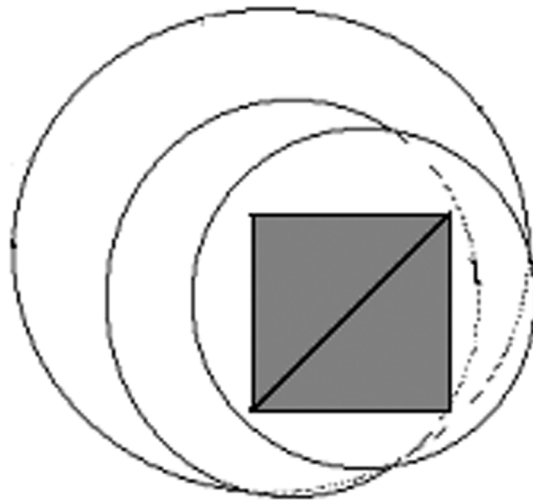




Timmersorteringens inverkan på sågverksekonomin

*The effects of timber-sorting
on sawmill economy*



Martin Hansson

Handledare: Mattias Boman, SLU

Magnus Widerström, Södra Timber

Examensarbete nr 45

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp juni 2003

Förord

Examensarbetet är genomfört inom ämnet skogshushållning vid institutionen för Sydsvensk Skogsvetenskap vid SLU (Sveriges lantbruksuniversitet) i samarbete med Södra Timber. En empirisk del är utförd på Södra Timber Lenhovda med ett provstocksurval och en provsågning.Handledare från SLU var Mattias Boman och från Södra Timber Magnus Widerström.

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare Mattias Boman och Magnus Widerström som gett goda råd och varit till stor hjälp under arbetets gång. Jag vill även tacka Peter Norrman som varit min kontaktperson på Södra Timber och ansvarig för finansieringen av examensarbetet, samt till Magnus Christensson och Anders Edbro som ordnat kartor och råvaruuppgifter från Södra Timber. Tack till alla arbetande vid sågverket som svarat på, och resonerat kring frågor som uppkommit under arbetet, och speciellt tack till sågverksarbetarna Christer Gunnarsson och Thomas Gunnarsson. Jag vill till sist tacka Mats Nylinder och Ola Sallnäs som gett bra förslag på referenser, samt Magnus Rooth som ur en skogsförvaltares synvinkel delgivit sina tankar kring examensarbetets innehåll och upplägg.

Alnarp, juni 2003

Martin Hansson

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
SUMMARY.....	6
1 INTRODUKTION.....	7
1.1 BAKGRUND	7
1.2 PROBLEMFÖRMULERING.....	8
1.3 SYFTE.....	8
1.4 ARBETETS DISPOSITION	8
2 TEORI.....	9
2.1 TIMMERSORTERINGENS PÅVERKAN PÅ SÅGAT RESULTAT	9
2.2 VÄRDEBESTÄMNING AV SÅGAT RESULTAT	13
3 MATERIAL OCH METOD.....	16
3.1 OMFATTNING	16
3.2 FÖRUTSÄTTNINGAR.....	16
3.3 URVAL AV PROVSTOCKAR	17
3.4 INMÄTNING	17
3.5 PROVSÅGNING.....	18
3.6 VÄRDEUTBYTESBERÄKNING	19
4 RESULTAT	20
4.1 TIMMERKLASSENS SAMMANSÄTTNING.....	20
4.2 PROVSÅGNINGENS RESULTAT	21
4.3 VÄRDEUTBYTEN.....	22
5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	25
5.1 DISKUSSION	25
5.2 FELKÄLLOR	27
5.3 SLUTSATSER.....	27
6 REFERENSER.....	28

BILAGOR

1. INMÄTTA VARIABLER FÖR STUDIENS PROVSTOCKAR.
2. LÄNGDFÖRDELNING AV SÅGAD VOLYM TALL PÅ SÖDRA TIMBER LENHOVDA.
3. PRISER OCH KOSTNADER FÖR OLIKA UTBYTEN OCH TIMMERKLASSER.
4. VÄRDEUTBYTESDIFFERENSENS SAMBAND MED TIMMERKLASS OCH STOCKLÄNGD.
5. RELATIVT SÅGAT VOLYMUUTBYTE VID FÖRSÅGNING I OLIKA TIMMERKLASSER.

Sammanfattning

Sågverk utnyttjar råvaran och produktionskapaciteten allt mer effektivt i och med stigande råvarupriser och ökande produktionskostnader. Stockars krokighet inverkar negativt på sågat utbyte för sågverk som endast har möjlighet till raksågning. Det är därför önskvärt att dessa stockar sorterar med fler villkor vid timmersorteringen, för att om möjligt förbättra deras värdeutbyte och därmed råvaruutnyttjandet.

Båghöjder större än 1 cm påverkar sågat utbyte negativt, då mantelytan skär ner i postningsmönstret. Det kan leda till reducerat värdeutbyte och en mindre förutsebar produktionsplanering. Närmare hälften av Sveriges timmerfångst har en båghöjd större än 1 cm. Så små båghöjder är för ögat nästan omöjliga att upptäcka om inte tillgång till avancerad mätutrustning finns, en 3d-mätarm.

Sågverkschef Magnus Widerström på Södra Timber Lenhovda har tagit initiativet till en undersökning av problematiken kring sågverkets timmersortering, och det ekonomiska utbytet av att ta större hänsyn till krokighet vid sortering av timmer.

Ett provstocksurval på 110 stockar från en timmerklass med diameterintervallet 23-23,9 cm ligger till grund för studien och dess resultat. Dessa valdes slumpmässigt ut vid inmätningstationen av VMF Syd (Virkesmätningssällskapet i Syd), och mättes in manuellt på sågverksplan. Provstockarna försågs sedan i sågverkets såglinje (en raksåglinje med fast postning) med ett förutbestämt postningsmönster, som valts enbart utifrån provstockarnas toppdiameter på 23 cm.

En teoretisk modell för en alternativ timmersortering upprättades, där förutom toppdiameter även avsmalning och krök var påverkande variabler vid val av timmerklass. Villkoret var att krokiga provstockars sågade utbyten helt skulle klara sig från vankant. Ett möjligt sågat värdeutbyte beräknades med avseende på den nya valda timmerklassens postningsmönster. Det beräknade värdeutbytet jämfördes med provsågat resultatets värdeutbyte. Värdeutbytesdifferensen påvisar om vinsten påverkas positivt av att sortera med fler villkor vid timmersorteringen, än vad som görs idag.

Resultaten visar att värdeutbytet sjunker med ökad båghöjd, om timmersorteringen görs enbart med hänsyn till toppdiameter. Värdeutbytesdifferensen visar att vinsten ökar om krokiga stockars sorteringsdiametrar reduceras med upp till 2 cm. För större reduktion av sorteringsdiametern uppkommer en förlust.

Om studiens teoretiska modell skulle ha påverkat valet av timmerklass vid timmersorteringen, så skulle en total vinstökning på 300 kr, eller 9 %, ha varit möjlig för provstockarna. Om man är villig att anta att studiens resultat är generaliserbara till större sågade volymer kan beräkningar på timmerklassens och sågverkets totala sågade volym göras. Då skulle vinstökningen för hela timmerklassen F23:s försågade volym på 4 500 m³ to för år 2002 ha blivit ca 70 000 kr, och för ett helt års försågning av 200 000 m³ to för år 2002 ca 3 000 000 kr.

Fler villkor kan användas vid befintlig timmersortering, men först efter att ett mer avancerat mätinstrument installerats. Då kan råvaran potentiellt utnyttjas mer effektivt och produktionsplaneringen ytterligare förbättras.

Summary

Modern sawmills are using the raw-material and the production-capacity more efficiently today, due to rising raw-material prices and higher production costs. Log sweepness has a negative effect on the sawn yield, for sawmills with straight-sawing. It is desirable that these logs could be sorted based on more criteria, if it increases value-yield and consequently the utilization of raw-material.

Bow-heights over 1 cm have a negative effect on sawn yield, since the surface of the mantle cuts down in the sawn pattern. Some of these small bow-heights reduce the logs yield of value which affects the production planning negatively. Nearly half of all the Swedish logs have a bow-height over 1 cm. Small bow-heights are almost impossible to detect without a 3d-optical log-scanner.

Magnus Widerström, manager of the sawmill Södra Timber Lenhovda, has initiated a closer examination of the timber-sorting problem for this sawmill, and if more criteria in the timber-sorting could increase the economical profit.

The results are based on a sample of 110 logs from one timber-class, with a diameter interval of 23-23,9 cm, arriving at the sawmill in Lenhovda. These logs were randomly selected at the measuring station by VMF (the wood-measuring association), and were then manually measured. The logs were sawn in a straight-sawing sawline with a fixed sawing-pattern, which was chosen according to the logs topdiameter at 23 cm.

A model for an alternative timber-sorting was established, where the log was sorted not only based on topdiameter, but also on taper and sweep, for the determination of timber-class. These criteria ensured that the surface of the log not entered the sawn yield. A possible sawn value-yield was estimated based on the alternative timber-sorting and sawing pattern. This estimated value-yield was compared with the actual value-yield, of the sawn logs. The difference in value-yield showed if it is profitable to apply the alternative timber-sorting.

The results show that the value-yield decreases with increased bow-height, if the timber-sorting only depends on the topdiameter of the log. The value-yield difference shows that the profit from swept logs increases if the sorting-diameter is reduced with up to 2 cm. Bigger reductions of the sorting-diameter involves a loss.

If the alternative timber-sorting model had been applied, the sawmill would have increased its profit by 300 sek or 9 % for the 110 logs. If one is willing to generalize the results of the study to a larger sawn volume, the sawmill would have had a potential for an increased profit of 70 000 sek for the whole timber-class sawn volume of 4 500 m³ (by top measurement) in 2002. For the sawn volume of a whole year, 200 000 m³ (by top measurement) in the year 2002, the potential profit increase is about 3 000 000 sek.

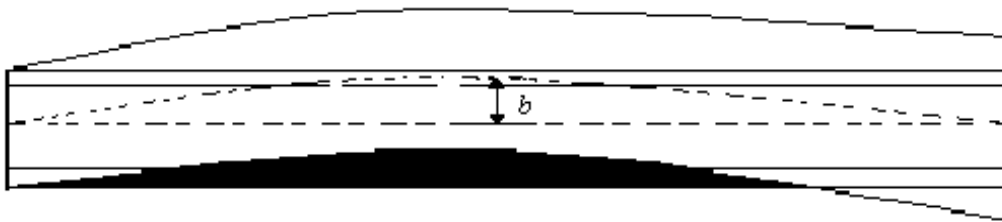
If a more efficient log-scanner is installed, more criteria could be used in the timber-sorting. Then the raw-material could potentially be used more effectively and the production-planning could be further improved.

1 INTRODUKTION

1.1 BAKGRUND

Sågverksindustrin har sedan början av 1990-talet genomgått flera förändringar. Datorn har gjort att fler verksamhetsområden på sågverk har kunnat automatiseras (Grace, 1993). Råvaran och resultatet av sönderdelningen har ökat i betydelse (Nylinder, 1991). Ökade råvaru- och produktionskostnader har varit och är starkt pådrivande faktorer för att bättre kunna förutsäga det sågade resultatet. Råvaran och produktionskapaciteten måste alltså utnyttjas ännu mera effektivt (Grace, 1993; Grace et al. 1995), bl a genom att skaffa större kunskap om varje stock (Blomqvist et al. 1988; Sederholm, 1984; Möller et al. 2000).

Trots det är kunskapen om vad en stock innehåller eller vilken del av stammen stocken kommer ifrån i vissa fall mindre avgörande än stockformen, för både timmersorteringen och det sågade resultatet (Sederholm, 1984). Det gäller främst bulksågverken, framförallt de sågverk som har en raksåglinje med fast postning där stockarna sorteras efter toppdiameter (Sederholm, 1984). I en sådan såglinje kommer krokiga stockar som inte sorterats med hänsyn till krök att sågas med ett dåligt utbyte som resultat (Widerström, 2003). Såglinjen kan inte följa stockens centrumlinje på samma sätt som hos en rak stock och vankant uppstår då på delar av det sågade utbytet, se figur 1:1.



Figur 1:1. Krökens inverkan på sågat sido- och centrumutbyte för ett visst postningsmönster. Förkortningen b står för båghöjd.

Volymutbytet och därmed värdeutbytet skulle kunna öka med upp till 2 %, om det fanns möjlighet att följa en krokig stocks centrumlinje (kroksågning) i stället för att tillämpa raksågning (Sederholm, 1984). Krökens negativa inverkan definieras som båghöjd, och mäts mitt på stocken mellan centrumlinjen och en rät linje mellan topp- och rotändens centrum. Vid raksågning påverkas sågat utbyte negativt av båghöjder över 1 cm, då mantelytan skär ner i postningsmönstret (figur 1:1). Närmare hälften av Sveriges timmerfångst har båghöjder större än 1 cm (Sederholm, 1984), vilka i princip är omöjliga att upptäcka för blotta ögat såvida det inte finns tillgång till en 3d-mättram (Grundberg et al. 2001).

Den empiriska delen av examensarbetet har utförts vid Södra Timber Lenhovda, ett medelstort sågverk som har en raksåglinje med fast postning. De har problem med att delar av sågat utbyte är för dåligt för att kunna säljas, och flisas därför istället. Till stora delar beror detta på båghöjdens negativa inverkan på sågat utbyte. Vid den befintliga timmersorteringen tas det liten hänsyn till krokiga stockar med små båghöjder (1-4 cm), eftersom varje mätare (anställd av Virkesmätningssällskapet, VMF) endast gör en visuell bedömning av båghöjdens storlek (vilken är svår att uppskatta) och möjlig inverkan på sågat utbyte. Mätramen som används kan enbart mäta stockens diameter och längd. Sågverkets timmersortering tar därmed främst hänsyn till toppdiameter (10 cm in från toppände) vid val av timmerklass.

För sågverkets produktionsplanering är det viktigt att det förväntade sågade resultatet överrensstämmer med verkligt sågat resultat. Risken för misstag är annars stor. Om större hänsyn tas till hur såglinjen behandlar krokiga stockar vid timmersorteringen är det lättare att

förutsäga ett sågat utfall, som eventuellt förbättrar produktionsplaneringen (Widerström, 2003).

1.2 PROBLEMFORMULERING

Detta arbete försöker besvara tre centrala frågeställningar.

Hur ser sammansättningen av toppdiameter, avsmalning och krök ut för en timmerklass?

Hur ser, med dagens timmersortering, sågat resultat ut för en timmerklass?

Hur påverkas värdeutbytet för en timmerklass när även hänsyn tas till avsmalning och krök vid timmersorteringen?

1.3 SYFTE

Syftet är att utifrån en teoretisk modell undersöka möjligheterna att förbättra krokiga stockars sågade resultat vid en alternativ timmersortering, jämfört med befintlig timmersortering. Variablerna toppdiameter, avsmalning och krök används som villkor i den alternativa timmersorteringen för att påverka sågat resultat.

Syftet med det empiriska momentet vid Södra Timber Lenhovda är att fastställa den nuvarande sammansättningen av toppdiameter, avsmalning och krök för en timmerklass och dess sågade utbytesresultat. Utifrån detta undersöks om någon vinst finns med att tillämpa en alternativ timmersortering. Detta genomförs med ett provstocksurval i en timmerklass och en provsågning.

1.4 ARBETETS DISPOSITION

Arbetet inleds med en genomgång av teorin kring hur sågat utbyte beror på timmersorteringens olika villkor. Syftet är att tydliggöra timmersorteringens betydelse för ett sågverks sågade resultat och ekonomi.

Arbetets material, metod och resultat bygger på ett antal provstockar som sorterats ut slumpmässigt ur en timmerklass. Fyra aspekter undersöks:

- Timmerklassens sammansättning av toppdiameter, avsmalning och krök.
- Provsågning utifrån dagens timmersortering.
- Omsortering av provstockarna med en alternativ timmersortering och beräkning av möjligt sågat värdeutbyte.
- En jämförelse mellan provsågat resultats värdeutbyte och beräknat värdeutbyte, som beskriver om det finns någon möjlig vinst med att ta hänsyn till avsmalning och krök vid timmersorteringen.

Avslutningsvis följer en diskussion och vissa slutsatser kring åtgärder som kan förbättra timmersorteringen och sågat resultat för sågverket.

2 TEORI

Volymutbytet och därmed värdeutbytet skulle kunna öka med upp till 2 %, om det fanns möjlighet att följa en krokig stocks centrumlinje (kroksågning), i stället för att tillämpa raksågning (Grace, 1993; Grundberg et al. 2001; Grönlund, 1992; Sederholm, 1984; Weslien, 1990).

Kurvsågning är inte möjlig vid Södra Timber Lenhovda, vilket motiverar en modell som kan förbättra krokiga stockars sågade utbyten vid raksågning. Sågverkets volymutbyte skulle eventuellt kunna höjas genom en noggrannare inmätning och timmersortering av stockar, där hänsyn tagits till toppdiameter, avsmalning och krök (Sederholm, 1984).

Vid timmersortering utan hänsyn till avsmalning och krök, är toppdiametern lika med sorteringsdiametern. Stocken sorteras i den timmerklass vars diameterintervall överrensstämmer med sorteringsdiametern. Vid hänsyn till avsmalning och krök definieras sorteringsdiametern när mantelytan (stockens ytterhölje) inte längre skär ner i stockens centrumutbyte (fyrkantsblock). Alla krokiga stockar antas ha en jämn långkrök som är symmetrisk. Då är båghöjden (mått på krokighet) mitt på stocken det största avståndet mellan stockens centrumlinje och en rät linje mellan stockens topp- och rotändes centrum.

Centreringen i såglinjen är ytterligare en viktig faktor för timmersorteringen och sågat utbyte. Generellt centreras stockarna vid 25 % och 75 % av längden från toppändan räknat, men i den teoretiska beskrivningens första skede centreras de vid deras topp- och rotända.

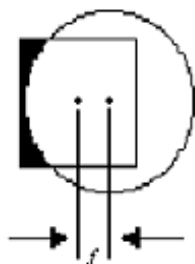
Teorin har också syftet att beskriva *värdeutbytet* (intäkter minus kostnader) för de två timmersorteringsalternativen. Resultatet av en jämförelse mellan dessa värdeutbyten bör kunna visa om en mer noggrann timmersortering är lönsam.

2.1 TIMMERSORTERINGENS PÅVERKAN PÅ SÅGAT RESULTAT

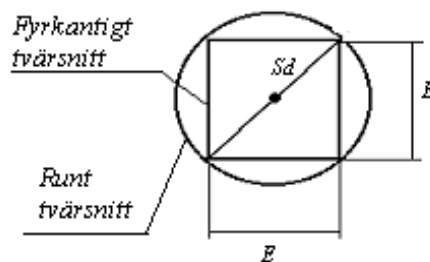
Timmersorteringens uppgift är att sortera stockarna i olika timmerklasser, så att deras sågade utbyten klarar sig från vankant. Det förenklar produktionsplaneringen om man vet hur stockarnas sågade resultat blir. När liten hänsyn tas till avsmalning och krök vid timmersorteringen, kommer krokiga stockar att få ett inläggningsfel vid försågning och påverka sågat utbyte negativt. Inläggningsfelet är avståndet mellan stockens topp- och rotändes centrum (runt tvärsnitt) och centrumutbytets tvärsnitts centrum mitt på stocken (fyrkantigt tvärsnitt), se figur 2:1. Känner man till att inläggningsfel förekommer på g a krokigheten, så kan fler villkor vid timmersorteringen eliminera inläggningsfelets påverkan på sågat utbyte, och produktionsplaneringen kan bli mer förutsägbar.

Det första timmersorteringskravet vid val av timmerklass för en stock är toppdiametern, som oftast är minsta diametern. Sorteringsdiametern (S_d) beräknas genom Pytagoras sats, och utgår från en rätvinklig triangel med benen E som utgör centrumutbytets sidor samt hypotenusan som utgör stockens sorteringsdiameter (S_d), se ekvation 2:1 och figur 2:2 (Sederholm, 1984).

$$S_d = \sqrt{(E^2 + E^2)} = \sqrt{2E^2} = E \times \sqrt{2} \quad (2:1)$$



Figur 2:1. Förskjutning mellan centrumutbytets centrum och stockens runda tvärsnittets centrum mitt på stocken (Sederholm, 1984). Inläggningsfelet i delningssågen är f .



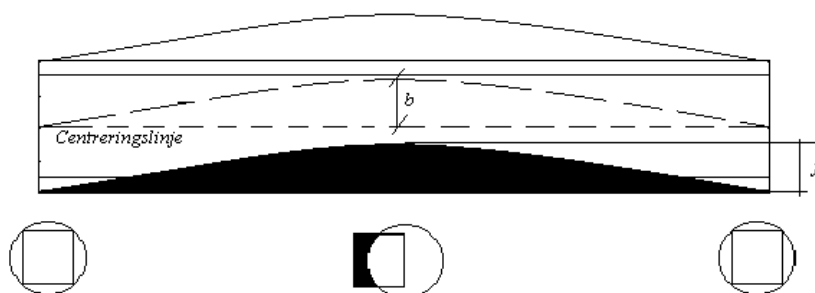
Figur 2:2. Största möjliga centrumutbyte, inom stockens toppdiameter (Sederholm, 1984). E är centrumutbytets sidor och Sd är stockens sorteringsdiameter (toppdiameter).

Mätarmar av typen 3D-mätarm har möjligheten att sortera stockarna efter toppdiameter, avsmalning och krök. Sorteringsdiametern kallas då blockdiagonal men har samma innebörd som sorteringsdiameter (Grundberg et al. 2001).

Toppdiameter som enda villkor vid timmersorteringen är enbart avsedd för stockar utan formfel, då deras centrumutbyte och runda tvärsnitt mitt på stocken har samma centrum (figur 2:2). Krokiga stockar kräver även avsmalning och krök som sorteringsvillkor för att klara sågat utbyte från vankant (Sederholm, 1984). Inläggningsfelet för krokiga stockar är lika med båghöjden, när avsmalningen är lika med noll, se figur 2:3.

Differensen mellan en stocks rot- och toppdiameter dividerat med hela stocklängden ger en medelavsmalning (a_{medel}) och är en tolerans, en positiv motverkande effekt på inläggningsfelet. Avsmalningens (a) storlek vid ett visst längdläge anges som medelavsmalningen gånger avståndet till topp från valt längdläge (l), se ekvation 2:2 (Sederholm, 1984).

$$a = a_{medel} \times l \quad (2:2)$$



Figur 2:3. Krökens inverkan på sågat sido- och centrumutbyte, avsmalningen är lika med noll. Inläggningsfelet är f och är lika med b som är båghöjden (Sederholm, 1984).

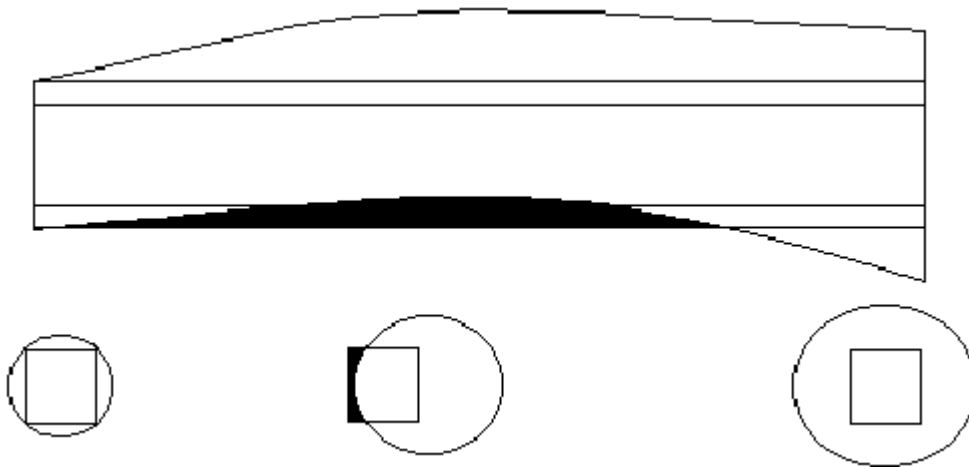
Inläggningsfelet f beskriver hur mycket mantelytan kommer att skära ner i centrumutbytet på ena stockhalvan, som för hela stocken ger ett totalt inläggningsfel på $2f$. Dubblingen av inläggningsfelet följer av symmetri kring stockens topp- och rotända. Om sorteringsdiametern minskas med f på ena sidan om stockcentrum så måste den också minskas med f på andra sidan, om ett kvadratisk centrumutbyte skall erhållas. Då avsmalningen är lika med noll och båghöjden är lika med inläggningsfelet, bestäms sorteringsdiametern (Sd) enligt ekvation 2:3 (Sederholm, 1984).

$$Sd(b) = (E\sqrt{2}) + 2f = (E\sqrt{2}) + 2(-b) \quad (2:3)$$

Om avsmalningen läggs till för stocken i figur 2:3 reduceras inläggningsfelet av halva avsmalningen, och beskrivs i ekvation 2:4 och figur 2:4.

$$f = \frac{a}{2} - b \quad (2:4)$$

Villkor: avsmalningen är beräknad vid samma längdläge som båghöjden är mätt, d v s på stockens halva längd.



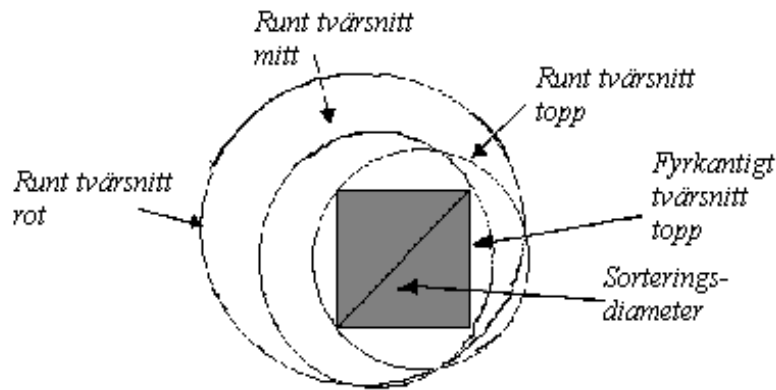
Figur 2:4. Krökens inverkan på sågat centrum- och sidoutbyte, avsmalningen är större än noll (Sederholm, 1984).

Om villkoren *toppdiameter*, *avsmalning* och *krök* läggs samman som påverkande faktorer vid val av sorteringsdiameter, kommer stockens sågade utbyte att klara sig helt från vankant (Sederholm, 1984), se figur 2:5 och ekvation 2:5. Om avsmalningen är större än båghöjden blir den teoretiska sorteringsdiametern större än toppdiametern, som är den största möjliga diametern vid timmersorteringen. Därför gäller villkoret vid beräkning av sorteringsdiametern, att dess största möjliga sorteringsdiameter aldrig kan bli större än toppdiametern.

$$Sd(a,b) = E\sqrt{2} + 2f = E\sqrt{2} + a - 2b$$

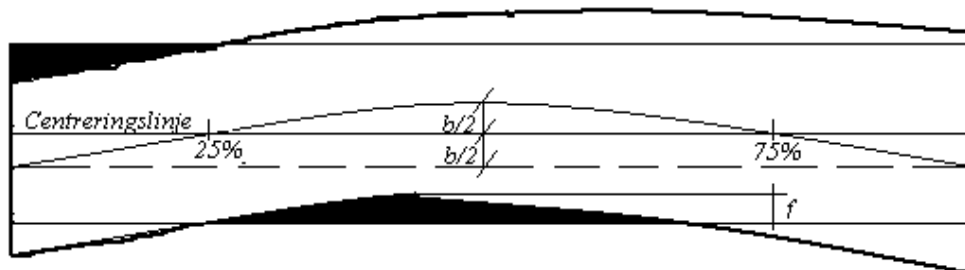
$$\text{villkor: } \left(f = \frac{a}{2} - b \right), \text{ centrering vid topp- och rotända och} \quad (2:5)$$

$$Sd(a,b) \leq E\sqrt{2}$$



Figur 2:5. En stock sorterad med hänsyn till toppdiameter, avsmalning och krök.

Vid Södra Timber Lenhovdas såglinje är centreringspunkterna inte belägna vid stockens topp- och rotända, som tidigare angivits, utan vid 25 % respektive 75 % av längden från toppändan räknat. Enda skillnaden är att vardera centreringsläge förskjutits 25 % närmare mitten. Det innebär att avståndet till mitten där båghöjden är som störst halveras. Avsmalningen påverkas ej av den förändrade centreringen utan bibehåller sin tolerans mot båghöjden, likaså är toppdiametern oförändrad. Därmed har båghöjden i inläggningsfelet f halverats varvid det totala inläggningsfelet $2f$ blir $a-b$ på sågat utbyte, se figur 2:6.



Figur 2:6. Postningsmönstrets påverkan för en krokig stock, sågad på Södra Timber Lenhovda. Halva båghöjden mitt på stocken är $b/2$, f är inläggningsfelet och procentalen står för stockens centreringspunkter i såglinjen.

Ekvation 2:6 beskriver sorteringsdiametern för krokiga stockar med avsmalningen större än noll som sorterats efter villkoren *minsta diameter*, *avsmalning* och *krök*, och som centrerats vid 25 % respektive 75 % in på stocken från toppändan räknat.

$$Sd(a,b) = E\sqrt{2} + 2f$$

(2:6)

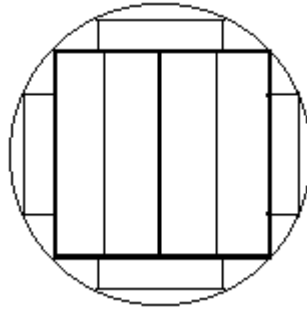
Villkor: $\left(f = \frac{a-b}{2} \right)$, centrering vid 25 % och 75 % in från

toppändan och $Sd(a,b) \leq E\sqrt{2}$.

Sönderdelningsprocessens resultat som beror av inläggning och inläggningsfel för krokiga stockar är mer ingående beskrivet i "Sågverksteknik del II" (Grönlund, 1992).

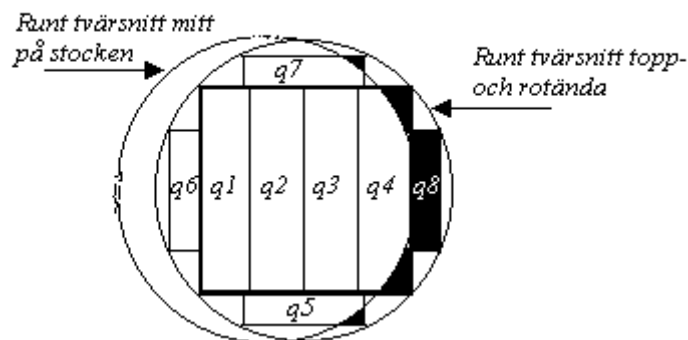
2.2 VÄRDEBESTÄMNING AV SÅGAT RESULTAT

Den geometriska beskrivningen av problemet ger en möjlighet att matematiskt beräkna om det finns någon ekonomisk nytta med att ta hänsyn till krök, vid sorteringen av timmer i olika timmerklasser. Stockars beräknade sågade värdeutbyte grundar sig på ett postningsmönster som passar för en viss sorteringsdiameter, som i sin tur passar i ett visst diameterintervall (timmerklass). Värdeutbytet innefattar intäkterna från stockens sågade utbyte och kostnaderna för dess anskaffning och sönderdelning. Timmerklassens minsta diameter bestämmer postningsmönstrets maximala kvadratiske centrumutbyte (beror av E) och utanför detta ett sidoutbyte. Ett allmänt postningsmönster för en stock ser ut som figur 2:7 visar.



Figur 2:7. Allmänt postningsmönster.

En rak stock som sågas i postningsmönstret för sorteringsdiametern som figur 2:7 visar ger ett felfritt sågat utbyte (inga vankanter). Om en *krökig* stock med samma sorteringsdiameter och postningsmönster försågas, kommer dess mantelyta att skära igenom ner i postningsmönstret, och delar av det sågade utbytet blir behäftat med vankant, se figur 2:8.



Figur 2:8. Krökig stock, sorterad endast med hänsyn till toppdiameter. Det mörkklagda är vankant på mitten av sågat utbyte.

Värdeutbytet för en krokig stock kan teoretiskt beräknas för de två sorteringsalternativen, att ta hänsyn till enbart toppdiameter, alternativt toppdiameter, avsmalning och krök. Ett allmänt uttryck för ett värdeutbyte hos en stock som enbart sorterats med hänsyn till toppdiameter kan beskrivas enligt ekvation 2:7 (Orvér, 1970):

$$\left[\frac{p_{10}q_{10} + p_9q_9 + \sum_{i=1}^8 [p_iq_i]}{v_{to}} - k \right] = w \quad (2:7)$$

p_i = Priset i kr/m³to för sågutbytet i där $i=1,2,\dots,8$

q_i = Volymen i m³to för sågutbytet i där $i=1,2,\dots,8$

p_9 = Priset i kr/m³to för utbytet spån

q_9 = Volymen i m³to för utbytet spån

p_{10} = Priset i kr/m³to för utbytet flis

q_{10} = Volymen i m³to för utbytet flis

v_{to} = Stockens volym enligt toppmätning i m³to ub

$k = [x_j + u_k]$ där x_j är anskaffningskostnaden (kr/m³to ub) för en stock j i timmerklassen j (F18,...,F23) som sågas i timmerklassen k (F18,...,F23)

med sönderdelningskostnaden (kr/m³to ub) u_k , villkoret i detta fall är att $j = k$. Timmerklassbeteckningarna F18, ..., F23 står för furu i

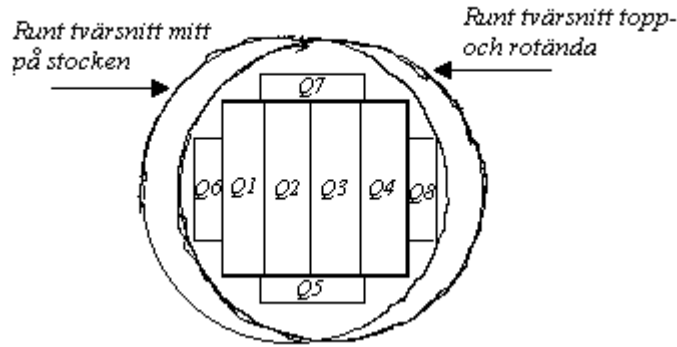
diameterintervallerna 18-18,9 cm, ..., 23-23,9 cm.

w = värdeutbytet i kr/m³to ub

Stocken i figur 2:8 som endast sorterats efter *toppdiameter* får värdeutbytet w enligt ekvation 2:8, och bygger på ekvation 2:7.

$$\left(\frac{\left(p_{10}(q_4 + q_5 + q_7 + q_8 + q_{10}) + p_1q_1 + p_2q_2 + p_3q_3 + p_6q_6 + p_9q_9 \right)}{v_{to}} - k \right) = w \quad (2:8)$$

Om stocken sorterats med hänsyn till *toppdiameter*, *avsmalning* och *krök* ges den en lägre sorteringsdiameter och ett annat postningsmönster. Timmerklassen för den lägre sorteringsdiametern har ett krympt postningsmönster och det sågade utbytet klarar sig helt från vankant, se figur 2:9.



Figur 2:9. Krokig stock, sorterad med hänsyn till toppdiameter, avsmalning och krök.

Ett allmänt uttryck för ett värdeutbyte hos en stock som sorterats med hänsyn till toppdiameter, avsmalning och krök kan beskrivas enligt ekvation 2:9.

$$\left[\frac{P_{10}Q_{10} + P_9Q_9 + \sum_{i=1}^8 [P_iQ_i]}{v_{to}} - K \right] = W \quad (2:9)$$

P_i = Priset i kr/m³to för sågutbytet i där $i=1,2,\dots,8$

Q_i = Volymen i m³to för sågutbytet i där $i=1,2,\dots,8$

P_9 = Priset i kr/m³to för utbytet spån

Q_9 = Volymen i m³to för utbytet spån

P_{10} = Priset i kr/m³to för utbytet flis

Q_{10} = Volymen i m³to för utbytet flis

v_{to} = Stockens volym enligt toppmätning i m³to ub

$K = [x_j + u_k]$ där x_j är anskaffningskostnaden (kr/m³to ub) för en stock i timmerklassen j (F18, ..., F23) som sågas i timmerklassen k (F18, ..., F23) med sönderdelningskostnaden (kr/m³to ub) u_k , villkoret i detta fall är att $j \geq k$. Timmerklassbeteckningarna F18, ..., F23 står för fur i diameterintervallerna 18-18,9 cm, ..., 23-23,9 cm.

W = värdeutbytet i kr/ m³to ub

Stocken i figur 2:9 som har sorterats efter *toppdiameter*, *avsmalning* och *krök* och får värdeutbytet W enligt ekvation 2:10, och bygger på ekvation 2:9.

$$\left(\frac{\left(P_1Q_1 + P_2Q_2 + P_3Q_3 + P_4Q_4 + P_5Q_5 + \right. \right.}{\left. \left. P_6Q_6 + P_7Q_7 + P_8Q_8 + P_9Q_9 + P_{10}Q_{10} \right)} - K \right) = W \quad (2:10)$$

Värdeutbytesdifferensen beräknas för de två sorteringsalternativen, för att undersöka om någon vinst föreligger, med att sortera med hänsyn till avsmalning och krök, se ekvation 2:11.

$$w - W \quad (2:11)$$

3 MATERIAL OCH METOD

3.1 OMFATTNING

Studiens empiriska del utgörs av tre moment. I det första momentet gjordes ett urval av provstockar (material). I nästa moment mättes provstockarna in och sågades i ett tredje moment. Materialet har granskats vid inmätning, försågning och efter försågning. Därefter har två värdeutbyten beräknats, ett för sågat resultat utifrån befintliga timmersorteringsregler (toppdiameter) och ett utifrån alternativa sorteringsvillkor (toppdiameter, avsmalning och krök), vilka har beskrivits i teoridelen.

3.2 FÖRUTSÄTTNINGAR

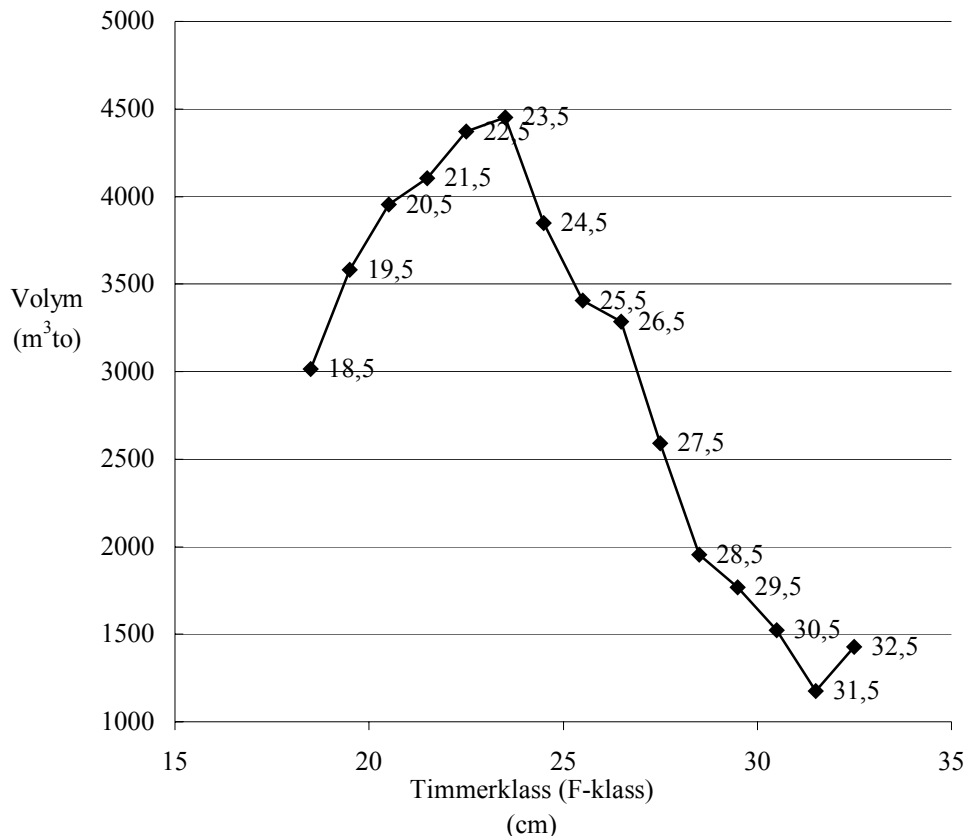
Studien har av kostnadsskäl begränsats till att studera stockar inom timmerklass F23 (diameterintervall 23,0 cm 23,9 cm) som motsvarar sågverkets medeltoppdiameter från 2002 års timmerfångst. Längdintervallen 370 – 400 cm och 490 – 550 cm valdes för att se om det förelåg skillnader mellan korta och långa stockar vid de tre olika momenten.

Kostnaden i värdeutbytet har endast innefattat anskaffnings- och sönderdelningskostnad. Torkningskostnader, justeringskostnader och övriga kostnader som påverkat värdeutbytet i sågverket har ej tagits i beaktande.

Studien har tillämpats på sågverkets såglinje som är en raksåglinje med fast postning, och av märket LINCK (Anon, 2003).

3.3 URVAL AV PROVSTOCKAR

Timmerklass F23 var den mest representerade av 2002:s sågade volym av tall, med 10 % av den totala volymen för tall (44463 m³to), se figur 3:1. Därför har timmerklass F23 i diameterintervallet 23-23,9 cm blivit föremål för provstocksurvalet.



Figur 3:1. Fördelningen av sågad volym tall på Södra Timber Lenhovda, uppdelad per timmerklass för tiden 20020101 – 20021231.

Studiens provstocksmängd grundar sig på VMR:s (Virkesmättningsrådet) modell för uttagning av kontrollstockar. Den används av VMF (Virkesmättningsföreningen) för att säkerställa exaktheten för vederlagsinmätningen, och grundar sig på ett uttag av 1 promille av hela stockflödet för ett år (Anon, 2000). Kontrollstockarna som faller ut vid inmätningen mäts och kvalitetssätts på nytt, och den nya inmätningen påvisar om VMF:s mätare mätt rätt.

Under själva uttagningsperioden i början av mars 2003 ankom 13 lastbilslas med talltimmer till sågverket från hela timmerfångstområdet. Ingen hänsyn har tagits till avverkning på beståndsnivå, utan allt timmer som avverkats under mätperioden ingick i de 13 lasserna. Dessa hade en total volym på 560 m³to ub. Urvalet av 110 provstockar utgjorde 7 % av denna volym, eller 0,5 promille av den sågade årsvolymen för tall. Detta är hälften av VMF:s urvalsstorlek, men ansågs rimligt med hänsyn till tidsåtgång.

3.4 INMÄTNING

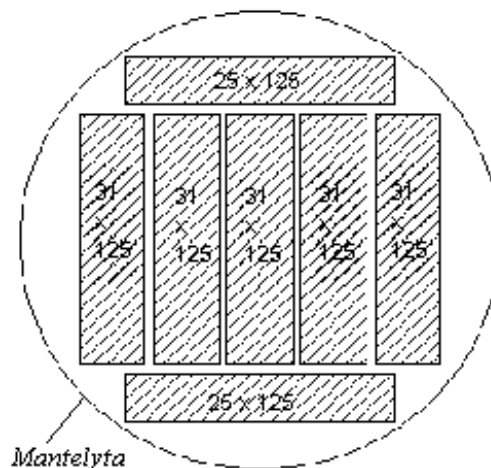
Först sorterades 200 stockar med angivna restriktioner slumpmässigt ut vid mätstationen av VMF Syd, lika fördelade i de två längdintervallen. Därefter utfördes en separat mätning på sågverksplan. Där märktes och mättes varje stock. Längd, toppdiameter, mittdiameter, rotdiameter, båghöjd och stocktyp registrerades, se bilaga 1 (Andersson, 1995; Anon, 2000).

Till hjälp användes klave, rickleåband, märkfärg och stockvändare. När de 74 första stockarna i längdintervall 370-399 cm, och de första 36 stockarna i längdintervall 490-550 cm sorterats ut och mätts in avslutades inmättningsprocessen. Tiden medgav inte inmätning av samtliga 200 stockar. Det slutliga urvalet utgjordes alltså av 110 stockar. Fördelningen av längderna hos provstockarna efterliknar ungefär den faktiska fördelningen i timmerfångsten /sågat utfall, se bilaga 2. Det tog sammanlagt ca 4 dagar att genomföra mätningen.

3.5 PROVSÅGNING

Provsågningen utfördes i Södra Timber Lenhovdas såglinje, som är en profileringslinje av märket LINCK (Anon, 2003).

Postningsmönstret för timmerklassen F23 användes vid provsågningen, se figur 3:2.



Figur 3:2. Postningsmönster för timmerklass F23.

Provsågningen genomfördes med anställd personal vid sågverket. En rutinerad sågare bestämde inläggningen i såglinjen. Vid provsågningen var observationerna på varje sågat utbyte med hänsyn till förekomst av vankant viktiga, eftersom de låg till grund för beräkningen av värdeutbytet, se teoridelen. Fyra personer var delaktiga ute i såglinjen. Två personer stod vid kantsågen och registrerade förekomsten av vankant på varje bräda, och två personer stod vid delningssågen och registrerade förekomsten av vankant på varje plank (Borg, 1999). Varje stock hade ett nummer som kunde kopplas ihop med ett sågat utbyte, och på så vis kunde stockens sågade utbytesresultat bestämmas.

Provsågningen tog ca 2 timmar att genomföra vilket resulterade i en driftskostnad på ca 18 000 kr. Provsågningens genomförande antogs ge samma resultat som vid ordinär försågning trots att det tog lång tid att såga provstockarna.

3.6 VÄRDEUTBYTESBERÄKNING

Provstockarnas sågade resultatets värdeutbyte har beräknats. Sågat utbyte för varje stock har värderats enligt en prislista gällande för Södra Timber Lenhovda 1:a kvartalet 2002, se bilaga 3. För respektive stock innefattas värdeutbytet av värdet för *sågutbytet*, för *flis* och *spån* samt kostnaderna för *anskaffning* och *sönderdelning*. Stockens flisutbyte har delats upp som *råflis* och *torrflis*, och beror på att flispriserna är mycket olika. Om en stocks sågade utbytesbitlängd reducerats p g a van har det beaktats i beräkningen för värdeutbytet av sågat resultat, och värderats om till ett flisvärde.

En stocks provsågade värdeutbyte w är resultatet av att endast sortera med hänsyn till toppdiameter. Den innefattar intäkten av sågat resultat och kostnaden för anskaffning och sönderdelning. Värdeutbytet förändras däremot för en krokig stock om förutom toppdiameter, även avsmalning och krök påverkar val av timmerklass. Denna alternativa timmersortering med värdeutbytet W bygger på postningsmönstret för den timmerklass, som stockens nya sorteringsdiameter passar inom, se tabell 3:1. Anskaffningskostnaden är densamma medan sönderdelningskostnaden ökat p g a ökad stycketalskostnad. Kostnaderna i respektive värdeutbyte är baserade på sågverkets produktionsdata, se bilaga 3.

Provsågningens värdeutbyte w av befintlig timmersortering och det beräknade värdeutbytet W med den alternativa timmersorteringen har jämförts för att se, om det går att förbättra krokiga stockars sågade resultat. Raka provstockar representerar bästa utbytesvärde för timmerklass F23.

Tabell 3:1. Postningsmönster för timmerklasserna F18 till F23

Timmerklass (F-klass)	Postningsmönster			
	Diameterintervall (cm)	Sidoutbyte (kantsåg) (mm)	Centrumtbyte (delningssåg) (mm)	Sidoutbyte (delningssåg) (mm)
F23	23,0-23,9	25x125 2ex	31x125 5ex	-
F22	22,0-22,9	25x100 2ex	31x125 4ex	22x100 2ex
F21	21,0-21,9	22x100 2ex	31x125 4ex	19x75 2ex
F20	20,0-20,9	25x100 2ex	47x100 3ex	-
F19	19,0-19,9	19x100 2ex	47x100 3ex	-
F18	18,0-18,9	19x75 4ex	47x100 2ex	-

4 RESULTAT

Resultaten består av tre delar. Den första delen beskriver provstockarna. Den andra delen beskriver resultatet från provsågningen. Den tredje delen beskriver sågat värdeutbyte w och beräknat värdeutbyte W och som dessutom jämförts i båghöjdintervall och timmerklass.

4.1 TIMMERKLASSENS SAMMANSÄTTNING

Provstockarnas toppdiametrar uppvisar stor spridning kring medelvärdet i timmerklassen, och faller ibland utanför klassens diameterintervall (23-23,9 cm), se tabell 4:1.

Tabell 4:1. Provstockarnas diameterfördelning (toppdiameter) inom timmerklassen F23

Diameterintervall (cm)	Längdintervall		Samtliga
	370-399 cm	490-550 cm	
22-22,9	8 %	3 %	6 %
23-23,9	80 %	83 %	81 %
24-24,9	8 %	6 %	7 %
25-25,9	4 %	8 %	5 %
Totalt	100 %	100 %	100 %

8 % av de korta och 3 % av de långa provstockarna borde ha sorterats i en lägre timmerklass än F23. Den största möjliga sorteringsdiametern (toppdiametern) har överskridits, vilket resulterar i vankant på stockarnas sågade utbyten och påverkar sågat utbyte negativt. Stockar som sorterats med större toppdiameter än största diameter i diameterintervallet, har i vissa fall blivit nedklassade (reducerad sorteringsdiameter) p g a exempelvis kvalitetsfel som lyra, slängkrok, sprötkvist (Andersson, 1995) och innefattar 12 % av samtliga provstockar. Andra anledningar till stor spridning av toppdiametern är svårigheten att mäta barktjockleken på en stock, ett dokumenterat problem vid inmätningen (Grundberg et al. 2001).

Längden varierar beroende på vilken del av stammen stocken kommer i från, se tabell 4:2.

Tabell 4:2. Fördelning av stamdel i olika längdintervall

Stamdel	Längdintervall		Samtliga
	370-399 cm	490-550 cm	
Toppstock	0 %	0 %	0 %
Mellanstock	34 %	78 %	48 %
Rotstock	66 %	22 %	52 %
Totalt	100 %	100 %	100 %

Långa stockar representeras främst av mellanstockar och korta stockar av rotstockar. Sammansättningen för samtliga provstockar är normal för stockar i diameterintervallet 23-23,9 cm för Södra Timber Lenhovda (Edbro, 2003).

De långa och korta stockarna uppvisar en stark tendens till korrelation mellan avsmalning och båghöjd, se tabell 4.3.

Tabell 4.3. Medelavsmalningens fördelning i sex båghöjdsintervaller

Båghöjdsintervall (cm)	Längdintervall			
	370-399 cm		490-550 cm	
	a_{medel} (mm/m)	Andel	a_{medel} (mm/m)	Andel
0-0,9	8,5	32 %	6,5	39 %
1-1,9	9,2	19 %	6,5	25 %
2-2,9	9,4	16 %	8,1	19 %
3-3,9	10,7	16 %	8,6	11 %
4-4,9	10,0	11 %	8,0	6 %
5-6,9	11,8	5 %	0,0	0 %
Totalt	-	100 %	-	100 %
Genomsnitt	9,9	-	7,5	-

Stockarnas medelavsmalning är a_{medel} .

Långa stockar som påvisats vara mellanstockar har liten avsmalning och kan förklaras av stockens placering på stammen. Rotstockarna har större avsmalning och är främst korta stockar.

Båghöjden är i genomsnitt 1,75 cm för alla provstockarna, 1,9 cm för de korta stockarna och 1,4 cm för de långa stockarna. Den rakaste sågbara delen på en tallstam för provstockarna är stammens mellersta del, där de flesta långa stockarna är apterade (Rooth, 2003).

4.2 PROVSÅGNINGENS RESULTAT

Totalt sågades 370 st plankor och 148 st brädor ut av de korta provstockarna, och 180 st plankor och 72 st brädor ut av de långa provstockarna. Stockarnas genomsnittliga sågade utbyte blev 55,7 %, där centrumutbytet utgjorde 43,6 % och sidoutbytet 12,1 %. För en cylinder med en sorteringsdiameter på 23 cm skulle det största möjliga sågade utbytet bli 61,7 %. Det är ett 6 % högre sågat utbyte jämfört med verkligt sågat resultat. Sågverkets produktionsplanering hade ett beräknat volymutbyte på 54 %, 1,7 procentenheter lägre jämfört med sågat resultat. Skillnaden beror till stora delar på att produktionsplaneringen också tar hänsyn till att visst utbyte vrakas p g a skador och uppstådda formfel efter sönderdelningen. För detta har inte studien tagit någon hänsyn.

Tabell 4:4 redovisar hur sågat resultat varierat för respektive sågat utbyte och stocklängd.

Tabell 4:4. Sågat utbyte uppdelat på centrum- och sidoutbyte

Längdintervall (cm)	Sågat utbyte					
	Sidoutbyte			Centrumutbyte		
	Längdavrdrag		Vrak	Längdavrdrag		Vrak
	Andel	Längd (cm)	Andel	Andel	Längd (cm)	Andel
370-399	24 %	48	21 %	8 %	45	7 %
490-550	26 %	62	11 %	4 %	28	4 %
Genomsnitt	25 %	55	16 %	6 %	36	6 %

Av sågat utbyte för alla provstockar klarade sig sidoutbytet sämst, då denna del är placerad närmast stockens mantelyta. Som mest vrakades hela sidoutbytet (2 brädor) och 20 % av centrumutbytet (1 plank) för en stock. Det kvarvarande sågade volymutbytet för denna stock blev 37,3 %. Det är dock bättre än det största möjliga volymutbytet på 36,7 % om denna stock sågats i F20, vilket hade krävts för att helt undvika vankant. Långa stockar klarade sig bäst från längdavrdrag och vrak. I genomsnitt hade dessa stockar ett 3,4 % bättre sågat utbyte jämfört med korta stockar.

4.3 VÄRDEUTBYTEN

Provstockarnas sågade värdeutbyten är beskrivna i tabell 4:5.

Tabell 4:5. Fördelning av sågat värdeutbyte w på båghöjd och stocklängd

Båghöjdintervall (cm)	Längdintervall			
	370-399 cm		490-550 cm	
	w (kr/m ³ to)	Andel	w (kr/m ³ to)	Andel
0-0,9	209	32 %	189	39 %
1-1,9	173	19 %	223	25 %
2-2,9	147	16 %	172	19 %
3-3,9	100	16 %	224	11 %
4-4,9	115	11 %	-6	6 %
5-6,9	15	5 %	-	0 %
Totalt	-	100 %	-	100 %

Sågat värdeutbyte är w .

För korta stockar minskar värdeutbytet w med ökad båghöjd, redan från och med 1 cm. Detta samband är statistiskt signifikant med korrelationskoefficienten 95 %. För långa stockar finns däremot inga tydliga samband mellan ökad båghöjd och minskat värdeutbyte w eftersom de uppvisar snarlika värdeutbyten w för små båghöjder mellan 1-3,9 cm.

Värdeutbytet w för alla stockar med båghöjder över 4 cm minskar kraftigt och värdeutbyten w för stockar med båghöjder över 5 cm minskar till nästan 0 kr.

Korta stockars resultat stämmer väl överens med Sederholms studie (1984). Långa stockars värdeutbyten w påverkas inte entydigt av båghöjder mellan 1-4 cm. Det överensstämmer också väl med Sederholms (1984) studie som uppvisar att långa krokiga stockar har bättre värdeutbyten w än korta krokiga stockar i samma båghöjdsintervall. Samma studie visar även

att värdeutbytet w för långa stockar med båghöjder över 4 cm reduceras kraftigt, vilket också överensstämmer med resultaten här.

Sågat värdeutbyte (w) och beräknat värdeutbyte (W) uppdelat på timmerklass är redovisat i tabell 4:6.

Tabell 4:6. Fördelning mellan w och W uppdelat på timmerklass och stocklängd

Timmerklass (F-klass)	Längdintervall							
	370-399 cm				490-550 cm			
	w (kr/m ³ to)	Andel	W (kr/m ³ to)	Andel	w (kr/m ³ to)	Andel	W (kr/m ³ to)	Andel
F23	154	100 %	246	50 %	187	100 %	243	61 %
F22	-	-	224	18 %	-	-	198	22 %
F21	-	-	114	18 %	-	-	107	14 %
F20	-	-	57	8 %	-	-	-	0 %
F19	-	-	-27	5 %	-	-	-30	3 %
F18	-	-	-116	1 %	-	-	-	0 %
Totalt	-	100 %	-	100 %	-	100 %	-	100 %

Sågat värdeutbyte är w och alternativt beräknat värdeutbyte är W .

I genomsnitt hade korta stockar ett 33 kr lägre värdeutbyte w per m³to jämfört med långa stockar. Det beräknade värdeutbytet W i timmerklass F23 är högre jämfört med sågat värdeutbyte w i F23. Det beror på att värdeutbytet w i F23 är ett genomsnitt av samtliga stockars sågade värdeutbyten, medan beräknat värdeutbyte W i F23 är ett genomsnitt av de rakaste stockarna (högt volymutbyte), som ej klassats ned av den alternativa timmersorteringen.

De korta stockarna i tabell 4:6 har ett högre beräknat värdeutbyte W än långa stockar i samma timmerklass. Det beror på att de korta stockarna, i genomsnitt, haft en mindre toppdiameter än långa stockar vid uträkningen av värdeutbytet per m³to, se tabell 4:1.

Resultatet i tabell 4:6 påvisar positiva förändringar av värdeutbytet om stockarna sorteras med en alternativ timmersortering. Små förändringar av sorteringsdiametern påverkar värdeutbytet W kraftigt.

Beräkningen av värdeutbytesdifferensen ($w-W$) redovisas i tabell 4:7 med genomsnittlig avsmalning och båghöjd som påverkande faktorer vid val av timmerklass.

Tabell 4:7. Värdeutbytesdifferensen mellan w och W

Timmerklass (F)	Längdintervall							
	370-399 cm				490-550 cm			
	$w-W$ (kr/m ³ to)	b (cm)	a_{medel} (mm/m)	Andel	$w-W$ (kr/m ³ to)	b (cm)	a_{medel} (mm/m)	Andel
F23	0	0,6	9,7	50 %	0	0,5	7	61 %
F22	-99	2,4	10,4	18 %	-10	2,3	7,3	22 %
F21	-33	3,1	9,2	18 %	55	3,5	8,1	14 %
F20	90	3,9	8,3	8 %	-	-	-	0 %
F19	89	5,1	7,6	5 %	51	4	3,8	3 %
F18	122	5,2	5,5	1 %	-	-	-	0 %
Totalt	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %

Skillnaden mellan sågat värdeutbyte w och alternativt beräknat värdeutbyte W (negativt värde är lika med vinstökning) är $w-W$, b är genomsnittlig båghöjd och a_{medel} är genomsnittlig medelavsmalning.

I vissa fall är det vinstgivande att sortera stockar med hänsyn till avsmalning och krök. Inläggningsfelets storlek har ej påverkat värdeutbytet hos de långa stockarna lika mycket som hos de korta stockarna.

Om 36 % av de korta provstockarna i F23 med en viss medelavsmalning och med en viss medelbåghöjd hade sågats i F22 (18 %) och F21 (18 %), skulle värdeutbytet w för dessa ha ökat med 99 kr/m³to respektive 33 kr/m³to, se tabell 4:7. Om 22 % av de långa stockarna i F23 hade sorterats och sågats i F22, skulle värdeutbytet för dessa ha ökat med 10 kr/m³to, se tabell 4:7. Därmed skulle provstockarnas sammantagna sågade värdeutbyte w ha kunnat öka med ca 9 % eller ca 300kr vid en alternativ timmersortering. Den 9 %-iga vinstökningen är beräknad enligt följande (korta stockars medelvolym är 0,16m³to och långa stockars medelvolym är 0,23m³to):

$$\text{Totalt } w = [154kr / m^3to \times 74st \times 0,16m^3to + 187kr / m^3to \times 36st \times 0,23m^3to] = 3372kr$$

(se tabell 4:6)

$$\text{Vinstökning} = \frac{(3372kr + 99kr / m^3to \times 18\% \times 74st \times 0,16m^3to + 33kr / m^3to \times 18\% \times 74st \times 0,16m^3to + 10kr / m^3to \times 22\% \times 36st \times 0,23m^3to)}{3372kr} = 1,09$$

(se tabell 4:7)

$$\text{Vinst} = 1 - 1,09 = 9\%$$

Vid en ytterligare diameterreduktion har ingen vinst kunnat uppvisas.

86 % av de korta och 97 % av de långa stockarna får en sorteringsdiameter med hänsyn till avsmalning och krök som faller inom timmerklasserna F23 till F21, där den möjliga inkomstökningen infinner sig.

5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

5.1 DISKUSSION

Resultaten är baserade på många antaganden och bör värderas därefter. Efter att postningsmönstren m och p timmerklassernas diameterintervall optimerats och bättre mätinstrument finns att tillgå, kan man mer säkert uttala sig om vilket värde som den alternativa timmersorteringen har skapat.

Det var inte väntat att postningsmönstren skulle påverka resultatet av beräknat värdeutbyte i sådan omfattning som uppvisats. Hypotesen vid början av studien var att alla krokiga stockar borde ha fler villkor vid timmersorteringen för att uppnå ett bättre sågat resultat, och därmed ett högre värdeutbyte. Det stämde till viss del, men att alltid ta hänsyn till krokighet är ej alltid en värdeökande faktor. Om man ser till stockarnas sågade resultat, värdeutbyte och sågverkets produktionsplanering, så kan inga entydiga slutsatser dras om sortering med hänsyn till toppdiameter, avsmalning och krök.

Tidigare kända samband har kunnat bekräftas från timmerklassens sammansättning, som att avsmalningen ökar med ökad båghöjd, att långa stockar ofta är mellanstockar och att korta stockar ofta är rotstockar (Sederholm, 1984; Grace et al. 1995; Blomqvist et al. 1988).

Stockar vars toppdiameter är under lägsta gräns för timmerklassen F23:s diameterintervall bör sorteras i F22, för att undvika onödiga längdkorrigeringar på sågat utbyte (vankant).

Korta stockar har i genomsnitt haft en 5 mm större båghöjd än långa stockar, och detta kan vara en av anledningarna till att de påverkats två gånger så mycket av vrak, för både bräda och plankor jämfört med långa stockar. Dessutom har långa stockar med samma båghöjder som korta stockar haft en större tolerans mot inläggningsfel i såglinjen. De har i genomsnitt haft ett högre värdeutbyte än korta stockar i samma båghöjdsintervall.

En stor påverkande faktor vid en reducering av sorteringsdiametern är det alternativa sågade volymutbytet i den lägre timmerklassen, se bilaga 5. I vissa fall bör krokiga stockar inte reduceras i sådan omfattning som den alternativa timmersorteringen antyder, utan sågas i ursprunglig timmerklass med bättre resultat. Om en krokig stock sågas i en eller flera lägre timmerklasser än ursprunglig timmerklass, är risken stor att försågningen ger ett lågt volymutbyte. Centrumutbytet för F20 har exempelvis ett ca 10 % lägre värdeutbyte än provstockarnas lägsta värdeutbyte vid försågning i F23.

Korrelationen mellan postningsmönster och timmerklass är avgörande för sågat värdeutbyte w och för beräknat värdeutbyte W , vilket framgår bl a av det beräknade värdeutbytet W för i olika timmerklasser, se tabell 4:6 och bilaga 4. Sågverket har idag strikta 1 cm diameterintervall för alla timmerklasser, som inte är korrelerade till postningsmönstren i den utsträckning som är möjlig för att få största möjliga sågutbyte i varje timmerklass. Inom den närmaste tiden kommer sågverket dock att förändra diameterintervallen, så att de bättre passar till varje aktuellt postningsmönster. Det finns då goda möjligheter att förbättra sågad utbytesandel och därmed höja värdeutbytet.

Korta stockars sågade värdeutbyten w är starkt korrelerade med båghöjden. Så har ej fallet varit med långa stockar som har uppvisat god tolerans mot båghöjder ända upp till 4 cm. Efter 4 cm har de långa stockarnas värdeutbyten däremot drastiskt sjunkit till -6 kr/m^3 to. Detta värde baseras dock endast på två provstockar varför denna siffra är mycket osäker.

För båda längdernas värdeutbytesdifferens gäller att den är positiv för stockar med båghöjder över 2,3 cm, som tilldelats en reducering av sorteringsdiametern med 1 cm, till F22. Större båghöjder för långa stockar har inte uppvisat någon positiv effekt på värdeutbytesdifferensen. Däremot är värdeutbytesdifferensen positiv för korta stockar med båghöjder över 3,1 cm, om de tilldelas en reducering av sorteringsdiametern med 2 cm till F21. Inga stockar, oavsett längd, borde ha reducerats till någon lägre timmerklass än till F21 eftersom den positiva värdeutbytesdifferensen då har upphört.

Om sågverket hade reducerat 31 % av provstockarna utifrån alternativ timmersortering och studiens resultat, så skulle vinstökningen bli 300 kr, eller ca 9 % (15 kr/m³to). Om man är villig att anta att studiens resultat är generaliserbara till större sågade volymer kan beräkningar på timmerklassens och sågverkets totala sågade volym göras. Då skulle vinstökningen för hela timmerklassen F23:s försågade volym på 4 500 m³to, för år 2002, ha blivit ca 70 000 kr. För ett helt års försågning av 200 000 m³to år 2002, skulle vinstökningen ha blivit ca 3 000 000 kr. Den beräknade vinstökningen för provstockarna i F23 är troligen en säkrare skattning än för den totala sågade volymen. Detta beror på att den senare skattningen baseras på volymen för alla timmerklasser, som värderats med värdeutbytesdata enbart från provstockarna i F23.

Ingen provstock har varit så krokig att den gett problem vid sönderdelningen, i form av produktionsstopp eller fördröjningar. Stockar med båghöjder upp till 6 cm, för provsågat material, har klarat sönderdelningen tillfredsställande.

En avgörande faktor för att kunna utnyttja studien och dess metod är att det finns ett mätinstrument som kan mäta stockars båghöjder. En 3d-mätram kan mäta båghöjder, som är mycket svåra för ögat att upptäcka. Den kostar i storleksordningen ca 1 500 000 kr. En sådan investering kan eventuellt vara lönsam, om man är villig att generalisera de empiriska resultaten från provstockarna till större sågade volymer. Då skulle en investering i denna storleksordning snabbt kunna betala sig.

5.2 FELKÄLLOR

Provstockarnas båghöjd kan i vissa fall ha missbedömts vid inmätningen, p g a grova mätinstrument. Om en mer avancerad mätram hade funnits vid mättillfället, skulle detta fel ha eliminerats. De respektive diametrarna har varit svåra att exakt bestämma, p g a barken och dess tjocklek. Ganska kort tid har lagts på varje enskild stock vid inmätningen.

Vid sönderdelningen kan sågaren ha placerat stocken på annat sätt, än vad som var bäst för sågat värdeutbyte vid sönderdelning. Detta innebär att ett inläggningsfel kan ha uppstått för vissa stockar som inte har gått att härleda i materialet.

Metoden för sorteringen av provstockarna (med hänsyn till minsta diameter, avsmalning och krök) var ganska enkel och säker. Krokposition har i denna studie inte givits någon möjlighet att påverka val av timmerklass, trots att detta kan ha haft betydelse för det sågade värdeutbytet w . För att förenkla beräkningen av sorteringsdiametern har det antagits att alla krokiga stockar har haft största båghöjden mitt på stocken.

I denna studie har varken torkning eller justering beaktats, vilka annars är två kostnadsfaktorer som påverkar det slutliga värdeutbytet för en stock.

5.3 SLUTSATSER

Resultaten från analysen av provstockarna visar att timmerklassens sammansättning kan förbättras, att sågat resultat kan förbättras samt att båghöjden inverkar negativt på sågat utbyte.

Möjliga vinstökningar har kunnat påvisas, om endast delar av urvalets sorteringsdiametrar hade styrts av den alternativa timmersorteringen. En vinstökning på upp till 9 % är då potentiellt möjlig.

Med en investering i ett bättre inmätningssinstrument skulle fler villkor vid timmersorteringen kunna aktualiseras. Ett högre värdeutbyte skulle då kunna skapas, och produktionsplaneringen ytterligare förbättras.

Detta arbete har utrett sammansättningen av en timmerklass toppdiameter, avsmalning och krök. För att ytterligare förbättra råvaruutnyttjandet bör varje timmerklass postningsmönster optimeras till specifika diameterintervall. Det finns då större möjligheter att ge varje kubikmeter sågad vara ett högre värdeutbyte. Det kan leda till högre lönsamhet och bättre sågverksekonomi.

6 REFERENSER

Andersson, M. 1995. Aptering och virkeskännedom. SLU, Inf Skog. Garpenberg.

Anon. 2000. Kompendium i virkesmätning. VMR. Jönköping.

Blomqvist, H. Nylinder, M. 1988. Samband mellan tallstockens geometri, utbyte och kvalitet. SLU, Institutionen för virkeslära, Rapport nr 205. Uppsala.

Borg, O. 1999. Sorteringsregler för furu och gran; fyrsidig kvalitetssortering för handelsbruk. Föreningen Svenska Sågverksmän.

Grace, A.L. 1993. Using Optical Log Scanner to Determine Log Properties: Initial results from SCA's Munksund sawmill. SLU, Institutionen för virkeslära, Rapport nr 232. Uppsala.

Grace, A.L. Jonnson, L. Nylinder, M. 1995. Utsortering av friskkvistvirke, tall. SLU, Institutionen för virkeslära, Rapport nr 245. Uppsala.

Grundberg, S. Fredriksson, J. Oja, J & Andersson, C. 2001. Förbättrade metoder vid användning av 3D-mätramar. Institutionen för träteknisk forskning, Trätek, Rapport P0112048.

Grönlund, A. 1992. Sågverksteknik del II; Råvaran. Sveriges Skogsindustriförbund. Tekniska Högskolan i Luleå, Träteknik. Markaryd.

Möller, J. Sondell, J. 2000. Kundenpassning kräver bättre diametermätning – teknik och möjligheter vid sågen. SkogForsk, Resultat nr 14. Uppsala.

Nylinder, M. 1991. Automatisk kvalitetssortering av sågtimmer- ett sätt att utnyttja råvaran bättre. Skogsfakta nr 4, 1991. SLU, Institutionen för virkeslära. Uppsala.

Orvér, M. 1970. Sågutfallets volym och värde hos tall vis olika råvarukvaliteter och varierande postningar. Skogshögskolan, Institutionen för Virkeslära, Rapport nr 60. Stockholm.

Sederholm, J. 1984. Optimerat sågutbyte förutsätter noggrann mätning och många kontroller. KTH, Träteknologi, Teknisk doktorsexamen, S-100 44. Stockholm.

Weslien, Hans. 1990. Stamkvistning av tall: övervallning, stockars inre struktur och sågutbytets kvalitet. SLU, Institutionen för Virkeslära. Uppsala.

Muntliga

Edbro, A. 2003. Råvaruchef, Södra Timber. Växjö.

Rooth, M. 2003. Skogskötselchef, Johannishus Godsförvaltning AB. Johannishus.

Widerström, M. 2003. Sågverkchef Södra Timber Lenhovda. Lenhovda.

Internet

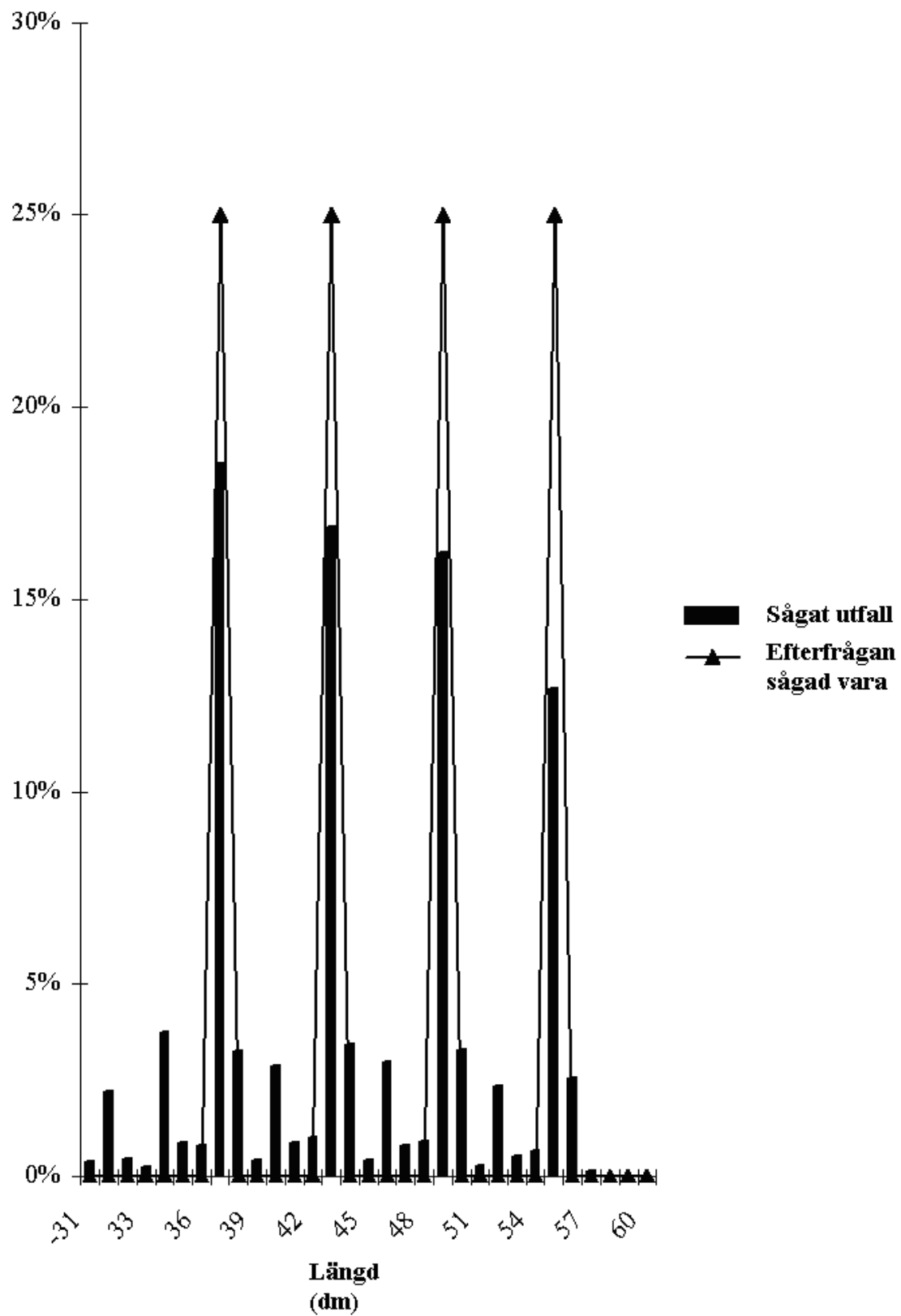
Anon. 2003. <http://www.linck-hvt.com/>. Tyskland.

BILAGA 1.

För alla stockar registrerades:

- Total längd (cm).
- Toppdiameter ub, mätt 10 cm in från toppändan under bark (mm).
- Mittdiameter ub, mätt på halva stocklängden under bark (mm).
- Rotdiameter ub, mätt 50 cm in från rotändan för att slippa ”störande” rotben under bark (mm).
- Båghöjd(cm), mätt där avståndet mellan rickleåband och centrumlinje var störst. Båghöjden mättes mitt på stocken, enligt VMR mättningsbestämmelser för sågtimmer (Anon, 2000).
- Stocktyp bedömdes visuellt, som rotstock, mellanstock eller toppstock

BILAGA 2.



Figur 1. Procentuell längdfördelning av sågat utfall och efterfrågan på sågad vara, för tiden 20020101-20021231 på Södra Timber Lenhovda.

BILAGA 3.

Priser för olika utbyten (tabell I), och kostnader för olika timmerklasser (tabell II), gällande för Södra Timber Lenhovda 1:a kvartalet 2002.

Tabell I. Utpriser från sågverksplan för centrumutbyte, sidoutbyte, flis och spån

Dimension (mm)	Pris (kr/m ³ sv)	Pris (kr/m ³ s)	Nedtorkningsgrad (Fuktkvot)
47x100	1360	-	18%
31x125	1360	-	18%
25x100-125	1550	-	12%
25x100-125	1306	-	18%
22x100	1306	-	18%
19x75-100	1306	-	18%
Spån	-	28	Rå
Flis	-	78	Rå
Flis	-	40	Torr

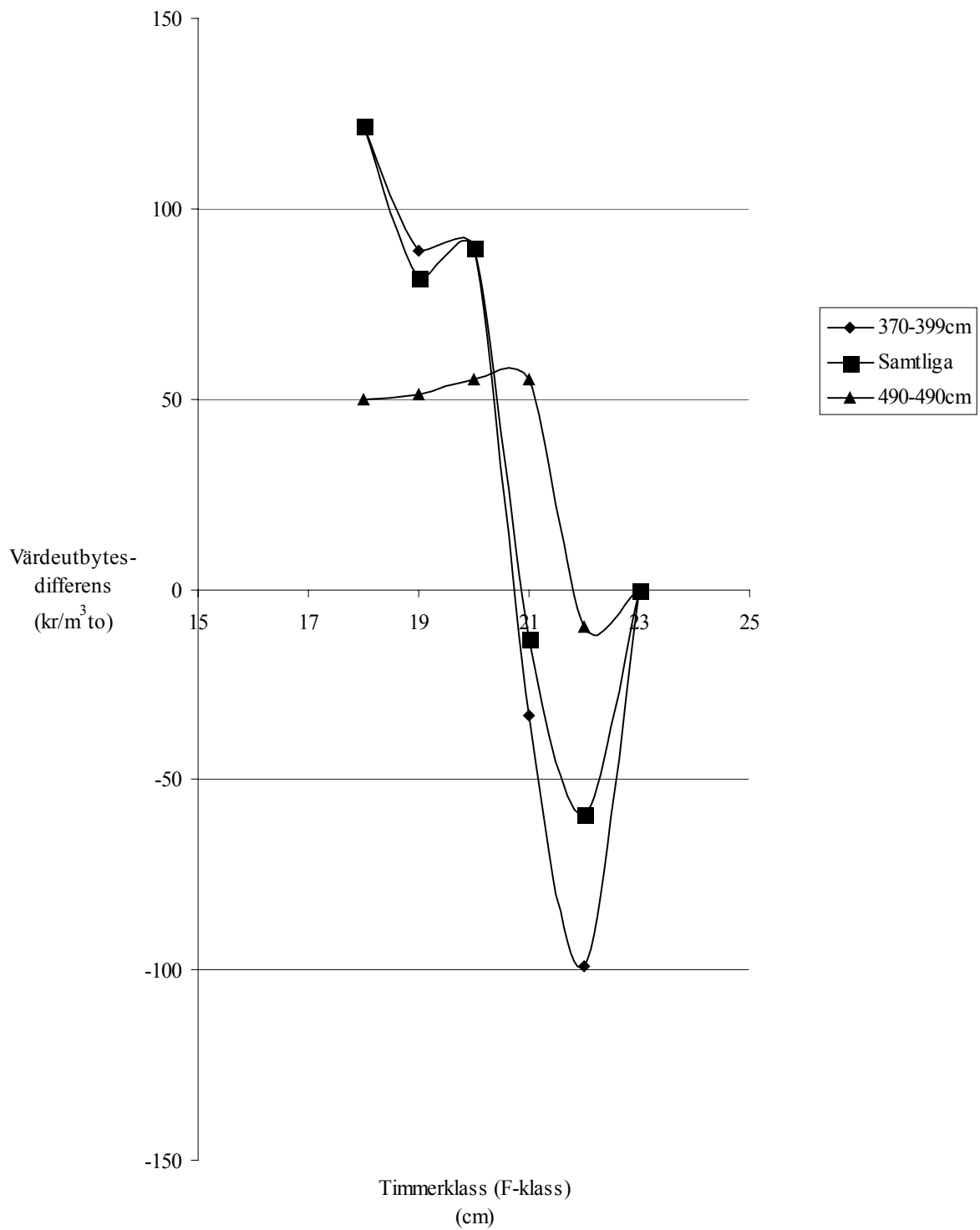
Sågad vara är sv och stjälpått mått är s.

Tabell II. Totala kostnaden för anskaffning och sönderdelning för timmerklasserna F18 till F23

Timmerklass (F-klass) (cm)	<i>k</i> (kr/m ³ to)	<i>K</i> (kr/m ³ to)
18	-	694
19	-	680
20	-	678
21	-	667
22	-	661
23	653	653

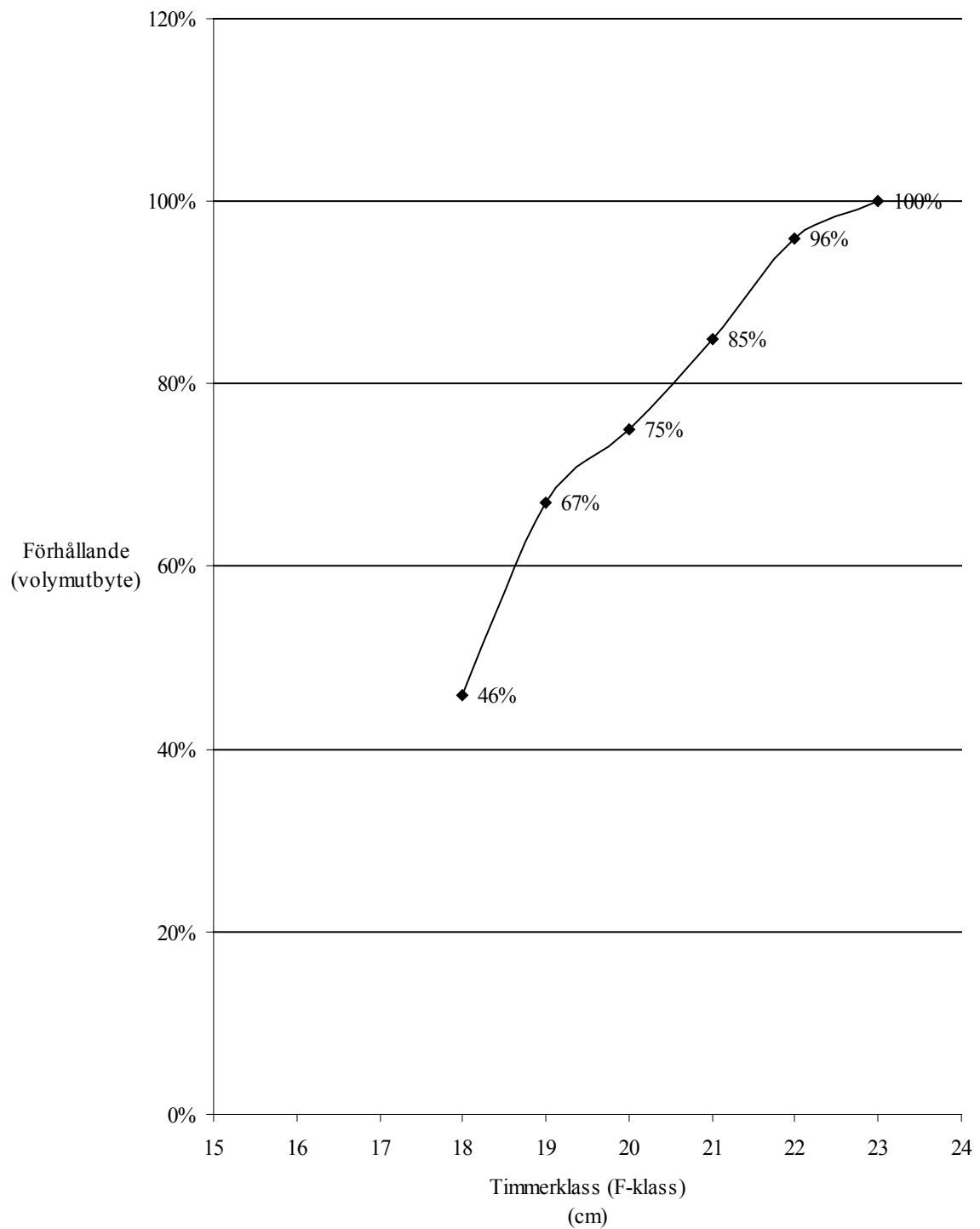
K är kostnaden för stockar med en toppdiameter på 23cm, som sågas i timmerklass F18 till F23.

BILAGA 4.



Figur II. Värdeutbytesdifferensens ($w-W$) samband med timmerklass och stocklängd.

BILAGA 5.



Figur III. Relativt sågat volymutbyte vid försågning av stock med toppdiametern 23cm i lägre timmerklasser.

