

RAPPORT

Erik Drake, Lars Göte Johansson

Valideringar inom simuleringsystemet OPTSAW

*Validations within the OPTSAW
Simulation System*

Träteknik

Erik Drake, Lars Göte Johansson

VALIDERINGAR INOM SIMULERINGS-SYSTEMET OPTSAW
Validations within the OPTSAW Simulation System

TräteknikCentrum Rapport I 8709052

Nyckelord

*Logs
modeling
sawing
simulation
validation*

Stockholm januari 1988

Rapporter från TräteknikCentrum är kompletta sammanställningar av forskningsresultat eller översikter, utvecklingar och studier. Publicerade rapporter betecknas med I eller P och numreras tillsammans med alla utgåvor från TräteknikCentrum i löpande följd.

Rapporter kan som regel beställas kostnadsfritt i ett exemplar av medlemsföretag. Ytterligare beställda exemplar faktureras.

Citat tillåtes om källan anges.

Reports issued by the Swedish Institute for Wood Technology Research comprise complete accounts for research results, or summaries, surveys and studies. Published reports bear the designation I or P and are numbered in consecutive order together with all the other publications from the Institute.

Member companies may generally order one copy of any report free of charge. A charge will be made for any further copies ordered.

Extracts from the text may be reproduced provided the source is acknowledged.

TräteknikCentrum betjänar de fem industrigrenarna sågverk, trämanufaktur (snickeri-, trähus-, möbel- och övrig träbearbetande industri), träfiberskivor, spånskivor och plywood. Ett avtal om forskning och utveckling mellan industrin och Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU) utgör grunden för verksamheten som utförs med egna, samverkande och externa resurser. TräteknikCentrum har forskningsenheter, förutom i Stockholm, även i Jönköping och Skellefteå.

The Swedish Institute for Wood Technology Research serves the five branches of the industry: sawmills, manufacturing (joinery, wooden houses, furniture and other woodworking plants), fibre board, particle board and plywood. A research and development agreement between the industry and the Swedish National Board for Technical Development (STU) forms the basis for the Institute's activities. The Institute utilises its own resources as well as those of its collaborators and other outside bodies. Apart from Stockholm, research units are also located in Jönköping and Skellefteå.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	<u>Sid</u>
1. FÖRORD	3
2. SAMMANFATTNING	5
3. PROVSÅGNING KONTRA SIMULERING, EN JÄMFÖRANDE STUDIE	8
3.1 Allmänna förutsättningar	8
3.2 Sågverk 1, Limmared	11
3.2.1 Specifika förutsättningar	
3.2.2 Totalt utfall	
3.2.3 Utfall av bräder i första såg	
3.2.4 Detaljerad uppmätning av utfall från stock 103	
3.2.5 Inläggningsmätningar	
3.2.6 Sammanfattning av jämförande studie i Limmared	
3.3 Sågverk 2, Marma	35
3.3.1 Specifika förutsättningar	
3.3.2 Totalt utfall	
3.3.3 Utfall av bräder i första såg	
3.3.4 Inläggningsmätningar	
3.3.5 Sammanfattning av jämförande studie i Marma	
3.4 Sågverk 3, Kastet	44
3.4.1 Specifika förutsättningar	
3.4.2 Totalt utfall	
3.4.3 Utfall av bräder i första såg	
3.4.4 Detaljerad uppmätning av utfall från stock 401	
3.4.5 Detaljerad uppmätning av utfall från stock 416	
3.4.6 Inläggningsmätningar	
3.4.7 Sammanfattning av jämförande studie i Kastet	
3.5 Det upptäckta programfelets inverkan på tidigare redovisade resultat	75
3.6 Sammanfattning och diskussion	81
4. JÄMFÖRELSE MED ANDRA FORSKARES RESULTAT	88
4.1 Tidigare publicerade resultat	
4.2 Sammanfattning	
5. IDEALISERAD KONTRA VERKLIG STOCKFORM, EN JÄMFÖRANDE STUDIE	98
5.1 Inledning	
5.2 Utbytesskillnader	
5.3 Känslighet för inläggningsfel	
5.4 Sammanfattning	
6. DISKUSSION	108
7. LITTERATURFÖRTECKNING OCH REFERENSER	111
8. SUMMARY	113
Bilagor	
1. Några matematiskt-statistiska samband vid inläggning	117
2. Stockvisa resultat vad gäller värden och volymsutbyten vid provsågning och simulerad sågning	137

1. FÖRORD

Denna rapport behandlar erfarenheter vid användning av simuleringssystemet OPTSAW gjorda vid Träteknik, Institutet för träteknisk forskning. OPTSAW-systemet simulerar utfall vid sågning och karakteriseras av stock- och ämnesbeskrivningar med hög geometrisk upplösning. Innan Du läser denna rapport bör Du ha läst /5/ som beskriver modellen samt /4/ som beskriver en tillämpning (Optimerad stockinläggning).

Begreppen "validitet" och "validering" behöver vi inledningsvis definiera. Ordet validitet står enligt /17/ för "giltighet". Här använder vi ordet för att beteckna en modells överensstämmelse med verkligheten. Detta följer vetenskaplig praxis. På engelska används uttrycken "model validity" och "model validation". Det senare uttrycket översätts med "modell-validering", vilket betecknar själva processen att undersöka och beskriva en modells validitet. En modells överensstämmelse med verkligheten, dess validitet, beskrivs i kvantitativa termer som en jämförelse mellan modellföresägelser och faktiska mätningar. Ordet validitet kan emellertid dessutom användas i en vidare betydelse för att beteckna en modells användbarhet och ändamålsenlighet. I den här rapporten ska vi behandla bägge betydelserna.

Under 20 år har datorbaserade så kallade sågsimulatorer använts för att beräkna utbyte inom sågverksindustrin; /6/, /9/, /14/. Sågsimulatorerna har framför allt använts för att välja postning i de sågverk som arbetar med försorterat timmer. Syftet har då varit att få underlag för att välja ett visst förfarande för en stor mängd stockar inom samma sågklass. I dessa sammanhang har man använt sig av relativt enkla geometriska mått för att beskriva stockarna (toppdiameter, eventuell ovalitet, längd, medelavsmalning, pilhöjd vid stockmitt samt i något fall pilhöjd vid några längslägen). Man har vidare i utbytesberäkningarna förutsatt att stockarna har cirkulära eller elliptiska tvärsnitt, utefter stocklängden likformig avsmalning, cirkelbågformad krok etc. De få försök till validering av dessa modeller som utförts på en mindre grupp stockar har givit negativa resultat. Detta gäller framför allt sidobrädessutfallen. Med detta vill vi dock inte mena att dessa modeller har för dålig validitet för sitt syfte, vilket ju är att studera effekter på partier av stockar. De valideringsförsök som gjorts för dessa modeller finns tyvärr inte dokumenterade. För att kunna ackumulera kunskap är det önskvärt att detta görs. Ett syfte med innevarande rapport är därför också att utgöra ett exempel och en mall för en sådan dokumentation.

Vid processstyrning för sönderdelning av den enskilda stocken behöver man mer förfinade modeller. En teoretisk optimal sönderdelning av den enskilda stocken förutsätter att man dels kan utnyttja den enskilda stockens unika geometri, dels att man vid det första ingreppet i stocken i första såg kan prognosticera de efterföljande sönderdelningsstegens faktiska utförande. Ifall optimeringen av stockinläggningen baseras på ett visst utfall ur höger respektive vänster sidobrädessämne så bör detta överensstämma med det verkliga utfallet i kantning och justering för att optimeringen i första såg inte ska bli missriktad. Det bör här tilläggas att man givetvis kan genomföra en automatstyrd inläggning av stocken i första såg utan den ambitiösa ansatsen att totaloptimera utfallet, vilket skulle kräva en perfekt beräkningsmodell. En sådan automatinläggare kan exempelvis genomföra en mer avancerad styrd centrering baserad på en optisk stockmätning i

stället för en helt mekanisk centrering. OPTSAW-systemet initierades emellertid därför att vi var intresserade av att studera potentialer och grundkrav hos stockinläggningen i första såg vid en optimering. För att bli möjliggöra valideringsstudier genomfördes inom projektet "Optimerande stockinläggare" provsågningar av alla de inmätta stockarna. Dessa resultat finns redovisade i kapitel 3 i denna rapport. Detta kapitel beskriver i kvantitativa termer OPTSAW-modellens validitet vid jämförelse med praktiska prov. För att även behandla den andra aspekten av begreppet validitet nämligen "ändamålsenligheten" finns i kapitlen 4 och 5 jämförelser mellan OPTSAW-modellen och andra modeller och deras resultat samt en analys av betydelsen av OPTSAW-systemets detaljerade stockbeskrivning.

Läsaren ombeds också läsa denna rapport ur ett helt annat perspektiv än med fokusering på OPTSAW-modellens validitet. Resultaten kan nämligen också tolkas som en beskrivning av verklighetens komplexitet. I OPTSAW-modellen har vi tagit hänsyn till den komplexitet som stockens form har (givetvis med reservation för eventuella mätfel och den trots allt inte oändliga upplösningen). Utöver detta uppvisar verkligheten variationer i sågutförande (ej perfekt raksågning), mått, funktion hos block- och kantautomater, manuellt val av kaplägen vid justering m m. Detta har betydelse vid alla försök att optimera utbyten.

Slutligen vill vi här tacka de tre referenssågverken som ingått i studien med dess personal samt de personer vid Träteknik som förutom författarna deltagit vid de praktiska proven.

2. SAMMANFATTNING

Syftet med denna rapport är att redovisa bedömningar av validiteten (giltigheten) hos det vid Träteknik utvecklade programsystemet "OPTSAW" (/5/) för simulering av sågverksprocessen.

Tyngdpunkten i studien har lagts på att jämföra resultat erhållna vid simuleringar i OPTSAW med resultat som erhållits vid provsågningar i tre sågverk. För att komplettera denna typ av validering har även en jämförelse med andra författares utredningsresultat gjorts. Detta möjliggör en bedömning av tillförlitligheten hos de resultat som tidigare redovisats i /4/ om värdepotentialer m m vid olika positioneringar av stockar i första såg. Slutligen redovisas en studie där utbyte beräknat utifrån förenklade ("idealiserade") antaganden om stockars geometri jämförs med utbytesberäkningar gjorda på detaljmätta stockar. Detaljeringsgraden i stockbeskrivningen är ju den största skillnaden mellan OPTSAW och andra datorprogram för sågsimulering. Grundmaterialet består av 99 stockar som tidigare utförligt beskrivits i /4/.

Efter provsågningar i de tre referensverken Limmared, Marma och Kastet har verkligt utfall jämförts med simulerade utfall från OPTSAW-modellen. I respektive sågverk har följande registrerats per stock respektive per virkesämne:

Mätningar/Sågverk:	Limmared	Marma	Kastet
Inläggningslägen genom ändytemarkering (enligt /4/)	Första och andra såg	Första såg (I)	Första och andra såg
Inläggningslägen genom blockytemätning (enligt /7/)	Ja	Nej	Nej
Registrerat utfall i automatkantverk	Bredd, längd och kvalitet	Bredd och längd (II)	Bredd, längd och kvalitet
Manuellt utförd sortering och justerkapning	Ja	Ja	Ja
Detaljmätt utfall av virkesgeometrier	1 stock	Nej	2 stockar

Anm. (I) I Marma tillämpades kurvsågning i andra såg, vilken ej mättes.
(II) Registrering av vald kvalitet i kantverket "glömdes".

Totalt virkesvärde per stock har jämförts mellan följande tre fall:

- (1) Utfall vid PROVSÅGNINGEN baserat på manuellt bedömd sortering och justering av virkesbitarna.
- (2) Utfall vid PROVSÅGNINGEN baserat på manuell bedömning av centrumämnen men i kantverket registrerat utfall av sidovara.
- (3) Utfall vid SIMULERING av samtliga processled utifrån i stockkändarna uppmätta inläggningslägen.

För respektive sågverk låg värdet vid simulerat utfall (3) 3,9 %, 2,0 % och 3,8 % under virkesvärdet vid provsågningen (1). Runt dessa relativa medeldifferenser erhöles spridningar på 4,7 %, 4,0 % och 3,7 %. Dessa procentsatser avser då endast det sågade virkets värde exklusive värdet av biprodukterna flis och spån. Om utfallen ovan baserats på totalt stockvärde inklusive biprodukter som i /4/, hade ovanstående siffror dock reducerats med 30-40 %.

Jämförelserna beträffande modellöverensstämmelsen visade sig alltså ge negativa resultat både beträffande värdenivåer och värdespridningar. En studie av samvariationen hos sidobrädessutfallet i första såg mellan simulering och provsågning gav också negativa resultat.

Beträffande nivåfelet finns indikationer på att man vid den manuellt bedömda justeringen har tillåtit mer vankant än vad som uppgivits och därför använts som maxregler i simuleringsmodellen. Detta har uppmärksamats för de detaljmätta stockarna. Dessutom kunde det konstateras att även de kantverksregistrerade utbytena vid provsågningen (2) låg på en lägre nivå än vad som erhöles vid manuell bedömning (1).

Vad gäller spridningarna har vi bedömt det som troligt att cirka hälften av spridningen kan förklaras med att operationerna kantning och justering i verkligheten har en inneboende slumpmässighet som ger en avvikelse från modellutfallet. Den andra hälften kan troligen förklaras med att det stockvisa utfallet varierar starkt med små inläggningsförändringar. Den uppmätning av inläggningen som använts i studierna har uppenbarligen inte haft den precision (≤ 1 mm) som vore nödvändig för att nå överensstämmelse mellan provsågat och simulerat utfall. Dessutom störs bilden av råmåttvariationer vid sågningen.

Under valideringsarbetet har ett programfel i OPTSAW-systemet uppdagats och åtgärdats. Detta programfel har påverkat resultaten som tidigare redovisats i /4/. Felets påverkan på resultaten i /4/ är begränsad, men kan ha inneburit att potentialen för optimering i /4/ överskattats med ca 30 %.

Trots de till synes dåliga valideringsresultaten tror vi på OPTSAW-systemet som ett kraftfullt utredningsinstrument för studier av mätkoncept, principer för inläggning samt känslighetsanalyser vid olika inläggningar; detta inkluderar även de resultat som tidigare redovisats i /4/ (med den korrektion p g a hittat programfel som nu åtgärdats). Skälet till detta är dels vår förståelse av valideringsproblemens orsaker (*), dels överensstämmelsen med andra forskares resultat.

En genomgång av studier (/1/, /3/ och /13/) där modellen i /6/ använts påvisar en potential för en förbättrad centrering på nivån 0-1 %. En annan studie som behandlar potentialen vid inläggningsoptimering (/11/) uppvisar nivåer på 1-2 % i utbyteshöjning. Bägge dessa resultat stämmer väl med OPTSAW-resultaten i /4/.

(*) Anm. Bakgrunden till dessa överväganden låter sig inte sammanfattas i korthet varför vi hänvisar till den kompletta diskussionen i avsnitt 3.6 punkt b i denna rapport.

De negativa valideringsresultaten ger dock en klar fingervisning om det tveksamma i att utveckla en on-line-simulator för att utifrån kompletta utbytesberäkningar söka positionera stock eller block i snäva optimala lägen. Denna invändning gäller även om man skulle kunna utveckla mekaniken med tillfredsställande precisionsprestanda. Detta negativa resultat får antas stå sig så länge senare bearbetningssteg ej kan prognosticeras på ett mer precist sätt.

För att analysera betydelsen av OPTSAWs egenart, nämligen den höga upplösningen vid beskrivning av stockgeometrin, har en jämförande studie mellan idealiserade och "verkliga" stockar genomförts. Idealiseringen visade sig ge bl a följande effekter:

- Utbytet höjs generellt.
(Värdet ökade för de 99 undersökta stockarna med 2,7 %.)
- Sambandet mellan utbyte och diameter ändras.
Värdet som funktion av diametern uppvisar sitt maximum vid cirka 10 mm klenare diameter då stockarna idealiseras jämfört med bästa diametern vid den "verkliga" geometrin. Detta förhållande torde dock variera med det stockmaterial som undersöks.
- Känsligheten för "inläggningsfel" (avvikelse från centrering) minskar vid idealisering.

Avslutningsvis vill vi i detta sammanhang poängtera avsaknaden av dokumenterade modellvalideringar för övriga kända sågsimuleringsmodeller. Baserat på erfarenheter av det arbete som redovisats i denna studie kanske denna avsaknad härrör från de stora praktiska problem som en sådan validering medför. Vi hoppas dock att avsaknaden av dokumenterade valideringar ej beror på att dåliga resultat erhållits. Vi anser sådana studier vara av mycket stort värde för förståelsen av och användbarheten av simuleringsmodeller. Sådana studier är också viktiga för förståelsen av sågprocessen i sig.

3. PROVSÅGNING KONTRA SIMULERING, EN JÄMFÖRANDE STUDIE

Avsikten med dessa studier har varit att få en uppskattning av hur modellresultat överensstämmer med praktiskt erhållna resultat. Att en modell ej exakt kan förväntas stämma med verkligheten ligger i sakens natur eftersom modellen arbetar med förenklingar av olika slag såsom t ex konstanta råmått, spårvidder, distinkt givna vankantsregler m m. Det är dock av intresse, både vid bedömningen av studier utförda med simuleringssmodeller och för konstruktionen av sådana modeller, att förstå och att kvantifiera hur modellresultat kan avvika från praktiskt erhållna resultat.

I denna studie jämförs utfallet vid provsågningar som genomförts vid tre sågverk med datorsimuleringar i OPTSAW-systemet. Jämförelserna avser i huvudsak erhållet värdeutfall av sågat virke i kr/stock alternativt kr/m³f, men även vissa detaljstudier redovisas för att ge en mer komplett bild.

3.1 Allmänna förutsättningar

Provsågningarna har genomförts vid de tre referenssågverken Limmareds sågverk (maj-84), Marma sågverk (sept-84) och Kastets sågverks klinttimmerlinje (feb-85) med ett sammanlagt stockmaterial på 99 stockar uppdelade på 8 sågklasser. Antalet stockar som tagits med i dessa studier har på grund av ofullständiga noteringar/felmätningar (kommenteras nedan) dock reducerats till 89 st. I Limmared och Kastet tillämpas raksågning medan man i Marma tillämpar kurvsågning i andra såg. En utförligare beskrivning av förutsättningarna i sågverken och av stockmaterialet finns angiven i /4/. Stockgeometrisk data har erhållits i enlighet med den inmätningssmetod som beskrivs i /2/. Den använda simuleringssmodellen beskrivs i /5/.

I förutsättningarna för kantning och justering vid provet ingick att sågade ämnen skulle behandlas som om de inte hade några biologiska kvalitetsrestriktioner (*). Detta innebar praktiskt att de vankantsregler som stipulerats för den högsta slutkvaliteten normalt tillämpades med undantag av de fall där man tvingades klassa ned ämnena (se vanregler i /4/). Skälet till detta förfarande var att vi ville skapa samma förutsättningar vid simulering och provsågning.

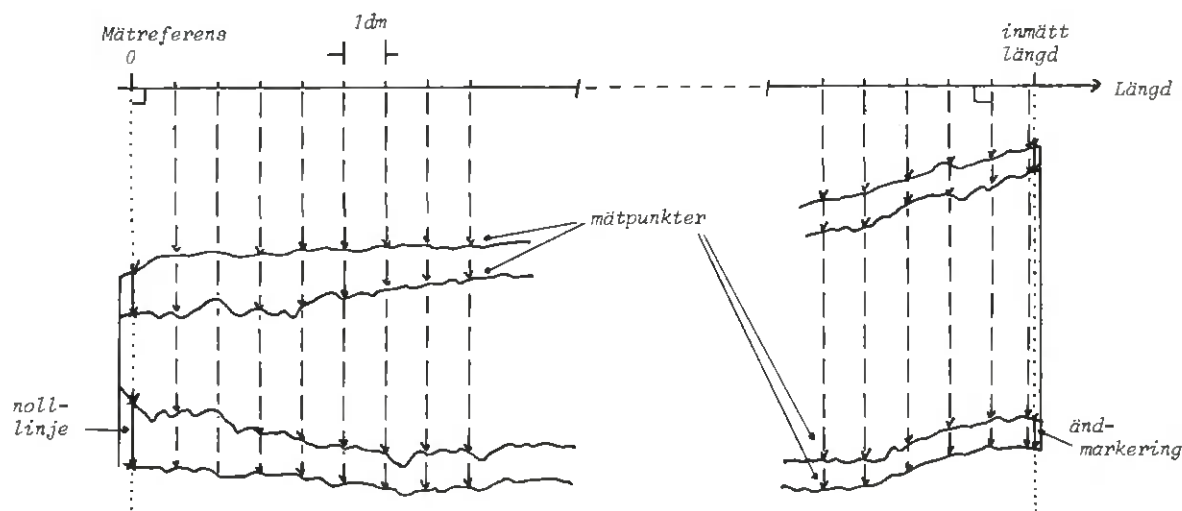
Provsågning

I huvuddrag utfördes följande moment vid provsågningen:

- Gruppvis (5 stockar) sågning av stockar i första och andra såg.
- Märkning av ämnen så att varje ämne kunde tillordnas aktuell stock respektive position i posten.
- Kantning och notering av automatkantverkets beräknade utfall av varje sidoämne.
- Oversorterarens bedömning av slutkvalitet och längd för varje centrum- och sidoämne samt notering av dessa beslut. (Rått utfall.)
- Inmätning av inläggningslägen i första och andra såg på centrumämnenas ändtyor i enlighet med beskrivningen på sid 8 i /4/.

(*) Anm. Till skillnad mot i /4/ där beräkningarna baserades på en ansatt biologisk kvalitetsfördelning.

På utfallet från tre stockar (nr 103, 401, 416) utfördes detaljerade uppmätningar av ämnesgeometrierna före kantning/justering relativt en rät mätreferens vid varje dm längs ämnet enligt figur 3.1 nedan. Dessutom mättes råmåttan av ämnens tjocklek och eventuella bredd vid olika längslägen.



Figur 3.1 Mätpunkter vid manuell uppmätning av geometri på utsågat ämne från specialstuderad stock. (Principskiss)

Sågningen simulerades med de inmätta inläggningslägena i OPTSAW-systemets konsekvensberäkningsmodul ACTSAW varefter provsågat virkesutfall jämfördes med det simulerade utfallet för de stockar som hade komplett information från provsågningen (modulen ACTSAW simulerar sågning i ett bestämt inläggningsläge). För de specialstuderade stockarna kunde även ämnesgeometrierna jämföras. Priserna per dimension var de vid provsågningstillfället gällande.

Några problem

Ändmarkeringarna i figur 3.1 ovan markerar mellan vilka ändlägen stockarna mätts in vid stockmätningen. Denna begränsning var nödvändig av mätningstekniska skäl. Eftersom begränsningslinjen endast var markerad på mantelytan saknades denna på vankantsfria ämnen, t ex centrumämnen, vilket medförde att vissa slutlängder på sågat virke blev längre än den inmätta stocklängden.

Modellen arbetar med ett visst konstant valbart ändavkap vid virkesändar. Denna faktor tog man ej hänsyn till (p g a bristfällig information) vid sorterarens bestämning av slutlig längd.

De två ovanstående faktorernas inverkan kunde efterkorrigeras i de fall slutlängden var längre än tillåten längd minus 2 ändavkap, men ej om slutlängden var kortare och ändå inkluderat icke tillåtet ändavsnitt. Detta har gynnat utfallet vid provsågning något.

Använda konventioner

För att underlätta framställningen i utbytesjämförelserna i de följande avsnitten används följande förkortningar:

PROV = Provsågningsresultat, baserat på sorterarens bedömning av slutkvalitet och slutlig längd för de råa virkesämnen.

KANT = Provsågningsresultat, för sidoämnen baserat på automatkantverkets val av bredd, föreslagen slutlängd och för Limmareds och Kastets del även slutkvalitet. Centrumämnena har dock bedömts enligt PROV.

SIM = Simuleringsresultat, baserat på konsekvensberäkning i ACTSAW utifrån i topp och rot uppmätt positionering i första och andra såg. (För Marmas del har vi p g a att man kurvsågar i andra såg dock tvingats simulera inläggningen i andra såg.) Kantningsval och justeringsbeslut är simulerade i modellen. Resultaten avser rått justerat utbyte.

Vid justerkapning och kvalitetsbedömning har endast vankanten beaktats.

Uppläggning av analysen

För de studerade sågverken sker redovisningen med följande inriktning:

- Nivåjämförelse mellan SIM och PROV.
- Samvariation mellan SIM och PROV.

Den övervägande användningen av en modell är för jämförande studier av olika alternativ. Därvid jämförs ett modellberäknat alternativ med ett annat likaså modellberäknat. Exempel på sådana studier är val av inläggningsläge och val av postning. Vid denna typ av modellanvändning är nivåriktigheten av mindre betydelse men riktigheten vad gäller ordningsföljden viktigare. Modellen får inte säga att alternativ A är bättre än alternativ B och verkligheten vara den motsatta. Däremot gör det inget att modellen över- eller underskattar värdet bara den procentuella felskattningen är densamma för alla alternativ. För att studera "ordningsvaliditeten" hos OPTSAW-modellen har vi undersökt hur värdet hos sidobräder ur första såg samvarierar mellan SIM och PROV när stockarna varierar. Detta är den enda variation som finns till hands eftersom varje stock bara kan sågas en enda gång. Att vi valt att bara redovisa sidobräder ur första såg beror på att det visar sig att resultaten i första såg har så pass låg samvariation att en studie i andra såg inte synes meningsfull.

- Detaljstudium av enskilda stockar (endast i Limmared och Kastet).

Alla bitarna i posten har mätts upp med avseende på geometrisk form och jämförts med de ämnesformer som framräknats med utgångspunkt från den inmätta stockens form samt det uppmätta inläggningsläget i första och andra såg.

- Inläggningsmätningar enligt blockytemetod (enbart i Limmared).

Mätningar av blekesbredder vid fem längslägen enligt /8/ har utförts. Därur kan inläggningen i första såg rekonstrueras.

- Sammanfattning av provsågningsresultaten för sågverket.

Programfel upptäckt!

Under valideringsstudierna upptäcktes att sidobräder från andra såg i vissa lägen behandlades misstänkt "hårt" av modellens justerkapning. En analys av orsakerna påvisade ett fel i programmet. Detta programfel har visat sig drabba det simulerade värde- och volymsutbytet på ett negativt sätt. Eftersom de hittills producerade resultaten /4/ baserats på en programversion som haft detta fel redovisas under SIM de resultat som erhållits vid körningar med ursprungsversionen. Programfelets inverkan kommenteras separat där detta haft inverkan. Under ett särskilt avsnitt nedan (se avsnitt 3.5) redovisas felets inverkan på de resultat som redovisats i /4/.

3.2 Sågverk 1, Limmared

3.2.1 Specifika förutsättningar

Totalt ingår 23 stockar i studien. Geometriska data för stockarna finns tidigare redovisade i /4/. Från de i /4/ redovisade 28 stockarna har 5 stockar utgått i denna studie av följande orsaker:

<u>Stock nr</u>	<u>Orsak till bortfall</u>
101, 107 och 136	Extrema värdedifferenser (-19 %, -18 %, -17 %) mellan värde vid SIM och PROV föreligger. Med hänsyn till skillnader i virkesutfallet kan felmätning av inläggningsläget befaras ha skett.
111	Inläggningslägena vid PROV är ej möjliga att rekonstruera.
118	Angiven kantningsregel var ej tillämpad vid PROV. (150 mm bredd för aktuell dimension skulle ej tas ut enligt instruktionen.)

Förutsättningarna beträffande sågklasser, postningar och vankantsregler som studerats är desamma som i /4/.

Den biologiska kvaliteten skulle ej innebära några restriktioner och medgav, om vankantsreglerna tillät detta, högsta möjliga slutkvalitet. Centrumvirket kunde därmed erhålla kvalitet "kvinta och bättre" medan sidobräder kunde erhålla "hyvelkvinta" i granklasserna och "kvistrent" i furuklassen. Andra nedklassningar än vräkning blev inte aktuella för sidobräderna eftersom vankantsreglerna för "kvistrent" är de mest generösa och "hyvelkvinta" var den enda kvaliteten i granklasserna.

Blockytemätningar enligt /8/ utfördes även vid provsågningen som kompletterande information.

En stock (103) detaljstuderades med avseende på utsågade ämnesgeometrier och råmått.

3.2.2 Totalt utfall

Nedan visas erhållna volyms- och värdeutbyten vid PROV, KANT och SIM.

Tabell 3.1 Volyms- och värdeutbyten för de tre sågklasserna i Limmared vid de tre olika beräkningsgrunderna PROV, KANT och SIM.

Sågklass:		Gran 17,9-18,8	Gran 23,8-25,3	Furu 23,5-25,5

Volymutbyten				
m ³ sv/m ³ f vid:	PROV	51,1	57,3	58,3
	KANT	50,7	56,6	58,0
	SIM	47,9	55,3	55,7

Värdeutbyten				
kr/m ³ f vid:	PROV	513	584	917
	KANT	510	577	912
	SIM	486	565	866

Antal stock		7	5	11

Utgående från resultaten vid PROV underskattas volymutbytet vid simuleringen (SIM) med 2,0 - 3,2 % (medel = -2,6 %). Motsvarande jämförelse ger för KANT en underskattning på 0,3 - 0,7 % (medel = -0,4 %). Jämförs värdeutbytena på samma sätt kan det konstateras att SIM underskattar detta med 3,3 - 5,6 % (medel = -5,0 %) och att KANT erhåller underskattningar på 0,5 - 1,2 % (medel = -0,7 %).

Genomgående konstateras således en underskattning både vid SIM och KANT och att denna är avsevärt större vid SIM än vid KANT. Underskattningen vid KANT kan tyda på att sorterarens vankantsbedömning är generösare än de regler som tillämpas vid kantverket. Skillnaden mellan KANT och PROV är enbart beroende på skillnader i brädufallets längd och kvalitet, eftersom breddvalet redan verkställes av kantverket. Centrumutfallet har i båda fallen baserats på sorterarens beslut. Om vi endast studerar effekten av underskattningen för sidobräder vid SIM så uppgår denna till i medel 3,4 % av det totala värdet, alltså 2/3 av ovan angivna -5,0 %. För en direkt jämförelse mellan SIM och KANT är det snarast dessa 3,4 % som bör ställas mot underskattningen på 0,7 % vid KANT.

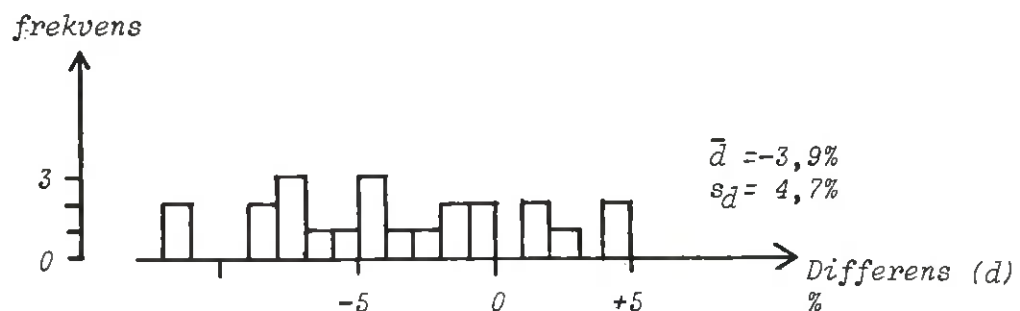
De ovan redovisade totala skillnaderna med avseende på värdeutbytet kan komponentuppdelas i följande delorsaker:

Tabell 3.2 Underskattningen uppdelad på var den uppkommit, Limmared. Värden vid SIM redovisade före rättning av simuleringsmodellen.

	SIM	KANT
Underskattning sidobräder i första såg	= 0,5 %	0,4 %
Underskattning sidobräder i andra såg	= 2,9 %	0,3 %
Underskattning centrumvirke	= 1,6 %	-
Underskattning virkesvärde totalt	= 5,0 %	0,7 %

Den dominerande orsaken till underskattningen vid SIM är utbytet av sidobräder i andra såg. Efter rättning av simuleringsmodellen kunde det konstateras att denna till mer än hälften var orsakad av det under avsnitt 3.2.1 omtalade programfelet varvid komponenten minskade till 1,8 % och den totala underskattningen således korrigerades till 3,9 %. Centrumutfallet hade inte påverkats av programfelet.

Förmågan att skatta rätt värdeutbyte för varje enskild stock framgår av figur 3.2 nedan. (Värden erhållna efter rättning av programmet.)



Figur 3.2 Histogram över antal stockar med olika avvikelser i % mellan värdeutbyte vid SIM och PROV. (Efter programrättning.)

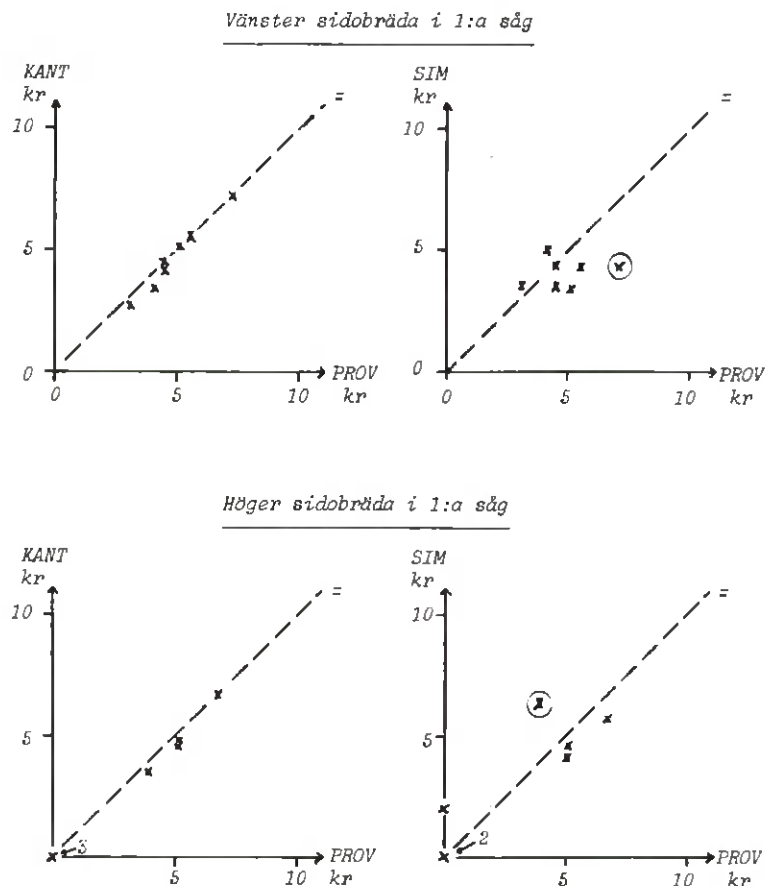
Spridningen är som synes otillfredsställande ($s = 4,7\%$) och att det är fråga om en signifikant underskattning syns tydligt.

3.2.3 Utfall av bräder i första såg

I detta avsnitt studeras skillnaderna mellan förväntat värdeutbyte av sidobräder i första såg enligt SIM med motsvarande uppmätta resultat enligt PROV.

Sågklass: Gran 17,9 - 18,8 cm (7 stockar, 14 ämnen)

Figur 3.3 redovisar sambanden mellan förväntade värdeutbyten beräknade med simuleringsmodellen (SIM) och bedömda utbyten vid provsågningen (PROV). Som referens anges även sambandet mellan förväntat utbyte enligt kantverkets prognos (KANT) och PROV.



Figur 3.3 Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för sidobräder ur första såg. Limmareds sågklass Gran 17,9 - 18,8 cm.

SIM-prognosen visar här ett otillfredsställande samband med de manuellt bedömda värdeutbytena vid PROV. De inringade värdena som härrör från samma stock (112) visar de största avvikelserna med underskattning på vänster sida och överskattning på höger sida vilket antyder felmätning av inläggningsläget. Vid KANT visas ett betydligt bättre samband med PROV, dock med en tendens till underskattning av slutligt utbyte.

Sammanlagt värdeutbyte av dessa bräder underskattades av SIM med 6 % vilket motsvarar 21 cm avkap per bit med bredden 75 mm och kvalitet hyvelkvinta. (Underskattningen vid KANT uppgick till 5 %.)

En jämförelse av symmetrin mellan höger och vänster utbyten visar att 38 % lägre värdeutbyte erhöles på höger sida vid PROV. Vid SIM var höger sidoutbyten 19 % mindre värda än vänster utbyten. (KANT gav ca 40 % lägre värde för höger utbyten, alltså samma osymmetri som vid PROV.) Det mer osymmetriska utfallet vid PROV än vid SIM antyder alltså att stockarna legat längre till vänster om sågcentrum än vad de uppmätta inläggningslägena resulterade i vid simuleringen.

Sågklass: Gran 23,8 - 25,3 cm (6 stockar, 24 ämnen)

I postningen tas 2 sidobräder ut på vardera sidan i första såg. I detta avsnitt räknas stock 118 in eftersom tidigare omnämnd utslutning orsakats av felkantning i andra såg.

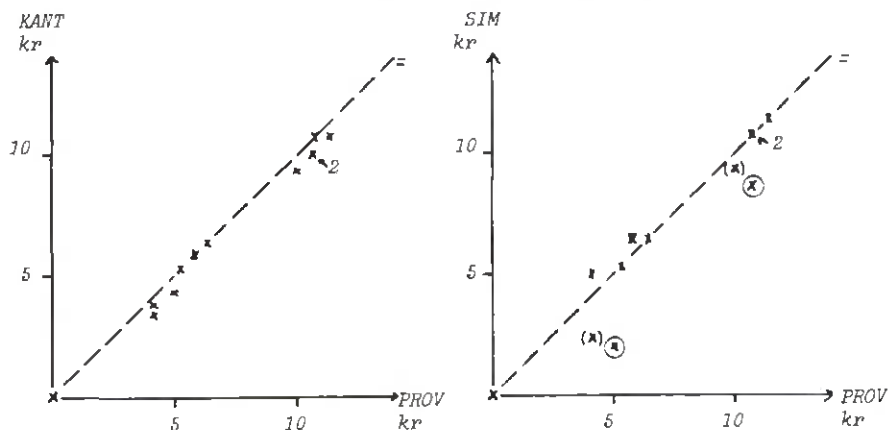
Figur 3.4 redovisar sambanden mellan förväntade värdeutbyten beräknade vid SIM och vid PROV. Som referens anges liksom i förra avsnittet även sambandet mellan förväntat utbyte enligt KANT och PROV.

I diagrammen kan konstateras att precisionen är bättre än motsvarande jämförelse för den klenare granklassen vilket delvis förklaras av att inre sidobrädor är mindre känsliga för avvikelser i inläggning m m. Stock 119 (inringad) visar dock underskattade värden på både vänster och höger sida medan stock 124 (inom parentes) visar underskattning på vänster och över-skattning på höger sida (yttre sidobräder). Vidare kan konstateras att 13 av de 24 ämnena erhållit samma värdeutbyte vid SIM som vid PROV. I jämförelsen mellan KANT och PROV erhöles samma värdeutbyte för 14 av de 24 sidoämnena och en bättre medelprecision.

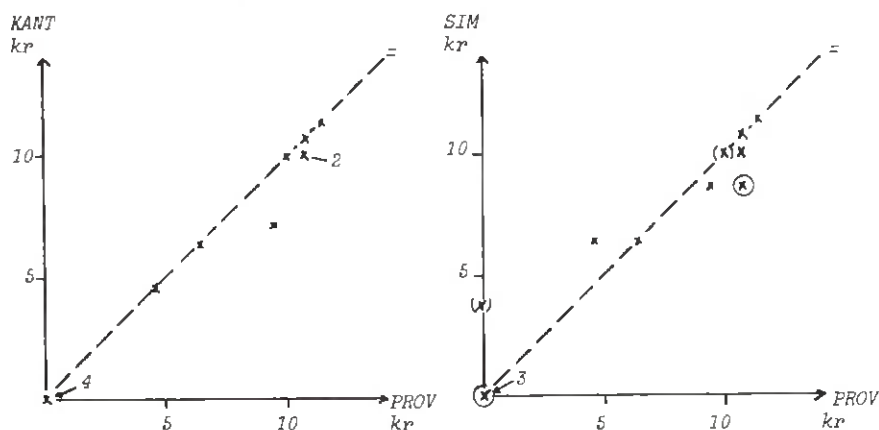
Både vid KANT och SIM finns en tendens till underskattning av värdeutbytena. Vid SIM underskattades totalt sidobrädsvärde med 3 % vilket fysiskt motsvarar 8 cm avkap per bit med bredd 125 mm och kvalitet hyvelkvinta. (Underskattningen för KANT uppgick till 5 %.)

Symmetristudien visar både vid PROV och KANT att höger sida gav 12-13 % lägre värdeutbyte än vänster sida. Vid SIM erhöles endast en skillnad på 3 % vilket liksom i den förra klassen antyder att stockarna legat längre till vänster om sågcentrum vid provsågningen än vad den uppmätta positioneringen indikerade.

Vänster yttre och inre sidobräda i 1:a såg



Höger yttre och inre sidobräda i 1:a såg



Figur 3.4 Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för sidobräder ur först såg. Limmareds sågklass Gran 23,8 - 25,3 cm.

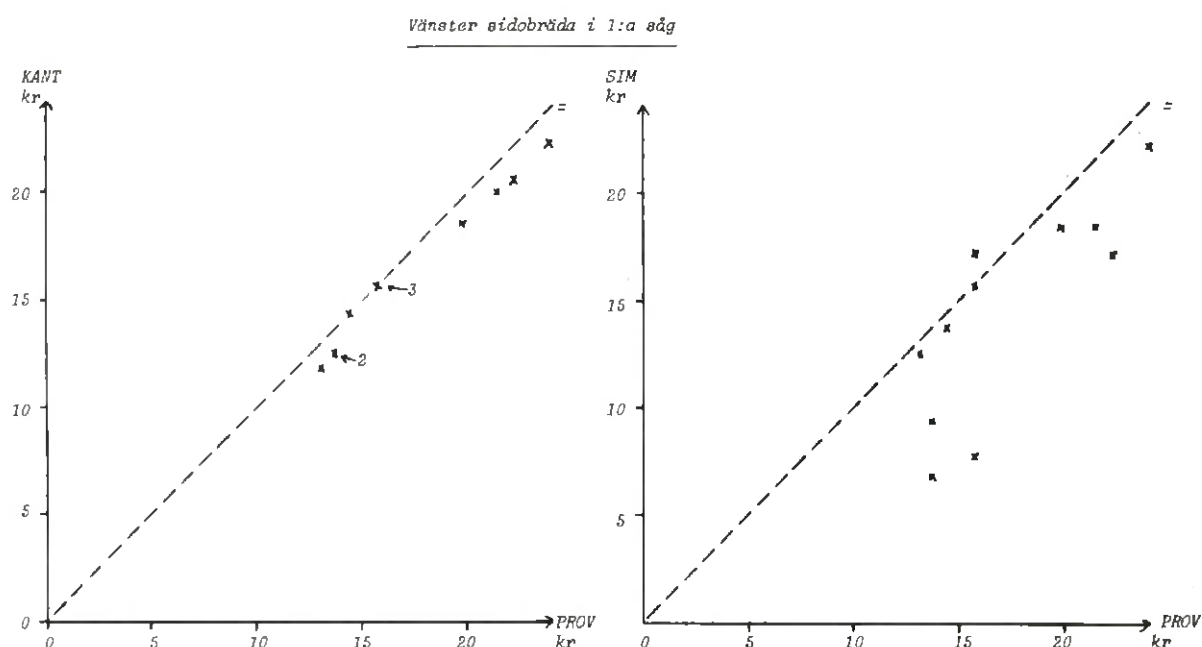
Sågklass: Furu 23,5 - 25,5 cm (11 stockar, 22 ämnen)

I figur 3.5 (a, b) redovisas som för tidigare klasser precisionen hos KANT och SIM då det gäller att skatta justerat värdeutbyte av sidobräder vid PROV.

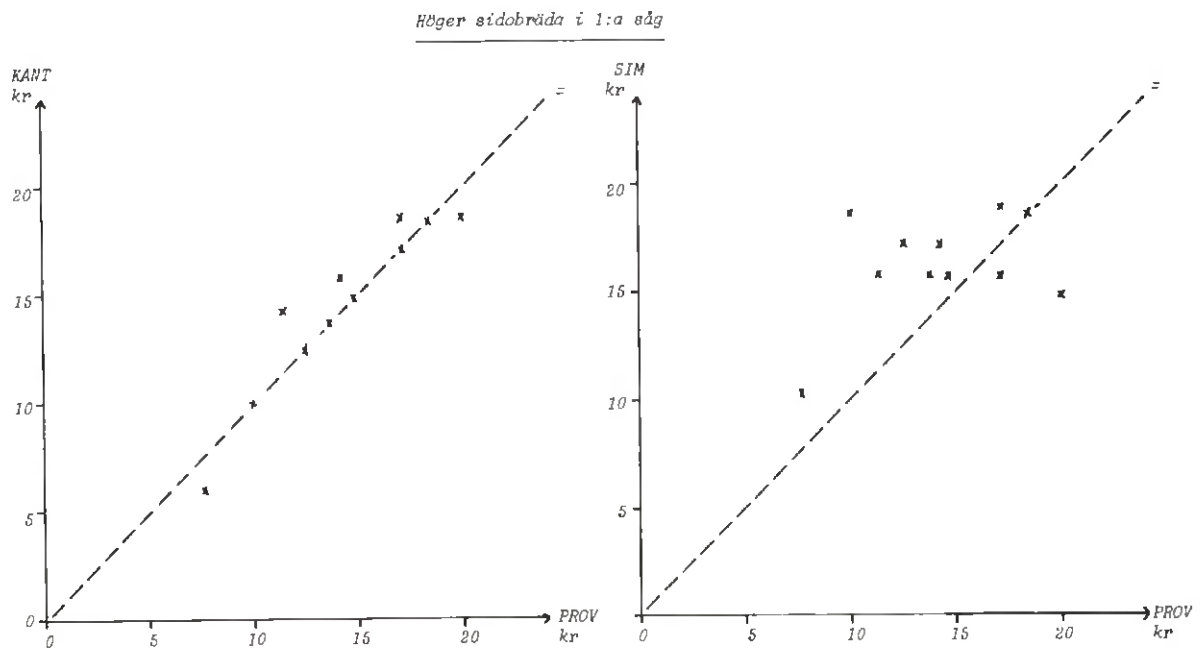
I diagrammen kan konstateras att precisionen för SIM är otillfredsställande särskilt på höger sida. Vidare kan konstateras SIM underskattar 9 av de 11 bräderna på vänster sida medan motsatt förhållande råder på höger sida där 8 av bräderna överskattas. Prognosen vid KANT är avsevärt bättre, även om en viss men relativt låg spridning kan noteras. Även vid KANT synes dock en tendens till underskattning på vänster sida.

Det sammanlagda brädufallet underskattades av SIM med 3 % vilket fysiskt skulle motsvara 9 cm avkap per bit med bredden 125 mm och kvalitet kvistrent. (Vid KANT erhöles en underskattning på 2 %.)

Studerar symmetrin mellan höger och vänster utbyte så uppvisade både PROV och KANT lägre utbyte på höger sida (-17 % respektive -11 % utbytesdifferens) jämfört med vänster sida. SIM-resultaten visade emellertid på ett större utbyte på höger sida (+12 %) än på vänster sida. Denna skillnad tyder liksom i de föregående klasserna på att stockarna legat längre till vänster om sågcentrum vid provsågningen än vad som skulle överensstämma med uppmätningen av inläggningslägena.



Figur 3.5 (a) Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för vänster sidobräder ur första såg. Limmared sågklass Furu 23,5 - 25,5 cm.



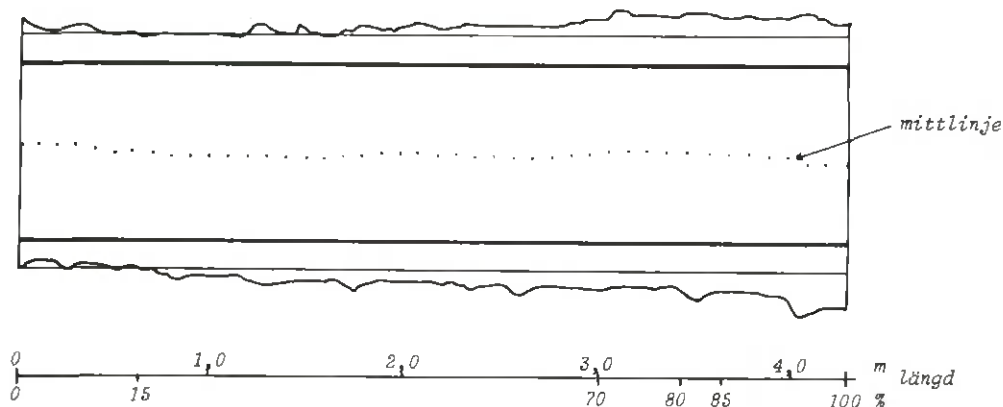
Figur 3.5 (b) Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för höger sidbräda ur första såg. Limmareds sågklass Furu 23,5 - 25,5 cm.

3.2.4 Detaljerad uppmätning av utfall från stock 103

Stock 103 ingår i den klenare granklassen (179-188 mm) som sågades med postningen 19-125-19 / 19-50-50-19. Avsnitten nedan beskriver inläggning och utfall vid PROV på ett detaljerat sätt och jämför detta med de resultat som erhöles vid simuleringen av samma sågning. Vissa analyser görs även av de avvikelser som förekommer. Avsnittet avslutas med en sammanfattning av de viktigare resultaten.

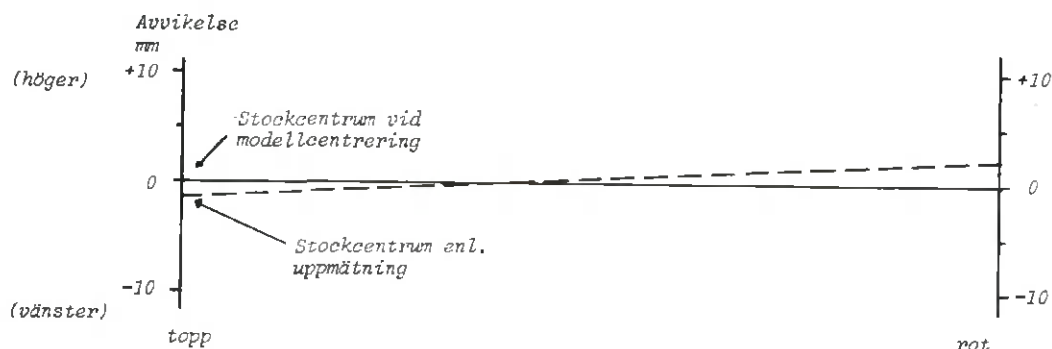
Positionering av stocken i första såg

I figur 3.6 visas inläggningen av stocken utifrån den uppmätning av stockens position relativt sågcentrum som gjordes vid samtliga provsågningar (se /4/). Denna mätning som utgick från positionen i topp- och rotände baserades på att sågningen kunde antas följa en rät linje genom stocken. (Detta antagande om perfekt raksågning innebär att det räcker med två punkter för att definiera sågningen.)



Figur 3.6 Positionering av stock 103 vid provsågning enligt uppmätta lägen i topp och rot under antagande om perfekt raksågning. (Stockprofilen är genererad utifrån mätdata vid svarvmätningen.)

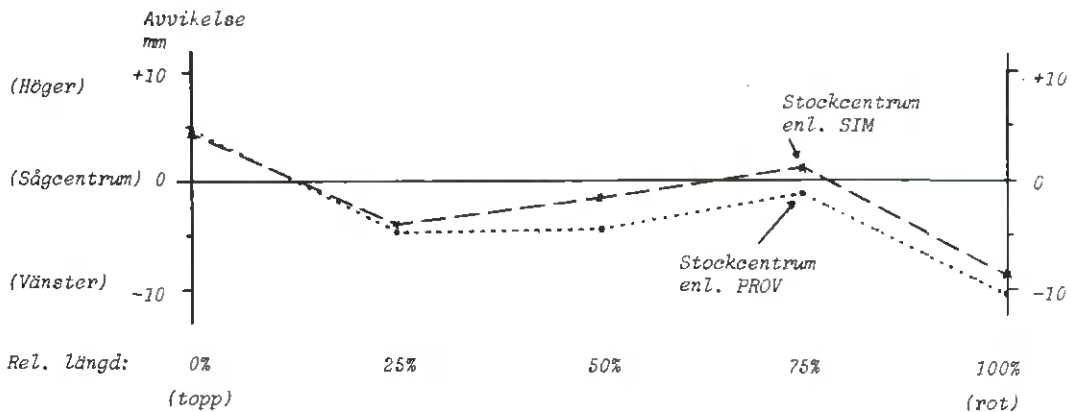
Vi kan här notera att stocken ligger något till höger om sågcentrum i toppändan men till vänster om sågcentrum i rotändan. Vid de relativa längdlägena ca 15 %, 70 % och 85 % av stocklängden ligger stocken mycket väl centrerad. Den idealiserade modellcentreringen som antagits i Limmared (se /4/) beskrevs av en två-punktscentrering vid 700 mm från topp (16 % i figur ovan) och vid 80 % av stocklängden. Dessa centrerlägen stämmer onekligen ganska väl med vad som konstaterades i figuren ovan. De avvikelser som trots allt finns kan dels bero på att vi missbedömt de faktiska centrerlägena, dels på att utrustningen inte har effektuerat det eftersträvade läget. I figur 3.7 nedan visas ett "inläggningsdiagram" där 0-linjen motsvarar stockcentrum vid den antagna modellcentreringen och den streckade linjen beskriver stockcentrums läge relativt 0-linjen enligt ändyteuppmätningen vid provsågningen. Perfekt raksågning har antagits.



Figur 3.7 Inläggningsdiagram utvisande avvikelse mellan uppmätt inläggning vid stockändarna och antagen modellcentrering (se /4/). Stock 103 i Limmared.

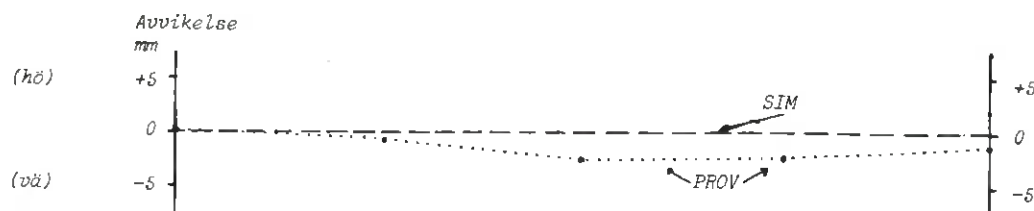
Vi kan i ovanstående figur observera att stocken legat något förskjuten till vänster i topp men något till höger i rot jämfört med den teoretiskt antagna modellcentreringen.

I Limmared utfördes även den vedertaget använda blockyttemätningen /8/ för bestämning av stockcentrums läge relativt sågcentrum. Denna uppmätning kan också göras på den simulerade blockgeometrin. I figur 3.8 redovisas de inläggningsdiagram som erhållits vid dessa två mätningar. Avvikelsekurvan enligt den fysiska uppmätningen har prickats och avvikelser erhållna vid mätning på simulerat block har förbundits med streckad linje. Observera här att vi definierar 0-linjen som sågcentrum och att avvikelserna därmed avser stockcentrums relativa lägen till skillnad från vanligen tillämpad praxis vid redovisning av inläggningsdiagram från blockyttemätningen.



Figur 3.8 Inläggningsdiagram erhållna efter uppmätning av verkliga (PROV) och simulerade (SIM) blockytor vid de relativa lägena 0 %, 25 %, 50 % och 100 % av stocklängden. Stock 103 i Limmared.

Två observationer kan göras i diagrammet. Det första allmänna intrycket är att stockcentrum legat till höger om sågcentrum i topp men till vänster i rotändan och att en kurvsågning alternativt en stockgeometri-effekt (jfr stockens mittlinje i figur 3.6) orsakat kurvans utseende på mitten. Den andra observationen är att SIM-kurvan som är framtagen efter en perfekt raksågning följer PROV-kurvan relativt väl. I och med detta kan vi konstatera att kurvans utseende främst är en effekt av stockgeometrin (stockkrok i första såg). Överensstämmelsen är mycket god i topp, men vid PROV har stocken fr o m 25 % av längden legat något (1-3 mm) längre till vänster än vad som varit fallet vid SIM vilket även framgår av figur 3.9 nedan.



Figur 3.9 Relativ avvikelse mellan stockcentrum vid PROV och SIM vid 5 längslägen på stock 103.

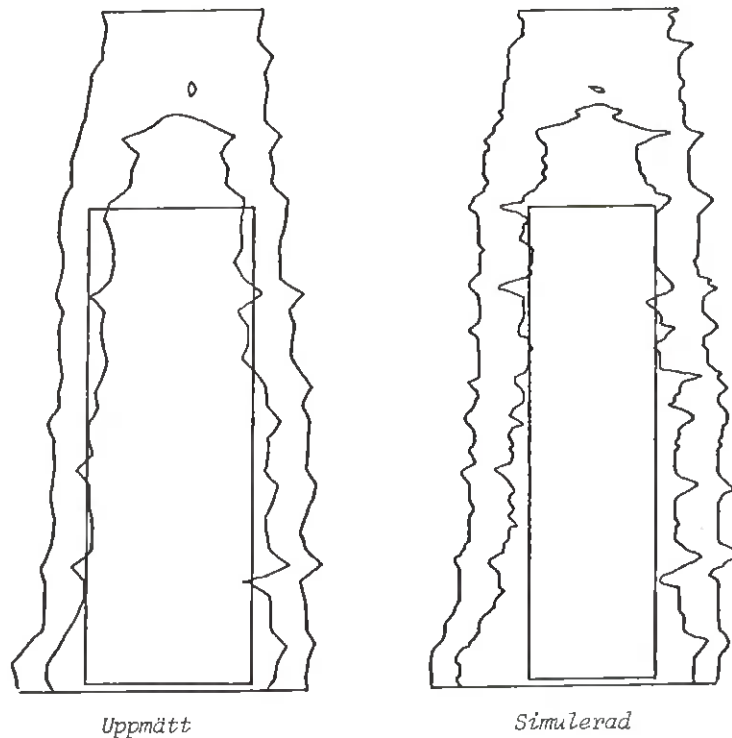
I figuren 3.9 kan även skönjas en viss tendens till att stocken varit kurvsågad vid PROV vilket dock snarast får anses vara en spekulering med hänsyn till de små avvikelserna i förhållande till felmarginalen. Avvikelsen i rot kan sannolikt vara en effekt av bristande precision vid mätförfarandet i virkesändarna (som legat till grund för positioneringen vid SIM).

Analysen ovan antyder i detta fall att vår uppmätta simulerade sågning har avvikelser inom eller nära felmarginalen (mättingsprecisionen) från den verkligt utförda sågningen med avseende på stockpositioneringen. Vi kunde dessutom som biresultat konstatera att den i /4/ antagna modellcentreringen i detta fall varit en fullt acceptabel ansats.

Utbytesjämförelser av sidobräder i första såg

I figur 3.10 visas geometrin av vänster sidobräda från första såg dels utifrån den simulerade sågningen, dels den uppmätta geometrin vid PROV. I ämnesgeometrierna har även det slutligt bedömda kantade och justerade virkesämnet inritats. Som inledningsvis nämndes i de allmänna förutsättningarna har de provsågade ämnena (PROV) endast uppmätts på var 10:e cm medan simuleringen (SIM) redovisar en längsupplösning på 3 cm vilket är orsaken till att ämnena är olika "jämn".

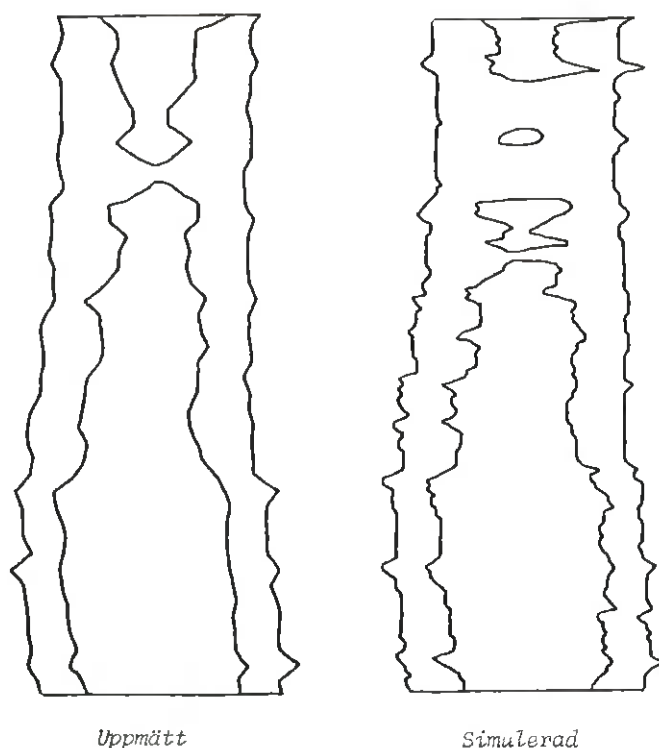
Om vi först betraktar ämnesgeometrierna kan vi konstatera en mycket god överensstämmelse. SIM ger dock en geometri som är något mindre än PROV, vilket i sin tur är mer markerat mitt på ämnet men som även kan konstateras mot rotänden. Det råjusterade utfallet blev vid SIM 10 moduler 75 mm HV (hyvelkvinta) till värdet 3,42 kr. Vid PROV erhöles 10 moduler 100 mm HV till värdet 5,13 kr, alltså en skillnad på hela 50 % trots att överensstämmelsen var så god mellan ämnesgeometrierna. I själva verket kan vi här konstatera att huvudorsaken i detta fall är att man vid PROV tolererat en större vankant än vad som tillåtits vid simuleringen.



Figur 3.10 Vänster sidobräda i första såg från stock 103. Simulerad och uppmätt geometri med inlagda kant- och justerresultat.

Höger sidobräda visas på samma sätt i figur 3.11. Även här får vi en mycket god överensstämmelse vid den del av ämnet som kunde ha varit aktuell för ett uttag av en bräda (rot delen). Ämnet vrakas i både PROV och SIM. Avvikelserna i topp ser något mer dramatiska ut beroende på att sågskäret här nästan tangerar stockens mantelyta varvid effekten på ämnesgeometrin blir avsevärd trots marginella fel vid sidopositioneringen. Detta saknar emellertid praktisk betydelse för uttaget av en acceptabel slutprodukt. Vi kan dock konstatera att vi även för det högra ämnet får en något större ämnesgeometri vid PROV än vid SIM och avvikelsen är mer framträdande i toppändan. Höger sidoämne vrakades både vid PROV och SIM.

Jämför vi höger och vänster sidoämne så kan vi konstatera att samma effekt som kunde förväntas av diagrammet i figur 3.8 följdriktigt visar sig på ämnesgeometrierna. Höger ämne blir nämligen större i topp men växlar till att bli mindre vid ca 15 % av stocklängden (främre centralläget). Likhet inträffar återigen vid längden 70-80 % varefter höger ämne återigen blir mindre. Detta alltså trots att stocken varit väl centrerad vid både främre och bakre läget.



Figur 3.11 Höger sidobräda i första såg från stock 103. Simulerad och uppmätt geometri. (Ämnet vrakades i bägge fallen.)

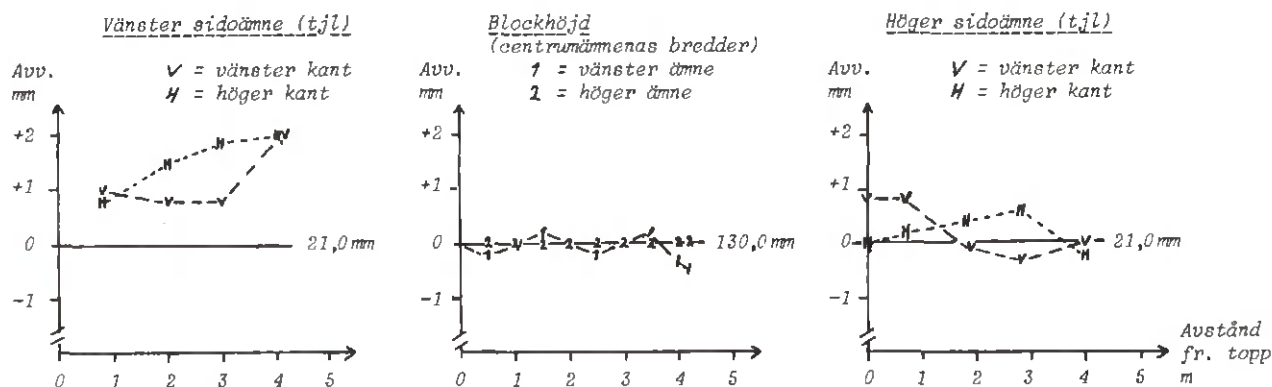
Råmått i första såg

Vid uppmätningen av ämnesgeometrierna noterades även råmått för sidosämnestjocklekar och centrumvirkesbredder. Dessa noteringar gjordes med 0,5 - 1,0 m intervall längs ämnena och finns sammanställda i diagramform i figur 3.12. I diagrammen jämförs dessa mått med de mått som använts vid SIM (21,0 respektive 130,0 mm).

I diagrammen kan vi konstatera att avvikelserna från SIM-måttet varit små (-0,4 mm - +0,2 mm) då det gäller blockhöjden (=centrumvirkets bredd) men att sidobräderna haft något större mått vid PROV än det använda måttet vid SIM. Vänster sidosämne har de största avvikelserna vilka tycks öka mot rotändan (+0,8 - +2,0 mm). Höger sidosämne visar motsatt tendens men fortfarande med i huvudsak positiva avvikelser (+0,5 - -0,1 mm). Av diagrammen kan vidare konstateras att måtten är olika stora på respektive kant.

Om vi summerar råmått i första såg finner vi att avståndet mellan ytter-skären varit ca 1 - 1,5 mm större vid PROV jämfört med SIM. Detta påverkar geometrin på de utsågade sidosämnena i första såg generellt i riktning mot snävare geometrier vid PROV vilket talar mot jämförelserna i föregående avsnitt. Emellertid saknas uppgifter om de verkliga spårvidderna vilka också naturligtvis påverkar avståndet mellan ytterskären. Modellvärdet för

spårvidd i första såg var i SIM 3,07 mm. För att samma mått skulle gälla mellan ytterskär i PROV och SIM skulle den verkliga spårvidden varit ca 2,3 - 2,6 mm vilket är mindre sannolikt.



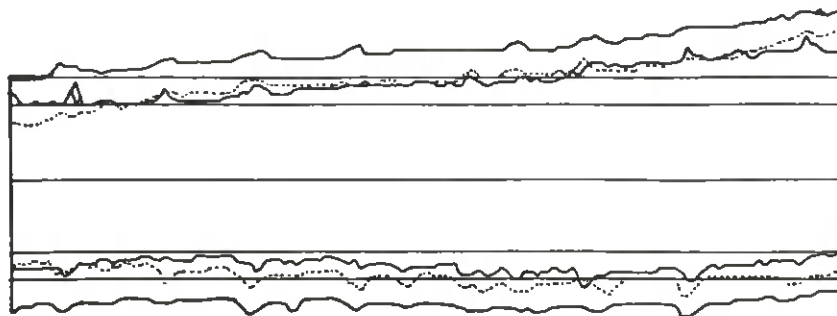
Figur 3.12 Avvikelser mellan uppmätta råmått i första såg och använt råmått vid simuleringen. Stock 103 i Limmared.
(Råmått i topp saknas för vänster sidoämne p g a att sågskäret här ej vidrört ämnet.)

Sammanfattning av observationer i första såg

Ovanstående analyser har visat oss att stocken legat 1-3 mm längre till vänster om sågcentrum vid PROV än vid SIM och att denna skillnad varit mer markerad på stockens mitt- och rot-del. Sannolikt har detta fel orsakats av ett mätfel av inläggningsläget i rotändan samt av att en marginell kurv-sågning ägt rum vid PROV. Skillnaden i utbyte var dock främst orsakad av en toleranterare bedömning av vankanten vid PROV än vad som varit fallet vid SIM. Råmåttarna har varit större i verkligheten än vid simuleringen och dessutom varierat vilket orsakar en del av olikheterna mellan ämnesgeometrierna. Ett större råmått i praktiken påverkar emellertid PROV-utbytet negativt jämfört med SIM-utbytet, vilket dock ej kan konstateras i detta fall.

Utbytesjämförelser och positionering i andra såg

I figur 3.13 visas inläggningen av blocket i andra såg utifrån ändytemätningen och de simulerade sågsnitten.



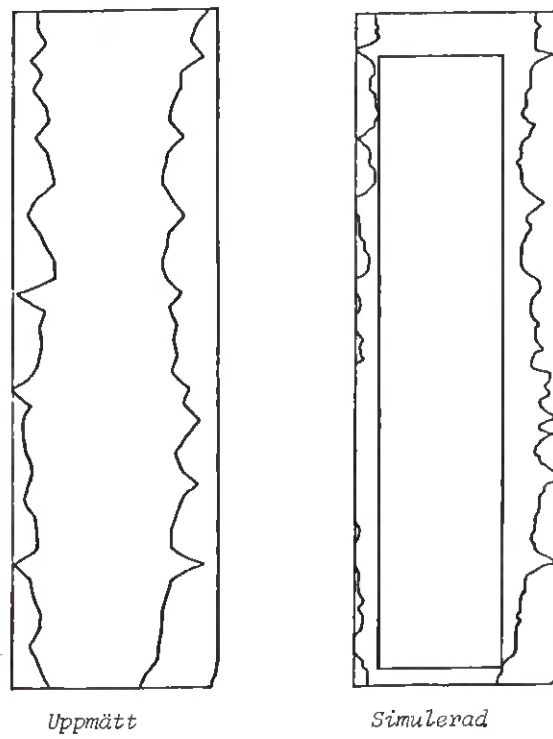
Figur 3.13 Positionering av block i andra såg enligt uppmätta lägen i topp och rot. Stock 103 i Limmared. (Snittytor beräknade efter simulering av sågning i första såg i OPTSAW.)

Vid positioneringen av blocket kan noteras att vankant erhålls vid toppändens undre blockyta på höger centrumämne men att övriga delar erhåller skarp kant. Någon annan inläggningsmätning än denna utfördes ej i andra såg.

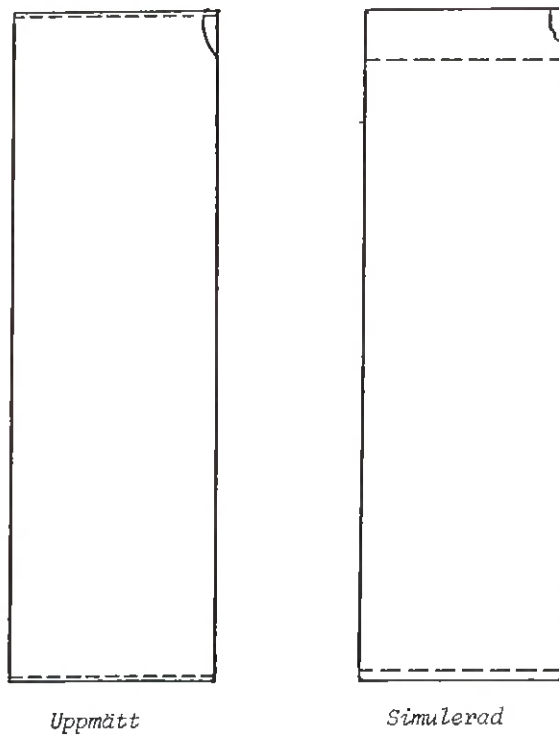
Vänstra sidoämnets geometri framgår av figur 3.14 där vi kan konstatera att ämnets geometri var mindre vid PROV än vid SIM (utom i yttersta toppänden), vilket kan bero på att blocket vid PROV legat förskjutet längre åt höger än vid SIM. Den allmänna geometriska följsamheten är i övrigt god. Vid PROV vrakades ämnet, trots att det antagligen hade varit möjligt att få ut en kort (8 moduler) 75 mm bräda. Den rymligare geometrin vid SIM tillät 13 moduler 75 mm hyvelkvinta till värdet 4,45 kr. (Efter programrättning erhöles 13 moduler 90 mm hyvelkvinta till värdet 5,67 kr.)

Vänster centrumämne har ej avbildats eftersom detta blev helt skarpkantigt varvid det erhållna utbytet blev maximala 14 moduler V+ till värdet 27,56 kr både vid PROV och SIM.

Höger centrumutbyte som erhöles vankant i topp visas i figur 3.15. Den aktuella vankanten är som synes marginellt större vid SIM än vid PROV, vilket liksom tidigare antyder att blocket legat något längre åt höger vid PROV. Maximal längd på 14 moduler erhöles vid PROV till värdet 27,56 kr trots att vankanten uppgick till 9 mm. Vankantskravet vid SIM var satt till maximalt 5 mm för V+, vilket föranledde en justerkapning av toppmodulen så att SIM-utfallet reducerades till 25,59 kr (7 % lägre värde p g a detta).

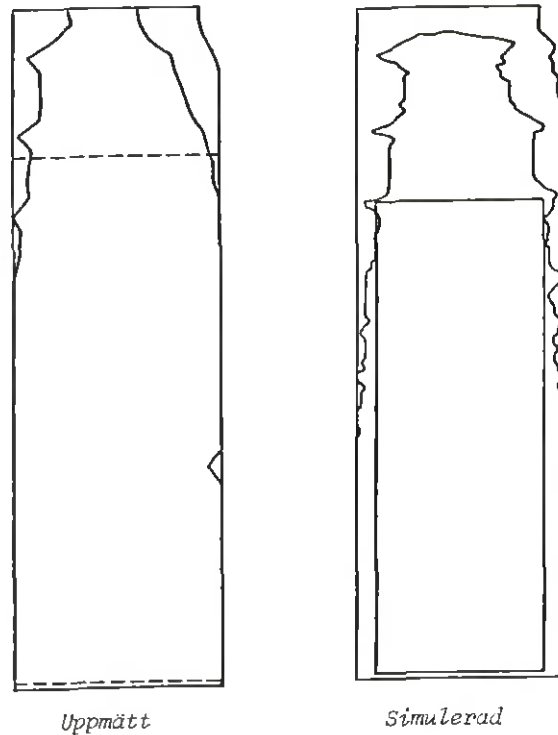


Figur 3.14 Vänster sidobräda i andra såg från stock 103. Simulerad och uppmätt geometri med inlagda kant- och justerresultat.



Figur 3.15 Höger centrumämne från stock 103. Simulerad och uppmätt geometri med inlagt justerresultat.

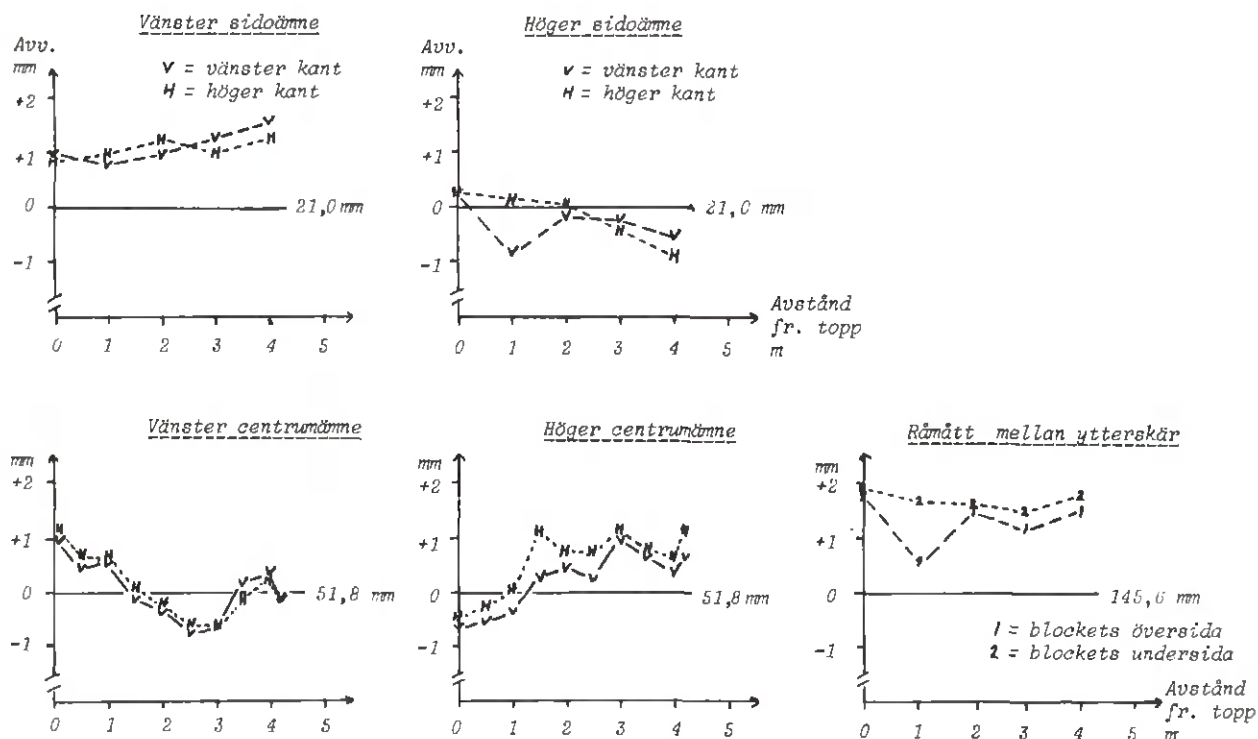
Det högra sidoämnet avbildas i figur 3.16. Här kan vi se att SIM-geometrin följdriktigt blir snävare än det uppmätta ämnet vid PROV, vilket understryker att blocket legat längre till höger vid provsågningen än vad som getts av de uppmätta lägena. Utfallet blev vid SIM 10 moduler 100 mm hyvelkvinta med värdet 5,13 kr och vid PROV erhöles 11 moduler 125 mm hyvelkvinta till värdet 7,84 kr, alltså 53 % högre värde. Även i detta fall har dock vankant tolererats i större utsträckning vid PROV än vad som skulle tillåtas vid SIM (gäller sista toppmodulen vid PROV och förklarar 0,71 kr eller 15 % av värdeskillnaden).



Figur 3.16 Höger sidobräda i andra såg från stock 103. Simulerad och uppmätt geometri med inlagda kant- och justerresultat.

Råmått i andra såg

Avvikelseerna mellan uppmätta råmått och de mått som använts i modellen vid sågning i andra såg framgår av diagrammen i figur 3.17. Förutom en viss variation syns här att de enskilda ämnena har en tendens till att vara kilformiga. Således ökar råmättet från topp mot rot för vänster sidoämne och höger centrumämne medan motsatt förhållande råder för de två övriga ämnena. I ett av diagrammen visas också postens sammanlagda råmått där man kan notera att avståndet mellan ytterskären i andra såg varit 1-2 mm större vid PROV än vid SIM. Liksom förut påtalats verkar detta för att snävare geometrier (och lägre utbyte) borde erhållas vid PROV. (Vi saknar dock fortfarande uppgifter om verklig spårvidd.)



Figur 3.17 Avvikelser mellan uppmätta tjockleksråmätt i andra såg och använt råmått vid simuleringen. Stock 103 i Limmared.

Sammanfattning av observationer i andra såg

Av jämförelserna mellan ämnesgeometrierna framgår att blocket legat förskjutet längre till höger om sågcentrum vid provsågningen än vid simuleringen. Detta fel har av ämnesgeometrierna att döma varit större i rot-delen än vid topp, såvida inte måttlig kurvsågning ägt rum i andra såg, vilket i så fall hade gett samma effekter vid dessa jämförelser. Om perfekt raksågning ägt rum kan felet vara orsakat av bristande precision vid uppmätning av inläggningslägena. Eftersom denna jämförelse även påverkas av konstaterade avvikelser i första såg och variation i råmått kan mätfelets storlek inte preciseras. Gissningsvis rör det sig om 1-3 mm i topp och 3-6 mm i rot. Beträffande kantat och justerat utfall har exempel givits på att vankantsreglerna ej stelbent tillämpas vid PROV i motsats till vid SIM. Vidare finns ett exempel där ett ämne vrakades av kantverket vid PROV trots att det varit möjligt att erhålla ett justerat utbyte. Slutligen har även konstaterats att råmåttan varit större i praktiken än de mått modellen räknat med.

Sammanfattande kommentarer om provsågning och simulerad sågning av stock 103

Vid jämförelsen mellan provsågat och simulerat utfall har konstaterats avvikelser. Vidare har orsaker till att dessa uppkommit diskuterats. Nedan listas konstaterade olikheter mellan förutsättningar som antagits vid simuleringen och den verklighet som gällt i sågverket.

1. Inläggning och sågning: Mätprecisionen vid uppmätning av verkliga inläggningslägen har ej varit så hög att skillnader mellan geometrier vid PROV och SIM kunnat undvikas. Vi har dessutom indikationer på att en måttlig kurvsågning förekommit vid PROV där perfekt raksågning antagits gälla vid SIM.
2. Mått: Utsågade ämnens råmått har varierat utmed ämnenas längd och dessutom i medel varit något större vid PROV än de antagna och konstanta råmått som gällt vid SIM.
3. Vankant: Vid SIM tillämpade vankantsregler har i flera fall överskridits vid PROV. Vid simuleringen tillämpas de givna reglerna strikt och det går ej att rucka på dessa regler med hänsyn till ämnets helhetsbild.
4. Övrigt: Ett av de undersökta ämnena vrakades av kantverket vid PROV trots att det av den geometriska förutsättningen hade varit möjligt att få ut ett kantat och justerat virkesämne. Detta får hänföras till en brist i verklighetens (PROV) förmåga att klara alla teoretiskt möjliga alternativ.
5. Programfel: Det i inledningen omtalade programfelet hade vid SIM drabbat utbytet negativt för ett av sidoämnena från andra såg.

I tabellen nedan visas en sammanställning över utbytet från stock 103 vid PROV och SIM. Avvikelserna redovisas och bedömda orsaker till dessa avvikelser anges enligt den ovanstående listan. Inläggning, sågning och råmått har sammanslagits till beteckningen "Geometri" eftersom dessa är svåra att särskilja. Samtliga påverkar dock ämnenas geometriska förutsättningar vid kantning och justering.

Ämne	Värde i kr vid PROV	Värde i kr vid SIM	Diff kr	Huvudorsaker till avvikelse
Första såg, Vä sidoutbyte	5,13	3,42	-1,71	Vankant
Hö -"-	0	0	0	-
Andra såg, Vä sidoutbyte	0	4,45	+4,45	Geometri, övrigt, programfel
Vä centrum	27,56	27,56	0	-
Hö -"-	27,56	25,59	-1,97	Vankant
Hö sidoutbyte	7,84	5,13	-2,71	Geometri, vankant
Sammanlagt	68,09	66,15	-1,94	

Om man gör en uppskattning av de olika orsakernas inverkan på det totala felet som var -1,94 kr (-2,8 %) erhålls följande komponentuppdelning.

Tolerantare vankantsbedömning vid PROV	-4,39 kr
Vrakning av ett sidoämne vid PROV	+2,74 kr
Programfel vid SIM	-1,22 kr
Geometripåverkande faktorer	+0,93 kr

Utbytesvärde vid SIM jämfört med PROV	-1,94 kr

Den i detta fall tyngsta orsaken till att SIM underskattat värdet av provsågningen är tydligen att vankanten bedömts tolerantare vid PROV. De övriga felen är mindre men kan naturligtvis slå hårt vid jämförelser mellan enskilda virkesämnen.

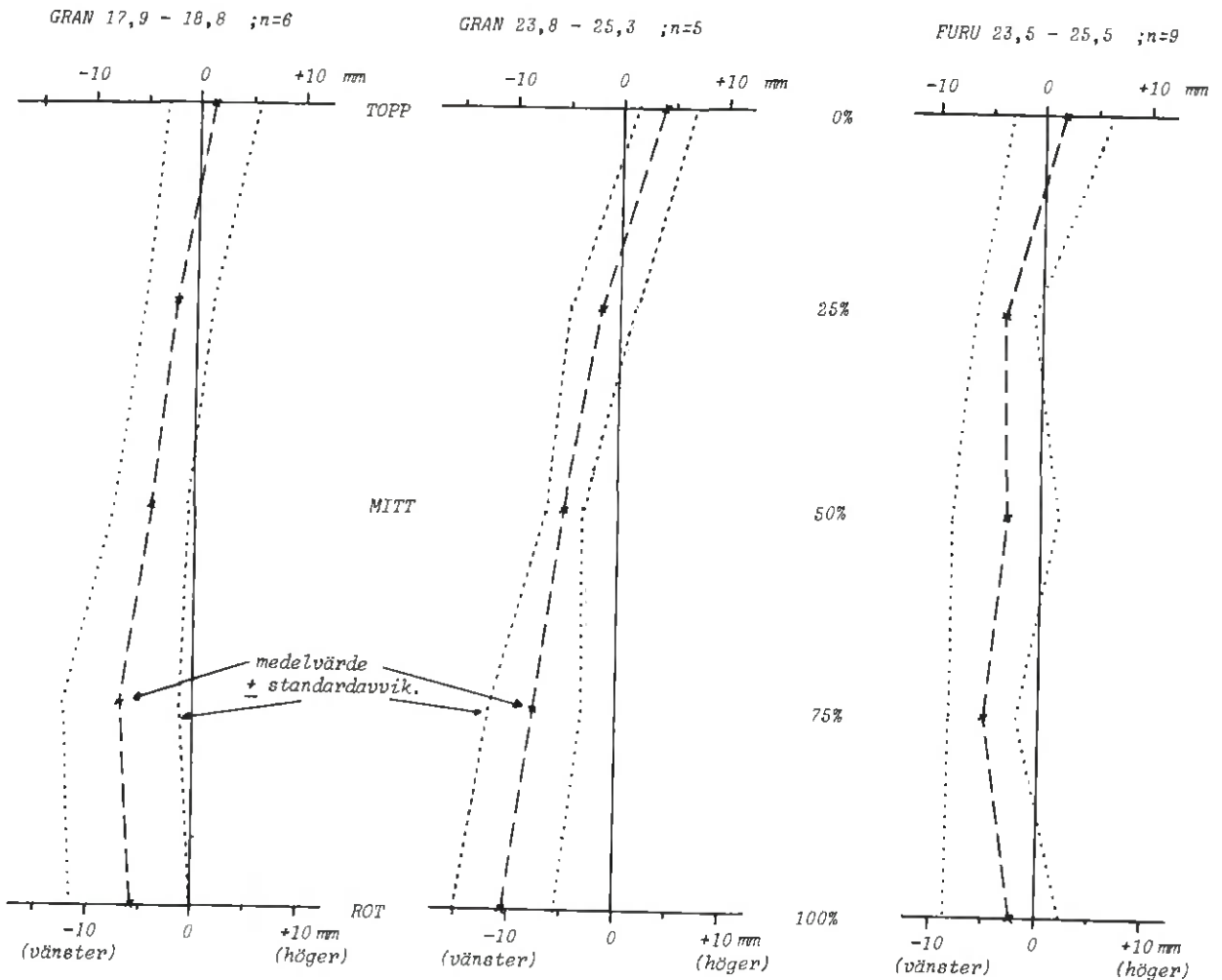
3.2.5 Inläggningsmätningar

Som tidigare nämnts utfördes i Limmared uppmätning av stockinläggningen både i stockändarna ("ändytemätning") och som blockytemätningar vid fem längslägen på blocken. I figur 3.18 redovisas resultaten från blockytemätningen i diagramform för de tre sågklasserna. Medelvärdena för stockcentrums läge relativt sågcentrum (0-linjen) vid de fem längslägena har förbundits med streckad linje och deras respektive standardavvikelser har prickats i diagrammet. 3 stockar har uteslutits p g a att de gett extremvärden vid någon av de två uppmätningarna; dessa särredovisas i figur 3.20.

Diagrammen som erhållits ur blockytemätningen visar att:

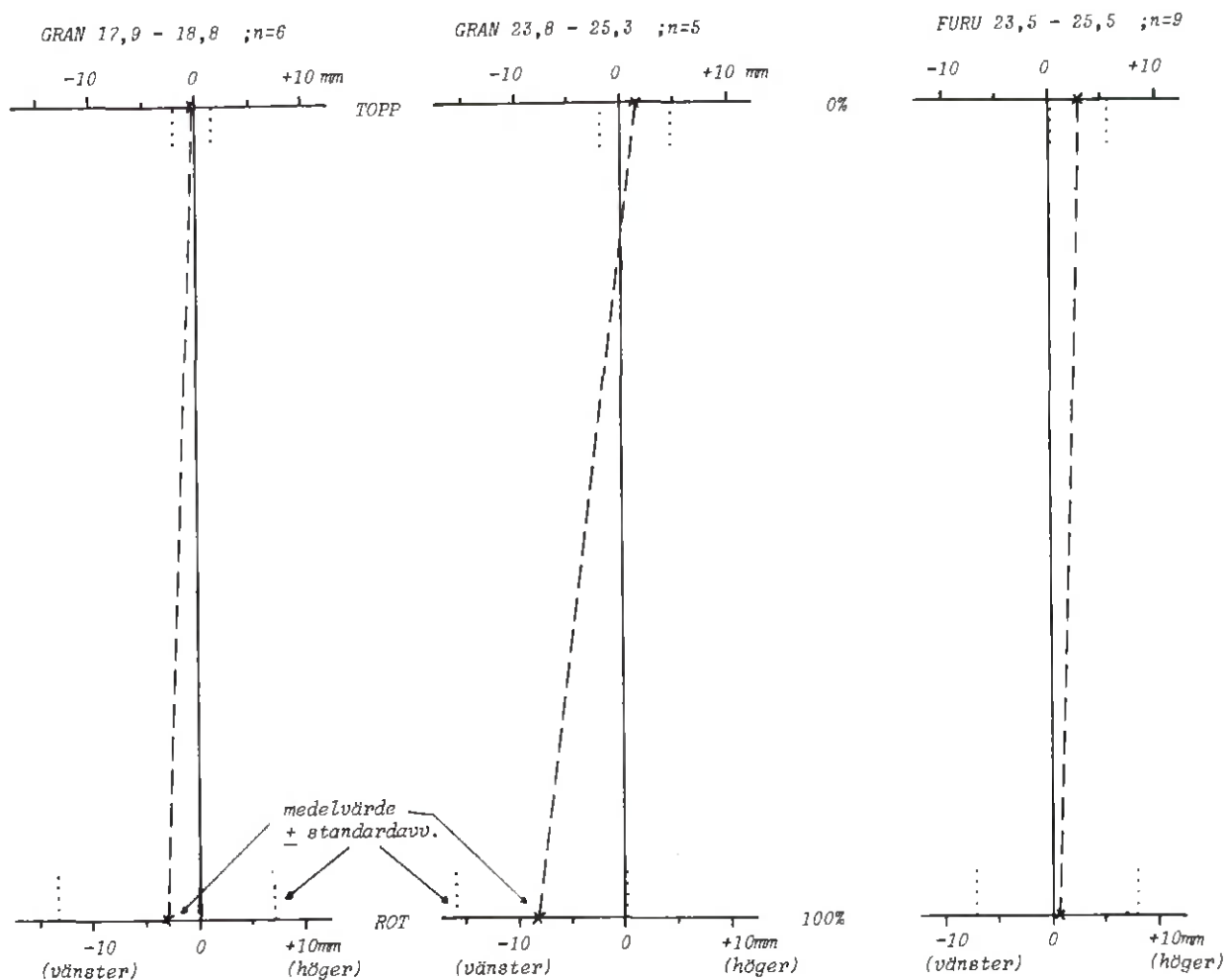
- Stockarnas toppände i medel legat 1-4 mm till höger om sågcentrum.
- Stockarnas rotände i medel legat 2-10 mm till vänster om sågcentrum.
- Stockens mittdel legat ca 2-3 mm längre åt vänster om sågcentrum än vad som borde varit fallet om stockarna raksågats med kroken liggande vertikalt i sågen.

Den sista observationen tyder alltså antingen på att stockens krok legat roterad något till vänster om sågens vertikalplan alternativt att sågningen ej varit en perfekt raksågning. De inmätta rotationslägena ger inte stöd för att stockkroken varit "vriden åt vänster" (endast 8 av de 20 stockarna var roterade på ett sådant sätt), varför man i stället kan mistänka att sågspåret ej beskrivit en rät linje genom stocken. Av diagrammen kan man vidare även förvänta sig ett relativt sett lägre värdeutbyte för de högra sidoutbytena jämfört med de vänstra. Detta konstaterades också i avsnitt 3.2.3 där höger sidoutbyte för respektive sågklass gav -38 %, -12 % och -17 % lägre värdeutbyten än vänster sida.



Figur 3.18 Inläggningsdiagram utvisande medelavvikelser och spridningsnivåer för stockcentrums position relativt sågcentrum (0 mm) i första såg beräknat utifrån blockyttemätningar vid PROV.

I figur 3.19 visas motsvarande inläggningsdiagram utifrån "ändytemätning-
en". Den streckade linjen visar hur mycket stockcentrum vid PROV i medel
avvikit från stockcentrum om stocken centererats i enlighet med modell-
centreringen (0-linjen).



Figur 3.19 Inläggningsdiagram utvisande medelavvikelse mellan stockcen-
trum enligt ändytemätning vid PROV och teoretiskt antagen
centrering (0 mm). 3 sågklasser i Limmared.

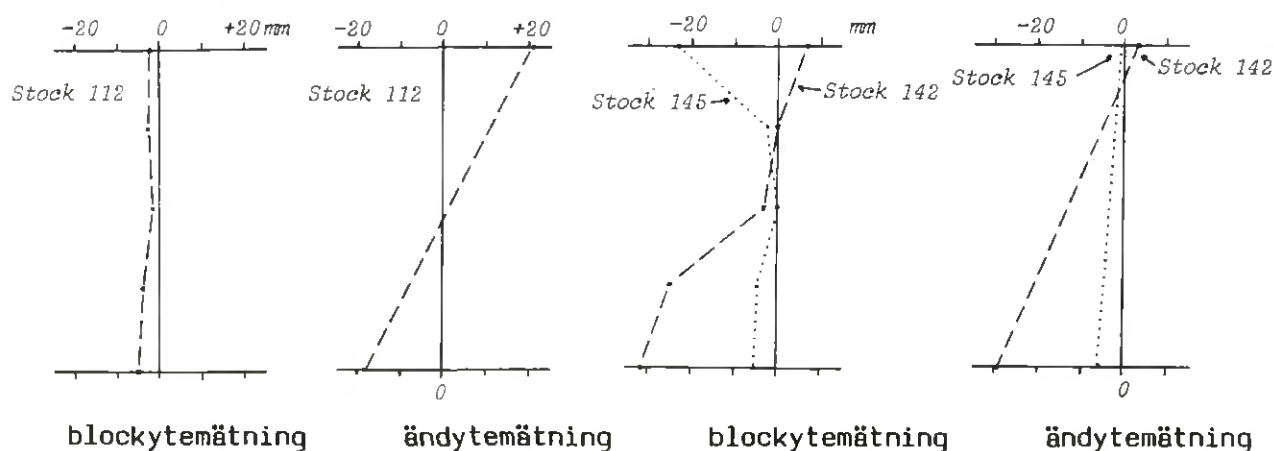
Spridningsnivån i figur 3.19 är endast markerad i topp och rot (prickade linjer). Dessa diagram utgår från att perfekt raksågning ägt rum men påverkas å andra sidan ej av stockarnas form.

Jämför vi figurerna 3.18 och 3.19 ser vi att båda visar att stockens rot-del varit förskjuten längre åt vänster än toppdelen. Vid simuleringen som byggde på uppmätningarna i figur 3.19 erhöles dock inte lika stora relativa utbytesskillnader mellan vänster och höger sidoutbyten. Enligt avsnitt 3.2.3 blev dessa -19 %, -3 % för de två gränklasserna men +12 % för furuklassen. Uppenbarligen har stockarna vid provsågningen legat längre till vänster om sågcentrum vilket kan ha orsakats av att:

- Ett systematiskt mätfel gjorts vid ändytemätningen (ca 2 mm).
- Sågningen har ej skett rätlinjigt genom stocken.

Dessa faktorer kan ha gynnat ett mer symmetriskt utfall vid SIM jämfört med det uppmätta utfallet vid PROV.

Avslutningsvis visas inläggningsdiagrammen för de tre stockar som ej medräknats ovan.



Figur 3.20 Inläggningsdiagram för stockarna 112, 142 och 145.

Stock 112 har troligen mätts fel vid ändytemätningen vilket i så fall förklarar den bristande överensstämmelsen mellan SIM och PROV med avseende på bräduutfallet (se avsnitt 3.2.3). Stock 142 erhöles extremvärden vid topp och rot men uppvisar ett liknande diagram vid de båda mätningarna varför ingen misstanke om felmätning föreligger. Extremvärdet i topp vid blockytemätningen av stock 145 beror på att stocken haft en markerad toppkrok (båghöjd = 20 mm vid läget 74 cm från topp) som varit roterad nära sågens horisontalplan. De olika diagrammen för den sista stocken ser i och för sig helt olika ut men beskriver ändå samma inläggning.

3.2.6 Sammanfattning av jämförande studie i Limmared

Nivå: SIM har ett värdeutbyte 3,9 % under PROV (efter det att programfelet korrigerats). KANT ger 0,7 % lägre utfall än PROV.

Samvariation mellan
SIM och

PROV: Denna är för sidobränder ur första såg relativt dålig utom för den grövsta granklassen där dubbla sidobränder tas ut på varje sida.

Detaljmått
stock

(en stock): Blockytemätning och analyser av ämnesformer antyder att ändytemått inläggningsläge avviker något (1-2 mm) från faktiskt läge. Likaså tycks kurvsågning ha ägt rum i första såg (cirka 1 mm). En måttvariation utefter ämnena om cirka ± 1 mm har mätts upp. Dessutom har måtten varit något större vid PROV än vad som antagits i SIM. Alla nämnda mått avser tjocklek. Ett av sidobrädessämnena ur andra såg har vrakats av kantverket i PROV trots att det skulle ha kunnat ge en bräda. Den övervägande faktor som givit värdedifferens mellan PROV och SIM är skillnader i tillåten vankant. Vid PROV har större vankanter för de givna kvaliteterna tillåtits än vad som förutsatts och tillämpats i SIM.

Inläggnings-
mätningar:

Blockytemätningen säger att toppen legat till höger om sågcentrum och roten till vänster. Dessutom har en kurvsågning förelegat i första såg, vilket placerat stockens mittdel ytterligare till vänster. Ändytemätningen konstaterar samma vridning av rotändan relativt toppändan men uppvisar vissa avvikelser från blockytemätningen vad gäller toppens och rotens centrering. En viss tendens finns till att ändytemätningen uppfattat stockarna som genomgående liggande längre till höger både i topp och rot jämfört med blockytemätningen. Ändytemätningen ger givetvis inte information om eventuell kurvsågning, men denna ökar stockarnas vänsterplacering relativt ändytemätningen ytterligare. Dessa avvikelser stämmer med observationen att sidobrädessutfallet i PROV har tyngdpunkten på vänster sida medan utfallet i SIM är mer symmetriskt.

3.3 Sågverk 2, Marma

3.3.1 Specifika förutsättningar

Provsågningen i Marma utfördes i en ramsågande linje där kurvsågning sker i delningsramen. Att rekonstruera sågförloppet vid kurvsågning utifrån ändytemätningar på stockarna eller på annat vis utifrån en fysisk uppmätning i såglinjen som är anpassad till simuleringsmodellen är f n ej möjligt. Simuleringsresultaten (SIM) vid verkligt vald positionering avser därför simulerad raksågning i första såg utifrån uppmätta lägen i topp- och rotände men simulerad kurvsågning i andra såg (delningsramen) utifrån OPTSAWs kurvsågningssmodell, se /5/, och bedömda maskinförutsättningar i Marma.

I kantverken noterades endast av kantverket bedömd bredd och längd men ej föreslagen kvalitet. Slutkvaliteten har därför i den här sammanställningen satts till densamma som bedömdes vid manuellt utförd justering, vilket gör att skillnaden mellan resultaten vid PROV och KANT endast härrör från olikheter mellan kantverkets och sorterarens bedömning av slutlig längd på sidobräderna.

Totalt ingår 43 stockar i studien. Stockgeometriska data finns tidigare redovisade i /4/. Från de i /4/ redovisade 44 stockarna har 1 stock utgått i denna studie av följande orsak:

<u>Stock nr</u>	<u>Orsak till bortfall</u>
313	Extrem värdedifferens (-56 %) mellan värde vid SIM och PROV. Med hänsyn till att stocken varit avsevärt klenare än undre sågklassgränsen (-14 mm) och att skillnaden i utfall blev så stor finns anledning att misstänka antingen att stocken varit felaktigt inmätt alternativt att inläggningsläget varit felmätt. Stocken utgick därför även i den utredning som redovisats i /4/.

Förutsättningarna beträffande sågklasser, postningar och vankantsregler som studerats är desamma som angivits för Marma i /4/.

Den biologiska kvaliteten skulle ej innebära några restriktioner och medgav om vankantsreglerna tillät detta bästa möjliga slutkvalitet. Centrumvirke och sidobräder kunde därmed erhålla kvalitet o/s. Om vanreglerna ej uppfylldes tilläts nedklassning till kvinta eller utskott.

Blockytemätningar och detaljstudier av enskilda stockar genomfördes ej vid provsågningen i Marma.

3.3.2 Totalt utfall

Nedan visas erhållna volyms- och värdeutbyten vid PROV, KANT och SIM.

Tabell 3.3 Volyms- och värdeutbyten för de tre sågklasserna i Marma vid de tre olika beräkningsgrunderna PROV, KANT och SIM.

Sågklass:		Gran 23,0-24,0	Furu 21,0-22,0	Furu 24,0-25,3
Volymutbyten m ³ sv/m ³ f vid:				
	PROV	58,8	57,7	58,4
	KANT	58,7	56,6	59,6
	SIM	56,0	53,8	55,5
Värdeutbyten kr/m ³ f vid:				
	PROV	650	1000	1062
	KANT	651	992	1081
	SIM	622	960	1034
Antal stock		13	15	15

Utgående från resultaten vid PROV underskattas volymutbytet vid simuleringen (SIM) med 2,8 - 3,9 % (medel = -3,2 %). Motsvarande jämförelse ger för KANT en felskattning på -1,1 % - +1,2 % (medel = 0,0 %). Jämförs värdeutbytena på samma sätt kan det konstateras att SIM underskattar detta med 2,7 - 4,4 % (medel = -3,7 %) och att KANT felskattar värdeutbytet med -0,9 % - +1,8 % (medel = +0,4 %).

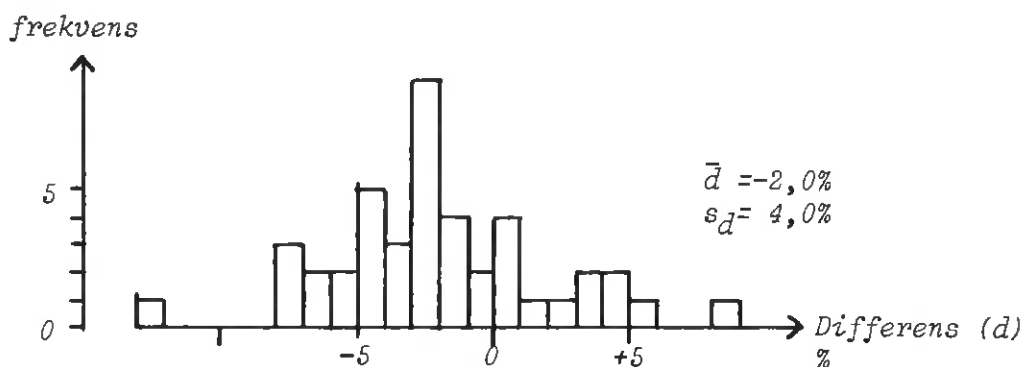
En genomgående underskattning av virkesutfallet kan således konstateras vid SIM. Vid KANT överensstämmer medelnivån väl med PROV men man kan observera att värdeskillnaden för enskild sågklass kan uppgå till nära 2 % trots att det bara är sidobrädslängden som skiljer resultaten mellan KANT och PROV. Underskattningen av sidobräder vid SIM visar sig vara den helt dominerande orsaken till den totala underskattningen av värdet vilket visas av tabellen på nästa sida. I denna tabell har de ovan redovisade totala skillnaderna med avseende på värdeutbytet komponentuppdelats på delorsaker.

Tabell 3.4 Underskattningen uppdelad på var den uppkommit, Marma. Värden vid SIM redovisade före rättning av simuleringsmodellen.

	SIM	KANT
Felskattning sidobräder i första såg =	-0,8 %	+0,3 %
Felskattning sidobräder i andra såg =	-2,7 %	+0,1 %
Felskattning centrumvirke =	-0,2 %	-
Felskattning virkesvärde totalt =	-3,7 %	+0,4 %

Den dominerande orsaken till underskattningen vid SIM är utbytet av sidobräder i andra såg. Efter rättning av simuleringsmodellen kunde det konstateras att denna till nära 2/3 var orsakad av det under avsnitt 3.1 omtalade programfelet, varvid komponenten ändrades från -2,7 % till -1,0 % och den totala värdeskillnaden således korrigerades till -2,0 %. Centrumutfallet hade inte påverkats av detta programfel.

Förmågan att skatta rätt värdeutbyte för varje enskild stock framgår av figur 3.21 nedan. (Värden erhållna efter rättning av modellen.)



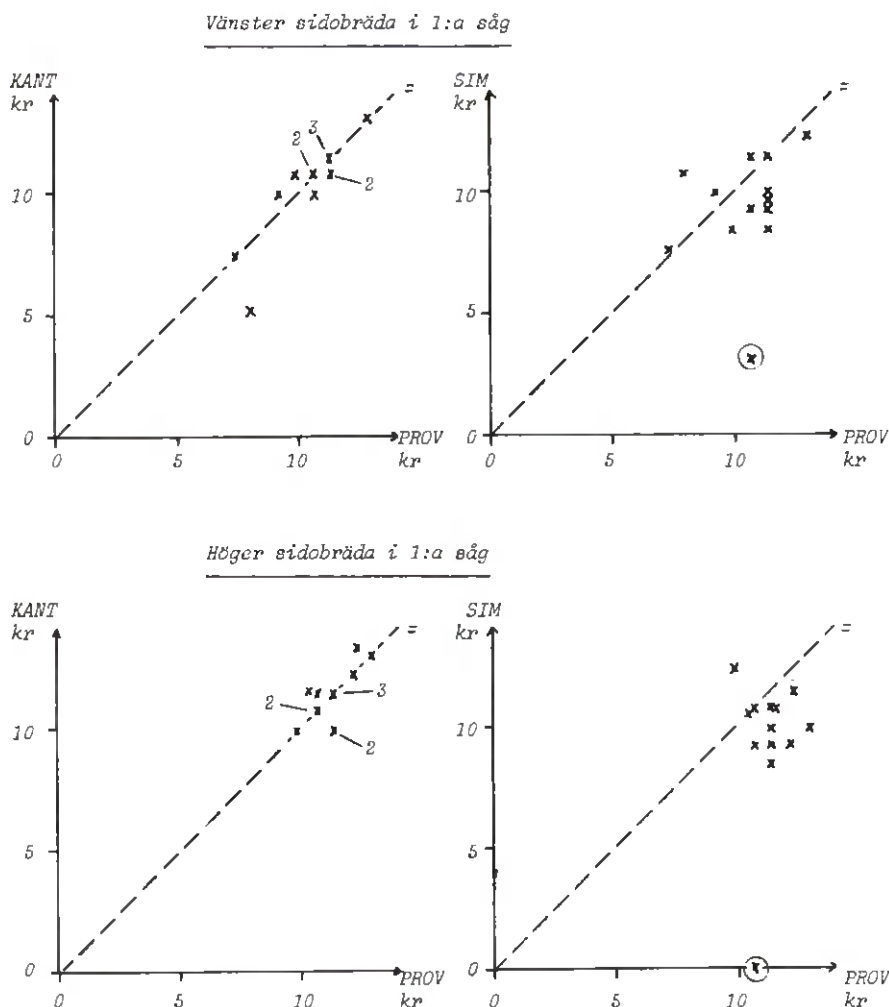
Figur 3.21 Histogram över antal stockar med olika avvikelser i % mellan värdeutbyte vid SIM och PROV i Marma. (Efter programrättning.)

Spridningen är som synes otillfredsställande ($s = 4,0\%$), och att det är fråga om en signifikant underskattning syns tydligt.

3.3.3 Utfall av bräder i första såg

Sågklass: Gran 23,0-24,0 (13 stockar, 26 ämnen)

Figur 3.22 redovisar sambanden mellan förväntade värdeutbyten beräknade med simuleringsmodellen (SIM) och bedömda utbyten vid provsågningen (PROV). Som referens anges även sambandet mellan förväntat utbyte enligt kantverkets prognos (KANT) och PROV.



Figur 3.22 Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för sidobräder ur första såg. Marmas sågklass Gran 23,0 - 24,0 cm. Observera att KANTs kvalitetsval ej noterats. Detta innebär att KANTs värde enligt figuren kan vara fel.

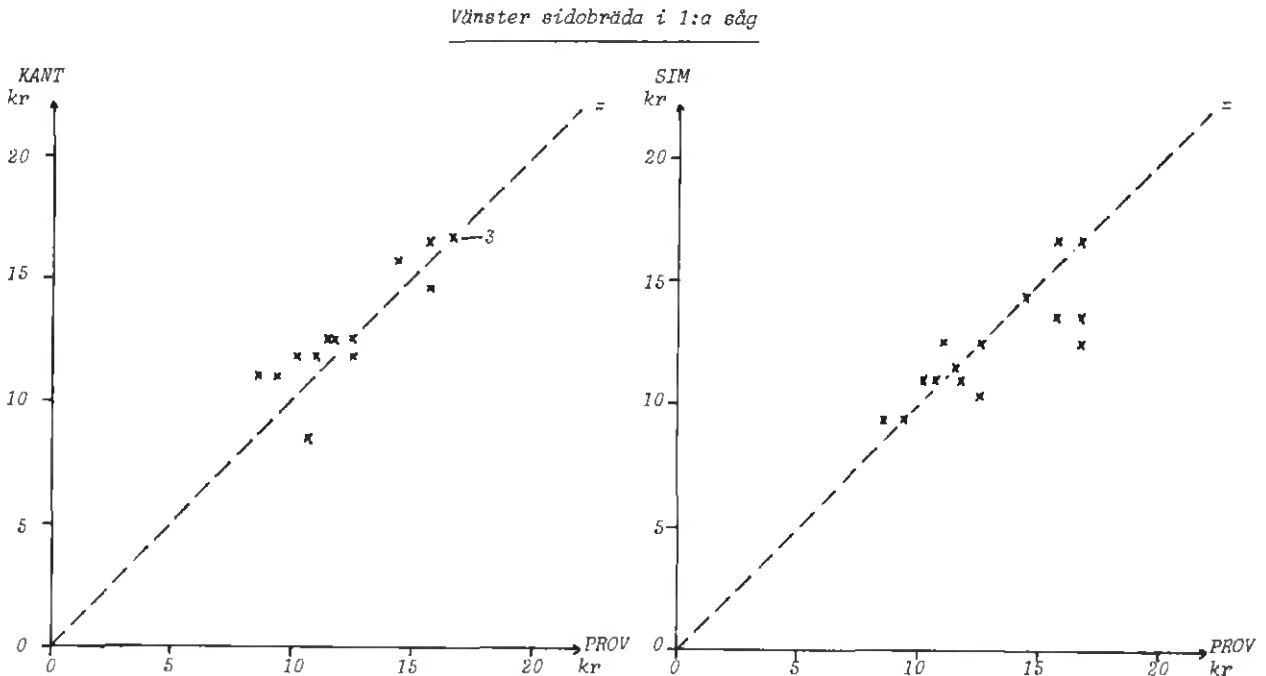
SIM-prognosen visar här ett otillfredsställande samband med de manuellt bedömda värdeutbytena vid PROV. De inringade värdena som härrör från två olika stockar (303 respektive 302) har kraftigt underskattats av SIM. Orsaken till dessa två extremer synes vara bristande precision vid inmätning av stockens inläggningsläge. 18 av de 26 ämnena underskattas vid SIM. Vid KANT visas av naturliga skäl ett betydligt bättre samband med PROV.

Sammanlagt värdeutbyte av dessa bräder underskattades av SIM med 14 % vilket motsvarar 62 cm avkap per bit med bredden 100 mm och kvalitet o/s. (Underskattningen vid KANT uppgick endast till 1 %.)

Symmetristudien visar ett något bättre utfall på höger sida vid PROV (+ 8 %) och KANT (+10 %), medan sidorna är praktiskt taget lika vid SIM (+1 %). En antydning finns här således till att stockarna legat längre till höger om sågcentrum än vad som varit fallet vid SIM.

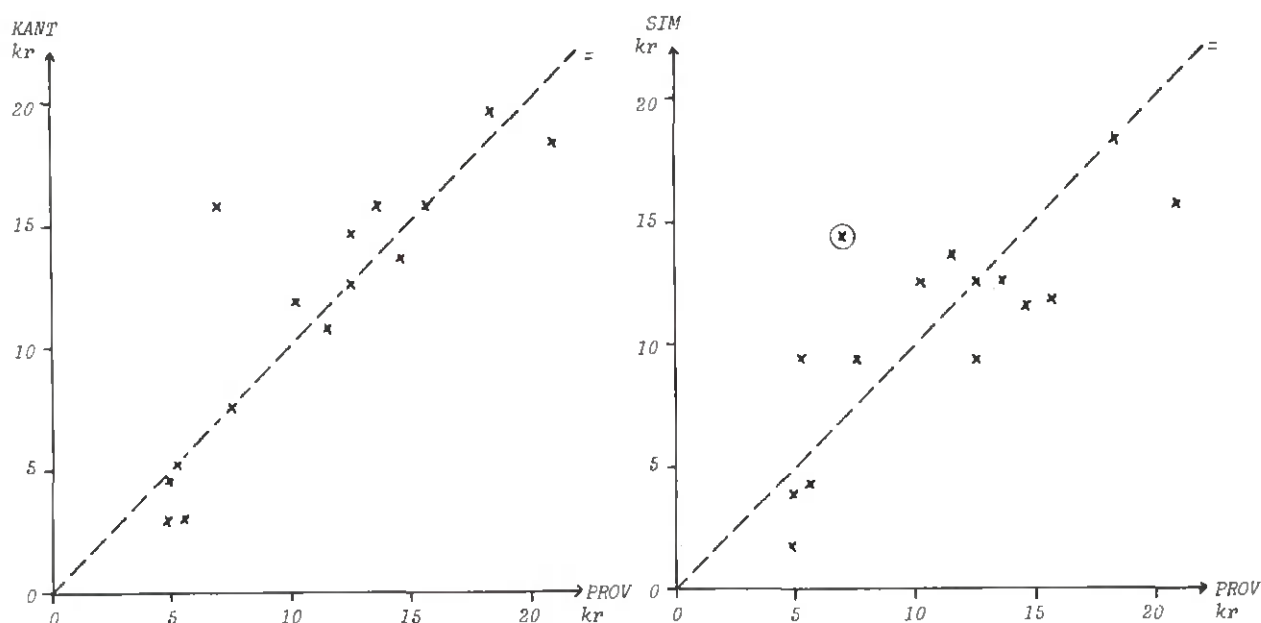
Sågklass: Furu 21,0-22,0 cm (15 stockar, 30 ämnen)

Figur 3.23 (a, b) redovisar sambanden mellan förväntade värdeutbyten beräknade vid SIM och KANT jämfört med utbytena vid PROV.



Figur 3.23 (a) Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för vänster sidobräder ur första såg. Marmas sågklass Furu 21,0 - 22,0 cm.

Höger sidobräda i 1:a såg



Figur 3.23 (b) Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för höger sidobräda ur första såg. Marmas sågklass Furu 21,0 - 22,0 cm.

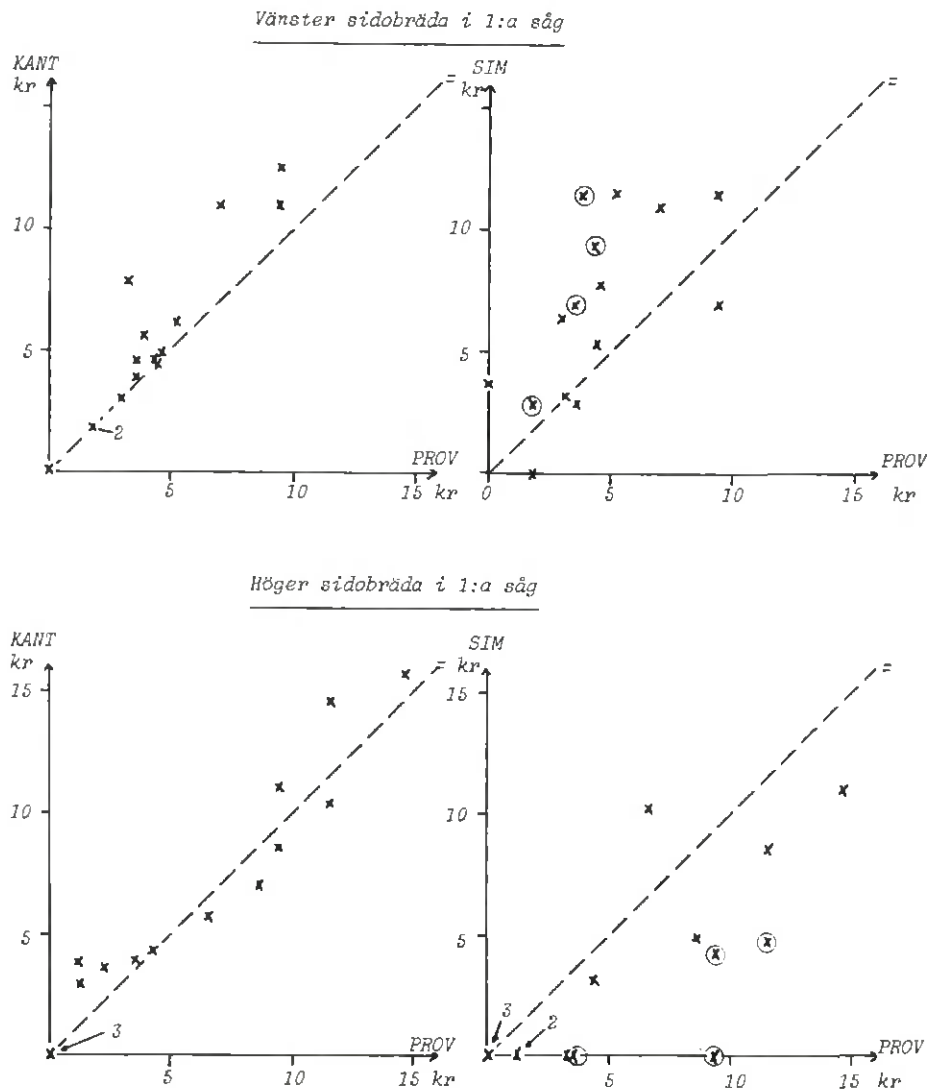
I diagrammen ser man att sambandet mellan SIM och PROV är bättre än tidigare, speciellt på vänster sida. Överensstämmelsen mellan KANT och PROV är dock fortfarande bättre (dock ej perfekt). Det inringade avvikande värdet på höger sida härrör från ett ämne som kortades till stuage-längd vid sorterarens bedömning, vilket ej var nödvändigt enligt både KANT och SIM (uppgifter om anledningen till kortningen saknas).

Det sammanlagda värdeutbytet av sidobräderna underskattades av SIM med 3 %, vilket fysiskt motsvarar 11 cm avkap per bit med bredd 100 mm och kvalitet o/s. (Vid KANT överskattades värdet relativt PROV med 4 %.)

Beträffande symmetrin erhöles något lägre utbyte på höger än på vänster sida både vid PROV (-15 %), KANT (-15 %) och SIM (-14 %). Detta påvisar således ingen systematisk skillnad mellan uppmätt och verklig inläggning.

Sågklass: Furu 24,0 - 25,3 cm (15 stockar, 30 ämnen)

Sambandet mellan skattade utbytesvärden mellan KANT, SIM och PROV framgår av figur 3.24.



Figur 3.24 Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för sidobräder ur först såg. Marmas sågklass Furu 24,0 - 25,3 cm.

Diagrammen uppvisar här dåliga samband mellan SIM och PROV på båda sidorna. Även KANT visar emellertid bristande överensstämmelse med PROV (särskilt på vänster sida). På vänster sida överskattas de flesta utbytesvärdena för både SIM och KANT medan en genomgående underskattning gäller för SIM på höger sida. Den sannolika förklaringen till den dåliga precisionen vid dessa skattningar är att de utsågade ämnena ligger nära stockens mantelyta vilket orsakar snäva och därmed mycket felkänsliga ämnesgeometrier. De inringade värdeutbytena markerar stockar där felmätta inläggningslägen särskilt kan befaras.

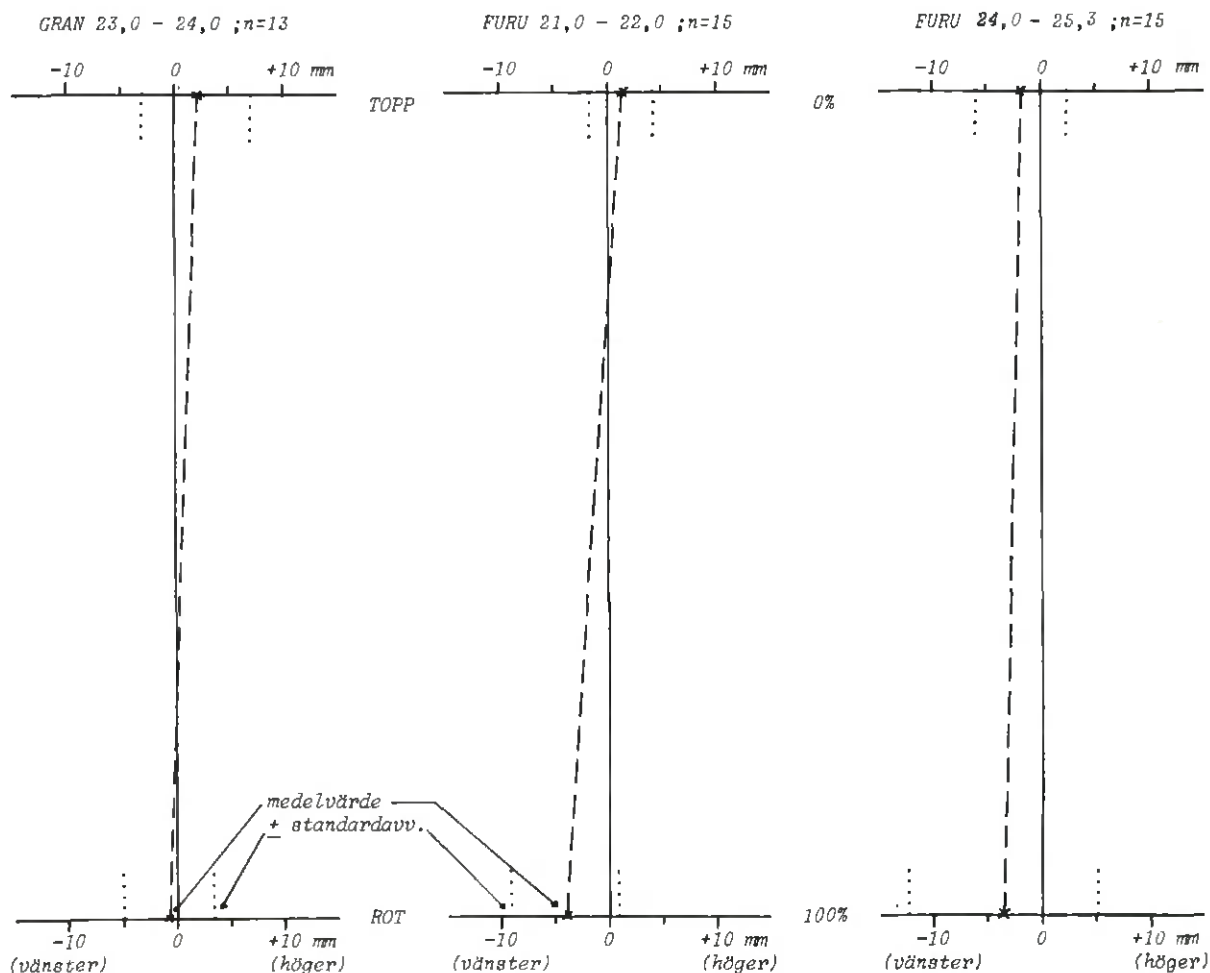
SIM underskattade emellertid sammanlagt värdeutfall med endast 2 %, fysiskt motsvarande 3 cm avkap per bit med bredden 75 mm och kvalitet o/s. En bidragande orsak till den låga underskattningen för denna sågklass är att stockarna legat längre till vänster vid SIM än vad som uppenbarligen varit fallet vid PROV och att denna off-set-läggning gynnat värdeutbytet. (Vid KANT överskattades utfallet med hela 16 %, vilket är anmärkningsvärt och samtidigt påvisar vilka stora relativa skillnader som kan erhållas i detta fall där vi rör oss med små utbyten.)

3.3.4 Inläggningsmätningar

I Marma utfördes endast uppmätning av stockinläggningen i topp- och rotändarna på centrumvirket efter sågningen ("ändytemätning"). I figur 3.25 redovisas inläggningsdiagram utifrån ändytemätningen för Marmas tre sågklasser enligt samma princip som för Limmared i figur 3.19. Den streckade linjen visar i likhet med tidigare hur mycket stockcentrum enligt uppmätningen i medeltal avviker från stockcentrum om stocken centrerats i enlighet med modellcentreringen (0-linjen).

De två första klasserna visar en snedinläggning åt samma håll med toppen något åt höger och roten något åt vänster. De redovisade utbytesresultaten synes stämma ganska väl med denna bild både vid SIM och PROV.

Inläggningsdiagrammet för den grövre furuklassen visar ett parallellfel vid stockinläggningen av storleken -2 mm (stocken för långt åt vänster) och en måttlig rotvridning åt samma håll. Utbytesresultaten vid SIM gav genomgående högre värden på vänster sida, vilket stämmer med bilden i diagrammet. Det faktum att utbytet vid PROV visade sig vara bättre på höger sida talar dock för att stockarna snarast legat en aning till höger om sågcentrum. Vid en närmare studie av inmätta lägen kan konstateras att de sista 10 stockarna (som ingick i denna klass) bryter mot det mönster som gäller för de första 33 stockarna i Marma på ett sätt som möjligen kan förklara motstridigheten i denna klass. Felaktigheten skulle i så fall ha kunnat vara orsakad av ett teckenfel, vilket berott på att nedrullning av blocken gjorts åt vänster i stället för åt höger efter sågning i första såg.



Figur 3.25 Inläggningsdiagram utvisande medelavvikelse mellan stockcentrum enligt ändyttemätning vid PROV och teoretiskt antagen centrering (0 mm). 3 sågklasser i Marma.

3.3.5 Sammanfattning av jämförande studie i Marma

Nivå: SIM har ett värdeutbyte 2,0 % under PROV (efter rättat programfel).

KANT ger ett utfall på samma nivå som PROV.

Samvariation: För sidobräder ur första såg är denna dålig för granklassen och för den grövsta furuklassen. För den klenare furuklassen är den något bättre men dock inte bra. För den grövsta furuklassen är även sambandet mellan sidobrädesutfall i KANT och PROV något sämre, vilket kan bero på att den använda postningen skapar känsliga sidoämnen i första såg.

3.4 Sågverk 3, Kastet

3.4.1 Specifika förutsättningar

Totalt ingår 23 stockar i studien. Geometriska data för stockarna finns tidigare redovisade i /4/. Från de i /4/ redovisade 30 stockarna har 7 stockar utgått i denna studie vid jämförelser av utbytesvärden p g a följande orsaker:

<u>Stock nr</u>	<u>Orsak till bortfall</u>
401	Uppgift om utfall vid manuell justering (PROV) av de båda kantbrädorna saknas. Denna stock har dock specialstuderats med avseende på ämnesgeometrier och redovisas under avsnitt 3.4.
418, 425 och 426	Extrem värdedifferens (-13 %, -25 %, -24 %) mellan värde vid SIM och PROV. Med hänsyn till skillnader i virkesutfallet misstänks dessa resultat vara orsakade av felmätta inläggningslägen alternativt felkalibrerad stockmätning.
419, 427 och 428	Utgick i /4/ p g a extremt uppträdande vid del-optimeringsstudierna och för jämförbarhetens skull även vid totalsammansättningen. Dessa har i denna rapport utgått för att skapa överensstämmelse med /4/.

De ovan utsorterade stockarna har med undantag av stock 401 också utgått vid jämförelser med verkligt läge i /4/.

Förutsättningarna beträffande sågklasser, postningar och vankantsregler som studerats är desamma som angivits i /4/.

Den biologiska kvaliteten har för samtliga ämnen åsatts o/s-kvalitet. Om o/s-kvalitet ej kunde erhållas p g a vankant kunde nedklassning ske till kvinta eller utskott. För sidobräderna tilläts även nedklassning till "urlägg".

Två stockar (401 och 416) detaljstuderades med avseende på utsågade ämnesgeometrier och råmått.

Blockytemätningar utfördes ej vid provsågningen i Kastet.

3.4.2 Totalt utfall

Nedan visas erhållna volyms- och värdeutbyten vid PROV, KANT och SIM.

Tabell 3.5 Volyms- och värdeutbyten för de två sågklasserna i Kastet vid de tre olika beräkningsgrunderna PROV, KANT och SIM.

Sågklass:		Gran 17,5-18,5	Furu 17,5-18,5

Volymsutbyten			
m ³ sv/m ³ f vid:	PROV	53,4	52,9
	KANT	52,8	52,7
	SIM	51,8	51,1

Värdeutbyten			
kr/m ³ f vid:	PROV	584	956
	KANT	575	946
	SIM	567	904

Antal stock		14	9

Volymsutbytet underskattas vid SIM med 1,6 % respektive 1,8 % jämfört med PROV. Motsvarande jämförelse för KANT ger en underskattning på 0,6 % respektive 0,2 %. Jämförs värdeutbytena på samma sätt kan det konstateras att SIM underskattar detta med 3,0 respektive 5,4 % (medel = -4,0 %) och att KANT erhåller underskattningar på 1,6 respektive 1,0 % (medel = -1,4 %).

Genomgående konstateras således en underskattning både vid SIM och KANT och att denna är större vid SIM än vid KANT. Underskattningen vid KANT kan tyda på att sorterarens vankantsbedömning i medel är generösare än de regler som tillämpas vid kantverket eftersom skillnaden mellan KANT och PROV enbart är beroende på skillnader i brädufallet. Om vi endast studerar effekten av underskattningen för sidobräder vid SIM så uppgår denna till i medeltal 2,8 % av det totala värdet, alltså 2/3 av ovan angivna -4,0 %. För en direkt jämförelse mellan SIM och KANT är det snarast dessa 2,8 % som bör ställas mot underskattningen på 1,4 % vid KANT.

De ovan redovisade totala skillnaderna i värdeutbytet kan uppdelas i följande delorsaker:

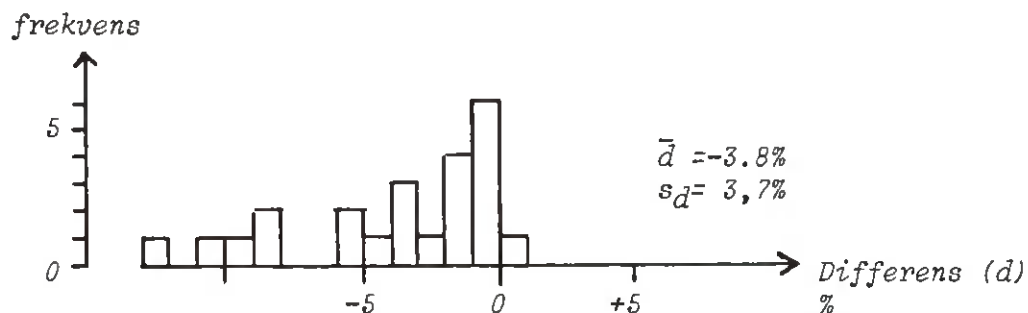
Tabell 3.6 Underskattningen uppdelad på var den uppkommit, Kastet. Värden vid SIM redovisade före rättning av datorprogrammet.

	SIM	KANT
Underskattning sidobräder i första såg =	1,0 %	1,3 %
Underskattning sidobräder i andra såg =	1,8 %	0,1 %
Underskattning centrumvirke =	1,2 %	-

Underskattning virkesvärde totalt =	4,0 %	1,4 %

Vi ser här att underskattningen av sidobräder i första såg är ungefär lika stor vid SIM som vid KANT. Den största posten vid SIM är dock underskattningen av sidobräder i andra såg. Efter rättning visade det sig att programfelet endast förklarade 0,2 % av 1,8 %. Den totala underskattningen korrigerades således till 3,8 %. Centrumutfallet hade inte påverkats av programfelet. Vi kan således konstatera att SIMs underskattning orsakats av sämre utfall i andra såg.

Förmågan att skatta rätt värdeutbyte för varje enskild stock framgår av figur 3.26 nedan. (Värden erhållna efter rättning av programmet.)



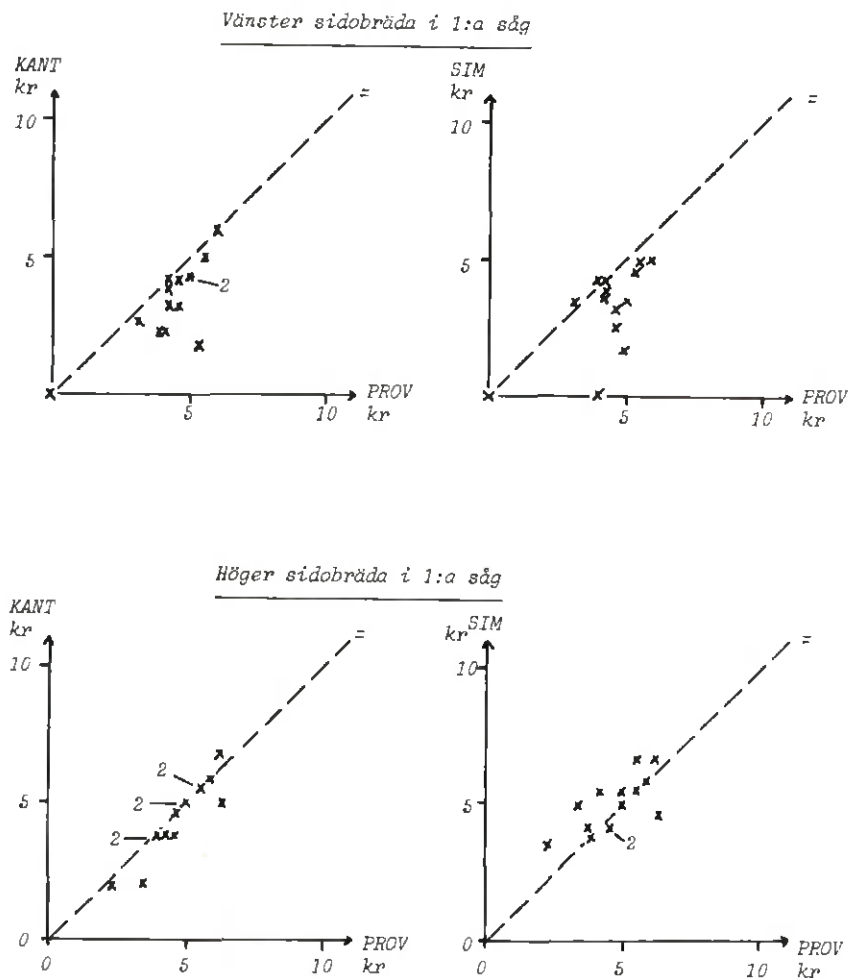
Figur 3.26 Histogram över antal stockar med olika avvikelser i % mellan värdeutbyte vid SIM och PROV i Kastet. (Efter programrättning.)

Spridningen är som tidigare otillfredsställande ($s = 3,7\%$), och att det är fråga om en signifikant underskattning syns även här tydligt.

3.4.3 Utfall av bräder i första såg

Sågklass: Gran 17,5 - 18,5 cm (14 stockar, 28 ämnen)

Figur 3.27 redovisar sambanden mellan förväntade värdeutbyten beräknade med simuleringsmodellen (SIM) och bedömda utbyten vid provsågningen (PROV). Som referens anges även sambandet mellan förväntat utbyte enligt kantverkets prognos (KANT) och PROV.



Figur 3.27 Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för sidobräder ur första såg. Kastets sågklass Gran 17,5 - 18,5 cm.

På vänster sida syns här ett mindre bra samband och att underskattningar dominerar både vid SIM och KANT. På höger sida är sambandet bättre vid KANT men fortfarande med en tendens till underskattning. SIM tycks däremot överskatta ett flertal bräder på höger sida, vilket kan vara en effekt av att stockarna vid SIM legat längre åt höger än vid PROV.

Sammanlagt värdeutbyte av dessa bräder underskattades av SIM med 7 %, vilket motsvarar 23 cm avkap per bit med bredden 75 mm och kvalitet o/s. (Underskattningen vid KANT uppgick till hela 13 % !!)

Symmetristudien visar att höger sida givit större utbyte både vid PROV (+11 %), KANT (+32 %) och vid SIM (+53 %). SIM visar vid dessa relativa jämförelser en avsevärt större osymmetri än PROV, vilket således innebär att stockarna faktiskt legat mer åt höger vid SIM än vid PROV. Det bör dock observeras att även KANT, som ju är resultat av exakt samma inläggningsläge som vid PROV, även erhåller en stor relativ skillnad. Bidragande till de stora relativa skillnaderna är givetvis de låga värdeutbytena för sidobräderna i denna klensågklass.

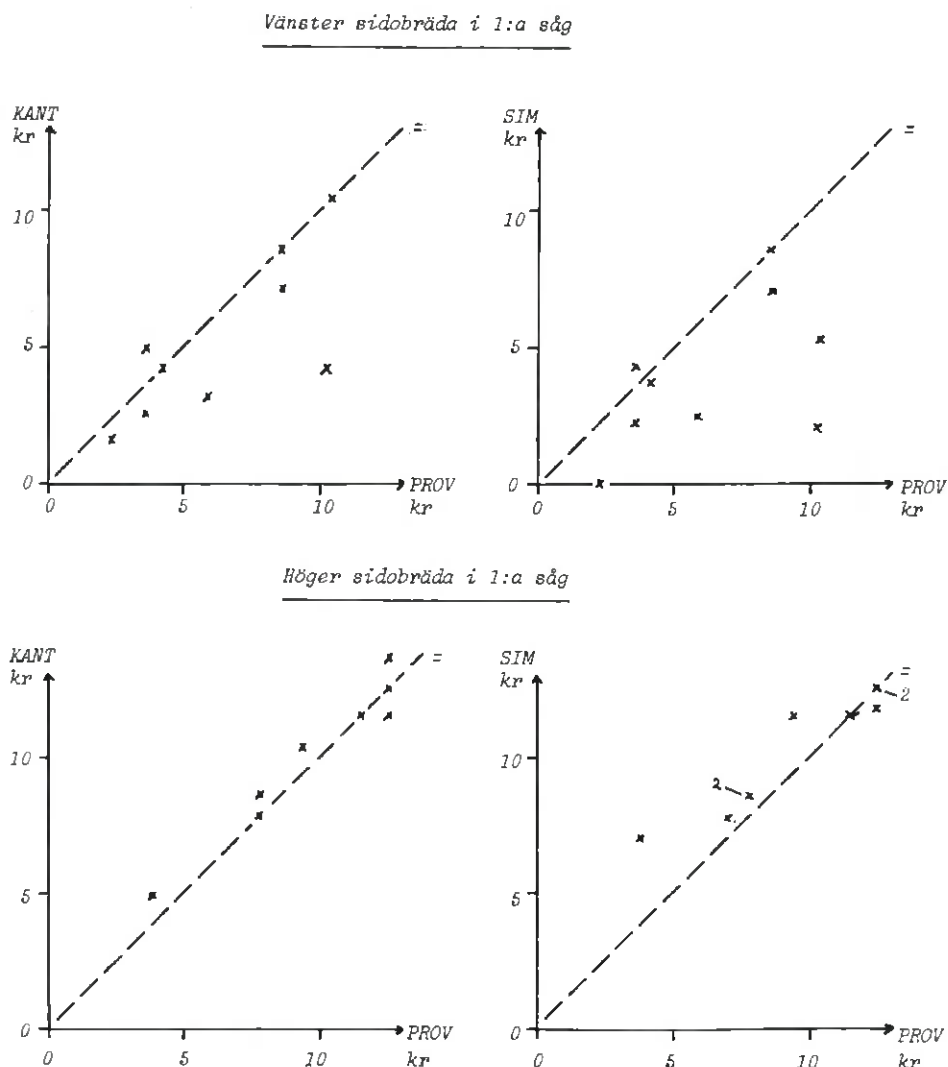
Sågklass: Furu 17,5 - 18,5 cm (9 stockar, 18 ämnen)

Figur 3.28 redovisar sambanden mellan förväntade värdeutbyten beräknade vid SIM och KANT jämfört med utbytena vid PROV.

På vänster sida är liksom i den föregående sågklassen sambanden mycket dåliga och stora underskattningar görs både vid SIM och KANT. Vid SIM är liksom förut bilden mer negativ än vid KANT av naturliga skäl. På höger sida är bilden avsevärt bättre både för SIM och KANT.

Vid SIM underskattades totalt sidobrädsvärde med 10 % vilket fysiskt motsvarar 32 cm avkap per bit med bredd 75 mm och kvalitet o/s. (Underskattningen för KANT uppgick till 9 % !!)

Symmetristudien visar även för denna klass att höger sida givit större utbyte både vid PROV (+48 %), KANT (+79 %) och vid SIM (+157 %). SIM visar således en avsevärt större osymmetri än PROV, vilket innebär att stockarna legat mer åt höger vid SIM än vid PROV. Det bör även här observeras att KANT erhåller en stor relativ skillnad. Främsta orsaken är här att den utbytesmässigt redan dåliga vänstersidan dessutom underskattas.



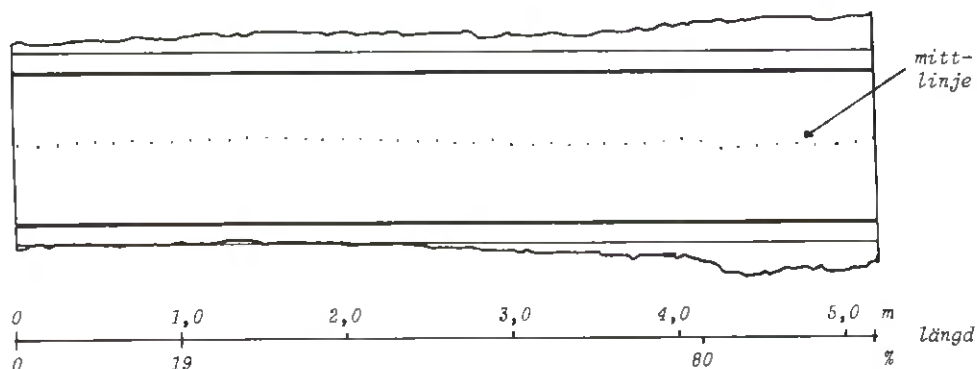
Figur 3.28 Samband mellan av KANT och SIM prognosticerade och vid PROV bedömda värden i kr för sidobräder ur första såg. Kastets sågklass Furu 17,5 - 18,5 cm.

3.4.4 Detaljerad uppmätning av utfall från stock 401

Stock 401 ingår i granklassen och sågades med postningen 16-125-16 / 16-50-50-16. Avsnitten nedan beskriver inläggning och utfall vid PROV på ett detaljerat sätt och jämför detta med de resultat som erhöles vid simuleringen av samma sågning. Blockytämätning utfördes dock inte. Vissa analyser görs även av de avvikelser som förekommer. Avsnittet avslutas med en sammanfattning av de viktigare resultaten.

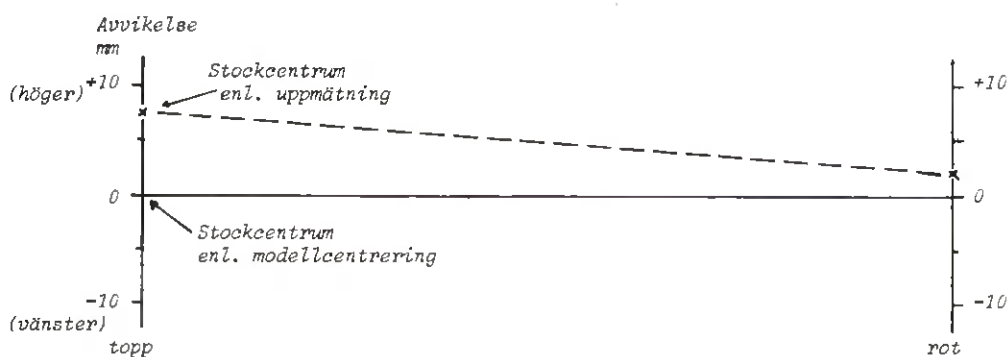
Positionering av stocken i första såg

I figur 3.29 visas inläggningen av stocken utifrån den uppmätning av stockens position relativt sågcentrum som gjordes vid ändytemätningen.



Figur 3.29 Positionering av stock 401 vid provsågning enligt uppmätta lägen i topp och rot under antagande om perfekt raksågning. (Stockprofilen är genererad utifrån mätdata vid svarvmätningen.)

Vi kan här notera att stocken i stort sett ligger till höger om sågcentrum utom i rotänden där den är någorlunda väl centrerad (mest beroende på en rotansvällning vid stockens vänstra del). Vi kan också notera att stocken har en viss krok vars båge ligger åt höger i detta plan. Gentemot den teoretiskt antagna modellcentreringen angav de uppmätta lägena att stocken skulle ha legat ca 8 mm för långt åt höger i topp och ca 2 mm fel åt samma håll i rot. Detta framgår av inläggningsdiagrammet i figur 3.30, där 0-linjen motsvarar stockcentrum vid den antagna modellcentreringen och den streckade linjen beskriver stockcentrums läge relativt 0-linjen enligt uppmätningen vid provsågningen. Perfekt raksågning har antagits.



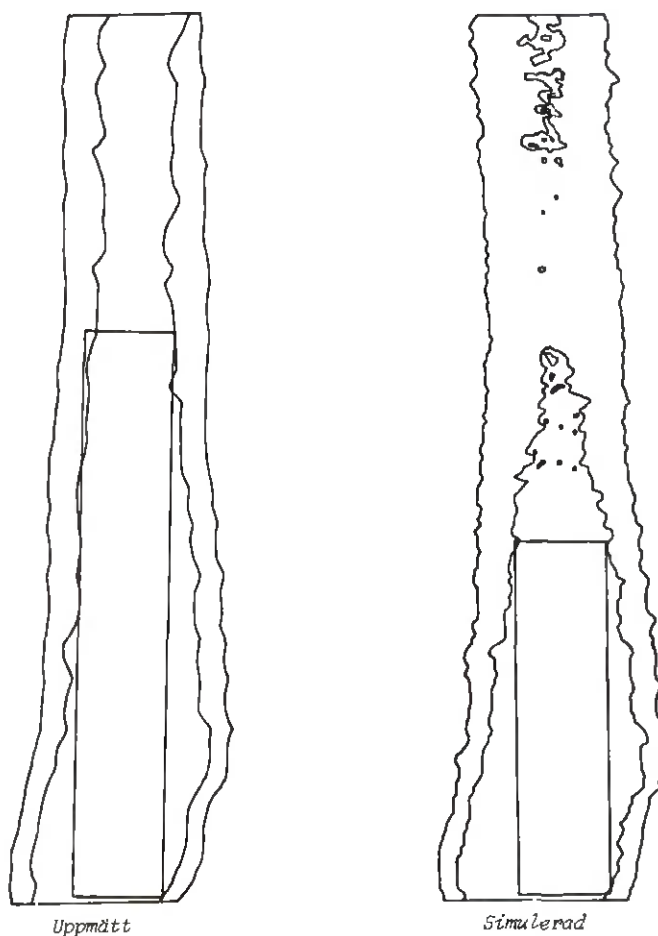
Figur 3.30 Inläggningsdiagram utvisande avvikelse mellan uppmätt inläggning vid stockändarna och antagen modellcentrering. Stock 401 i Kastet.

Vi kan i ovanstående figur observera att stocken legat förskjutet till höger i topp och rot jämfört med den teoretiskt antagna modellcentreringen.

Utbytesjämförelser av sidobräder i första såg

I figur 3.31 visas geometrin av vänster sidobräda från första såg som erhölls vid SIM och uppmättes vid PROV. I SIMs ämnesgeometrier har även kantad och justerad virkesbit inritats. Eftersom endast utfallsnoteringar från kantverket föreligger från provsågningen har denna fått gälla som "facit" för utfallet av de båda provsågade kantbräderna från stock 401. Positioneringen av det kantade ämnet har gjorts subjektivt.

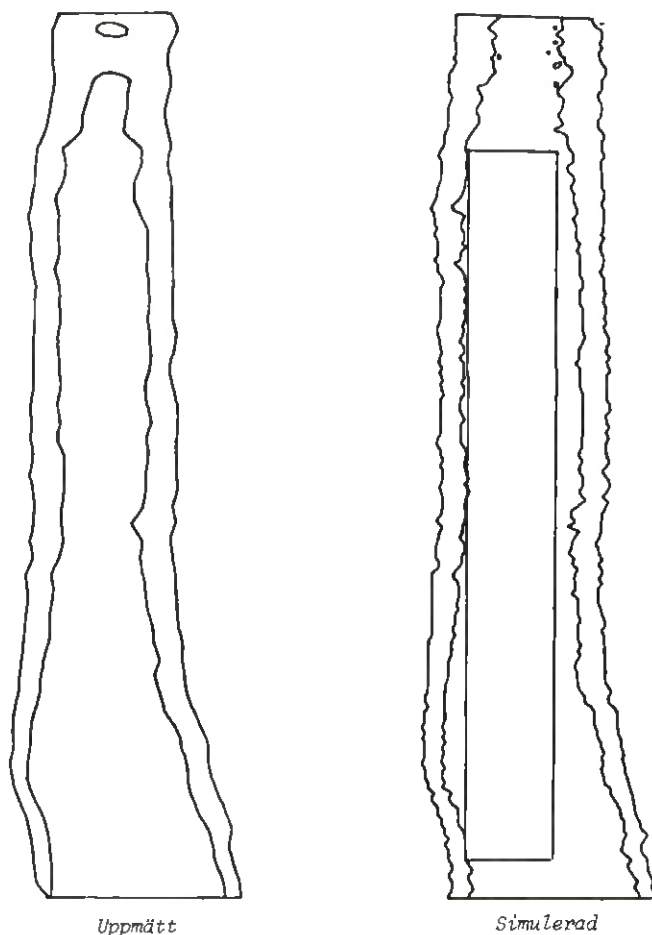
Om vi först betraktar ämnesgeometrierna kan vi konstatera att SIM-ämnets allmänna ytterkontur överensstämmer ganska väl med PROV-geometrin och att ämnets rotböj överensstämmer för de två geometrierna. Med hänsyn till ämnens utsida kan man dock klart se att SIM-ämnet legat närmare stockens mantelyta (utom i rot) vilket pekar på ett fel vid uppmätningen av positioneringen. Stockens toppände har legat ca 5-7 mm längre till höger vid SIM än vid PROV medan rotändan legat några mm längre till vänster. Den snävare geometrin vid SIM medgav ett utfall på 7 moduler 75 mm o/s till värdet 1,97 kr (stuage) medan KANT redovisade ett utfall på 11 moduler av samma bredd och kvalitet till värdet 3,41 kr (+73 % i värdeutbyte).



Figur 3.31 Vänster sidbräda i första såg från stock 401. Simulerad och uppmätt geometri med inlagda kant- och justerresultat från SIM och KANT.

Höger sidbräda visas på samma sätt i figur 3.32. Här blir följdriktigt SIM-geometrin betydligt rymligare än PROV längs större delen av stocklängden vilket alltså ytterligare understryker att stocken legat längre åt höger vid SIM än vid PROV (utom i yttersta rotdelen).

Virkesutfallet blev vid SIM 14 moduler 75 mm o/s till värdet 5,87 kr medan PROV-ämnet vrakades vid kantverkets bedömning till 0 kr. Denna vrakning synes vara obefogad vid studium av ämnets geometri. Troligen vore det möjligt att åtminstone få ut 11 moduler 75 mm VI värt 3,41 kr.

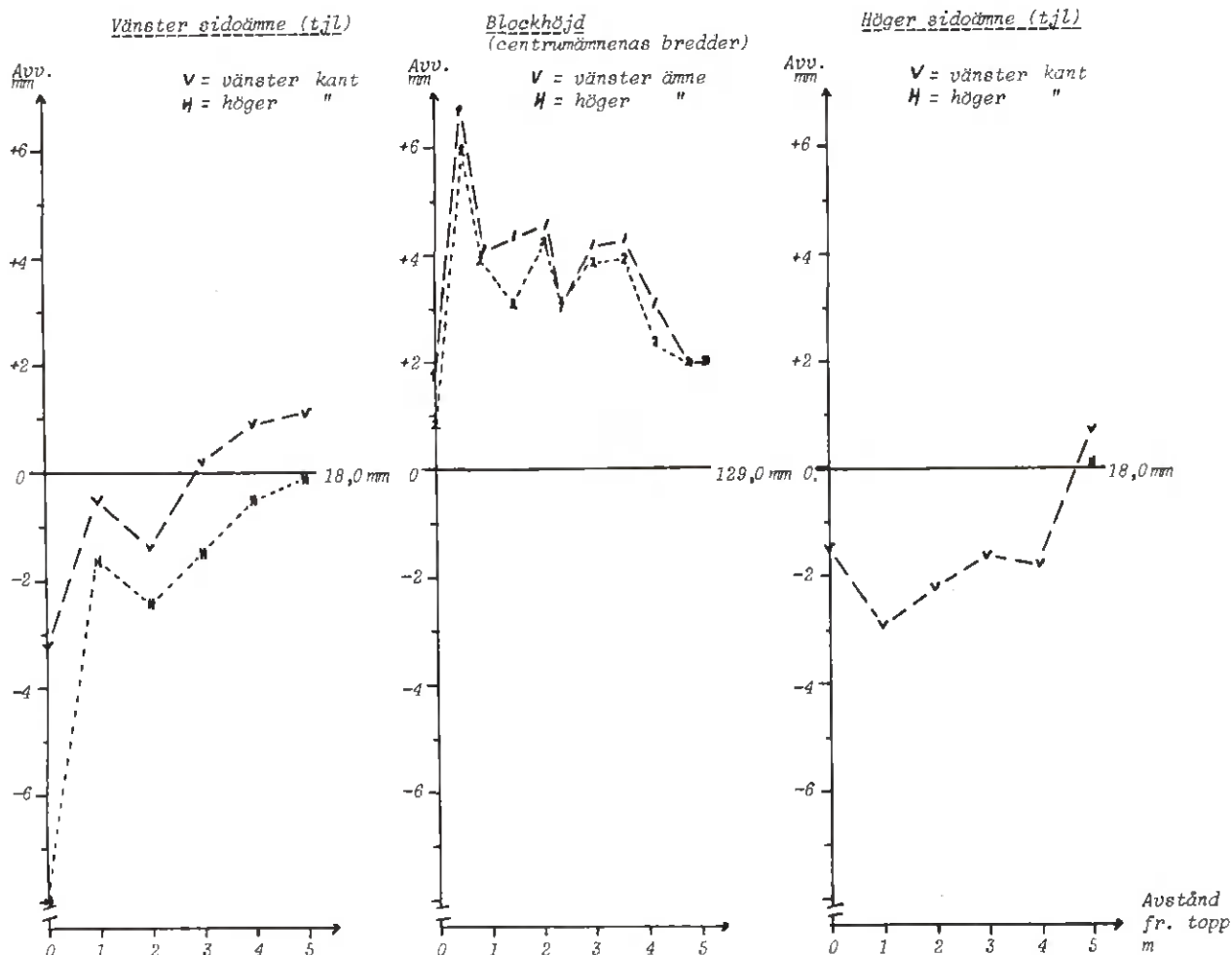


Figur 3.32 Höger sidobräda i första såg från stock 401. Simulerad och uppmätt geometri med inlagt kant- och justerresultat.

Jämför vi höger och vänster sidoämne så kan det konstateras att höger sidoämne är större än vänster sidoämne vid SIM fram till ca 70 % av längden varefter ämnena blir ungefär lika stora. Vid PROV var dock vänster sida något större än höger till 90 % av längden. Studerar vi inläggningsdiagrammet i figur 3.30 och jämför med dessa ämnesstudier så verkar således den teoretiskt antagna centreringen (!) ha varit i bättre överensstämmelse med provsågningen än vad som angavs i den uppmätta positioneringen.

Råmått i första såg

Uppmätta råmått för sidoämnestjocklekar och centrumvirkesbredder finns sammanställda i diagramform i figur 3.33. I diagrammen jämförs dessa mått med de mått som använts vid SIM (18,0 respektive 129,0 mm).



Figur 3.33 Avvikelser mellan uppmätta råmått i första såg och använt råmått vid simuleringen. Stock 401 i Kastet.

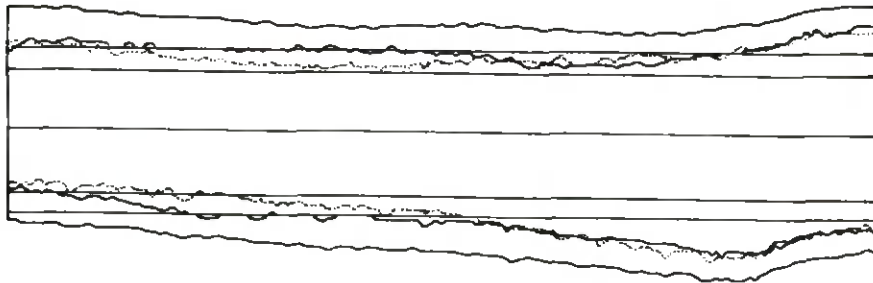
I diagrammen kan vi konstatera att avvikelserna från SIM-måttet varit klart positiva (+1 - +6 mm) då det gäller blockhöjden (= centrumvirkets bredd) och att sidobräderna haft mindre mått än i modellen längs större delen av längden. Summan av råmått mellan de yttre skären i första såg har uppenbarligen varit mindre vid PROV i yttersta toppändan men större vid rotändan. Detta verkar för att SIMs geometrier relativt PROV blir snävare i topp men rymligare i rot. Emellertid saknas uppgifter om de verkliga spårvidderna vilka naturligtvis också påverkar avståndet mellan ytterskären.

Sammanfattning av observationer i första såg

Ovanstående analyser har visat oss att stocken legat ca 5-7 mm för långt åt höger i topp och några mm för långt åt vänster i rot vid SIM jämfört med PROV. Sannolikt har detta orsakats av ett mätfel vid ändytemätningen. Skillnaden i utbyte var främst orsakad av den felaktigt uppmätta positioneringen och att höger ämne i onödan vrakades av kantverket. Råmåttan har varierat ganska kraftigt vilket ytterligare stör jämförelsen mellan SIM och PROV.

Utbytesjämförelser och positionering i andra såg

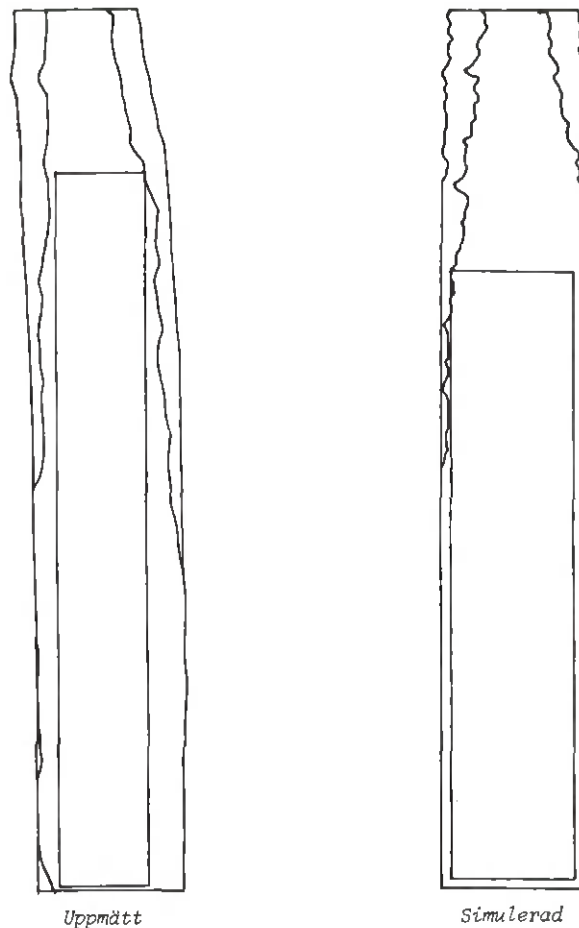
I figur 3.34 visas inläggningen av blocket i andra såg utifrån ändytemätningen och de simulerade sågsnitten.



Figur 3.34 Positionering av block i andra såg enligt uppmätta lägen i topp och rot. Stock 401 i Kastet. (Snittytor beräknade efter simulering av sågning i första såg i OPTSAW.)

Vid positioneringen av blocket kan noteras att vankanter erhålls vid högra sidoämnets mittdel samt på vänstra sidoämnets toppdel (även en liten vankant på vänster centrumämne).

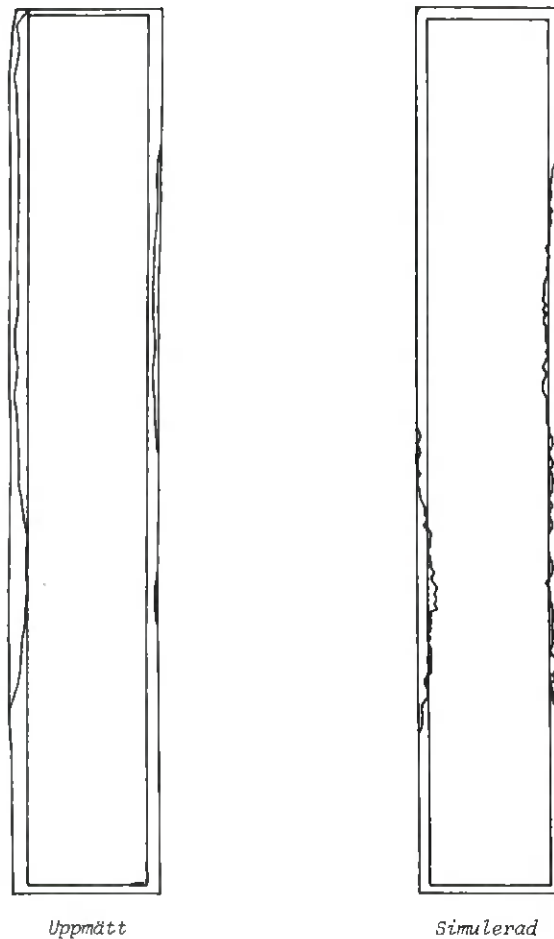
Vänstra sidoämnets geometri framgår av figur 3.35 där vi kan konstatera att PROV-ämnets geometri erhåller längre vankant på höger kant (från rot sett) än SIM-geometrin. Den mindre vankanten på SIMs högra kant är till stor del en i detta fall gynnsam effekt av felet som gjordes vid inmätningen i första sågen. Vid PROV uppmättes dessutom en viss kantkrokighet på ämnet. Utbytet blev vid SIM 12 moduler 100 mm o/s till värdet 6,71 kr och vid PROV 14 moduler 75 mm o/s till värdet 5,87 kr (-13 %).



Figur 3.35 Vänster sidobräda i andra såg från stock 401. Simulerad och uppmätt geometri med inlagda kant- och justerresultat.

Centrumämnena har ej avbildats eftersom dessa båda gav maximala utbytet 17 moduler o/s till värdet 35,22 kr både vid SIM och PROV.

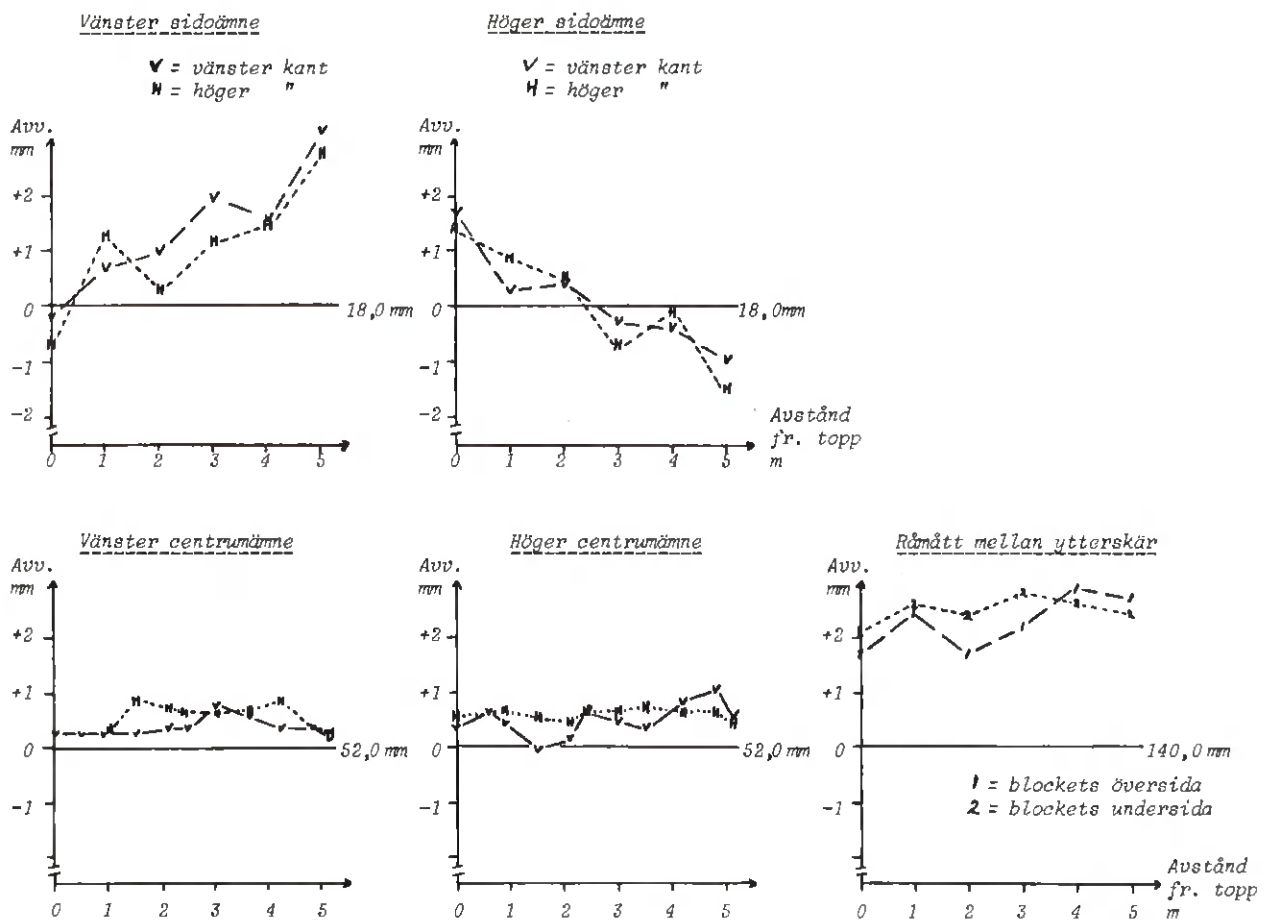
Det högra sidoämnet avbildas i figur 3.36. PROV är något rymligare än SIM. Den dominerande vankanten finns längs höger kant på SIM men längs vänster kant på PROV vilket är en följd av det tidigare nämnda mätfelet. SIM tvingas till en nedklassning (antagligen p g a vankantslängden) och ger 17 moduler V värt 7,96 kr medan PROV-geometrin tillät samma dimension i o/s, värt 9,51 (+19 %).



Figur 3.36 Höger sidoämne från stock 401. Simulerad och uppmätt geometri med inlagt kant- och justerresultat.

Råmått i andra såg

Avvikelserna mellan uppmätta råmått och de mått som använts i modellen vid sågning i andra såg framgår av diagrammen i figur 3.37. Här syns att sidoämnenas är klart kilformiga och att centrumämnena varit ca 0,5 mm grövre än antaget modellvärde. Postens sammanlagda råmått som visas i ett av diagrammen visar en positiv avvikelse på ca +2 mm gentemot antagna modellvärden. Detta verkar för att lägre utbyten borde erhållits vid PROV. (Vi saknar dock fortfarande uppgifter om verklig spårvidd.)



Figur 3.37 Avvikelser mellan uppmätta råmått i andra såg och använt råmått vid simuleringen. Stock 401 i Kastet.

Sammanfattning av observationer i andra såg

Skillnaderna i ämnesgeometrier kan till väsentlig del kopplas till avvikelserna i stockinläggning mellan SIM och PROV. Råmåttens har i praktiken varit större än de mått modellen räknat med.

Sammanfattande kommentarer om provsågning och simulerad sågning av stock 401

Vid jämförelsen mellan provsågat och simulerat utfall har konstaterats avvikelser och bedömts orsaker till att dessa uppkommit. Nedan listas konstaterade olikheter mellan förutsättningar som antagits vid simuleringen och den verklighet som gällt i sågverket.

1. Inläggning och sågning: Mätprecisionen vid uppmätningen av verkliga inläggningslägen i första såg har ej varit tillräcklig. De skillnader mellan geometriskt utfall för enskilda ämnen som konstaterats mellan PROV och SIM har i huvudsak orsakats av denna brist.
2. Mått: Utsågade ämnens råmått har varierat utmed ämnens längd och bl a påvisat kilformade sidoämnen och dessutom i medeltal varit något större vid PROV än de antagna och konstanta råmått som gällt vid SIM.
3. Vankant: Inga noteringar.
4. Övrigt: Ett av de undersökta ämnena vrakades av kantverket trots att det av den geometriska förutsättningen hade varit möjligt att få ut ett kantat och justerat virkesämne. Detta får hänföras till en brist i verklighetens förmåga att klara alla teoretiskt möjliga alternativ.
5. Programfel: Ingen påverkan på utbytet vid SIM.

I tabellen nedan har utbytet från stock 401 vid PROV och SIM sammanställts med angivande av bedömda orsaker till erhållna utbytesskillnader. Inläggning, sågning och råmått har som tidigare sammanslagits till beteckningen "geometri".

Ämne	Värde i kr vid PROV	Värde i kr vid SIM	Diff kr	Huvudorsaker till avvikelse
Första såg, Vä sidoutb	3,41	1,97	-1,44	Geometri
Hö -"-	0	5,87	+5,87	Övrigt, geometri
Andra såg, Vä sidoutb	5,87	6,71	+0,84	Geometri
Vä centrum	35,22	35,22	0	-
Hö -"-	35,22	35,22	0	-
Hö sidoutb.	9,51	7,96	-1,55	Geometri
Sammanlagt	89,23	92,95	+3,72	

Om man gör en uppskattning av de olika orsakernas inverkan på det totala felet som var +3,72 kr (+4,2 %) erhålls följande uppdelning.

Vrakning av ett sidoämne vid PROV	+3,41 kr
Geometripåverkande faktorer	+0,31 kr

Utbytesvärde vid SIM jämfört med PROV	+3,72 kr

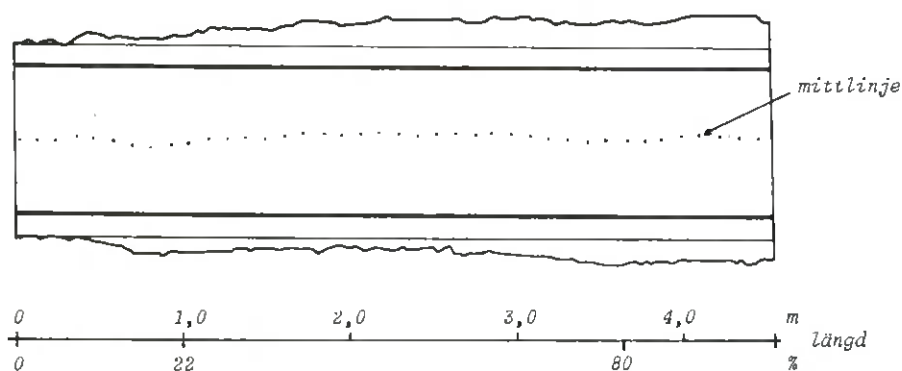
Den helt dominerande orsaken i detta fall till att SIM överskattat det totala värdeutfallet av provsågningen är tydligen att höger sidobräda felaktigt vrakades av kantverket vid provsågningen. På totalutbytet hade de geometriska påverkande faktorerna, som mätfelet av inläggningen, råmåttavvikelse m m, en helt underordnad betydelse i detta fall även om de haft stor inverkan på jämförelser för enskilda ämnen.

3.4.5 Detaljerad uppmätning av utfall från stock 416

Stock 416 ingår i furuklassen och sågades liksom föregående stock med postningen 16-125-16 / 16-50-50-16. Redovisningen nedan följer samma rubriker som för stock 401.

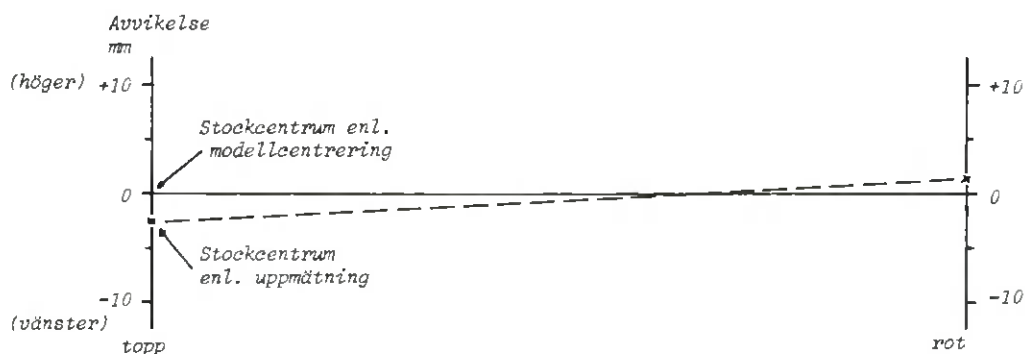
Positionering av stocken i första såg

I figur 3.38 visas inläggningen av stocken utifrån ändytemätningen.



Figur 3.38 Positionering av stock 416 vid provsågning enligt uppmätta lägen i topp och rot under antagande om perfekt raksågning. (Stockprofilen är genererad utifrån mätdata vid svarvmätningen.)

Stocken ligger som synes väl centrerad i topp och något till höger om sågcentrum i rot. En måttlig krok med bågen liggande åt höger i detta plan kan också noteras vid stockens mitt i figuren. I förhållande till modellcentreringen angav uppmätta lägen att stocken varit positionerad ca 3 mm för långt åt vänster i topp men ca 1 mm för långt åt höger i rot (alltså mycket nära modellcentreringen), vilket framgår av inläggningsdiagrammet i figur 3.39.



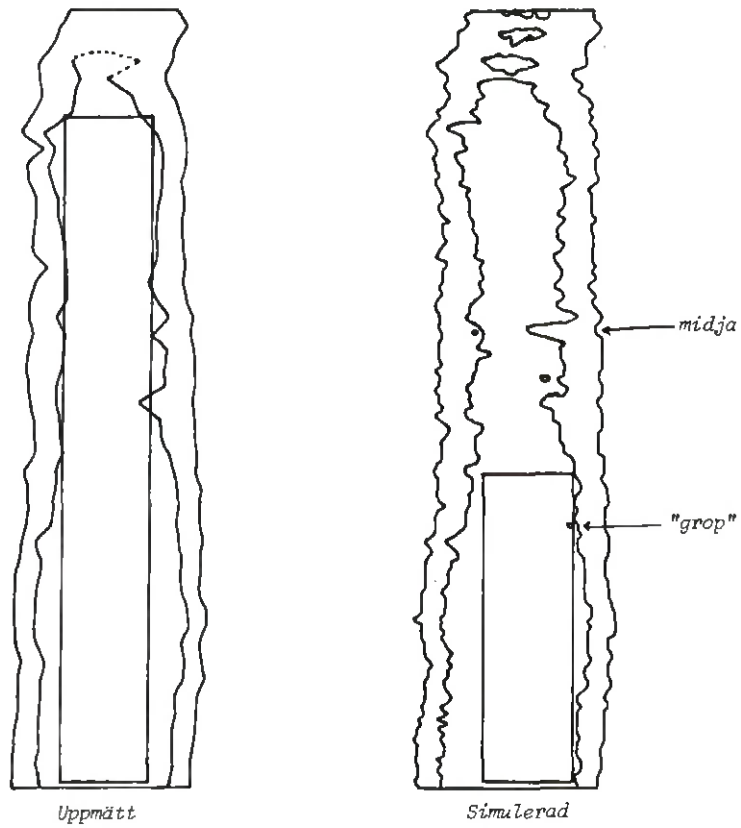
Figur 3.39 Inläggningsdiagram utvisande avvikelse mellan uppmätt inläggning vid stockändarna och antagen modellcentrering. Stock 416 i Kastet.

Jämförelser av utbytet av sidobräder i första såg

I figur 3.40 visas geometrin av vänster sidobräda från första såg som erhöles vid SIM och uppmättes vid PROV. I ämnesgeometrierna har även kantad och justerad virkesbit inritats. Exakt positionering av utfallet i förhållande till ämnesgeometrin är ej känd vid PROV varför inplacering i ämnet gjorts subjektivt i efterhand.

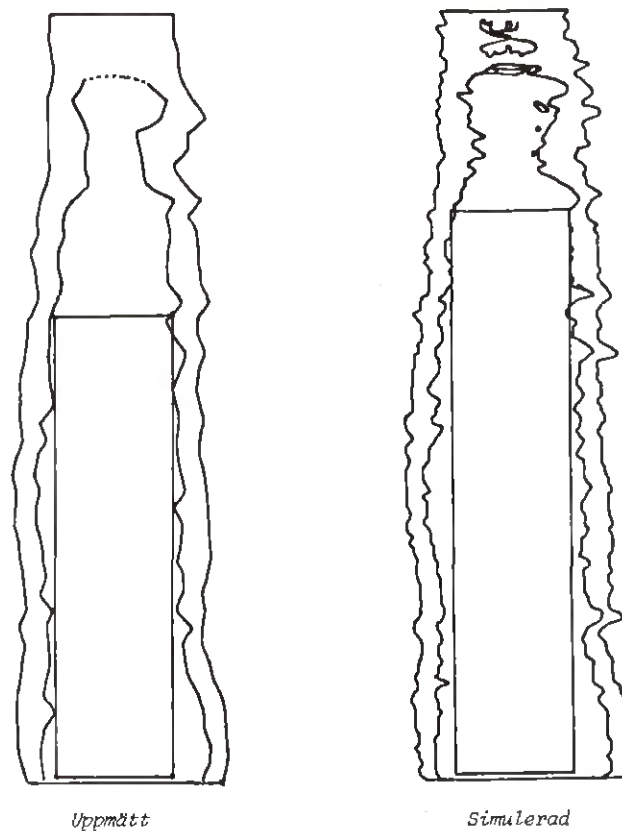
Med hänsyn till att mätupplösningen varit olika vid SIM och PROV kan en mycket god överensstämmelse konstateras mellan ämnesgeometrierna. SIM-geometrin är något mindre på mitt (kurvsågning ?) men överensstämmer väl i topp och rot. Det är svårt att avgöra om de skillnader som emellertid förekommer är orsakade av varierande råmått eller ett marginellt fel vid inläggningsmätningen.

Vid SIM erhöles 6 moduler 75 mm V till värdet 2,14 kr medan PROV-utfallet blev 13 moduler 75 mm o/s till värdet 10,18 kr, alltså en utbytesskillnad på hela 376 %. Justeringen vid SIM har varit för hård i detta fall, den lilla "gropen" vid 65 % av längden har förmodligen varit orsaken till nedklassningen till V och dessutom borde en högre upplösning vid kantrutinens sökning i parallell led kunnat ge ytterligare en modul med bibehållet o/s-krav (möjligt värde 3,67 kr). Vid PROV klarar det inritade utfallet precis o/s-kravet. Emellertid: Om midjan som syns i SIM-geometrin vid 37 % av längden verkligen har funnits på PROV-ämnet (vi saknar mätdata här men antagandet är sannolikt med hänsyn till överensstämmelsen på näraliggande mätpunkter) så borde det naturliga kapläget varit beläget här (vilket skulle ha gett ett värde vid PROV på 4,20 kr). Enligt kantverkets bedömning (KANT) skulle också ämnet endast ha kunnat ge 4,20 kr vilket styrker ovanstående resonemang. Detta är ett exempel på vilka stora effekter som kan orsakas av små verkliga geometriska skillnader vid jämförelser av utbytet från enskilda virkesämnen.



Figur 3.40 Vänster sidobräda i första såg från stock 416. Simulerad och uppmätt geometri med inlagda kant- och justerresultat från SIM och PROV.

Höger sidobräda visas i figur 3.41. Överensstämmelsen mellan SIM och PROV är liksom på vänster sida mycket god särskilt i topp och rot. SIM-geometrin är här något rymligare än PROV mitt på ämnet i motsats till vad som konstaterades på vänstra ämnet. Detta kan antyda att en avvikelse från perfekt raksågning ägt rum. Utfallet blev vid SIM 11 moduler 100 mm o/s värt 11,48 kr och vid PROV 9 moduler av samma bredd och kvalitet till värdet 9,40 kr (-18 %). Skillnaden orakades främst av att ämnesgeometrin var rymligare på SIM-ämnets mittdel.

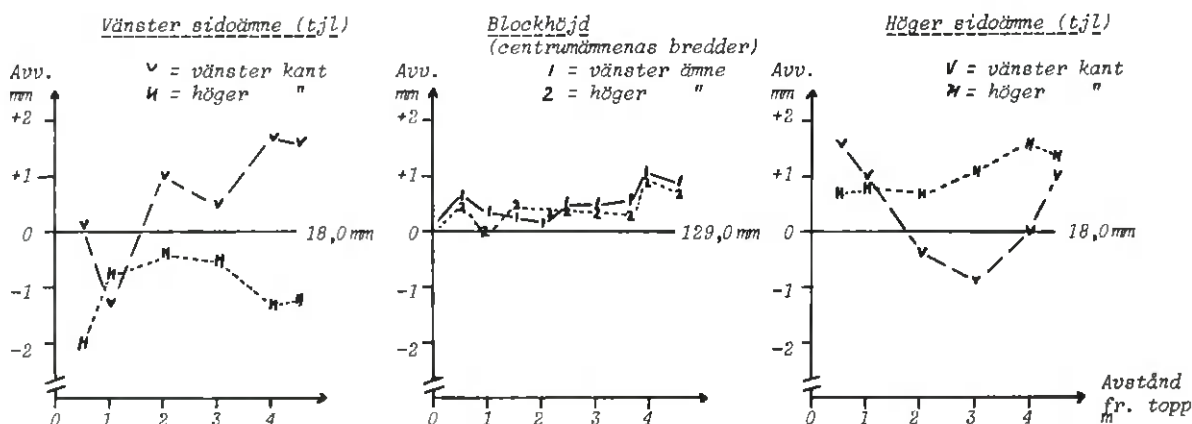


Figur 3.41 Höger sidobräda i första såg från stock 416. Simulerad och uppmätt geometri med inlagt kant- och justerresultat.

Jämför vi höger och vänster sidoämne vid SIM och PROV kan vi konstatera att vi vid mittdelen av ämnena får en större positiv skillnad mellan höger och vänster ämne vid SIM än vid PROV men att topp och rot visar god överensstämmelse. Skillnaden på mittdelen skulle kunna förklaras av att en viss kurvsågning ägt rum.

Råmått i första såg

Uppmätta råmått för sidoämnestjocklekar och centrumvirkesbredder finns sammanställda i diagramform i figur 3.42. I diagrammen jämförs dessa mått med de mått som använts vid SIM (18,0 respektive 129,0 mm).



Figur 3.42 Avvikelser mellan uppmätta råmått i första såg och använt råmått vid simuleringen. Stock 416 i Kastet.

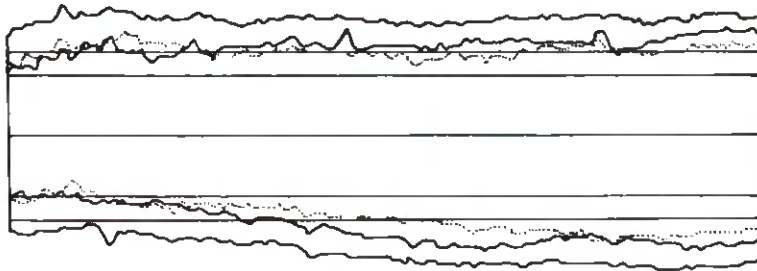
I diagrammen kan vi konstatera att avvikelserna från SIM-måttet varit små (0 - +1 mm) då det gäller blockhöjden (= centrumvirkets bredd) och att sidobräderna haft varierande mått dels på längden, dels på de olika kanten. I ex kan konstateras att de kanter som varit orienterade uppåt i sågen (höger kant på vänster bit och vänster kant på höger bit) haft lägre råmått än de kanter som varit orienterade nedåt. Summan av råmått mellan de yttre skären i första såg har förutom denna egenskap en medelavvikelse som varit större (+0,5 - +2 mm) än SIMs konstanta mått. Avvikelsen har varit störst i rot. (Uppgifter om de verkliga spårvidderna saknas.)

Sammanfattning av observationer i första såg

Ovanstående analyser har visat oss att stockens positionering överensstämmt väl mellan SIM och PROV med undantag av en viss tendens till kurvsågning vid PROV. Trots den goda överensstämmelsen mellan ämnesgeometrierna erhöles dock stor utbytesskillnad för vänster sidoämne mellan SIM och PROV orsakat av: 1) för sträng tillämpning av modellens justeringsrutin, 2) bristande upplösning i kantningsmodellens lägesberäkning, 3) mild behandling av vankant vid manuellt bedömd justering. Råmått har dessutom varierat, vilket kan ha haft störande inverkan på jämförelsen mellan SIM och PROV.

Utbytesjämförelser och positionering i andra såg

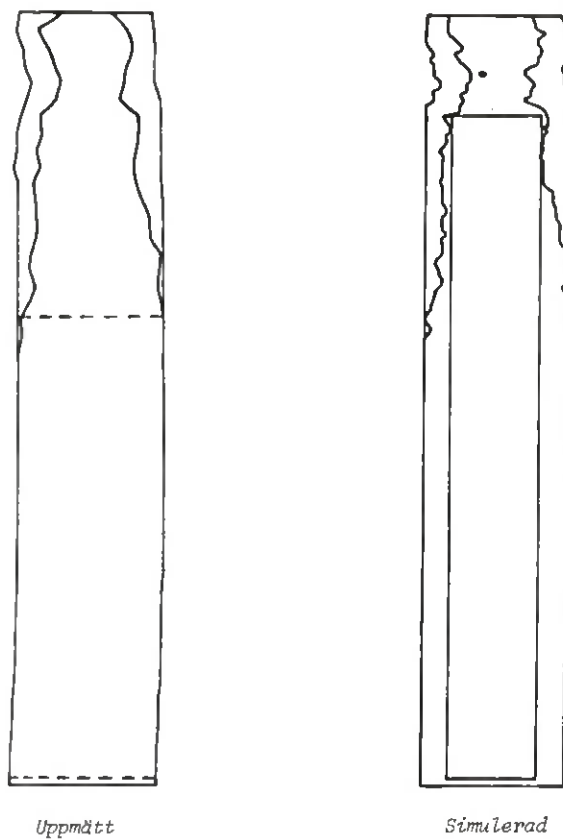
I figur 3.43 visas inläggningen av blocket i andra såg utifrån ändytemätningen och de simulerade sågsnitten.



Figur 3.43 Positionering av block i andra såg enligt uppmätta lägen i topp och rot. Stock 416 i Kastet. (Snittytor beräknade efter simulering av sågning i första såg i OPTSAW.)

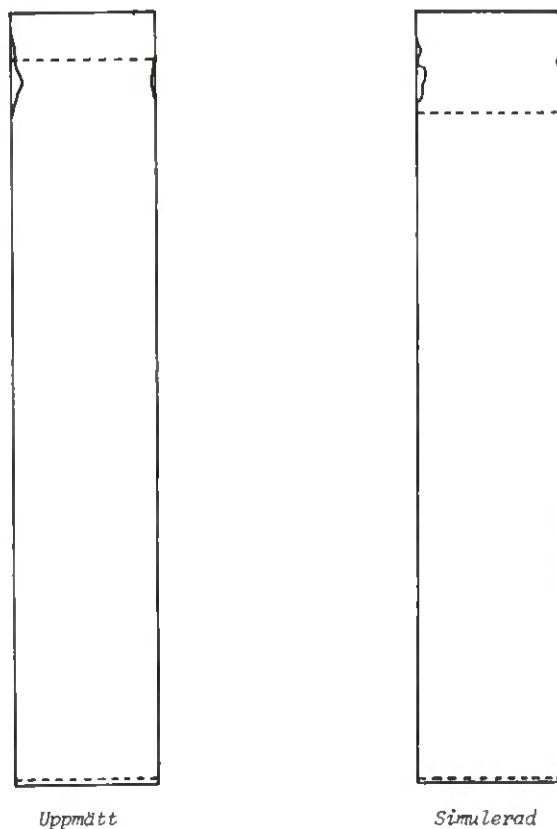
Vid positioneringen av blocket kan noteras att vankant erhålls vid toppändarna för alla ämnen utom höger centrumämne samt längs höger sidoämnes mittdel. Blockets krokform är mindre framträdande än på blocket från stock 401 (se figur 3.34).

Vänstra sidoämnets geometri framgår av figur 3.44 där vi kan konstatera en mycket god överensstämmelse mellan vankanternas utbredning på SIM- och PROV-ämnet. Endast i yttersta topptvårsnittet finns en klar avvikelse (endast ett mätläge). Utfallet blev vid SIM 13 moduler 75 mm o/s till värdet 10,18 kr och vid PROV erhöles 9 moduler 125 mm o/s värt 11,74 kr, alltså en skillnad på 15 % trots den nära nog identiska geometrin. Efter rättning av tidigare nämnt programfel visade det sig att detta fel varit orsak till att 75 mm valts av SIM, den rättade modellen gav 10 moduler 100 mm o/s värt 10,44 kr (+0,26 kr). Att 125 mm ej valdes av SIM beror sannolikt på att den 9:e modulen på marginalen ej klarar vankantskravet för o/s, varför detta breddval i så fall skulle tvingat fram en stuagelängd och därmed lägre värde.



Figur 3.44 Vänster sidobräda i andra såg från stock 416. Simulerad och uppmätt geometri med inlagda kant- och justerresultat.

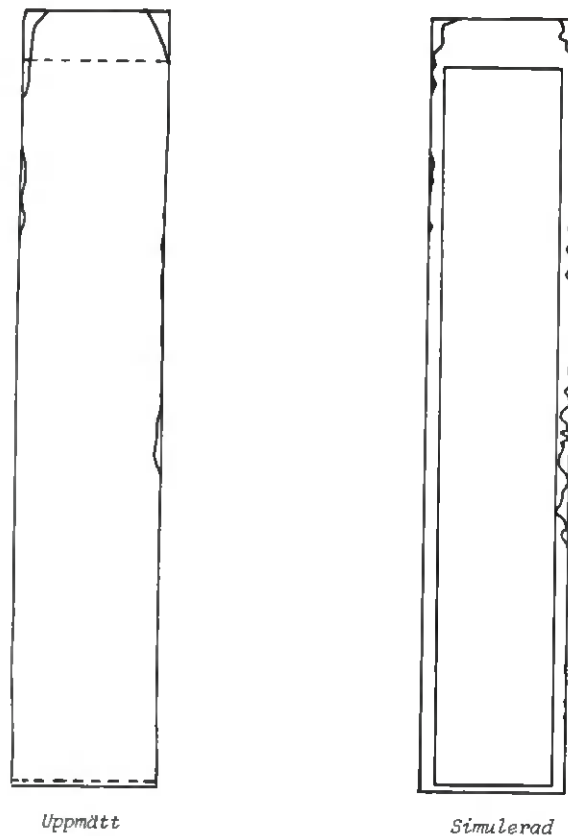
Vänster centrumämne visas i figur 3.45. De synliga vankanterna på ämnets toppände överensstämmer nära nog perfekt mellan SIM och PROV. Utfallet blev emellertid en modul kortare för SIM som gav 13 moduler o/s till värdet 42,05 kr jämfört med PROV som gav 14 moduler o/s värt 45,28 kr (+8 %). Enligt den uppmätta geometrin var accepterad vankant vid PROV 14 mm vilket överskred vankantsregeln vid SIM (13 mm). Vid en strikt tillämpning av givna vankantsregler vid PROV borde således den sista modulen ej ha accepterats.



Figur 3.45 Vänster centrumämne från stock 416. Simulerad och uppmätt geometri med inlagda justerresultat.

Höger centrumämne har ej avbildats eftersom detta gav maximala utbytet 14 moduler o/s till värdet 45,28 kr både vid SIM och PROV.

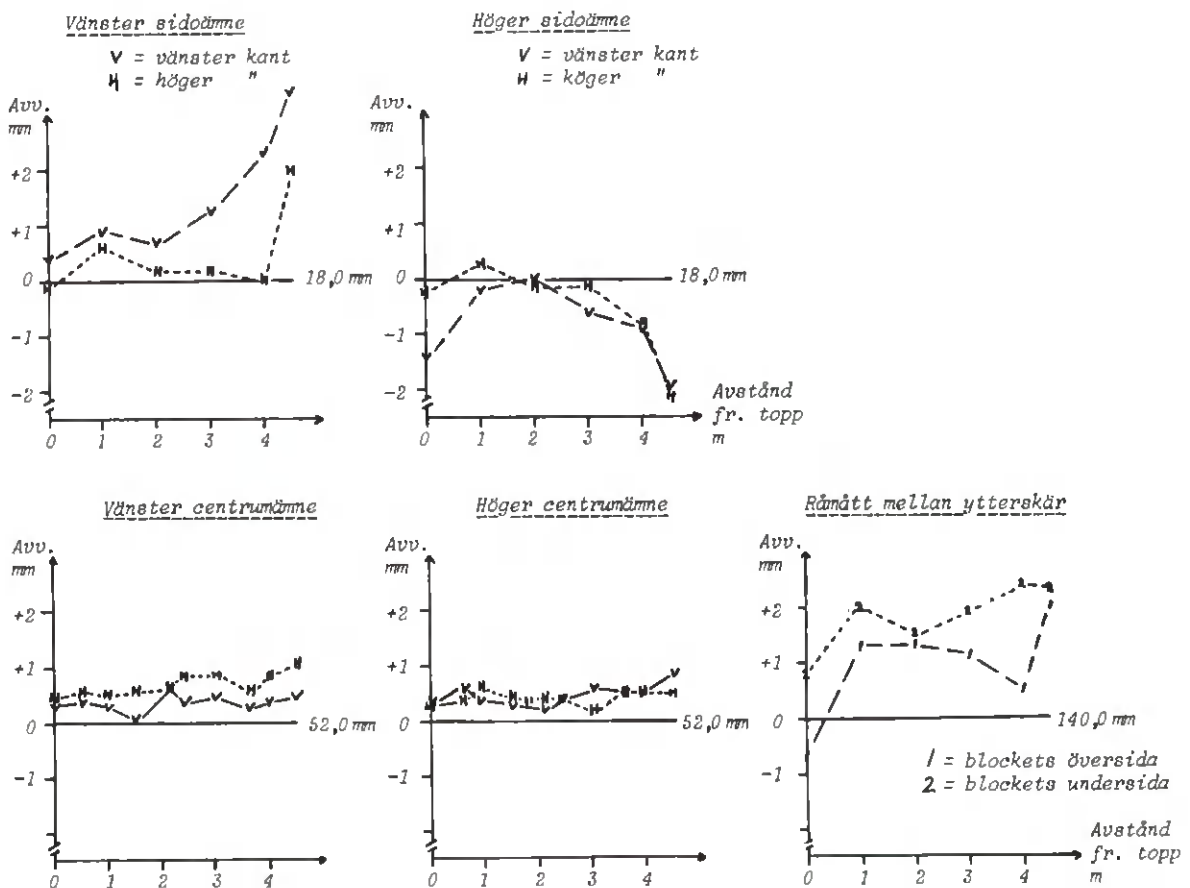
Det högra sidoämnet avbildas i figur 3.46. Mycket god överensstämmelse mellan PROV och SIM kan iakttagas utom vid ämnets mitt där SIM-ämnet har mer vankant än PROV-ämnet. Detta kan ha orsakats av att blocket vid roten legat något mer förskjutet åt höger vid PROV än vid SIM men kan också vara en effekt av den tidigare antydda kurvsågningen i första såg. Utfallen blev i båda fallen 14 moduler o/s, vid SIM erhöles bredden 100 mm till värdet 14,62 kr men PROV gav 125 mm bredd värt 18,27 kr (+25 %). Resultaten överensstämmer med de geometriska skillnaderna.



Figur 3.46 Höger sidoämne från stock 416. Simulerad och uppmätt geometri med inlagda kant- och justerresultat.

Råmått i andra såg

Avvikelserna mellan uppmätta råmått och de mått som använts i modellen i andra såg framgår av diagrammen i figur 3.47. Tendens till kilform syns på vänster sidoämne men ej lika tydligt på höger. Rotänden är grövre på vänster ämne men klenare än SIM-måttet på höger ämne. Centrumämnena var ca 0,5 mm grövre än antaget modellvärde. Postens sammanlagda råmått visar övervägande positiva avvikelser gentemot antagna modellvärden (-0,7 - 2 mm); posten har genomgående varit något grövre på blockets undersida. (Vi saknar dock fortfarande uppgifter om verklig spårvidd.)



Figur 3.47 Avvikelser mellan uppmätta råmått i andra såg och använt råmått vid simuleringen. Stock 416 i Kastet.

Sammanfattning av observationer i andra såg

God överensstämmelse föreligger mellan ämnesgeometrier. Skillnad i geometri på högersidoämne kan ha varit orsakad av antydd kurvsågning i första såg. Råmått har i praktiken varit genomsnittligt något större än de mått modellen räknat med. Den av SIM strikta tillämpningen av givna vankantsregler har varit huvudorsaken till det lägre värdeutfallet vid SIM.

Sammanfattande kommentarer om provsågning och simulerad sågning av stock 416

Vid jämförelsen mellan provsågat och simulerat utfall har konstaterats avvikelser och bedömts orsaker till att dessa uppkommit. Nedan listas konstaterade olikheter mellan förutsättningar som antagits vid simuleringen och den verklighet som gällt i sågverket.

1. Inläggning och sågning: God överensstämmelse mellan SIM och PROV. Tecken finns på att avvikelser från perfekt raksågning förelegat vid PROV (kurvsågning) i första såg.
2. Mått: Utsågade ämnens råmått har varierat, särskilt utmed sidoämnenas längd och dessutom i medeltal varit något större vid PROV än de antagna och konstanta råmått som gällt vid SIM.
3. Vankant: Strikt (rigid) behandling av vankantsreglerna i SIM och mildare bedömning vid PROV har orsakat skillnader i utfall mellan SIM och PROV.
4. Övrigt: En mindre värdeförlust vid SIM har konstaterats på grund av bristande upplösning i kantningsmodellens sökning efter optimal inplacering av sidobräda i vänster sidoämne ur första såg.
5. Programfel: Ett av sidoämnena i andra såg fick en marginell värdeförlust p g a detta fel.

I tabellen nedan har utbytet från stock 416 vid PROV och SIM sammanställts med angivande av bedömda orsaker till erhållna utbytesskillnader. Inläggning, sågning och råmått har som tidigare sammanslagits till beteckningen "geometri".

Ämne	Värde i kr vid PROV	Värde i kr vid SIM	Diff kr	Huvudorsaker till avvikelse
Första såg, Vä sidoutb.	10,18	2,14	-8,04	Vankant, geometri, övrigt
Hö -"-	9,40	11,48	+2,08	Geometri
Andra såg, Vä sidoutb.	11,74	10,18	-1,56	Geometri, programfel
Vä centrum	45,28	42,05	-3,23	Vankant
Hö -"-	45,28	45,28	0	-
Hö sidoutb.	18,27	14,62	-3,65	Geometri
Sammanlagt	140,15	125,75	-14,40	

Om man gör en uppskattning av de olika orsakernas inverkan på det totala felet som var hela -14,40 kr (-10,3 %) erhålls följande uppdelning.

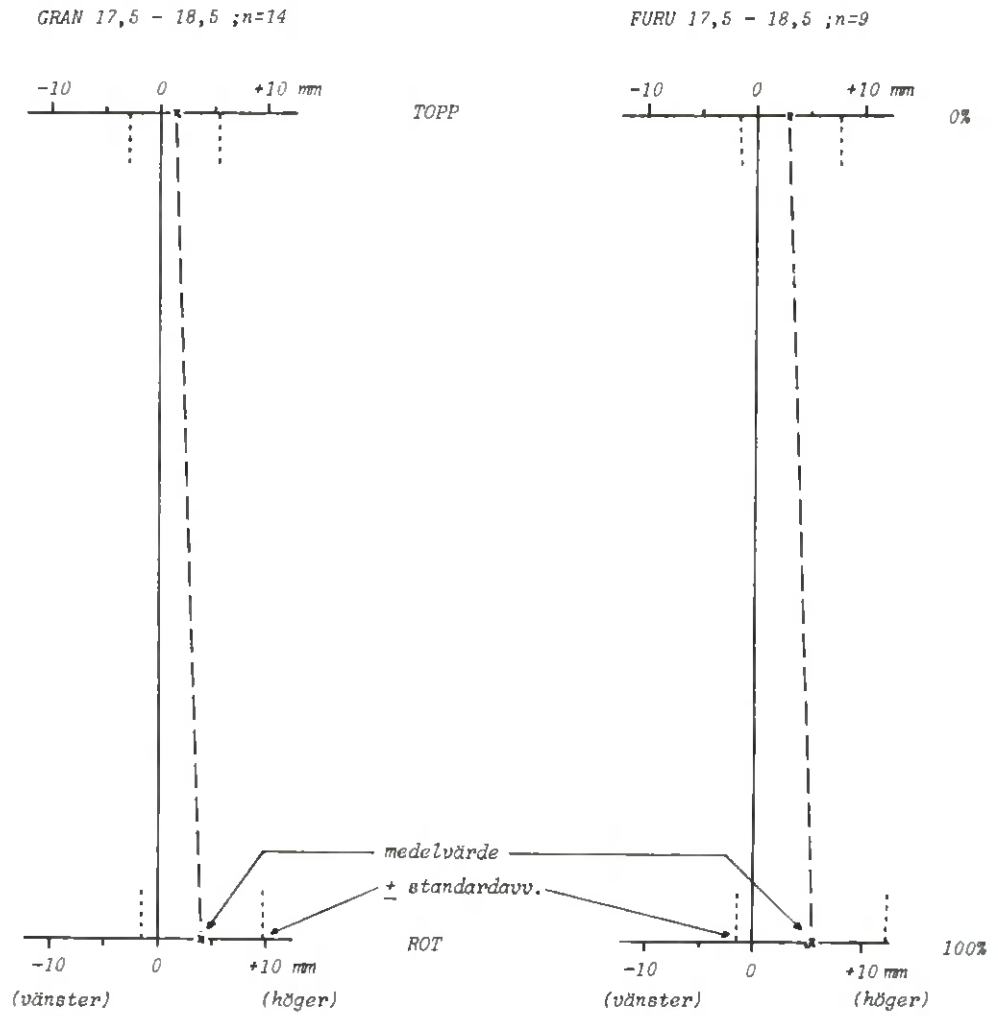
Olika tolkning och behandling av vankantsregler vid SIM och PROV	-7,23 kr
Geometripåverkande faktorer	-6,39 kr
Bristande kantningsoptimering i SIM	-0,52 kr
Programfel i SIM	-0,26 kr
-----	-----
Utbytesvärde vid SIM jämfört med PROV	-14,40 kr
-----	-----

Trots den till synes goda överensstämmelsen mellan SIM och PROV vad gäller de utsågade ämnesgeometrierna blev värdeskillnaden avsevärd. Det visade sig i detta fall att olika tillämpning av vankantsreglerna var den främsta orsaken men de skillnader i geometrier som dock förekom hade också en stor negativ effekt på värdet vid SIM.

3.4.6 Inläggningsmätningar

Liksom i Marma utfördes i Kastet endast uppmätning av stockinläggningen utifrån positioneringen av stockändarna (ändytemätning). I figur 3.48 redovisas inläggningsdiagrammen från dessa mätningar för Kastets två sågklasser. Streckad linje visar medelavstånd mellan stockcentrum enligt ändytemätning och stockcentrum vid modellcentrering. Spridningsnivåerna i topp och rot har prickats.

Båda diagrammen visar att stockarna i medeltal legat parallellt förskjutna åt höger gentemot centreringen och att en rotvridning åt samma håll varit aktuell. Det kan också konstateras att furuklassens förskjutning varit större än granklassen vilket överensstämmer med de jämförelser av utbytet hos sidobräder ur 1:a såg som redovisades i avsnitt 3.4.3 ovan. Vid utbytesjämförelserna konstaterades dock tidigare att utfallet var avsevärt mer osymmetriskt vid SIM än vid PROV. Inläggningsdiagrammen nedan antyder dock inte avsevärda inläggningsfel varför man kan tänka sig att SIM-utfallet är mer känsligt för felinläggningar än PROV alternativt att sidoutfallet även vid PROV är mycket känsligt för positioneringsavvikelser. Om det senare gäller antyder SIMs relativt större utbyten på höger sida att stockarna legat längre till höger vid SIM än vad som varit fallet vid provsågningen och att ett systematiskt mätfel vid inläggningsmätningarna kan befaras.



Figur 3.48 Inläggningsdiagram utvisande medelavvikelse mellan stockcentrum enligt ändyttemätning vid PROV och teoretiskt antagen centrerings. 2 sågklasser i Kastet.

3.4.7 Sammanfattning av jämförande studie i Kastet

Nivå: SIM har ett värdeutbyte 3,8 % under PROV (efter rättat programfel).

KANT ger en underskattning av 1,4 % jämfört med PROV.

Samvariation: För sidobräder ur första såg är samvariationen dålig mellan SIM och PROV. Även mellan KANT och PROV är samvariationen svag.

Detalj-
mätta
stockar:

För en av stockarna (401) föreligger stor skillnad i inläggningsläge i första såg mellan PROV och SIM. Detta har orsakats av brister i precisionen vid uppmätningen av inläggning. Avvikelsen är upp emot 8 mm i topp. För den andra stocken råder god överensstämmelse mellan bitutseende för bitar från SIM respektive PROV, vilket talar för god överensstämmelse mellan inläggningslägena. Måtten uppvisar en variation om cirka 2 mm i tjocklek längs de enskilda bitarna. Bitarna är något tjockare i PROV än som antagits i SIM (uppgivna råmått). Vid PROV har vankant (enligt stock 416) bedömts något mildare än i SIM. För stock 401 har ett sidobrädesämne vrakats av kantverket i PROV i onödan. Vid SIM har en mindre förlust konstaterats relativt SIM beroende på ofullständigheter i sökrutinen för att hitta optimalt kantalternativ.

3.5 Det upptäckta programfelets inverkan på tidigare redovisade resultat

I avsnitt 3.1 omnämndes att ett programfel upptäckts i samband med valideringsstudierna. Detta fel har förelegat i den programversion av OPTSAW som använts vid de beräkningar som legat till grund för huvudrapporten /4/ i projektet. Programfelet har orsakat att vissa sidoämnen ur andra såg vid kantning och justering har drabbats av alltför lågt utbyte. Orsaken till att felet ej upptäckts tidigare är att detta ej alltid gjort sig gällande samt att utbytesförlusterna vanligen ej varit uppseendeväckande där de förekommit. Nedan beskrivs först felets natur och hur detta kunnat inverka på utbytesresultaten, därefter redovisas effekterna av felet på i /4/ redovisade huvudresultat. (Programfelets inverkan på jämförelsen mellan resultaten av provsågning och simulering redovisades under avsnitten 3.2 - 3.4 ovan.)

3.5.1 Beskrivning av programfelet

Programfelet bestod i att kantsidornas koordinater för bitar med sågade kanter (bitar ur andra såg) blivit felaktiga. Fel uppstod vid kurvsågning samt vid nedrullning av blocket åt vänster och låg i rutinen för projektion av snittkoordinaterna från stockens koordinatsystem till den sågade bitens koordinatsystem. Eftersom både övre och undre koordinaten för kantsidan hade samma fel, och vankanter mättes som en differens mellan de båda koordinaterna, så uppstod inget fel ifall biten justerades direkt efter sågningen. Därmed drabbades inte centrumbitarna och inte de sidobränder från andra såg som justerades direkt utan kantning. De sidobränder från andra såg som kantades fick dock felaktiga kanter efter den simulerade skärningen vid kantningen.

Felet var allvarligast vid stor kurvsågning och vid stor vridning i sidled vid sågning i andra såg. Felet förekommer för alla tre sågverk i provet eftersom Marma kurvsågade och Limmared och Kastet rullade ned blocket åt vänster.

3.5.2 Programfelets effekter på i /4/ redovisade resultat

En fullständig utredning av felets inverkan på resultaten i /4/ skulle kräva att alla de beräkningar som gjorts upprepades. Eftersom detta är en orealistisk uppgift med hänsyn till vår bedömning av felets inverkan så koncentrerar vi oss här på följande tre nyckelfrågor:

- a) Hur har värdeutbytet vid "Normal" -inläggningen (= referensnivån i /4/) påverkats av programfelet?
- b) Hur förändras den värderelation mellan verklig och "Normal" inläggning som redovisades i kapitel 6 i /4/?
- c) Hur förändras den värdepotential för Optimering av inläggningsläget som redovisades i kapitel 6 i /4/?

Vi koncentrerar oss under följande rubriker på att svara på dessa frågor med tonvikten lagd på värdeutbytena.

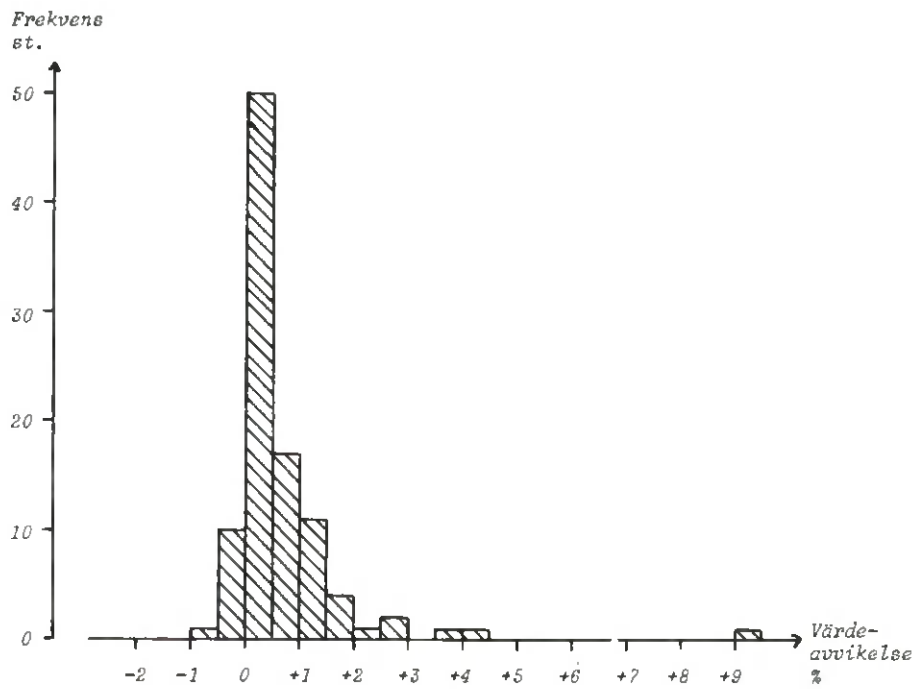
a) Programfelets inverkan på värdeutbytet vid "Normal"-inläggningen

I tabell 3.7 visas hur mycket värdeutbytet vid "Normal"-inläggningen i procent förändrades efter det att programfelet i OPTSAW åtgärdats. Motsvarande absoluta förändring av volymsutbytet anges inom parentes.

Tabell 3.7 Differenser gentemot tidigare redovisat Värdeutbyte (kr/stock) vid "Normal" inläggning i första såg efter korrigerig av programfel i OPTSAW. Absolut förändring av Volymsutbyte (m³sv/m³f) inom parentes.

Stockmaterial	Antal	Förändring av tidigare redovisade utbyten vid "Normal"-inläggning	
		VÄRDE-utbyte	(VOLYMS-utbyte)
Samtliga stockar	99	+0,65 %	(+0,7%)
Granstockar	44	+0,41 %	(+0,6%)
Furustockar	55	+0,84 %	(+0,8%)
Limmared, 3 sågklasser	27	+0,25 %	(+0,1%)
Marma, 3 sågklasser	43	+1,07 %	(+1,1%)
Kastet, 2 sågklasser	29	+0,40 %	(+0,6%)
Limmared			
Gran 17,9-18,8	10	-0,08 %	(-0,2%)
Gran 23,8-25,3	6	+0,51 %	(+0,4%)
Furu 23,5-25,5	11	+0,42 %	(+0,3%)
Marma			
Gran 23,0-24,0	13	+0,56 %	(+0,8%)
Furu 21,0-22,0	15	+2,00 %	(+1,9%)
Furu 24,0-25,3	15	+0,58 %	(+0,7%)
Kastet			
Gran 17,5-18,5	15	+0,58 %	(+0,9%)
Furu 17,5-18,5	14	+0,20 %	(+0,2%)

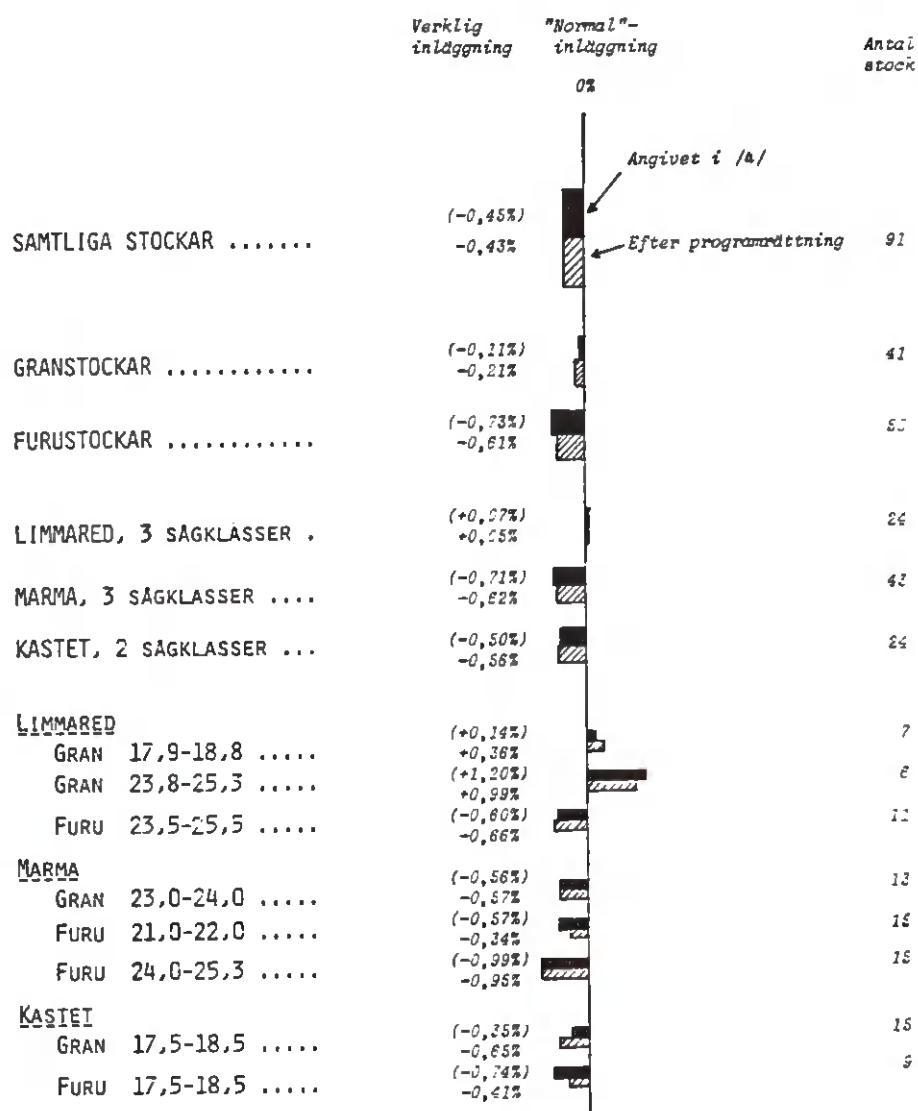
Det i /4/ redovisade utbytet vid "normal"-inläggningen var således i genomsnitt underskattat med 0,65 %. Att felet i första hand orsakat värdeförluster framgår också tydligt av figur 3.49 där histogrammet visar att ca 90 % av stockarna erhöill högre värden med den rättade OPTSAW-versionen. Felet har för ca 80 % av stockarna dock legat inom ± 1 %. Tre stockar har avvikelser över 3 % varav en stock hela 9 %. Dessa tre stockar ingick alla i Marmas klenare furuklass och var huvudorsaken till att denna klass fick den största värdeskillnaden (2 %). Även förutan dessa stockar synes dock kurvsågning i Marma ha varit drabbad i större utsträckning än vad som varit fallet Limmared och Kastet. Förändringen av volymsutbytet följer i stort förändringen av värdeutbytet vilket framgår av tabell 3.7 ovan.



Figur 3.49 Histogram över stockvis värdeförändring vid "normal"-inläggning efter rättning av programfel i OPTSAWs ursprungsversion.

b) Värderelationen Verklig inläggning - "Normalinläggning" efter programrättningen

I figur 3.50 visas värdedifferensen mellan simulerad verklig och "normal" inläggning före och efter korrigering av programfelet.



Figur 3.50 Värdeförändringar vid verklig positionering jämfört med "normal" positionering i första såg enligt tidigare redovisning i /4/ (fyllda staplar, siffror inom parentes) och resultat erhållna efter rättning av programfelet (streckade staplar).

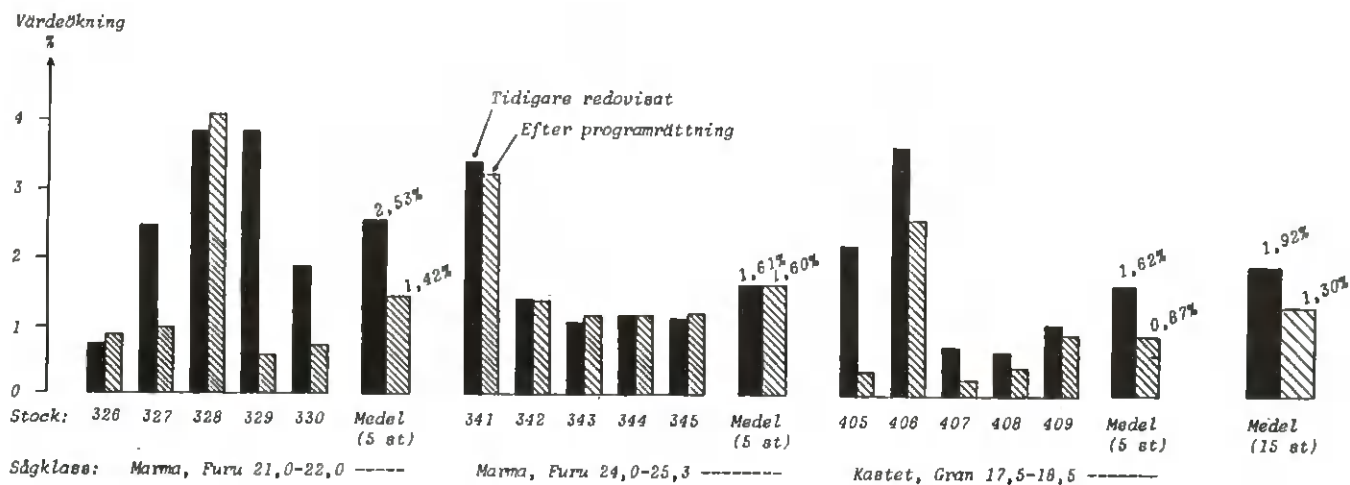
Av figur 3.50 kan konstateras att programfelet haft en blygsam inverkan på denna värderelation, både på totalsiffran och på relationerna mellan sågverken och trädslagen. För de enskilda sågklasserna har felet haft något större, dock ingen drastisk, inverkan på värderelationen.

c) Värdepotentialen för Optimerad stockpositionering efter programrättning

Värdepotentialen för optimerad stockinläggning beräknades i /4/ utifrån utbytesberäkningar för ett stort antal olika positioneringar (normalt 567 st) i första såg för var och en av de 99 stockarna. En fullständig utredning av programfelets effekt på optimeringsresultaten vore därför ett mycket tidsödande arbete och har därför måst undvikas. Följande resonemang och delstudie får därför belysa den aktuella frågeställningen.

Under avsnitt (a) ovan visades att de absoluta värdeutbytena vid "normal" inläggning genomgående hade drabbats negativt av det aktuella programfelet. I avsnitt (b) visades också att relationen verklig inläggning - "normal" inläggning totalt och sågverksvis endast marginellt påverkats av programfelet. Av detta drar man slutsatsen att programfelet haft en negativ inverkan på värdet som varit av samma storleksordning vid dessa båda inläggningar.

Vad som kan befaras är att en del av skillnaden mellan optimal och "normal" inläggning (Optimeringspotentialen) är föranledd av att optimeringen undvikit sådana positioneringar där det värdenegativa programfelet gjort sig gällande. En delstudie har därför utförts på samma 15 stockar som studerades i kapitlen 13 och 14 i /4/. För dessa stockar har kompletta optimeringar utförts med den rättade modellen. En jämförelse med de tidigare redovisade optimeringspotentialerna för dessa stockar görs i figur 3.51.



Figur 3.51 Diagram utvisande möjlig värdeökning vid optimerad jämfört med "normal" stockinläggning i första såg för 15 stockar. Fyllda staplar anger redovisade värdeökningar i /4/, streckade staplar anger värdeökningar efter rättning av programfelet.

Av diagrammet framgår att den tidigare angivna potentialen för optimering för dessa 15 stockar varit överskattad med 0,62 %, således en relativ förändring med 30 %.

Vår farhåga om att angivna potentialer varit något överskattade får alltså stöd av dessa resultat. Rättningen medförde också att optimeringen valde nya optimala lägen. En värdeberäkning av de förra optimala lägena i den rättade modellen gav följande värdeförbättringar gentemot "normal"-inläggningen: +1,12 %, +1,41 % och +0,66 %. Detta innebär att de tidigare lägena således hade givit värdeökningar på 75-90 % av de korrekta optima vilket visar att tidigare beräknade lägen fortfarande var mycket bra positioneringar.

3.5.3 Sammanfattning av programfelets inverkan på i /4/ redovisade resultat

Vår bedömning är att programfelet haft relativt begränsad påverkan på de resultat och slutsatser som redovisats i /4/. På grund av att felet negativt drabbat vissa inläggningslägen och inte andra så är den viktigaste effekten att programfelet i viss mån medfört att potentialerna för optimering överskattats i /4/. "Normalinläggningen" och den "Verkliga inläggningen" i /4/ har drabbats av programfelet medan optimeringen undvikit detta genom att välja den bästa av en mängd inläggningslägen. Optimeringspotentialens överskattning kan vara upp till 30 %, d v s den potential på 1,85 % som redovisats i /4/ skulle i stället kunna vara bara cirka 1,3 %.

3.6 Sammanfattning och diskussion

Tre provsågningar har utförts i Limmared, Marma respektive Kastet varvid modellutfall och verkligt utfall har jämförts. Graden av överensstämmelse mellan modell och verklighet betecknar vi modellens "validitet".

Man kan sammanfatta resultaten från de tre provsågningarna med att konstatera att validiteten är dålig i kvantitativa termer trots att det mänskliga ögat uppfattar att ämnesgeometriens överensstämmelse är god för de detaljmätta stockarna.

Nedan gör vi först en summering av möjliga orsaker till avvikelserna mellan modell och verklighet. Sedan diskuterar vi vilka faktorer som är mest troliga bidragsgivare till avvikelserna. Vi drar också slutsatser av denna analys beträffande ekonomiska potentialer och behovet av bättre kontroll över avslutande led i sönderdelningsprocessen. Slutligen konstaterar vi vad vi skulle ha kunnat göra bättre vid provsågningar av den typ vi utfört i detta projekt.

a. Summering av möjliga orsaker till avvikelse mellan modell och verklighet

Utan att här göra någon värdering kan vi räkna upp följande möjliga orsaker:

- Låg precision i uppmätningen av inläggningsläget (se metodbeskrivning i /4/).

Dubbhålscentrum är svårdefinierat. Vad man egentligen vill mäta är svarvcentrums läge relativt plankan. Eftersom ändytorna är ojämna (sneda, ruggiga) så är dubbhålet ingen ideal kon, vilket gör att svarvdubbens anläggning i hålet inte är exakt känd. Dubbhålet kan också ha borrats något snett. Parallax-fel kan dessutom uppstå vid mätning av dubbhålsbottens läge.

Fel vid uppmätning av inläggningsläge bedöms ha varit i storleksordningen 1-2 mm. Dock befaras fall med större fel förekomma (se t ex Kastets ena detaljmätta stock!).

- Kurvsågning där raksågning förutsätts (första såg och andra såg i Limmared och Kastet). Fel uppskattas till någon mm.
- Dåligt känd kurvsågning i andra såg i Marma.
- Stockmätningen kan ha kalibreringsfel och eventuella andra mätfel (dåligt kända). Fel 1 mm?
- Funktionsvariation i verkligheten hos kantverk.
- Variation i manuell bedömning av kapläge vid justering.
- Använda indata i modellen vad gäller vankantsregler, råmått och spårvidder överensstämmer ej med de som gäller i verkligheten.

b. Diskussion kring valideringsresultaten

Som konstaterats ovan så är validiteten dålig trots god överensstämmelse för ögat. Utfallet tycks vara mycket känsligt för små förändringar i förutsättningarna. (Se t ex den detaljmätta stocken 416 i Kastet, för vilken överensstämmelsen för ögat är mycket god men där ändå värdeskillnaden är 10 %!) För Limma-red, Marma och Kastet har vi spridningar på 4,7 %, 4,0 % respektive 3,7 % i virkesvärde mellan PROV och SIM medan inläggningsskillnaden är i storleksordningen 1-3 mm. Hur kan det stämma med att utfallet samtidigt inte är så känsligt för inläggningsändringar enligt kapitel 12 i /4/. Där konstaterades att en spridning på 2 mm gav en värdeförlust på 0,25 % i stockvärde relativt normalinläggningen och en spridning på 4 mm en värdeförlust på 0,5 % (1).

Observera att värden i SIM, KANT respektive PROV avser summa virkesvärde medan /4/ avser summa stockvärde, d v s värde från virke, flis och spån. Ifall vi antar att en förändring i virkesvärde bara beror på att virkesvolymen ändrats (och alltså inte färdigvarukvaliteterna), att flisvolymen minskar lika mycket som virkesvolymen ökar och att flispriset är 30 % av virkespriset så skulle spridningen i stockvärde vara ca 60 % av spridningen i virkesvärde (2).

Anmärkning (1): Enligt Bilaga 1, exempel 4 (sid 133) skulle 2 mm standardavvikelse ge en värdeförlust på 0,2 % och 4 mm en förlust på 0,7 % ifall värdeförlusten är "lugn", d v s stadigt kvadratisk ökande med felinläggning från centrerrläget. Den kvadratiske kurvan har då anpassats till simulerade data vad gäller parallellt inläggningsfel för summan av alla 99 stockar. Dessa procenttal stämmer väl med resultatet i kapitel 12 i /4/.

Anmärkning (2): Härledning

Anta att virkesvolymen ur en stock ökar med $\Delta V \text{ m}^3 f$. Då minskar enligt antagandet flisvolymen med samma $\Delta V \text{ m}^3 f$. Anta exempelvis ett virkespris på $1000 \text{ kr/m}^3(f)$, då blir ökningen i virkesvärde $1000 \cdot \Delta V \text{ kr}$. Antar vi ett flispris på $300 \text{ kr/m}^3 f$ så blir minskningen i flisvärdet $300 \cdot \Delta V \text{ kr}$. Ökningen i stockvärdet blir alltså $(1000 - 300) \cdot \Delta V \text{ kr} = 700 \cdot \Delta V \text{ kr}$, d v s 70 % av ökningen i virkesvärde. Eftersom spridningar (standardavvikelser) är bildade som roten ur en summa kvadrater så blir även stockvärdets spridning 70 % av virkesvärdets spridning. Övergår vi sedan till relativa spridningar, så får vi:

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_s}{V_s} &= \frac{0,7 \cdot \sigma_v}{V_v} \cdot \frac{V_v}{V_s} = \\ &= 0,7 \cdot \frac{V_v}{V_s} \cdot \frac{\sigma_v}{V_v} \approx 0,7 \cdot \frac{1}{1,23} \cdot \frac{\sigma_v}{V_v} = \\ &= 0,57 \cdot \frac{\sigma_v}{V_v} \quad \text{där} \quad \begin{aligned} V_s &= \text{stockmedelvärde} \\ V_v &= \text{virkesmedelvärde} \\ \sigma_s &= \text{spridning, stockvärde} \\ \sigma_v &= \text{spridning, virkesvärde} \end{aligned} \end{aligned}$$

Vi kan ställa upp några olika hypoteser för att förklara dessa till synes motsägelsefulla resultat:

Hypotes 1

Utfallet i verkligheten är känsligare för inläggningsändringar än vad OPTSAW-systemet är.

Ett skäl till detta skulle kunna vara att OPTSAW tar för stor hänsyn till små detaljer i ämnesegenskaperna. Detta skulle göra att dels utbytesnivån blir lägre, dels att mer övergripande geometriändringar, exempelvis de som föranleds av inläggningsändringar, får mindre genomslagskraft. Detta skulle bero på att de döljs i ett "brus" orsakat av hänsynstagande till smådetaljer i ämnena.

Nivåskillnad kan å andra sidan förklaras av olika vankantskrav vid PROV och SIM. Det är dessutom inte lätt att förstå hur övergripande geometriändringar skulle hindras att få genomslagskraft av ett brus. Man kan tänka sig att man får en viss minskad känslighet ifall utgångsläget (centreringsläget) har ett sämre utfall i modellen än i verkligheten beroende på utbytesförluster på grund av detaljer. Dock är det svårt att förstå att inte en generell ökning av t ex vankantsmängden på en centrumvara skulle drabba modellen lika hårt som verkligheten.

Hypotes 2

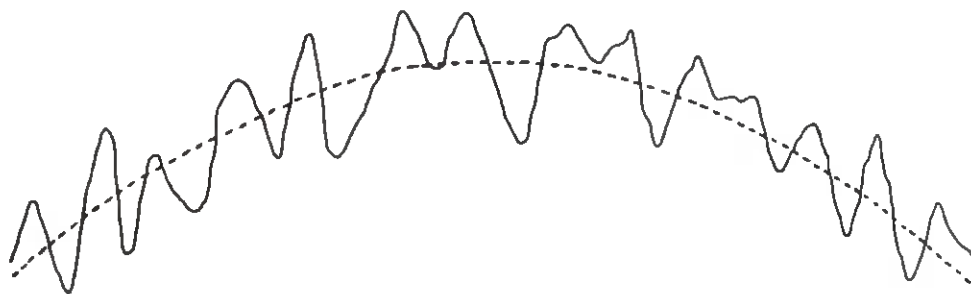
Den manuella justeringen samt övriga variabla förhållanden (förutom inläggningen) vid PROV ger en värdespridning i storleksordningen 3-4 % relativt de "konstanta" förhållanden som antagits i OPTSAW-systemet.

Redan mellan KANT och PROV är standardavvikelsen 2,0 % beräknat på virkesvärdet utgående från bilaga 2, d v s spridningen i manuell kapangivelse är relativt stor. Till detta ska läggas effekten av avvikelser i breddval i SIM och KANT, avvikelser i andra såg m m. Det är inte orimligt att en värdespridning upp mot de belopp som angivits i hypotesen föreligger.

Hypotes 3

Värdeförändringen som funktion av inläggningsförskjutningar har två komponenter:

- *En grovkomponent som innebär en måttlig värdeförändring med högsta värde vid centrering och avtagande värde vid förskjutningar av stocken till vänster eller höger.*
- *En finkomponent som ger relativt stora lokala värdeförändringar men som enbart har en utsträckning av de lokala "bergen" och "dalarna" på 1-2 mm. Observera att detta tvåkomponentsförhållande kan gälla både simuleringsmodellen och verkligheten men att framför allt finkomponentdelen kan tänkas variera olika för modell och verklighet. Vid jämförelse mellan SIM och PROV skulle man alltså få med effekter av finkomponenten från både modell och verklighet.*



Figur 3.52 Typexempel på stockvärde som funktion av inläggning där värdefunktionen har en "grov"- och en "finkomponent". Den streckade kurvan betecknar grovkomponenten. Finkomponenten utgörs av skillnaden mellan den heldragna och den streckade kurvan.

Jämför värdekartor i /4/, sidorna 100 och 135-136! Denna egenskap hos värdefunktionen "förklarar" både att värdet sjunker långsamt vid en spridning kring en centrerad inläggning och att vi får stora värdevariationer vid små ändringar av inläggningen för de enskilda stockarna. När vi beräknat förväntad värdeförlust vid spridning kring en centrerad inläggning så är

centreringen inte anpassad till de lokala topparna (finkomponenten i värdefunktionen). Slumpmässiga förskjutningar från dessa lägen kommer ibland att ge positiva värden från finkomponenten och ibland negativa. Summerat över alla stockar ger finkomponenten inget bidrag alls till värdet utan värdet följer "grovkomponenten", vilken sjunker relativt långsamt. För den enskilda stocken däremot kommer värdet att erhållas som summan av både grov- och finkomponentens bidrag. Eftersom finkomponenten uppvisar stor värdevariation inom ett litet förskjutningsområde så får man stor värdespridning vid måttlig spridning i inläggningen. Denna uppdelning i grov- och finkomponent är också förenlig med de resultat som erhållits i /4/ vad gäller spridningskänsligheten vid optimering. I detta fall placerar man sig aktivt på en av finkomponentens toppar för varje enskild stock, vilket gör att man alltid kommer att halka snabbt nedåt även vid små inläggningsändringar.

En värdespridning motsvarande den som konstaterats ovan mellan PROV och SIM förelåg också mellan verklig inläggning och "Normal"-inläggning i /4/. Där var inläggningskillnaderna större, bl a beroende på att även rotationsläget skilde. Resultatet blev större spridningar än de 0,7 % som skulle föräntas av värdefunktionens "kvadratiska avtagande" (enligt Bilaga 1 med 4 mm "parallellspridning") men dock ej så stora som de som erhållits vid jämförelse mellan PROV och SIM. Spridningen 4 mm är tagen som ett cirkavärde ur figurerna på sidorna 50-51 i /4/. Medelvärde av skillnaden mellan verklig och "Normal"-inläggning var -0,45 % och spridningen var 1,80 % (91 stockar), Limmared 2,04 % (24 stockar), Marma 1,73 % (43 stockar), Kastet 1,68 % (24 stockar). Motsvarande spridningar mellan verklig inläggning och en inläggning med samma rotation men med "Idealcentrering" (för definition: se /4/!) var för respektive verk: 1,66 %, 1,01 % och 1,74 %. Totalt för alla 91 stockar var spridningen 1,42 %.

Om vi nu antar att verkligheten också har en finkomponent, dvs att värdeutfallet skulle ha en spridning upp emot 1,5 % i stockvärde enbart beroende på små inläggningsändringar och att denna verklighetens och modellens variation i värdeutfall inte är korrelerade så skulle differensen uppvisa en variation på $\sqrt{2} \cdot \sigma \approx 2,1$ %. Omräknat till relativ spridning i virkesvärde skulle detta motsvara ca 3,5 %.

Observera att det är svårt (omöjligt) att verifiera dessa siffror i verkligheten. Det går inte att skapa exakt samma förutsättningar i den efterföljande bearbetningen för två stockar även om vi genom svarvning tillverkar två identiskt lika stockindivider och tillser att de sågas i första såg på ett styrt sätt med en liten inläggningsändring. Med nuvarande teknik för delningssågning och kantning och framför allt med manuell justering så kan man inte skilja effekten av den lilla geometriändring som den lilla inläggningsändringen gav från slumpmässigt uppträdande hos efterföljande operationer.

Hypoteserna 1-3: Sammanfattning och slutsatser

Vi går nu tillbaka till en jämförelse av de olika hypoteserna mot varandra. Observera att hypotes 1 är "aggressiv" mot modellen och leder till ett ifrågasättande av dess användbarhet medan hypoteserna 2 och 3 "försvarar" modellen. (Ett bejakande av hypoteserna 2-3 begränsar dock användningen av modellen, speciellt då hypotes 2.) Observera också att inga av hypoteserna är ömsesidigt uteslutande.

Vi fann ovan att redan det manuella avkapet gav en spridning i virkesvärde på 2 % relativt kantverkets kapangivelse. Det är inte orimligt att tro att hypotes 2 ger ett totalt bidrag på 3,0 %.

Vad gäller hypotes 3 uppskattade vi ovan finkomponent- och grovkomponentspridningarna till 2,1 % respektive under 0,5 % beräknat på stockvärde. Totalt ger detta cirka 2,1 %. En omräkning till virkesvärde skulle ge ca 3,5 %. Adderar vi spridningarna 3,0 (hypotes 2) och 3,5 % (hypotes 3) kvadratiskt (förutsätter att de är oberoende) får vi 4,6 %, d v s i nivå med spridningarna mellan PROV och SIM!

Det är inte möjligt att med det empiriska material vi har för handen testa hypotes 1. Ett sätt skulle vara att tillverka ett stort antal identiska stockindivider, provsåga dem och registrera inläggningsläge med stor precision samt utfall. Ett annat sätt skulle vara att arbeta vidare med modellförfining och validering enligt den metodik som använts i vårt projekt.

Om hypotes 2 är sann, i så måtto att den inneboende slumpmässigheten hos de operationer som ligger efter första såg uppgår till hela 3,0 %, så säger det två saker:

1. Det ligger en ekonomisk potential i att förbättra dessa operationer (delningssågning, kantning och justering).
2. Optimeringssträvanden i första såg hämmas av att efterföljande operationer inte är exakt definierade och kan sabotera ett gott utförande i första såg.

Bägge dessa punkter pekar på önskvärdheten av insatser vad gäller teknik- och metodutveckling i efterföljande operationer innan inläggningen kan totaloptimeras i första såg.

c. Konstaterade brister vid utförda provsågningar och rekommendationer inför framtida liknande prov

- Inläggningsmätningen bör vara bättre utförd.

Kryssmarkering bör göras av svarvdubbens placering i stockändarna. Detta bör utföras när stocken sitter inspänd i svarven vid inmätningen av stockarna /2/.

Mätskiva bör utvecklas för avläsning av markeringar i plankändarna.

- Total säkerhet bör råda vad gäller den position i posten som varje bit kommer från. Nu fanns ibland misstanken att exempelvis höger och vänster sidobräda förväxlats. Förekomsten av en sådan misstanke hämmar tolkningen av resultaten. Någon form av dubbelkontroll borde ha utförts av detta, antingen manuell eller t ex via filmning.
- Blockytemätning /8/ borde ha utförts på alla stockar.
- Två detaljmätta stockutfall borde ha förelegat från varje provsågningstillfälle (en detaljmätt stock missades i Limmared p g a att den kördes sönder i delningssågen). De detaljmätta stockarna ger bl a en kontroll av bitpositionerna.

4. JÄMFÖRELSE MED ANDRA FORSKARES RESULTAT

Den typ av undersökning av validiteten hos en modell som genomförts i den här rapporten är tyvärr inte så vanlig. Av de tre modeller som behandlats av olika författare och som kommenteras i detta kapitel finns det för bara en av dem en mindre undersökning av överensstämmelsen mellan modell och verklighet dokumenterad i referens /14/. Av detta skäl måste detta kapitel i stället koncentreras på resultatens rimlighet, eller snarare resultatens överensstämmelse mellan olika forskare.

Jämförelser kan göras mellan OPTSAW och två typer av modeller:

- a. Jämförelser med modeller med förenklad stockbeskrivning (konventionella simuleringsmodeller).

Det finns ett antal sådana modeller:

- SAWREC (/6/, används av Iräteks Industriservicegrupp)
- "STFI-modellen" (/9/)
- BEST-OPENING-FACE-modeller (/10/)

Av dessa har vi tillgång till jämförande material från SAWREC (beskrivet i /1/, /3/, /15/, /13/) och "STFI-modellen" (beskrivet i /16/).

- b. Jämförelser med modeller med "verkliga stockar", d v s stockar som har icke-cirkulära och icke-elliptiska tvärsnitt.

Inom den klassen finns bara en modell förutom OPTSAW som är känd av oss (SIMSAW, Houtim, Sydafrika /11/).

Inläggningseffekter kan anges i form av utbyteshöjningar i absoluta procentenheter eller som värdehöjningar. Dessa båda storheter är inte alltid kopplade, d v s en utbytesökning kan uppstå utan att en värdeökning föreligger eftersom kvaliteten kan sjunka beroende på bl a vranker. Om detta inte är fallet utan all värdeökning beror på utbytesökning så gäller följande samband i ett normalfall (för enkelhets skull ett sågverk med en produktion av 100.000 m³ sågad vara).

		Volym	Värde	Utbyte
Före åtgärd	Virke	100.000	100 milj	50 %
	Flis	70.000	21 milj	
	Spån	20.000	2 milj	
	Stockintäkt		<u>123 milj</u>	
Efter åtgärd	Virke	102.000	102 milj	51 %
	Flis	68.000	20,4 milj	
	Spån	20.000	2 milj	
	Stockintäkt		<u>124,4 milj</u>	
Ökning	Virke Stockintäkt	2 %	1,01 %	1 %

Anmärkningar:

1. För enkelhets skull har priserna 1.000 kr, 300 kr och 100 kr per m³sv, m³f använts för sågfallande vara, flis respektive spån antagits.
2. All virkesökning antas motsvaras av samma volym flisminskning i fast mått (inte exakt sant).

Tumregel:

En procent relativ värdeökning (intäktsökning från stocken) motsvarar ungefär en procentenhets utbytesökning!

4.1 Tidigare publicerade resultat

Nedan går vi igenom utsagor från några referenser och jämför med OPTSAW-resultat. Endast de utsagor i referenserna som är av intresse i valideringssammanhanget diskuteras här. Både resultat av OPTSAW-arbetet i innevarande valideringsrapport och i /4/ diskuteras.

(Observera att referenserna /1/, /3/, /15/, /13/ redovisar resultat i form av utbyten medan /4/ redovisar resultat av inläggningsändringar i form av relativa värdeökningar. Som visas ovan motsvarar dock 1 procentenhet ökat m³f-utbyte cirka 1 % relativ värdeökning. Detta gör att siffrorna direkt kan jämföras när utbytens omräknats till fastvolymbaserat i stället för toppvolymbaserat.)

/1/ Asplund, T: Inläggningsnoggrannhetens inverkan på volymsutbytet - en teoretisk analys

Utsagor:

1. Det teoretiskt optimala utbytet (toppcylindermätt) ligger mellan 62 och 68 % beroende på postning och diameter för stockar med toppdiametrar mellan 175 och 185 mm. (Figurer sid 7.)

2. Per mm inläggningsfel görs en förlust om 2-3 % utbyte, toppcylinder-mätt, vid optimal diameter. (Utsaga sid 22.) Omräknat till fastvolym-baserat utbyte motsvarar detta 1,6 - 2,4 %.
3. Bästa diameter för postning med 50x125 vid perfekt inläggning är 166 mm. (Utsaga om Postning II, sid 6.)

Jämförelser med OPTSAW-resultat (punkternas nummer motsvarar Asplunds ut-sagas nummer):

1. Ifall man antar att avsmalningen inte har förändrats när toppdiametern har varierats för idealstocken i /1/, så kommer toppformtalet i dia-meterintervallet 175-185 mm att ligga mellan 1,246 (175 mm) och 1,232 (185 mm). Postning II i /1/ har ett toppcylinderutbyte på 65-68 % i intervallet 175-185 mm. Detta motsvarar fastvolymutbytesintervallet 52,8 - 54,6 %. Vi jämför med stockarna från Kastet i /4/ som är sågade i klassen 175-185 mm med postning 50 x 125 i centrum och 16 mm sido-bräder (19 mm i /1/, postning II). Enligt ovan, sid 45, är simulerat verkligt utbyte för 23 stockar i Kastet 51,5 % och provsågningsresultat 53,2 %. OPTSAW-utbytet ligger alltså under utbytet enligt /1/ medan provsågningsresultatet ligger i nivå med /1/.
2. Denna utsaga tagen som ett generellt påstående motsägs helt av resultat ur OPTSAW-utredningen (/4/)! I /4/, sid 51, redovisas uppmätta inläggningsskillnader mellan verklig inläggning och en idealcentrering (vid verkligt rotationsläge). Där redovisas både systematiska fel (medelvärdesfel) och spridningar samt både parallellfel och vridfel. I /1/ har bara parallellfel undersökts. Den spridningsbild som redovisas i /4/, sid 51, ger dock en utbytesdifferens på 0,3 % fastvolymbaserat (91 stockar) och en värdedifferens på 0,4 %. Ser vi bara på resultaten från Kastet där vi har ett klart systematiskt parallellfel större än 2 mm har vi en utbytesdifferens på 0,1 % och en värdedifferens på 0,5 %. Dessutom har vi en spridningsbild i Kastet som borde ha bidragit till utbytesdifferenser i absolut ökning av procentenheter och värdedifferenser i relativ ökning.

Låt oss dock analysera vad som egentligen redovisas i /1/ och gå bakom de spektakulära uttalandena på sid 22 och i den inledande sammanfattningen. Figur 3, sid 8, visar att postning I sjunker i utbyte från cirka 69 % till cirka 54 % vid diametern 149 mm vid ökning av inläggningsfelet från 0 till 5 mm. I figur 4 där felet ökats till 10 mm sjunker utbytet ytterligare ned till 38 %. Per mm motsvarar detta 3,0 procentenheter i intervallet 0-5 mm. Motsvarande resultat för postning II för diametern 170 mm är att utbytena löper i serie 69, 60, 52 % (figurer 11 och 12, sid 12). Per mm motsvarar detta 1,8 respektive 1,6 procentenheter.

En närmare studie av diagrammen i figurer 3, 4, 11 och 12 gör uppenbart att den utbytesvinst man gör vid en förbättrad inläggning är mycket känslig för den diameter som den aktuella stocken har. Detta är ett resultat som vi känner igen från /4/. De diametrar som valts av Asplund för att illustrera utbytesökningen vid en förbättrad inläggning är de som i princip ger den högsta ökningen! Skulle diametern vara 10 mm större skulle en minskning av inläggningsfelet från 5 till 0 mm enligt figurerna 3 och 11 ge bara cirka 1 % respektive 0 % ut-

bytesökning! Dessa resultat är i nivå med de som sammanfattats ur /4/ ovan. Men, kan man invända, man kan ju anpassa timmersorteringen så att diametern blir den optimala. Svaret på den invändningen är att anpassningen i så fall också bör göras till den inläggningsprecision man har i sågningen.

Studerar vi återigen figur 3 i /1/ så ser vi att ett inläggningsfel på 0 mm ger en optimal diameter på 149 mm men ett inläggningsfel på 5 mm en optimal diameter på 157 mm. Utbytesdifferensen däremellan utgör bara cirka 1 %. Med andra ord, ifall man har ett inläggningsfel på 5 mm så ska man absolut inte posta så att en 149 mm stock faller ned till ett utbyte på 54 %. Därmed kommer heller inte utbytesförlusten att bli 3 % per mm inläggningsfel. En annan invändning mot det sätt att läsa diagram som görs i /1/ är att så länge man grupp sorterar stockar i diameterintervall så kan man inte välja den absolut bästa postningen för den aktuella stocken. Därmed minskar också känsligheten för inläggningsfel eftersom denna är störst vid optimal anpassning av stocken till postningen.

3. Det begränsade materialet om 5 stockar i /4/, sid 107 (figur 13.3) visar att utbytet höjs för Kastet-stockarna om medeldiametern sänks 12 mm från 181 till 169 mm. Möjligtvis skulle det stiga ytterligare ifall klenare diametrar provades. Samma figur visar dock att värdeutfallet vid centrerad inläggning stiger enbart ned till en diameterminskning om 8 mm (vilket motsvarar 173 mm medeldiameter)! Det är inte alltid som optimerat utbyte innebär optimerat värde. Vi kan alltså konstatera att de utbytesmässiga optima med avseende på diameter inte väsentligt avviker mellan /1/ och /4/ för 50 x 125. Däremot är 166 mm inte ett värdemässigt optimum enligt /4/!

Sammanfattning av jämförelser med /1/:

Den i /1/ påtalade utbytesvinsten vid förbättrad inläggning om 2-3 % per mm inläggningsfel är resultat av ett grovt missvisande sätt att tolka de grundresultat som presenteras i /1/.

Grundresultaten i /1/ stämmer relativt väl med resultaten i /4/.

/3/ Asplund, I, Sederholm, J: Volymutbytetets påverkan av krok, sortering och inläggning

Rapporten har karaktär av exempelsamling där tyngdpunkten ligger på studier av timmersortering mot postning. På sid 33 finns dock resultat från halvering av de inläggningsfel som uppmätts i de 8 partier som redovisas i rapporten. Felen har halverats samtidigt i både kant- och delningssåg. Denna halvering ger utbytesökningar på mellan 1,5 och 7,3 procentenheter.

Rapporten innehåller även en känslighetsanalys i bilaga 5, där bl a effekten av inläggningsfel i första såg exemplifieras. Denna presentation är baserad på samma typ av diagram som används i /1/.

Jämförelser med OPTSAW-resultat:

Det är svårt att göra en renodlad jämförelse med OPTSAW-resultaten eftersom /3/ inte redovisar effekter av inläggningsförbättringar separat i första såg utan som en summerad effekt av inläggningsfel i både första och andra såg. En sådan halvering av inläggningsfelen som görs i /3/, men dock enbart för första såg, på ett helt parti stockar, utgör annars en bättre metod att utreda utbyteseffekten vid inläggningsändringar än de enstocksstudier som gjorts i /1/. Här kan bara konstateras att de ökningarna på mellan 1,5 och 7,3 enheter som konstateras i /3/ från OPTSAW-perspektiv synes vara mycket stora.

Det kan här finnas skäl att diskutera några allmänna iakttagelser samt metodik vid utredningar av effekten av inläggningsfel i sågar. I /1/ och i /3/, bilaga 5, har diagram som beskriver sambandet mellan toppdiameter och utbyte vid olika inläggningsnivåer presenterats. Dessa visar simulerade effekter för en enskild stock. I alla presenterade diagram finns den gemensamma företeelsen att utbytet sjunker betydligt snabbare på den klena än på den grova sidan om optimal diameter.

En annan iakttagelse är att en felinläggning i första såg ger den huvudsakliga effekten att utbyteskurvan förskjuts åt höger, d v s att optimal diameter blir större. Det optimala utbytet blir också lägre. Förenklat kan sägas att kurvan förskjuts utefter sin högra flank. Formen, d v s lutningen i olika avsnitt av kurvan, påverkas inte nämnvärt.

Vid en ändring av inläggningsnivån (medelfel och precision) måste det bästa beteendet vara att anpassa sin sortering efter den nya situationen. Eftersom utbyteskurvorna förskjuts mot grövre diameter så bör även sorteringen förskjutas. Med tanke på att kurvorna sjunker brant till vänster om sin maxpunkt så kan man förmoda att optimalt beteende är att i stort sett låta sorteringen förskjutas lika mycket uppåt som den optimala diametern stiger.

Eftersom vi ovan konstaterade att ett inläggningsfel grovt sett innebar en förskjutning av kurvan längs sin högra flank så motsvarar, efter anpassning av sorteringen, känsligheten av inläggningsfelet lutningen av utbyteskurvan längs dess högra, flacka flank.

Förskjutningen i mm diameter motsvarar dock inte inläggningsfelet i mm. Uppskattat ur de 6 exempel som totalt finns i /1/ (figurer 3, 4, 11 och 12) och /3/ (bilaga 5) så verkar 1 mm inläggningsfel i första såg motsvara cirka 1,5 mm diameterförskjutning. Detta konstateras också på sid 22 i /1/ och kan förstås som den diameterökning som behövs för att fortfarande hålla en inskriven kvadrat inom en cirkel efter en sidoförskjutning av kvadraten relativt cirkelns centrum ($1,5 \approx \sqrt{2}$). Lutningen i medeltal för samma 6 exempel i /1/ hos den högra flanken är cirka 0,3 procentenheter utbyte per mm diameter. En mm inläggningsfel skulle alltså medföra cirka 0,5 procentenheters utbytesförlust.

Eftersom man emellertid alltid har ett visst diameterintervall och en viss mätspridning i sin sortering så borde en bättre metod för att analysera dessa effekter vara att inkludera diameterspridningen vid framställningen av utbyteskurvorna. Den typ av diagram som exemplifieras av "Diagram 2" i /3/ vore lämpliga att arbeta med fast med inläggnings-spridning i stället

för diameterspridning (vilket studerats i /3/). Därur skulle man direkt kunna läsa ut ny bästa medeldiameter i aktuell sorteringsklass efter ändrad inläggning liksom nytt utbyte.

Det faktum att man har en diameterspridning, med "svansar" utanför nominella klassgränser, kan föranleda att det inte är optimalt att förskjuta sorteringen uppåt lika mycket som "enstockskurvans" maxpunkt förskjuts. Man skulle eventuellt kunna tillåta att ett fåtal stockar faller nedför kurvans vänstra branta flank för att undvika att flertalet stockar inte uppvisar en utbytesförlust på grund av förskjutning längs den högra flacka flanken.

I det fall att inläggningsändringen inte ger någon som helst formförändring av utbyteskurvan utan bara en förskjutning åt höger och nedåt så gäller dock med matematisk exakthet att utbyteseffekten, förutsatt optimal anpassning av sorteringen, motsvaras av den högra flankens lutning. I det fallet kan effekten också läsas av som maxpunktens minskade utbyte.

/15/ Sederholm, J, Hägerdal, H, Ivarsson, I: Erfarenheter av inläggningsmätningar

Rapporten visar några exempel på inläggningsituationer, orsaker, åtgärder och allmänna praktiska erfarenheter.

Exempel på inläggningar i första såg:

Figurerna 1 och 2 (sidor 6 och 8) samt figurerna 5 och 6 (sidorna 14 och 15).

Jämförelser med OPTSAW-studier:

En jämförelse mellan /4/, sid 51, och inläggningsdiagrammen i /15/ visar att den inläggningsituation som rått vid de provsågningar som ligger till grund för /4/ ligger i nivå med de exempel som redovisats i /15/. Vi antar att exemplen i /15/ är relativt representativa. Efter injusteringar (figurer 2 och 6 i /15/) är de systematiska felen mindre i dessa linjer än de som rått vid proven enligt /4/.

En motsvarande jämförelse mellan /4/, sid 51, och de exempel på inläggningsdiagram från 8 st första sågar i /3/ visar inte heller den att /4/ provsågningssituation vad gäller sidoinläggning skulle vara speciellt gynnsam.

/13/ Sederholm, J: Optimerat sågutbyte förutsätter noggrann mätning och många kontroller

Avhandlingen sammanfattar bl a tidigare publicerade rapporter.

Utsagor:

1. Sågning vid sidan av mittlinjen (sid 7-8):

".....5 mm inläggningsfel i både kant- och delningssåg innebär upp till 5 % utbytessänkning....."

2. Rotation (sid 8):

"Stocken bör vridas så att inläggningsfel från krok kommer längs någon sågriktning. ... En delning av kroken i två olika sågriktningar rekommenderas ej."

Detta finns senare förtydligt på sid 20 där bl a motiven anges att "Man önskar ofta en så stor bredd som möjligt..." (på centrumvarorna) samt att förekomst av kurvsågning i andra såg (och förbud mot densamma i första såg) motiverar att maximal krok förläggs till andra såg.

Jämförelser med OPTSAW-resultat:

1. Detta uttalande baseras på exempel och inte på någon fullständig analys. Se vidare våra kommentarer ovan till de resultat som presenterats i /1/ och /3/.
2. I /4/ har visats att ett teoretiskt optimalt förfarande ofta är att göra tvärtom, d v s att låta rotationen avvika från "krok upp" eller "krok ned"! (Se /4/, sid 41.) Exempelen i /4/, sidorna 129-131, visar att det inte heller är optimalt att låta kroken vara parallell med den andra sågriktningen vid fyrsågning, d v s vara roterad 90 grader åt ena eller andra hållet i första såg. Vi förmodar dock att uttalandet om bästa rotationsläge som görs i /13/ inte avser teoretiskt optimum utan en kombination av utbyteshänsyn och praktisk genomförbarhet. Med manuell rotationsbedömning och även med en viss automatik är det praktiskt svårt att genomföra annat än en vertikalläggning av kroken i första såg. Dessutom avser antagligen uttalandet i /13/ inte de stockar som i praktiken ses som raka men som vid en noggrann uppmätning visar sig ha en krok under 10 mm. För denna klass "raka" stockar är antagligen lika ofta hänsyn till andra geometriska egenskaper än krok påkallade.

Det önskemål om största möjliga bredd för centrumvara, vilket antagligen (även om det inte är uttalat i /13/) är ett kvalitetshänsyn, samt kurvsågning i andra såg som anförts i /13/ talar givetvis för att "krokiga stockar" (båge över 10 mm) läggs med krok vertikalt i första såg. Dock kan det givetvis förekomma fall då en delning av en mycket stor krok på första och andra såg är motiverad. Exempelstocken 403 i /4/, sidorna 81-89, utgör ett sådant fall.

/16/ Styrén, P: Apteringsåtgärders inverkan på egenskaper hos sågad vara

En jämförelse görs mellan simuleringsmodellens /9/ resultat och en provsågning. Jämförelse görs av stycktals- och längdfördelningar, medellängder och utbyten. Dessutom redovisas en avkapsundersökning på 631 centrumplankor med en uppdelning i avkapsorsaker.

Resultat ur /16/:

1. Utbytet baserat på mittmätt stockvolym var i provsågningen 53 % och i simulatören 50 %. Medellängden var för centrumvaran i provsågningen 445 cm och i simulatören 431 cm.

2. Avkapsundersökningen visade ett medelavkap på 23,6 cm. Enligt /14/ var normalt avkap enligt driftsstatistik ungefär det dubbla, d v s vid provsituationen blev avkapen mindre än normalt. "De alltför korta avkapen svarar därmed för huvuddelen av de skiljaktigheter beträffande utbytesvolym som uppstod mellan sönderdelningsmodellen och provsågningen." Vankant utgjorde 21,4 % av orsakerna till avkap. Vankantsavkapet var i medeltal 69,3 cm långt inom den andel av centrumpartiet som drabbades av vankantsavkap. Utslaget på alla centrumplankorna motsvarar detta 5,1 cm per bit eller 1,1 % av längden.

Jämförelser med OPTSAW-resultat:

1. Samma situation som konstaterats i innevarande rapport, kapitel 3, att provsågningen uppvisar ett högre utbyte än simuleringen, föreligger i /16/.
2. Ifall den iakttagelse som gjorts i /16/ om underskattning vid manuell bedömning av avkap vid provsågningen även kan överflyttas till den provsågning som redovisats i kapitel 3 ovan, så kan vi förklara att PROV givit högre utbyte än SIM. Storleksordningen 3 % gäller även här.

/11/ Mueller, P H, Singmin, M: An Evaluation of the Use of Real Logs in Studies of Simulated Log Sawing

Författarna är respektive:

Mueller: Acme Sawmills, Sydafrika

Singmin: National Timber Research Institute, Sydafrika

Föredraget redovisar den av oss, förutom OPTSAW, enda kända tillämpningen av simuleringsteknik på "verkliga", d v s med hög upplösning beskrivna, stockar. Från OPTSAW-sammanhang välkända satser uttalas (i översättning):

- "...Det är enklare att skapa en representativ stockbank genom att mäta verkliga stockar än genom att försöka återge den vida bredden av stockegenskaper i form av en eller flera idealiserade stockar."
- "Resultat erhållna från verkliga stockar har också större trovärdighet hos linje-personal och ledning."
- "Uttrycken krok upp, parallell med stockens längsriktning, centrering och tapersågning tenderar att förlora sin exakta betydelse i vetenskaplig mening när man behandlar verkliga stockar."

Föredraget innehåller exempel på effekter av rotations- respektive vridningsoptimering (enligt definitionerna i /4/). 5 rotationslägen (0, ± 5 och ± 10 grader) samt 11 vridlägen (0, $\pm 0,1$, $\pm 0,2$, $\pm 0,3$, $\pm 0,4$ och $\pm 0,5$ grader) simulerades (totalt 55 lägen). Bland resultaten noterades:

- "Bara i sällsynta fall visade sig den subjektivt bedömda positionen vara den bästa."
- "Den bästa positionen för en given stock för en postning är inte nödvändigtvis den bästa för en annan postning."

- "Generellt sett är utbytet mindre känsligt för små variationer i rotationsled än i vridled."
- Det är mycket svårt att relatera den bästa positionen till sådana begrepp som tapersågning, centrering eller krok upp på grund av de varierande resultaten och den oregelbundna formen av stockarna."

I föredraget finns exempel från två stockar på effekten av optimering i första såg (val av bästa rotations- och vridlägen). Den absoluta utbytesökningen från ett (0,0)-läge var cirka 1,8 % respektive 1,0 % för de två stockarna.

Jämförelser med OPTSAW-resultat:

- De allmänna resultat som redovisas verbalt stämmer väl med motsvarande från OPTSAW.
- De två exemplen på resultat av "optimering" vid stockinläggning visar utbytesvinster i nivå med de som erhållits med OPTSAW enligt /4/.

4.2 Sammanfattning

Dokumenterade undersökningar av sågmodellens validitet är tyvärr sällsynta. Den enda vi hittat är /16/. Denna uppvisar samma resultat som OPTSAW-valideringen, nämligen att provsågningen ger högre utbyte än simuleringen. I studien /16/ berodde detta på att mindre avkap än normalt gjordes vid provsågningen. Överensstämmelsen mellan de två studierna kan bero på en tillfällighet, vilket gör att man inte ska dra några säkra slutsatser av denna.

Då den direkta modellvaliditeten inte är dokumenterad återstår att jämföra modellresultaten vid ett specifikt problem. Vi jämför därför potentialer vid stockinläggning enligt /4/ och enligt /1/, /3/, /15/, /13/ och /10/. Referenserna /1/, /3/, /15/ och /13/ avser resultat med modellen enligt /6/, vad gäller centrerad inläggning. Ser man bakom de spektakulära uttalandena så finner man att resultaten i /1/, /3/, /15/ och /13/ stämmer väl med OPTSAW-resultaten i /4/. Förutsättningen är då att diametersorteringen inte väljs fel, d v s att diametersorteringen görs "optimalt". Då orsakar en måttlig spridning i inläggningen en utbytesförlust på 0-1 procentenheter (m^3f).

Referens /11/ behandlar resultat ur den av oss enda kända modellen med "verkliga" stockar förutom OPTSAW. Studien avser potentialer vid optimerad inläggning, men är dock mycket begränsad. Potentialer på 1,0 respektive 1,8 % för två stockar har konstaterats, vilket ligger helt i nivå med /4/.

Ingen av de referenser vi studerat vederlägger alltså /4/, vilket är viktigt att notera då de potentialer som redovisats i /4/ har påståtts vara (för) låga.

En teori, som gör de relativt låga potentialerna för bättre inläggning mer förståeliga, är att optimal diametersortering innebär att utrymme lämnas för sidbräderna i postningen. Därmed får centrumvarorna så stor plats att stocken blir mindre känslig för inläggningsfel. Vid en felinläggning kan

en förlust av sidovara ibland undvikas genom att en mindre bredd väljs vid kantningen. En tappad eller kapad sidobräda betyder dessutom mindre för stockens utbyte än motsvarande förlust för en centrumplanka.

I en annan kalkylsituation än det färdiginvesterade sågverkets, där sidobräder skulle kunna belastas med särkostnader motsvarande exempelvis investeringskostnader för ett justerverk, kan resultatet bli ett annat. I ett sådant fall kanske sidobräder inte ska tas ut i full utsträckning. Därmed skulle stockdiametern mer behöva anpassas till centrumvaran vilket skulle medföra en ökad inläggningskänslighet.

Andra postningssätt än fyrsågning kan också tänkas förstärka inläggningskänsligheten.

5. IDEALISERAD KONTRA VERKLIG STOCKFORM, EN JÄMFÖRANDE STUDIE

5.1 Inledning

I detta kapitel studeras effekten av olika ansatser beträffande stockbeskrivningen på simulerade utbytesnivåer och utbytesjämförelser mellan olika stockpositioneringar.

Den mest detaljerade stockbeskrivning vi har tillgång till är den geometriska information som föreligger för de 99 stockar som "svarvmätts" enligt /2/. Vi använder därför även begreppet "verkliga" stockar för att beteckna på detta sätt noggrant beskrivna stockar.

Med "idealiserad" stockform avses en stockform som bygger på ett fåtal tillgängliga geometriska mätdata från den ursprungliga stocken, såsom längd, diameter, avsmalning och båghöjd. Utifrån denna begränsade information måste vissa antaganden göras för att återskapa en helhetsbild av stocken vilket är nödvändigt för en geometrisk utbytesberäkning.

Sådana antaganden är t ex:

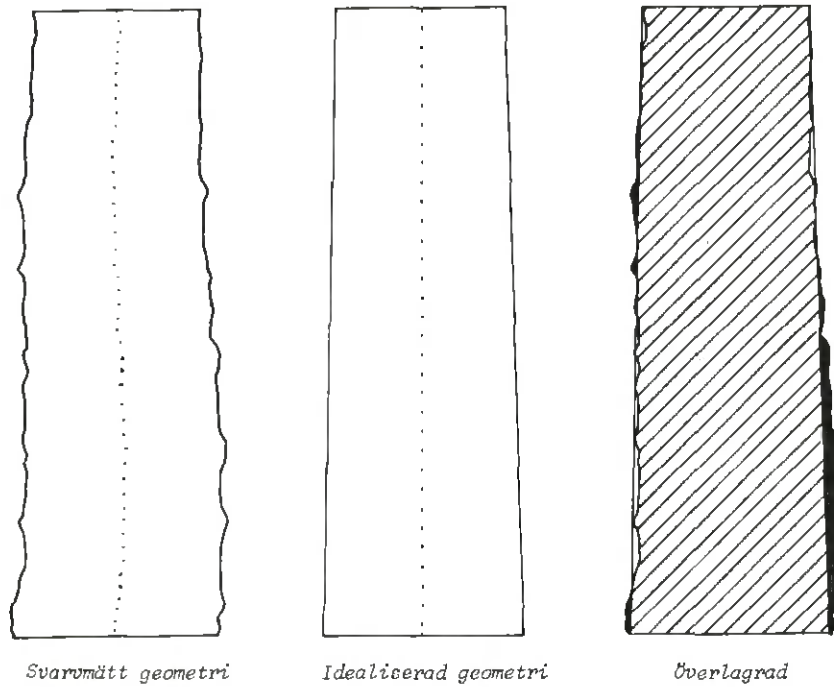
- Alla tvärsnitt längs stocken är cirkulärt runda.
- Avsmalningen är konstant längs hela stocken (diametern ökar från topp mot rot med samma belopp per längsenhet).
- Stockens form (krok) i längsled kan beskrivas med en cirkelbåge där största avvikelserna mellan stockens mittlinje och en rät längsaxel genom stockmitt i topp och rot är belägen på halva stocklängden.

Denna typ av antaganden ligger vanligen bakom de sågsimuleringsmodeller som utbjuds kommersiellt och som används för utbytesberäkningar och planeringsändamål. (Modellerna kan i och för sig tillåta mer sofistikerade former som exempelvis elliptiska tvärsnitt o s v. För en sådan sofistikerad saknas dock i praktiska sammanhang entydiga och vedertagna begrepp för de indata som krävs, varför vi begränsat oss till de ovanstående och allmänt vedertagna stockdata.)

Exempel på effekter av idealisering för 2 stockar

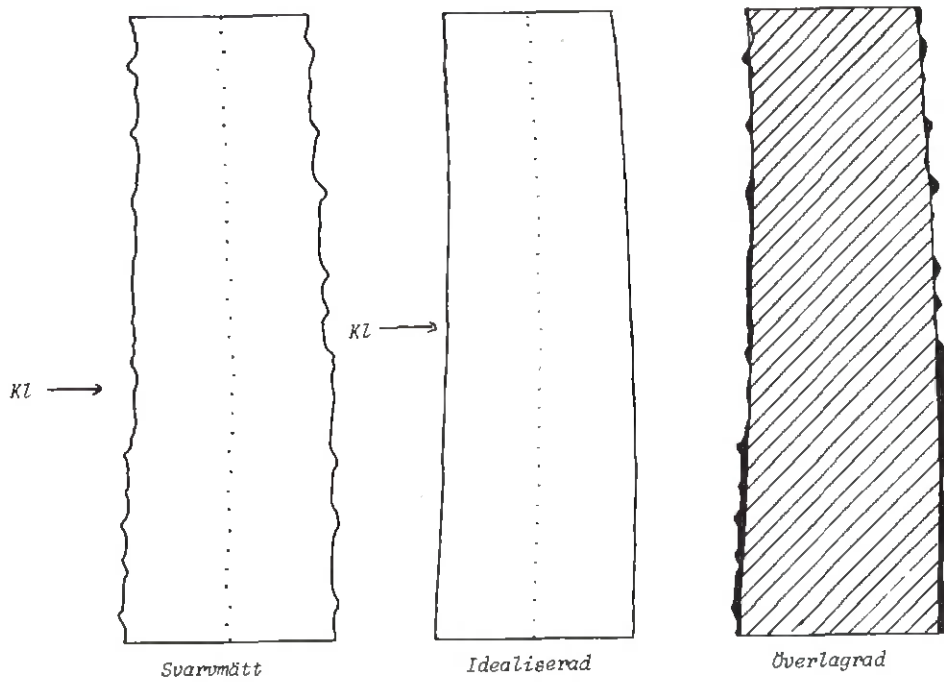
I figur 5.1 - 5.4 visas projektionerna av 2 stockar (103 och 416) dels utifrån geometrisk information från svarvmätningen, dels efter en idealisering utifrån ovan nämnda stockdata. Dessutom visas hur dessa geometrier överensstämmer i den överlagrade bilden. Figur 5.1 och 5.3 visar stockarna sedda vinkelrätt mot stockens krokplan, med andra ord stocken sedd uppfån i första såg då stocken roterats med största kroken uppåt. Figurerna 5.2 och 5.4 visar stocken på motsvarande sätt från sidan.

Anm: Stockarna 103 och 416 detaljstuderades i samband med valideringsstudierna (se avsnitt 3.2.4 och 3.4.5 i denna rapport).



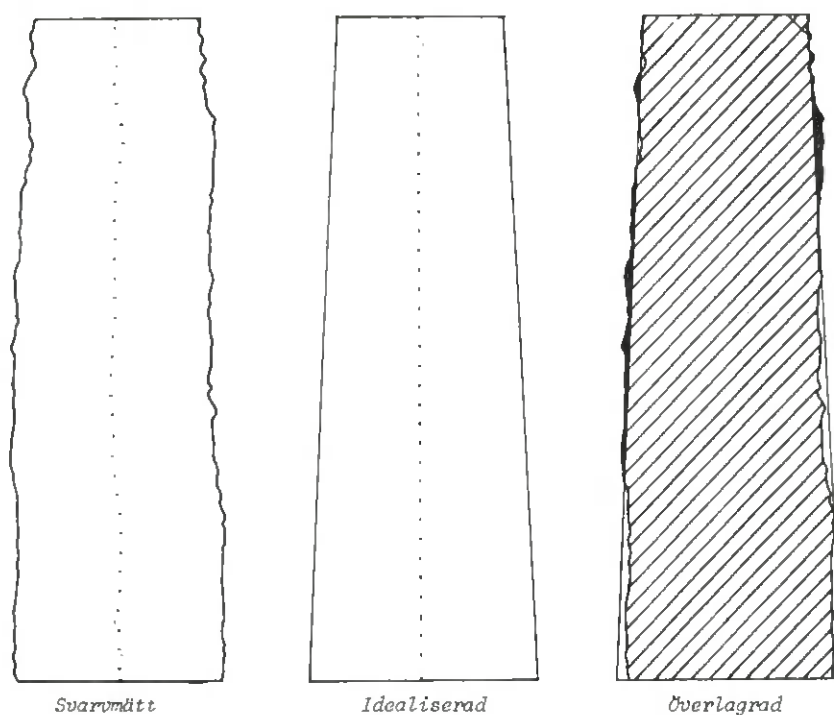
Figur 5.1 Svarvmätt - och idealiserad stockgeometri projicerad i planet vinkelrätt mot stockens krokplan, stock 103. Idealiseringen utförd enligt definitionerna i kapitel 18 i /4/.

I figur 5.1 kan man konstatera att den svarvmätta geometrin förutom variation i mantelytans form även har en svagt S-formad böj (krok) i längsriktningen. Den idealiserade stocken är helt symmetrisk på ömse sidor om den rätta mittlinjen i denna projektion.



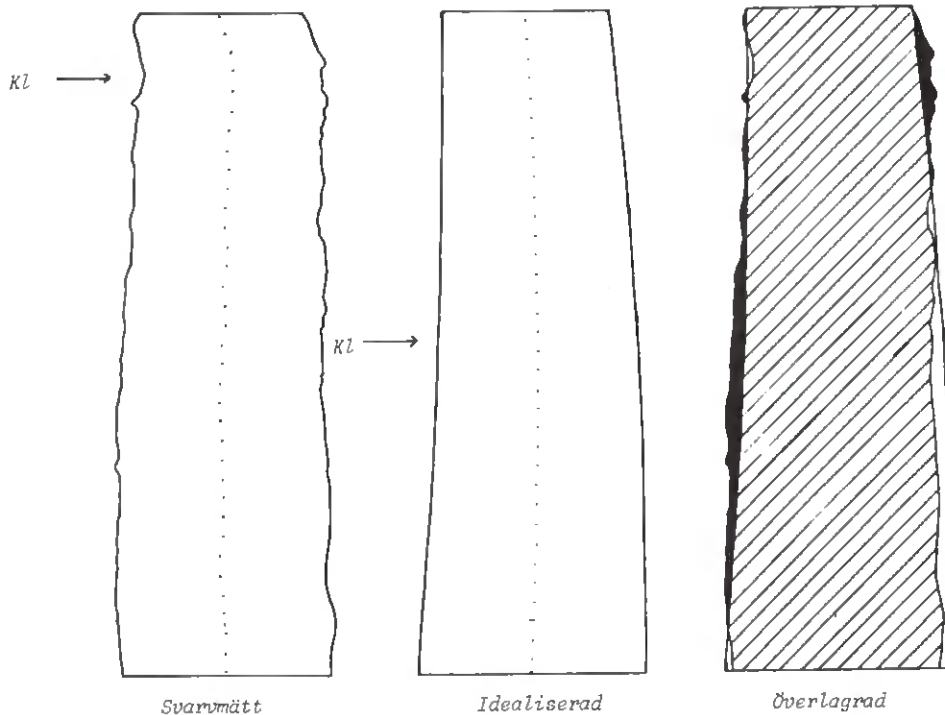
Figur 5.2 Svarvmätt - och idealiserad stockgeometri projicerad i stockens krokplan, stock 103. *KL* anger största krokens läge.

I denna projektion visas stockens största krok som i detta fall är en jämn långböj på endast 7 mm. Idealiseringen visar i denna projektion en god överensstämmelse beträffande formen i längsled men underskattar diametern, vilket tyder på att den verkliga stocken varit något oval.



Figur 5.3 Svarvmätt - och idealiserad stockgeometri projicerad i planet vinkelrätt mot stockens krokplan, stock 416.

Den svarvmätta stockformen visar även för stock 416 en antydning till S-form vilket framgår av den överlagrade bilden i denna projektion där den idealiserade stocken är rak och har jämn diametertillväxt. Förutom denna skillnad är det uppenbart att den idealiserade stocken har en överskattad diameter i rotdelen. (Avsmalningen är mätt mellan topp och mitt.)



Figur 5.4 Svarvmätt - och idealiserad stockgeometri projicerad i stockens krokplan, stock 416. Kl anger största krokens läge.

Denna projektion visar en dålig överensstämmelse mellan svarvmätt och idealiserad stockgeometri. Främsta skälet härtill är att stockens maximala krok (8 mm) var belägen nära topp på den verkliga stocken medan kroken på den idealiserade stocken förläggs till mitt på längden. Idealiseringen visar liksom i figur 5.3 att rotdiametern överskattas.

En simulerad sågning med identiska förutsättningar har genomförts i OPTSAW med idealiserad och svarvmätt stockgeometri. I tabellen nedan visas hur resultaten förändrades om stockformen idealiserades för dessa 2 stockar ("krok-upp" och centrering har tillämpats i första såg).

	Stockvolym m ³ f	Värdeutbyte kr/stock kr/m ³ f		Volymutbyte m ³ sv/m ³ f
Stock 103	-3,2 %	+1,5 %	+4,9 %	+4,3 %
Stock 416	+4,4 %	+5,2 %	+0,7 %	+1,1 %

Idealiseringen av dessa två stockar har i båda fallen skapat gynnsammare förutsättningar vid utbytesberäkningarna. Att så är fallet kan förmodligen förklaras av att beräknade ämnesgeometrier är jämnare och därmed gynnsammare för kantning och justering (vankanter hamnar i större utsträckning vid virkesändar) samt även att centreringen av stocken blir perfekt utförd därför att någon ojämn mantelyta inte tillåts störa inläggningen.

Eftersom man vid idealiseringen i exemplet gör en felbestämning av stockvolymen har vi fortsättningsvis vid värdeutbytesjämförelser föredragit att använda begreppet $\text{kr}/\text{m}^3\text{f}$ då detta begrepp är knutet till själva råvaruutnyttjandet.

5.2 Utbyteseffekter vid idealiserad stockform

En idealisering av stockgeometrin har utförts för de 99 stockar som redovisats i /4/. Som ingångsdata har använts längd, toppdiameter, avsmalning samt båghöjd. Hur dessa parametrar har definierats och beräknats utifrån de svarvmätta stockarna framgår av kapitel 18 i /4/. Den idealiserade stockformen för dessa stockar har återskapats enligt formantagandena i inledningen till detta kapitel.

Förväntade värde- och volymsutbyten har beräknats i OPTSAW (rättad version) med, förutom stockgeometrin, exakt samma indata för dels de idealiserade stockarna, dels de detaljerat uppmätta ("verkliga") stockarna. Vid stockinläggning har modellcentrering och krok-upp-läge tillämpats ("Normal"-inläggning). Blockinläggningen har i likhet med /4/ utförts som simulerad kurvsågning (Marma) och simulerad blockautomat (Limmared och Kastet). Övriga förutsättningar framgår av kapitel 4 i /4/.

Utbyteseffekter vid nuvarande sorteringsdiameter

I tabell 5.1 nedan redovisas skillnaden mellan värde- och volymsutbyte vid idealisering av stockgeometrin jämfört med motsvarande utbyten för de "verkliga" stockarna.

Tabell 5.1 Relation mellan utbyten erhållna vid simulering av idealiserade stockar och detaljinmätta stockar med avseende på Värde ($\text{kr}/\text{m}^3\text{f}$) och Volym ($\text{m}^3\text{sv}/\text{m}^3\text{f}$) uttryckt som procentuell skillnad.

Stockmaterial	Antal st	Effekt av idealisering med avseende på:	
		Värdeutbyte $\text{kr}/\text{m}^3\text{f}$	Volymsutbyte $\text{m}^3\text{sv}/\text{m}^3\text{f}$
Samtliga stockar	99	+2,7 %	+1,7 %
Limmared, 3 sågklasser	27	+4,0 %	+3,1 %
Marma, 3 sågklasser	43	+2,3 %	+1,4 %
Kastet, 2 sågklasser	29	+2,2 %	+0,9 %
Limmared			
Gran 17,9-18,8	10	+4,9 %	+4,0 %
Gran 23,8-25,3	6	+3,4 %	+2,3 %
Furu 23,5-25,5	11	+3,7 %	+2,8 %
Marma			
Gran 23,0-24,0	13	+1,4 %	+1,4 %
Furu 21,0-22,0	15	+2,3 %	+1,4 %
Furu 24,0-25,3	15	+2,9 %	+1,6 %
Kastet			
Gran 17,5-18,5	15	+1,9 %	+1,4 %
Furu 17,5-18,5	14	+2,4 %	+0,3 %

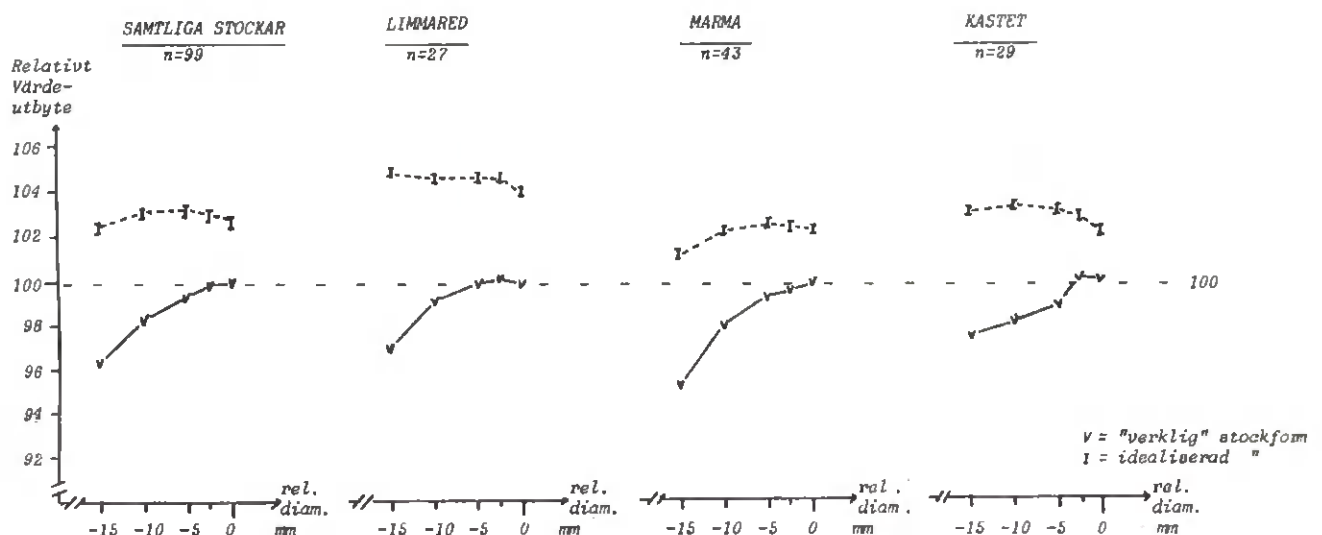
Idealiseringen av stockgeometrin har i samtliga sågklasser givit både högre värdeutbyten och volymsutbyten. Värdeutbyteshöjningen var i medeltal 2,7 % med en sågklassvis variation på 1,4 - 4,9 %. Volymsutbytena ökade i medeltal med 1,7 % med en variation från 0,3 - 4,0 %, alltså något mindre.

Idealiseringen av stockarna medförde vidare att de "verkliga" stockarnas volym underskattades med i genomsnitt 0,7 %. Hur stor volymeffekten av idealiseringen blir torde ha att göra med andelen rot- och övriga stockar.

Effekter av idealiseringen på diameterrelaterade utbyteskurvor

Analysen ovan visade oss att idealiseringen medförde att vi erhåller högre utbyten än om vi studerar en detaljerat beskriven geometri som tillåter oregelbundna former i tvärs- och längsled. Man kan dock fråga sig om denna överskattning är av generell natur och om den är lika stor för stockar av samma form och i samma sågklass men som har olika diametrar, med andra ord: Förändrar idealiseringen den diameterrelaterade utbyteskurvan?

I figur 5.5 visas hur värdeutbytena ($\text{kr/m}^3\text{f}$) i medeltal förändras för idealiserade respektive detaljmätta ("verkliga") stockar vid en förändrad diametersortering dels för samtliga 99 stockar, dels per sågverk. Värdeutbytena har beräknats med OPTSAW (rättad version) vid ovan angivna förutsättningar. Vid studien har stockarna krympts likformigt i tvärsled på samma sätt som beskrivits i kapitel 13.3 i /4/. Krympningen har gjorts så att toppdiametern har minskats med stegen 2,5; 5; 10 och 15 mm. Detta motsvarar en nedflyttning av sågklasserna med samma belopp. Utgångspunkten - nuvarande sortering - har angivits vid steget 0 mm där det relativa värdeutbytet för de detaljmätta stockarna åsatts värdet 100.



Figur 5.5 Relativa värdeutbyten ($\text{kr/m}^3\text{f}$) erhållna vid sågsimulering i OPTSAW av idealiserade respektive detaljmätta (verkliga) stockgeometrier vid olika diametrar. Utbyte vid nuvarande sortering (0 mm) av verklig stockform satt till 100. (I första såg har "Normal"-inläggning tillämpats.)

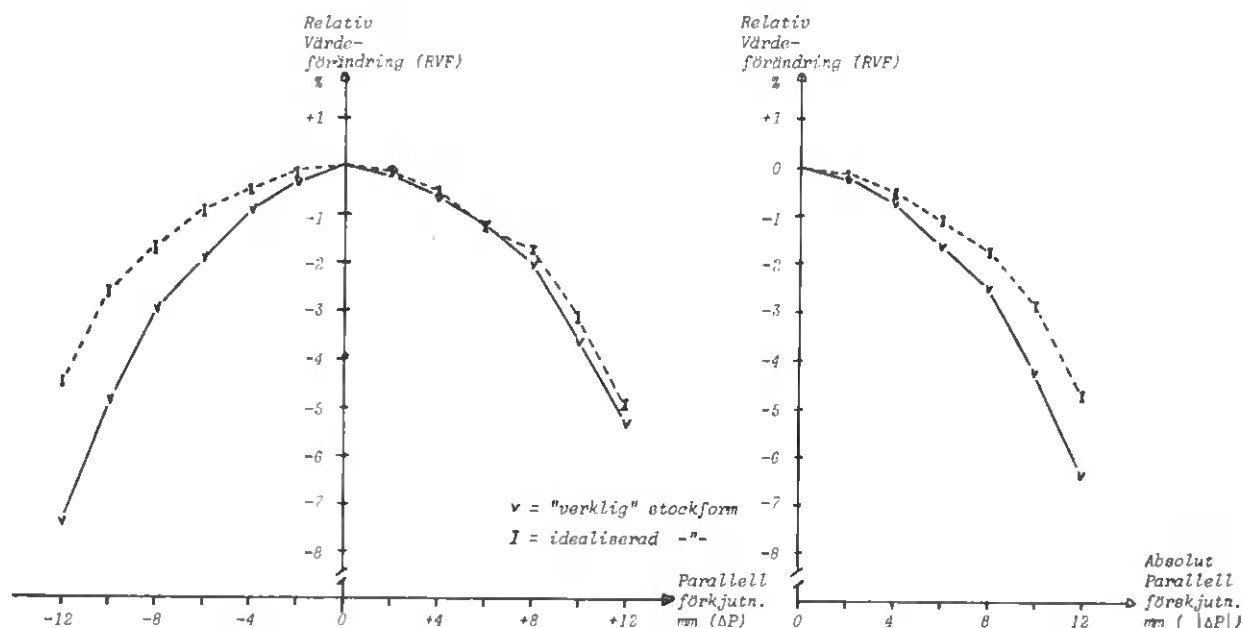
Av diagrammen i figur 5.5 kan följande slutsatser dras:

- Idealiserade stockar erhåller högre värdeutbyten vid beräkningarna än detaljmätta stockar.
- Utbyteskurvan för de detaljmätta stockarna sjunker snabbare än motsvarande kurva för de idealiserade stockarna vid minskad diameter.
- Vid minskade diametrar (ökad snävhet i postningen) ökar skillnaden mellan beräknat värdeutbyte för idealiserade stockar och beräknat värdeutbyte för detaljmätta stockar.

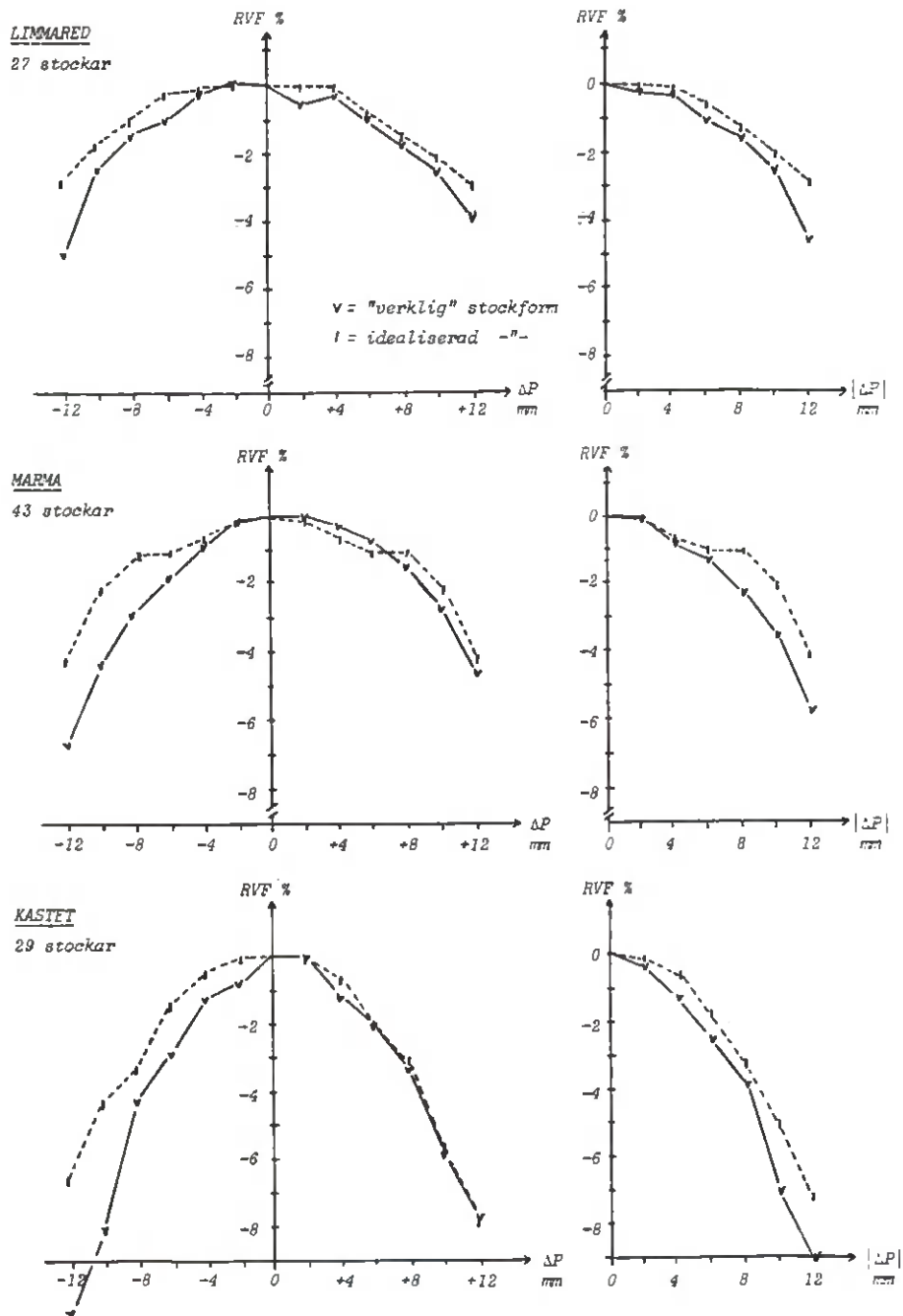
Rent allmänt kan man således konstatera att utbyteskurvorna både är nivå-skilda och lägesförskjutna i diameterled. För det undersökta stockmaterialet har de oregelbundenheter i tvär- och längsled som förekommer på stockgeometrin totalt sett haft en negativ effekt på utbytena.

5.3 Effekter av idealiseringen på beräknade utbytesförluster vid inläggningsfel

Följande figurer visar beräknade värdeutbytesförluster vid avvikelser i parallell positionering från centrerat läge i första såg. Beräkningarna är gjorda på idealiserad och noggrant uppmätt ("verklig") stockform med i övrigt samma förutsättningar som i avsnitt 5.2 ovan.



Figur 5.6 Relativa värdeförändringar vid parallellförskjutning av stocken från centrerat läge (0 mm) i första såg erhållna vid simulering i OPTSAW av detaljbeskrivna ("verkliga") respektive idealiserade stockgeometrier. Medelförändringar för 99 stockar från 3 sågverk. (Rotationsläge = "krok-upp".)



Figur 5.7 Relativa värdeförändringar vid parallellförskjutning av stocken från centrerat läge (0 mm) i första såg, erhållna vid simulering i OPTSAW av detaljbeskrivna ("verkliga") respektive idealiserade stockgeometrier. Medelförändringar för respektive sågverk. (Rotationsläge = "krok-upp".)

De högra diagrammen i figurerna 5.6 - 5.7 visar värdeförändringarna i medeltal om ingen hänsyn tas till åt vilket håll stocken felpositioneras (absoluttecknet för parallellförskjutningen). I dessa diagram ser vi genomgående att de beräknade värdeförlusterna är lägre för de idealiserade än de "verkliga" stockgeometrierna. Denna effekt tycks öka med ökad felpositionering. Vid största undersökta felpositionering (12 mm) erhöles för de 99 stockarna i medeltal 6,4 % värdeförlust för verkliga stockar och 4,7 % värdeförlust för de idealiserade stockarna, alltså en differens på 1,7 %. Detta konstaterade förhållande är troligen till stor del en effekt av att den diameterrelaterade utbyteskurvan sjunker snabbare för de verkliga stockarna (se avsnitt 5.2). Sedan tidigare är det ju känt att inläggningsfel får mer drastiska följder vid minskade diametrar /13/.

De vänstra diagrammen visar effekten för felpositioneringarna med sitt respektive tecken (- = stock åt vänster, + = stock åt höger). De verkliga stockarna synes här vara mer känsliga för den riktning åt vilket parallellfelet görs än de idealiserade stockarna, för vilka värdeförlusten är mer symmetrisk på båda sidor om centreringen (0-linjen). Orsaken till att de verkliga stockarna är mer känsliga för felinläggning åt vänster är oklar. Effekten syns klart i Marma och Kastet men ej i Limmared. (Måhända en slump?)

5.4 Sammanfattning av jämförande studier mellan idealiserad- och verklig stockform

Den idealisering av de 99 stockarna i studien som gjorts ovan har följande effekter:

1. Utbytet höjs generellt sett. Värdet höjs relativt sett med 2,7 % och volymsutbytet med 1,7 procentenheter. Idealiseringen har störst effekt för Limmared (+ 4,0 % värde och + 3,0 % volym). Det kan vara värt att notera att Limmared också hade störst potential för optimerad stockinläggning. Den gemensamma nämnaren kan vara att Limmareds stockar är mer "oregelbundna" än Marmas och Kastets.
2. Sambandet mellan värdeutbyte och diameter förändras. Gemensamt för verkliga och idealiserade stockar är att värdekurvan uppvisar ett maximum för en viss diameter för att sedan sjunka accelererat vid minskande diameter (se figur 5.5). Idealiseringen medför dock att maxvärdesdiametern förskjuts cirka 10 mm nedåt samt att kurvans topp ligger cirka 2,5 - 3 % över motsvarande topp för verkliga stockar.
3. Känsligheten för "inläggningsfel" minskar (se figur 5.6). Med inläggningsfel avses här förskjutningar i sidled från en centrerad inläggning.

Observera att punkterna 2 och 3 sammantagna är förenliga med de resultat i /1/, /3/ och /4/ som säger att inläggningskänsligheten ökar med minskad diameter. De verkliga stockarna har i genomsnitt en "utbyteskaraktär" enligt punkt 2 ovan som liknar idealiserade stockar med cirka 10 mm mindre diameter. Därmed skulle de automatiskt bli mer inläggningskänsliga. I sammanhanget kan man reflektera över om dessa 10 mm motsvarar skillnaden mellan en inskriven idealiserad stock och en idealiserad stock som åstadkommit genom en "medelanpassning" enligt ovan (samma medeltoppdiameter, samma medelavsmalning).

6. DISKUSSION

I det arbete vi bedrivit sedan 1982, att bygga en simuleringsmodell för sågutbyte som tar hänsyn till enskilda stockars specifika geometri och att tillämpa denna modell på problemet inläggning i första såg, har vi mött två negativa överraskningar. För det första visade sig de ekonomiska potentialerna för en optimerad stockinläggning vara lägre än väntat (knappt 2 % värdeökning relativt ett centrerat läge). För det andra, vilket framgår av denna rapport's kapitel 3, är modellens validitet sämre än man kunnat förvänta sig.

Potentialen blev ännu sämre när vi i /4/ jämförde "verklig inläggning" med god centrerings. Värdehöjningen blev i detta fall cirka 0,5 %. Ifall potentialerna för bättre inläggning ska kunna höjas så måste klenare timmer användas till samma postningar. Å andra sidan visade sig den i provsågningarna använda sorteringen vara den bästa med nuvarande inläggning (se figur 5.5, sid 104 i denna rapport). Med en bättre inläggning skulle man visserligen kunna sänka timmerdiametern något men värdehöjningen blir liten, ytterligare cirka 0,5 %, som effekt av denna åtgärd.

Validiteten, d v s överensstämmelsen mellan modell och verklighet, är dålig i termer av värde (kronor). Dock är överensstämmelsen relativt god mellan virkestyckens geometrier. Som framgår av det avslutande avsnittet i kapitel 3 ser vi två huvudförklaringar till den dåliga validiteten:

1. Värdespridningen i operationer efter sågningen (kantning och justering) är stor (uppskattas till cirka 3 % på virkesvärdet vid proven).
2. Mycket små inläggningsändringar (1-2 mm) ger stora skillnader i värdeutfall (uppskattade till cirka 3,5 % spridning på virkesvärdet i provet).

Den första punkten ovan medför att det finns en ekonomisk potential att förbättra dessa operationer (observera att så kallad optimerande kantning utfördes av kantautomater vid proven). Punkten medför också att optimering i sågarna hämmas av att efterföljande operationer inte är förutsägbara.

Den andra punkten är helt förenlig med det resultat ur /4/ som säger att en optimal stockinläggning är mycket känslig för bristande precision vid dess utförande.

Trots modellens dåliga validitet tror vi fortfarande på de låga potentialer som vi redovisat i /4/. Vi har två skäl till detta:

1. Vi kan förstå validitetsproblemets orsaker. Dessa orsaker påverkar inte (åtminstone inte direkt) OPTSAW-systemets användbarhet för studier sådana som den i /4/.
2. Andra forskares resultat motsäger inte våra (se vår genomgång i kapitel 4!).

Nedan redovisar vi ytterligare en analys av möjliga potentialer baserad på statistik över vankantsavkap för centrumvirke samt symmetrisering av sido-brädesutfall.

a. Uppskattning av tak för möjlig utbytesökning på grund av mindre avkap på centrumvara

En avkapsstudie på 11.638 centrumplankor i Korsnäs-Marma utförd våren 1986 visade ett avkap orsakat av vankant på i medeltal 3,4 cm per bit (utslaget på alla 11.638 plankorna, 401,6 meter totalt vankantsavkap). Med en medellängd om 4,5 meter, ett utbyte på 50 % per m³f och en centrumvirkesandel på 70 % av allt framsågat virke skulle ett borttagande av detta avkap ge en utbytesökning på 0,26 % i absoluta procentenheter (*).

Med ett mer radikalt antagande om 3 % vankantsberoende avkap (3,4 cm ovan motsvarar cirka 0,7 % avkap) ökar den möjliga utbytesvinsten på grund av minskat centrumavkap till 1,05 procentenheter. Fortfarande är dock utbytesvinsterna i nivå med de som presenterats i /4/. Man ska då betänka att av dessa 3 % avkap kan säkerligen inte alla avhjälpas genom bättre inläggning i enbart den första sågen.

Källa för dessa uppgifter är Lars Jonsson, Korsnäs-Marma AB.

b. Uppskattning av tak för möjlig värdevinst för sidobräder genom bättre centrering

Relativt de utbytesresultat som erhållits vid PROV kan man förvänta sig att en förbättrad centrering i första såg vad gäller sidobräder i bästa fall kan åstadkomma att:

1. Värdet av sämsta sidan vad gäller sidobräder i första såg höjs till i nivå med den bästa sidan. Vi antar att värdet av den bästa sidan inte försämras. Detta måste rimligen vara en överskattning av vad som går att uppnå eftersom en höjning av den sämsta sidan normalt borde föranleda en sänkning av den bästa sidan.
2. Sidobräder i andra såg antar vi oss inte kunna värdeförändra vid inläggning i första såg alternativt att förbättringen där motsvarar den överskattning vi gör i punkt 1 ovan när vi inte räknar in någon försämring av den bästa sidan vid en bättre centrering.

De värdehöjningar som föranleds av förfarandet enligt punkten 1 ovan utgör ca 1,6 % i relativ virkesvärdeökning vilket skulle motsvara ca 1,1 % i stockvärdeökning (se Anm. sid 82). Detta är förenligt med de resultat om cirka 0,5 % som redovisats i /4/ vad gäller bättre centrering.

(*) Anm: Se nästa sida.

(*) Härledning:

Totalt utbyte = centrumutbyte + sidoutbyte.

Centrumutbyte = area * medellängd/stockvolym.

Med 50 % totalutbyte och 70 % centrumandel är centrumutbytet 35 %.

Nytt utbyte = nytt centrumutbyte + ursprungligt sidoutbyte.

Nytt centrumutbyte = area * (ursprunglig medellängd + 34 mm)/stockvolym.

Men area/stockvolym = ursprungligt centrumutbyte/ursprunglig medellängd alltså blir nytt centrumutbyte = ursprungligt centrumutbyte * (ursprunglig medellängd + 3,4)/ursprunglig medellängd = ursprungligt centrumutbyte * (1 + 3,4/450).

Vi får alltså att nytt utbyte = ursprungligt centrumutbyte + ursprungligt sidoutbyte + 3,4/450 * ursprungligt centrumutbyte = ursprungligt utbyte + ursprungligt centrumutbyte * 0,0076.

Eftersom ursprungligt centrumutbyte var 35 % så blir utbytestillskottet 0,26 procentenheter.

Slutligen några ord om våra resultatets mottagande. Det är få som vill höra att de ekonomiska potentialerna är låga eller att olika tekniska krav (t ex på inläggningsprecision) är högre än man tidigare trott. Det finns dock konstruktiva sätt att tolka våra resultat:

1. Det faktum att värdeförlusterna vid avvikelser från en god centrering är måttliga gör exempelvis att inläggningsprecisionen inte behöver vara en så allvarligt hämmande faktor som man tidigare trott vid höjda matningshastigheter.
2. En optimerad stockinläggning bör i dagsläget inte få högsta prioritet, vilket gör att andra teknikavsnitt kan utvecklas i stället (som exempelvis justering).

En höjd prioritering av stockinläggningen kan eventuellt i en framtid påkallas av exempelvis större kostnadsbelastning på sidobränder i kalkylen, hänsyn till stockens kvalitetsegenskaper (kvistplacering) eller av att högre potentialer konstateras vid användandet av ett annat sågsätt än fyr-sågning.

Då vi i vårt forskningsprojekt funnit flera "nya" resultat vore det mycket önskvärt att andra forskare bekräftar (eller vederlägger) våra resultat. Till de "nya" resultaten räknar vi:

- De "låga" potentialerna vid stockinläggning.
- Den stora spridningen hos kantning och justering.
- Den stora känsligheten vid stockinläggning för små ändringar i inläggningen.

7. LITTERATURFÖRTECKNING OCH REFERENSER

- /1/ Asplund Thomas: Inläggningsnoggrannhetens inverkan på volymsutbytet - en teoretisk analys.
TräteknikRapport nr 47. Stockholm 1984.
- /2/ Asplund Thomas, Karlsson Leif: Noggrann stockmätning för forskningsändamål.
TräteknikRapport nr 42. Stockholm 1984.
- /3/ Asplund Thomas, Sederholm Johan: Volymsutbytet påverkan av krok, sortering och inläggning.
STFI-meddelande serie A nr 744. Stockholm 1981.
- /4/ Drake Erik, Johansson Lars Göte: Positionering av stockar i första såg.
TräteknikCentrum, Rapport I 8610060. Stockholm 1986.
- /5/ Drake Erik, Johansson Lars Göte: OPTSAW - Simuleringsprogram för inläggning och sönderdelning i sågverk.
TräteknikCentrum, Rapport I 8701001. Stockholm 1987.
- /6/ Grönlund Anders: Beskrivning av sönderdelningsmodell.
TräteknikCentrum, Rapport serie P nr 40. Stockholm 1985. Konfidentiell.
- /7/ Hyltén-Cavallius Carl, Sandgren Lennart: Plan geometri.
Upplaga 3, Hermods förlag, Malmö 1960.
- /8/ Hägerdal Henrik, Johansson Bengt, Sederholm Johan: Instruktion för mätning av inläggningsnoggrannhet.
STFI-meddelande serie A nr 752. Stockholm 1982.
- /9/ Johansson Lars Göte: Sågverksmodeller - Datorbaserade hjälpmedel för att utreda ekonomiska och tekniska problem i trävarubranschen.
STFI-meddelande serie B nr 502. Stockholm 1978.
- /10/ Lewis David W: Sawmill Simulation and the Best Opening Face System - A User's Guide.
U.S. Department of Agriculture. Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL-48, Madison, Wisconsin USA 1985.
- /11/ Mueller, P.H., Singmin, M: An Evaluation of the Use of Real Logs in Studies of Simulated Log Sawing.
Paper presented at IUFRO, Oxford, April 1980.
- /12/ Rudemo Mats, Råde Lennart: Sannolikhetslära och statistik med tekniska tillämpningar, del 2.
Biblioteksförlaget, Stockholm 1967.
- /13/ Sederholm Johan: Optimerat sågutbyte förutsätter noggrann mätning och många kontroller.
TräteknikRapport nr 55. Stockholm 1984.
- /14/ Sederholm Johan, Karlsson Leif: Sågning av krokig stock - utbytesfrågor och tekniska lösningar.
STFI-meddelande serie A nr 511. Stockholm 1978.

- /15/ Sederholm Johan, Hägerdal Henrik, Ivarsson Tomas: Erfarenheter av inläggningsmätningar.
TräteknikCentrum, Rapport I 8605029. Stockholm 1986.
- /16/ Styren Peer: Apteringsåtgärders inverkan på egenskaper hos sågad vara.
SLU, Institutionen för virkeslära, Uppsats nr 99. Uppsala 1980.
- /17/ Svenska Akademiens Ordlista.
Upplaga 10, Norstedt & Söner. Stockholm 1984.

8. SUMMARY

This report treats the validity of the OPTSAW system for saw yield simulations, developed at the Swedish Institute for Wood Technology Research /5/.

The emphasis in the study has been on comparing simulated yields with test sawing results at three separate Swedish sawmills. In addition to this validation, a comparison with results from other authors has been carried out. That comparison makes it possible to judge the reliability of the results earlier published in /4/ about economic potentials of better log positioning in the first saw. Finally a study has been made of yield results from simplified ("idealized") logs compared to logs described in detail ("real logs"). A log description with high resolution is the distinctive feature of the OPTSAW system compared to other sawmill simulation systems. The logs used in this study are the 99 described in /4/.

At the test sawings (at Limmared, Marma and Kastet sawmill, respectively) the following data were registered for each log and each sawn piece:

Sawmill:	<u>Limmared</u>	<u>Marma</u>	<u>Kastet</u>
<u>Registered</u>			
Positioning in the saws through end surface markings (described in /4/)	First and second saw	First saw (*)	First and second saw
Positioning in the first saw through the cant piece measuring (described in /8/)	Yes	No	No
Results according to automatic edgers	Width, length and grade	Width and length (**)	Width, length and grade
Results from manual trimming and grading	Yes	Yes	Yes
Piece geometries in detail	1 log	No	2 logs

Note: (*) At Marma, curve sawing was applied in the second saw, which were not registered.

(**) The registration of grade stated by the edger was "forgotten"!

At an evaluation of the tests, the total sawn lumber value per log was compared between the three cases:

- (1) Results of the TEST sawing with manual trimming and grading of all pieces.
- (2) Results of the TEST sawing with manual trimming and grading of the center pieces but with the data according to the automatic edger for the side pieces.
- (3) Results of the SIMULATION of all steps of processing of the logs and cants positioned according to the end markings. (Except the curve sawing in Marma.)

For the three sawmills, the value at simulation (3) was 3.9 %, 2.0 % and 3.8 %, respectively, below the value from sawn lumber at the test sawings (1). Relative to those mean differences standard deviations of 4.7 %, 4.0 % and 3.7 % was achieved. Those percentages entail only economic value from sawn lumber excluding revenue from chips and sawdust. If instead the figures above had been total log revenues including by-products they would have been reduced by about 30-40 %.

The comparisons regarding model accuracy thus was shown to be negative both in value levels and in variations. A special study of covariation of side-board yield from the first saw at simulation compared to test sawing gave negative results, too.

Concerning the error in level, there are indications that more waness were permitted at the manual trimming than were beforehand told and used as upper limits in the simulation. We have noted this fact when evaluating the pieces studied in detail. Furthermore, we could note that the yields given by the predictions in the automatic edgers (2) were also lower than those achieved at the manual trimming.

Regarding the variations, we have made the judgement that about half of those could be explained by the fact that the edging and trimming operations have in reality an intrinsic stochastic behaviour that gives a deviation from the model results. The second half we believe can be explained as an effect of the relative great variation of the log yield as a function of minute changes in the log positioning. The gauging of log (and cant) positioning in the test sawings has apparently not had the precision (≤ 1 mm) that would have been needed to reach an agreement between simulation and real sawing.

During the work with the validations, a programming error in the OPTSAW system has been detected and removed. This error has effected the results earlier published on log positioning in /4/. The effects on /4/ are limited, but could have implied that the potentials given in /4/ of value increase at log optimization have been exaggerated by about 30 %.

In spite of the apparently negative results of the validation, we still believe in the OPTSAW system as a powerful tool for studies of scanning concepts, principles for positioning, etc; this also includes our study of log positioning published in /4/ (after the correction for the programming error). Our confidence in the model results is based partly on the under-

standing of the causes of the validation problem (stochastic behaviour of the real processes and high sensitivity in log yield of small changes in positioning), partly on agreement with other researchers.

Three studies (/1/, /3/ and /12/) where another model /6/ has been used also show potentials of better centering of the log in the 0-1 % range. Another study /11/ that treats the potentials of positioning optimization shows figures of 1-2 % yield increase. Both those two types of results show a good agreement with OPTSAW results in /4/.

However, the negative results of our validation give a clear hint of the doubtfulness in developing an on-line simulator that from complete yield calculations tries to put logs or cants in precise optimal positions. This holds true even if one would have developed mechanical devices with enough precision. This negative conclusion holds as long as the subsequent dis-integrating operations (edging, trimming) could not be predicted more exactly than they can today.

To be able to analyze the unique trait of OPTSAW, the high resolution in the log geometry description, a comparative study of idealized and "real" (OPTSAW) logs has been conducted. The idealization was shown to among other things give the following effects:

- The yield was in general raised.
(The value for the 99 logs was increased by 2.7 %.)
- The relation between yield and diameter was changed. The economic value as a function of the diameter had its maximum at a diameter about 10 mm smaller when the logs were idealized compared to when "real". This, however, might vary with the logs used in such studies.
- The sensitivity for positioning "errors" (deviation from centering) is decreased at idealization.

We finally want to point out the lack of documented model validations for other models than OPTSAW. Knowing the efforts needed to carry out such validations, the vacuum might be understandable. But we hope that the vacuum should not be interpreted as an effect of negative results. We hold such studies to be of great value for the understanding of and the improvement of simulation models. Those studies are also of great value for the understanding of the sawing processes as such.

BILAGA 1. NÅGRA MATEMATISKT-STATISTISKA SAMBAND VID INLÄGGNING

Syftet med denna bilaga är att visa vilka effekter till synes rimliga antaganden om värdeförlustens beroende av "felinläggningen", tillsammans med vissa antaganden om inläggningens statistiska egenskaper får på det totala värdet.

I det första avsnittet antar vi förenklat att felinläggningen består av bara ett "parallell-fel" (P). Vi antar också att värdeutfallet har sitt maximum när $P = 0$ och att värdet sjunker som en andragsgradsfunktion av P. I avsnittet härleds väntevärdet och standardavvikelsen av värdet som funktion av väntevärdet och standardavvikelse för ett normalfördelat P.

I det andra avsnittet introducerar vi en fasthållningsmodell med två grepplägen längs stocken. Vi antar att greppet dock inte är absolut fixt utan kan beskrivas som en normalfördelad förskjutning med medelvärdet 0 och med standardavvikelse σ . De två grepplägenas förskjutning har samma fördelning men antas vara sinsemellan oberoende, dvs vi antar att en förskjutning i det ena greppläget inte påverkar läget av det andra greppet. I avsnittet härleds standardavvikelserna för parallellförskjutningen och vridningen (definitioner enligt /4/), standardavvikelsen vid ett godtyckligt längsläge utefter stocken samt kovariansen mellan parallellförskjutningen och vridningen.

Det tredje avsnittet slutligen analyserar konsekvenserna av den fasthållningsmodell som beskrivs i avsnitt 2. Först härleds frekvensfunktionen för den tvådimensionella stokastiska variabeln (P,Q) (Parallellförskjutning, Vridning). Efter en analys av denna frekvensfunktion härleds analogt med avsnitt 1 väntevärdet och standardavvikelsen av värdet vid ett antagande om en specifik kvadratisk form av värdets beroende av P och Q.

1. Teoretisk analys av värdeförlust vid "parallell" felinläggning".Grundtagande:

Värdet sjunker som funktion av inläggningen enligt formeln:

$$V = V_0(1 - a_1P - a_2P^2)$$

Anmärkningar:

1. Här i avsnitt 1 betraktar vi enbart parallellfelet vid sidoinläggning (se /4/).
2. Värdefunktionens kvadratiske form stämmer relativt bra med resultaten enligt kapitel 5 (fig 5.6). För summan över alla sågverk och $\text{abs}(P)$ approximeras kurvan relativt väl av $a_1 = 0$ och $a_2 = 0,00045$.

Sats 1:

Om P är normalfördelad $N(\mu, \sigma)$ så sjunker det förväntade värdet för V enligt:

$$E\{V\} = V_0(1 - a_1\mu - a_2(\mu^2 + \sigma^2));$$

om $\mu = 0$ så är $E\{V\} = V_0(1 - a_2\sigma^2)$.

Sats 2:

Om P är normalfördelad $N(\mu, \sigma)$ så är standardavvikelsen för V :

$$\sigma\{V\} = V_0\sigma\sqrt{(a_1 + 2a_2\mu)^2 + 2(a_2\sigma)^2};$$

om $\mu=0$ och $a_1 = 0$ så är $\sigma\{V\} = V_0a_2\sqrt{2}\sigma^2$

Bevis 1:

$V = V_0(1 - a_1P - a_2P^2)$ medför att

$$E\{V\} = V_0(1 - a_1E\{P\} - a_2E\{P^2\}) =$$

$$V_0(1 - a_1\mu - a_2(\mu^2 + \sigma^2))$$

eftersom $\sigma^2 = \text{Var}\{P\} = E\{P^2\} - (E\{P\})^2$.

Bevis 2:

$$(\sigma(V))^2 = \text{Var}(V) = E(V^2) - (E(V))^2.$$

Vi får att $E(V^2) =$

$$\begin{aligned} E[V_0^2(1 - 2a_1P + a_1^2P^2 - 2a_2P^2 + 2a_1a_2P^3 + a_2^2P^4)] = \\ V_0^2(1 - 2a_1E(P) + a_1^2E(P^2) - 2a_2E(P^2) + 2a_1a_2E(P^3) + \\ a_2^2 E(P^4)). \end{aligned}$$

Ur Sats 1 har vi att $(E(V))^2 =$

$$\begin{aligned} V_0^2(1 - 2a_1E(P) + a_1^2(E(P))^2 - 2a_2E(P^2) + 2a_1a_2E(P)E(P^2) + \\ a_2^2(E(P^2))^2). \end{aligned}$$

Detta ger att $E(V^2) - (E(V))^2 =$

$$\begin{aligned} V_0^2(a_1^2(E(P^2) - (E(P))^2) + 2a_1a_2(E(P^3) - E(P)E(P^2)) + \\ a_2^2(E(P^4) - (E(P^2))^2)). \end{aligned}$$

Nu gäller att:

$$E(P) = \mu$$

$$E(P^2) = \mu^2 + \sigma^2$$

$$E(P^3) = \int p^3 f(\mu, p) dp \text{ där } f(\mu, p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-(p-\mu)^2/2\sigma^2} =$$

(Sätt $p-\mu = s$, $dp = ds$. Detta gör att integralen övergår i

$$\int (s+\mu)^3 f(0, s) ds =$$

$$\int (s^3 + 3s^2\mu + 3s\mu^2 + \mu^3) f(0, s) ds;$$

men eftersom $f(0, s)$ är en symmetrisk funktion och s respektive s^3 är asymmetriska så blir integrationerna över dessa = 0 ! ; vi får alltså kvar

$$\begin{aligned} & 3\mu \int s^2 f(0, s) ds + \mu^3 \int f(0, s) ds \\ = & 3\mu\sigma^2 + \mu^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E[P^4] &= \text{(på samma sätt som ovan)} \int (s + \mu)^4 f(0, s) ds = \\
&\int (s^4 + 4s^3\mu + 6s^2\mu^2 + 4s\mu^3 + \mu^4) f(0, s) ds = \\
&\text{(med hänsyn till att integralen över asymmetriska} \\
&\text{funktioner blir 0)} = \int s^4 f(0, s) ds + \\
&6\mu^2 \int s^2 f(0, s) ds + \mu^4 = \left(\int s^4 f(0, s) ds = \right. \\
&\text{(enligt partiell integration)} = 0 - \\
&\int (-\sigma^2) 3s^2 f(0, s) ds = 3\sigma^2 \int s^2 f(0, s) ds = 3\sigma^4 \left. \right) \\
&= 3\sigma^4 + 6\mu^2\sigma^2 + \mu^4
\end{aligned}$$

Sätter vi in dessa samband i uttrycket för $\text{Var}[V]$ får vi:

$$\begin{aligned}
(\sigma[V])^2 &= \text{Var}[V] = \\
V_0^2 &(a_1^2\sigma^2 + 2a_1a_2(3\mu\sigma^2 + \mu^3 - \mu(\sigma^2 + \mu^2)) + \\
&a_2^2(3\sigma^4 + 6\mu^2\sigma^2 + \mu^4 - (\sigma^2 + \mu^2)^2)) = \\
V_0^2 &(a_1^2\sigma^2 + 2a_1a_2(2\mu\sigma^2) + a_2^2(2\sigma^4 + 4\mu^2\sigma^2)) = \\
(V_0\sigma)^2 &(a_1^2 + 4a_1a_2\mu + 4(a_2\mu)^2 + 2(a_2\sigma)^2) = \\
(V_0\sigma)^2 &((a_1 + 2a_2\mu)^2 + 2(a_2\sigma)^2)
\end{aligned}$$

Detta ger att $\sigma[V] = \sqrt{\text{Var}[V]} =$

$$V_0\sigma \sqrt{(a_1 + 2a_2\mu)^2 + 2(a_2\sigma)^2}.$$

v.s.b

Exempel 1:

$$a_1 = 0, \quad a_2 = 0,00045, \quad \mu = 0, \quad \sigma = 2$$

$$\begin{aligned} \text{(observera att i detta fall blir } E[V] &= V_0(1 - a_2\sigma^2) \text{ och} \\ \sigma[V] &= V_0 \cdot 2a_2\sigma^2 \end{aligned}$$

$$\text{----> } \quad E[V]/V_0 = 99.82\%, \quad \sigma[V]/V_0 = 0,25\%$$

Anmärkning:

Värdena i exemplet på a_1 , a_2 , μ ger värdefunktionen $V(p) = V_0 (1 - 0,00045 p^2)$. Denna andragsgradsfunktion är en god anpassning till den värdefunktion som ges i figur 5.6, sid 105 ovan !! Exemplet säger att vid en spridning hos en centrerad inläggning på 2 mm så sjunker medelutfallet med 0,18 % (till 99,82 %). Värdespridningen (inom ett stockparti) blir 0,25 %.

Exempel 2:

$$a_1 = 0, \quad a_2 = 0,00045, \quad \mu = 0, \quad \sigma = 4$$

$$\text{----> } \quad E[V]/V_0 = 99.28\%, \quad \sigma[V]/V_0 = 1,02\%$$

Anmärkning: Exemplet säger att 4 mm spridningen skulle sänka medelutfallet med 0,72 % och ge en värdespridning på 1,02 %.

2. Statistiska egenskaper av en fasthållning i två punkter

Vi antar att stocken positioneras av två don vid två olika längdlägen på stocken. Vi inför följande beteckningar:

X_1 = Förskjutning i don 1 (mm) från referensläge (önskat läge)

X_2 = - " - 2 - " -

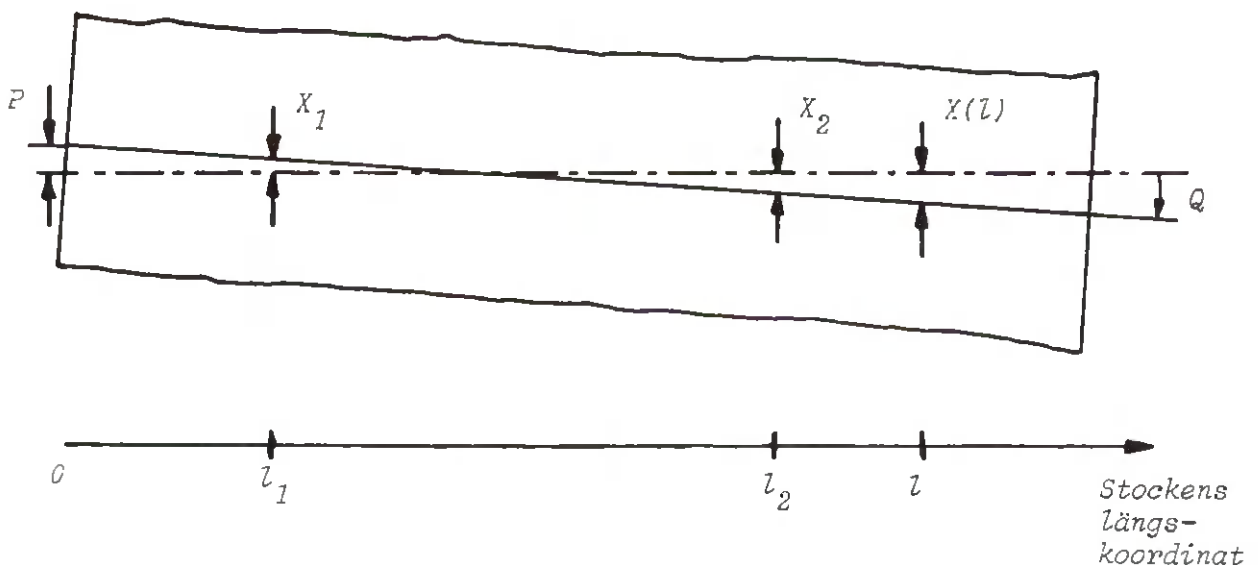
l_1 = Avstånd från stocktopp till don 1 (meter)

l_2 = - " - 2

$X(l)$ = Förskjutning vid längdläge l från topp (mm)

P = Förskjutning i stocktopp (mm)

Q = Vridning från läget med $X_1 = X_2 = 0$ (mm/m)



Figur B.1 Fasthållningsmodell med två grepplägen längs stocken.

Följande samband gäller:

$$X(1) = P + l \cdot Q$$

$$P = \frac{l_2 X_1 - l_1 X_2}{l_2 - l_1}$$

$$Q = \frac{X_2 - X_1}{l_2 - l_1}$$

Grundantagande:

Vi antar att X_1 och X_2 är okorrelerade, normalfördelade och att bägge har medelvärdet 0 och standardavvikelsen σ .

Sats 3:

$$\sigma(P) = \frac{\sigma}{(l_2 - l_1)} \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \quad (3.1)$$

$$\sigma(Q) = \frac{\sqrt{2}\sigma}{(l_2 - l_1)} \quad (3.2)$$

$$\sigma[X(1)] = \sigma \sqrt{1 - 2 \frac{(1 - l_1)}{(l_2 - l_1)} + 2 \frac{(1 - l_1)^2}{(l_2 - l_1)^2}} \quad (3.3)$$

$$\text{Kov}(P, Q) = - \frac{l_1 + l_2}{(l_2 - l_1)^2} \sigma^2 \quad (\text{kovariansen}) \quad (3.4)$$

Bevis 3: Delsats 3.1:

Definitioner på P och det faktum att X_1 och X_2 är okorrelerade gör att:

$$\begin{aligned} \text{Var}(P) &= \frac{1}{(l_2 - l_1)^2} (l_2^2 \text{Var}(X_1) + l_1^2 \text{Var}(X_2)) = \\ &= \frac{(l_2^2 + l_1^2) \sigma^2}{(l_2 - l_1)^2} \end{aligned}$$

$$\sigma(P) = \sqrt{\text{Var}(P)} = \frac{\sigma}{(l_2 - l_1)} \sqrt{l_1^2 + l_2^2}$$

Delsats 3.2:

På samma sätt som för 3.1 fås:

$$\begin{aligned} \text{Var}(Q) &= \frac{1}{(l_2 - l_1)^2} (\text{Var}(X_2) + \text{Var}(X_1)) \\ &= \frac{2\sigma^2}{(l_2 - l_1)^2} \\ \sigma(Q) &= \frac{\sqrt{2}\sigma}{(l_2 - l_1)} \end{aligned}$$

Delsats 3.3:

Vi uttrycker $X(l)$ som funktion av X_1 och X_2 :

$$\begin{aligned} X(l) &= X(l_1) + \frac{X(l_2) - X(l_1)}{l_2 - l_1} (l - l_1) = \\ &= X_1 + \frac{X_2 - X_1}{l_2 - l_1} (l - l_1) = \\ &= \left(1 - \frac{l - l_1}{l_2 - l_1}\right) X_1 + \frac{l - l_1}{l_2 - l_1} X_2 \end{aligned}$$

Det faktum att X_1 och X_2 är okorrelerade ger att:

$$\begin{aligned} \text{Var}(X(l)) &= \left(1 - \frac{l - l_1}{l_2 - l_1}\right)^2 \sigma^2 + \left(\frac{l - l_1}{l_2 - l_1}\right)^2 \sigma^2 \\ &= 1 - 2 \frac{l - l_1}{l_2 - l_1} + \left(\frac{l - l_1}{l_2 - l_1}\right)^2 + \left(\frac{l - l_1}{l_2 - l_1}\right)^2 \sigma^2 \end{aligned}$$



$$\sigma(X(l)) = \sqrt{1 - 2 \frac{l - l_1}{l_2 - l_1} + 2 \left(\frac{l - l_1}{l_2 - l_1}\right)^2} \cdot \sigma$$

Delsats 3.4:

$$\begin{aligned}
\text{Kov } \{P, Q\} &= \text{ (enligt definitionen på kovarians) } = \\
&= E\{(P - E\{P\})(Q - E\{Q\})\} = \\
&= \text{ (men } E\{P\} = 0 \text{ och } E\{Q\} = 0 \text{ eftersom } E\{X_1\} = \\
&\quad E\{X_2\} = 0 \text{)} \\
&= E\{PQ\} = \\
&= E\left\{ \frac{1}{(l_2 - l_1)^2} (l_2 X_1 - l_1 X_2)(X_2 - X_1) \right\} \\
&= \frac{1}{(l_2 - l_1)^2} E\{ -l_2 X_1^2 - l_1 X_2^2 + (l_1 + l_2) X_1 X_2 \} = \\
&= \{ E\{X_1^2\} = \sigma^2, \quad E\{X_2^2\} = \sigma^2; \\
&\quad E\{X_1 X_2\} = 0 \text{ eftersom } X_1 \text{ och } X_2 \text{ är okorrelerade} \} \\
&= - \frac{(l_1 + l_2) \sigma^2}{(l_2 - l_1)^2}
\end{aligned}$$

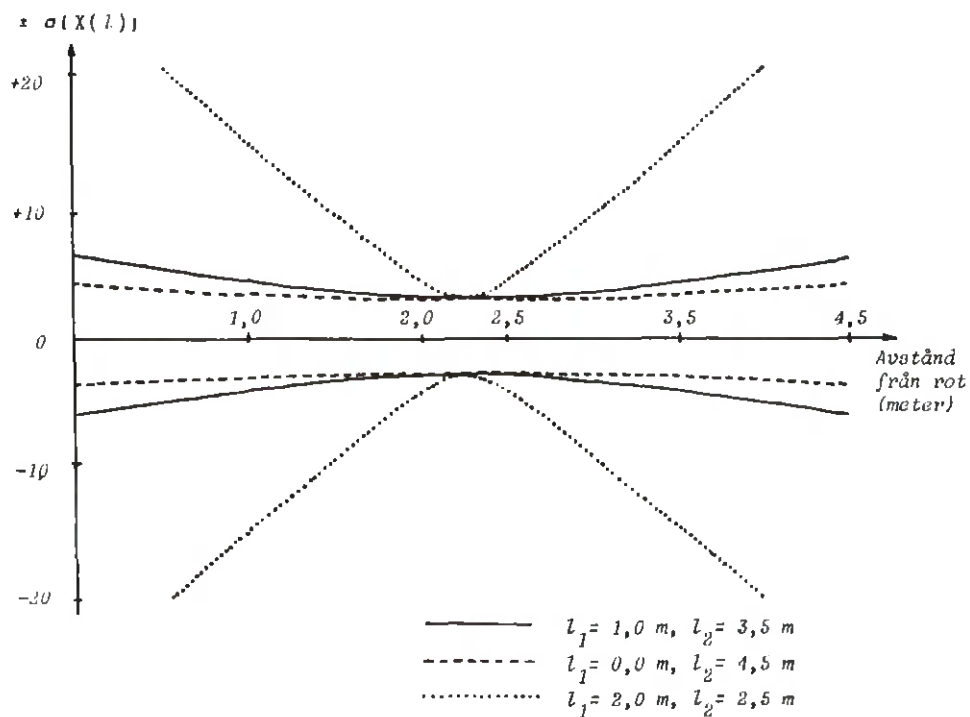
Exempel:

Sätter vi $l_1 = 1$ meter, $l_2 = 3,5$ meter och $\sigma = 4$ mm får vi:

$$\sigma(P) = 5,82 \text{ mm}$$

$$\sigma(Q) = 2,26 \text{ mm/m}$$

Figuren nedan visar $\pm \sigma(X(l))$ som funktion av l för fallet ovan ($l_1 = 1$; $l_2 = 3,5$) samt för fallen ($l_1 = 0$; $l_2 = 4,5$) och ($l_1 = 2$; $l_2 = 2,5$).



Figur B.2 Standardavvikelsen för olika längslägen av stocken vid fasthållning i två grepplägen. Figuren visar tre olika kombinationer av greppställen. Observera den likhet som föreligger mellan denna figur och figur 8.3 i /4/. Detta kan tolkas som att en fasthållningsmodell enligt avsnitt 2 har en relativt god överensstämmelse med verkligheten (?).

3. Tvådimensionella positioneringsfallet (P,Q); frekvens- och värdefunktion

Vi antar att positioneringen sker med två don enligt avsnitt 2 ovan. Vi ska här visa hur frekvensfunktionen för den tvådimensionella stokastiska variabeln (P,Q) ser ut och hur stockvärdet uppför sig vid vissa enkla grundantaganden.

Sats 4:

Under de förutsättningar som angivits i avsnitt 2 ovan så är frekvensfunktionen för (P,Q):

$$f_{P,Q}(p,q) = \frac{(l_2 - l_1)}{2\pi\sigma^2} e^{-[(p+l_1q)^2 + (p+l_2q)^2] / 2\sigma^2}$$

(Detta är den frekvensfunktion som redovisas på sid 97 i /4/.)

Bevis 4:

Med matrisnotation kan vi skriva definitionerna på P och Q:

$$\begin{pmatrix} P \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{l_2}{l_2 - l_1} & \frac{-l_1}{l_2 - l_1} \\ \frac{-1}{l_2 - l_1} & \frac{+1}{l_2 - l_1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = B \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix}$$

Vi kan betrakta $\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix}$, som en tvådimensionell normalfördelad stokastisk variabel $N(\mu, C)$ där $\mu = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ och C

= {kovariansmatrisen} =

$$= \begin{pmatrix} \sigma^2 & 0 \\ 0 & \sigma^2 \end{pmatrix} \text{ eftersom } X_1 \text{ och } X_2 \text{ är okorrelerade och } N(0, \sigma) \text{ som}$$

endimensionella variabler.

Enligt /12/, sid 162 gäller nu att:

$$\begin{pmatrix} P \\ Q \end{pmatrix} \text{ är } N(B\mu, BCB^*).$$

$$\text{Eftersom } \mu = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ så är } B\mu = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

$$\begin{aligned}
 \text{BCB}^* &= \frac{1}{(l_2 - l_1)^2} \begin{pmatrix} l_2 & -l_1 \\ -1 & +1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma^2 & 0 \\ 0 & \sigma^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_2 & -1 \\ -l_1 & +1 \end{pmatrix} \\
 &= \frac{\sigma^2}{(l_2 - l_1)^2} \begin{pmatrix} l_2 & -l_1 \\ -1 & +1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_2 & -1 \\ -l_1 & +1 \end{pmatrix} = \\
 &= \frac{\sigma^2}{(l_2 - l_1)^2} \begin{pmatrix} l_2^2 + l_1^2 & -l_2 - l_1 \\ -l_2 - l_1 & 1 + 1 \end{pmatrix} = D
 \end{aligned}$$

Observera att detta stämmer med Sats 3. Kovariansmatrisen för

$$\begin{pmatrix} P \\ Q \end{pmatrix} \text{ är } \begin{pmatrix} \text{Var } [P] & \text{Kov}[P,Q] \\ \text{Kov}[P,Q] & \text{Var } [P] \end{pmatrix}$$

Frekvensfunktionen för $\begin{pmatrix} P \\ Q \end{pmatrix}$ ges nu enligt /12/, sid 159

$$f_{P,Q}(p,q) = \frac{\sqrt{\det(D^{-1})}}{(2\pi)^{2/2}} e^{-\frac{1}{2} \begin{pmatrix} p \\ q \end{pmatrix} D^{-1} \begin{pmatrix} p \\ q \end{pmatrix}} \quad (4.1)$$

$$\text{och } D^{-1} = \{\text{inversen av } D\} = \frac{1}{\sigma^2} \begin{pmatrix} 2 & l_1 + l_2 \\ l_1 + l_2 & l_1^2 + l_2^2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Men } \det(D^{-1}) &= \frac{1}{\sigma^4} \begin{vmatrix} 2 & l_1 + l_2 \\ l_1 + l_2 & l_1^2 + l_2^2 \end{vmatrix} \\
 &= \frac{1}{\sigma^4} [2(l_1^2 + l_2^2) - (l_1 + l_2)^2] = \\
 &= \frac{1}{\sigma^4} [2l_1^2 + 2l_2^2 - l_1^2 - l_2^2 - 2l_1l_2] = \\
 &= \frac{1}{\sigma^4} [l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2] = \frac{(l_2 - l_1)^2}{\sigma^4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Vidare är } \begin{pmatrix} p \\ q \end{pmatrix} D^{-1} (p, q) &= \\
&= \frac{1}{\sigma^2} \begin{pmatrix} 2p + (l_1+l_2)q \\ (l_1+l_2)p + (l_1^2+l_2^2)q \end{pmatrix} (p, q) = \\
&= \frac{1}{\sigma^2} [2p^2 + (l_1+l_2)pq + (l_1+l_2)pq + (l_1^2+l_2^2)q^2] = \\
&= \frac{1}{\sigma^2} [2p^2 + 2(l_1+l_2)pq + (l_1^2+l_2^2)q^2] = \\
&= \frac{1}{\sigma^2} [(p + l_1q)^2 + (p + l_2q)^2]
\end{aligned}$$

Sätter vi in dessa uttryck i 4.1 får vi

$$f_{P,Q}(p,q) = \frac{l_2 - l_1}{2\pi\sigma^2} e^{-[(p+l_1q)^2 + (p+l_2q)^2] / 2\sigma^2}$$

Satsen är alltså bevisad !

Sats 5:

Ekviniivåkurvorna till frekvensfunktionen $f_{P,Q}(p,q)$ enligt Sats 4 är ellipser. På den nivå där $(p + l_1q)^2 + (p + l_2q)^2 = c$ så gäller att huvudaxlarna för ellipsen är respektive:

$$\begin{aligned}
a &= 2 \sqrt{\frac{c}{\Omega_1}} \quad \text{och} \quad b = 2 \sqrt{\frac{c}{\Omega_2}} \quad \text{där} \\
\Omega_1 &= 1 + \frac{l_1^2+l_2^2}{2} - \sqrt{\left(1 + \frac{l_1^2+l_2^2}{2}\right)^2 - (l_2 - l_1)^2} \\
\Omega_2 &= 1 + \frac{l_1^2+l_2^2}{2} + \sqrt{\left(1 + \frac{l_1^2+l_2^2}{2}\right)^2 - (l_2 - l_1)^2}
\end{aligned}$$

Ellipsens lutning (θ) ges av :

$$\tan 2\theta = \frac{l_1 + l_2}{1 - \frac{l_1^2 + l_2^2}{2}}$$

Bevis 5:

a) Diskriminanten till den kvadratiske formen

$$(p + l_1q)^2 + (p + l_2q)^2 - c =$$

$$2p^2 + 2(l_1+l_2)pq + (l_1^2+l_2^2)q^2 - c = 0$$

är

$$\begin{vmatrix} A & B \\ B & C \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & (l_1+l_2) \\ (l_1+l_2) & (l_1^2+l_2^2) \end{vmatrix} = 2(l_1^2+l_2^2) - (l_1+l_2)^2$$

$$= l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2 = (l_2 - l_1)^2 \begin{cases} = 0 & \text{om } l_1 = l_2 \\ > 0 & \text{om } l_1 \neq l_2 \end{cases}$$

Vår fasthållning är en tvåpunktsfasthållning, vilket innebär att $l_1 \neq l_2$. Enligt /7/, sid 153 beskriver den kvadratiske formen en ellips ifall diskriminanten är större än noll. Ellipsformen är alltså bevisad.

b) Enligt /7/, sid 174 kan den kvadratiske formen överföras på formen $A'x^2 + C'y^2 - c = 0$ efter koordinattransformation och A' respektive C' är rötterna till ekvationen

$$\begin{vmatrix} A-\Omega & B \\ B & C-\Omega \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2-\Omega & (l_1+l_2) \\ (l_1+l_2) & (l_1^2+l_2^2-\Omega) \end{vmatrix} =$$

$$= (2 - \Omega)(l_1^2+l_2^2-\Omega) - (l_1+l_2)^2 = 0$$

<-->

$$\Omega^2 - (l_1^2+l_2^2+2)\Omega + (l_2-l_1)^2 = 0$$

Lösningen till denna ekvation är:

$$\Omega_{1,2} = \frac{l_1^2 + l_2^2 + 2}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{l_1^2 + l_2^2 + 2}{2}\right)^2 - (l_2-l_1)^2} =$$

$$= 1 + \frac{l_1^2 + l_2^2}{2} \pm \sqrt{\left(1 + \frac{l_1^2 + l_2^2}{2}\right)^2 - (l_2 - l_1)^2}$$

Nu beskriver ekvationen $A'x^2 + C'y^2 - c = 0$ en ellips med axlarna: $2\sqrt{\frac{c}{A'}}$ respektive $2\sqrt{\frac{c}{C'}}$; men $A' = \Omega_1$ och $C' = \Omega_2$

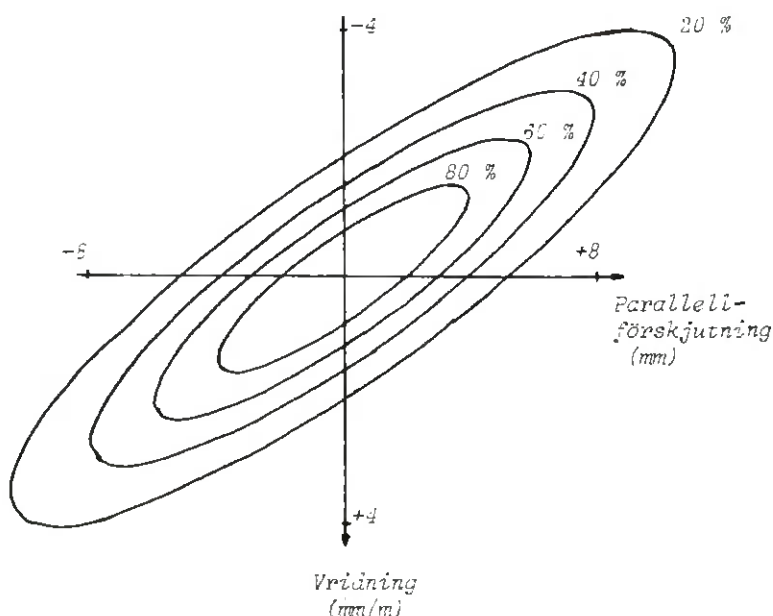
enligt /7/, sid 174 som nämnts ovan. Alltså har vi härlett axlarnas storlek.

c) Enligt /7/, sid 172 ges ellipsens lutning av

$$\tan 2\theta = \frac{2B}{A-C} = \frac{2(l_1 + l_2)}{2 - (l_1^2 + l_2^2)} = \frac{l_1 + l_2}{1 - \frac{(l_1^2 + l_2^2)}{2}}$$

Exempel:

Figuren nedan visar nivåkurvor för frekvensfunktionen $f_{p,q}(p,q)$ för $l_1 = 1$, $l_2 = 3,5$. Skalorna på axlarna har satts lika med de som använts i /4/. Observera att $f_{p,q}(p,q)$ har en tydlig likformighet med värdekartor enligt /4/.



Figur B.3 Nivåkurvor till frekvensfunktionen för den tvådimensionella stokastiska variabeln $(P,Q) = (\text{Parallell förskjutning, Vridning})$ vid en tvågreppsmodell för fasthållningen.

(*) Anmärkning: Vi har inga andra indikationer på att värde- och spridningsfunktionerna har samma form än att de "tycks" likna varandra. Teoretiskt grundade förklaringar till detta saknas.

Sats 6:

Om vi antar att värdet som funktion av P och Q sjunker enligt formeln

$$V(P,Q) = V_0 \left(1 - \frac{1}{2} a_2 [(P + l_1 Q)^2 + (P + l_2 Q)^2] \right)$$

och att frekvensfunktionen för (P,Q) har den form som anges i Sats 4 så gäller att:

$$6.1: \quad E\{V(P,Q)\} = V_0(1 - a_2\sigma^2)$$

$$6.2: \quad \sigma\{V\} = V_0 a_2 \sigma^2$$

(Värdefunktionen har valts dels "värdekarte"-liknande och dels så att integralerna nedan är analytiskt lösbara.)

Bevis 6: Delsats 6.1:

$$\begin{aligned} E\{V(P,Q)\} &= \iint V(p,q) f_{P,Q}(p,q) dpdq = \\ &= V_0 \iint f_{P,Q}(p,q) dpdq - \\ &\quad - \frac{V_0 a_2}{2} \iint (p + l_1 q)^2 + (p + l_2 q)^2 f_{P,Q}(p,q) dpdq \\ &= \left\{ \iint f_{P,Q}(p,q) dpdq = 1 \text{ eftersom } f_{P,Q} \right. \\ &\quad \left. \text{är en frekvensfunktion;} \right. \end{aligned}$$

koordinattransformera $s = p + l_1 q,$

$$t = p + l_2 q, \quad J = \frac{\delta(p,q)}{\delta(s,t)} \quad (\text{Jacobianen vid transformationen})$$

$$= V_0 \left(1 - \frac{a_2}{2} \iint (s^2 + t^2) \frac{(l_2 - l_1)}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(s^2+t^2)}{2\sigma^2}} J dsdt \right)$$

$$= \left\{ J = \frac{\delta(p,q)}{\delta(s,t)} = \begin{vmatrix} \frac{\delta p}{\delta s} & \frac{\delta p}{\delta t} \\ \frac{\delta q}{\delta s} & \frac{\delta q}{\delta t} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} l_2 & l_1 \\ l_2 - l_1 & l_2 - l_1 \\ 1 & 1 \\ -\frac{1}{l_2 - l_1} & \frac{1}{l_2 - l_1} \end{vmatrix} = \right.$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{l_2}{(l_2 - l_1)^2} - \frac{l_1}{(l_2 - l_1)^2} = \frac{l_2 - l_1}{(l_2 - l_1)^2} = \frac{1}{l_2 - l_1} \} \\
&= V_0 \left(1 - \frac{a_2}{2} \left[\int \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} s^2 e^{-s^2/2\sigma^2} ds \int \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-t^2/2\sigma^2} dt \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \int \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-s^2/2\sigma^2} ds \int \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} t^2 e^{-t^2/2\sigma^2} dt \right] \right) \\
&= V_0 \left(1 - \frac{a_2}{2} [\sigma^2 \cdot 1 + 1 \cdot \sigma^2] \right) = \\
&= V_0 (1 - a_2 \sigma^2)
\end{aligned}$$

Delsats 6.2:

Det gäller att $\text{Var}\{V\} = E\{V^2\} - (E\{V\})^2$.

$$\begin{aligned}
\text{Nu är } V^2 &= V_0^2 (1 - a_2 [(P+l_1Q)^2 + (P+l_2Q)^2] + \\
&\quad + \frac{a_2^2}{4} [(P+l_1Q)^2 + (P+l_2Q)^2]^2).
\end{aligned}$$

Enligt Sats 6.1 ovan har vi att

$$E[(P + l_1Q)^2 + (P + l_2Q)^2] = 2\sigma^2.$$

$$E[((P + l_1Q)^2 + (P + l_2Q)^2)^2] =$$

$$= \iint [(p + l_1q)^2 + (p + l_2q)^2]^2 f_{P,Q}(p,q) dpdq =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} s = p + l_1q \\ t = p + l_2q \end{array} ; J = \frac{\delta(p,q)}{\delta(s,t)} = \frac{1}{l_2 - l_1} \right\} =$$

$$\iint (s^2 + t^2)^2 \frac{(l_2 - l_1)}{2\pi\sigma^2} e^{-(s^2+t^2)/2\sigma^2} \frac{1}{(l_2 - l_1)} dsdt$$

$$= \iint (s^4 + 2s^2t^2 + t^4) \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(s^2+t^2)/2\sigma^2} dsdt$$

$$= \int \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} s^4 e^{-s^2/2\sigma^2} ds \int \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-t^2/2\sigma^2} dt +$$

$$\begin{aligned}
& + 2 \int \frac{1}{2\pi\sigma} s^2 e^{-s^2/2\sigma^2} ds \int \frac{1}{2\pi\sigma} t^2 e^{-t^2/2\sigma^2} dt + \\
& + \int \frac{1}{2\pi\sigma} e^{-s^2/2\sigma^2} ds \int \frac{1}{2\pi\sigma} t^4 e^{-t^2/2\sigma^2} dt = \\
& = \left\{ \int \frac{1}{2\pi\sigma} s^4 e^{-s^2/2\sigma^2} ds = 3\sigma^4 \text{ enligt Bevis 2 ovan} \right\} = \\
& = 3\sigma^4 \cdot 1 + 2 \cdot \sigma^2 \cdot \sigma^2 + 1 \cdot 3\sigma^4 = 8\sigma^4 .
\end{aligned}$$

Sätter vi in dessa uttryck får vi att:

$$\begin{aligned}
E[V^2] &= V_0^2 \left(1 - a_2 \cdot 2\sigma^2 + \frac{a_2^2}{4} \cdot 8\sigma^4 \right) = \\
&= V_0^2 (1 - 2a_2\sigma^2 + 2a_2^2\sigma^4) .
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Enligt Sats 6.1 har vi att } (E[V])^2 &= V_0^2 (1 - a_2\sigma^2)^2 = \\
&= V_0^2 (1 - 2a_2\sigma^2 + a_2^2\sigma^4) .
\end{aligned}$$

Vi kan summera:

$$\begin{aligned}
\text{Var}[V] &= E[V^2] - (E[V])^2 = \\
&= V_0^2(1 - 2a_2\sigma^2 + 2a_2^2\sigma^4) - \\
&\quad - V_0^2(1 - 2a_2\sigma^2 + a_2^2\sigma^4) = \\
&= V_0^2 a_2^2 \sigma^4 .
\end{aligned}$$

Alltså blir

$$\sigma[V] = \sqrt{\text{Var}[V]} = V_0 a_2 \sigma^2$$

Exempel 3:

$$a_2 = 0,00045, \quad \sigma = 2 \text{ (Jämför Exempel 1, sid 121)}$$

$$\Rightarrow E[V]/V_0 = 99,82 \%, \quad \sigma[V]/V_0 = 0,18 \%$$

Exempel 4:

$$a_2 = 0,00045, \quad \sigma = 4 \text{ (Jämför Exempel 2, sid 121)}$$

$$\Rightarrow E[V]/V_0 = 99,28 \%, \quad \sigma[V]/V_0 = 0,72 \%$$

Anmärkingar: Sätter vi $Q = 0$ i Sats 6 så får värdefunktionen formen $V(P,Q) = V_0(1-a_2P^2)$; detta är samma funktion som i grundantagandet vid enbart "parallell" felinläggning inför Satserna 1 och 2. Vi kan därför återigen åberopa figur 5.6 på sid 105 och ansätta $a_2 = 0,00045$.

De bägge exemplen säger att vid en spridning i fasthållande don på 2 resp. 4 mm sjunker medelutfallet med 0,18 resp. 0,72 % (som i exemplen 1 och 2) jämfört med en perfekt centrering.

Värdespridningarna blir 0,18 % resp. 0,72 % (jämför exemplen 1 och 2 ovan).

BILAGA 2

Stockvisa resultat vad gäller värden och volymsutbyten vid provsågning och simulerad sågning.

Anm. 1) Värdeutbyten avser endast värde av sågat virke.

2) Utbyten/ m^3f avser partiernas medelvärde.

3) Förkortningarna PROV, KANT och SIM har samma betydelse som redovisats under "Använda konventioner" i avsnitt 3.1 i denna rapport.

4) SIMr avser beräkning på samma sätt som SIM men efter rättning av programfelet.

Sammanställning för sågklass : Limmared Gran 17,9-18,8 Postning 11.

Stock nr.	Stock-volym m3f	Volymutbyte (m3sv/m3f)				Värdeutbyte per stock			
		PROV %	KANT %	SIM %	SIMr %	PROV kr	KANT kr	SIM kr	SIMr kr
(101)	(0.1649)	(50.4)	(49.5)	(40.7)	(40.7)	(83.91)	(82.60)	(68.20)	(68.20)
103	0.1286	51.4	51.4	51.4	52.3	68.09	68.09	66.15	67.37
104	0.1416	50.6	50.0	49.7	49.7	71.49	70.81	71.06	71.06
105	0.1481	53.7	52.5	46.0	46.0	79.24	77.47	70.23	70.23
(107)	(0.1676)	(51.1)	(50.8)	(44.8)	(44.8)	(85.75)	(85.32)	(76.73)	(70.73)
110	0.1317	51.7	50.9	48.2	48.7	69.00	68.14	63.61	64.53
112	0.1695	50.2	50.0	45.4	45.4	86.36	86.12	78.66	78.66
114	0.1366	49.3	49.3	50.9	50.9	66.75	66.75	69.68	69.68
116	0.1795	51.1	51.1	45.4	45.4	90.83	90.92	83.72	83.72
Summa	1.0356	-	-	-	-	531.76	528.30	503.11	505.25
Virkesvolym		0.5294	0.5254	0.4961	0.4980	-	-	-	-
Volym/Värde utbyte per m3f råvara		51.1	50.7	47.9	48.1	513.48	510.14	485.81	487.88

Antal stockar = 7 , () = Ej medräknade stockar, se avsn. 3.2 i rapporten

Sammanställning för sågklass : Limmared Gran 23,8-25,3 Postning 22.

Stock nr.	Stock-volym m3f	Volymutbyte (m3sv/m3f)				Värdeutbyte per stock			
		PROV %	KANT %	SIM %	SIMr %	PROV kr	KANT kr	SIM kr	SIMr kr
119	0.2435	61.9	61.3	57.2	57.2	153.84	152.41	142.86	142.86
120	0.2781	55.4	54.5	55.4	55.7	156.46	154.35	157.40	159.24
121	0.1937	51.9	51.9	54.5	55.0	101.98	101.98	106.85	106.85
124	0.2275	61.0	59.1	56.2	56.2	141.07	137.14	130.13	130.35
130	0.2645	55.8	55.6	53.3	53.3	151.33	150.82	145.09	145.09
Summa	1.2073	-	-	-	-	704.68	696.70	682.33	684.39
Virkesvolym		0.6917	0.6830	0.6677	0.6694	-	-	-	-
Volym/Värde utbyte per m3f råvara		57.3	56.6	55.3	55.5	583.68	577.07	565.17	566.88

Antal stockar = 5

Sammanställning för sågklass : Limmared Furu 23,5-25,5 Postning 33.

Stock nr.	Stock-volym m3f	Volymutbyte (m3sv/m3f)				Värdeutbyte per stock			
		PROV %	KANT %	SIM %	SIMr %	PROV kr	KANT kr	SIM kr	SIMr kr
134	0.2313	53.9	55.1	54.3	54.8	198.28	203.93	200.22	202.67
135	0.2333	62.4	61.1	58.0	59.2	226.37	220.10	208.15	213.40
(136)	(0.2144)	(58.2)	(57.9)	(50.4)	(52.7)	(193.97)	(192.66)	(160.74)	(170.37)
137	0.2414	57.1	56.4	53.9	54.9	215.64	211.87	199.91	204.78
138	0.2355	54.9	55.1	52.7	54.7	202.97	203.82	192.56	201.94
139	0.2650	63.1	61.9	61.3	61.3	264.72	258.80	255.60	255.60
140	0.2194	58.9	59.2	56.0	56.6	198.24	199.56	190.12	192.53
141	0.2368	58.6	58.3	58.1	59.3	222.11	220.69	219.78	225.31
142	0.2827	57.0	56.1	53.3	54.6	257.26	252.25	238.65	246.29
143	0.2999	55.5	55.3	54.3	54.3	263.56	262.48	258.40	258.40
145	0.2256	67.5	67.6	59.1	60.6	239.87	240.23	206.50	213.22
147	0.2449	53.4	53.7	52.2	52.6	201.46	202.95	182.53	184.78
Summa	2.7158	-	-	-	-	2490.48	2476.68	2352.42	2398.92
Virkesvolym		1.5833	1.5764	1.5126	1.5359	-	-	-	-
Volym/Värde utbyte per m3f råvara		58.3	58.0	55.7	56.6	917.03	911.95	866.20	883.32

Antal stockar = 11 , () = Ej medräknade stockar, se avsn. 3.2 i rapporten

Sammanställning för sågklass : Marma Gran 17,9-18,8 Postning 311.

Stock nr.	Stock-volym m3f	Volymutbyte (m3sv/m3f)				Värdeutbyte per stock			
		PROV %	KANT %	SIM %	SIMr %	PROV kr	KANT kr	SIM kr	SIMr kr
301	0.2137	55.5	56.2	55.3	56.0	127.58	131.02	131.38	133.06
302	0.2096	60.7	59.3	54.6	54.6	137.84	135.56	120.59	120.59
303	0.2036	64.4	64.3	59.3	59.5	145.34	145.06	133.26	133.82
304	0.2611	59.0	59.4	56.0	56.4	169.42	171.68	163.30	164.42
305	0.2175	62.6	61.4	59.3	59.3	150.65	147.81	144.09	144.09
307	0.2514	55.5	55.8	52.3	52.5	156.14	157.12	146.95	147.65
308	0.2443	58.4	58.4	56.2	56.2	158.48	158.55	153.10	153.10
309	0.2319	56.7	57.4	56.0	57.1	147.46	149.18	143.42	147.08
310	0.2590	53.7	53.9	53.3	54.1	154.51	155.01	153.65	155.89
311	0.2156	64.4	64.4	59.9	59.9	154.37	154.17	144.16	144.16
312	0.2575	56.3	55.4	53.3	54.2	161.02	158.37	152.32	153.66
(313)	(0.1704)	(60.2)	(58.6)	(25.2)	(25.2)	(104.11)	(101.54)	(45.99)	(45.35)
314	0.2318	59.3	59.8	56.8	57.2	152.07	153.67	147.00	148.26
315	0.2422	59.8	60.0	57.7	58.8	161.10	161.66	156.14	158.11
Summa	3.0392	-	-	-	-	1975.98	1978.86	1889.36	1903.89
Virkesvolym		1.7858	1.7849	1.7030	1.7169	-	-	-	-
Volym/Värde utbyte per m3f råvara		58.8	58.7	56.0	56.5	650.16	651.11	621.66	626.44

Antal stockar = 13 , () = Ej medräknade stockar, se avsn. J.3 i rapporten

Sammanställning för sågklass : Marma Furu 21,0-22,0 Postning 322.

Stock nr.	Stock-volym m3f	Volymutbyte (m3sv/m3f)				Värdeutbyte per stock			
		PROV %	KANT %	SIM %	SIMr %	PROV kr	KANT kr	SIM kr	SIMr kr
316	0.1995	63.4	59.5	55.8	57.3	207.20	196.61	186.87	197.61
317	0.2162	58.1	57.0	55.0	56.0	208.80	207.37	216.04	220.71
318	0.2179	60.5	55.3	54.0	55.7	220.02	204.08	193.56	203.62
319	0.2404	55.7	55.5	54.4	54.5	239.87	239.23	241.27	241.66
320	0.2196	57.8	57.7	55.3	55.6	229.51	232.71	217.92	218.96
321	0.2049	58.7	58.3	52.8	56.3	214.79	213.75	193.45	200.93
322	0.1890	61.0	57.9	48.5	57.2	190.72	185.29	156.71	185.71
323	0.2275	56.5	58.0	55.5	55.5	236.57	243.32	231.35	231.35
324	0.2351	54.5	54.1	53.3	52.9	230.38	228.45	229.56	227.62
325	0.2389	59.0	59.0	54.0	54.8	241.63	241.63	235.16	239.06
326	0.2106	55.1	55.0	53.3	55.5	212.22	211.98	204.45	213.79
327	0.2080	53.9	54.2	53.7	54.8	191.40	193.85	202.87	207.54
328	0.1870	58.5	53.9	54.3	54.7	172.11	162.21	170.53	171.57
329	0.2213	57.0	55.6	49.7	55.8	217.12	214.13	197.61	211.65
330	0.2182	56.7	58.0	56.9	57.6	222.70	232.14	226.95	230.06
Summa	3.2341	-	-	-	-	3235.04	3206.75	3104.30	3201.84
Virkesvolym		1.8654	1.8302	1.7399	1.7971	-	-	-	-
Volym/Värde utbyte per m3f råvara		57.7	56.6	53.8	55.6	1000.29	991.54	959.87	990.03

Antal stockar = 15

Sammanställning för sågklass : Marma Furu 24,0-25,3 Postning 333.

Stock nr.	Stock-volym m3f	Volymutbyte (m3sv/m3f)				Värdeutbyte per stock			
		PROV %	KANT %	SIM %	SIMr %	PROV kr	KANT kr	SIM kr	SIMr kr
331	0.2350	60.5	65.1	59.0	59.0	252.07	267.64	259.17	259.17
332	0.2767	54.6	55.6	53.8	55.6	284.38	290.17	284.97	295.08
333	0.2490	58.8	58.4	54.0	55.1	264.78	265.97	247.76	253.21
334	0.2607	54.0	56.5	44.0	44.4	226.91	233.52	215.81	218.15
335	0.2631	55.9	56.6	56.7	57.3	275.26	278.69	274.76	277.87
336	0.3018	55.3	56.4	53.4	53.4	304.71	311.32	308.28	308.28
337	0.2961	61.0	61.8	58.7	58.7	316.39	322.49	331.79	331.79
338	0.2398	61.3	62.9	59.2	59.2	277.40	284.76	253.79	271.04
339	0.2380	60.0	59.8	58.4	59.0	270.77	269.73	260.84	263.95
340	0.2520	59.2	59.5	53.8	56.3	261.90	263.88	246.50	255.75
341	0.2216	62.0	64.8	53.4	53.4	235.71	238.74	218.58	218.58
342	0.2509	60.9	61.9	57.9	57.9	275.02	277.96	264.08	264.08
343	0.2577	58.9	61.0	56.9	57.3	278.28	289.56	271.42	273.75
344	0.3063	57.2	57.8	55.6	55.6	337.08	341.26	327.35	327.35
345	0.2477	58.8	58.2	57.5	57.5	277.28	276.12	262.40	262.40
Summa	3.8964	-	-	-	-	4137.94	4211.81	4027.50	4080.45
Virkesvolym		2.2765	2.3220	2.1607	2.1796	-	-	-	-
Volym/Värde utbyte per m3f råvara		58.4	59.6	55.5	55.9	1061.99	1080.95	1033.65	1047.24

Antal stockar = 15

Sammanställning för sågklass : Kastet Gran 17,5-18,5 Postning 411.

Stock nr.	Stock-volym m3f	Volymutbyte (m3sv/m3f)				Värdeutbyte per stock			
		PROV %	KANT %	SIM %	SIMr %	PROV kr	KANT kr	SIM kr	SIMr kr
(401)	(0.1610)	(-)	(50.5)	(52.9)	(52.9)	(-)	(89.65)	(92.95)	(92.95)
402	0.1595	52.4	52.3	50.9	51.0	91.94	92.02	90.22	90.50
403	0.1345	50.9	49.8	51.1	51.1	66.13	62.61	65.68	65.68
404	0.1359	51.9	51.1	50.7	50.7	78.40	76.78	77.19	77.19
405	0.1300	52.0	50.7	45.2	45.2	70.92	70.35	64.43	64.43
406	0.1179	55.2	54.9	52.3	52.0	71.77	71.49	67.79	68.05
407	0.1383	53.2	53.6	51.5	51.5	81.66	81.64	78.99	78.99
408	0.1225	55.9	55.0	54.2	53.9	76.80	75.54	74.42	74.00
409	0.1701	52.8	53.1	51.4	51.4	100.78	99.72	96.34	96.34
410	0.1337	54.0	53.7	54.0	54.0	80.94	79.90	80.94	80.94
411	0.1387	53.3	53.1	53.3	53.3	83.04	82.62	82.90	82.90
412	0.1295	56.0	54.6	56.6	56.6	80.47	78.65	78.85	78.85
413	0.1337	50.7	50.5	51.0	51.0	75.28	74.93	75.20	75.20
414	0.1275	57.6	56.4	51.3	51.0	77.08	74.36	68.55	67.29
415	0.1622	52.8	50.8	52.3	52.3	94.86	91.28	94.16	94.16
Summa	1.9340	-	-	-	-	1130.07	1111.89	1095.66	1094.52
Virkesvolym		1.0325	1.0203	1.0020	1.0011	-	-	-	-
Volym/Värde utbyte per m3f råvara		53.4	52.8	51.8	51.8	584.32	574.92	566.53	565.94
Antal stockar = 14 , () = Ej medräknade stockar, se avsn. 3.4 i rapporten									

Sammanställning för sågklass : Kastet Furu 17,5-18,5 Postning 411.

Stock nr.	Stock-volym m3f	Volymutbyte (m3sv/m3f)				Värdeutbyte per stock			
		PROV %	KANT %	SIM %	SIMr %	PROV kr	KANT kr	SIM kr	SIMr kr
416	0.1459	51.6	50.7	47.6	47.7	140.15	135.21	125.75	126.01
417	0.1531	52.4	51.2	50.7	51.0	144.60	141.88	131.62	132.40
(418)	(0.1302)	(52.2)	(52.7)	(50.1)	(51.8)	(114.17)	(111.58)	(98.92)	(100.65)
(419)	(0.1059)	(37.5)	(37.5)	(44.3)	(44.3)	(67.84)	(67.84)	(62.56)	(62.56)
420	0.1150	51.9	51.4	50.7	50.7	102.86	103.94	101.78	101.78
421	0.1302	57.3	58.4	56.1	56.1	131.95	131.65	127.02	127.02
422	0.1477	52.9	52.4	51.7	51.7	144.53	142.97	140.88	140.88
423	0.1466	52.5	53.2	51.7	52.2	136.23	132.66	132.71	134.28
424	0.1509	51.3	51.0	48.3	49.4	144.85	143.81	132.43	136.08
(425)	(0.1166)	(64.6)	(63.4)	(43.7)	(43.7)	(120.59)	(120.32)	(90.42)	(90.42)
(426)	(0.1572)	(50.7)	(50.4)	(39.3)	(39.3)	(139.03)	(139.35)	(106.06)	(106.06)
(427)	(0.1371)	(54.9)	(52.6)	(51.0)	(51.0)	(129.49)	(125.38)	(124.08)	(124.09)
(428)	(0.1629)	(45.0)	(42.2)	(42.4)	(42.4)	(127.70)	(122.44)	(117.96)	(117.97)
429	0.1529	51.0	51.3	50.4	50.8	144.27	145.32	142.45	143.49
430	0.1258	56.3	55.2	53.1	53.1	122.66	121.94	111.78	111.78
Summa	1.2681	-	-	-	-	1212.10	1199.38	1146.42	1153.72
Virkesvolym		0.6711	0.6678	0.6474	0.6509	-	-	-	-
Volym/Värde utbyte per m3f råvara		52.9	52.7	51.1	51.3	955.84	945.81	904.05	909.80
Antal stockar = 9 , () = Ej medräknade stockar, se avsn. 3.4 i rapporten									

Detta digitala dokument
skapades med anslag från
**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

TräteknikCentrum

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609; 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-14 53 00
Telex: 14445 tratek s
Telefax: 08-11 61 88
Huvudenhet med kansli

Asenvägen 9, 552 58 JÖNKÖPING
Telefon: 036-12 60 41
Telefax: 036-16 87 98

931 87 SKELLEFTEA
Besöksadress: Bockholmsvägen 18
Telefon: 0910-652 00
Telefax: 0910-652 65
Telex: 65031 expolar s

ISSN 0283-4634