar som en följd av “Projekt helträdsutnyttjande”. Detta startade i slutet av 70-talet och var ett svar på dåtidens farhågor om en kommande virkessvacka och oljekris (Liss, 2001). Sedan dess har intresset för skogsbränslen fluktuerat men trenden för skogsbränsletillförseln i Sverige är stadigt stigande (se Fig 1). Energianvändningen i Sverige har dessutom under de senaste decennierna ökat till följd av stigande befolkningsmängd och en moderniserad energikonsumerande livsstil hos stor del av denna. Energimyndigheten (2010) spår att ökningen av skogsbränsletillförsel kommer att ligga på 28 TWh fram till 2030. Under åren 2007-2010 satsade Energimyndigheten 120 miljoner på ett program kallat “Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle” där visionen var att framtida produktion av el, värme och drivmedel ska baseras på förnyelsebara råvaror. En del i projektet gällde uttag av skogsbränslen och konsekvenser av detta (Energimyndigheten, 2011a). Ytterligare tre projekt med effektiv användning av förnyelsebara bränslen i fokus har startats upp av Energimyndigheten och med detta belyses vikten av alternativa energikällor i ett samhälle som ständigt utvecklas (Energimyndigheten, 2011b). Allt detta medför att användningen av träbränslen kommer att öka vilket i sin tur kräver ett större uttag av GROT^a, klenträ och stubbar i våra svenska skogar för att tillgodose industrin med råvara.

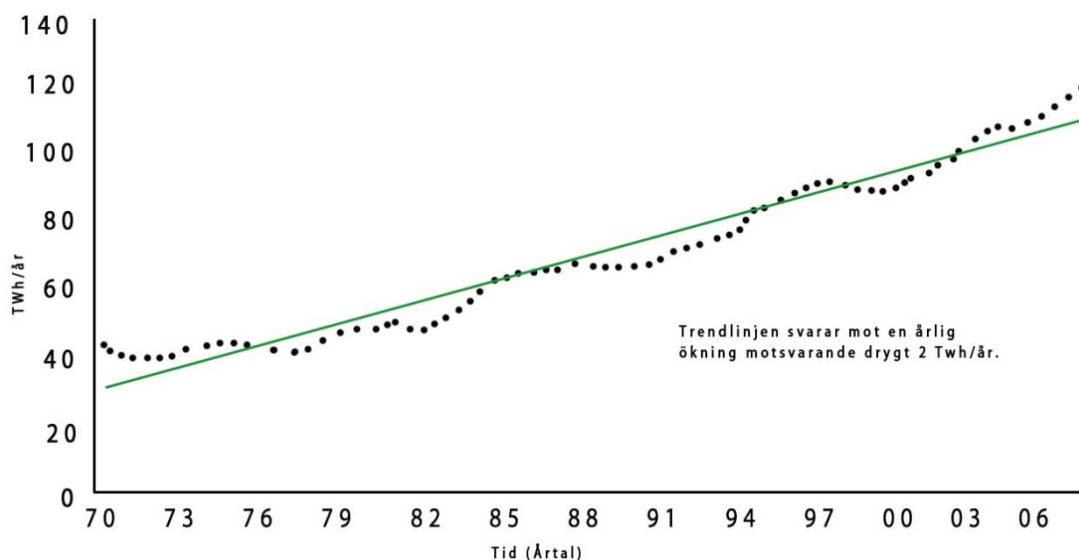


Fig 1. Trendlinje över tillförsel av skogsbränslen i Sverige sedan 1970 (Kunskap direkt 2010).
Fig 1. Trend for input of wood based biofuels in Sweden since 1970.

Potentialen att utvinna biobränsle från stubbar är stor i och med dagens trakthyggesbruk då ca 200 000 ha slutavverkas årligen (Riksskogstaxeringen, 2012) men på grund av ekonomiska, ekologiska och tekniska skäl (Skogsstyrelsen, 2008) skedde 2010 endast uttag på 5 % av den årliga slutavverkningsarealen (Hofsten, 2010). Delvis gäller detsamma för klena gallringar och eftersatta röjningar då utglesning i bestånd med liten volym ofta är förknippat med höga kostnader och små intäkter. Forskning och teknisk utveckling pågår dock ständigt för att göra skogsbränsleutvinningen mer lönsam (Bergström et al. 2010a). Idag står GROT för den huvudsakliga tillförseln av skogsbränsle på den svenska energimarknaden. En av orsakerna är att det för uttag av GROT finns etablerade och

^a Grenar och toppar

effektiva metoder för sönderdelning och vidaretransport vilket i dagsläget medför att det är mer ekonomiskt att tillvarata än stubbar och klenträäd (Athanasadis et al. 2009).

GROT och dess sönderdelningsmetoder

GROT utgör ca 27 % av biomassan i en gran och 16 % av biomassan i en tall (Fig 2) varvid uttag av GROT oftast sker i grandominerade bestånd. För att hitta den mest ekonomiska tekniken att tillvarata GROT i samband med slutavverkning har en rad olika sortimentsystem utvecklats. Dessa uppdelas med avseende på sönderdelningsteknik och plats för sönderdelning. I dagens läge förekommer tre konventionella system. Dessa är bunt-, lösgröt- och flissystemet (Hofsten et al. 2006).

Buntsystemet innebär en kompaktering av rå GROT till cylindriska buntar. Detta utförs av en skotare med monterad buntare och möjliggör transport till industri med konventionell timmerbil (Edman, 2009). Systemet med buntning kräver att sönderdelningstekniken hos slutkund är anpassad att hantera buntar (Löfgren, 2004; Engblom, 2007).

I lösgrötsystemet sker lastbilstransport av obearbetat material och flisning äger rum vid industri. Lastning och transport görs av lastbil med monterad grip. Denna hantering ger lågt lastutnyttjande på transportfordonen men detta kompenseras av en effektivare sönderdelning vid industri. Det i sin tur leder till att systemet endast är konkurrenskraftigt på korta till medellånga transportavstånd (< 50 km) vilket inte är vanligt förekommande i exempelvis norra Sverige med långa avstånd mellan större städer och därmed också värmeverk (Engblom, 2007; Hofsten et al. 2006).

I dagsläget flisas en större del av all GROT i Sverige vid avlägget vilket gör flissystemet till det dominerande av de tre systemen (Engblom, 2007; Glöde, 2000). I flissystemet kan sönderdelning utföras med en hugg eller en kross och kan göras på hygget eller vid avlägget. Sönderdelningsapparaturen kan vara fristående, monterad på skotare eller direkt på transportfordonet. Flisen kan transporteras direkt till industri, mellanlagras i container eller på marken med eller utan duk som skydd mot föroreningar. Vid flisning/krossning direkt i transportfordonet sker transport med containerbil eller med flisbil med fast monterade baljor och vid lagring på marken krävs lastbil med kran och skopa för vidaretransport (Hofsten et al. 2006; Löfgren, 2004; Engblom, 2007).

För respektive sortimentsystem förekommer ett flertal olika tekniska lösningar som präglas av individuella egenskaper. I maskinsystem där beroendet mellan maskiner är stort är logistiken "het" och kräver mycket planering. Ett maskinsystem där respektive maskin är oberoende av varandra benämns som ett "kallt" system (Matisons, 2011; Andersson, 2011). Generellt kan sägas att buntningssystemet är ett kallt system (Hofsten et al. 2006)

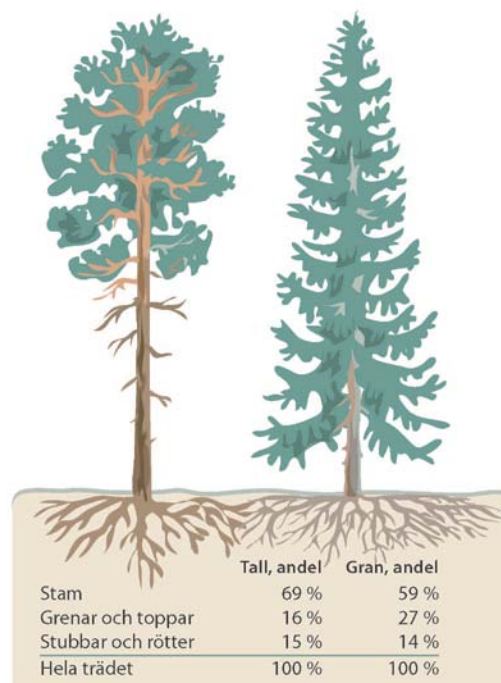


Fig2. Fördelning av biomassa för gran och tall (Biobränsle, 2012)

Fig2. Biomass location for Norwegian spruce and Scotts pine

medan flissystemet är hett, men även inom detta finns stor variation i beroendet mellan systemets olika led (Andersson, 2011).

I Sverige och Finland har omfattande studier gjorts på en rad sönderdelningssystem och fördelar och nackdelar med respektive system har fastställts (Tahvanainen & Anttila, 2010; Kärhä, 2010; Andersson, 2010; Eliasson & Picchi, 2010a). Vilket system som ska användas beror till stor del på vilka förutsättningar som råder på hyggena och de avlägg som är kopplade till respektive trakt. Även tillgängliga maskinsystem inom aktuellt geografiskt område är en begränsande faktor vid val av maskinsystem (Patrik Jonsson, pers. medd. 2012). Detta medför att de olika systemen får skiftande ekonomi på olika trakter samt inom olika företag beroende på företagets grundförutsättningar och affärsidé (Jobber & Fahy, 2009).

Ekonomisk teori

För ekonomisk jämförelse av logistiska kedjor och maskinsystem finns etablerade metoder inom ramen för ekonomisk teori. Investeringskalkylering är en metod för att identifiera och utvärdera väsentliga och mätbara ekonomiska konsekvenser av olika alternativ. Fem vanliga metoder för investeringskalkylering är nuvärdesmetoden, paybackmetoden, internräntemetoden, tillväxträntemetoden och annuitetsmetoden. Dessa förklaras nedan:

- Nuvärdesmetoden innebär att alla framtida inkomster och utgifter diskonteras till investeringstillfället med hjälp av kalkylränta. En investering är då lönsam om nuvärdet är större än noll och investeringsalternativ kan jämföras med varandra, där alternativet med det högsta nuvärdet är det lönsammaste.
- Paybackmetoden går ut på att ta reda på hur lång tid det tar att tjäna in investerat belopp vilket ställs mot den maximala återbetalningstiden som accepteras. Metoden tar dock inte hänsyn till ränteeffekter eller betalningar som inträffar efter att investeringen är återbetald.
- Internräntemetoden innebär att internräntan för investeringen räknas ut och ju högre internränta desto bättre årlig avkastning fås på investeringen. Nackdelen med internräntemetoden är att den är matematiskt svår och teoretiskt förutsätter att årliga inbetalningsöverskott löpande placeras till den framräknade internräntan. Internräntemetoden är mindre lämplig för jämförelse av olika investeringsalternativ då kortsiktiga projekt med högre internränta prioriteras trots att långsiktiga projekt med lägre internränta kan vara lönsammare i längden.
- Tillväxträntemetoden ger som internräntemetoden svar på vilken förräntning investeringen ger men antar att det årliga inbetalningsöverskottet placeras och förräntas till kalkylräntan som är företagets alternativa placeringsmöjligheter.
- Annuitetsmetoden beaktar alla in och utbetalningar över investeringens ekonomiska livslängd och fördelar dessa årligen över livslängden. Utifrån det fås svar på om in eller utbetalningarna är störst och således om investeringen är lönsam eller ej. (Olsson red. 2011; Andersson, 2008).

Av ovan nämna metoder är Annuitetsmetoden bäst lämpad för jämförelse av maskinsystem eftersom den fördelar intäkter och kostnader jämnt över alla år under maskinens hela livslängd vilket gör att lönsamheten för maskiner med olika lång livslängd kan jämföras. Skogforsk har för jämförelse av maskinsystem utvecklat verktyget FLIS^b som via

^b Flexibel Lathund för Interaktiv Systemanalys.

annuitetsmetoden beräknar kostnader för hela bränslehanteringskedjan. Ingångsvärdena i FLIS är baserade på bästa tillgängliga kunskap men är möjliga att variera utifrån lokala förutsättningar och rådande marknadsläge (Hofsten, 2009). För att genomförda kostnadskalkyler ska stämma krävs att sysselsättning och produktion i verkligheten är densamma som i kalkylen samt att de är anpassade till förutsättningarna på företaget som är föremål för kalkylen. (Andersson, 2008).

Norra Skogsägarnas utveckling av biobränslehantering

Företaget Norra Skogsägarna är en ekonomisk förening som ägs av privata skogsägare. Föreningen arbetar ständigt för att ge sina delägare så höga nettoinkomster som möjligt från skogen och en del i detta är att använda lönsamma maskinsystem som ger låga kostnader vid skogsskötsel och avverkning (Patrik Jonsson, pers. medd. 2012). Föreningen arbetar via entreprenörer och har under de senaste tre åren bland annat jobbat med projektet Bioenergigårdar vars syfte har varit att "utveckla samverkan mellan de olika aktörerna i bränslekedjan, utveckla teknik, metoder och logistik och kraftigt öka produktionen av biomassa för energiändamål" (Norra Skogsägarna, s. 5, 2011). Det har av projektet framkommit att hanteringen av GROT måste effektiviseras för att i framtiden vara ett konkurrenskraftigt sortiment. Mer specifikt anges utvecklade logistiklösningar inom hanteringskedjan som ett potentiellt förbättringsområde (Norra Skogsägarna, 2011). Denna slutsats stöds även av en årlig enkätundersökning utförd av Skogforsk. Där ses en trend av ökade kostnader för GROT-uttag under de senaste två åren vilket relateras till dyrare vidaretransport och administration (Brunberg, 2011). För att identifiera denna kostnadsökning samt utveckla GROT-hanteringen inom Norra Skogsägarna krävs granskning och jämförelse av använda maskinsystem då det i dagens läge råder osäkerhet angående vilket maskinsystem som är mest ekonomiskt. Jämförelsen bör göras systemen emellan samt mot framstuderade forskningsresultat för sönderdelning och transport av GROT. Detta för att möjliggöra sunda ekonomiska investeringar och förbättringar inom Norra Skogsägarna i framtiden (Patrik Jonsson, pers. medd. 2012).

Mål

Målet med denna studie är att jämföra de faktiska kostnader som Norra Skogsägarna har för använda maskinsystem för sönderdelning och transport av GROT i anslutning till föryngringsavverkning samt hur dessa förhåller sig till modellerade kostnader med grund i vetenskapliga rapporter. Vi kommer även att undersöka för- och nackdelar med respektive maskinsystem.

Jämförda och analyserade maskinsystem är:

- TOMO hugglink med en flisbil (Hugglink)
- Skotarburen flishugg och skopbil (Skotarburen hugg/Skopbil)
- Huggbil med lastväxlare och containersystem (Huggbil/Containersystem)
- Willibald kross och dumper med containersystem (Kross/Dumper)

Metod

Med maskinsystem avsågs i studien de maskiner som inkluderas vid sönderdelning och transport av GROT från avlägg till industri.

Systembeskrivning

TOMO hugglink med en flisbil

TOMO Hugglink är den enda i sitt slag och är uppbyggd av en dragbil, en hugglink med en 805CT trumhugg och en flistrailer. Hugglinken drivs av en motor på 450 hk, har ett rullmatarbord och en 10 m Cranab Fe106-kran. Hugglinken kan förflyttas på avlägget tack vare drift på första axeln i boggi och en fällbar styrframaxel (Andersson, 2010). För att förflytta sig i sidled är hugglinken utrustad med fyra stödben så att den kan ta sig ut över diken mellan väg och grotvålta. Höj och sänkbar skotarhytt ger föraren bra överblick över arbetet (Eliasson, 2009). Flistrailern har en lastvolym på ca 37 m³f och hela ekipaget har en maximal totalvikt på 50 ton och en maximal lastvikt på 30,8 ton utan Hugglink tillkopplad. 12,5 m radie krävs på vändplan för att hela ekipaget ska kunna vända. För objekt med större volymer GROT kan ytterligare ett lastfordon kopplas till systemet. Medan den ena lastbilen kör till industri betjänas den andra av huggen (Andersson, 2010). I studien har beräkningar gjorts utifrån att endast ett lastfordon använts.

Skotarburen flishugg och skopbil

En skotarburen flishugg är en ombyggd skotare med fast monterad flishugg och tippbar flisbalja. Skotaren som används inom Norra Skogsägarna är en ombyggd Komatsu 860.4 med en Bruks 805 CT trumhugg. Lastutrymmet är tippbart och möjliggör mellanlagring av flis på marken (Norra Skogsägarna, 2011). Hos Norra Skogsägarna används inte någon undre skyddsduk för att skydda flisen mot förorening (Mikael Forsman, pers. medd. 2012). För vidaretransport används en flisbil med kran och skopa. Den så kallade ”skopbilen” har en lastkapacitet på 30 ton motsvarande ca 44,4 m³f flis. Skopan har en kapacitet på 0,55 m³f (Liss, 2006).

Huggbil med lastväxlare och containersystem

En huggbil är en lastbil utrustad med fast monterad flishugg, en container på bilen och två på släpet. Lastbilen är försedd med lastväxlare vilket gör det möjligt att fylla upp alla containrar på avlägget för att sedan köra till slutkund. Alternativt hämtas containrarna av separat containerbil utan monterad hugg, detta för att öka utnyttjandet av huggen då denna blir kvar på avlägget. Flishuggen är en Bruks 805CT trumhugg med 450 hk. Hela ekipaget har en total lastkapacitet på 41 m³f varav 13 m³f placeras i containern på bilen och 14 m³f i respektive containrer på släpet (Eliasson et al, 2010a, Hofsten et al, 2006). Systemet i studien inkluderade en huggbil och två containerbilar. Detta system kördes inom Norra Skogsägarna under sommaren 2010 varefter dieselpriset har höjts fram till 2011 då de andra maskinsystemen är körda. Detta har i jämförelsen har kompensrats med en kostnadshöjning på 7,5 % av den totala fakturerade kostnaden.

Willibald kross och dumper med containersystem

Systemet innehåller en Willibald 5500 kross med 480 hk som matas av en Komatsu 110 grävmaskin med risgrip. Krossen förflyttas på avlägg med egen drift samt av hjullastare på längre avstånd. Den krossade groten lastas på dumper för vidaretransport till rangerplats

och containrar. De fulla containrarna hämtas av containerbil med lastväxlare för transport till värmeverk (Jonas Jonsson, pers. medd. 2012). För systemet fanns inga genomförda produktivitetstudier eller skrivna rapporter varefter maskinsystemets fakturerade kostnader endast jämfördes med de andra maskinsystemens fakturerade kostnader.

Tillvägagångssätt

För respektive system gjordes fördjupande litteraturstudier för att finna underlag till beräkningarna av kostnadskalkylen. Litteraturen som studerades innefattade tidsstudier och kostnadsanalyser av maskinsystemens komponenter (sönderdelning, transport).

De mätbara resultat som hämtades ur vetenskapliga rapporter var produktivitetstal och kostnadsposter för olika ingångsvärden i analysen. Resultaten från rapporterna sammanställdes och homogeniserades för att göras jämförbara^c. De enheter som genomgående användes för jämförelse var m^3f/G_{15} -h^d och kr/m^3f . I de fall rapporterna har använt G_0 -timme som enhet har denna omvandlats till G_{15} -timme^e. I varje rapport har de enskilda förutsättningarna tagits i beaktande och noterats för att på så vis finna förklaringar till eventuella skillnader och avvikelser mellan systemen.

Utifrån litteraturstudierna framräknades ett produktivitetsgenomsnitt för respektive maskinsystem. Som ses av sammanställningen i Tabell 1 är underlaget ett genomsnitt av minst två rapporter per maskinsystem undantaget Kross/Dumper som det inte fanns några vetenskapliga rapporter på.

^c För omvandling av bibränsleenheter har verktyget WeCalc från SkogForsk använts (Värmevärde och sortomvandlare för skogsbränsle, 2010).

^d M^3f definieras som kubikmeter fast mått och avser verklig volym flis utan luft (Skogforsk 2011). G_{15} -timme är en tidsenhet som används vid tidsstudier som inkluderar allt arbete samt pauser och stopp kortare än 15 minuter (Bergström et al. 2011).

^e G_0 – timme definieras som effektiv tid exklusive avbrott (Bergström et al. 2011).

Omvandlingstalet 1,2 har använts för att framställa jämförbara data, det vill säga 1 G_0 -timme = 1,2 G_{15} -timme (Liss, 2005).

Tabell 1. Sammanställning över medelproduktiviteten för sönderdelning hos de olika maskinsystemen baserat på vetenskapliga rapporter

Table 1. *Compilation of the average productivity for chipping with different machine systems based on scientific reports*

Maskinsystem	Medelproduktivitet sönderdelning (m ³ f/G15h)	Referens
Hugglink	23,44	Andersson, 2010; Norden & Eliasson, 2009
Skotarburen hugg/Skopbil	25,39	Nordén & Eliasson, 2009; Liss, 2006; Karlsson, 2010
Huggbil/Containersystem	21,55	Eliasson & Picchi, 2010a; Andersson, 2011

För att räkna fram det ekonomiska resultatet med de vetenskapliga rapporterna som grund användes verktyget FLIS. FLIS är ett excelbaserat program för ekonomisk systemanalys som tar i beaktande fasta årliga kostnader, personalkostnader, maskinutnyttjande, rörliga maskinkostnader och produktivitet. Kostnaderna delas med produktivitet och en total kostnad per m³f erhålls för analyserat maskinsystem. Då det inom ramen för FLIS är möjligt att variera kostnader och produktivitet för alla delar av varje enskilt maskinsystem gjordes en jämförelse för att se vilket system som kostade minst. I verktyget skapades modeller där kostnader och medelproduktivitet för de olika delarna i systemen angavs utifrån de granskade vetenskapliga källorna. Erfarenhetstal från FLIS och maskinproducenter nyttjades även i skapandet av modellerna. En ingångsparameter i FLIS som påverkar resultatet i hög grad är den Tekniska Utnyttjandegraden (TU) vars förändring med en % -enhet påverkar kostnaden med 2 kr/TTv (Ton Torrsvikt). För översikt över ingående kostnadsposter och beräkningar se Bilaga 1.

Antaganden som gjordes i kostnadsjämförelsen:

- Priserna som industrin betalar för flisad/krossad GROT är samma oberoende av vilken maskin som använts för transport och sönderdelning.
- Personalkostnaderna är samma för alla skogsmaskinförare respektive alla lastbilsförare.
- Avskrivningstid är satt till 7 år och restvärde till 15 % för alla ingående maskiner.
- Skotarburen huggen transporteras med hjälp av lastbil mellan avlägg.
- 60 % torrhalt har använts när omvandlingar gjorts mellan enheter.
- Lastbilarna kör 50 km/h i medel.
- Maskinsystemens produktivitet analyseras utan att hänsyn tas till entreprenörens erfarenhet.
- Antalet maskinflyttar är 100 st/år.

Från Norra Skogsägarna togs material från 15 utförda grotanpassade slutavverkningar av respektive maskinsystem för att få ett bra underlag för jämförelse med studierna. Huggbil med lastväxlare och containersystem har dock på 14 av 15 trakter kört träddeklar och inte GROT. För alla maskinsystems trakter granskades fakturerade kostnader (kr/m³f) per maskinsystem med beaktande på transportavstånd och avläggsstorlek.

Medeltransportavståndet för det granskade materialet låg på 45 km med ett intervall mellan 16 - 123 km. Utöver detta eftersträvades en variation av årstid för leverans och fukthalt för att få en stor bredd på underlaget. Se tabell 2 för sammanställning av respektive maskinsystems medeltrakt. Uppgifter som togs från respektive trakt var:

- Transportavstånd
- Ton torr vikt (TTv)
- Antal lass
- Månad för inleverans
- Torrhalt
- Flisning och transportkostnad
- Kostnad/m³f

Tabell 2. Sammanställning över respektive maskinsystems medeltrakt från Norra Skogsägarna
Table 2. *Compilation of the machine systems average area from Norra Skogsägarna*

System	Trakter (st)	Medeltransportavstånd (km)	Medelvolym på avlägg (m ³ f)	Medel torrhalt (%)
Hugglink	15	45,8	169	62,8
Skotarburen hugg/Skopbil	15	65,5	311	53,3
Huggbil/Containersystem	15	44,5	238	62,2
Kross/Dumper	15	26,7	145	56,3
Medeltal	15	45,3	215,8	58,7

Med sammanställningen av produktiviteten från vetenskapliga rapporter, maskinsystemkostnaderna i FLIS och de fakturerade kostnaderna från Norra Skogsägarnas trakter som underlag gjordes en kostnadsjämförelse av maskinsystemen med transportavstånd och avläggsstorlek som variabler. I modellerna varierades transportavstånd mellan 0 – 120 km. Jämförelsen illustrerades i grafisk form för att åskådliggöra skillnader mellan respektive maskinsystem samt skillnader mellan vetenskapligt framställda kostnader och faktiska kostnader som uppkommit vid tillvaratagandet av GROT hos Norra Skogsägarna.

För respektive system sammanställdes även för- och nackdelar från litteraturen som ej syntes i kostnadsjämförelsen av systemen. Se tabell 3 för sammanställning av litteraturunderlaget för icke-mätbara parametrar.

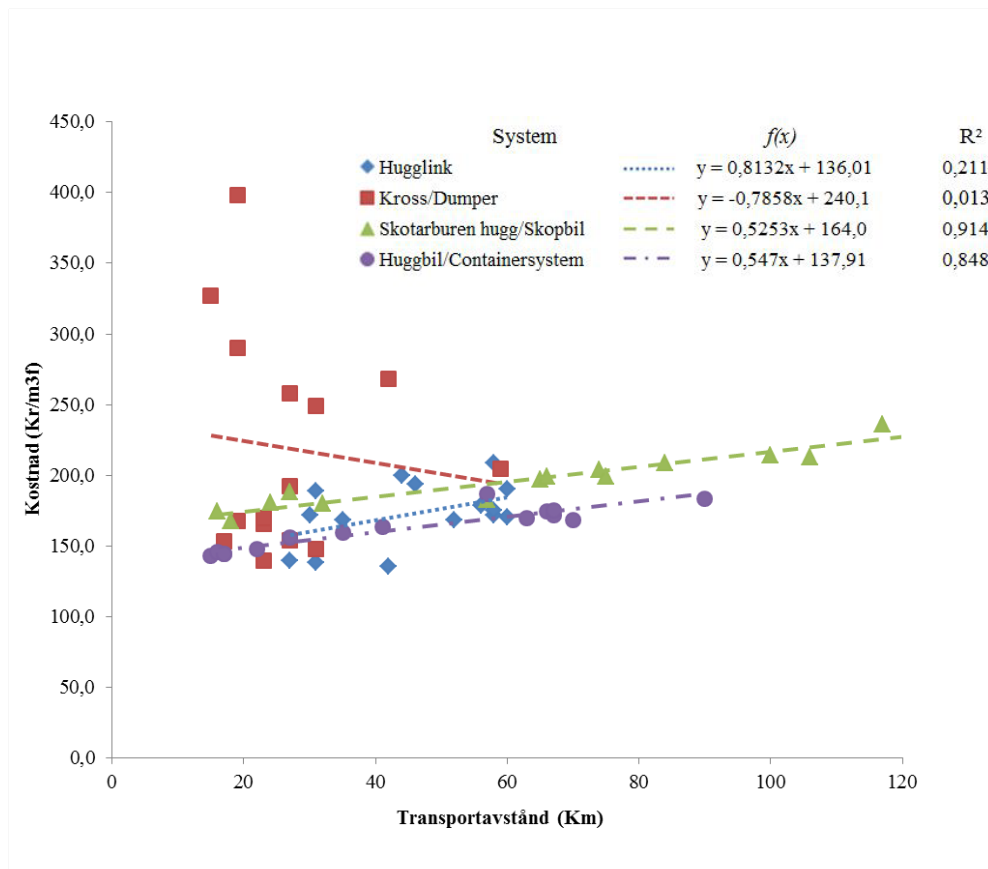
Tabell 3. Översikt över litteraturunderlaget för sammanställning av för- och nackdelar med respektive maskinsystem

Table 3. *Overview of the literary material for compilation of advantages and disadvantages regarding each machine system*

Maskinsystem	Referens
Hugglink	Norden & Eliasson, 2009; Andersson, 2010; Norra Skogsägarna, 2011
Skotarburen hugg/Skopbil	Norden & Eliasson, 2009; v Hofsten et al, 2006; Liss, 2006; Eliasson & Picchi, 2010; Andersson, 2011; Norra Skogsägarna, 2011
Huggbil/Containersystem	Eliasson & Picchi, 2010; Eliasson & Picchi 2010; Andersson, 2011; Norra Skogsägarna 2011
Kross/Dumper	För detta maskinsystem fanns ingen skriven litteratur.

Resultat

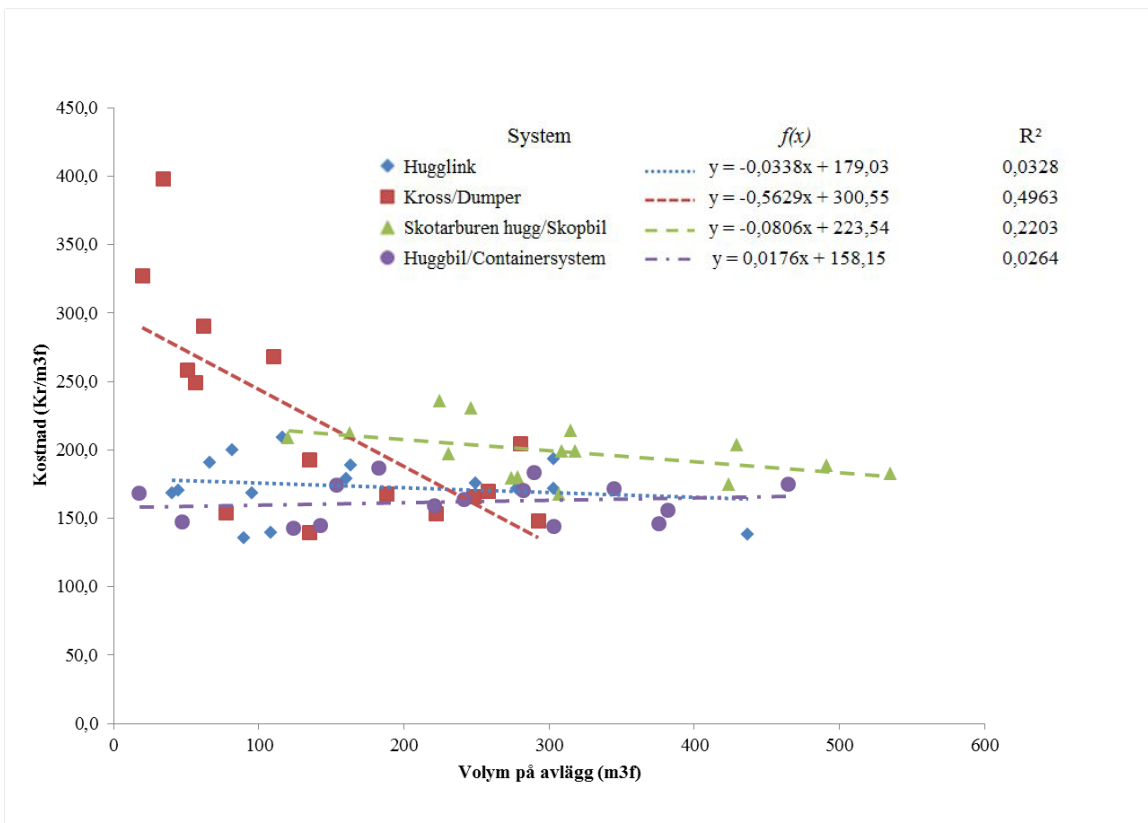
Av figur 3 framgår att Huggbilen är billigast utifrån Norra Skogsägarnas underlag och med svag lutning på trendlinjen är den även okänslig för förändrat transportavstånd. Då förklaringsgraderna på 0,21 för maskinsystemet Hugglink och 0,01 för Kross/Dumper är låga innebär det att systemens totalkostnad varierar lite beroende av transportavstånd. Detta jämfört med Skotarburen hugg och Huggbil, som kostnadsmässigt har en starkare korrelation till transportavståndet.



Figur 3. Fakturerad kostnad för flisning och transport (kr/m³f) hos Norra Skogsägarna för respektive maskinsystem med avseende på transportavstånd (km).

Figure 3. Invoiced cost for chipping and transport (kr/m³f) at Norra Skogsägarna for each machine system in regard to transport distance (km).

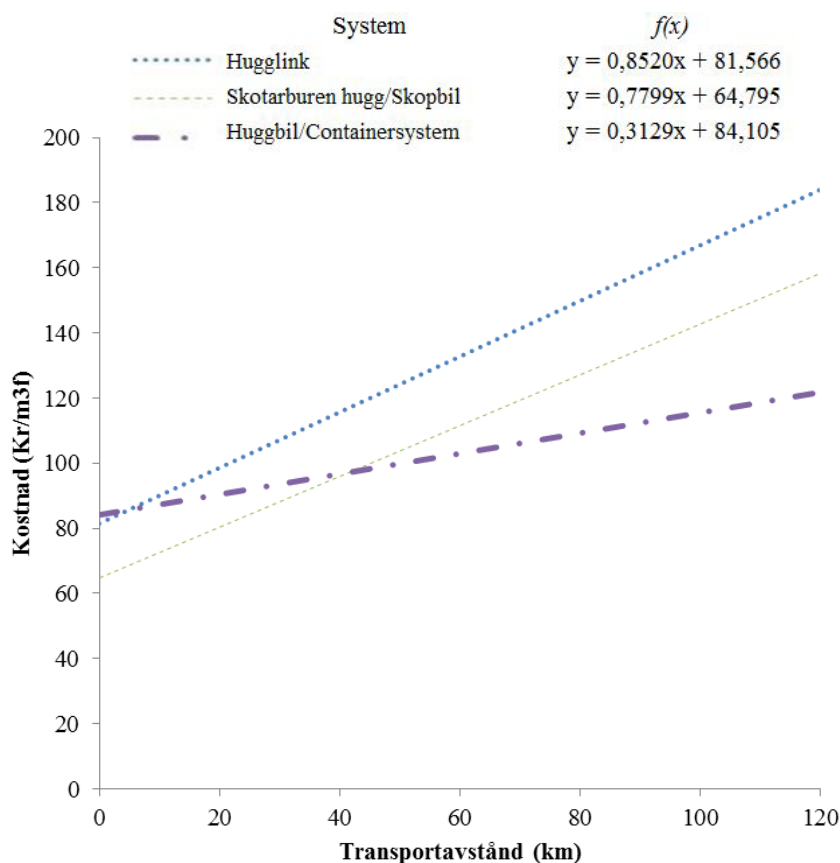
Av Figur 4 framgår att förändring av kostnaden för tillredning och transport av flis för alla maskinsystem utom Kross/Dumper till liten del beror på förändring av avläggets storlek. Detta ses genom flacka trendlinjer samt låg förklaringsgrad hos dessa. För Kross/Dumper ses däremot en stark trend mellan minskad kostnad för ökad avläggsstorlek om än stor variation i underlaget.



Figur 4. Fakturerad kostnad för flisning och transport (kr/m³f) hos Norra Skogsägarna för respektive maskinsystem med avseende på avläggets storlek i m³f

Figure 4. Invoiced cost for chipping and transport (kr/m³f) at Norra Skogsägarna for each machine system in regard of landing size measured in m³f.

Figur 5 visar trendlinjer för de modellerade kostnaderna utifrån analysen i FLIS och det kan konstateras att Skotarburen hugg/Skopbil är billigast upp till 40 km transportavstånd. På transportavstånd längre än 40 km är Huggbil enligt modell det billigaste systemet. Till skillnad mot resultatet i Figur 3 är Skotarburen hugg/Skopbil enligt modell billigare än Hugglink. Skillnad i lutning på trendlinjen för systemet Hugglink i Figur 3 och Figur 5 ger en fakturerad kostnad som är 4 öre dyrare per km, motsvarande differens för övriga system är 25 öre för Skotarburen hugg/Skopbil respektive 23 öre billigare för Huggbil/Containersystem. För den samlade jämförelsen med trendlinjer för fakturerade kostnader och modellerade kostnader i samma graf, se Figur 6 i Bilaga 2.



Figur 5. Modellerad kostnad för flisning och transport ($\text{kr/m}^3\text{f}$) relaterat till transportavstånd (km).
Figure 5. Modeled cost for chipping and transport ($\text{kr/m}^3\text{f}$) related to transport distance (km).

Litteratursammanställning

Tomo Hugglink med en flisbil

Hugglinken är ett flexibelt system som kan jobba självständigt. Fördelar med hugglinken är att den kan röra sig i sidled vilket ger en bra räckvidd och större utrymme på resten av vägen. I och med att flisning sker direkt i trailer blir det lite spill, föroreningar och flisen är lastad och klar för att köras till industri (Eliasson, 2009; Bioenergigårdar, 2010).

Nackdelar med Hugglinken är att grotvältan måste finnas vid väg och vändplanen måste vara stor eftersom Hugglinken har stor vändradie (Eliasson, 2009). Uppställningen inför flisning är dessutom tidskrävande (Norra Skogsägarna, 2010; Andersson, 2010).

Andersson (2010) kom fram till att hugglinken har låg utnyttjandegrad då endast 29 % av systemtiden upptas av effektiv flisning. Utifrån det dras i samma rapport slutsatsen att kostnaden för systemet kan sänkas om man på transportavstånd över 34 km lägger till ytterligare en dragbil och en trailer så att flishuggen utnyttjas mer.

Eliasson (2009) gjorde en jämförelse mellan Hugglinksystemet och en traktormonterad flishugg varvid det bland annat framkom att Hugglinken skulle kunna utveckla matarbordet samt att man borde kunna minska matningstiden med 30 – 35 % genom tekniska och metodmässiga förbättringar.

Tabell 4. Fördelar och nackdelar med systemet Hugglink

Table 4. Benefits and disadvantages with the machine system Hugglink

Fördelar	Nackdelar
Flexibelt	Hett system
Förflyttning på avlägg med egen drift och möjlig sidledsförflyttning	Kräver stort utrymme på avlägg och stor vändyta
Flisning i trailer ger lite spill och föroreningar	Låg utnyttjandegrad på huggen vid användning av ett transportfordon
Flisen lastad och klar för transport	Tidskrävande uppställning

Skotarburen flishugg och skopbil

Av litteraturstudier har framkommit att den skotarburna flishuggen har ett flertal fördelar. Ett högt utnyttjande av huggen på grund av dess specialiserade uppgift är en av dessa. Andra fördelar är att systemet är okänsligt för vältans placering (Norden et. al. 2009), det kräver lite utrymme i förhållande till övriga system (Andersson, 2011) samt att systemet är kallt i och med tippning av flis på marken (Hofsten et. al. 2006 & Liss 2006). En annan fördel är att skopbilen kan köra mot flera avlägg om problem uppstår vid aktuellt avlägg (Andersson, 2011).

Nackdelar som studierna visat på är att systemet är känsligt vid långa avstånd mellan vältans placering och den plats där flisen måste tippas (Eliasson et. al. 2010b). Det uppkommer även en ytterligare flyttkostnad i och med att systemet innehåller en separat maskin för sönderdelning (Andersson, 2011). Vid tippning av flis direkt på barmark är det också risk för återfuktning och förorening av flisen samt att viss flis måste lämnas kvar för

att onödigt mycket föroreningar inte skall föras med till slutkund. Detta leder lätt till att avläggen efter bearbetning lämnas nedskräpade (Liss 2006).

Erfarenheter som projektet Bioenergigårdar (2011) kommit fram till för systemet är att skotaren behöver plan yta för tippning av flis, att det finns problem med vidaretransport om upplaget är placerat över ojämnheter eller i diken vilket lätt leder till onödigt kvarlämnat spill. En ytterligare nackdel som framkommit är att skotarekipaget blir tungt vid full last.

Tabell 5. Fördelar och nackdelar med systemet Skotarburen flishugg och skopbil

Table 5. Benefits and disadvantages with the machine system Skotarburen flishugg och skopbil

Fördelar	Nackdelar
Högt utnyttjande av huggen	Separat fordon för flisning
Okänslig för vältans placering	Tungt ekipage vid full last
Kallt system	Förorenad flis
Kräver lite utrymme	Känslig om det är långt mellan grothögens placering och omplastningsplats för flishögen
Skopbilen kan köra mot flera avlägg	Skräpiga avlägg om det lämnas kvar mycket flis

Huggbil med lastväxlare och containersystem

Huggbil med lastväxlare och containrar är ett flexibelt system i och med att huggbilen kan arbeta både självständigt och som del i ett hetare system med fler transportfordon inblandade. I och med huggens placering på lastbilen uppkommer inga flyttkostnader och ställtiden vid förflyttning förkortas avsevärt (Eliasson & Picchi, 2010a). Då groten flisas direkt i container minimeras även spillet och nedskräpningen på avlägget (Norra Skogsägarna, 2011).

Huggbilen ställer krav på att grotvältan måste vara placerad inom kranlängds avstånd från väg och därigenom även att det måste finnas utrymme på vägen för lastbilen att arbeta. För rangering av containrar behövs ytterligare ytor som helst ska finnas i anslutning till vältan. (Eliasson & Picchi, 2010b; Andersson, 2011).

Tabell 6. Fördelar och nackdelar med systemet Huggbil med lastväxlare och containrar
Table 6. *Benefits and disadvantages with the machine system Huggbil med lastväxlare och containrar*

Fördelar	Nackdelar
Flexibelt	Kräver välta vid väg
Flisning i container ger lite spill och föroreningar	Ytor för rangering av containrar måste finnas
Billig flytt	Tar tid att rangera containrar
Snabb uppställning och förflyttning	Hett system
Flisen lastad och klar för transport	

Willibald kross och dumper med containersystem

För detta system fanns inga vetenskapliga studier. Vid samtal med entreprenören har framkommit att systemets uppbyggnad med många maskiner ger höga flyttkostnader och att extra ersättning utgår för avlägg mindre än 50 ton för att kompensera för de dyra flyttkostnaderna. Det krävs även stora ytor för att rymma de maskiner som systemet underhåller. Fördelar är att krossen är radiostyrd och enkelt kan flyttas, den har även utbytbart roster för variation i fraktionsstorlek och är okänslig för föroreningar. En fördel för den enskilde entreprenören är att när behovet av GROT-krossning är obefintligt kan krossen användas till grövre material än GROT exempelvis rivningsvirke (Jonas Jonsson, pers. medd. 2012).

Tabell 7. Fördelar och nackdelar med systemet Kross/Dumper utifrån entreprenör och maskintillverkare

Table 7. *Benefits and disadvantages with the machine system Kross/Dumper from entrepreneur and manufacturer*

Fördelar	Nackdelar
Flera användningsområden	Många maskiner medför dyra flyttkostnader
Utbytbart roster	Utrymmeskrävande
Okänsligt för föroreningar	

Diskussion

Som resultatet visar är de fakturerade kostnaderna konstant högre än de som modellerats från litteraturstudierna vilket kan ha ett flertal orsaker, oberoende av maskinsystem. Entreprenörens risk och vinstmarginal är två faktorer som bidrar till skillnaden i kostnader då dessa inte har inkluderats i de teoretiska kostnadsanalyserna. Vinster bör exempelvis adderas till modellerna för en ekonomiskt långsiktigt hållbar verksamhet och rättvisare jämförelse men har inte adderats i denna studie eftersom att den kan vara skiftande för olika entreprenörer och över tid. Fler påverkande faktorer av stor vikt för alla system är administrativa kostnader och utnyttjandet av maskinerna. Teknisk utnyttjandegrad och antal maskindagar är två faktorer som påverkar kostnaderna i hög grad. Omständigheter kring enskilda system återfinns också vilket kan medföra en skillnad i teori och praktik varvid de enskilda resultaten är värda att utvärdera.

TOMO Hugglink med en flisbil

Hugglink är ett maskinsystem med mycket potential då resultatet av litteraturstudien samt sammanställningen av de fakturerade kostnaderna visar en rimlig prisbild med endast ett lastfordon och i litteraturstudien en teknisk utnyttjandegrad för huggen på 29 %. Ytterligare ett lastfordon skulle öka utnyttjandegraden och därmed minska kostnaden om logistiken optimerades. Förklaringsgraden av trendlinjerna för de fakturerade kostnaderna är dock låg med avseende på både avläggsstorlek och transportavstånd vilket delvis kan ha sin grund i att underlaget är smalt med transportavstånd mellan 20-60 km och avläggsstorlekar i huvudsak under 400 m³f. Ett bredare underlag skulle kunna ge bättre förklaringsgrad. Systemet har bortsett låg förklaringsgrad den brantaste lutningen på trendlinjen för transportavstånd av de studerade systemen varvid fliskostnaden fördyras med 81 öre/m³f per kilometer i medeltal. Detta förklaras dock troligast av den lägre lastkapaciteten hos detta system jämfört med de övriga. Skillnaden i lutning på trendlinjen mellan modell och fakturerad kostnad är endast 4 öre/m³f vilket indikerar att modellerade transportkostnader är korrekta. För transportavstånd under 167 kilometer utgörs största delen av fliskostnaden av fasta årliga kostnader och sönderdelningskostnader. Då Hugglink-systemet är relativt nytt och tidsstudierna gjorts tidigt i utvecklingen, jämfört med de andra systemen som använts under längre tid, kan detta påverka produktiviteten genom att ett effektivt arbetssätt inte hunnit utvecklas. En av nackdelarna med systemet var dess tidskrävande uppställning som för oerfarna förare förmodligen tar längre tid. Vid jämförelse av teoretiskt grundade kostnader och de fakturerade kostnaderna kan för Hugglink-systemet ses en skillnad på 52,7 SEK/m³f vid transportavstånd 45 km. Denna differens kan härledas till ovan nämnd risk och vinstmarginal samt skillnad i praktiskt och vetenskapligt baserad produktivitet då de fasta årliga kostnaderna är identiska i teori och praktik i och med att det är samma maskin som är studerad som använts i praktiken.

Huggbil med lastväxlare och containersystem

Som nämnts i resultatet förklaras mycket av kostnadsökningen hos de fakturerade kostnaderna för systemet med ett ökat transportavstånd men är relativt oberoende av avläggets storlek. Lutningen på trendlinjen med ökat transportavstånd är svag och totalkostnaden för flis fritt slutkund påverkas endast i medeltal med 55 öre/m³f per ökad kilometer. Lutning för trendlinjen på modellerade kostnader visar att modellen är 25 öre/m³f dyrare per km än trendlinjen för fakturerade kostnader. Detta innebär att modellen är känsligare för förändrat transportavstånd än vad systemet uppvisar i praktiken. Trendlinjens relativt flacka lutning med avseende på transportavstånd för systemet gör att

kostnaden för flis fritt slutkund till största del utgörs av uppdragskostnad och fasta årliga kostnader för transportavstånd under 252 km. En felkälla för detta system är att maskinen flisat träddeklar och inte GROT. Då det inte finns information om de enskilda trakterna för träddeklar med avseende på grovlek och kvalitet är det svårt att kostnadsmissigt kompensera för den eventuella skillnad som kan ha funnits. I sammanhanget bör den dock vara marginell eftersom kvalitén och innehållet på GROT också kan variera. En ytterligare osäkerhet för systemet är att transportkapaciteten för lastbilen med monterad hugg ej är inkluderad i kostnadsräkningen. Om den inkluderas bör kostnaden för producerad flis rimligtvis kunna sänkas ytterligare. I jämförelse mellan teoretiskt framställd kostnad och fakturerad kostnad är 45 SEK/m³f den lägsta differensen av alla systemjämförelser vid transportavstånd 45 km. En inkludering av huggbilens lastutrymme skulle dock troligtvis öka denna skillnad.

Skotarburen flishugg och skopbil

Kostnaderna för Skotarburen hugg och Skopbil förklaras i hög grad av förändrat transportavstånd med en förhöjd kostnad fritt slutkund på ca 53 öre/m³f per ökad kilometer. Skillnaden mellan modell och fakturerad kostnad är för trendlinjens lutning 23 öre och enligt jämförelsen är modellen mindre känslig för förändrat transportavstånd. Trendlinjens flacka lutning med avseende på transportavstånd för detta system gör att kostnaden för flis fritt slutkund till störst del utgörs av uppdragskostnad och fasta årliga kostnader för transportavstånd under 310 km. Även för avläggsstorlek är trendlinjen flack, om än med låg förklaringsgrad antyder det att systemet i stor utsträckning inte påverkas av avläggsstorlek. Trendlinjens svagt negativa lutning indikerar dock att kostnaderna är större på små avlägg vilket troligtvis kan kopplas till att flyttkostnaderna för skotaren förhållandevis blir större på små avlägg. En parameter som ej tagits med i beräkningarna är det faktum att skotaren själv kan köra mellan avläggen om dessa ligger inom ett visst avstånd. Flyttkostnaderna blir således förändrade i verkligheten men då det inte finns några uppgifter på hur ofta detta görs har det inte tagits hänsyn till detta i modellen. Skillnaden i kostnad för systemet med skotarburen hugg på 45 km transportavstånd är 69 SEK/m³f och är det system där kostnaden skiljer sig mest mellan teori och praktik. Detta kan ha sin förklaring i felaktiga ingångsvärden i FLIS samt likt ovan nämnd risk och vinstmarginal. Specifikt för systemet kan flyttkostnad och ställtid i samband med flytt ha underskattats vilket rimligtvis borde få stort genomslag på totalkostnaden.

Willibald kross med dumper och containersystem

Låg förklaringsgrad för kostnad med avseende på variationer i transportavstånd och avläggsstorlek för detta system indikerar att det är andra parametrar som i högre grad påverkar kostnaderna. Underlaget till systemet var dock begränsat till transportavstånd i huvudsak kring 25 km. Gällande avläggsstorlek hade underlaget mer spridning varefter tydligare trend kunde ses. Om underlaget varit större hade troligtvis säkrare slutsatser kunnat dras och kostnadspåverkande faktorer hade därmed lättare kunna identifierats. Utifrån Norra Skogsägarnas underlag kan trots låg förklaringsgrad ses en trend att det finns stor potential för Kross/Dumper på större områden då kostnaderna sjunker snabbt med ökad avläggsstorlek. Att systemet är dyrt kan kopplas till höga startkostnader i och med bland annat flytt då systemet innehåller ett förhållandevis stort antal maskiner jämfört med de andra systemen i denna studie. I praktiken får entreprenören en viss ersättning för avlägg under 50 ton för att kompensera en hög flyttkostnad. Intressant, trots dyra startavgifter, är att underlaget för Kross/Dumper till stor del kommer från små avlägg.

Detta kan dock delvis förklaras av systemets geografiska placering där det i huvudsak förekommer små avlägg.

De för- och nackdelar med respektive system som framkommit av studien beror till stor del på maskinsystemens individuella uppbyggnad och har stor påverkan på både användbarhet och ekonomi. De individuella förutsättningarna inom de iakttagna systemen är dock inte statiska utan kan förändras genom tillägg eller reducering av komponenter i systemet. Ett sådant tillägg eller en reducering kan få stora konsekvenser för ekonomin på systemet och kan till exempel leda till att ett hett system blir betydligt kallare eller tvärt om. Med aktuell maskinuppbyggnad är Huggbilens och Hugglinkens främsta fördelar den billiga och snabba flytten samt ringa förorening av flisen. Den största nackdelen är att vältan måste finnas tillgänglig vid väg där istället den Skotarburna huggen har sin styrka. Det faktum att den Skotarburna huggen är billigare än Hugglinken i teorin men dyrare i verkligheten trots högre flyttkostnad och fler ingående maskiner är svårt att hitta en rimlig förklaring till utan fördjupande studier av systemen. Det kan bero på den höga tekniska utnyttjandegraden för den skotarburna huggen, felaktigheter i den vetenskapliga modellen eller på förhandlingsteknik hos entreprenören där entreprenören som äger den skotarburna huggen kan ha varit duktigare på att motivera sina kostnader.

Underlagets kvalitet och omfattning

Önskvärt hade varit att tillgå ett större underlag från vetenskapliga studier. Inom området finns många tidsstudier genomförda men ofta är dessa väldigt specialiserade och behandlar endast delar av ett maskinsystem, exempelvis vassa/slöa huggstål, eller undersöker ett helt sortimentsystem (Eliasson et al 2011; Kärkhä, 2010). Det vill säga att ett antal genomgångna vetenskapliga rapporter antingen har varit för specialiserade eller för övergripande för att kunna användas i denna studie. För en helt rättvis jämförelse mellan studierna och Norra Skogsägarnas underlag har homogeniseringar varit nödvändiga inom ramen för arbetet. När verktyget WeCalc utnyttjades angavs 60 % fukthalt på materialet trots att fukthalt i materialet från Norra Skogsägarna varierat och således även i de vetenskapliga studierna. Sådana generaliseringar ska dock endast ha genererat decimalfel vilket inte bör ha inneburit problem då vi inom studien vill visa på trender. För tillvaratagna produktivitetstal från de vetenskapliga studierna kan källorna räknas som säkra då de är kontrollerade och publicerade studier från Skogforsk eller arbetsrapporter från Sveriges Lantbruksuniversitet. Minst två studier per maskinsystem har använts och även om fler studier hade varit önskvärt är materialet väl understött. Dock gäller som för alla tidsstudier att omfattningen ofta har varit begränsad till en eller ett par iakttagelser då genomförande av sådana är kostsamma och tidsödande. De visar dessutom bara ögonblicksbilder av maskinsystemens prestation under en kort tid och under de förutsättningarna som fanns under den studien med exempelvis det materialets fukthalt och föroreningsgrad. Hade fler studier funnits att tillgå hade yttre påverkande faktorer från respektive studie haft mindre inverkan på vårt resultat eftersom individuella förutsättningar för varje studie då hade normaliserats.

Förutsättningarna inom respektive maskinsystem hos Norra Skogsägarna skiljer sig åt, då systemen har varit i bruk olika länge och data endast baseras på en entreprenör per maskinsystem. Behovet inom Norra Skogsägarna är inte större än att det sysselsätter en entreprenör per verksamhetsområde för sönderdelning och transport av GROT vilket gör

att även lokala förutsättningar som vägstandarder, trädslagsfördelning och klimat skiljer sig en aning inom systemjämförelsen. I underlaget kommer även entreprenörernas erfarenhet och kvalité att påverka fliskostnaden vilket är parametrar som bortses från i kostnadsanalysen men som kan medföra skillnad i produktivitet och därmed slutlig kostnad i jämförelsen. Entreprenörerna är anlitade på ackord och får således betalt för hur mycket de producerar. Hur mycket betalt de får per producerad enhet är dock delvis en följd av förhandling med Norra Skogsägarna som uppdragsgivare men även beroende på konkurrensläget inom verksamhetsområdet. Entreprenörernas förhandlingsförmåga och konkurrensläget är felkällor som är svåridentifierbara i denna kostnadsanalys och därför inte tagits hänsyn till. Intervallet för transportavstånd för maskinsystemen låg mellan 16 - 123 km vilket indikerar att transporter över 12 mil hör till ovanligheterna och att det finns mindre behov av system som producerar bra på långa avstånd. Att ett sådant system finns bland de kontrakterade entreprenörerna är dock bra för bibehållen flexibilitet och bredd för att möjliggöra lönsam sönderdelning och transport av GROT på ett större antal avlägg. Av samma anledning kan det vara bra att tillgå system som är okänsliga för grotvältans placering. En styrka som ger noggrannhet i kostnadsunderlaget från Norra Skogsägarna är att vikter/volymer och torrhalter i de flesta fall är kontrollmätta av VMF (virkesmätningssällskapet) och att dessa parametrar är betalningsgrundande.

Av ingångsvärdena i FLIS (se Bilaga 1) är den tekniska utnyttjandegraden en av de största osäkerhetsfaktorerna i denna studie då en förändring av TU med en % -enhet påverkar resultatet med ca 0,9 kr/m³f. TU för lastbilstransporten har i alla system satts till 1 men tiden för effektivt utnyttjande av transportfordonet har justerats med individuell väntetid. TU för respektive sönderdelningsmaskin har enbart hämtats från genomgånga vetenskapliga rapporter och varierar från 0,29 för Hugglinken och 0,9 för den Skotarbarna huggen. Något som också påverkar utnyttjandet av huggen är antalet arbetsdagar/år, i studien har antagits 215 maskindagar men då efterfrågan på biobränsle är säsonsberoende kan detta variera och antalet maskindagar blir i medeltal förmodligen färre. Vilket också bidrar till en orättvisare jämförelse mellan teori och praktik då känsligheten för antal flyttar varierar stort mellan systemen. En ytterligare faktor för effektivt utnyttjande av tillgängliga resurser är minimering av ställtider i samband med flytt och reparationer. Ställtider har hämtats från vetenskapliga rapporter men kan variera mycket mellan olika avlägg och mellan maskinsystemen beroende på hur de är uppbyggda. Hugglinken är det enda av maskinsystemen där uppställningstiden har klassats som tidskrävande av forskarna bakom de iakttagna studierna. Antalet maskinflyttar är en faktor som varit svår att ta hänsyn till då dessa varierar för olika system över tid beroende på hur stora avlägg de får hantera då många och små avlägg medför mycket maskinflyttar. Kostnaden för maskinflyttarna varierar också mycket mellan systemen, Kross/Dumper med många maskiner har höga kostnader jämfört med huggbilen som bara kan flisa, lasta och köra. I modellerna har dock samma antal maskinflyttar antagits för alla maskinsystem. En ytterligare faktor som ej tagits hänsyn till i studien är kvalitén på vältan. Om vältan är väl sorterad och rätt placerad kan kostnader minskas genom ett effektivare arbete och transportflöde.

En viktig felkälla i jämförelsen mellan de vetenskapliga studierna och Norra Skogsägarna är det faktum att entreprenörerna från Norra Skogsägarna får betalt per producerad m³f. I och med detta påverkas inte entreprenörernas kostnader av förutsättningar på avläggen såsom avstånd till rangerplats, hög föroreningsgrad, långa ställtider och små utrymmen för rangering och flisning. Dessa faktorer har i förhandling antagits jämka varandra över tid så att entreprenörens vinst varierar på olika trakter men över tid är accepterbar för båda

parter. Detta faktum gör det svårt att dra någon slutsats om entreprenörernas produktivitet trots genomförda analyser.

Utveckling

Om än teoretiskt baserade modeller, så bygger detta arbete på välgrundade fakta som visar att man i teorin kan erhålla ekonomiska sönderdelningssystem för GROT med dagens prisläge. Utmaningen är att få samma ekonomi i praktiken eller utifrån studier identifiera vilka moment i utförandet som står för de största kostnaderna. Som nämnts tidigare leder en minskad teknisk utnyttjandegrad till högre kostnader. Att kunna identifiera sådana tidstjuvar skulle ge entreprenörer och utvecklare medel att skapa än bättre ekonomi för enskilda system. Det är något som alla vinner på speciellt entreprenörerna om de kan maximera sin vinst. Med tanke på de enskilda förutsättningarna inom Norra Skogsägarna och dess entreprenörer skulle en mer ingående studie av de enskilda entreprenörernas system kunna ge en mer rättvisande bild. Med ett ökat intresse för skogens energi finns potential för ökade priser på trädbränslen och därmed ökade priser på GROT. En effektivisering av varje led i processen från grenar och toppar till värme kan medföra ökade vinstmarginaler för skogsägare, entreprenörer och skogsbolag och därmed öka intresset för sortimentet och möjliggöra ett större uttag.

Slutsatser

- Huggbil med containersystem är det i praktiken billigaste maskinsystemet för sönderdelning och transport av GROT vid avlägg under Norra Skogsägarnas förutsättningar.
- Kostnadsskillnaden mellan modell och praktik varierar i denna studie mellan 45-69 SEK/m³f för de olika maskinsystemen vid 45 km transportavstånd.
- Kostnaden för transport och flisning vid avlägg ökade med ökat transportavstånd i samtliga fall utom för Willibald kross och dumper med containersystem som i praktiken minskade kostnaderna med ett ökat transportavstånd.
- Upp till 40 km transportavstånd är Skotarburen flishugg och skopbil det enligt modell billigaste systemet.

Referenslista

Andersson, G. 2008. *Kalkyler som beslutsunderlag*. Upplaga 6:1. Lund: Studentlitteratur

Andersson, R. 2011. *Tidsstudie av Containerhuggbil*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. (Arbetsrapport, 2011:342)

Andersson, T. 2010. *TOMO link mounted lorry chipper*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. (Arbetsrapport, 2010:282)

Athanassiadis, D., Melin, Y., Lundström, A. & Nordfjell, T. 2009. *Marginalkostnader för skörd av grot och stubbar från föryngringsavverkning i Sverige*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. (Arbetsrapport, 2009:261)

Bergström, D., Di Fulvio, F., Kons, K. & Nordfjell, T. 2011. *Skörd av övergrov salix med skogsbrukets maskiner*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. (Arbetsrapport, 2011:334)

Bergström, D., Ulvcrona, T., Nordfjell, T., Egnell, G. & Lundmark, T. 2010. *Skörd av skogsbränsle i förstagallringar*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning (Arbetsrapport 2010:281)

Brunberg, T. 2011. *Skogsbränsle: sortiment, metoder och kostnader 2010*. Gävle: Skogforsk. (Resultat/Skogforsk, 2011:8)

Edman, T. 2009. *Buntning av grot med lastbilsmonterad utrustning*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. (Arbetsrapport, 2009:251)

Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, C. 2011. *Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar*. Uppsala: Skogforsk (Arbetsrapport/Skogforsk, 2011:749).

Eliasson, L & Picchi, G. 2010a. *Huggbilar med lastväxlare och containrar*. Uppsala: Skogforsk. (Arbetsrapport/Skogforsk, 2010:715)

Eliasson, L & Picchi, G. 2010b. *Huggbil med containersystem - ett flexibelt alternativ för flisning vid väg*. Uppsala: Skogforsk. (Resultat/Skogforsk, 2010:19)

Energimyndigheten 2010. *Långsiktsprogno 2010*. Eskilstuna

Energimyndigheten. 2011a. Hemsida. *Bränsleprogrammet* [online] (2011-04-11)
Tillgänglig:
<http://energimyndigheten.se/Forskning/Bransleforskning/Bransleprogrammet/> [2012-03-27]

- Energimyndigheten. 2011b. Hemsida. *Bränsleprogrammen* [online] (2011-07-11)
Tillgänglig: <http://energimyndigheten.se/Forskning/Bransleforskning/Bransleprogrammen/>
[2012-03-27]
- Engblom, G. 2007. *Systemanalys av skogsbränsletransporter*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. (Arbetsrapport 2007:175)
- Glöde, D. 2000. *Grot och gagnvirkesskördaren*. Uppsala: Skogforsk. (Resultat/Skogforsk nr 2000:9)
- v Hofsten, H., Lundström, H., Nordén, B. & Thor, M., 2006. *Systemanalys för uttag av skogsbränsle – en verktyg för fortsatt utveckling*. Uppsala: Skogforsk. (Resultat/Skogforsk, 2006:06)
- v Hofsten, H. 2010. *Effektivare transporter om stubbarna krossas på avlägg*. Uppsala: Skogforsk (Resultat/Skogforsk, 2010:2)
- V Hofsten, H. 2009. *FLIS Användarhandledning*. Skogforsk
- Jobber, D. & Fahy, J. 2009. *Foundations of marketing*. 3 ed. London: Mc Graw-Hill Higher Education
- de Jong, J. & Lönnberg, L. (Red.) 2010. *Konsekvenser av skogsbränsleuttag. En syntes av Energimyndighetens forskningsprogram inom Skogsbränsle och Miljö 2005 – 2009*. ER xxx. Energimyndigheten. Eskilstuna.
- Karlsson, D. (2010) *Prestation vid sönderdelning av GROT med olika typer av maskiner*. Umeå. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. (Arbetsrapport 2010:290)
- Kärhä, K 2010. *Industrial supply chains and production machinery of forest chips in Finland*. I: Richardson, R. Björheden, R. Popescu, O. (Red.) *Biomass and bioenergy*. Vol. 35, Utgåva 8. s.3404-3413
- Liss, J-E. 2001. *Trädbränslen från skogen - Teknik för skörd*. Garpenberg: Högskolan Dalarna (Arbetsdokument, 2001:1)
- Liss, J-E. 2005. *Okvistade långa toppar - en ny metod för uttag av skogsbränsle från slutavverkning*. Garpenberg: Högskolan Dalarna (Arbetsdokument, 2005:1)
- Liss, J-E. 2006. *Nytt fordon för transport av bränsleflis Slutrapport (STEM-projekt 22127-1)*. Garpenberg: Högskolan Dalarna (Arbetsdokument, 2006:5)
- Löfgren, A. 2004. *En jämförelse av tre system för uttag av grot efter slutavverkning*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknologi. (Studentuppsatser, 2004:74)
- Matisons, M. *Lagring, sönderdelning och vägtransport samt miljöaspekter!* Forskare, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå Föreläsning 2011-11-15.
- Norden, B & Eliasson, L. 2009. *En jämförelse av ett Hugglunksystem med en*

traktormonterad flishugg vid flisning på avlägg. Uppsala: Skogsforsk. (Arbetsrapport/Skogforsk, 2009:693).

Norra Skogsägarna 2011. *Bioenergiårdar: Slutrapport delprojekt Skog.* Umeå.

Olsson, Ulf E. (Red.) 2011. *Kalkylering för produkter och investeringar.* Upplaga 4:1. Lund: Studentlitteratur

Riksskogstaxeringen. 2012. Hemsida. *Statistik om skog från riksskogstaxeringen* [online] (2012-03-28) Tillgänglig: <http://www.slu.se/sv/webbtjanster-miljoanalys/statistik-om-skog/avverkning/avverkning-tabeller/> [2012-04-02]

Skogforsk. 2010. Hemsida. *Värmevärde och sortomvandlare för skogsbränsle* [online] (2010-10-21) Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Rakna-med-skogsbransle/Varmevarde-och-sortomvandlare-for-skogsbransle/> [2012-04-03]

Skogforsk. 2011. Hemsida. *Skogsencyklopedin* [online] (2011-02-18) Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt/templates/Skogsencyklopedin.aspx?id=22808&epslanguage=sv&parentid=11239> [2012-04-12]

Skogsstyrelsen, 2008. *Skogliga konsekvensanalyser 2008. SKA-VB 08. Rapport 25.* <http://shop.textalk.se/shop/9098/art66/4646166-79b6f0-1812.pdf>

Tahvanainen, T., Anttila, P. 2010. *Supply chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland.* Richardson, R. Björheden, R. Popescu, O. (Red.) *Biomass and bioenergy.* Vol. 35, Utgåva 8. s.3360-3375

Thorsén, Å. & Björheden, R. (Red.) 2010. *Skogen- En växande energikälla.* Uppsala: Skogforsk. s. 22-31, 66-75.

Personlig kommunikation

Forsman, Mikael. Norra Skogsägarna, Umeå. Personligt möte 2012-03-09

Jonsson, Jonas. Markplanering AB, Örnsköldsvik. Telefonsamtal 2012-03-22

Jonsson, Patrik. Norra Skogsägarna, Umeå. Personligt möte 2012-02-13

Bilder

BooForssjö Energi. 2012. Hemsida. *Från träindustrierna* [online] Tillgänglig: http://www.booforssjoenergi.se/trabranslen/skogsindustriprod/fran_traindustri/ [2012-04-03]

Norra Skogsägarna 2012. Hemsida. *Biobränsle* [online] Tillgänglig: <http://www.norra.se/templates/Page.aspx?id=407> [2012-04-03]

SkogForsk - Kunskap Direkt. 2010. Hemsida. *Skogsbränsleresurser i Sverige- med potential att öka* [online] (2010-12-13) Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Energi-fran-skog/Potential-att-ok> [2012-03-27]

Bilaga 1

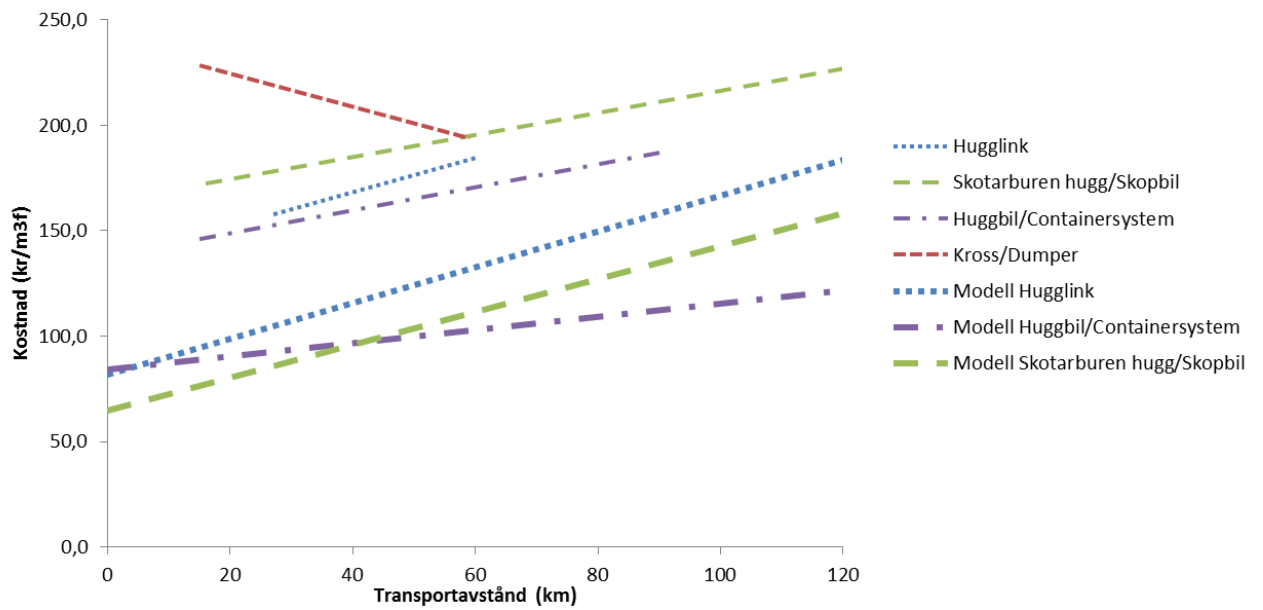
Maskinsystem	Hugglink		Skotarburen hugg & Skopbil		Huggbil med containersystem	
	Hugglink	Flisbil	Skotarburen hugg	Skopbil	Lastbilsburen hugg	Containerbil
Systemkomponenter						
Fasta maskinkostnader						
Investering, kr	3 500 000	2 500 000	5 050 000	2 900 000	5 812 500	4 334 000
Avskrivningstid, år	7	7	7	7	7	7
Kalkylränta, %	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Restvärde, kr	525 000	375 000	757 500	435 000	871 875	650 100
Skatt, kr/år	0	40 000	0	40 000	0	83 748
Försäkring, kr/år	20 000	42 000	15 000	42 000	20 000	120 000
Övriga fasta kostnader, kr/år	0	68 000	0	39 500	0	64 000
Amorteringsfaktor	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176
Σ Kapitalkostnad, kr/år	552 369	394 549	796 990	457 677	917 327	683 991
Σ Fasta maskinkostnader kr/år	572 369	544 549	811 990	579 177	937 327	951 739
Maskinutnyttjande						
Maskindagar per år	215	215	215	215	215	215
Antal maskinskift	2	2	2	2	2	4
U-timmar/skift	8	8	8	8	8	8
TU, G ₁₅ /U-tid	0,3	1	0,9	1	0,82	1
Ställtid, tim/flytt	1	1	3	0	1	0
Antal maskinflyttar per år	100	100	100	100	100	100
U-timmar per år	3 440	3 440	3 440	3 440	3 440	6 880
G15-h/år	968	3 370	2 796	3 440	2 771	6 880
Personalkostnader						
Typ av förare		Lastbil	Skogsmaskin	Lastbil	Lastbil	Lastbil
Personalkostnad/pers & år	0	420 269	545 278	420 269	420 269	420 269
Σ personalkostnader, kr/år	0	840 539	1 090 556	840 539	840 539	1 681 078
Rörliga maskinkostnader						
Diesel ex. moms, kr/l	12	12	12	12	12	12
Smörj- & hydraulolja, kr/l	39	39	39	39	39	39
Dieselförbr, l/G15-h	39		32,1		39	
Dieselförbr landsväg, l/mil	0	5,2	0	5,2	0	4,7
Dieselförbr, lastning l/tim	0	4	0	7	0	7
Dieselförbr, lossn, l/tim	0	4	0	4	0	7
Oljor, l/G15-h	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Rep o Underhåll, kr/G15-h	160	20,91	189	26,04	150	12,7
Förbrukningsmaterial kr/TTv	0,2		0,5		0,2	
Flyttkostnad, kr/gång	1 500		2 500		1 500	
Övriga rörliga kostnader, kr/G15-h	70	12,26	20	15,27	40	8,42

Körsträcka, mil/år		8 965		11 396		10 378	
Bränslekostnad väg, kr/år		559 387		711 130		585 300	
Bränslekostnad lastn, kr/år		63 120		72 683		154 973	
Bränslekostnad lossn, kr/år		13 502		13 169		156 587	
Bränslekostnad, kr/år	452 790	636 009	1 076 348	796 983	1 296 734	896 860	
Oljekostnad, kr/år	1 887	6 572	5 452	6 708	5 403	13 416	
Rep, Underhåll inkl. förb.mtrl.	156 843	70 461	544 432	89 575	420 998	0	
Övrigt, kr/år	67 725	41 326	55 920	52 537	110 832	57 907	
Flyttkostnad, kr/år	150 000	0	250 000	0	150 000	0	
Σ Driftskostnader, kr/år	829 245	754 368	1 932 152	945 803	1 983 968	968 183	
Total kostnad, kr/år	1 401 614	2 139 457	3 834 697	2 365 519	3 761 834	3 601 000	
	kr/U-tim	407	622	1 115	688	1 094	523
	Kr/G15-h	1 449	635	1 371	688	1 358	523

Prestationer

Lastningstid, min		77,6		41		96
Lossning, min		16,6		13		97
Väntan, min		0		0,6		57
Körhast, m/min (km/h)		50		50		50
Enkel väg, m (km)		45		45		45
Lastkapacitet, TTv		16,7		18,3		40
Prestation, TTv/G15-h	10,6		11,4		9,7	
Vändatid, G ₁₅ -h	0	3,4	0	2,7	0	6
Prestation, TTv/G15-h	11	4,9	11,4	6,7	10	6,7
Prestation, TTv/år	10 217	16 584	31 975	23 173	26 891	46 123
Totalt kr/TTv per komponent	137,2	129	119,9	102,1	139,9	78,1
Totalt kr/TTv per system		266,2		222		218
Totalt kr/m³f per system		119,9		100,0		98,2

Bilaga 2



Figur 6. Fakturerad kostnad (tunnare linjer) och Modellerad kostnad (tjockare linjer) för flisning och transport (kr/m³f) relaterat till transportavstånd (km).

Figure 6. Invoiced cost (thinner lines) and Modeled cost (thicker lines) for chipping and transport (kr/m³f) related to transport distance (km).