

## Uttag av energisortiment vid gallring av contorta, ett komplement till konventionell gallring?



**Fredrik Gardmo**

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handletts 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 the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

## Förord

Detta arbete har utförts som ett examensarbete om 20 poäng i huvudämnet skogshushållning vid institutionen för skogens ekologi och skötsel vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå. Arbetet har gjorts på uppdrag av Svenska Cellulosa Aktiebolaget (SCA) Norrbränslen i Piteå.

Fältarbetet har utförts under sommaren 2006 och bearbetats och färdigställts under höstterminen 2007.

Ett stort tack riktas till alla involverade:

Handledare: Tomas Lundmark, SLU, Vindelns försöksparker

Examinator: Urban Bergsten, SLU, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Övriga: Bertil Leijding, SCA Norrbränslen i Piteå  
Jens Axelsson, SCA Skog Medelpad  
Ida Manfredsson, SLU, Vindelns försöksparker  
Emma Sundling, SLU, Vindelns Försöksparker  
Kristina Ahnlund Ulvcrona, SLU, Vindelns försöksparker  
Nils-Göran Viklund, maskinförare SCA  
Thomas Johansson, SCA Skog, Sundsvall  
Magnus Larsson, SCA Skog, Sundsvall  
Lennart Magnusson, SCA Norrbränslen, Östersund

## Sammanfattning

Beslutsstöd för beståndsbehandling av contortatall saknas i stor utsträckning när det gäller skörd av biobränsle. Inom de närmsta årtiondena väntas 280 000 hektar contorta ha vuxit in i gallringsmogen ålder på SCA:s marker, varför intresset nu vuxit för att studera möjligheterna för skörd av energisortiment, s.k. bränsleskörd. Contortans inomträdsfördelning av biomassa har undersökts i två bestånd i Medelpad och enkla biomassafunktioner har tagits fram. Funktionerna har legat till grund för beräkning av bränsleskördens storlek vid två alternativa gallringssätt, konventionell grotanpassad gallring samt gallring med uttag av både rundvirke och långa okvistade toppar. I studien undersöktes även energiinnehållet i olika trädfraktioner för att uppskatta energiskördens storlek uttryckt i MWh/ha.

Den andel av totalbiomassan som contortan allokerar till grenar och barr är större än för tall vilket talar för att bränsleskörd kan ske redan vid första gallringstillfället. Studien visade också att ett bränslesortiment kan skördas som ett komplement till konventionellt gagnvirkesuttag i gallring. Om bränsleskörd skall bedrivas som ett komplement till uttag av konventionellt gagnvirke är uttag av långa toppar den metod av de två jämförda som bör tillämpas om både teknik och ekonomi beaktas. I studien var bränsleskörden vid uttag av långa toppar (30% gallringsstyrka) mellan 4,2 och 11,2 ton TS/ha i bestånd med ett virkesförråd på 160-300 m<sup>3</sup>sk. Skillnaden i bränsleskörd var starkt beroende av vilken apteringsgräns för massaveden som valdes och därmed längden på den okvistade topp som utgjorde bränslesortimentet. Bränsleuttaget motsvarar mellan 24 till 57 MWh/ha. Studien visade även att topparnas vikt var förhållandevis konstant oavsett trädets brösthöjdsdiameter vid en given apteringsgräns. Likaså uppgick längden på de skördade topparna till mellan 3,0 och 7,1 meter (apteringsgräns 7 resp. 9 cm) vilket innebar att de var fullt hanterbara med skotare.

Uttag av långa toppar medför att bränsleskörden sker på viss bekostnad av den klena massaveden som delvis faller in i bränslesortimentet. Bortfallet av denna volym var dock liten i relation till den betydligt större merskörden av biomassa som uppnåddes vid detta gallringssätt. För varje kubikmeter klenmassaved som ”offrades” i de långa topparna fick man tillbaka en bränslemängd motsvarande cirka tre kubikmeter energived. Contortan kan därför betraktas som ett effektivt instrument för att späda ut bränslemarknaden och därmed förhindra att massaved köps upp som energived. Med ett antaget värde på 150 kr/råton skogsbränsle och 240 kr/m<sup>3</sup>fub för massaveden gav den ekonomiska kalkylen ett positivt netto för gallring med långa toppar. Nettot var högst för apteringsgränsen 7 cm (diametergräns mellan rundvirke och lång topp) där det uppgick till 634 kr/ha respektive 328 kr/ha i de två olika försöksbestånden. Motsvarande för 9 centimeters apteringsgräns var 114 kr/ha respektive 119 kr/ha.

I praktisk tillämpning resulterar ett bränsleuttag i form av långa toppar att en ansenlig mängd grot lämnas kvar i skogen, vilket drivnings- och näringsmässigt kan vara en fördel. För att utveckla långa toppar metoden ytterligare bör gallringstekniken utvecklas och ytterligare studier göras kring contortans vertikala fördelning av stam- och grenbiomassa. Med en ny biomassafunktion som förklarar detta samband skulle en helt ny apteringsalgoritm kunna läggas in i skördardatorn. Med hänsyn till rådande sortimentspriser skulle en optimal apteringsgräns mellan konventionellt gagnvirke och lång topp kunna beräknas för varje enskilt träd.

## Summary

A recommendation for stand treatment of lodgepole pine (*Pinus contorta*) is, in a scientific point of view, lacking when it comes to harvesting for biomass energy. Within the next decades it is expected that 280 000 hectares of lodgepole pine will have reached thinning age on the domains of Svenska Cellulosa Aktiebolaget (SCA). Due to this the interest has grown rapidly for studying the possibilities of harvesting biofuel assortments already in the first thinning.

In this study the distribution of the biomass within lodgepole pine trees has been studied and taken into account for estimating the proportions of harvested assortments when using different methods of thinning. The methods studied were conventional biofuel-harvesting (with delimbed branches gathered separately from the round wood) and thinning with cutting of round wood and long tops (incl. branches/needles). Two stands in Medelpad, Sweden were the objects for the thinning study and data acquisition.

The study shows that lodgepole pine is a suitable species if biomass energy is to be produced. There is a higher amount of biomass allocated to branches and needles compared to *Pinus sylvestris*. Lodgepole pine is also a typical pioneer with rapid growth in the youth and with sustainable high production, which contributes to the possibility of using it as a source for biofuel-harvesting. If harvesting of energy is supposed to be done as a complement to the thinning of conventional timber, the long top-harvesting method is the method that should be used. Many arguments support the method, for instance the available cutting technique and the economy.

Depending of the choice of bucking limits, the fuel-harvest of long tops varied between 4.2-11.2 ton of DW per hectare in stands containing 160-300 m<sup>3</sup>sk when the 30 percent strength of thinning was applied. The amount of fuel is equivalent to 24-57 MWh per hectare. The long tops-thinning method resulted in that a small fraction of thin pulpwood fell into the fuel assortment. However, for each cubic metre thin pulpwood that was "sacrificed" as fuel, a total fuel quantity equivalent to three cubic metre of pulpwood was gained.

With an assumed price of 150 SEK per raw ton of wood fuel and 240 SEK per m<sup>3</sup> (under bark) for the pulpwood, the economic calculation showed a positive outcome for the long tops-method. The net reached a peak for the bucking pattern of 7 cm (as diameter limit between round wood and long top) at the sum of 634 SEK per hectare (328 SEK per hectare for the conventional method). Corresponding figures for 9 cm bucking pattern was 114 and 119 SEK per hectare, respectively.

The stimulus from an economic point of view, to harvest biofuel assortments in thinning, might be quite moderate. However, as the demand seems to increase on the biofuel market, the price of biofuel should increase. To improve the long top method further, the vertical distribution in individual trees of stem- and branch biomass should be known. This could give a possibility to find the optimal diameter limit, depending on actual prices, between conventional timber/pulpwood and long top for every single tree. An algorithm could probably be made to be used in the computer of the harvester.

# Innehållsförteckning

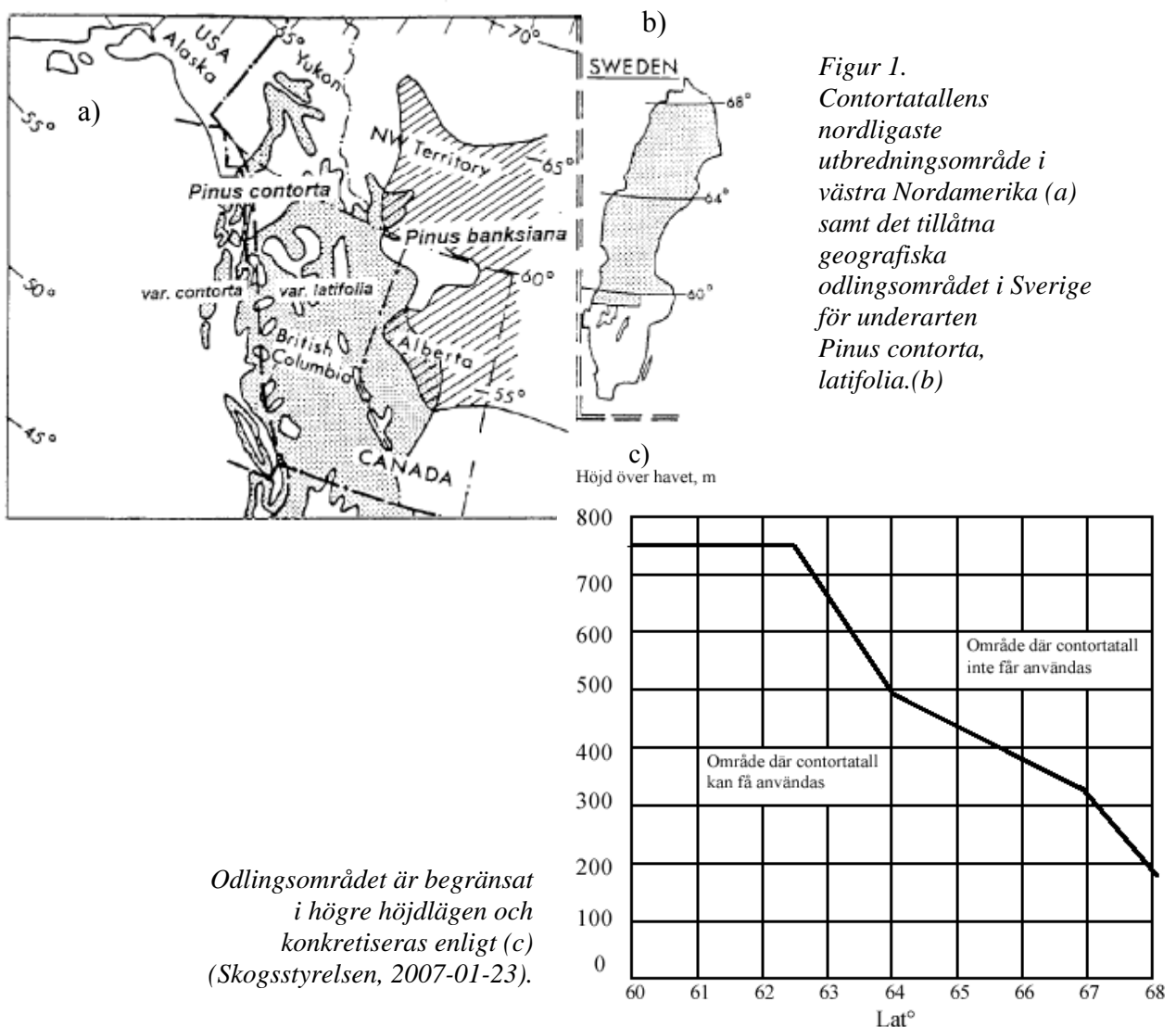
Förord.....	3
Sammanfattning .....	4
Summary .....	5
Innehållsförteckning.....	6
1. Bakgrund.....	7
1.1 Contortans härkomst och produktion i Sverige.....	7
1.1.2 Contortatallens introduktion i Sverige .....	8
1.1.3 Contortan idag.....	9
1.1.4 Olika metoder för skörd av grenar och toppar .....	10
1.2 Syfte .....	11
2. Material & Metoder.....	11
2.1 Fältdelen.....	11
2.1.1 Försökslokaler.....	11
2.1.2 Försöksdesign för biomassauppskattning.....	12
2.1.3 Uppskattning av energiinnehåll.....	14
2.2 Databearbetning .....	16
2.2.1 Trädens stamvolym .....	16
2.2.2 Trädens torrsvikt, fraktionsuppdelad .....	17
2.2.3 Beräkning av värmevärden och energiinnehåll.....	17
2.2.4 Definition av energisortimenten.....	18
3. Resultat & Diskussion.....	19
3.1 Trädens stamvolym .....	19
3.2 Densitet och allokeringsmönster .....	20
3.3 Samband mellan diameter och torrsvikt för olika fraktioner.....	21
3.4 Värmevärden & Energiinnehåll .....	26
3.5 Potentiell merskörd av biomassa.....	27
3.6 Skörd av konventionell grot eller långa toppar .....	30
3.7 Grot från contorta, substitut för massaved på energimarknaden.....	35
4. Slutsatser .....	36
5. Framtiden .....	37
7. Referenser.....	38
7.1 Litteratur.....	38
7.2 Internet .....	39
7.3 Muntliga .....	39

# 1. Bakgrund

## 1.1 Contortans härkomst och produktion i Sverige

Contortatallen härstammar från västra Nordamerika och förekommer i tre underarter:

- *Pinus contorta* (var. *contorta*), kustformen som återfinns längs Stilla havskusten
- *Pinus contorta* (var. *murrayana*), sydliga inlandsformen vilken återfinns i bland annat Sierra Nevada
- *Pinus contorta* (var. *latifolia*), norra inlandsformen och den underart som framförallt nyttjas i svenska planteringar.



Utbredningsområdet är tämligen omfattande och med sina tre underarter återfinns den ifrån norra Mexiko i söder till Yukon i norr (Wheeler and Critchfield 1985). Arten uppvisar en mycket hög tolerans och har en anmärkningsvärd förmåga att kunna leva under varierande ståndorts- och klimatförhållanden. Contortan återfinns från havsnivå upp till 3900 meters höjd och den höga toleransen har gjort att tallarten alltså är att betrakta som både ett bergs- och kustträd. Ingen annan tallart uppvisar liknande adaptionsförmåga (Hagner 1992, Wheeler and Critchfield 1985).

De äldsta försöksplanteringarna i Sverige härstammar från 1927. Erfarenheterna fram tills idag från plantering av contorta under svenska förhållanden är mycket positiva med hög plantöverlevnad och hög produktion (Norgren & Elfving 1995). Man har konstaterat att frön från British Columbia och Yukon har det bästa förnygringsresultaten och att en 2-5° nordlig förflyttning visat sig vara optimalt (Hagner 2005).

Försöken har också visat att rätt skött ger contortan virke av sågtimmerkvalitet och inte minst stora volymer massaved. Contortan producerar minst 30% mer stambiomassa än den inhemska tallen på jämförbara marker under samma tid (Elving 1996, Elfving 2002). Contortatallen är också 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).

Contortaplantan överlever plantstadiet bättre i jämförelse med den svenska tallen och har större motståndskraft mot dess vanligaste skadesvampar, t.ex. gråbarrsjuka och knäckesjuka. Genom den snabba ungdomstillväxten kommer contortan snabbare upp ur snöskiktet och klarar därför även snöskytteangrepp bättre än tallen. Contortatallen tål också frost och låga temperaturer bättre än tall från motsvarande latituder. Trädslaget betas mindre av älg men är mer begärlig för sork än tall (Norgren & Elfving 1995).

Produktionsskillnaden kan alltså delvis förklaras av trädslagets olika förmåga att motstå skador, men den största skillnaden beror på tillväxthastigheten. Contortans snabba tillväxt anses bero på att de nya barren exponeras tidigt, att barrytan är stor och fångar upp mycket ljus, att rotutvecklingen är snabb samt att trädslaget utnyttjar kvävet i marken på ett effektivt sätt (Norgren & Elfving 1995). Den snabba tillväxten innebär dock att planterade contortabestånd har lägre stabilitet än tall och i större utsträckning drabbas av vind- och snöskador. Sammantaget resulterar detta i att contortabestånden i genomsnitt håller ca 200 stammar mer per hektar än den svenska tallen vid tidpunkten för första gallring (Norgren & Elfving 1995).

### **1.1.2 Contortatallens introduktion i Sverige**

I samband med ett omfattande restaureringsarbete av den svenska skogen under 1950- och 1960-talet konstaterades att en framtida virkessvacka skulle uppkomma under 2000-talet (Hagner & Fahlroth 1974). Gjordes inget skulle man tvingas att dra ner på avverkningstakten. Man började då rikta blickarna mot trädslag med högre produktion än de inhemska trädslagen och contortan kom tidigt i fokus. Den snabba ungdomstillväxten tydde på att contortaskogarna snabbt skulle producera gagnvirke och contortan bedömdes vara ett bra alternativ för att fylla den befarade virkessvackan. I slutet på 60-talet introducerades den nya arten på bred front (Hagner 2005).

SCA med Stig Hagner i spetsen var kanske det skogsbolag i Sverige som hårdast drev införslan av contorta till landet. Introduktionen präglades tidigt av motstridigheter mellan miljöintressenter och skogsbruket. Storskogsbruket såg positivt på möjligheten att introducera en relativt lätthanterlig och högavkastande trädgröda i den i övrigt artfattiga svenska skogen. Naturvårdens förespråkare intog en negativ attityd. Samhället vacklade mellan dessa ytterligheter. Man insåg de nationalekonomiska fördelarna men tog samtidigt kritikernas ord till sig vilket bland annat resulterade i restriktioner för hur omfattande nyplanteringen av contorta fick vara (Hagner 2005). Plantering av contorta är idag begränsat till vissa delar av



landet och planterad areal bör inte uppgå till mer än 14 000 hektar per år (Skogsstyrelsen 2007).

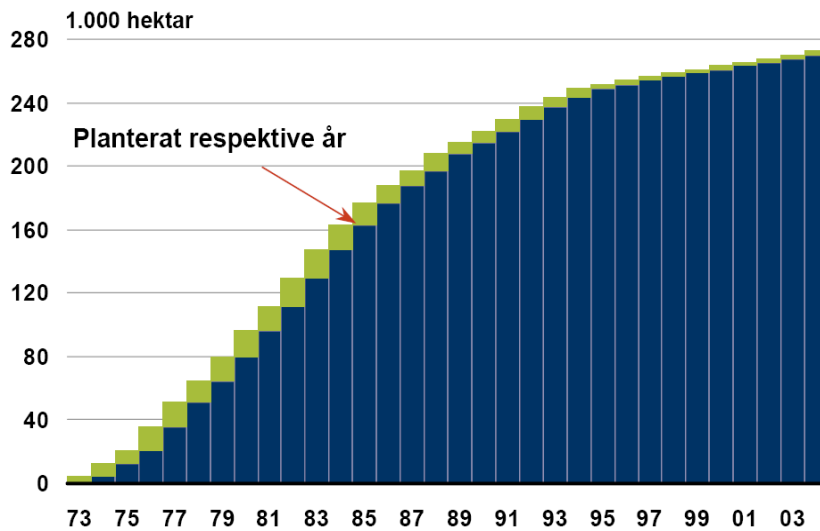
I mitten på 80-talet drabbade såväl svensk tall som contorta av svampangrepp (*Gremmeniella abietina*). På framför allt kärvare lokaler nära fjällen drabbades contortan hårt. Även den svenska tallen fick omfattande skador men dessa diskuterades inte lika livligt. När angreppen till sist ebbat ut kunde man efter en gynnsam sommar dock konstatera att contortan läkte sin sår oväntat snabbt och att nya friska årsskott kom att växa ut. Under 90-talet gjordes inventeringar där man följde upp hälsotillståndet i skogarna och man kunde konstatera att skogen slutits även där svampangreppen varit hårda (Hagner 2005). Storskogsbruket kunde andas ut.

### 1.1.3 Contortan idag

Efterfrågan på biobränsle har ökat kraftigt under senare delen av 1900-talet och ser ut att fortsätta att öka även framöver (Energimyndigheten 2005). För skogsbruket har denna efterfrågan skapat ett ”nytt” sortiment vid sidan av sågtimmer och massaved men samtidigt skärps också konkurrensen om skogsråvaran. Det är därför nödvändigt att bredda råvarubasen och ta fram fungerande system för att kunna tillfredställa såväl den växande bioenergimarknaden som den traditionella skogsindustrins behov. Contortatallen som är en ny aktör i våra skogar kan väntas bli en viktig källa för vedråvara.

Kunskapen om våra vanligaste trädslag gran och tall är rätt god medan beslutsstöd för beståndsbehandling av contorta till viss del saknas. Det har inte gällrats så mycket i contorta än varför erfarenheterna är begränsade. Samtidigt växer allt större arealer contorta in i gallringsbar ålder. De närmaste årtiondena kommer virke från 600 000 hektar contortaskogar ut på marknaden. Ett nyligen genomfört examensarbete har studerat biomassans allokering i relativt glesa contortabestånd som närmar sig tidpunkten för första gallring (Kero 2007). Studien visar att en betydande merskörd kan erhållas om träddeklar tillvaratas istället för enbart massaved. Med stigande energipriser betyder det att träddeklaravverkning eller grotskörd i kombination med konventionell avverkning kan bli aktuellt. Även i denna fråga behövs utvecklade beslutsstöd.

SCA är med sitt innehav på 280 000 hektar contorta ledande i Sverige när det gäller brukandet av tallarten (SCA 2006-11-07). Ägandeskapet i kombination med marknadens ökade efterfrågan på biobränsle har lett till att man nu vill undersöka förutsättningarna för bränsleskörd i contortagallringar och möjligheten att ta fram ett beslutsstöd för beståndsbehandling av gallringsmogen contorta där ett av målen är att skörda biobränsle.



Figur 2. SCA:s totala innehav av contorta, samt planterad areal respektive år.  
( SCA Skog 2006-11-07)

#### 1.1.4 Olika metoder för skörd av grenar och toppar

Vid tillvaratagande av grenar och toppar (grot) i slutavverkning görs vissa anpassningar av skördarens arbetsmönster. Med detta innebär att träden upparbetas och kvistas på så sätt att grenar och topp koncentreras till högar för att senare kunna uppsamlas med antingen skotare alternativt med någon form av buntare. Skörd av biobränsle vid slutavverkning medför i praktiken ett relativt stort spill som bland annat beror av årstid, grotkoncentration och trädslag. Om metoden tillämpas i gallring ökar sannolikt det relativa spillet framför allt till följd av den lägre grotkoncentrationen.

Ett intressant alternativ i gallringsskog är att man endast skördar okvistade toppar med möjlighet att anpassa apteringsgränsen för konventionellt gagnvirke så att längden på den okvistade toppen, och därmed den relativa skördeandelen av grenar varierar. I normalfallet ligger gränsen för massaved på fem centimeter. Med en apteringsgräns för massaved som överstiger 5 cm innebär att man låter en del av den klena massaveden gå med i bränslesortimentet samtidigt som toppen avsedd för bränsleuttag blir betydligt längre. Grenverk som avkvistats lämnas kvar i skogen eller läggs i högen med långa toppar.

En tidigare studie kring skogsbränsleskörd med uttag av långa toppar respektive grot vid slutavverkning visade att bränsleskörd blev något högre med långa toppar-metoden än för grotmetoden. Detta trots att det vid grotmetoden avsågs att tillvarata så stor andel av grenar och toppar som möjligt medan alla grenar och toppar från timmer och massaveden skulle kvarlämnas vid långa toppar-metoden. Spillet vid grotmetoden måste därför anses som betydande (Hörnlund och Lundmark 1999).

## 1.2 Syfte

Beslutsstöd för beståndsbehandling av contorta saknas i stor utsträckning när det gäller skörd av biobränsle. Kunskaper och erfarenheter är begränsade samtidigt som det inom de närmsta årtiondena kommer att växa in motsvarande 280 000 hektar contorta i gallringsbar ålder enbart på SCAs skogsinnehav. Syftet med examensarbetet är att:

- Studera contortans allokeringmönster av biomassa i olika delar/fraktioner av trädet vid tidpunkten för första gallring
- Bestämma energiinnehåll i olika fraktioner av trädet
- Utredda om befintliga stamvolymfunktioner för contorta är användbara
- Kvantifiera vilken merskörd som kan förväntas i SCA:s gallringsbara bestånd vid tillämpning av grotanpassad gallring alternativt gallring med uttag av långa toppar
- Utfärda enkla rekommendationer för skörd av energisortiment i samband med gallring av contorta

## 2. Material & Metoder

### 2.1 Fältdelen

#### 2.1.1 Försökslokaler

Trakter till försöken valdes ur SCA:s traktbank i samråd med Jens Axelsson, SCA Medelpad. Trakterna var föremål för gallring sommaren 2006 och därför lämpliga försökslokaler. Båda ligger i närheten av Bergforsen, norr om Sundsvall:

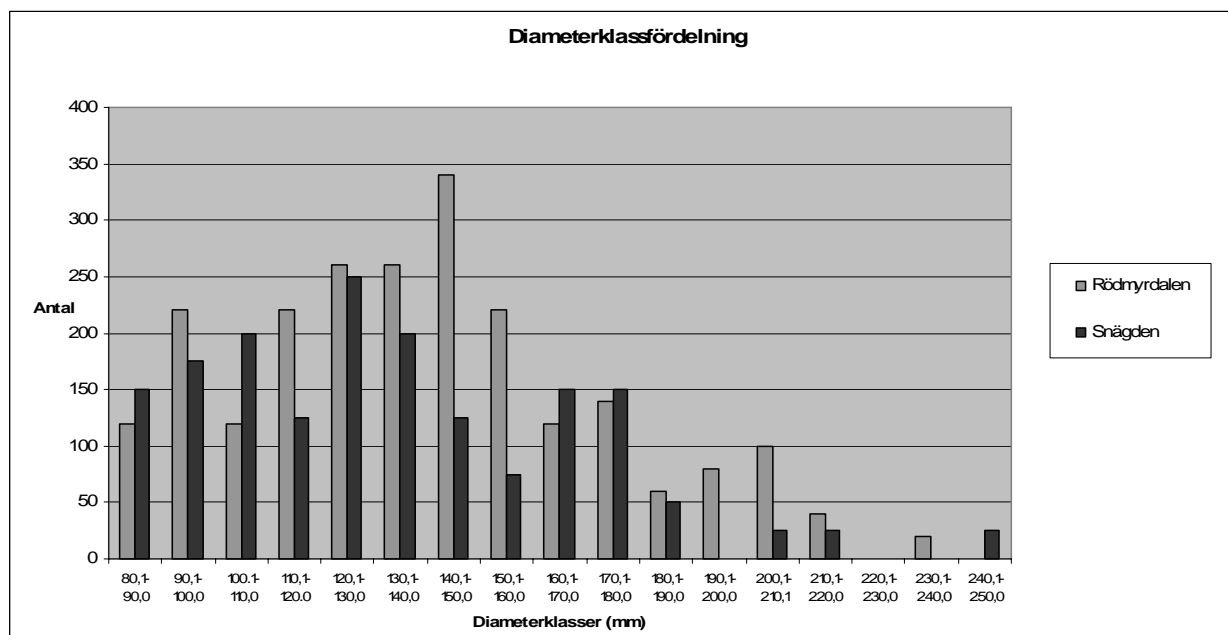
**Snägden** Distriktsenhet nr 66006, Förvaltning 120, Longitud: 69361, Latitud: 15766

**Rödmyrdalen** DE nr 61393, Förvaltning 120, Longitud: 69512, Latitud: 15803.

Utifrån egna fältmätningar och SCA:s beståndsregister gjordes en beskrivning av de båda bestånden (se figur 3 och tabell 1). I varje bestånd anlades 5 st cirkelprovytor för att fastställa diameterfördelning, medelhöjd och stamantal/hektar. Från SCA:s beståndsregister erhöles bland annat information om ålder, ståndortsindex, höjd över havet, etc.

Gemensamt för de båda försökslokalerna var att det var bestånd med raka stammar, utan buskliknande eller krokiga träd. Båda trakterna var väl bestockade redan efter 24-28 år. Enligt SCA:s beståndsregister var ståndortsindex något lägre i Rödmyrdalen än i Snägden. I Rödmyrdalen var dock träden vid gallringstillfället fler och grövre vilket också avspeglade sig i en högre volym på hektarbasis (se tabell 1). Den högre medeldiametern i beståndet kunde till stor del förklaras av ålderskillnaden. En beräkning av brösthöjdsdiameterens medeltillväxt fram till gallringstillfället visade att Rödmyrdalen vuxit med 5 mm per år och Snägden med 5,4 mm. Volymtillväxten skiljde sig åt mellan lokalerna, mer till följd av olika stamantal än till följd av skillnader i ståndortsindex. För Rödmyrdalen var medeltillväxten vid 28 års ålder hela 10,4 m<sup>3</sup>fpb per och för Snägden 6,8 m<sup>3</sup>fpb per år.

De två bestånden hade likartade förutsättningar, men var planterade med olika förband. Förbandseffekten kunde därför studeras. Beståndens egenskaper varierade dock inte i sådan grad att kategorisering i olika typbestånd blev aktuellt.



Figur 3. Diameterklassfördelningen för de två försökslokalerna.

Tabell 1. Beståndsdata för de två försökslokalerna.

	Snägden	Rödmyrdalen
Stam/ha (st)	1725	2320
Medelhöjd (m)	12,7	14,6
Medelförband (m)	2,43	2,08
Medeldiameter (mm)	132,8	140,7
Medelförråd/ha (m <sup>3</sup> fpb)	164	292
Ålder	24	28
SI	24	22
HöH (m)	160	150

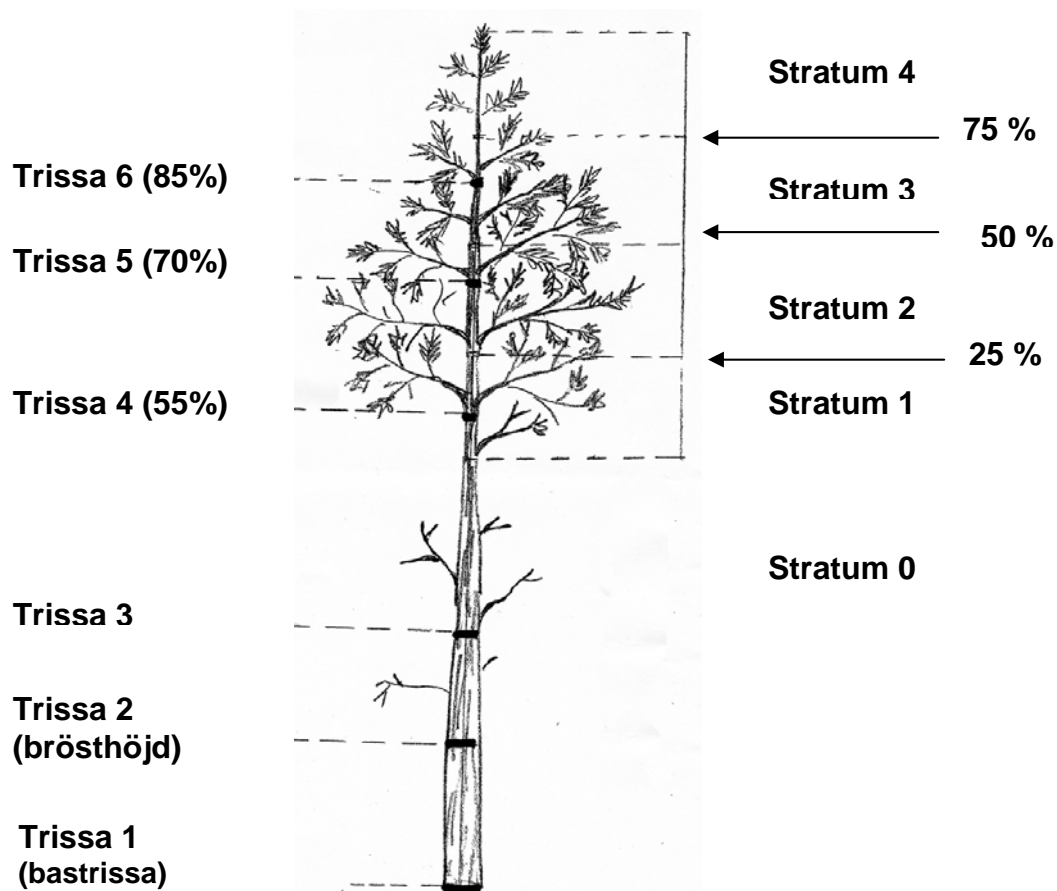
## 2.1.2 Försöksdesign för biomassauppskattning

Träd i bestånden indelades subjektivt i två klasser, träd som lämnas kvar efter gallring och träd som gallras ut. Klassningen gjordes av en skördarförare i ett av SCA:s gallringslag. Föraren hade god erfarenhet av gallring i contortabestånd och utifrån samma kriterier som han tillämpar i maskinhytten gjordes klassningen. Stammar som blir mål för uttag i gallring var exempelvis sådana som hade dubbeltoppar, stamskador eller var typiska vargar. Målet med gallringen var att lämna ett homogent bestånd med stammar av god kvalitet. Den gallringsform som SCA:s gallringslag tillämpar i förstagallringar i contortabestånd är i regel en likformig gallring (muntlig referens Nils-Göran Viklund, maskinförare SCA 2006).

Sammanlagt märkte skördarföraren ut cirka 50 stammar i respektive bestånd och av dessa slumpades fem stycken provträd ut i tre diameterklasser (brösthöjd) fördelade så att ett av träden skulle befinna sig i diameterklassen 80-120 mm, två träd i klassen 120-160mm, samt två träd i klassen >160mm. Alltså ett litet träd, två ”medelträd” och två härskande.

Anledningen till urvalsförfarandet var att större träd påverkar resultatet mer än små träd, samtidigt som en bred diameterfördelning för provträden ger ett bättre underlag för regressionsberäkningen. Totalt sett togs 21 träd ut i de två bestånden. 10 stycken kvarvarande, också benämnda ”lämna kvar” träd samt 11 stycken gallringsträd.

När ett provträd valts ut började arbetet med biomassabestämningen. Först markerades brösthöjden på stammen, därefter klipptes samtliga döda grenar upp till första levande gren loss. En provgren från detta första stratum (stratum 0) plockades ut, sönderdelades, vägdes och paketerades. Resterande döda grenar vägdes och lämnades i skogen. Provträdet sågades därefter ner och längdmätning av stam gjordes (från stubbskär till topp). Trädet fälldes så att lägsta möjliga stubbe lämnades kvar. Med rickleåbandet utdraget efter stammen märktes stratumgränserna ut enligt figur 4 nedan.



Figur 4. Schematisk bild över hur trädet stratifierades. Figurreferens: Kero 2007

En representativ provgren från respektive stratum valdes ut, sönderdelades, vägdes och paketerades i påse. Resterande grenar i stratumet klipptes loss med sekator, vägdes och lämnades sedan kvar i skogen. Alla torrkvistar per stratum vägdes och lämnades kvar. När samtliga grenar avlägsnats från stammen korsklavades denna med en meters intervall. Likaså mättes barktjockleken (dubbel) för varje meter på stammen. Stammen delades därefter in i sex delar och sex trissor i botten på respektive del sågades ur. Dessa trissor vägdes och paketerades. Stamdelarna vägdes och lämnades därefter i skogen. Samtliga provgrenar och stamtrissor frystes ner för att inte påverkas under lagringen.

### 2.1.3 Uppskattning av energiinnehåll

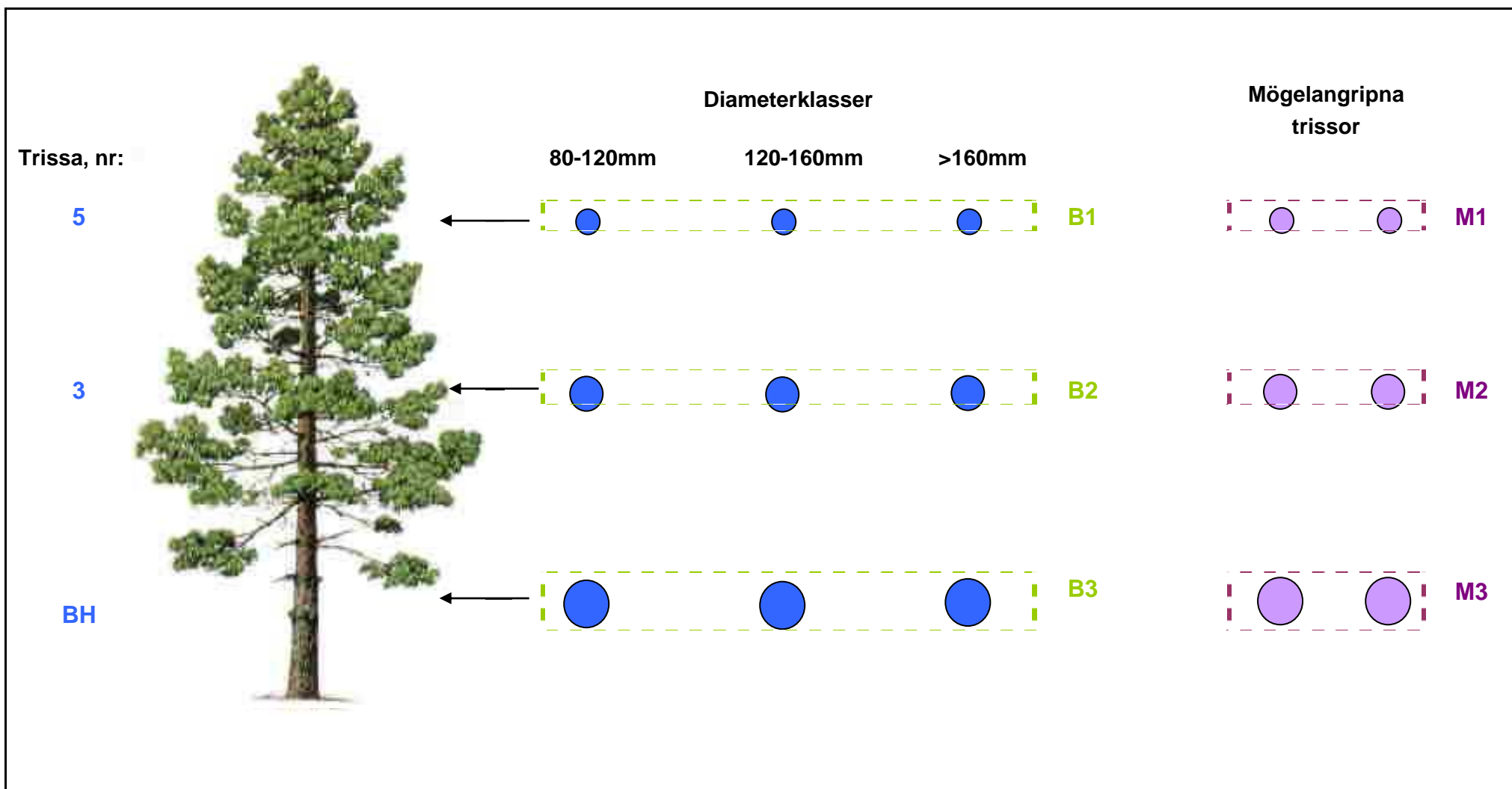
Provgrenar och stamtrissor torkades på laboratorium i Svartberget, SLU Vindeln. Torkskåpens temperatur sattes till 85°C enligt standard för torkning av biomassaprover. Grenproverna torkades i 24 timmar. Därefter separerades barren från grenaxlarna. Barr och grenar lades i olika formar och märktes med trädnnummer. Därefter torkades proverna ytterligare 24 timmar. Efter torkning vägdes barren och grenarna var för sig. Innan trissorna torkades, skalades först barken loss och torkades separat. Stamtrissorna hade varierande torkningstid beroende på trissans storlek och vikt. Torkning av trissor pågick till dess att viktförändringen under ett dygn var mindre än 1%.

Ett urval av stamtrissorna och provgrenarna valdes ut för bestämning av energiinnehållet. Bränningen utfördes av Biobränsletekniskt Centrum, SLU Röbbäcksdalen i Umeå. Urvalet av prover till bränningen gjordes enligt tabell 2.

Tabell 2.. Schema över hur provtagningen från grenverket gjordes. Tre fraktioner: barr, levande grenar och döda grenar. Varje fraktion indelades i tre diameterklasser där ett prov togs i respektive klass.

<b>Barr</b>	Diameterklass:	Antal träd som prov tagits ifrån	
	80-120mm	1	
	120-160mm	2	Samlingsprov
	>160mm	2	Samlingsprov
<b>Levande grenar</b>	Diameterklass:	Antal träd som prov tagits ifrån	
	80-120mm	1	
	120-160mm	2	Samlingsprov
	>160mm	2	Samlingsprov
<b>Döda grenar</b>	Diameterklass:	Antal träd som prov tagits ifrån	
	80-120mm	1	
	120-160mm	2	Samlingsprov
	>160mm	2	Samlingsprov

Samtliga prover togs från gallringsträd i försökslokalen Rödmyrdalen. Både barr och levande grenar som skickades till bränsleanalys härrörde från stratum 2, medan döda grenar togs från stratum 0.



Figur 5. Schema över urvalet av trissor för provbränningen (Figurreferens: Gardmo 2007)

Bränningsprover från fraktionerna trissor och bark togs ut enligt figur 5 ovan. Totalt nio stamtrissor, fördelat på de tre diameterklasserna med tre trissor inom respektive. Tanken med upplägget var att eventuella energiinnehållsvariationer inom och mellan diameterklasser skulle uppvisas. Barkproverna fördelades på tre samlingsprov (B1, B2 & B3) där respektive prov utgjordes av bark från samma trissnummer (stratum) inom samtliga diameterklasser. Bark från exempelvis stamtrissa 5 togs alltså från samtliga diameterklasser och slogs samman till ett samlingsprov.

Som ett tillägg skickades även tre prover (M1, M2 & M3) av mögelangripna stamtrissor till bränsleanalys. Några stamtrissor blev nämligen lätt angripna av vitt ytmögel när ett av torkskåpen stannade och temperaturen sjönk ner till cirka 30° grader. Avbrottet varade i max ett par timmar, men några trissor hann likaväl angripas. Analysen gjordes för att säkerställa att mögelangreppet inte signifikant påverkat resultaten.

Provbränningen utfördes enligt ISO standard (SS ISO 1928:1) och ett kalorimetriskt värmevärde erhöles.

## 2.2 Databearbetning

### 2.2.1 Trädens stamvolym

För att skatta volymen för respektive provträd nyttjades diametermätningarna som gjordes på varje meter av stammen, samt data över barktjocklek (se avsnitt 2.1.2). Med hjälp av dessa data gjordes en sektionskubering, på och under bark, men hjälp av funktionen för en stympad kon. Samtliga sektioner adderades ihop för att erhålla trädets totala volym.

Den sektionskuberade volymen jämfördes dessutom med Harry Erikssons volymfunktioner för contortatall (Eriksson 1973, tabell 3).

Tabell 3. Harry Erikssons volymfunktion för contortatall (Eriksson 1973)

$a \cdot D^2 + b \cdot D^2 H + c \cdot D^2 H^2 - d \cdot D \cdot H + e \cdot D \cdot H^2$	Konstanter:
<b>D</b> – Brösthöjdsdiameter (cm)	<b>a</b> 0,1121
<b>H</b> – Höjd (m)	<b>b</b> 0,0287
	<b>c</b> -0,000061
	<b>d</b> 0,09176
	<b>e</b> 0,01249



SCA:s volymläsningsberäkningar görs enligt uppgift (muntlig referens Thomas Johansson, SCA 2006) med utläggning av cirkelprovytor där taxeringen görs med digital dataklave. En grundyta erhålls och slumpmässiga provträd tas ut för höjdmätning. En formel i dataklavens taxeringsprogram räknar ut stående volym i skogskubikmeter. Formeln ser ut enligt följande:

### **H x G x F**

H= Medelhöjd från provträd

G= Grundyta

F= Formtal (0,47)

En jämförelse med SCA:s volymläsningsberäkning mot den sektionenkuberade volymen gjordes med tanke på det taxeringsarbete som stundar inför beståndsbehandlingen av de omfattande contortaarealerna. Som underlag för skattningen nyttjades diameterklassfördelningen där klassmitt i respektive 10mm klass användes. Medelhöjden från de utlagda provytorna nyttjades som höjdparameter.

### **2.2.2 Trädens torrsvikt, fraktionsuppdelad**

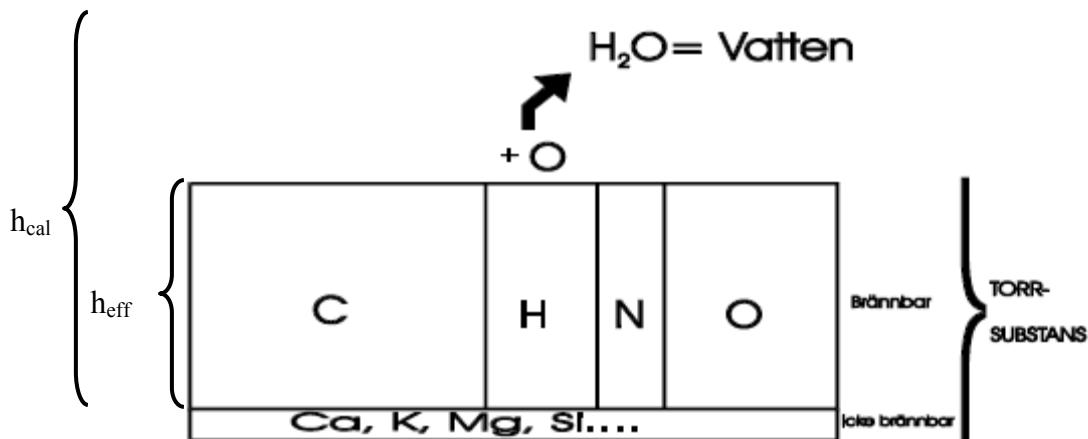
Med data över frisksvikt och torrsvikt för samtliga provgrenar (levande & döda), stamtrissor och bark, för respektive provträd, kunde fukthalt och torrsvikten av de olika fraktionerna fastställas. För grenar och barr användes kvoten mellan torrsvikt och frisksvikt för provgrenen i varje stratum för att multiplicera den i fält fastställda frisksvikten för hela stratat. På så sätt beräknades torrsvikten per stratum för hela trädet. Stamtrissor med tillhörande avskalad bark låg till grund för beräkning av torrsbstans hos stamved och bark på samma sätt som för grenarna. Varje stamdels torrsbstans framräknades genom ett medelvärde från de ovan och under liggande trissorna.

För varje provträd användes totalt fem provgrenar samt sex stamtrissor plus bark för att bestämma fukthalt respektive torrsbstans.

### **2.2.3 Beräkning av värmevärdet och energiinnehåll**

Det kalorimetriska värmevärdet omräknades till effektivt värmevärde. I branschen förekommer tre olika begrepp kring värmevärdet hos bränslen. Dessa är: *Kalorimetriskt värmevärde*, *effektivt värmevärde för torrt material* och *effektivt värmevärde för fuktigt leveransmaterial* (se illustration i figur 6). Värmevärdet är den värmemängd som utvecklas vid fullständig förbränning av ett bränsle och redovisas i SI-enheterna J/kg eller J/m<sup>3</sup> (Svenska Fjärrvärmeföreningen 2006-11-06). Med det kalorimetriska (högre) värmevärdet innefattas all energi som frigjorts vid förbränningen medan det effektiva (lägre) bortser från den värme som erfordras för att förångas det vatten som bildas vid själva förbränningen eller som följer med bränslet som en barlast. I regel betraktas det effektiva värmevärdet som det mest relevanta, men för värmeverk med kondensationspannor som tar till vara på vattnets ångbildningsvärme är även de kalorimetriska relevanta.

Genom att minska det kalorimetriska värmevärdet med ångbildningsvärdet för det vatten som bildats vid förbränningen erhöles alltså det effektiva värmevärdet vid 0% fukthalt ( $h_{eff}$ ).



Figur 6. Illustration över begreppen Kalorimetriskt värmevärde,  $h_{cal}$  och Effektivt värmevärde,  $h_{eff}$  hos torrt material (Svenska Fjärrvärmeföreningen 2006-11-06).

Det effektiva värmevärdet är dock mer att betrakta som ett referensvärde och vad som är mest intressant i praktiken är värmevärdet i det fuktiga material som levereras,  $h_{net}$  (MJ/Kg Råvikt). Nedan beskrivs hur detta värde räknades fram.

Formel för omräkning av  $h_{eff}$  till  $h_{net}$ :

$$h_{net} = \left[ h_{eff} * \frac{100 - A}{100} * \left( 1 - \frac{F}{100} \right) - 2,44 * \frac{F}{100} \right]$$

F = Fukthalt, anges i hela procent

A = Askhalt, anges i hela procent

OBS! Anges  $H_{eff}$  inklusive aska har redan askan dragit ned värmevärdet varför A i dessa fall skall sättas till 0. Effekten blir annars att nedsättningen verkar dubbelt.

## 2.2.4 Definition av energisortimenten

För att kunna fastställa en merskörd var definitionen av energisortimenten nödvändig att bestämma. Studien avsåg att undersöka merskörden för två alternativa gallringssätt med följden att fraktionen grot kom att ha olika omfattning.

För den konventionella grotanpassade gallringen kom alla grenar (döda- och levande grenar inklusive barr) samt topp ner till fem centimeter inklusive bark att utgöra sortimentet grot. Det innebär i praktiken att man helt enkelt avser att ta tillvara på trädets totala biomassa ovan stubbskär istället för att endast skörda stambiomassa upp till fem centimeter toppmätt (massaved och timmer).

För den andra metoden, uttag av långa toppar, kom alla grenar (inklusive barr) som satt fast på den långa toppen samt själva toppen (inklusive bark) ner till apteringsgränsen för massaved att innefattas i grotsortimentet. Det innebar att mängden grot som kunde skördas kom att variera beroende på om apteringsgränsen för massaved sattes till fem, sju eller nio cm. I de fall där kvarvarande stamdel understeg 2,8 meter (2,7 + marginal) gjordes ett helträdsuttag.

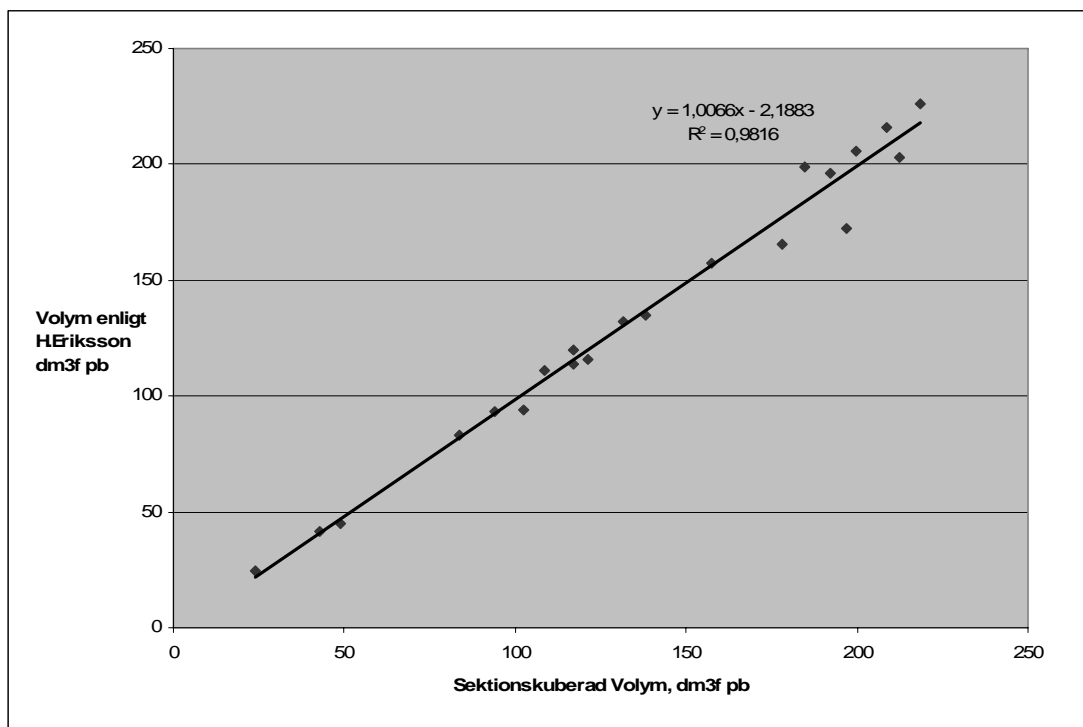
Den totala grenbiomassan inom respektive stratum vägdes, men stratumgränserna anpassades dock inte i fält till att längden på den okvistade toppen skulle kunna varieras (jfr nedan). Ett antagande som därför fick lov att göras var att gren- och barrbiomassan antogs sitta jämt fördelat i respektive grenstratum.

Gränsdiametrarnas (5, 7 & 9 cm under bark) läge på stammen bestämdes genom att anta en linjär stamavsmalning. Utifrån det erhållna höjdläget i stammen fastställdes vilket grenstratum som gränsdiametern låg inom. Data på grenstratumets nedre gräns respektive övre gräns fanns i form av höjdangivelser. Det område mellan gränsdiametern i stammen och grenstratumets övre gräns var alltså det område som kom att ingå i långa toppen i det aktuella grenstratumet. Grenstratum belägna ovanför adderades samt den långa toppens totala stambiomassa. En total vikt för den långa toppen erhöles därmed.

### 3. Resultat & Diskussion

#### 3.1 Trädens stamvolym

En jämförelse mellan den sektionskuberade volymen för samtliga provträd och den skattade volymen enligt funktioner av Eriksson (1973) uppvisade små variationer (figur 7). Funktionerna är fullt tillämplbara i SCA:s bestånd eftersom endast en mindre ( $\leq 1\%$ ) underskattning erhöles. Felet var något större för de mindre träden och något mindre för de större träden.



Figur 7. Samband mellan sektionskuberad volym och Erikssons volymfunktion (1973) för contortata.

Enligt Erikssons volymfunktion var den stående volymen i bestånden 292 m3fpb i Rödmyrdalen och 164 m3fpb i Snägden.

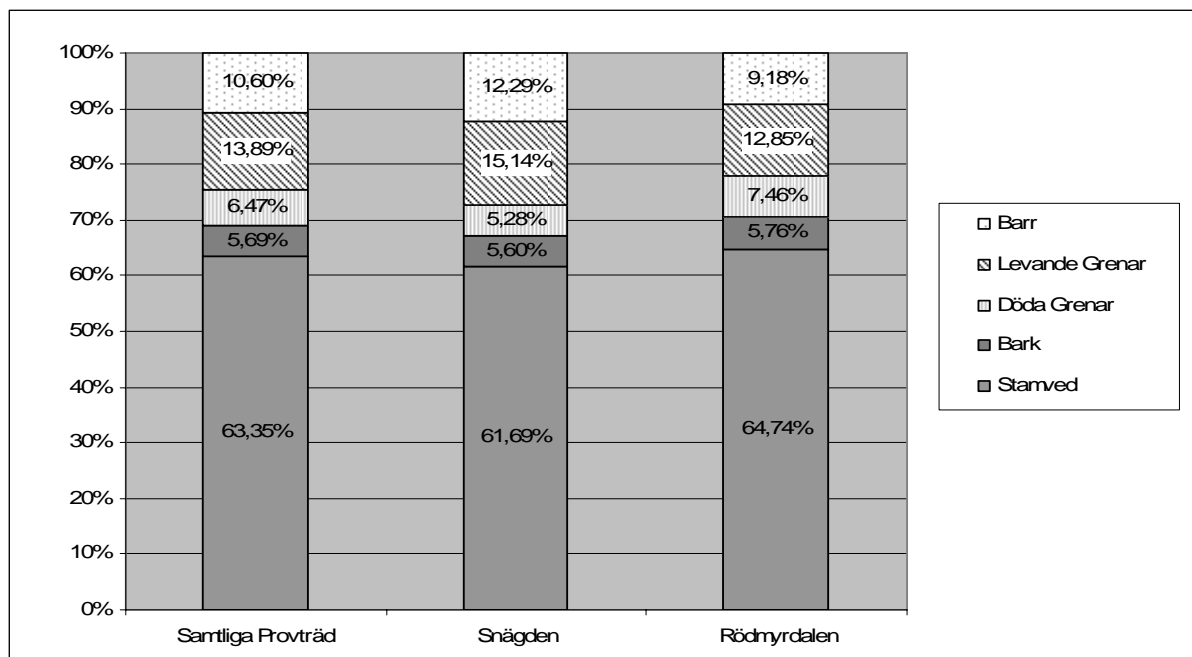
Jämförelsen mellan SCA:s volymkattning och sektionkuberad volym varierade relativt mycket. SCA:s funktion gav i jämförelsen en underskattning med motsvarande **15,7%** av den fasta volymen på bark. Som underlag till dataklavens taxeringsprogram nyttjades åter igen diameterklassfördelningen, som i detta fall omräknades till grundtytor i respektive klass. Tillsammans med provytornas medelhöjd räknades den stående volymen ut i samtliga grundtyteklaser. Summeringen av klasserna uppvisade en totalvolym, omräknat till fastkubikmeter på bark, på 246 m<sup>3</sup>f pb i Rödmyrdalen respektive 139 m<sup>3</sup>f pb i Snägden. Den volym som erhålls från dataklaven är enligt tidigare nämnt i form av m<sup>3</sup>sk. Omräkningsfaktor 0,95 nyttjades för att räkna ut motsvarande volym fast på bark. En notering är att felet skulle minska om övre höjd nyttjades istället för medelhöjd i SCA:s formel.

### 3.2 Densitet och allokeringsmönster

Efter torkning av proverna bestämdes torr-rå densiteten för fraktionerna stam och bark I genomsnitt låg stamvedens torr-rådensitet på 379 kg TS/m<sup>3</sup>fpb och barkens på 298 kg TS/m<sup>3</sup>fpb. Den sammanvägda densiteten för stam inklusive bark låg på 373 kg TS/m<sup>3</sup>fpb. Densiteten var något lägre än för liknande bestånd i Norrbotten (Kero 2007), vilket förklaras av den snabbare tillväxten på studiens försökslokaler.

Efter torkningen fastställdes likaså den genomsnittliga fukthalten för provträdens samtliga fraktioner. I snitt låg fukthalten på 55,7%. En tydlig och tilltagande fuktgradient uppvisades från bottenrissa upp till topptrissa.

Förbandseffekten var synbar där Snägden, det glesare beståndet, hade mer biomassa allokerat i grenverket än Rödmyrdalen (figur 8). Genomgående för de två bestånden var dock att närmare 70 procent av den trädens totala biomassa ovan stubbskåret var allokerat i stammen (ink. bark). Barkandelen av den totala stambiomassan var för provträden 8% på båda försökslokalerna.

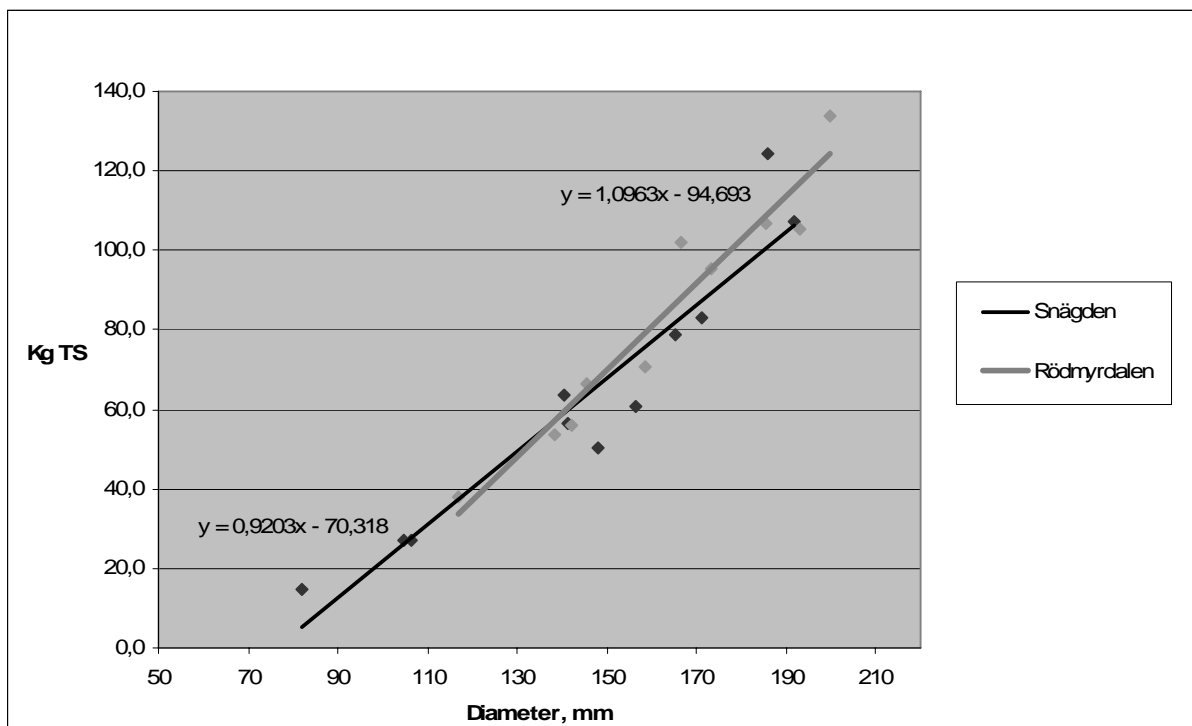


Figur 8. Allokeringsmönster av biomassa fördelat på olika fraktioner.

Försökslokalerna hade tämligen täta förband varför kvistrensningen börjat träda i kraft, därav den relativt stora andelen döda grenar. Någon egentlig kvistrensningseffekt var det förvisso inte tal om, trots att grenarna var döda satt merparten kvar på stammen.

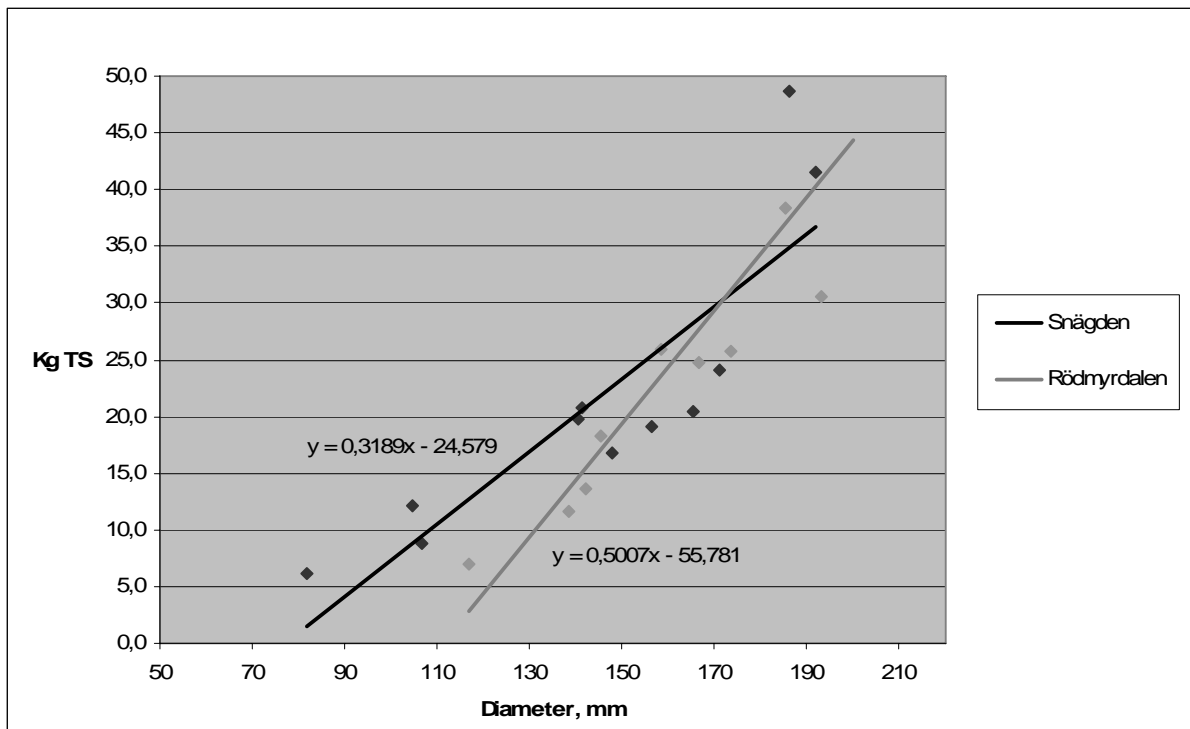
### 3.3 Samband mellan diameter och torrviikt för olika fraktioner

Precis som förväntat var sambandet mellan diameter och torrvikten för olika fraktioner starkt, och tämligen lika i de båda bestånden (figur 9). Torrvikten för hela trädet ovan stubbskåret var cirka 20 kg för träd med 10 centimeter diameter och cirka 60 kg för träd med 15 centimeter. Friskvikten för motsvarande träd var 44 respektive 133 kg (fukthalt 55,7%).



Figur 9. Samband mellan diameter i brösthöjd och provträdens totalbiomassa ovan stubbskär för respektive bestånd.

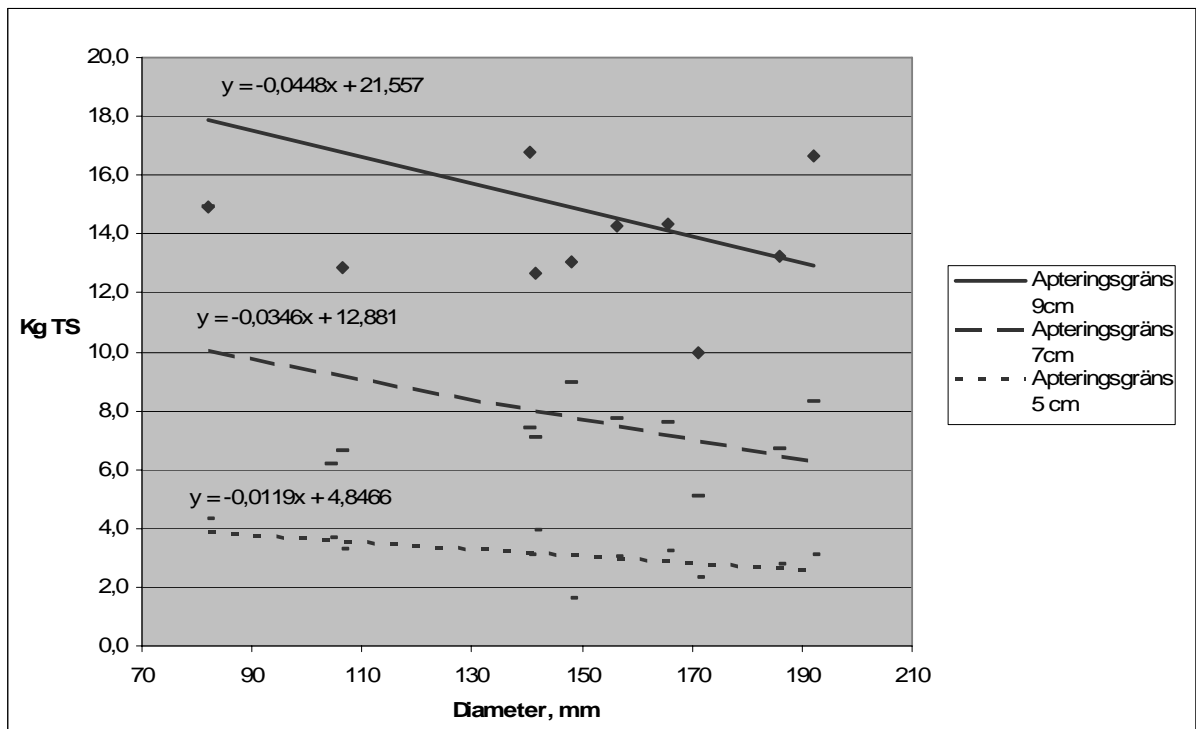
Sambandet mellan brösthöjddiameter och grottbiomassa (TS), vid konventionell grotanpassad gallring, var även det väldigt tydligt. Dock skilde sig lokalerna mellan varandra. Det klenare beståndet höll en högre andel grot vid diametrar upp till lite drygt 17 mm. Det kan bero på att de mindre provträden var relativt sett mer undertryckta i det tätare beståndet, alltså en effekt av förbandet. Grotbiomassan uppgick till cirka 30 kg TS i denna brytpunkt.



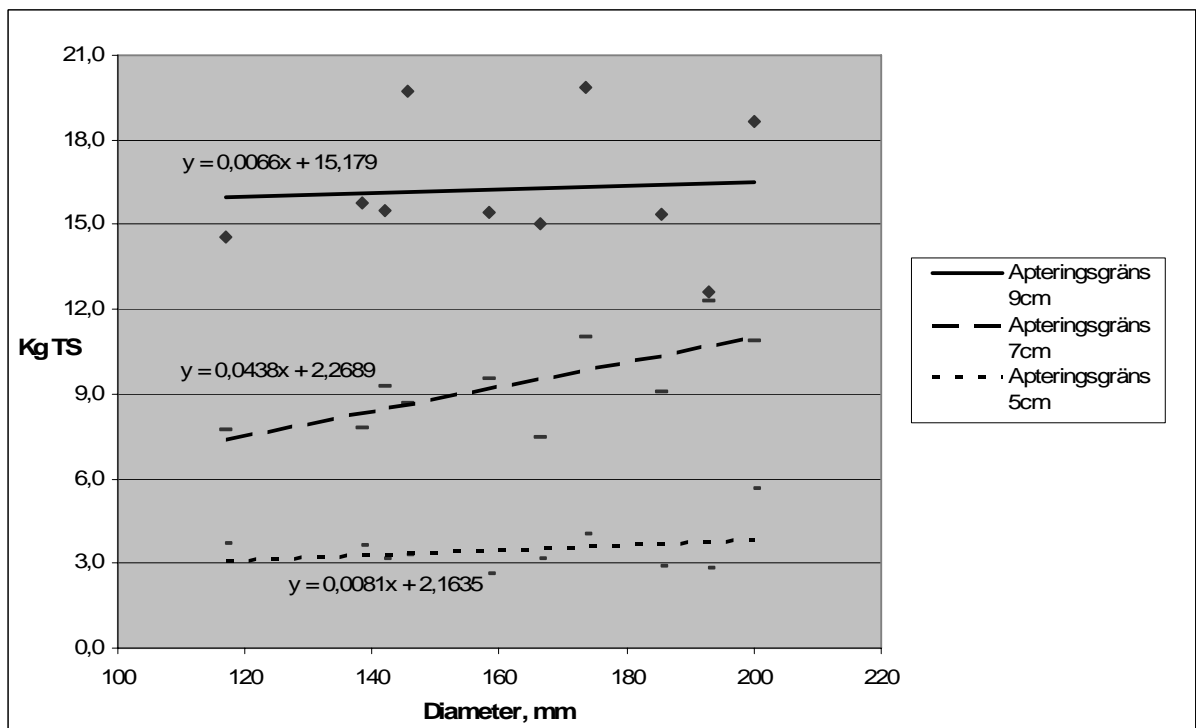
Figur 10. Samband mellan diameter i brösthöjd och provträdens grotbiomassa (vid konventionell grotanpassad avverkning) ovan stubbskär.

Med dessa två samband fanns underlag för att beskriva den skörd som kan göras med konventionell grotanpassad gallring i ett bestånd.

Studien avsåg dock även att undersöka hur stor skörd som kan fås vid uttag av långa toppar vid olika apteringsgränser (5, 7 samt 9 centimeter under bark). Figurerna nedan visar sambanden mellan diameter i brösthöjd och antalet kilogram (TS) biomassa i toppen som föll ut vid respektive apteringsgräns, dels uppdelat för lokaler (figur 11 och 12), dels för samtliga provträd (figur 13). Vad som uppvisades var att det klenare beståndet hade kurvor med en negativ lutning. Den främsta orsaken till detta var att de klenaste provträden blev föremål för helträdsuttag, detta eftersom kvarvarande stamdel ej var tillräcklig för att kunna hanteras som konventionellt gagnvirke. I dessa fall kom alltså längden och vikten på toppen att överstiga genomsnittet. Gränsen var som tidigare angivits 2,8 m.

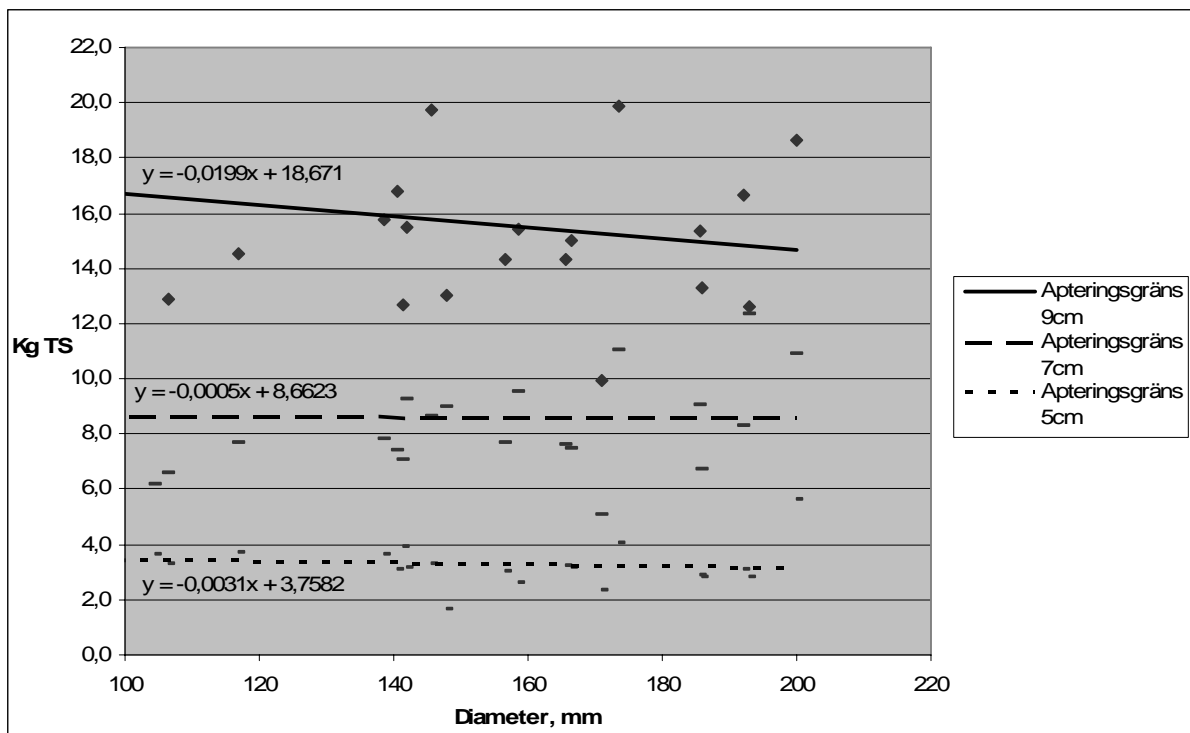


Figur 11. Samband mellan brösthöjdsdiameter och långa toppens vikt, Snägdalen.



Figur 12. Samband mellan brösthöjdsdiameter och långa toppens vikt, Rödmyrdalen.

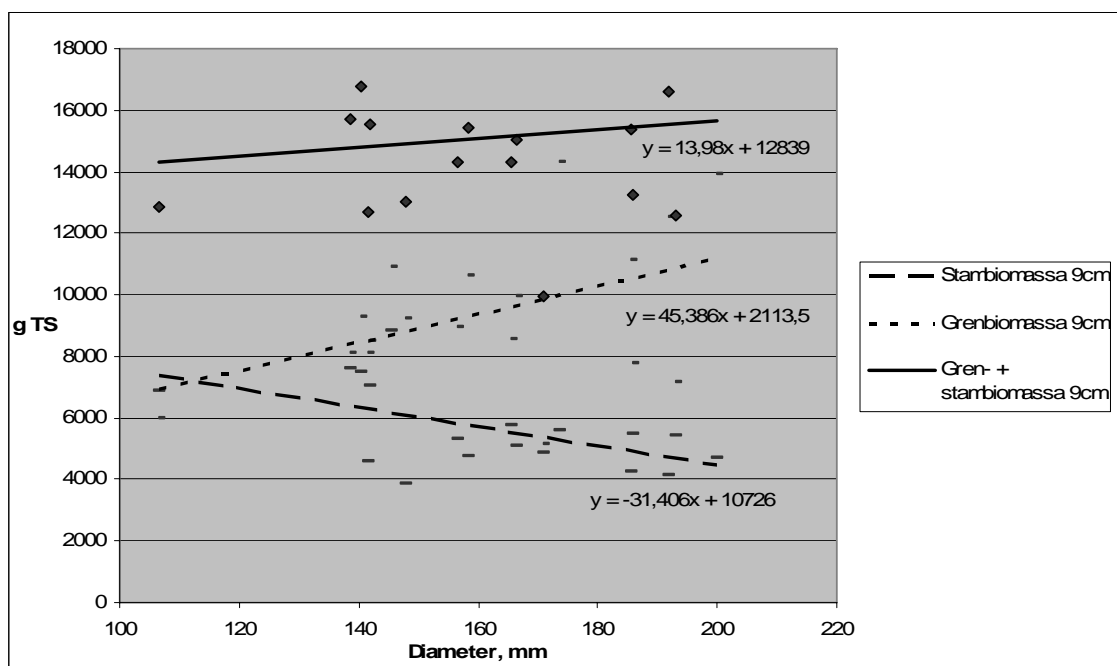
Sambandet mellan brösthöjdsdiameter och toppvikt för samtliga provträd togs även fram där effekten av de provträd som ej höll sig till genomsnittet minskades (figur 13). De slutsatser som kunde dras var att topparna tenderade att väga lika mycket oavsett brösthöjdsdiameter. Skillnaden uppgick aldrig till mer än 2 kg mellan den klenaste den grövsta diametern. Vid apteringsgränsen 5 cm låg den genomsnittliga vikten på 4 kg, respektive 8 och 16 kg för 7 och 9 cm apteringsgräns. Att välja en apteringsgräns för massaveden på 7 cm i stället för 5 cm gav med andra ord en fördubbling av vikten i toppen och en gräns på 9 cm istället för 7 cm gav ytterligare en fördubbling.



Figur 13. Samband mellan brösthöjdsdiameter och långa toppens vikt, samtliga provträd.

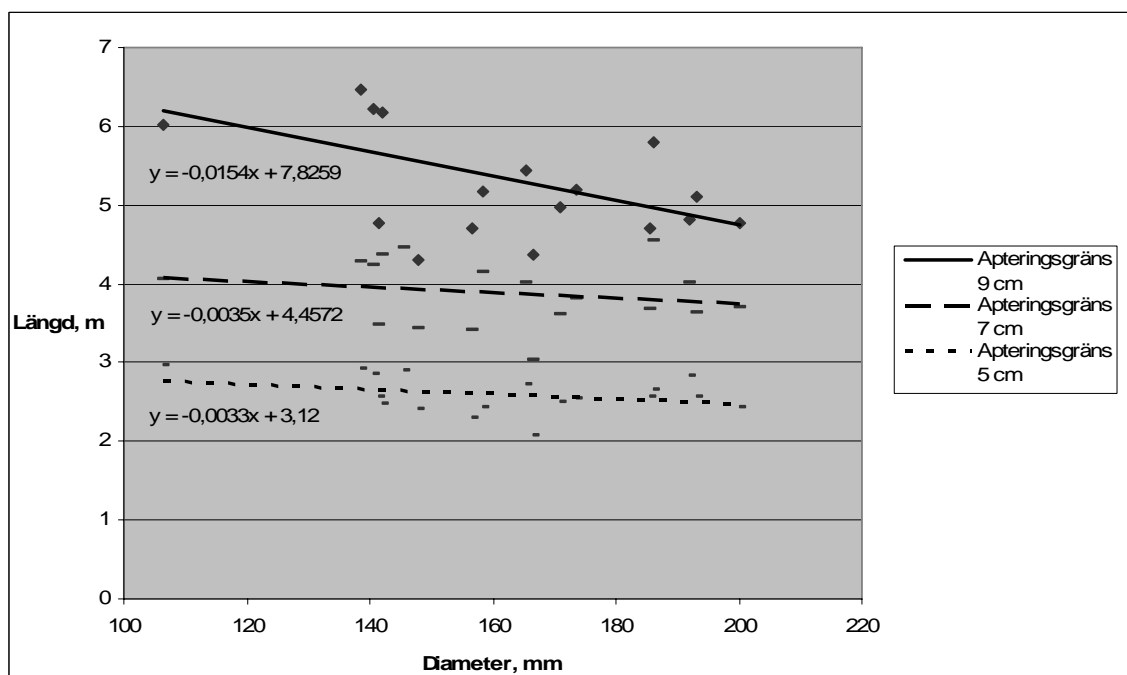
Vikten var alltså relativt konstant i den långa toppen oavsett brösthöjdsdiametern på det uttagna trädet. Orsaken tycks ligga i toppens fördelning mellan stamved och grenverk som samvarierar på ett sådant sätt att när stamveden ökar/minskar så minskar/ökar grenbiomassan med motsvarande. De klenare träden gav längre toppar med relativt större andel stamvedsmassa medan de grövre träden gav kortare toppar med relativt sett mer biomassa allokerat i grenar och barr. Figur 14 nedan visar toppens vikt fördelat på de stam- respektive grenbiomassa och hur de olika fraktionerna varierar med brösthöjdsdiametern. Exemplet gäller apteringsgräns 9 centimeter där fenomenet var tydligast, detta eftersom topplängden varierade mest vid denna apteringsgräns.





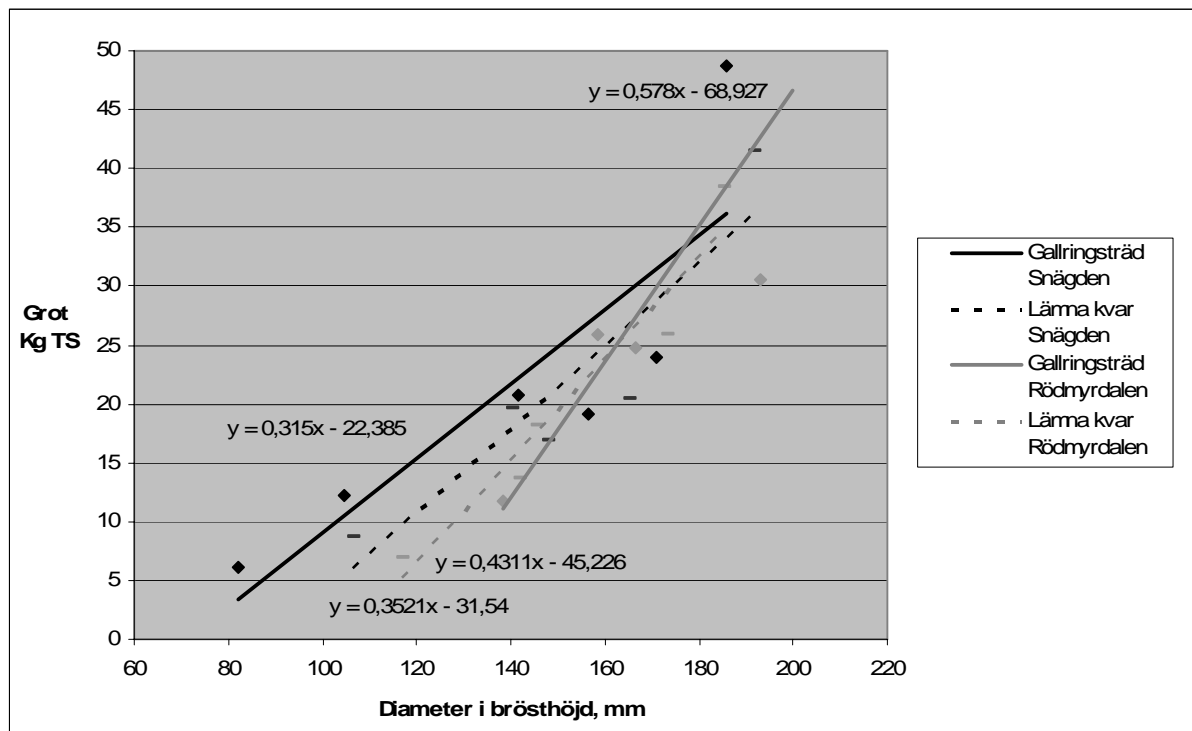
Figur 14. Samband mellan brösthöjdsdiameter och toppvikt, fördelat på stam- & grenbiomassa, samtliga provträd.

Längden på topparna uppgick vid de olika apteringsgränserna till 2,1-3,9 meter vid 5 centimeters apteringsgräns, 3,0-4,5 meter vid 7 centimeter respektive 4,3-7,1 meter vid 9 centimeter. I snitt låg längderna på 2,7, 3,9 samt 5,4 meter för ovan nämnda apteringsgränser. Detta innebär att uttag av långa toppar för apteringsgränserna 7 och 9 centimeter ger längder som är fullt hanterbara transportmässigt. Figur 15 visar hur topplängden varierar med brösthöjdsdiametern. Mindre diameter ger en längre topp och vice versa. Som tidigare nämnts varierar längden på toppen i allt större utsträckning då apteringsgränsen förflyttas nedåt i stammen (högre apteringsgräns), alltså mest vid 9 centimeter i studiens fall.



Figur 15. Samband mellan brösthöjdsdiameter och långa toppens längd, samtliga provträd.

Provträden i försöket var till hälften klassade som "lämna kvar träd" med rak stam, klenare grenar, jämn krona, skadefria etc. Andra hälften bestod av träd som var föremål för uttag i en förstagallring. Sambanden mellan brösthöjdsdiameter och grotbiomassa (vid konventionell grotanpassad avverkning) för de olika lokalerna och de olika trädklasserna togs fram. Upp till diametrar på cirka 160 mm gav typiska "gallringsträd" en lägre grotskörd än "lämna kvar träd", för att därefter ge nämnvärt mycket mer grot över 160mm. Orsaken tycks ligga i att de klenare gallringsträden som skördarföraren valde ut var undertryckta och hade låg grenbiomassa. I gengäld när skörden förflyttades uppåt i diameterskalan så höll de typiska gallringsträden avsevärt mycket mer grot än de finare. De individer som då föll ut var sådana som kan klassas som typiska vargar, i synnerhet dubbeltoppar och grovgreniga i sitt slag.



Figur 16. Samband mellan brösthöjdsdiameter och grotbiomassa (vid konventionell grotanpassad avverkning) ovan stubbskär för olika trädklasser.

De framtagna funktionerna beskriver sambanden i de lokaler som studien gjorts i. Stamantalet låg på mellan 1700-2300 stammar per hektar och funktionerna är därmed anpassade till bestånd med dessa egenskaper. De 21 träd som ligger bakom funktionerna representerar ett begränsat diameterintervall, 8-20 cm. Detta bör beaktas när resultaten tillämpas.

### 3.4 Värmevärdet & Energiinnehåll

Det effektiva värmevärdet hos ett bränsle beror på sammansättningen av de olika vedsubstanserna. Värmevärdet i MJ/kg TS skiljer sig mellan cellulosa (17-18), hemicellulosa (16-17), lignin (25-26) och extraktivämnen (33-38) (Vedpärmen 2006-11-06). Därför kan olika trädfractioner, beroende på sammansättning av olika vedsubstanter, uppvisa skillnader i värmevärdet.

Provbränningsmaterialet var organiserat så att eventuella interna värmevärdesvariationer samt variationer mellan diameterklasser skulle kunna utrönas. Internt uppvisades sådana, dock ej nämnvärda mellan diameterklasser. De lätt mögelangripna trissorna som provbrändes uppvisade mindre än 2% lägre värmevärde än de opåverkade, alltså ingen större nedsättning. I tabell 4 presenteras de olika fraktionernas effektiva värmevärde,  $h_{eff}$ :

Tabell 4. Effektivt värmevärde,  $h_{eff}$ , i trädets olika fraktioner.

	MJ/Kg TS
<b>Levande Grenar</b>	<b>19,82</b>
<b>Barr</b>	<b>20,11</b>
<b>Döda Grenar</b>	<b>20,68</b>
<b>Stamved</b>	<b>19,22</b>
<b>Bark</b>	<b>19,36</b>

Utifrån provbränningsdata presenteras i tabell 5 energiinnehållet i contortans olika fraktioner när materialet är helt torrt. Alla värden är baserade på bränsle som varit fritt från föroreningar.

Tabell 5. Energiinnehållet i trädets olika fraktioner

	MWh/ton TS
Levande Grenar	<b>5,51</b>
Barr	<b>5,59</b>
Döda Grenar	<b>5,74</b>
Stamved	<b>5,34</b>
Bark	<b>5,38</b>
<b>Hela Träd</b>	<b>5,42</b>
<b>Grot</b>	<b>5,57</b>

Den mest energirika fraktionen är döda grenar, följd av barr och därefter levande grenar. Stamveden är den fraktion i trädet som har lägst energiinnehåll, vilket också gör att snittet för hela träd är lägre än snittet för gruppfraktionen grot.

### 3.5 Potentiell merskörd av biomassa

Utifrån diameterklassfördelningen på respektive lokal och framtagna biomassafunktioner räknades totalt stående biomassa-, samt mängden grot fram på beståndsnivå. Differensen mellan de båda gav stambiomassan från stubbskär till 5 centimeter i topp. Uttag av trädets totala biomassa ovan stubbskär istället för konventionellt gagnvirkesuttag upp till 5 centimeter i topp visade på den potentiella merskörden (tabell 6).

Den merskörd som maximalt kan erhållas jämfört med konventionellt gagnvirkesuttag uppgick till cirka 53 procent i det klenare beståndet och dryga 37 procent i det stamtätare.

Det gallringsprogram som tillämpas inom SCA är motsvarande vanlig svensk tall, alltså ett snittuttag på cirka 30 procent (muntlig referens Magnus Larsson SCA 2006). Contortan kan väntas vara känsligare för hårdare gallring, framförallt om åtgärden görs sent (Norgren & Elfving 1995). Gallringsstyrkan som nyttjats vid kalkylerna i rapporten är därför genomgående 30%, eftersom hårdare endast lär förekomma i undantagsfall.

Tabell 6. Merskörd vid konventionell grotanpassad avverkning, fördelat på de respektive försökslokalerna. 30% gallringsstyrka.

	Ton Torrsubstans/ha			Merskörd (%)
	Total biomassa ovan stubbskär som skördas	Grot	Stam	
Snägden	27,2	9,4	17,8	<b>52,9</b>
Rödmyrdalen	42,5	11,6	30,9	<b>37,5</b>

Merskördsstudier av contorta i gallringsbestånd har tidigare utförts och sommaren 2005 gjordes en studie på uppdrag av Sveaskog (Kero 2007). Försöket avsåg uttag av träddeklar kontra skörd av konventionellt gagnvirke och visade att merskörden kunde uppgå till mellan 61-85% vid uttag av träddeklar istället för konventionell skörd. Försökslokalerna var belägna i Norrbotten och totalt fem stycken ingick i studien. Urvalet av bestånd gjordes så att tydliga karaktärsbestånd kunde fastställas, från mycket fina till riktigt risiga trakter. Detta skulle spegla variationen som återfinns i verkligheten på ett bra sätt. Uttagsformen i denna studie skiljer sig i praktiken mot Sveaskogs studie men rent teoretiskt sett så har de gemensamt att de avser ta tillvara på trädets totala biomassa. Alltså kan man betrakta studiernas resultat som ett mått på den potentiella merskörden och sätta dessa i relation till varandra.

Vad som kan konstateras av de båda studiernas resultat är att merskörden i Medelpad var mindre än i Norrbotten. Vad som dock skall tas i beaktning vid jämförelsen är skillnader i beståndsegenskaper och geografiska förutsättningar. Bestånden i Sveaskogs undersökning hade ett förband på 1150 – 1200 stammar per hektar. De bestånd som ingick i denna studie hade mellan 1700 – 2300 stammar per hektar. Att bestånden i Norrbotten allokerade mer biomassa i grenar och barr, och därmed gav en större merskörd relativt sett är alltså vad man borde förvänta sig. Vad som är intressant med bestånden i denna studie är att trots de täta förbanden och den höga stamvolymen så är grottskörden relativt stor. Orsaken till detta ligger i de geografiska och ståndortsmässiga förutsättningarna. I Norrbotten låg ståndortsindex kring T18-T19, i SCA:s bestånd kring T22-T24. Ståndorterna varierade alltså, vilket också syns på medelhöjden i bestånden. Studierna stödjer varandra i fråga om relativ merskörd och förbandets påverkan. Det verkar finnas ett tydligt samband mellan de båda variablerna. Den förväntade merskörden säger dock väldigt lite om det faktiska utfallet, vilket beror på de ståndortsmässiga egenskaperna och valet av skördemetod.

I denna studie var dessutom provträden uppdelade i trädklasserna ”gallringsträd” och ”lämna kvar träd”. Analys av merskörden mellan de båda klasserna visade att grotutfallet var cirka 13% större hos typiska ”gallringsträd”, se tabell 7. Det kan därför vara värt att notera att försökets merskördessiffror inte är överskattade på något sätt och att utgångsläget för eventuell skörd av biobränsle är något bättre än vad resultaten visar.

Tabell 7. Skillnaden i merskörd mellan "gallringsträd" och "lämna kvar träd" i de två försöksbestånden.

<b>Snägden</b>			
Trädtyp:	Gallringsträd	Lämna Kvar Träd	Diff:
<b>Merskörd</b>	<b>56,2%</b>	<b>45,8%</b>	<b>22,7%</b>

<b>Rödmyrdalen</b>			
Trädtyp:	Gallringsträd	Lämna Kvar Träd	Diff:
<b>Merskörd</b>	<b>39,2%</b>	<b>37,9%</b>	<b>3,4%</b>

				<b>13,1%</b>
--	--	--	--	--------------

Merskörden varierade i hög grad vid tillämpning av de tänkta skördemetoderna. Båda fallen utgick från att normaluttaget utgjordes av ett konventionellt gagnvirkesuttag upp till 5 centimeter i topp. Tillämpning av konventionell grotanpassad avverkningsmetod avser som tidigare nämnt att tillvarata all tillgänglig biomassa i trädet ovan stubbskär, alltså motsvarade den potentiella merskörden. Merskörden uppgick med andra ord motsvarande vad som kan utläsas tabell 6. Uttag av långa toppar avser inte ta ut maximal grotmängd och merskörden blev således i detta fall lägre. Endast grenar som satt fast i den långa toppen nyttjades, och resterande grenverk lämnades kvar på marken. Merskörden vid uttag av långa toppar varierade enligt tabell 8.

Tabell 8. Merskörd vid uttag av långa toppar, fördelat på apteringsgränserna 5, 7 & 9 cm. 30% gallringsstyrka.

	Apterings- gräns	Ton Torrsubstans/ha				Merskörd (%) vid lång topp	% Ej utnyttjad Grot vid uttag av långa toppar
		Total biomassa ovan stubbskär	Stamved gagnvirke	Lång Topp	Övrig Grot		
<b>Snägden</b>	5cm	27,2	17,8	1,7	7,7	<b>9,5</b>	<b>82,0%</b>
	7cm	27,2	16,4	4,3	6,4	<b>16,6</b>	<b>60,1%</b>
	9cm	27,2	14,4	8,1	4,7	<b>26,3</b>	<b>37,0%</b>
<b>Rödmyr- Dalen</b>	5cm	42,5	30,9	2,3	9,3	<b>7,4</b>	<b>80,1%</b>
	7cm	42,5	29,5	5,8	7,2	<b>14,2</b>	<b>55,2%</b>
	9cm	42,5	26,3	11,2	5,1	<b>21,1</b>	<b>31,1%</b>

### 3.6 Skörd av konventionell grot eller långa toppar

Enligt resultatet uppgick merskördspotentialen, beroende på avverkningsmetod, till 7 – 53% jämfört med konventionellt gagnvirkesuttag på de två försökslokalerna. Grotanpassad avverkningsmetod gav högst merskörd i jämförelsen. Frågan är dock vilken metod som ger störst bränsleskörd i praktiken vid en gallring med hänsyn till spill.

Bränsleuttagets storlek för de olika metoderna vid antagen gallringsstyrka på 30 procent samt 40 procent fukthalt presenteras i figur 25. De olika skördemetodernas utfall uttrycks både i termer av faktisk biomassa samt energi. Hänsyn till bortfall av massaved i den långa toppen uttrycks både som m<sup>3</sup>fub/ha samt % per hektar.

Tabell 9. Bränsleskördens storlek vid tillämpning av grotanpassad gallring respektive uttag av långa toppar, gallringsstyrka 30%.

Snägden						
Uttagsform	Grotanpassad avverkning			Långa Toppar		
	0% spill	30% spill	50% spill	5cm	7cm	9cm
<b>Ton/ha, TS</b>	<b>9,4</b>	<b>6,6</b>	<b>4,7</b>	<b>1,7</b>	<b>4,3</b>	<b>8,1</b>
Massavedsavgång, m <sup>3</sup> fub/ha	-	-	-	0	3,1	7,9
Massavedsavgång, %/ha	-	-	-	0,0%	7,5%	19,2%
<b>40% Fukthalt</b>						
<b>Ton/ha, Råvikt</b>	<b>15,7</b>	<b>11,0</b>	<b>7,8</b>	<b>2,8</b>	<b>7,1</b>	<b>13,5</b>
MWh/ton		3,1			3,1	
<b>MWh/ha</b>	<b>48,1</b>	<b>33,7</b>	<b>24,0</b>	<b>8,6</b>	<b>21,9</b>	<b>41,3</b>
Rödmyrdalen						
Uttagsform	Grotanpassad avverkning			Långa Toppar		
	0% spill	30% spill	50% spill	5cm	7cm	9cm
<b>Ton/ha, TS</b>	<b>11,6</b>	<b>8,1</b>	<b>5,8</b>	<b>2,3</b>	<b>5,9</b>	<b>11,2</b>
Massavedsavgång, m <sup>3</sup> fub/ha	-	-	-	0	3,5	11,2
Massavedsavgång, %/ha	-	-	-	0,0%	4,7%	15,1%
<b>40% Fukthalt</b>						
<b>Ton/ha, Råvikt</b>	<b>19,3</b>	<b>13,5</b>	<b>9,7</b>	<b>3,8</b>	<b>9,8</b>	<b>18,7</b>
MWh/ton		3,07			3,07	
<b>MWh/ha</b>	<b>59,4</b>	<b>41,5</b>	<b>29,7</b>	<b>11,68</b>	<b>30,0</b>	<b>57,4</b>

En grotanpassad avverkning med 0% spill gav motsvarande den tillgängliga grotmängden, alltså cirka 9,4 ton TS/ha i Snägden och 11,6 ton TS/ha i Rödmyrdalen. I fråga om en praktisk tillämpning hamnar troligen spillgraden på motsvarande 50% och utfallen uppgår då till 4,7 ton TS/ha respektive 5,8 ton TS/ha. Spillgraden baseras på tidigare studier vid slutavverkning (Hörnlund & Lundmark 1999) och faktumet att det nu är fråga om gallring torde medföra ett betydande spill.

Tillämpas långa toppar uttag antas riset sitta kvar i toppen. Givetvis lär ett visst spill även förekomma vid tillvaratagandet av toppar, men troligen mycket litet. Antagandet baseras på samma studie som angivits ovan (Hörlund & Lundmark 1999). Hänsyn till spill har därför inte tagits i analysen. I studien uppgick utfallet till 4,3 ton TS/ha i Snägden respektive 5,9 ton TS/ha i Rödmyrdalen vid en apteringsgräns på 7 centimeter. Flyttades apteringsgränsen till 9 centimeter uppgick skörden till 8,1 ton TS/ha i Snägden och 11,2 ton TS/ha i Rödmyrdalen. I tabell 9 återges även utfallet i råvikt/ha samt i form av MWh/ha. Enligt resultatet uppgår bränsleskörden till ungefär lika mycket vid konventionell grotanpassad avverkning som vid uttag av långa toppar där apteringsgränsen 7 centimeter tillämpas. Förflyttas apteringsgränsen till 9 centimeter ökar bränsleskörden till nästan det dubbla mot den konventionella grotanpassade metoden.

Vad som ska belysas vid uttag av långa toppar är att en viss mängd massaved hamnar i bränslesortimentet. Vad man kan se i tabellen är att bortfallet är relativt större i det klenare beståndet, upp till dryga 19% jämfört med cirka 15% i det grövre vid en apteringsgräns på 9 centimeter. Detta är logiskt. I detta bestånd tenderade nämligen topparna bli längre till följd av klenare medeldiameter, vilket samtidigt medförde att andelen biomassa i den långa toppen till största delen utgjordes av stamved. Det faktiska bortfallet var dock större i det grövre beståndet där den uttagna volymen var större. I Snägden uppgick det till 7,9 m<sup>3</sup>fub/ha och i Rödmyrdalen till 11,2 m<sup>3</sup>fub/ha vid apteringsgräns 9 centimeter. Främst stamtätheten bidrog till det större volymuttaget.

Energiinnehållet per viktenhet varierar med fukthalten i leveransmaterialet. Beroende på årstid och torkningsförhållanden kommer därför materialet som levereras till kunden att hålla olika fukthalt. Färskt ris har en fukthalt mellan 50-60%. Efter några månaders torkning kan den förväntade fukthalten uppgå till mellan 40-50% och leverans sker. Energiinnehållet varierar inte i någon hög utsträckning mellan olika fukthalter, men givetvis är det en fördel att undvika transport av kostsamt vatten. Nedan i tabell 10 redovisas energiinnehållet, uttryckt i MWh/ha, vid antagandet av olika fukthalter i bränslet. Exemplet är räknat på utfallet ifrån långa toppar med nio centimeters gränsdiameter.

Tabell 10. Energiinnehållet per hektar (MWh/ha) vid olika fukthalter, 30% gallringsstyrka

<b>Snägden</b>				Utfall Ton TS/ha	
				8,1	
<b>Fukthalt</b>	<b>35%</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>50%</b>	<b>55%</b>
Råvikt/ha, Ton	12,4	13,4	14,7	16,1	17,9
MWh/ton	3,4	3,1	2,7	2,5	2,1
<b>Mwh/ha</b>	<b>42</b>	<b>41,3</b>	<b>40,5</b>	<b>39,5</b>	<b>38,2</b>
<b>Rödmyrdalen</b>				Utfall Ton TS/ha	
				11,2	
<b>Fukthalt</b>	<b>35%</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>50%</b>	<b>55%</b>
Råvikt/ha, Ton	17,2	18,7	20,4	22,4	24,9
MWh/ton	3,5	3,1	2,7	2,5	2,1
<b>Mwh/ha</b>	<b>58,3</b>	<b>57,3</b>	<b>56,2</b>	<b>54,9</b>	<b>53</b>

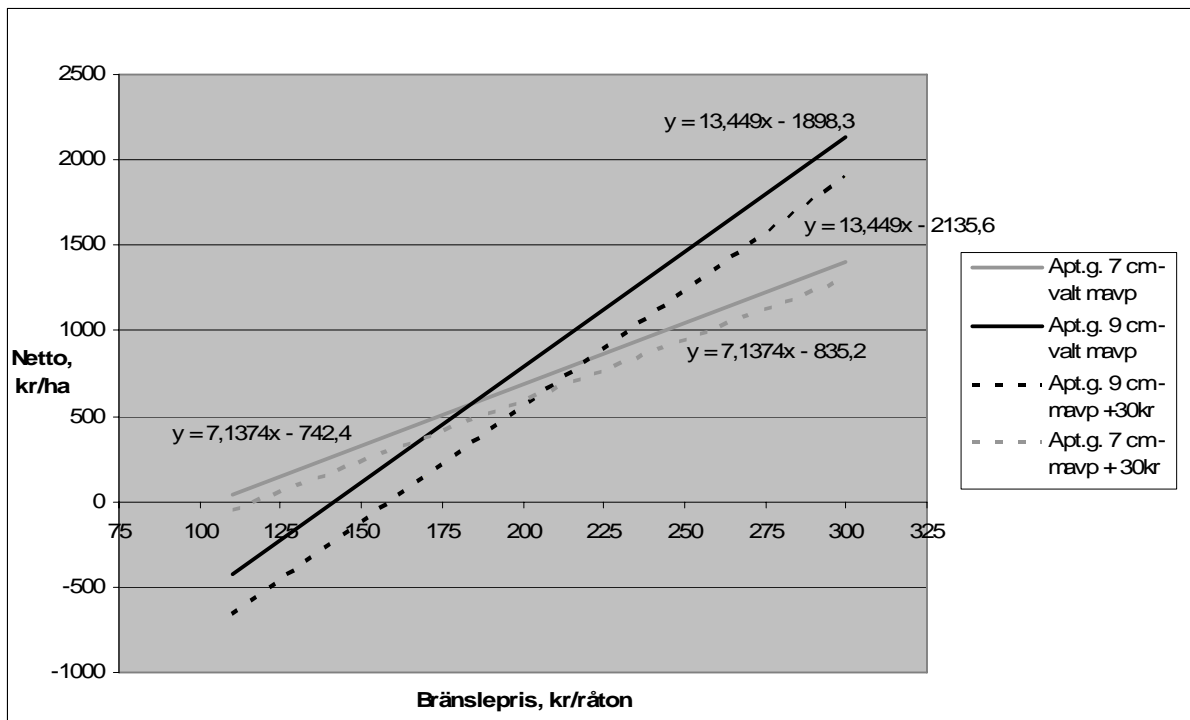
Med rådande prisnivåer (mars 2007) på trädbränsle och massaved kompenseras dock bortfallet av massaved och ger dessutom ett positivt netto. Som utgångsvärden i studien har bränslevärdet satts till 150 kr per ton råvikt och 240 kr per m<sup>3</sup>fub för massaveden. En känslighetsanalys över hur skiftande prisnivåer påverkar nettoresultatet vid uttag av långa toppar visas i tabell 11.

Tabell 11. Känslighetsanalys över nettoresultatet per ha vid uttag av långa toppar.

		<b>Snägden</b>				
Apterings-	Pris,	Bränslepris kr/råton				
Gräns	massaved	<b>110</b>	<b>130</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	<b>200</b>
	<b>240</b>	43	185	328	471	685
<b>7cm</b>	<b>270</b>	-50	93	235	378	592
		<b>110</b>	<b>130</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	<b>200</b>
	<b>240</b>	-419	-150	119	388	792
<b>9cm</b>	<b>270</b>	-656	-387	-118	151	554
		<b>Rödmyrdalen</b>				
Apterings-	Pris,	Bränslepris kr/råton				
Gräns	massaved	<b>110</b>	<b>130</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	<b>200</b>
	<b>240</b>	244	439	634	829	1121
<b>7cm</b>	<b>270</b>	141	336	530	725	1018
		<b>110</b>	<b>130</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	<b>200</b>
	<b>240</b>	-633	-260	114	487	1048
<b>9cm</b>	<b>270</b>	-969	-596	-222	151	712

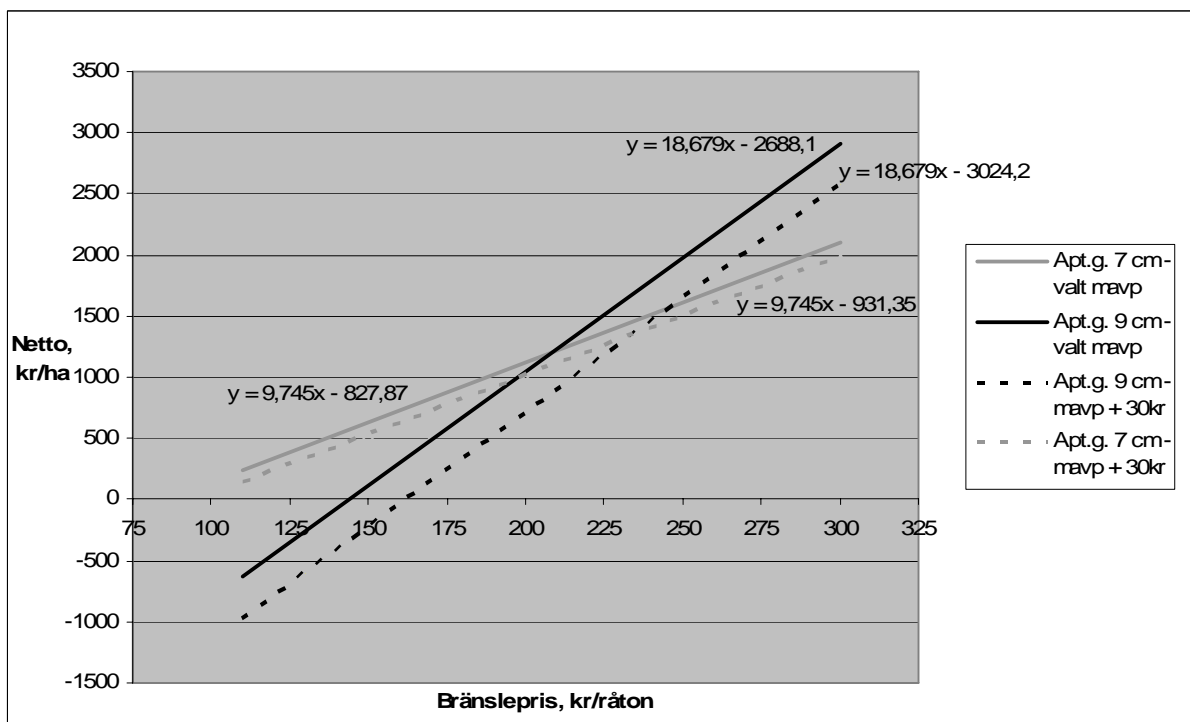
Med rådande prisbild (150 kr/råton bränsle och 240 kr/m<sup>3</sup>fub) talar ekonomin för en apteringsgräns på 7 centimeter före 9. Nettot i Snägden uppgick till 328 kr/ha för en apteringsgräns på 7 centimeter och 119 kr/ha för 9 centimeter. Motsvarande i Rödmyrdalen var 634 kr/ha och 114 kr/ha. Om priserna på trädbränsle däremot ökar kommer det att leda till att längre toppar blir mer fördelaktigt, förutsatt att inte massavedspriset gör detsamma. Figur 17 och 18 illustrerar hur skiftande prisnivåer på de olika sortimenten påverkar valet av apteringsgräns för de olika försökslokalerna.





Figur 17. Netto för de olika apteringsgränserna ( 7 resp. 9 cm) vid olika prisnivåer på bränslet och massaveden. Försöksbestånd Snägden.

Vad man kan utröna av figur 17 är att 7 centimeters apteringsgräns är lönsammare upp till ett cirkapris på 180 kr/råton för bränslet (under förutsättning att massavedspriset ligger låst på 240 kr/m<sup>3</sup>fub). Ändras massavedspriset, som i exemplet, till 270 kr/råton hamnar brytpunkten på ett bränslepris motsvarande cirka 205 kr/råton.



Figur 18. Nettot för de olika apteringsgränserna ( 7 respektive 9 cm) vid olika prisnivåer på bränslet och massaveden. Försöksbestånd Rödmördalen.

Figur 18 visar att 7 centimeters apteringsgräns är lönsammare upp till ett cirkapris på 205 kr/råton för bränslet (under förutsättning att massavedspriset ligger låst på 240 kr/m<sup>3</sup>fub). Ändras massavedspriset, som i exemplet, till 270 kr/råton hamnar brytpunkten på ett bränslepris motsvarande cirka 230 kr/råton.

Gemensamt för de båda bestånden är att en ökning av massavedspriset med 30 kr/m<sup>3</sup>fub flyttar upp brytpunkten mellan apteringsgränserna cirka 25 kr/råton. Bränslepriset måste alltså öka i stort sett lika mycket.

En slutsats som dras kring långa toppar metoden är att optimal värdeaptering kräver biomassafunktioner som tar hänsyn till trädets vertikala fördelning av stam- och grenvikten. Med en sådan funktion skulle man kunna implementera en helt ny apteringsalgoritm i skördardatorn som med hänsyn till rådande sortimentspriser skulle kunna finna en optimal apteringsgräns mellan konventionellt gagnvirke och lång topp för varje enskilt träd som behandlas.

Studien visade, i enighet med tidigare undersökningar, att den förväntade graden av spill vid konventionell grotanpassad avverkningsmetod ej är att underskatta. Långa toppar metoden som aktivt lämnar kvar minst 35 procent av grotbiomassan kan alltså förväntas ge en lika stor eller större bränsleskörd än den metod som avser att ta tillvara på så mycket av groten som möjligt. Praktiska försök bör dock göras i förstagallringar på contorta för att styrka hypotesen.

Bränsleskörden var i det närmaste lika vid konventionell grotanpassad metod med 50 procents spill som vid uttag av långa toppar med 7 centimeter diametergräns. Vilken metod är i ett sådant fall mest intressant? Sett till dagens maskinlösningar är alternativt långa toppar. En konventionell grotanpassad avverkning kräver ett utrymme som inte finns vid en förstagallring av contorta. Valet av metod styrs förvisso av en rad andra faktorer, ekonomin inte minst. Utgår man ifrån att bränslepriset är detsamma för ett råton lösgrot som för ett råton långa toppar så har givetvis lösgroten sin styrka i att den inte ger något bortfall av massaved. Drivningsekonomiskt kan man dock ifrågasätta lösgrotens lönsamhet. Uttag av långa toppar kan drivningsmässigt väntas vara mer kostnadseffektivt än uttag av lösgrot (muntlig referens Tomas Lundmark 2007). Enligt Hörnlund och Lundmark (1999) är prestationen vid skotning av långa toppar dubbelt så hög som vid skotning av lös grot. Denna skillnad förklaras främst av att lastvikten kan vara nästan tre gånger så hög vid skotning av långa toppar som vid skotning av lös grot.

Sett utifrån dagens teknik är därför långa toppar metoden den lösning som har förutsättningarna på sin sida. Beroende på apteringsgräns kommer minst 35 procent av grenbiomassan att lämnas kvar i beståndet. Detta gör risning av stickvägar möjligt, vilket är mycket betydelsefullt för drivningens skonsamhet i bestånden.

I tider med stigande drivmedelspriser är det i synnerhet viktigt att maximera lastvikterna för upprätthållandet av lönsamhet på transporterna. De första stegen i leveranskedjan (skörd och skotning) är helt avgörande för lastvikten senare på lastbil och med stöd av Hörnlund & Lundmark (1999) talar detta för långa toppar metoden. Faktorns betydelse stärks ytterligare av det faktum att de contortabestånd som avses att genomgå beståndsbehandling ligger i norra Sverige med långa transportavstånd som följd.

### **3.7 Grot från contorta, substitut för massaved på energimarknaden**

Vad som kan konstateras är att massaveden är en allt mer begärlig råvara. Tidigare i rapporten kunde det konstateras att ett ökat massavedspris tenderade att ge korta toppar vid långa toppar metoden. Orsaken till detta är den klena massaveden som vacklar mellan att ingå i bränsle- eller massavedsortimentet och som med stigande massavedspriser är mer värdefullt som massaved.

En intressant jämförelse som kan göras i detta läge är att översätta bränsleskörden till en volym energived (m<sup>3</sup>fub). Hur många kubikmeter massaved i form av energived kan tillskottet av contortans grot frigöra på energimarknaden? Utspädningseffekten kan bli ett användbart instrument eftersom man på så sätt kan få energiintressenter att rikta fokus mot denna råvarubas istället för att köpa upp andra mer värdefulla massavedstrakter.

I denna studie låg ett möjligt bränsleuttag vid 30% gallringsstyrka och tillämpning av långa toppar metoden på mellan 4,3-5,9 ton TS/ha för 7 cm apteringsgräns respektive 8,2-11,2 ton för 9 centimeter hos de två försökslokalerna. Grotens energiinnehåll i torrt tillstånd är 5,57 MWh/ton TS. Detta motsvarar 23,8 – 32,6 MWh/ha för 7 cm apteringsgräns respektive 44,9 – 62,4 MWh/ha för 9 centimeter. Energiinnehållet i stamved är 5,35 MWh/ton TS (enligt provbränningen). Det innebär att tillgänglig energi per hektar omräknat i stamved motsvarar mellan 4,5-6,1 ton TS/ha respektive 8,4 – 11,7 ton TS/ha. Provträdens medeldensitet låg i studien på 0,3725 ton TS/m<sup>3</sup>fpb vilket ger oss en motsvarande volym på 12,1- 16,4 m<sup>3</sup>fpb/ha respektive 22,6 – 31,3 m<sup>3</sup>fpb/ha. Omräknat i m<sup>3</sup>fub, med omräkningstalet 0,95 (Skogsstatistisk Årsbok 2007, 2007-08-29) får vi en volym på 11,5 – 15,6 m<sup>3</sup>fub/ha respektive 21,4 - 29,7 m<sup>3</sup>fub/ha.

Förlusten av massaved uppgick till mellan 3- 3,5 m<sup>3</sup>fub/ha (4,7 – 7,5%/ha) vid tillämpning av långa toppar metoden och apteringsgränsen 7 centimeter. Bränsleskörden omräknat till en vedvolym gav 11,5 till 15,6 m<sup>3</sup>fub/ha. Förhållandet motsvarar cirka 1:4. Genom att ”offra” en kubikmeter klenmassaved kan fyra kubikmeter frigöras från ett annat värdefullare bestånd som är mål för att bli uppköpt som energived. Nettotillförseln motsvarar 8,5-12,1 m<sup>3</sup>fub/ha. Den upp till 19 procentiga förlusten av massaved (7,9-11,2 m<sup>3</sup>fub/ha) som gjordes vid uttag av långa toppar vid 9 centimeters apteringsgräns gav motsvarande 21,4 - 29,7 m<sup>3</sup>fub/ha. Ett förhållande på cirka 1:2,5. I praktiken hade bränsleskörden kunnat ge en nettotillförsel motsvarande 13,5 – 18,5 m<sup>3</sup>fub/ha på energimarknaden. Man bör i snitt kunna räkna på ett förhållande 1:3. ”Offra en kubikmeter, få tre tillbaka”. Synbart är dock en avtagande effekt i förhållandet när apteringsgränsen flyttas från 7 till 9 centimeter, vilket skall beaktas.

SCA har nyligen gjort en avverkningsberäkning där man fastslagit att det årliga gallringsuttaget av contorta skall ligga kring 200 000 m<sup>3</sup>fub (muntlig referens Magnus Larsson SCA 2007). Räknat på en 10 års period ger detta 2 000 000 m<sup>3</sup>fub. Beroende på vilken eventuell bränslemetod och omfattning man väljer så finns det alltså indirekt ytterligare kubikmetrar att tillföra energimarknaden i form av energived. En tillämpning av långa toppar uttag med 9 centimeters apteringsgräns kan väntas ge ett massavedsbortfall på mellan 15-20%. 17,5% av 2 000 000 ger 350 000 m<sup>3</sup>fub. Med ett förhållande 1:3 kan den volymen i praktiken tillföra energimarknaden en grotmängd motsvarande drygt 1 miljon kubikmeter energived.

## 4. Slutsatser

- Genomgående för de två bestånden var att närmare 70 procent av den trädens totala biomassa ovan stubbskäret var allokerat i stammen ( inkl. bark ).
- Merskördspotentialen vid grotuttag uppgick till cirka 53 procent i det klenare beståndet och dryga 37 procent i det stamtätare.
- Merskörden vid uttag av långa toppar uppgick till mellan 21-26 procent vid den i försöket högsta apteringsgränsen 9 centimeter.
- Vid skörd av långa toppar tenderade topparna att väga lika mycket oavsett brösthöjdsdiameter på det uttagna trädet. Toppvikten var alltså relativt konstant. Orsaken tycks ligga i toppens fördelning mellan stamved och grenverk som samvarierar på ett sådant sätt att när stamveden ökar/minskar så minskar/ökar grenbiomassan med motsvarande.
- Längden på topparna varierade mellan 3,0 till 4,5 meter vid 7 cm apteringsgräns och 4,3 till 7,1 meter vid 9 cm apteringsgräns.
- Studiens provträd var till hälften klassade som ”gallringsträd” och till hälften som ”lämna kvar träd”. Av resultatet framgick att merskörden var cirka 15 procent större vid uttag av typiska gallringsträd. Om vi utgår från att maskinlagen i huvudsak väljer ut typiska ”gallringsträd” vid beståndsbehandling borde den relativa merskörden med andra ord kunna räknas upp.
- Befintliga stamvolymfunktioner (H. Eriksson) för contorta är fullt tillämpbara i dagens bestånd. SCA:s egna volymläsningsfunktioner underskattar dock volymen med uppskattningsvis 15 procent.
- Den finns såväl biologiska, tekniska och ekonomiska incitament som talar för tillämpning av långa toppar metoden. Lönsamheten påverkas i hög grad av rådande marknadspriser på energi och massaved.
- Skörd av trädbränsle i contortagallringar kan nyttjas för att spåda ut bränslemarknaden och därmed bidra till en minskad efterfrågan av industrived i form av energived. Studien visade att varje kubikmeter klenmassaved som ”offrades” vid användning av långa toppar metoden gav tillbaka energi motsvarande tre kubikmeter massaved.
- Studiens begränsningar bör beaktas och resultaten ska betraktas som indikativa eftersom endast två lokaler ingick i arbetet.
- Ytterligare studier bör göras kring contortans vertikala fördelning av stam- och grenbiomassa. Med en ny biomassafunktion som förklarar detta samband skulle en helt ny apteringsalgoritm i skördardatorn kunna implementeras. Med hänsyn till rådande sortimentspriser skulle en optimal apteringsgräns mellan konventionellt gagnvirke och lång topp för varje enskilt träd kunna beräknas.

## 5. Framtiden

Framtiden kan och kommer givetvis att erbjuda nya tekniska lösningar vilket omformar förutsättningarna för bränsleskörd. Biobränslesektorn växer snabbt i Sverige som ett resultat av stigande olje- och elpriser och gynnsam skattelagstiftning och vi har under kort tid kunnat se hur efterfrågan på skogsbränsle vuxit kraftigt. Suget är ifrån både biobränslebaserad värme- och elproduktion men även i övriga Europa har energisektorn börjat använda mer förnyelsebar energi. Flera länder har inte tillräckliga egna biobränsletillgångar utan importerar delar av sitt behov. En europeisk marknad för svenskt skogsbränsle är under framväxt (Sveaskog 2007). Det finns alltså många indikationer på att marknaden kommer att vara fortsatt het och att efterfrågan på skogsbränsle kommer att stiga.

Med marknaden följer också incitamenten att ta fram olika tekniska lösningar. Av detta skäl finns det ingen anledning att totalt förkasta tankarna om att kunna tillämpa metoder som avser att ta tillvara på så mycket grotbiomassa som möjligt i contortagallringar. I dagsläget jämför vi två metoder som kanske är urfasade om tio år, kanske tidigare. Då efterfrågan väntas öka på skogsbränsle, med troliga prisstegringar som följd, kan detta på sikt leda till att lösningar där en större del av trädbiomassan nyttjas. Andra metoder än långa toppar kan tänkas bli mer fördelaktiga, exv. metoder för helträdsuttag. Contortans potential som bränsleproducent skulle i ett sånt scenario växa ännu mer, i synnerhet i bestånd som planterats i glesa förband där kraftiga grenar skjutit ut.

Utvecklingen verkar gå mot skogsmaskiner för samtidig virkes- och skogsbränslehantering (Skogforsk 2007). Målet är att bränslet skall levereras i komprimerad form, företrädesvis i buntar. Enligt samma källa finns det en stor potential att effektivisera skogsbränslehanteringen och om tekniken förverkligas är forskarnas bedömning att kostnaden för skogsbränsle kan sänkas med 20-40 procent. Det skulle i sin tur betyda att stora volymer skogsbränsle plötsligt görs ekonomiskt tillgängliga, detta eftersom långa transportavstånd är en avgörande faktor i skogsbränslekalkylen. Med avverkningresterna komprimerade till stockform kan bränslet bli lönsamt att frakta längre sträckor och därmed ge goda förutsättningar för att på sikt göra Sverige till en stor trädbränsleproducent. Med rätt teknik har Sverige en mycket stor potential att producera och leverera miljövänlig energi till samhället.

## 7. Referenser

### 7.1 Litteratur

- 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 introduction 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, klibbal och contortatall. Institutionen för skogsproduktion. Skogshögskolan. Stockholm. Rapporter och uppsatser 1973:26. 26 s.
- 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.
- 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.
- Hörnlund, T. och Lundmark, T.** 1999. Systemstudier av skogsbränsleanpassad slutavverkning i Västerbotten. SLU, Vindelns försöksparker, Skog&Trä 1999:2.
- Kero, I**, 2007. Utbyte av massaved och biobränsle i några typbestånd av Contorta (Yield of pulpwood and bioenergy in different stands of lodgepole pine). SLU. Inst. för skogens ekologi och skötsel. Rapport 2007:13
- Norgren. O, Elfving. B**, 1995. Tall eller Contorta, SLU Fakta Skog nr 15.
- 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.

## **7.2 Internet**

Skogsstyrelsen 2007-01-23

<http://www.svo.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=11217>

Energimyndigheten 2007-01-07

<http://www.stem.se/>

Forest Industries 2007-01-07

<http://www.forestindustries.se/LitiumDokument20/GetDocument.asp?archive=3&directory=786&document=6353>

SCA SKOG 04/05 / 20 mars 2006/Info/A (Internet), SCA 2006-11-07

<http://www.forestproducts.sca.com/modules/pdf/presentations/skog/05/InternetSkog05sv.pdf>

Biobräsletekniskt Centrum, SLU Umeå. 2006-11-03

<http://www.btk.slu.se/swe/avdelningar/btc/default.cfm>

Svenska Fjärrvärmeföreningen 2006-11-06

<http://www.svenskfjarrvarme.se>

SVEA Skog, 2007-01-27

[http://www.sveaskog.se/upload/sveaskog\\_www\\_06/sveaskog\\_ar\\_redovisn\\_06/pdf/Omvarld\\_och\\_marknad.pdf](http://www.sveaskog.se/upload/sveaskog_www_06/sveaskog_ar_redovisn_06/pdf/Omvarld_och_marknad.pdf)

Skogforsk 2007-01-27

[http://www.skogforsk.se/templates/SF\\_DocumentDownload\\_2852.aspx](http://www.skogforsk.se/templates/SF_DocumentDownload_2852.aspx)

Skogsstatistisk Årsbok 2007, 2007-08-29

<http://www.svo.se/episerver4/dokument/sks/Statistik/Arsbok/-F.%20Bilagorna.pdf>

Vedpärmen, 2006-11-06

<http://www.novator.se/bioenergy/wood/A4.pdf>

## **7.3 Muntliga**

**Nils-Göran Viklund**, maskinförare SCA 2006-07-20

**Thomas Johansson**, SCA Skog, Sundsvall 2006-11-19

**Magnus Larsson**, SCA Skog, Sundsvall 2007-03-20

**Lennart Magnusson**, SCA Norrbränslen, Östersund 2006-11-04

**Tomas Lundmark**, Vindelns Försöksparker SLU, Umeå 2007-05-01

## 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 (Ala-Lombolo) i Kiruna kommun
- 2007:13 Författare: Irina Kero  
Utbyte av massaved och biobränsle i några typbestånd av Contorta