

Utbyte av massaved och biobränsle i några typbestånd av Contorta

Yield of pulpwood and bioenergy in different stands of lodgepole pine



Irina Kero

I denna rapport redovisas ett examensarbete utförd vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by supervisors, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

Innehållsförteckning

	sid
Sammanfattning	4
Summary	5
Inledning	7
<i>Contortatall</i>	7
<i>Introduktion i Sverige</i>	7
<i>Skillnader mellan Contortatall och tall</i>	8
<i>Beståndsbehandling</i>	8
<i>Syfte</i>	9
Material och metoder	9
<i>Försökslokaler</i>	9
<i>Bestämning av stamvolym och biomassa</i>	11
<i>Energiinnehåll i skogsbränsle</i>	12
<i>Kostnader och intäkter vid olika gallringsformer</i>	12
Resultat och diskussion	13
<i>Volym och biomassa</i>	13
<i>Uttag av biomassa</i>	17
<i>Teknik och ekonomiskt resultat</i>	17
Slutsats	18
Referenser	19
<i>Skriftliga referenser</i>	19
<i>Muntliga referenser</i>	20
<i>Internet referenser</i>	20

Sammanfattning

På Sveaskogs marker finns ca 60 000 ha contortaskog varav ca 32 000 hektar av dessa finns i Norrbotten. Stora arealer av dessa skogar börjar växa in i gallringsmogen ålder men den praktiska erfarenheten av beståndsbehandling är fortfarande liten.

Syftet med denna studie är att beskriva ett antal typbestånd av contorta i Norrbotten med avseende på stamvolym och totalbiomassa och om det finns beståndskaraktärer som gör bestånden mer lämpliga att skörda som massaved i första gallring, eller om man ska tillämpa trädavverkning. Studien skall även ge en indikation på om uttag av biobränsle kan vara ett ekonomiskt intressant alternativ för Sveaskog.

Contortabestånden som studerats var av varierande kvalitet, från mycket fina contorta-bestånd till riktigt risiga bestånd för att spegla variationen som återfinns i verkligheten. Fem träd valdes ut i varje bestånd och dessa fick representera lokalen för bestämning av stamvolym och biomassans olika fraktioner och dess storlek uttryckt i kg torrsvikt per hektar.

Det fanns ett starkt samband mellan uppmätt stamvolym och stammens torrsvikt vilket tyder på att stammens densitet inte varierar mellan de olika lokalerna. Sambandet mellan stamvolym och brösthöjdsdiameter varierade något mellan de olika försökslokalerna. Resultaten tyder på att kronans vikt är densamma för träd med samma diametrar medan stammens vikt i förhållande till diametern varierar mellan lokalerna. Förklaringen tycks ligga i att stamformen varierade mellan lokalerna. Av den anledningen blev merskörden som kunde uppnås vid trädavverkning jämfört med att bara tillvarata stamveden olika mellan de olika lokalerna 61-85%.

Beräkningarna som är gjorda tyder på att ett energiuttag kan löna sig bättre i första gallring av contorta än konventionellt uttag av massaved. Kalkylexemplet visar dock på att det är viktigt att karaktärisera bestånden med avseende på såväl möjlig skörd av stamved som totalbiomassa för energiändamål innan åtgärdsbeslut fattas. Med de förutsättningar som angetts i denna studie verkar ett energiveds uttag i form av trädavverkning kunna ge ett betydligt bättre resultat än konventionell gallring. För ett säkrare beslutstöd behöver dock biomassa-funktioner utvecklas för contorta och empiriska data från olika typer av avverkning i contortabestånd måste omsättas i nya kostnadsfunktioner.

Summary

The aim of this study is to describe a number of type stands of lodge pole pine in Norrbotten with respect on stem volume and total biomass. Further questions to answer is if there is stand characteristics that make the stands more suitable for pulpwood in early thinning, or if it is better to apply whole tree harvest. The study shall also give an indication if bio energy can be an economical interesting alternative for Sveaskog.

Sampled trees represented the variation in the different stands. Five trees were selected from each stand to represent that stand. Stem volume and biomass (kg dry weight (DW) per hectare) for each fraction was calculated. In total 20 trees were sampled for destructive above ground biomass estimation. The study was done in Morjärv, in the province of Norrbotten, Northern Sweden.

It was concluded, that there is a strong connection between stem volume and dry weight (DW), which interpret that stem density does not vary between the different stands. There was a small variation between stem volume and diameter in breast height (DBH) between the different stands. The results interpret that the weight of the crown is the same for trees with the same diameter, while the stem weight in relation to diameter vary between stands. The explanation seems to be that the stem forms vary between stands. For that reason, the additional harvest that could be achieved by whole tree harvest compared to traditional harvest varied between 61-85%.

It is clear, that the pattern of allocation vary in different types of lodge pole pine stands. This study indicates that whole tree harvest for bio fuel energy could be more profitable in early thinning. Further, existing volume functions for lodge pole pine seems to work well to estimate stem volume. For estimating different fractions from lodge pole pine, more work need to be done to develop biomass functions for this tree species.

Förord

Detta arbete har utförts som ett examensarbete om 20 poäng i huvudämnet skogshushållning vid institutionen för skogens ekologi och skötsel på Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå tillsammans med Vindelns försökspark i Vindelns. Detta var på uppdrag av Sveaskog i Kalix.

Fältarbetet har utförts under hösten 2005 och det har bearbetats och färdigställts under vårterminen 2006.

Jag vill tacka alla som hjälpt mig under arbetets gång. Ett särskilt stort tack till världens bästa handledare, Tomas Lundmark.

Examinator: Urban Bergsten

Handledare: Tomas Lundmark, Vindelns försökspark
Kristina Ahnlund Ulvcrona, Vindelns försökspark

Övriga: Björn Winsa, Sveaskog i Kalix
Hans Winsa, Sveaskog i Kalix
Eva-Lisa Lindvall, Sveaskog i Kalix
Ida Manfredsson, Vindelns försökspark

Inledning

Contortatall

Contortatallen (*Pinus contorta*) härstammar från västra Nordamerika och förekommer inom ett stort utbredningsområde i nord-sydlig riktning från norra Mexiko till mellersta Yukon (Wheeler & Critchfield 1985). Det är delvis ett bergs- och kustträd och huvudförekomsten arealmässigt ligger i British Columbia och Yukon. Det finns ingen annan tallart som har så stor tolerans mot nivåskillnader som contortatallen. Den växer från havsnivå till 3900 m höjd över havet och har en anmärkningsvärd förmåga att kunna leva under varierande ståndorts- och klimatförhållanden (Hagner 1992, Wheeler & Critchfield 1985). Contortatallen är anpassad till brandstörning och kottar kan innehålla vitala frön under många år för att öppnas i samband med den hetta som skapas av en skogsbrand (Lotan & Perry 1983).

På grund av contortans förmåga att växa i en mängd olika miljöer så har den provats som trädslag i en rad olika länder, bland annat på Island (Sigurgeirsson 1988), i Danmark (Larsen 1980), i Finland (Weissenberg 1972) och på Nya Zeeland (Miller & Ecroyd 1987). Contortatallen förekommer i huvudsak i tre underarter:

- *Pinus contorta* (var. *contorta*), kustformen som förekommer längs Stilla havskusten
- *Pinus contorta* (var. *murrayana*), sydliga inlandsformen som bl.a. finns i Sierra Nevada
- *Pinus contorta* (var. *latifolia*), nordliga inlandsformen. Det är framför allt denna varietet som förekommer i svenska planteringar.

Introduktion i Sverige

Runt 1970 var oron stor i skogsverige för en framtida virkessvacka. Den snabbväxande contortan bedömdes vara ett alternativ för att fylla den befarade virkessvackan som förväntades uppkomma i början av 2000-talet (Hagner & Fahlroth 1974). Contortatallen hade planterats i Sverige tidigare men endast i liten skala. Nu blev målet att producera massaved med ett trädslag som hade kort omloppstid. Från början var avsikten att inrikta sig på ett gallringsfritt skötselprogram inriktat enbart mot produktion av massaved men det visade sig snart att tillväxten var uthålligare än vad man förutsett vilket ledde till att intresset för contortatall som sågtimmer ökade (Skogsstyrelsen 1992). Det var två företag och deras skogsvårdschefer som ledde introduktionsarbetet, Roland Nellbeck från AB Iggesundsbbruk och Stig Hagner från SCA. Man hade tidigare endast anlagt mindre bestånd i försökssyfte (Elfving et al 2001). Det var framförallt bolagsskogsbruket som planterade contorta under det första årtiondet och toppåret kom 1984 då man planterade närmare 40 000 ha i Sverige (Ek 1999).

Med stöd av resultaten från de första planteringarna kunde man konstatera att frön från British Columbia och Yukon hade det bästa resultatet och att en 2-5° nordlig förflyttning visade sig vara optimalt till skillnad från svensk tall som sydförflyttas. Skillnaden förklarades med att riktigt tuffa klimatförhållanden fanns på lägre latituder i British Columbia än i Sverige. Man etablerade tidigt kontakter med företag som skulle trygga den utländska frökällan för framtida behov. Det uppmärksammades dock i slutet av åttiotalet att många contortaplanteringar hade problem med svampskador (*Gremmeniella abietina*). Svampens angrepp var ofta mer omfattande på contorta än på den inhemska tallen vilket troligtvis berodde på den introducerade artens sämre anpassning till det skandinaviska klimatet (Karlman 1987). Det infördes därefter hårdare restriktioner från Skogsstyrelsen för plantering av contorta och den tillåtna arealen maximerades till 14000 hektar per år (Elfving et al 2001). För en mer fullständig redovisning av contortans introduktion i Sverige och de bakomliggande resonemangen hänvisas till Elfving et al 2001 och Hagner 2005.

Riksskogstaxeringen har uppskattat den planterade arealen till 540 000 hektar år 1992 (Elfving et al 2001). Idag närmar sig den sammanlagda planterade och sådda arealen med contorta 600 000 hektar i Sverige (www.forestindustries.se).

Skillnader mellan Contortatall och tall

Contorta skiljer sig från tall på många sätt och i Skogsstyrelsens contortautredning anges att contortatalen har större viktandel i barrmassan och mindre i stödjande vävnader (stam och rötter) än vår inhemska tall (Skogsstyrelsen 1992). Detta gör att contortan generellt sett är mer känslig för vind- och snöskador än tall (Norgren & Elfving 1995, Rosvall 1994). Dessutom, oberoende av trädslag, ökar risken för vind- och snöskador med beståndshöjden och med uttagsstyrkan i gallring. Förutom skillnaden i allokeringmönster mellan tall och contorta finns det fler hypoteser om varför planterad contortatall har sämre stabilitet än planterad tall, eftersom naturligt föryngrad eller sådd contorta inte har samma problem med stabiliteten som den planterade (Rosvall 1992). Ibland förklaras en del av problemen med contortans dåliga stabilitet på plantbehållarna eller själva planteringen snarare än trädslaget.

Genom att bilda en stor toppknopp skapar contortan goda förutsättningar för en snabb höjdtillväxt jämfört med den inhemska tallen (Rosvall 1992). Contorta har både en snabbare skott- och barrtillväxt än tallen och skillnaden är störst tidigt under säsongen vilket sannolikt bidrar till den högre biomassaproduktionen (Norgren & Elfving 1995). Produktionsmässigt är contortan således överlägsen den svenska tallen. Försök har visat att contortatalen växer betydligt snabbare och producerar drygt 30 % mer stamvolym än den inhemska tallen på jämförbara marker (Elfving 1996, Elfving 2002). Contortatalen är kapabel att växa på många olika typer av ståndorter och visar ofta större förmåga till god och snabb etablering än vanlig svensk tall (Elfving et al 2001).

Älgen i Sverige tycks föredra tall före contorta men det motsatta verkar gälla för sorken. Contortan har en god förmåga att reparera skador vilket även detta tyder på en god vitalitet hos trädslaget (Holmberg 2001).

Beståndsbehandling

De äldsta mer omfattade planteringarna från 1970-talet är nu så långt komna att de närmar sig första gallring. Det är stora arealer av varierande kvalitet. Dubbeltopp och lutande/liggande träd är en syn som förekommer i contortabestånd men det finns också bestånd som visar exempel på god stamform och hög produktion.

Den framtida användningen av virket är också en fråga som blir alltmer aktuell. Contorta har liknande vedegenskaper som tall, något lägre veddensitet men högre andel kärnved än tall (Norgren & Elfving 1995). Virkets användbarhet har visat sig vara större än man tidigare antagit. Att virket bland annat kan sågas har lett till ökat intresse för gallring eftersom det bidrar till grövre dimensioner och högre kvalitet vid slutavverkning. Den senaste tidens stora ökning av intresset för bioenergi har visat på ytterligare ett användningsområde för contorta som inte förutsågs när trädslaget introducerades i landet.

Stora arealer contorta närmar sig nu gallringsmogen ålder men den praktiska erfarenheten av beståndsbehandling är fortfarande liten. Det har antagits att contortans stabilitetsproblem innebär att det är extra viktigt att contortan gallras i tid och inte för hårt eftersom gallringen medför en period med nedsatt stabilitet (Norgren & Elfving 1995, Rosvall 1994). Försök har visat en del praktiska problem med kraftiga och sega kvistar i de bestånd som börjat gallras (Torung 2001).

Syfte

På Sveaskogs marker finns ca 60000 ha skogsmark där det dominerande trädslaget är contorta. En stor del av dessa arealer finns i Norrbotten, cirka 32000 ha. Syftet med detta arbete är att beskriva ett antal typbestånd av contorta i Norrbotten med avseende på stamvolym och fördelning av totalbiomassa ovan jord på olika fraktioner, för att utreda om det finns beståndskaraktärer som gör bestånden lämpliga att skörda som massaved i första gallring eller om man ska tillämpa trädavverkning för bioenergisård. Studien skall även ge en indikation på om uttag av biobränsle kan vara ett ekonomiskt intressant alternativ för Sveaskog.

Material och metoder

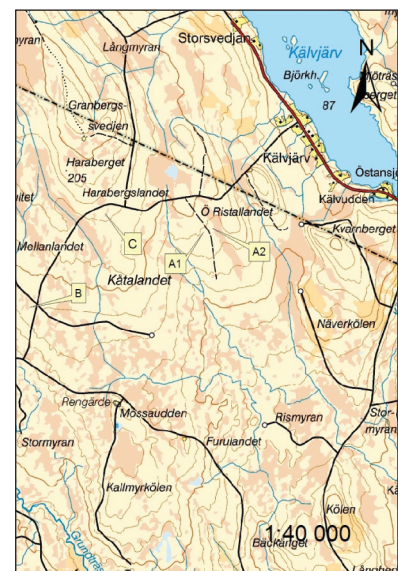
Försökslokaler

De områden som valts ut i denna studie hämtades från Sveaskogs traktbank efter samråd med Eva-Lisa Lindvall, Sveaskog i Kalix. Contortabestånden låg geografiskt samlade och hade en beståndsålder mellan 25–30 år.

Som stöd för fältarbetet gjordes en fältkarta och en detaljkarta för objekten. Till kartmaterialet lades även beståndsinformation som höjd över havet, läge med x- och y-koordinater, ståndortsindex, uppgifter om beståndets storlek, ytstruktur och lutning, breddgrad, jordart och markfuktighet. Utrustning som användes under fältarbetets gång var höjdmätare, rickleåband, relaskop, såg, sekator, metspö, bockar, våg, baljor, klave och GPS. Utrustningen tillhandahölls av Sveaskog och SLU, Vindelns försökspark. Fältarbetet utfördes under oktober 2005.

Bestånden ligger cirka två mil norr om Morjärv efter Risbergsvägen (se intilliggande karta och Tabell 1). Klavningsav bestånden gjordes för att få en diameterfördelning på de olika lokalerna (Figur 1). Cirkelytor lades ut slumpvis i den del av beståndet där övriga mätningar gjordes. Cirka 100 träd i varje bestånd blev inklavade med varierande antal cirkelytor beroende på täthet. I samband med klavningshöjdmättes ett antal provträd för att fastställa ett diameter/höjd-samband som nyttjades för bestämning av beståndens aritmetiska medelhöjd.

Markvegetationen var frisk ristyp och jordarten sandig-moig till sandig morän. Boniteten i bestånden var T18-T19. Contortabestånden var planterade mellan åren 1977–1979 med täckrotsplantor av Paperpot och proveniensens Rusty Creek (Lindvall E-L, muntl.).

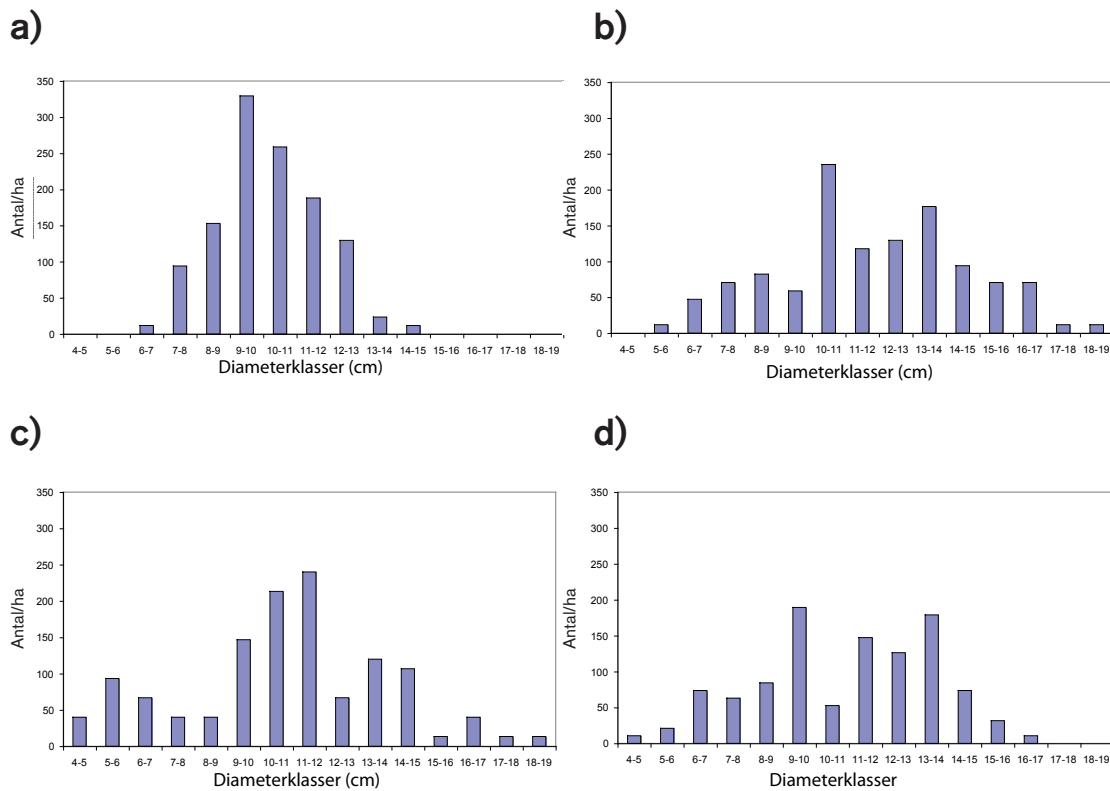


Tabell 1. Sammanfattade data över bestånden enligt Sveaskogs register och gjorda fältmätningar.

Lokal	Mb-metod	Ålder (år)	Areal (ha)	Höj (m)	Stamantal per ha	Grundyta m ² /ha	Medelhöjd (m)
A1	Harvad	25	128,1	135	1200	9,77	8,4
A2	Plöjd	25	128,1	135	1188	13,63	9,1
B	Harvad	24	52,7	130	1214	14,27	7,2
C	Plöjd	22	40,7	170	1053	9,98	7,4

Bestånden valdes så att de hade varierande kvalitet från fina contortabestånd till riktigt risiga bestånd med riklig förekomst av sprötkvist för att spegla den variation som återfinns i verkligheten.

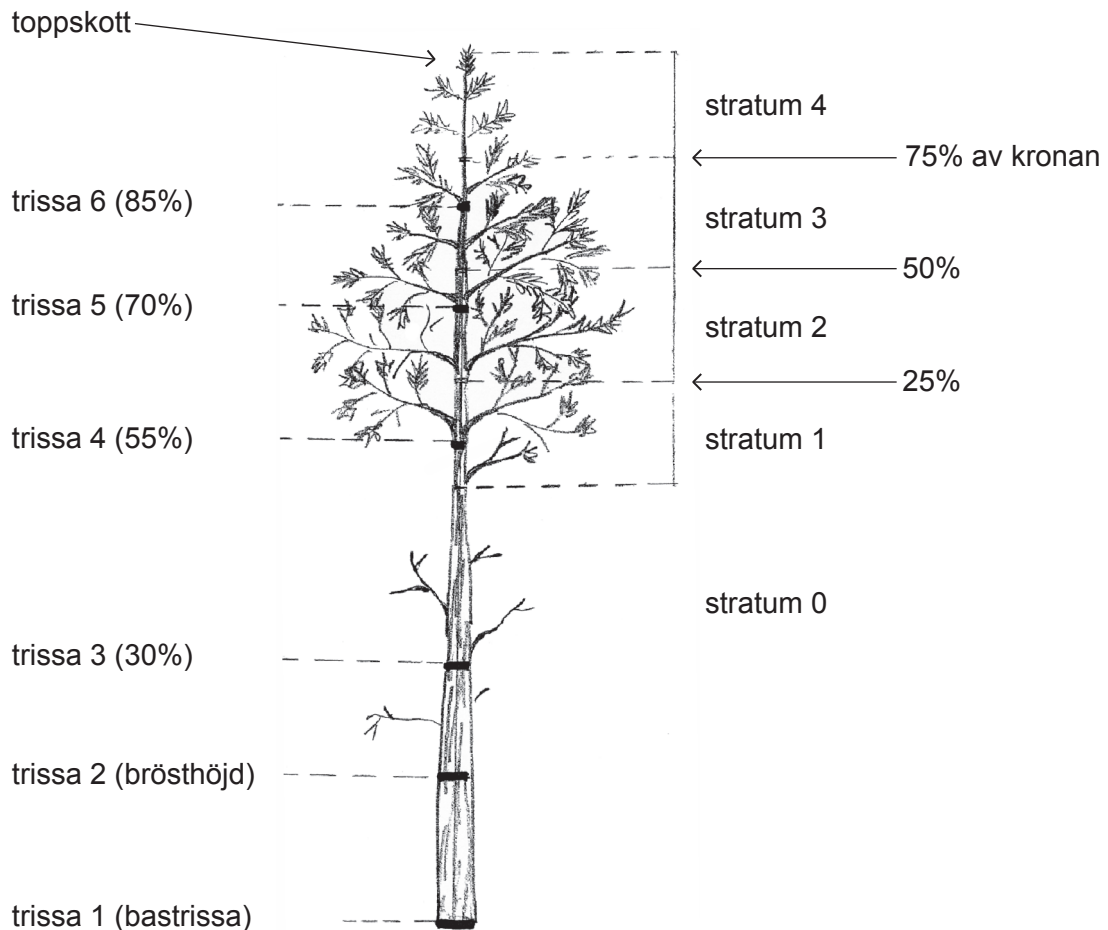
Bestånd (A1) & (A2) var de bestånd som enligt den okulära besiktningen var finast. Ena sidan av vägen hade harvad mark (A1) och den andra hade plöjd mark (A2). Bestånd (B) var ett mellanbestånd som enligt den okulära besiktningen hade mer barrmassa och grövre kvistar. Bestånd (C) var det mest "risiga" beståndet och hade enligt den okulära besiktningen betydligt mer barrmassa och grova grenar än de två övriga bestånden. Här förekom även stammar av med dubbeltopp, toppbrott, sprötkvist, liggande och döda träd.



Figur 1. Diameterfördelning på de fyra försökslokalerna: a) lokal A1 harvad mark b) lokal A2 plöjd mark, c) lokal B och d) lokal C. För övriga beståndsdata se Tabell 1.

Bestämning av stamvolym och biomassa

Fem träd valdes ut i varje bestånd, två härskande träd, två medelträd och ett litet träd. Dessa provträd fick representera lokalen för bestämning av stamvolym och biomassans olika fraktioner och deras storlek uttryckt i kg torrsvikt per hektar. Biomassaprovtagningen gick till på följande sätt:



Figur 2. Schematisk bild över hur ett provträd stratifierades i fält. Dessutom korsklavades trädet på varje meter ovan stubbskåret för sektionskubering.

Stammar som skulle provtas valdes ut subjektivt och norr på trädet märktes ut. Därefter knöts ett snitselband vid brösthöjd. Sedan klipptes alla torra kvistar bort upp till första levande gren. En död kvist plockades slumpmässigt ur högen av döda kvistar. Kvisten vägdes och paketerades, resterande av de döda kvistarna vägdes och lämnades i skogen. Sedan sågades trädet ner. Därefter lades trädet upp på bockar längs ett huggarband. Topp-skottets längd och längden på fjolårsskottet mättes. Därefter räknades stratumgränser ut som märktes ut med snitselband. Från varje stratum valdes en levande gren som vägdes och paketerades i påsar för vidare torkning. Resten av de levande kvistarna för varje stratum vägdes och lämnas i skogen. Alla torrkvistar per stratum vägdes och lämnas kvar.

Träden sektionskuberades för att fastställa stammens volym ovan stubben inklusive topp och bark. I varje stratumgräns togs en stamtrissa som vägdes, korsklavades och paketerades. Sedan vägdes stamdelarna som lämnades kvar i skogen.

Provgrenar och stamtrissor torkades på laboratorium. Torkskåpens temperatur reglerades till 85° enligt standard. Grenproverna torkades i 24 timmar. Därefter separerades barren från grenaxlarna. Barr och grenar märkta med trädnummer lades i olika former. Därefter torkades proverna ytterligare 24 timmar. Tiden antecknades då proverna stoppades in och togs ut ur torkskåpet. Sedan vägdes barren och grenarna var för sig. Trissor hade längre torkningstid beroende på trissans storlek och vikt. Torkning av trissor pågick till dess att viktförändringen under 12 timmar var mindre än 1 %.

Energiinnehåll i skogsbränsle

Grenar och barr har högre energiinnehåll än själva stammen. Torrt trä har ett energiinnehåll på 5.28 MWh/ton TS medan till exempel träddelar av gran har ett något högre värde, 5.37 MWh/ton TS (kalorimetriskt värmevärde) (Rhén 2004, 1 % aska). Beroende på ett skogsbränslesortiments fukthalt kan betalningsförmågan minska något då många köpare räknar fram ett energiinnehåll som tar hänsyn till såväl askahalt som fukthalt. Med ökande fukthalt minskar den nyttiggjorda energin enligt formeln:

$$h_{\text{net}} = \left[h_{\text{eff}} * \frac{100 - A}{100} * \left(1 - \frac{F}{100} \right) - 2,44 * \frac{F}{100} \right] * \frac{1}{3,6} \text{ M W h / ton}$$

Formel för beräkning av energiinnehållet som MWh/ton råvikt. h_{net} står för nyttiggjord energi (MWh/ton TS), h_{eff} står för kalorimetriskt värmevärde för träddelar, A betyder askahalt i procent och F betyder fukthalt i procent.

Enligt formeln minskar energiinnehållet från det torra träets 5.28 till 2.30 MWh/råton om fukthalten sätts till 50 %.

Kostnader och intäkter vid olika gallringsformer

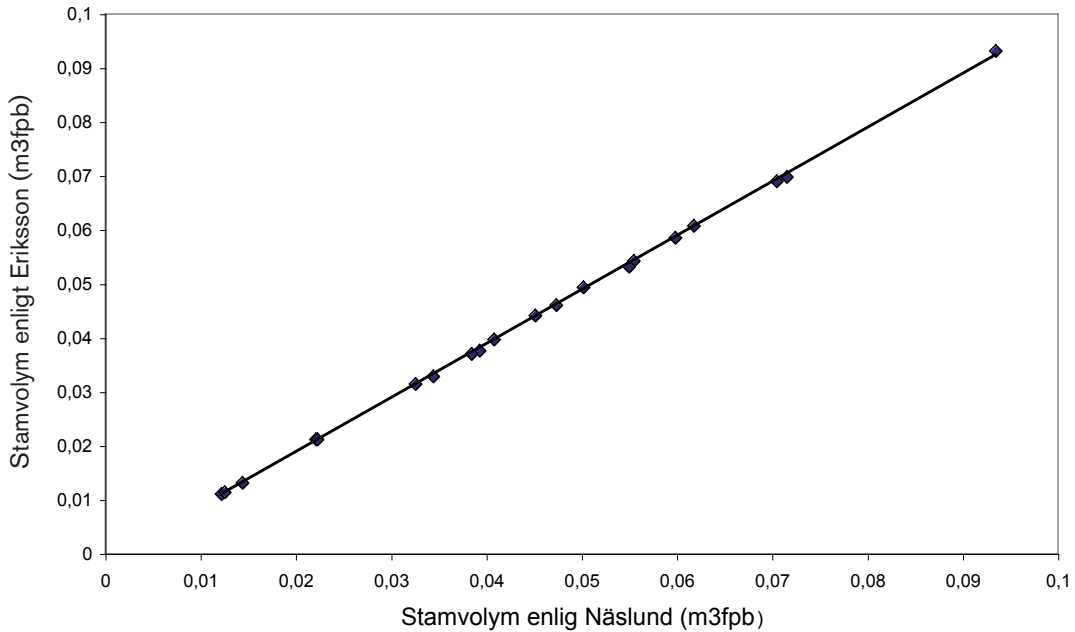
Det saknas i stort sett empiriska data som anger prestationen för avverkning och terrängtransport i olika typer av gallring av contortabestånd. Dessutom har de bestånd som ingår i studien knappast uppnått volymer som normalt krävs för att det ska vara ekonomiskt försvarbart att gallra. För att indikera utfall i konventionell gallring respektive trädavverkning när bestånden nått ca 11 m höjd har några antagande om produktionskostnader och intäkter gjorts med stöd av litteraturdata (Brunberg et al 1997, 2004 och 2005) och en rundringning bland de bolag som har erfarenhet av gallring i contorta. Produktionen i konventionell gallring har skattats till 7 m³f/tim för en skördare och 12 m³f/tim för en skotare (med ett terrängtransportavstånd på 300m). Timkostnaden för skotaren har satts till 650 kr/tim och för skördaren till 850 kr/tim vilket innebär att den totala drivningskostnaden beräknats till 850/7 + 650/12 = 175 kr/m³f. Intäkten för massaved har satts till 240 kr/m³f varför drivningsnettot blir 65 kr per m³f.

Det har varit ändå svårare att hitta tillförlitliga data och motsvarande produktionsnorm för trädavverkning. I en studie av Skogforsk gällande trädgallring (Brunberg 1987) finns dock bestånd med liknande medelstamsvolym som i de lokaler som studerats i de refererade arbetena ovan, varför dessa resultat har använts som en jämförelse. Med antagandet att resultaten är överförbara till denna studie om hänsyn tas till att lastvikten kan bli något lägre för contorta (grenarnas seghet och stammens krokighet) skulle kostnaden för trädavverkning uppgå till 180 kr/m³f omräknat till fastkubikmeter. För att uppdatera kostnaden till dagens prisnivå har priset justerats till 190 kr/m³f. Intäkten för energived har satts till 130 kr/MWh fritt bilväg.

Resultat och diskussion

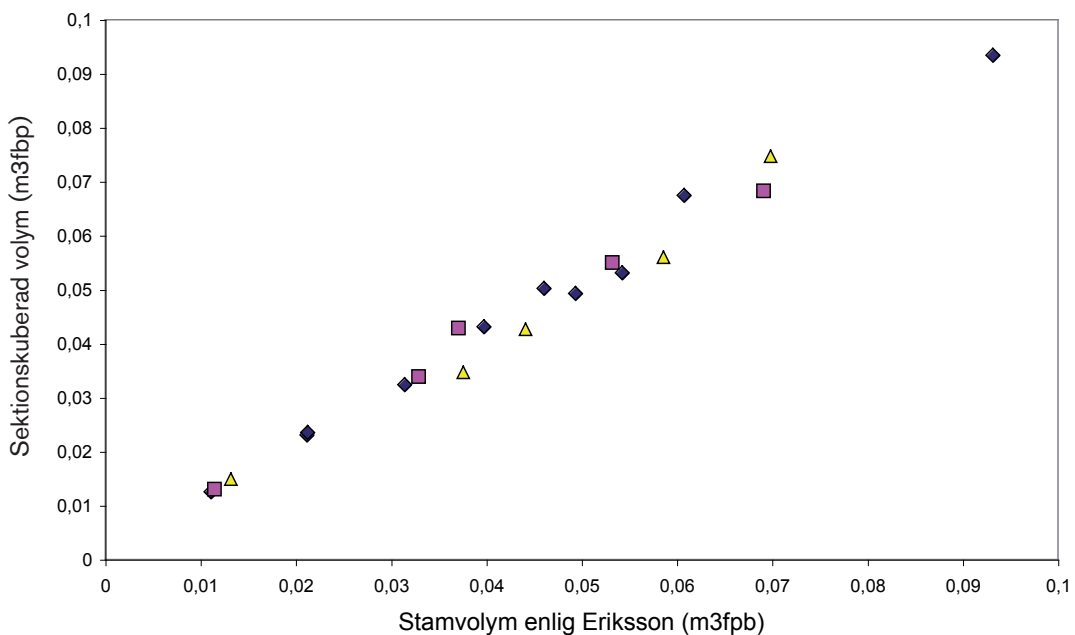
Volym och biomassa

För contorta i Europa finns totalt 5 volymfunktioner publicerade (Zianis et al 2005) varav tre avser svenska studier (Eriksson 1973). En jämförelse mellan Näslunds funktioner för bestämning av stamvolym hos tall och Eriksson contortafunktioner visar att skillnaden i skattad stamvolym på bark är överraskande liten (Figur 3).



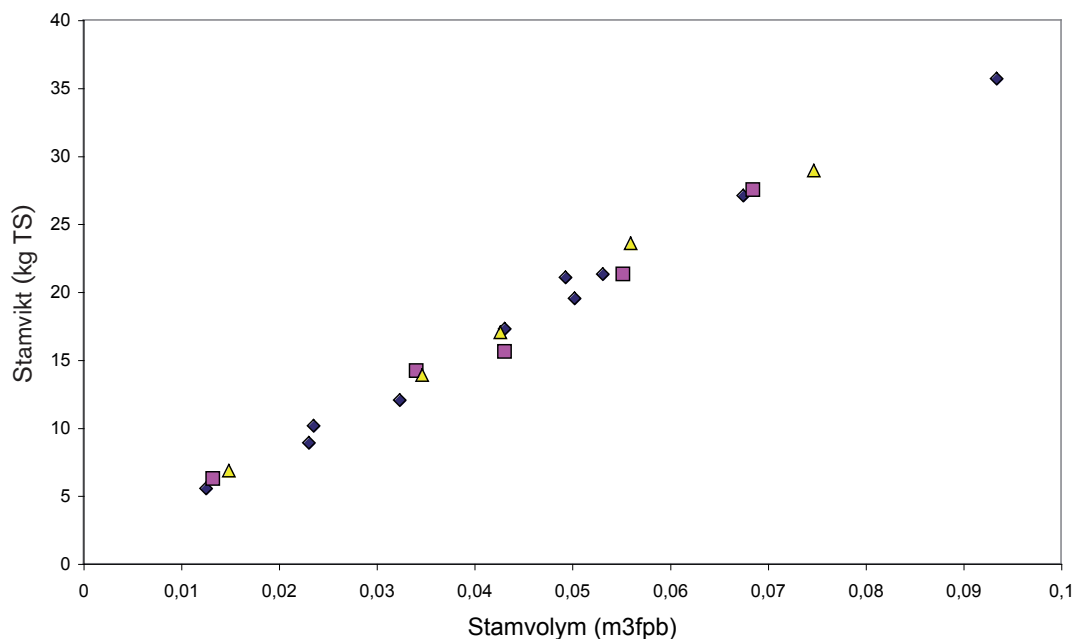
Figur 3. Sambandet mellan stamvolymen enligt Erikssons volymfunktion för contorta (m^3fjb) och stamvolymen enligt Näslunds volymfunktion för tall (m^3fjb). Regression är $y = 1,0016x - 0,0013$.

I detta arbete har totalt 20 träd sektionsskuberats förutom att höjd och diameter mätts. En jämförelse mellan sektionsskuberade volymer och skattade volymer med hjälp av Erikssons funktioner visar att materialet från Norrbotten är relativt lika om Erikssons funktioner används (Figur 4). Det innebär att de funktioner som finns för contorta i Sverige syns vara fullt användbara i Norrbotten.

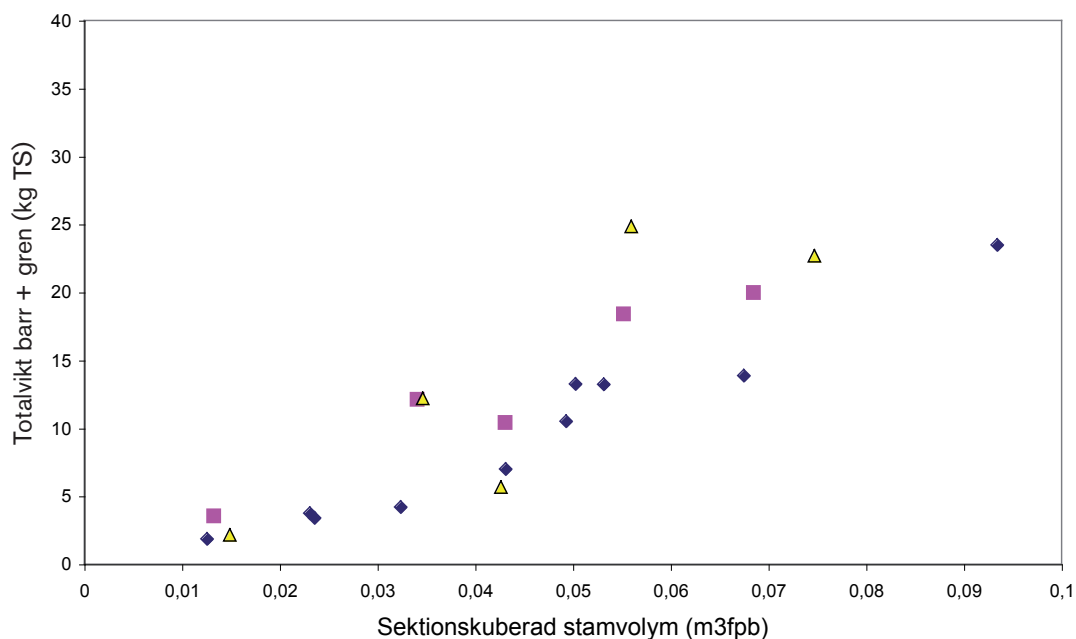


Figur 4. Sambandet mellan den sektionsskuberade stamvolymen (m^3fjb) och volymfunktionen för contorta enligt Eriksson (m^3fjb). Lokal A (blå romb) finaste beståndet, Lokal B (violett fyrkant) mellan beståndet och Lokal C (gul triangel) risigaste beståndet. Regression är $y = 0,9925x + 0,0018$.

Det finns också 6 publicerade funktioner för att skatta olika biomassafraktioner hos contorta som växer under europeiska förhållanden (Zianis et al 2005), ingen av dessa bygger dock på svenskt material. Denna studie visade ett starkt samband mellan uppmätt stamvolym och stammens torrsvikt, vilket tyder på att stammens densitet inte varierade mellan de olika försökslokalerna (Figur 5). Densiteten ligger i nivå med vad som är normalt för svensk tall (Ahlkvist pers. komm.). Däremot varierade den uppmätta vikten av biomassafraktionerna, barr plus grenar, något mer i relation till stamvolymen (Figur 6).



Figur 5. Sambandet mellan stammens torrsvikt (kg TS) och sektionkuberade volym (m^3 fpb) på de olika lokalerna. Lokal A (blå romb), Lokal B (violett fyrkant), Lokal C (gul triangel). Torrdensiteten för träden varierade mellan 364-479 kg/m^3 fpb.



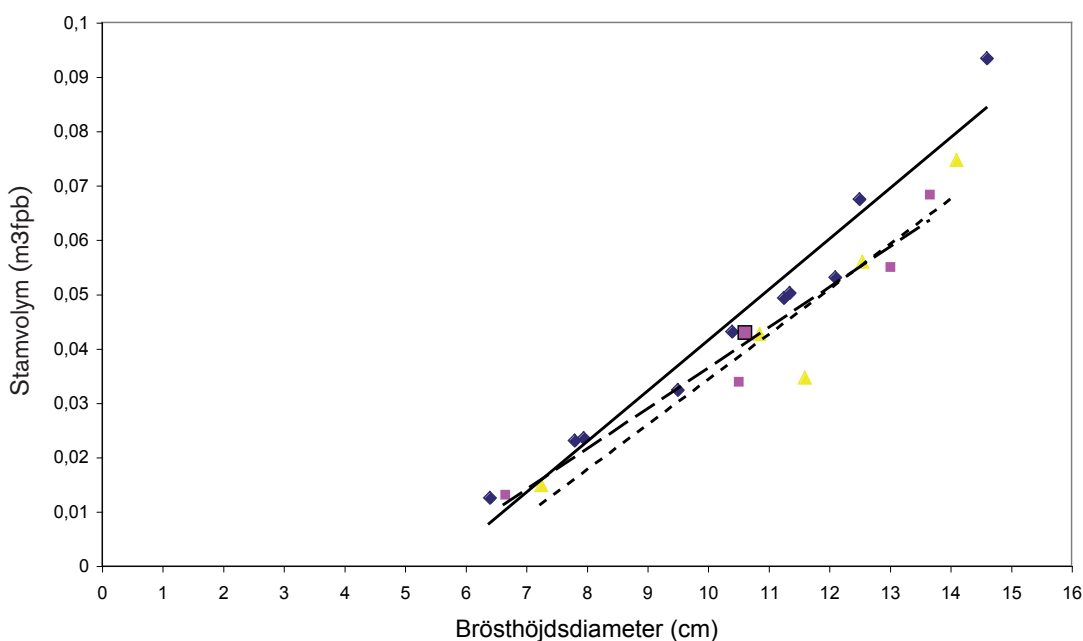
Figur 6. Sambandet mellan totalvikten för barr och grenar (kg TS) och den sektionkuberade stamvolymen (m^3 fpb) på de olika lokalerna. Lokal A (blå romb), Lokal B (violett fyrkant), Lokal C (gul triangel).

Med en enkel linjär regression på det insamlade och analyserade materialet skapades lokala volym- och biomassafunktioner, för att med stöd av diameterfördelningar och stamantal beskriva stående stamvolym och totalbiomassa på de olika försökslokalerna (Tabell 2). Den högsta volymen och totalbiomassan fanns på den plöjda delen av lokal A (A2). Lokal A var också den lokal som vid en visuell bedömning gav intrycket av att ha minst krokiga stammar och gav ett mindre risigt intryck än övriga lokaler (se Material & Metoder).

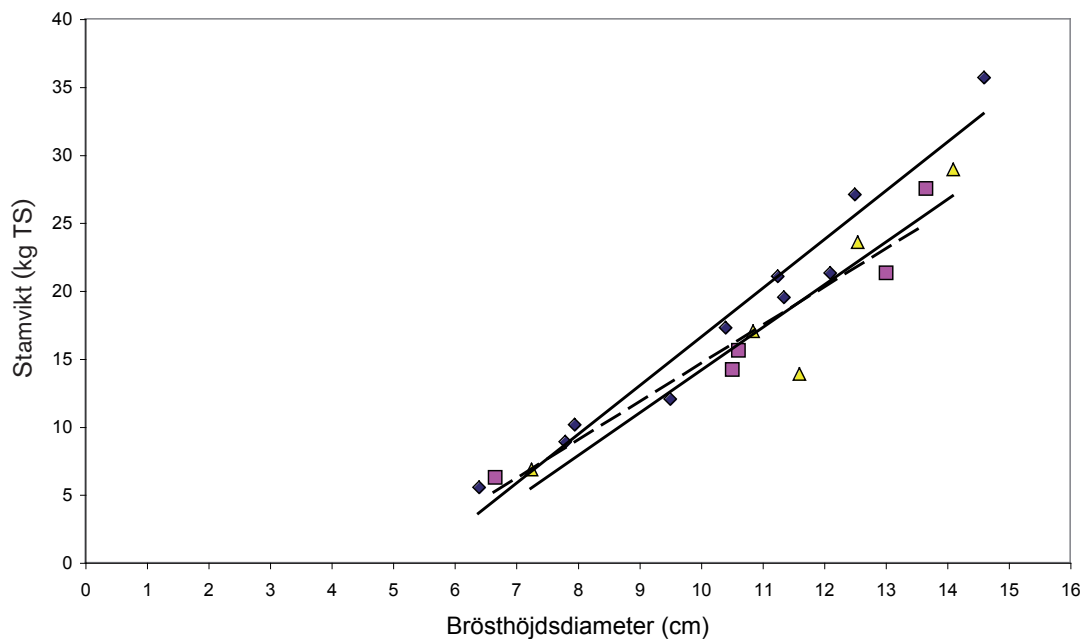
Tabell 2. Volym ($m^3\text{fpb}$) och biomassa (kg TS) per hektar på de olika försökslokalerna samt beräknad ökning i procent om hela trädet skördas (träddelsavverkning) jämfört med konventionell gallring. Samtliga värden har viktats mot diameterfördelningen på respektive lokal.

Lokal	Volym/ha ($m^3\text{fpb}$)	Stamvikt (kg TS/ha)	Totalbiomassa (ton TS/ha)	Merskörd vid träddelsavverkning
A1	49,1	20	32	64 %
A2	71,8	28	46	61 %
B	53,3	21	39	85 %
C	44,0	18	33	81 %

En mer noggrann analys av data visade att sambandet mellan stamvolym och brösthöjdsdiameterarna varierade något mellan de olika försökslokalerna (Figur 7). Vid samma diameter för de grövre träden var stammens volym något högre för den plöjda/harvade lokalen (A) än övriga lokaler (B & C). Samma förhållande erhöles om diametern jämfördes med stammens torrsvikt (Figur 8).

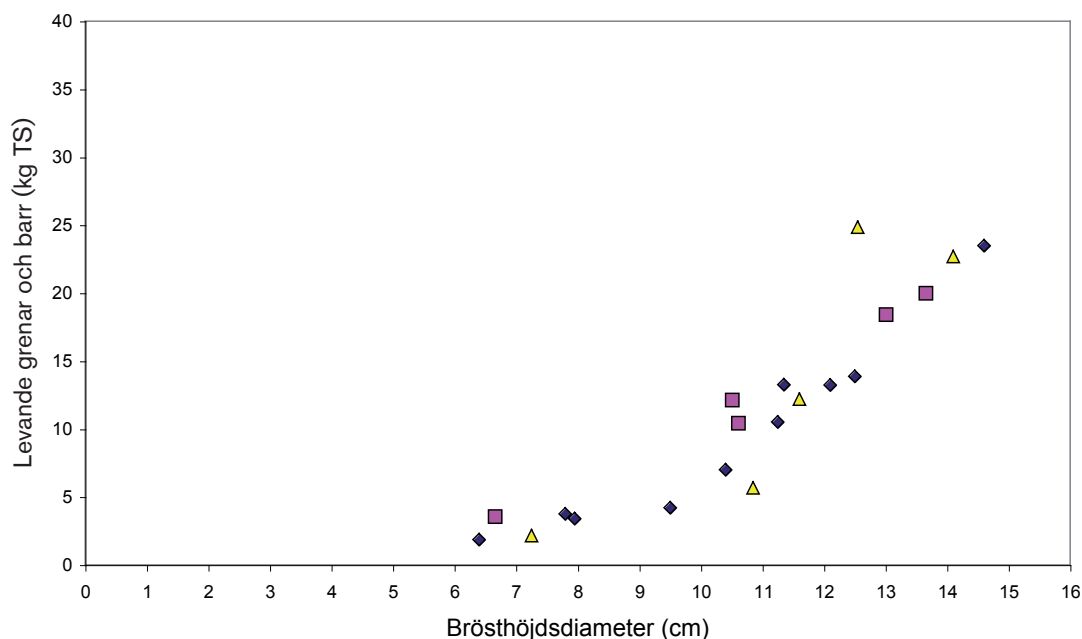


Figur 7. Sambandet mellan den sektionskuberade stamvolymen ($m^3\text{fpb}$) och brösthöjdsdiameter (cm) för de olika lokalerna. Lokal A (blå romb) regression $y = 0,0093x - 0,0521$, Lokal B (violett fyrkant) regression $y = 0,0075x - 0,0383$, Lokal C (gul triangel) regression $y = 0,0083x - 0,0491$.

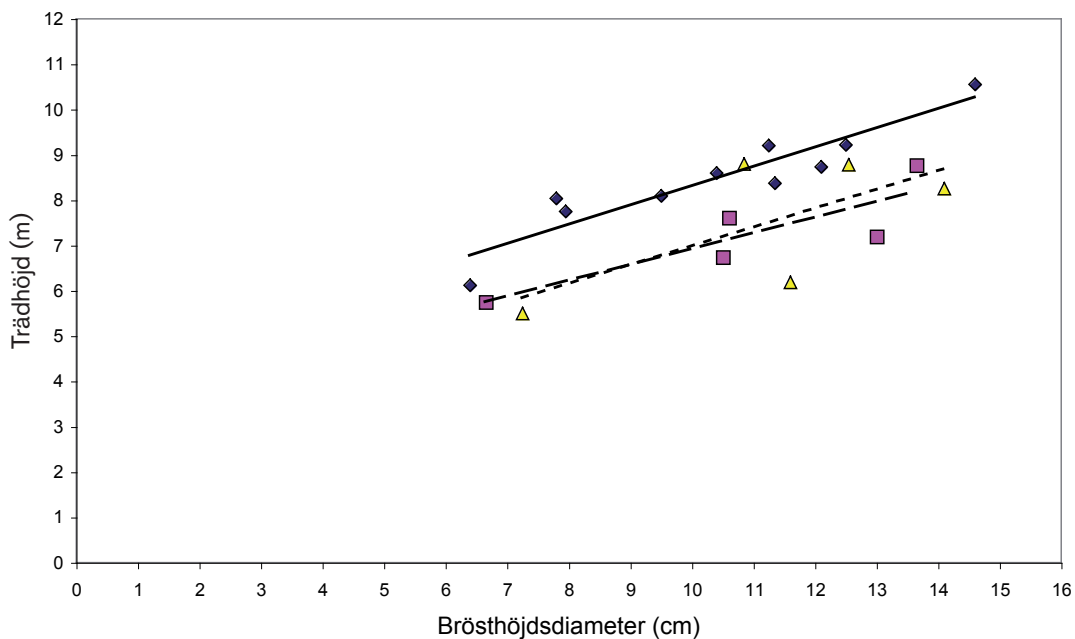


Figur 8. Sambandet mellan stamvikt (kg TS) och brösthöjdsdiameter (cm). Lokal A (blå romb) regression $y=3,5835x - 19,358$ ($R^2=0,9562$), Lokal B (violett fyrkant) regression $y= 2,8129x - 13,571$ ($R^2= 0,9417$), Lokal C (gul triangel) regression $y= 3,1412x - 17,356$ ($R^2=0,8792$).

Sambandet mellan diameter och kronans vikt (grenar + barr) var inte lika tydligt för de olika lokalerna. Någon skillnad i sambandet mellan diameter och kronans vikt mellan lokalerna fanns inte (Figur 9). Resultaten tyder således på att kronans vikt verkade vara densamma för träd med samma diameter på de olika lokalerna medan stammens vikt i förhållande till diametern varierade. Förklaringen tycks ligga i att stamformen varierade mellan lokalerna och att träden på den plöjda/harvade lokalen (A) var drygt 1 m högre än på övriga lokaler (B & C) vid samma diameter (Figur 10). Detta kan också förklara det "risigare" intryck som två av bestånden gav (B och C). Det kan således noteras att merskörden vid en framtida trädavverkning blir högre för lokal B och C än för lokal A, men att det inte beror på att kronan är större vid en given diameter utan att stammen är kortare och därmed svarar för en relativt sett mindre andel av totalbiomassan.



Figur 9. Sambandet mellan levande grenar och barr (kg TS) och brösthöjdsdiameter (cm). Lokal A (blå romb), Lokal B (violett fyrkant), Lokal C (gul triangel).



Figur 10. Sambandet mellan trädhöjd (m) och brösthöjdsdiameter (cm). Lokal A (blå romb) regression $y = 0,4258x + 4,0451$, Lokal B (violett fyrkant) regression $y = 0,3481x + 3,4264$, Lokal C (gul triangel) regression $y = 0,4146x + 2,829$.

Uttag av biomassa

Volymen före en tänkt gallring varierade mellan 44–72 m³fpb per hektar (Tabell 2). Med ett 30 %-igt uttag skulle uttaget i konventionell gallring variera mellan 13–22 m³f och vid trädavverkning mellan 9,7–13,7 ton TS per hektar. För de två lokalerna A1 och B var den stående volymen före ett tänkt uttag ca 50 m³fpb på båda lokalerna. Merskörden vid uttag av trädavverkning varierade dock och som alternativ till varje uttagen kubikmeter massaved fanns en möjlighet att istället skörda 0,66 ton och 0,73 ton TS biomassa (stam, bark, grenar, barr) på lokal A1 respektive B.

Teknik och ekonomiskt resultat

Med tanke på de relativt blygsamma uttagen i exemplen ovan är prestationssiffrorna som antagits med stor sannolikhet allt för optimistiska. Det kan dock vara rimligt att anta att den eventuella överskattning av prestationen som gjorts är lika för de två avverkningssystemen konventionell gallring respektive trädavverkning. Med de övriga antaganden som angetts i Material & Metoder och med exemplet från lokalerna A1 och B kostade den konventionella gallringen ca 2625 kr per hektar för den 30 %-iga gallringsstyrkan. Intäkterna beräknas till 3600 kr varför gallringsnettot vid konventionell gallring skulle bli ca 975 kr per hektar för de två lokalerna.

För trädavverkningen är kostanden uttryckt per fastkubikmeter stamved något högre men å andra sidan skördas utöver stamveden även grenar, barr och topp. Trädavverkningen i detta försök kostade ca 2850 kr per hektar. Intäkterna beräknas utifrån torrvikterna men med antagandet att fukthalten är ca 50 %. Den nyttiggjorda energin som betalas för uppgår då till ca 2,3 MWh/råton (kalorimetriskt värmevärde) (Rhén 2004, 1 % aska). Intäkterna skulle då uppgå till ca 5920 kr respektive 6550 kr per hektar för lokal A1 och B varför gallringsnettot vid trädavverkning skulle variera mellan ca 3070 kr och 3700 kr per hektar. För att det ekonomiska utfallet i detta exempel ska bli jämförbart med konventionell gallring måste energipriset sänkas till 84 kr/MWh och 76 kr/MWh fritt bilväg för lokal A respektive lokal B.

Med de grovt förenklade antaganden som gjorts tyder beräkningarna på att ett energiuttag kan löna sig bättre i första gallring av contorta än konventionellt uttag av massaved. Det är dock mycket osäkra uppgifter, främst kostnaderna för trädavverkning, som ligger till grund för kalkylen. Med tanke på att tekniken för trädavverkning inte varit föremål för särskilt omfattande teknikutveckling sedan 1980-talet och med stöd av simuleringar (Bergsten et al, 2006) finns det egentligen ingen anledning att förmoda att betydande produktivitetshöjningar kan uppnås i ett framtida trädskoncept. Vidare kan den omvittnade segheten i contortans kvist försvåra kvistningsarbetet vilket kan vara till nackdel för ett koncept med massaveduttag men de sega kvistarna kan också fördyra transporten av träddelar. Fukthalten i trädelsortimentet påverkar intäkten. Om träddelarna torkar i skogen så att fukthalten sjunker från 50 % som använts i detta exempel ner till 40 % ökar värdet som energi med 25 % (se formel i Material & Metoder).

Kalkylexemplet ovan visar att det är viktigt att karaktärisera bestånden med avseende på såväl möjlig skörd av stamved som totalbiomassa för energiändamål innan åtgärdsbeslut fattas. Studien har till exempel visat att på två lokaler med samma stående stamvolym kan den skördade mängden biomassa för energiändamål skilja mer än 10% beroende på skillnader i trädens allokeringmönster.

Slutsats

Existerande volymfunktioner för contorta tycks ge en bra skattning av stamvolymen.

Det verkar finnas betydande skillnader i allokeringmönster mellan olika typbestånd av contorta. Detta är av stor betydelse då det också innebär att den merskörd som kan erhållas vid trädavverkning jämfört med konventionell gallring kan variera med minst 10 % enligt de resultat som uppmäts i denna studie.

Med de kalkylförutsättningar som angetts i denna studie verkar ett energivedsuttag i form av trädavverkning kunna ge ett betydligt bättre ekonomiskt resultat än konventionell gallring. För ett säkrare beslutsstöd behöver dock biomassafunktioner utvecklas för contorta och empiriska data från olika typer av avverkning i contortabestånd måste omsättas i nya kostnadsfunktioner.

Referenser

Skriftliga referenser

Bergsten, U., Nordfjell, T., Bergström, D and Lundmark, T. 2006 Harvesting techniques for young forest stands with high biomass: Productivity of simulated corridor thinning. Submitted manuscript.

Brunberg, T. 2005, Ökade skogsbrukskostnader 2004, Skogforsk 2005:13.

Brunberg, T, Granlund, P, Nordén, B, 2004, Bränslemätningar för skotare och skördare, Arbetsrapport från Skogforsk 2004:583.

Brunberg, T. 1987, Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring, Redogörelse från Skogforsk, 1997:8.

Ek, B, 1999, Så undviks contortans faror, Tidningen Skogen, 1999:8, sid16-17.

Elfving, B, 1996, Förbands- och gallringsförsök med contorta, mätdata från 1992-1995, Arbetsrapport nr 110, Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet Umeå.

Elfving, B, Arbetsrapport 2002:177, Institutionen för Skogsskötsel, SLU, 2002.

Elfving, B, Ericsson, T & Rosvall, O, 2001, The introduktion lodgepole pine for wood production in Sweden – a review, Department of Silviculture, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, 2001.

Eriksson, H, 1973, Volymfunktioner för stående träd av ask, asp, klipbal och contortatall, Institutionen för skogsproduktion, Skogshögskolan, Stockholm, Rapporter och uppsatser 1973:26.

Hagner, S, 2005, Skog i förändring – Vägen mot ett rationellt och hållbart skogsbruk i Norrland ca 1940-1990, KSLA, Skogs- och Lantbrukshistoriska meddelanden nr 34.

Hagner, S, 1992, Contortatallen – en nykomling i svenskt skogsbruk, I: Skogsbrukets tekniska utveckling under 100 år – skrifter om skogs- och lantbrukshistoria, sid 79-86, TBR AB, Stockholm, 1992.

Hagner, S & Fahlroth, S, 1974, Om contortatallen och dess odlingsförutsättningar i Norrland, Sveriges skogsvårdsförbunds Tidskrift, 4:477-528.

Holmberg, L-E, 2001, Contortan i gallringsåldern – klarar den det?, Skogseko 2001:3, sid 19-21.

Karlman, M, 1987, Dags att omvärdera contortan i kärvt klimat, Skogen 9:87.

Larsen, J.B, 1980, Older provenance trials with Pinus contorta in Denmark. In: Pinus contorta as an Exotic Species, Proceedings of the IUFRO meeting 1980 on Pinus contorta provenances in Norway and Sweden. Research notes 30, Department of Forest Genetics, Swedish University of Agricultural Science, Garpenberg, pp.45-58.

Lotan, J.E, Perry, D.A, 1983, Ecology and Regeneration of Lodgepole Pine, Agricultural Handbook No.606. Forest Service, Department of Agriculture, Washington, DC, 51 pp.

Miller, J.T, Ecroyd, C.E, 1987, Introduced forest trees in New Zealand; recognition, role and seed source. Pinus contorta Lauden – contorta pine. New Zealand Forest Research Institute Bulletin No. 124, Part 2, 11 pp.

Norgren, O & Elfving, B, 1995, Tall eller contorta – valet mellan stabilitet och tillväxt avgör, Fakta Skog 1995:15, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 1995.

Rhén, C, 2004, Chemical composition and gross calorific value of the above-ground biomass components of young Picea abies, Scandinavian Journal of forest research, 2004, 19:1, sid.72-81.

Rosvall, O, 1994, Contortatallens stabilitet och motståndskraft mot vind och snö, Skogforsk, Redogörelse nr 2, 1994.

Rosvall, O, 1992, Föryngring med contortatall, erfarenheter av dess egenskaper vid praktisk odling, Bidrag till contortautredningen, Institutet för skogsförbättring. (Ur contortatallen i Sverige – en lägesrapport)

Skogsstyrelsen. 1992, Contortatallen i Sverige – en lägesrapport, SLU Reprocentralen, Umeå, 1992.

Sigurgeirsson, A, 1988, Stafafura á Íslandi, ástand og möguleikar (Pinus contorta Dougl. in Iceland growth, condition and potential). In: Ársrti skógráktarfélagis Íslands 1998, pp. 3-36 (summary in English).

Weissenberg, K.V, 1972, Experiences lodgepole pine in Finland. Paper presented at the meeting of the Nordic working group on provenance research and seed procurement, Varparanta, 15-19 August 1972. Suonenjoki, 73 pp.

Wheeler. N.C, Critchfield. W.B, 1985. The distribution and botanical characteristics of lodgepole pine: biogeographical and management implications. In: Baumgartner, D.M, Krebill, R.G, Arnott, J.T, Weetman, G.F, Lodgepole piine, the species and its management, Symposium proceedings, Spokane and Vancouver 1984, Washington State University, Cooperative Extension Service, Pullman, pp. 1-13.

Zianis. D, Muukkonen. P, Mäkipää. R & Mencuccini. M, 2005, Biomass and steam volume equation for tree species in Europe, The Finnish Forest Research Institute Monographs 4, 2005.

Torung. D, 2001, Contortan bättre än sitt rykte, Vi skogsägare, 2001:3.

Muntliga referenser

Eva-Lisa Lindvall, skogsskötselspecialist, Sveaskog Mobil tfn 070-696 65 58

Internet referenser

www.forestindustries.se, 07.03.27

TIDIGARE UTGIVNA NUMMER

- 2007:1 Författare: Sören Möller Pedersen.
Model of individual tree mortality for trembling aspen, lodgepole pine, hybrid spruce and subalpine fir in northwestern British Columbia.
- 2007:2 Författare: Richard Dermer.
Picea mariana ((P. Mill.) B.P.S), *P. abies* (L.), *Pinus contorta* (Dougl.) och *P. sylvestris* (L.). – En jämförelse av produktion och potentiell kvalitet hos försöksbestånd i Jämtlands län.
- 2007:3 Författare: Johan Oskarsson och Martin Busk.
Rätten till Norrland – nutida strider, historisk arena.
- 2007:4 Författare: Malin Svensson.
Vattenkvalitén i Fredstorpsbäcken – dikad bäck på fastigheten Rämningstorp i Skara kommun.
- 2007:5 Författare: Maija Kovanen.
Growth responses in Swedish boreal coniferous forests after addition of nitrogen as sewage sludge pellets.
- 2007:6 Författare: Jonas Kling
Att återställa en naturlig ordning. Skogshistoria och restaureringsbränning i Långsidbergets naturreservat
- 2007:7 Författare: Thomas Tjernell
Vindfällning, tillväxt och plantuppslag i en 13-årig granskärm i Medelpad
- 2007:8 Författare: Sofia Grape
Inverkan av nederbörd, temperatur och frost på årsringens egenskaper hos boreal tall (*Pinus sylvestris* L.)
- 2007:9 Författare: Christian Folkesson
Marktillstånd och potentiell borbrist på åkermark planterad med gran i Västerbottens län
- 2007:10 Författare: Johan Persson
Föryngringsresultat och beräknad virkesproduktion i naturligt föryngrade tallbestånd i Västerbotten under mitten av 1990-talet
- 2007:11 Författare: Elisabeth Lindström
Vad påverkar skogsägarnas naturhänsyn vid föryngringsavverkning i region Mellannorrland?
- 2007:12 Författare: Björn Erhagen
Löslighet och metylering av kvicksilver i en förorenad sjö (Åla-Lombolo) i Kiruna kommun