

**SIMS**Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier  
Rapport nr 50

## **VÄRDEOPTIMERAT VIRKESUTNYTTJANDE**

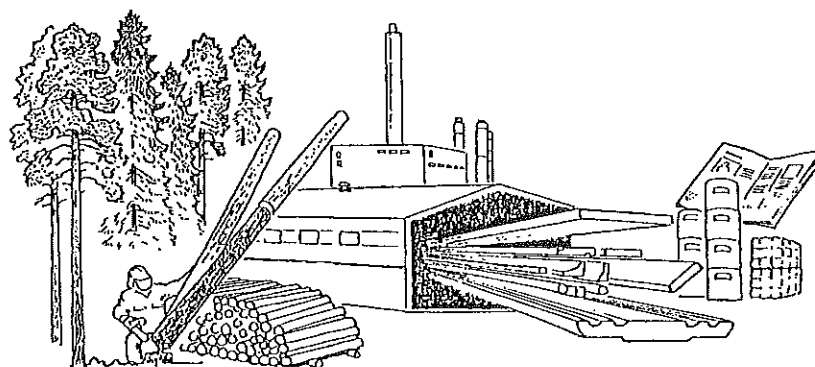
**– En studie av förutsättningarna för ökad lönsamhet inom  
privatskogsbruket genom effektivare virkesutnyttjande**

## **VALUE OPTIMISED WOOD UTILISATION**

**– A study of the prerequisites for increased profitability  
within the small-scale private forestry**

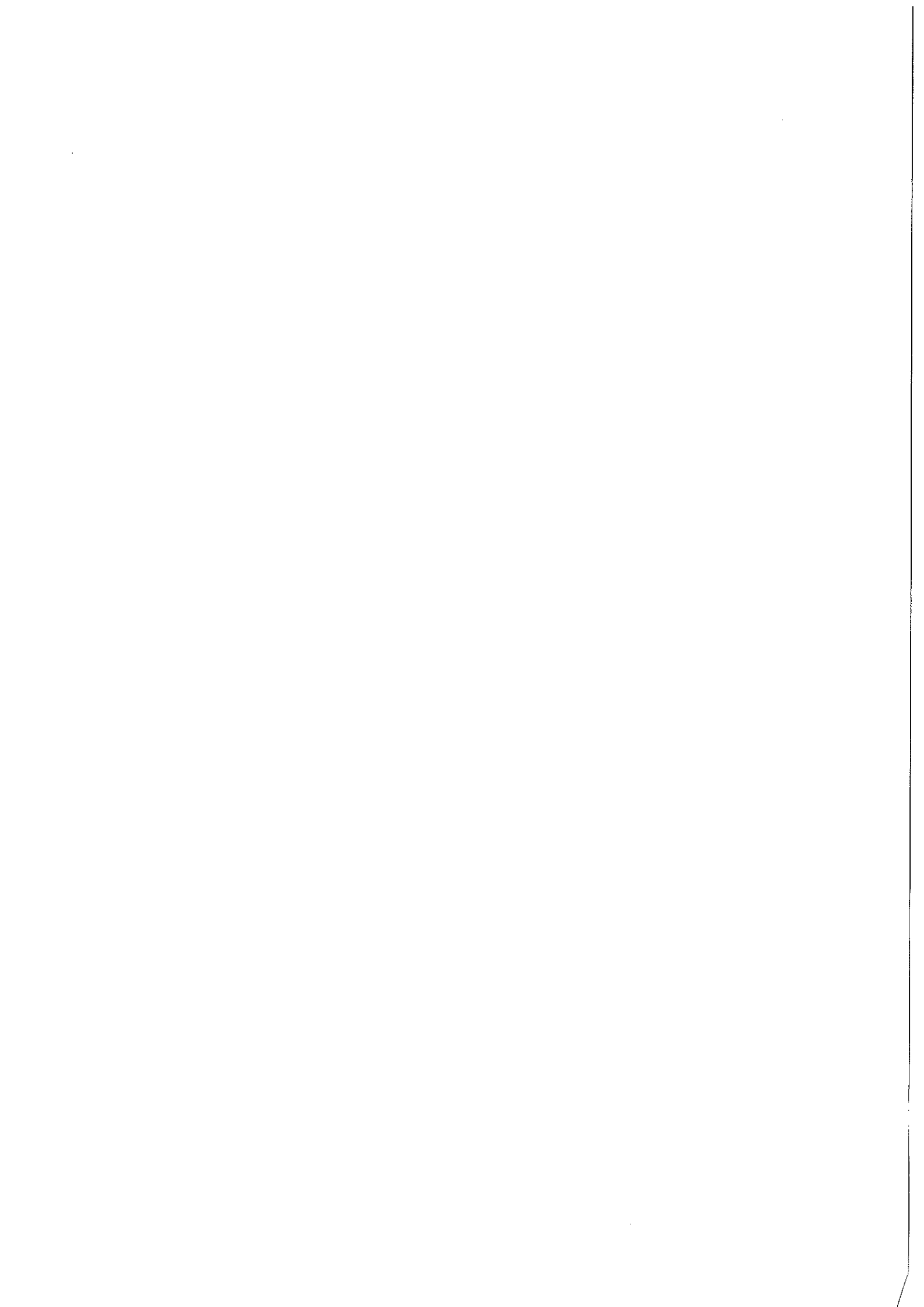
av

Klas Bengtsson  
Lars Björklund  
Håkan Wennerholm



The Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Forest-Industry-Market Studies  
Report No 50

Uppsala 1998  
ISSN 0284-379X  
ISRN SLU-SIMS-R--50-SE



# 1 INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

SIMS presenterade under 1980-talet i en rad olika sammanhang (Lönner 1985, 1989, Anon 1986, Bengtsson & Karlsson 1987) grunderna för det som vi i dag kallar "INTEGRATIONSKONCEPTET". Konceptet kan mycket grovt beskrivas som en metod att, baserat på detaljerad kunskap om virkesanvändarnas krav samt virkesegenskapernas variationer, effektivare styra virkesflödet från skogen till marknaden och därmed kunna optimera virkesutnyttjandet. De problem som tidigt identifierades var:

- 1 Allvarliga brister i kommunikationen mellan marknaden, sågverket och skogen,
- 2 Okunskap om hur virkesegenskaperna varierar inom stammen, inom beståndet och mellan bestånden samt (som en följd av dessa två faktorer)
- 3 En mycket dålig styrning av virkesflödet, såväl över tiden som vad avser kvalitet.

Trots att sågverksbranschen under de senaste tio åren successivt tagit vissa steg mot ökad kundorientering och effektivare informationsflöde, två hörnstenar i konceptet, kan man knappast tala om något genombrott för de idéer som presenterades i mitten av 1980-talet. Tvärtom är enligt vår uppfattning, en mycket dålig samordning skogsåg-marknad med betydande förluster för samtliga parter som konsekvens, fortfarande alltför vanligt.

Den enskilda privata skogsägaren har i detta perspektiv en särskilt utsatt position. Skogsägarens möjligheter att själv skapa ett värde på sin skog genom att finna egna kunder och marknader samt själv svara för vidareförädlingen är av naturliga orsaker normalt kraftigt begränsade. Han/hon måste med förtroende lämna sin råvara till andra att förädla och marknadsföra. Samtidigt har den enskilda privata skogsägaren en rad betydelsefulla konkurrens fördelar. Han/hon känner ofta väl sin egen skog och dess historia, har ofta en stor flexibilitet och har normalt ett genuint intresse av att långsiktigt och effektivt ta till vara sitt skogsinnehavs fulla värdepotential. Genom att olika skogsägare har bedrivit olika typer av skogsbruk och följt olika skötselmodeller har också en potentiellt mycket värdefull heterogenitet i råvaruegenskaper kunnat uppstå (olika råvara passar ju för olika ändamål). Dessa konkurrens fördelar utnyttjas dock knappast alls i dagens skogsbruk. I stället ses småskaligheten och heterogeniteten som "problem" som skall övervinnas, kanske med storskogsbrukets och de stora sågverkens "effektiva" metoder.

Det var ur denna situation, *ineffektivt virkesutnyttjande p.g.a. en dålig samordning skogsåg-marknad, begränsade möjligheter för skogsägaren att påverka värdet av sin*

*egen skog och outnyttjade konkurrensfördelar inom privatskogsbruket, som projektet "Optimalt utnyttjande av skogsråvaran" formulerades.*

## 1.2 Integrationskonceptet

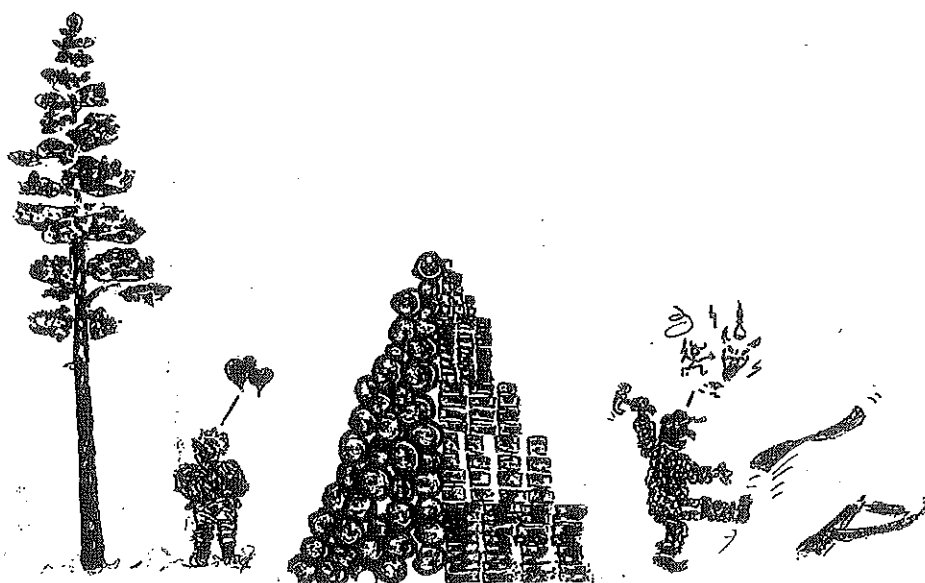
### 1.2.1 Förändringsarbete för ökad lönsamhet genom ökad kundnytta

Det viktigaste kommersiella målet för skogsbruket, eller för ett sågverksföretag, är att tillfredsställa kundens behov och därmed kundens nytta av den produkt som man erbjuder. Förutsättningarna för en hög lönsamhet skapas av en *effektiv organisation* som kan tillfredsställa kundens behov till lägsta möjliga kostnad. Högsta effektivitet uppnås genom hög kompetens hos människorna och genom att organisationen förmår att utnyttja denna kompetens.

Traditionellt, baserat på tayloristiskt tänkande, ligger fokus på att öka *produktiviteten* i form av producerat antal enheter per timme. I dagens omvärldssituation har två grundläggande dimensioner tillkommit, att skapa *kundnytta* och att ständigt utveckla *organisationens kompetens*. Att arbeta kundorienterat, dvs. med kundens nytta som det övergripande målet för alla aktiviteter kräver nya förändringsverktyg och nya organisations- och arbetsmönster. I en stabil miljö med liten konkurrens kan det kanske räcka med att leverera en enligt företagets, eller branschens, egen definition *bra fysisk kvalitet*. Men kunden av i dag kräver *hög kvalitet utifrån sitt eget perspektiv*. En förutsättning för en ökad kundorientering är just insikten att varje kund är unik och har sina egna krav och önskemål samt en förståelse för att det är kundens önskemål som styr, vare sig man vill det eller inte.

Förändringsarbetet syftar därför till:

- \* att verkligen ta reda på vad *varje kund upplever som "hög kvalitet"*
- \* att i organisationen skapa förutsättningarna för att i alla led och i alla moment kunna *anpassa sig* efter kundens krav
- \* att skapa en kontinuerligt pågående *kommunikation mellan kund och leverantör* i alla moment



*Fig. 1 Maximal kundnytta är målet. En förbättrad kommunikation är nyckeln till framgång.*

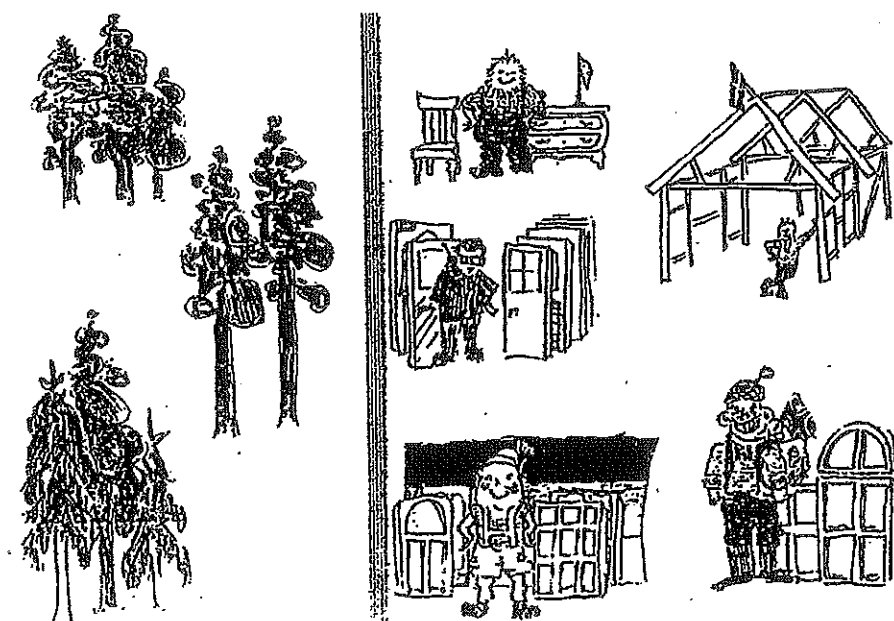
*Fig. 1 Highest possible customer satisfaction is the goal. An improved communication is the key to success.*

Att bygga upp en modern och dynamisk flödesorienterad organisation med inbyggd flexibilitet och förändringsförmåga är naturligtvis inte helt enkelt. Särskilt inte som många gamla sanningar och värderingar måste utmanas. En mer fullständig analys av hur detta arbete bör läggas upp ligger naturligtvis utanför ramarna för denna rapport. I stället hänvisar vi till den riktiga litteratur som finns inom området organisationsutveckling och kvalitetsledning. En god introduktion ges t.ex. i "Flöden för framgång i svensk skogsnäring" (Lönner & Ershammar 1996) som inte bara har varit en inspirationskälla till detta inledande avsnitt om integrationskonceptet utan också kan fungera som en allmän introduktion till ämnet organisationsutveckling/flödesorientering för den som arbetar inom skogsnäringen. Vi kan dock konstatera att en grundläggande princip för ett lyckat förändringsarbete är att det drivs tillsammans av de människor som arbetar i organisationen samt att det finns en *gemensam vision* om vart man vill nå. (En rad olika förändringskoncept finns redovisade i litteraturen t.ex. TQM (Total Quality Management), BPR (Business Process Reengineering), "Styr och Stör Analys" och "Benchmarking" - alla syftande till att strukturera förändringsarbetet). Införandet av ett kvalitetsledningssystem (t.ex. ISO 9001) kan också ses som en typ av strukturerat förändringsarbete.

Risken för att förändringsprojektet misslyckas är också påtaglig. Smärre förändringar kommer till stånd men ofta finns en betydande rädsla att ta tag i de verkliga problemen.

### 1.2.2 En flödes- och marknadsorienterad systembeskrivning

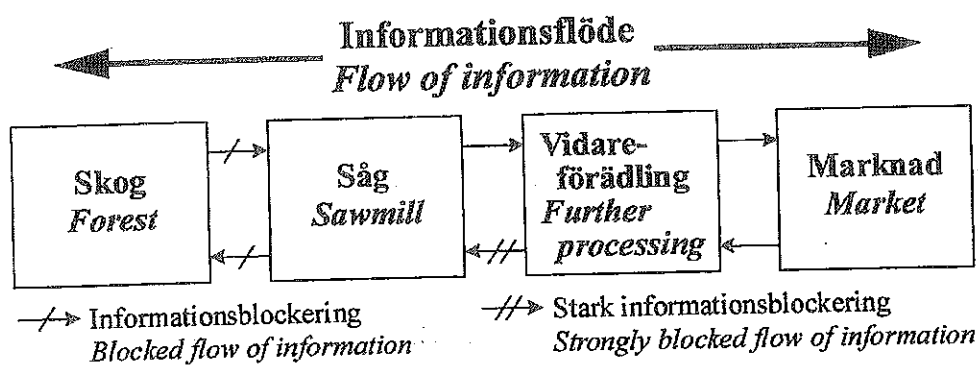
I grunden är frågeställningen mycket enkel. På den ena sidan har vi olika bestånd, olika träd och olika delar av dessa träd - representerande olika virkesegenskaper. På den andra sidan har vi kunder och produkter med olika krav på råvarans egenskaper. Uppgiften är att kostnadseffektivt ta fram rätt råvara till varje ändamål. Det har dock visat sig vara mycket svårt att i skogsbruket finna en väg att praktiskt lösa denna uppgift.



*Fig. 2 På den ena sidan har vi olika bestånd, olika träd och olika delar av dessa träd - representerande olika virkesegenskaper. På den andra sidan har vi kunder med olika krav på råvarans egenskaper. Det handlar om att finna rätt råvara till varje ändamål.*

*Fig. 2 On one side we have different stands, different trees and different parts of these trees - all representing different wood properties. On the other side we have customers with different requirements regarding raw material properties. The question is how to find the best raw material for each purpose.*

Var informationsblockeringarna i kedjan skog-såg-vidareförädling-marknad finns, och hur starka de är, kan alltid diskuteras och det varierar naturligtvis från fall till fall. Lönner (1985) analyserade denna fråga och fann att den starkaste blockeringen ofta fanns från vidareförädlingen och bakåt till sågverket (*Figur 3*). Helt klart är att man i sågverket ofta har en mycket begränsad kunskap om vad som skulle kunna vara verklig kundnytta. Detta är en konsekvens av att sågverket ofta inte har någon *direkt* kommunikation med den vidareförädlade industrin. I det traditionella systemet handlar det i stället om att virket passerar en rad mellanled i form exportörer, grossister och agenter. Handelsled som oftast inte har intresse och kompetens att föra en tekniskt inriktad dialog om kundens krav och sågverkets möjligheter. Till det traditionella systemet hör också standardiserade metoder för sortering och värdering av såväl timmer som sågade trävaror - system som är svåra att anpassa till individuella kunders kravspecificationer. Även i de fall där sågverket faktiskt har direkta kontakter med den vidareförädlade industrin och kravspecifikationer kan upprättas utifrån kundens specifika behov uppstår ofta stora problem i kommunikationen. Dessa problem är en följd av att kedjans olika aktörer talar olika språk - den vidareförädlade industrin har alltför lite kunskap om de skogliga och de sågverkstekniska förutsättningarna för att formulera rätt krav. Samtidigt har sågverkssidan normalt varken erforderlig snickeri- eller byggnadskompetens, eller nödvändig kunskap om förutsättningarna för att styra virkesflödet från skogen på ett effektivt vis.



*Fig. 3 Informationsblockeringar i kedjan Skog-Såg-Vidareförädling-Marknad (Lönner 1985).*

*Fig. 3 Schematic picture showing where in the production chain Forest - Sawmilling - Further processing - Market that the flow of information often is blocked (Lönner 1985).*

Givetvis följer då att sågverken knappast heller har någon påtaglig möjlighet att på ett relevant vis styra verksamheten i skogen vare sig på lång sikt (vad avser skötselstrategier) eller kort sikt (virkesflödet). Verksamheten i såväl skogen som vid sågverket blir i stället med nödvändighet inriktad mot att öka *produktiviteten* i form av producerat antal enheter per tidsenhet samt att minimera kostnaden. De kvalitets-

kriterier som trots allt finns speglar inte nödvändigtvis någon form av kundnytta utan är snarare en form av "god tradition" i branschen och kan alltså inte bidra till en relevant styrning av verksamheten. Detta får nog anses gälla ännu i dag även om vissa steg i riktning mot kundnytta tagits i och med att nya och mer ändamålsorienterade sorteringsystem, såväl för timmerråvaran som för sågade trävaror, har införts (Anon. 1994, VMR 1995).

För att bättre förstå informationsblockeringarnas karaktär måste den bild som ges av figur 3 ytterligare fördjupas. Bilden av en marknad för slutprodukter måste kompletteras med en bild som visar att virkesråvaran passerar ett flertal olika marknader på sin väg från skogen till slutanvändaren (Figur 4). En sammanläggning av figurerna 3 och 4 ger en ny men fortfarande förenklad bild av informationsflödet (Figur 5).

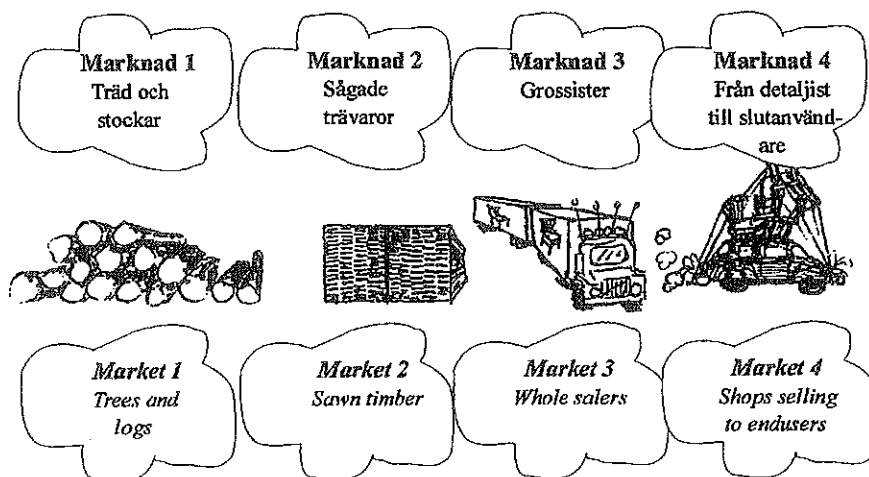


Fig. 4 Exempel på olika marknader inom produktionskedjan.  
 Fig. 4 Examples of different markets within the production chain.

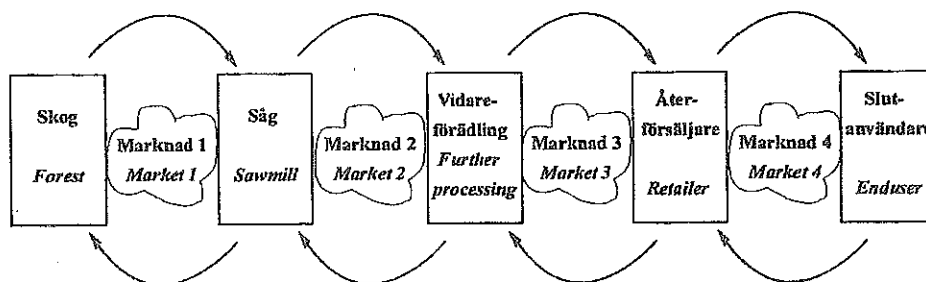


Fig. 5 En mer komplett bild av informationsflödet skog-såg-marknad.  
 Fig. 5 A more complete picture of the flow of information Forest-Industry-Market.



På varje delmarknad finns en rad olika aktörer:

- 1 Marknaden för timmer och massåved - privata skogsägare, kyrka och kommuner, virkeshandlare, köpsågverk, inköpskarteller, skogsägarföreningar, skogsbolag, m.fl.
- 2 Marknaden för sågade trävaror - köpsågverk, skogsbolag, skogsägarföreningar, importörer, exportörer, agenter, grossister, detaljister, snickerindustrier, möbelindustrier, övrig träförädlade industrier, hustillverkare, byggföretag, m.fl.
- 3 Marknaden för "halvfabrikat" (ämnen, komponenter, limfog, limträbalkar etc) - sågverk, snickerindustrier, möbelindustrier, hustillverkare, byggföretag m.fl.
- 4 Marknaden för konsumentprodukter av trä - sågverk, snickerindustrier, hustillverkare, möbelindustrier, byggvaruhus, möbelhandlare, husförsäljare m.fl.

Ett exempel hämtat från Storbritannien (Figur 6) kan ses som en uppförstoring av marknaden för sågade trävaror, och visar tydligt på den komplexa och långa väg som informationen har att vandra inom endast en av boxarna (marknaden för sågade trävaror) ovan.

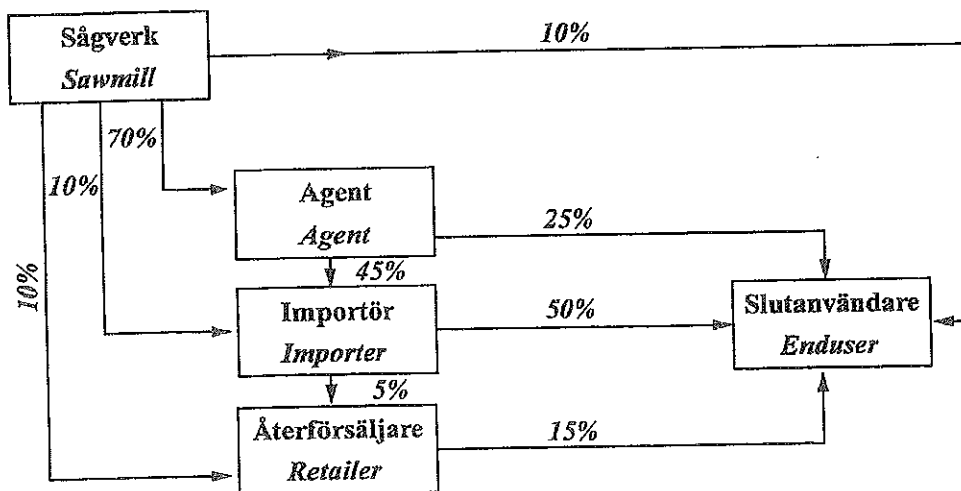


Fig. 6 Översiktlig bild av distributionskanalerna vid export av sågade trävaror från Sverige till Storbritannien 1993 (Luhr, pers. medd.).

Fig.6 Overview of distribution channels for the export of sawn timber from Sweden to Great Britain 1993 (Luhr pers. com.).

Ett stort antal marknader och ett stort antal mellanled borde i sig inte omöjliggöra ett effektivt informationsflöde. Men tyvärr är det nog ofta så att de olika mellanledens affärsidé i mycket baserar sig just på att blockera information och den vägen finna möjligheter att tjäna pengar. Vidare saknas i de olika handelsleden ofta den typ av kompetens som skulle kunna bidra positivt till en effektivisering av marknaden - genuin kunskap om råvarans egenskaper och kunskap om olika användares krav och önskemål (t.ex. snickeri- och byggnadskunnande). Detta är också en sannolik förklaring till varför satsningar på att bygga upp egna försäljningsorganisationer ofta inte inneburit någon avgörande förändring.

I detta avsnitt har vi försökt belysa några orsaker till svårigheten att kommunicera i den långa kedjan skog-såg-marknad. Tyngdpunkten har hittills, baserat på informationen i figur 3, legat på svårigheten att erhålla relevant information i riktningen från marknaden till sågverket och vidare till skogen. Den enda faktiska information som alltid tycks nå genom alla led är "för dyrt", (Brandinger 1993). En nog så konkret information och en given konsekvens är den i branschen så tydliga inriktningen mot kostnadsminimering. Övrig viktig information, t.ex. att produkten var dyr därför att spillet blev så stort eller slutresultatet så dåligt p.g.a. att virkets egenskaper inte passade för ändamålet, fastnar alltför ofta någonstans på vägen.

**Bara negativ information når skogen**  
*Only negative information reaches the forest*

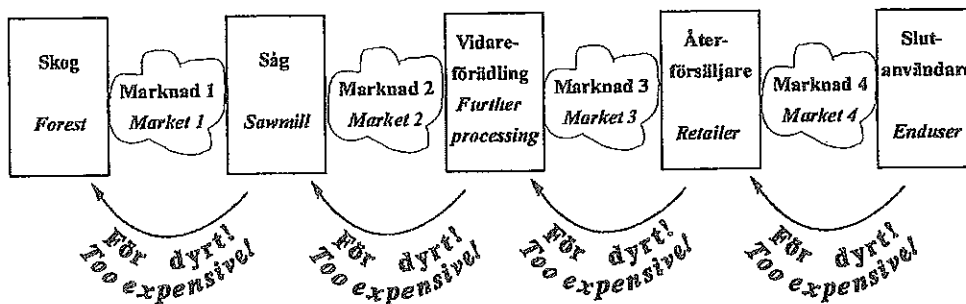


Fig. 7 Ofta är den enda information som tar sig hela vägen från slutanvändaren (konsumenten) till skogen den att priset var för högt. Vad som egentligen var problemet kommer aldrig dem till kännedom som faktiskt skulle kunna göra något åt det (efter Brandinger 1993).

Fig. 7 The only information coming through all the way from end-users to the forest is often that the price was too high. The actual cause of dissatisfaction will then never be known to those who could do something in order to improve the product (from Brandinger 1993).

Hur ser då informationsflödet i den andra riktningen, från skogen till marknaden, ut? Ja, det är knappast bättre! Utan att gå in i några detaljer om hur (detta behandlas utförligt i senare kapitel) kan vi här slå fast att goda prognoser över en stams virkesegenskaper vid vuxen ålder kan göras redan i röjnings- och förstagallringsbestånd. Fram till slutavverkningstidpunkten borde sen mer information om beståndets utveckling ha kunnat samlas upp. Vid själva avverkningstidpunkten skulle slutligen, med hjälp av modern mätteknik och välutbildade maskinoperatörer, kompletterande beståndsspecifik likväl som stam- och stockspezifisk information kunna dokumenteras. Dessa möjligheter att skapa ett flöde av relevant information från skogen till industrin utnyttjas i dag endast i mycket begränsad omfattning. Vi vill också hävda att även utan en dokumentation av skogshistoriken skulle värdefulla prognoser över en stams virkesegenskaper (och därmed lämpliga användningsområden) kunna göras endast baserat på information insamlad i samband med beståndets och stammens avverkning. I dagens skogsbruk sker visserligen en viss löpande dokumentation av skötselåtgärder etc. men knappast på ett sådant vis att denna information effektivt kommer att kunna fungera för styrning av virkesflöden i framtiden. Detta är ju i dag inte heller syftet. Vidare utnyttjas normalt inte heller, mer än på ett mycket grovt och till delar felaktigt vis, möjligheten att analysera trädens inre i samband med avverkningen.

I dag förloras alltså värdefull information direkt vid avverkningen samt i samband med vidaretransporten. Låt oss nu anta att man verkligen lyckades ta tillvara den tillgängliga informationen vid tidpunkten för avverkning. Nästa problem blir då att på ett effektivt vis spara och knyta denna information till den enskilda stocken eller till en grupp av stockar (ett sortiment). Med dagens avverkningssystem skulle det sannolikt enklast kunna ske genom någon form av färgmärkning (vilket också sker vid enstaka företag) eller genom individuell stockmärkning med t.ex. transpondrar, vilket också är under praktisk utprovning vid några företag. Den *normala* situationen är dock att allt sågtimmer blandas ihop omärkt för vidare transport ner till sågverket där "informationskatastrofen" fullbordas. Timmer från olika geografiska områden, olika bestånd, olika trädklasser, olika åldrar, olika delar av stammen osv. blandas effektivt om och fördelas sedan slumpmässigt utifrån en enda egenskap (förutom trädslag) - stockens toppdiameter (*Figur 8*).

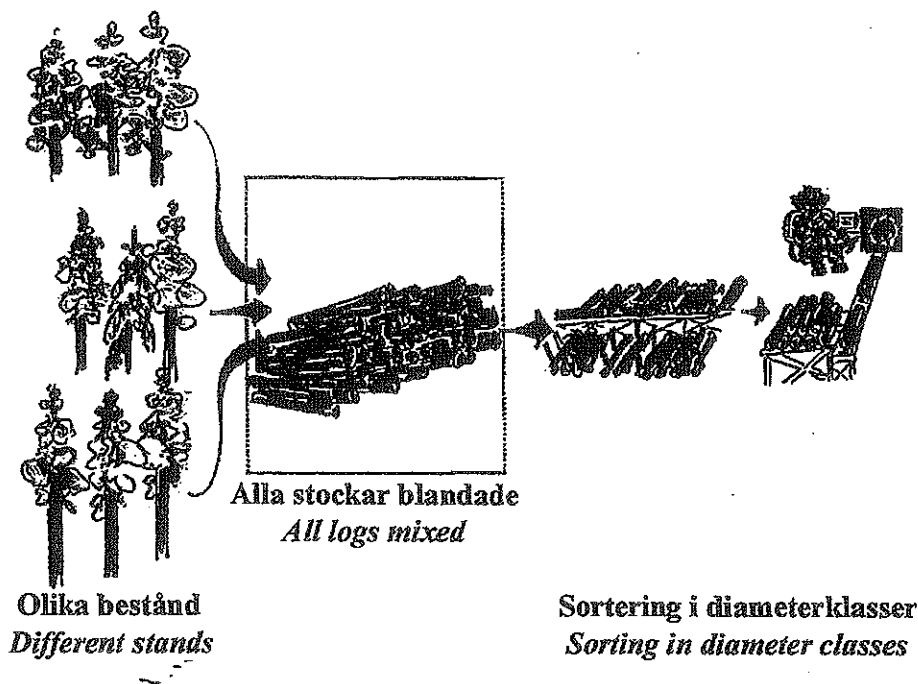


Fig. 8 Informationen om varifrån stocken kom (bestånd, trädtyp, del av träd) förloras slutgiltigt i samband med dimensionssorteringen vid sågverket.  
 Fig. 8 Information regarding the origin of the log (stand, tree class, part of the tree) is lost when sorting by top-end dimension at the sawmill.

I figur 9 görs ett försök att beskriva principen för hur teoretiskt tillgänglig information om relevanta virkesegenskaper försvinner på sin väg från skogen till utlastningen av färdiga trävaror. Denna visar att skogsbruket sitter på en stor mängd värdefull information. En tröst i sammanhanget är dock att skadan av "katastrofen" är begränsad eftersom få sågverk har sådan kunskap om vad som är verklig kundnytta (se föregående diskussion om kommunikationshinder i riktningen marknad-såg-skog) att denna typ av information skulle kunna utnyttjas till sitt rätta värde.

Efter sönderdelningen av de så omsorgsfullt blandade timmerstockarna, sker sedan normalt ett försök att sortera upp den sågade råvaran i olika kvalitetsklasser (i går: o/s, kvinta, utskott och vrak - i dag A,B,C och D). Ofta är precisionen i denna typ av styrning (framför allt i det gamla o/s-V-VI-systemet) så låg att kunden föredrar att köpa t.ex. "sågfallande" eller "V-bättre" dvs. kunden accepterar att köpa virket från skogen mer eller mindre osorterat. I de fall en vidareförädlare kund vågar gå utanför de givna standardsortimenten, t.ex. genom att beställa en egen vald längd, dimension och/eller postningsmönster föreligger en betydande risk att han också tvingas ta allt som faller i detta sortiment. Att därutöver kräva en bestämd kvalitet blir då ofta orim-

ligt. Men vad göra - råvaran in är okänd, sågtekniken kräver dimensionssortering, och vilken annan kund vill ha just den konstiga dimensionen/kvaliteten?

Detta försök till beskrivning av virkesflödet skog-såg-vidareförädling-marknad och informationsflödet i samma system indikerar tydligt ett behov av förändringsarbete. Kunskap om vad kunderna upplever som "hög kvalitet" saknas alltför ofta och förutsättningarna för att i alla led och i alla moment anpassa sig efter kundernas krav blir då också alltför dåliga. Målet - rätt råvara till rätt ändamål i rätt tid tycks i detta perspektiv avlägset och skogsråvarans verkliga värdepotential tas knappast till vara på ett tillfredsställande sätt.

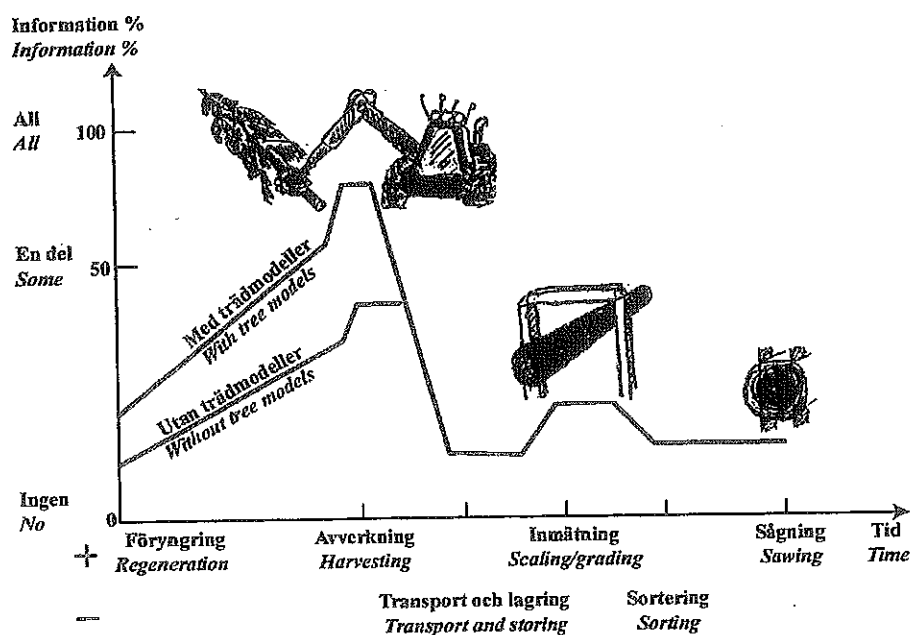


Fig. 9 Principskiss över en typisk produktionskedja och den mängd information om virkesråvarans egenskaper som finns tillgänglig vid olika tidpunkter. Den största informationsförlusten inträffar när omärkta stockar transporteras från skogen till industrin. Med hjälp av trädmodeller kan informationsmängden i skogen ökas ytterligare.

Fig. 9 An illustration of a typical production chain and the amount of available information concerning wood properties as a function of time. The information available in the forest when harvesting is lost during the transport. The information available in the forest can be further increased if tree models are available.

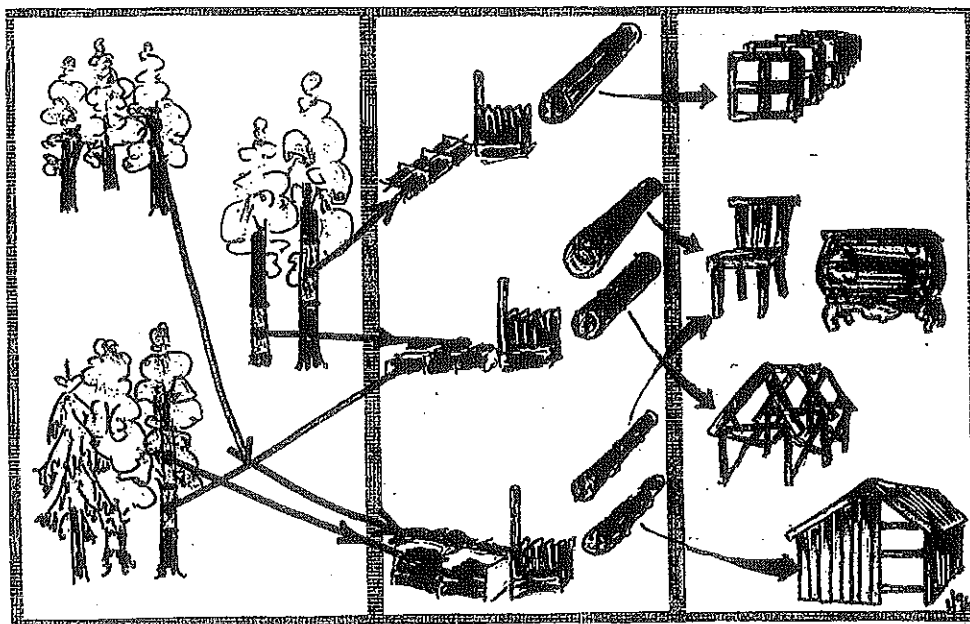


Fig. 10 Målet - rätt råvara till rätt ändamål i rätt tid.

Fig: 10 The goal - the right raw material for the right purpose in the right time.

### 1.2.3 En skogsråvaras värdepotential

Att en given resurs, t.ex. skogsråvara, har ett (högt) värde innebär inte med nödvändighet att detta värde med automatik kommer att kapitaliseras. Förutsatt ett klokt utnyttjande av resursen, över tiden och i varje led, bör det fulla värdet kunna tas till vara. Tyvärr är risken dock uppenbar att man någonstans i någon tid vidtar en åtgärd, kanske på grund av slarv eller okunskap, som sätter detta värde på spel. Detta gäller i princip alla branscher men blir särskilt tydligt inom skogsbruket. Frågan om skogsråvarans värdepotential blir därför en för varje ekonomiskt rationell skogsägare central fråga.

Det första hotet mot skogsråvarans värde uppstår redan före det att ett nytt bestånd har anlagts - vid valet av avvecklingsstrategi för det gamla beståndet. (Genom att t.ex. kalavverka ett område som med framgång kunde självföryngras har kanske möjligheten att erhålla en tät föryngring omintetgjorts). Genom alltför tidiga röjningar och röjning av fel stammar (t.ex. genom att röja hårt redan vid 2-3 meter och genom att "städa bort" all björk) kan möjligheterna att producera intressanta och värdefulla virkesegenskaper ytterligare försämrats. Detta särskilt som röjningen ofta sker i form

av att såväl klena stammar med klen kvist som "vargar" med potential för produktion av friskkvistvirke röjs bort.

I förstagallringen ges skogsägaren ytterligare en betydelsefull chans att styra beståndet mot de egenskaper han tror kommer vara viktiga i en avlägsen framtid. (Se även Björklund & Hörnfeldt 1996, Tallens "kvalitet" på bördig mark - Nya rön från Granvik). Samtidigt har han här för första gången möjlighet att börja kapitalisera beståndets värde. En sund ekonomisk kalkyl ger alltid kapitalet ett pris (ett räntekrav uppstår) vilket innebär att åtgärder som snabbt ger pengar tillbaka på givna investeringar kommer att vara särskilt konkurrenskraftiga. Kanske innebär detta att höggallring, trots förlängd omloppstid, blir ett lönsamt alternativ. För den som på lång sikt tror att egenskaper som kvistrent virke, liten andel ungdomsved, små kvistar etc. kommer vara attraktiva på marknaden är detta kanske ett särskilt intressant alternativ. Under beståndets fortsatta skötsel, från gallringar till slutavverkning, kommer fler beslut att tas. Valet av slutavverkningstidpunkt är ett gott exempel där en stor värdepotential kan sättas på spel. Ett, kanske i en snar framtid "klassiskt", misstag är skogsbrukets och skogsägarnas tanke att beståndet "växer in i en högre kvalitet" "växa in i o/s". Begreppet antyder att "kvaliteten" inne i trädet "utvecklas" vilket är ett missledande synsätt. Det som händer är att ny ved med delvis andra egenskaper än tidigare bildad ved adderas till stammen. Det som möjligtvis "utvecklas", dvs. blir slätt och fint, är barken. Detta isolerat skogliga sätt att tänka leder ofta till direkt felaktiga prioriteringar av slutavverkningsobjekt. Bestånd som *på sikt* skulle kunna ha gett värdefulla kvistrena sortiment avverkas medan bestånd som *aldrig* kommer att kunna ge värdefulla virkesegenskaper - får stå på tillväxt så att även de får en fin och slät bark. Genom okunskap, och suboptimeringar mot felaktigt grundade prislistor, kan värdet av de riktiga och ambitiösa åtgärder som gjordes för kanske 100 år sedan omintetgöras. Virkesråvarans värdepotential realiseras då aldrig (*Figur 11*).



*Fig. 11 Växa in i o/s. Vilket bestånd bör prioriteras för avverkning i dag? Hur skall råvarans värdepotential, sett över hela kedjan, bäst tas till vara.*

*Fig. 11 Growing into a higher grade. Which stand should be prioritised for harvesting today and in the future? There is a risk that grading systems based on external appearance lead to sub-optimisations where the full value potential is not recovered.*

Nästa risk att förstöra en given värdepotential är under själva avverkningsarbetet. Genom att applicera felaktiga modeller för aptering och sortering kan fel del av trädet, apterat till fel längd, hamna på fel sågverk som sen levererar råvaran vidare till fel användning. Erfarenheter från besök vid olika träförädlade industrier såväl i Sverige som internationellt visar tydligt att dagens styrsystem i alltför liten utsträckning baseras på vad som är verklig kundnytta. Gamla traditioner har fortfarande ett (h)järngrepp om branschen. En effektivare kontroll av flödet från skogen till den vidareförädlade kunden måste bli ett högprioriterat område. Mer om principerna för hur detta borde gå till i de följande kapitlen.

De grunder på vilka en skogsägare tar långsiktigt avgörande beslut måste baseras på ett synsätt som tål framtidens krav på verklig kundnytta. Sett ur den enskilda skogsägarens perspektiv är det därför ytterst viktigt att lagstiftare, rådgivare och virkesköpare har en god helhetsyn. Vacker bark kan kanske ännu i dag blända flertalet virkesköpare men knappast morgondagens utrustningar för genomlysning av stockar (Grundberg & Grönlund 1997). Vidare är det givetvis ur alla skogsägares perspektiv helt avgörande att den värdepotential som i dag finns i skogen verkligen också tas till vara. En ökad direktkontakt mellan skogsägarna/skogsbruket och den vidareförädlade industrin är kanske den bästa garantin för att dessa värden i framtiden bättre



skall tas till vara. Detta ställer stora krav på ökad *kompetens* hos såväl säljare som köpare.

Integrationskonceptet syftar till att en så stor del som möjligt av den värdepotential som virkesråvaran erbjuder, på kort likväl som lång sikt, skall kunna tas till vara. Grunden för konceptet utgörs av kunskap om virkesråvaran och dess användning samt god kommunikation skog-såg-marknad.

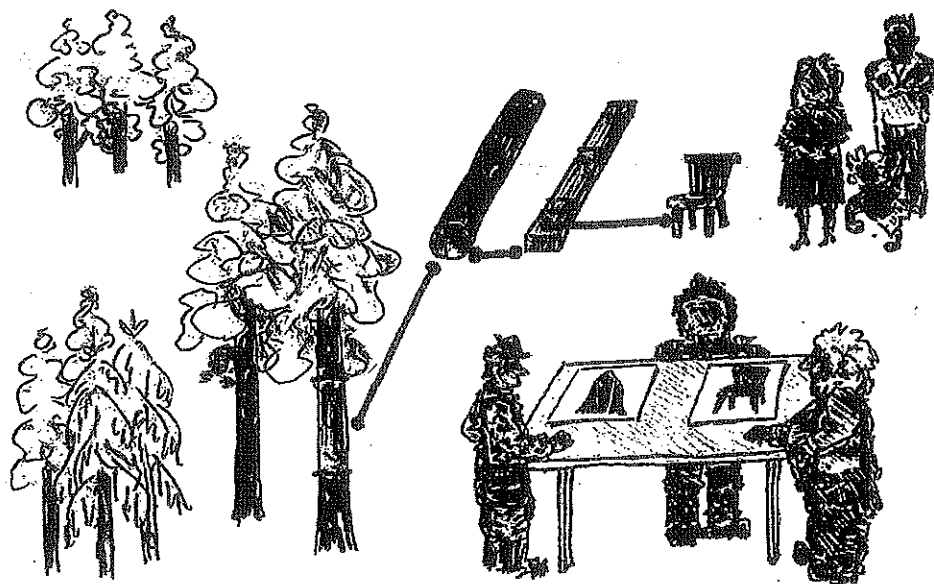


Fig. 12 *Mötet i centrum. Grunden för integrationskonceptet utgörs av gedigen kunskap om virkesråvaran och dess användning samt god kommunikation skog-såg-marknad.*

Fig. 12 *The meeting in focus. The basis for the concept of integration is a thorough knowledge about the raw material and its end-uses, and a well functioning communication forest-industry-market.*

#### 1.2.4 Bättre virkesutnyttjande baserat på marknadsanalys och kvalitetsinventering

##### Att börja i båda ändarna samtidigt

För att kunna genomföra en meningsfull och kostnadseffektiv marknadsanalys och för att kunna föra en utvecklande diskussion med den vidareförädlade industrin krävs att skogsbruket kan väl beskriva den aktuella råvarubasens egenskaper. En bred kunskap om under vilka omständigheter, i vilka volymer och till vilken kostnad virke med olika egenskaper kan ställas till industrins förfogande är naturligtvis centralt, inte minst för att kunna identifiera relevanta marknadssegment. För att detta skall vara möjligt krävs att råvarubasen finns väl beskriven genom relevanta inventeringar. Men för att kunna genomföra en meningsfull och kostnadseffektiv skoglig inventering krävs stor kunskap om vad som är verklig kundnytta, dvs. vilka egenskaper skall den skogliga inventeringen identifiera och klassificera. Detta innebär att innan en skoglig inventering kan planeras och genomföras måste man ha stor kunskap om kundernas behov - dvs. man måste genomföra en marknadsanalys. Vi hamnar därmed i den klassiska diskussionen - vad kommer först, hönan eller ägget?

Frågeställningen kan tyckas teoretisk men praktiska exempel visar att svaret inte är givet. Ett problem är att kedjans olika aktörer ofta saknar erfarenhet av råvara med egenskaper som tidigare inte identifierats och/eller klassificerats. Det innebär att sågverken, den vidareförädlade industrin och i slutändan kunderna, inte kan förväntas fråga efter något de inte känner till eller trodde var möjligt att ta fram (till rimlig kostnad) ur skogen. Dessutom har man redan anpassat sina produktionsanläggningar samt kraven på utbytesprocent och slutprodukten egenskaper till den i dag tillgängliga råvaran. På motsvarande vis kan man knappast förvänta sig att skogsbruket skall börja identifiera och sortera efter egenskaper som ingen någonsin har frågat efter.

Svaret på frågan om vad som ska göras först är dock normalt att båda till viss del redan gjorts. Startpunkten är aldrig noll. Någon form av inventeringar finns alltid gjorda och någon uppfattning om marknaden finns också alltid. Vad det handlar om är att med hjälp av kreativt tänkande ta sig växelvis framåt. Beakta marknadsinformation när kvalitetsinventering planeras och beakta inventeringsdata när marknadsanalys planeras. Nästa gång finns mer information och då förbättras datainsamlandet.

##### Marknadsanalys

En väl genomförd kartläggning av de viktigaste vidareförädlarnas behov utgör, från skogsbrukets horisont sett, det kanske enskilt viktigaste steget för en framgångsrik introduktion av integrationskonceptet. Analysen i sig ger inte bara viktig ny kunskap -

den utgör ett första viktigt steg i byggandet av ett nätverk för kommunikation skogsåg-marknad. Vikten av att inkludera inte bara sågverkets marknadsavdelning utan såväl skogsbrukets planerings- och avverkningsorganisation som sågverkets planerings- och produktionsorganisation i detta nätverk är svår att överskatta. När råvaran kommer från privatskogsbruket gäller det också att kunskap från marknadsanalyserna i relevant form förs vidare till de enskilda skogsägarna. Åtminstone för de mer aktiva skogsägarna bör denna typ av information vara en viktig inspirationskälla för det egna skogsbruket. Viktigare ändå är att skogsägaren får en större möjlighet att förstå och acceptera de prislistor, nya kvalitetsdefinitioner, ökade krav på beståndsbeskrivningar etc. som följer av en ökad integration skogsåg-marknad.

Grunden för en meningsfull marknadsanalys utgörs av en ingående beskrivning av den vidareförädlade industrins krav på virkesråvaran (kundens behov). Marknadsanalysen måste dessutom baseras på gediget kunnande om virkesråvarans egenskaper och den vidareförädlade industrins produktionsapparat. Snickerikompetens är alltså nära nog ett måste. Då varje enskild vidareförädlade industri kan förväntas ha olika produktionsförutsättningar, krav och önskemål måste analysen också baseras på studier av individuella företag. Att nöja sig med att analysera kunderna endast utifrån vilket segment de tillhör, t.ex. fönstertillverkare, leder alltför ofta till felaktiga beslut i såväl skogsbruket som i sågverket.

Ett första steg efter det att en relevant kundkontakt skapats och kundens behov noggrant analyserat är en serie av provleveranser. Den i dag viktigaste funktionen med provleveranser är att de skall utgöra ett bevis på att skogsbruket och sågverket verkligen klarar att leverera den aktuella produkten. För att framgångsrikt kunna implementera integrationskonceptet är det av avgörande betydelse att såväl skogen som sågverket verkligen tar aktiv del i arbetet kring provleveranserna. Dessa utgör inte bara ett viktigt underlag för en praktiskt inriktad diskussion om olika tekniska specifikationer, de ger också en möjlighet att följa virkets väg genom den vidareförädlade industrin. Därigenom kan leverantören få en inblick i hur den egna produkten fungerar, först i produktionsprocessen och sedan i slutprodukten. Denna inblick utgör en viktig grund för en fortsatt och initierad dialog med kunden, samt en möjlighet att på hemmaplan produktutveckla mot kundens produktionsanläggning och slutprodukt. Innan en första provleverans kan göras krävs dock gedigen kunskap om den egna råvarubasen. Kvalitetsinventering är instrumentet för att styra råvaruflödet från skogen.

#### Kvalitetsinventering

En möjlig konkurrensfördel inom privatskogsbruket är att de enskilda skogsägarna ofta har en gedigen kunskap om det egna skogsinnehavet och dess historia. En värdefull kompetens som kan utnyttjas vid en mer kvalitetsorienterad styrning av virkesflödet. Det gäller dock att ta till vara denna befintliga kunskap, komplettera med

ny och nödvändig information, och sammanställa detta i ett överskådligt och lätt tillgängligt format. Allt detta sammanfattar vi i begreppet *kvalitetsinventering*.

Med kvalitetsinventering avser vi här en beskrivning av stående träds virkesegenskaper. Ett centralt begrepp i detta sammanhang är trädmodeller om vilket nästa kapitel handlar. Utgångspunkten för sådana beskrivningar kan med fördel vara redan tillgänglig information. Kunskap om en enskild stocks eller stams inre struktur och virkesegenskaper finns faktiskt, om än i begränsad omfattning, redan innan beståndet anlagts. Alltså, kanske 100 år före det att trädet avverkas kan en första prognos ställas om den sågade trävarans lämplighet för olika ändamål. En sådan prognos kan baseras på tänkt förnyringsmetod, markens bonitet samt breddgrad och höjd över havet. Redan efter, låt säga, 10 till 20 år kan sedan en betydligt säkrare prognos av utfallet göras. Denna prognos blir sedan allt bättre ju mer av skötselåtgärderna som dokumenteras. Väl dokumenterad information om beståndets utveckling från ungskog till slutavverkningsmogen skog är alltså mycket värdefull för att beskriva virkets egenskaper. Det normala är dock att sådan dokumentation saknas och att fältmätningar är nödvändiga. Vid en *kvalitetsinventering* mäter man då variabler som har stark korrelation till de virkesegenskaper man vill beskriva, eftersom de sökta virkesegenskaperna normalt sett inte kan mätas direkt i fält. Det kan t.ex. handla om att analysera det vi brukar kalla trädets egen skötseldokumentation - årsringsutvecklingen.

En systematiskt genomförd kvalitetsinventering av de bestånd som står inför någon form av avverkning är sannolikt ett av de viktigaste stegen mot bättre integration och därmed bättre virkesutnyttjande. Utan en verklig förståelse för marknadens krav - se föregående avsnitt - är det dock knappast möjligt att bygga upp ett framtidsinriktat beståndsregister med relevant information om olika beståndsvariabler.

# FAKTA *Skog*

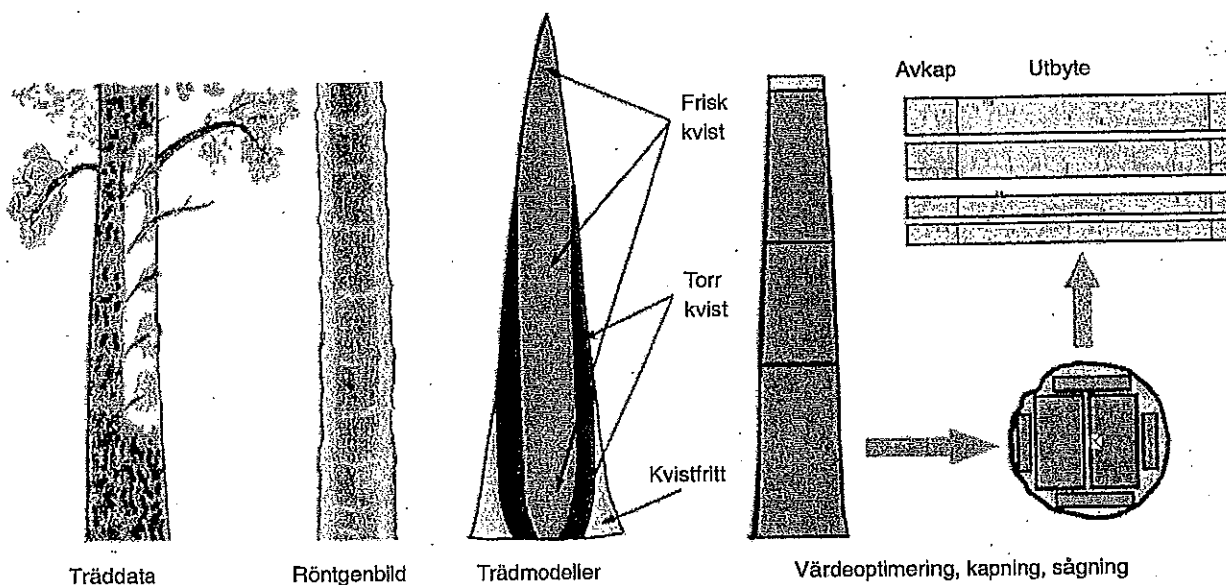
Sammanfattar aktuell forskning vid SLU • Nr 8 1999

Lars Björklund Lennart Moberg

## Trädmodeller

– nyckeln till högre virkesvärde

- Nu finns trädmodeller för tall- och granstammar i Sverige. Med en trädmodell kan enskilda stammars virkesegenskaper beskrivas, om man har data om stammens yttre och trädets växtplats.
- Hur varje stam ska kapas och vilka produkter som sågverket bör såga fram för att få högsta möjliga värdeutbyte ur varje stam kan beräknas med hjälp av dataprogrammet SOPT.
- Trädmodeller och dataprogram som t.ex. SOPT ska användas för styrning av virkesflödet ända från avverkningstrakten, så att varje produkt tillverkas av lämpligaste råvara. Resultatet blir mer enhetliga produkter och högre värdeutbyte för alla aktörer i produktionskedjan.

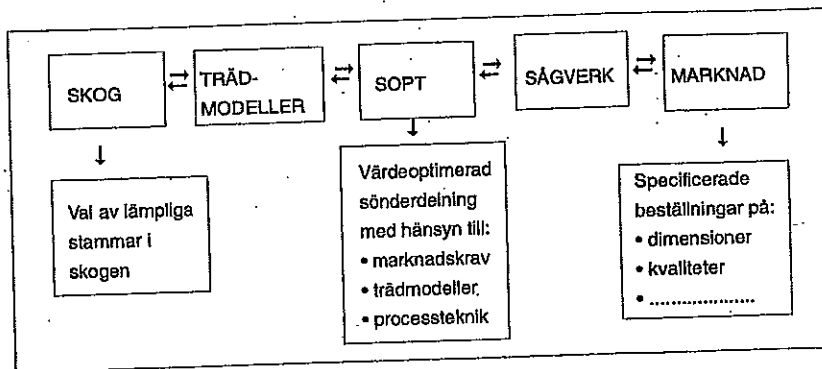


*Från skog till marknad – värdeoptimering av varje stam med hjälp av trädmodeller.*

Dagens skogsbruk kan karakteriseras som produktions- optimerande och kostnads- minimerande. Men en fråga som ofta ställs är: "Skulle inte samma virkes- mängd kunna generera ännu större inkomst?". Inom forskargruppen "Tråkvalitet och virkesutnyttjande" vid institutionen för skogshushållning här forskning kring denna och andra integrationsfrågor pågått i 15 år. Förbättrad integration skog - industri - marknad handlar bl.a. om "konsten att styra virkesflödet så att varje produkt tillverkas av lämpligaste råvara". Vi söker alltså värdeoptimerande lösningar. I figur 1 visas en enkel system- beskrivning. En analys av denna har sagt oss att forskning och utveckling bör koncentreras på att ta fram två verktyg; trädmodeller för beskrivning av den stående skogen samt program- vara för värdeoptimerad sönderdel- ning (figur 5). Dessa verktyg kan sedan användas i olika skogliga planeringssammanhang och ska ses som medel för att förbättra kommuni- kationen mellan skogen och indu- strin. Sett från marknaden vill vi, baserat på detaljerade produkt- beskrivningar, söka efter lämpligaste råvara. Sett från skogen skulle vi, om alla produktkrav vore kända, kunna göra mesta möjliga vinst från de be- stånd som ska avverkas. Kanske kom- mer denna inriktning att leda till något högre kostnader och något fler anställda i skogen, men det för skogsägarna viktigaste torde vara att maximera vinsten. För den föräd- lande industrin borde vinstpotentia- len vara uppenbar. Ingen tjänar på spill eller dåliga produkter.

### Stambankar underlag för trädmodeller

Som underlag för utveckling av träd- modeller används s.k. stambankar. Under 1993-1996 skapades "Tallstambanken", en nationell databas där egen- skaper för 198 noggrant utvalda tall- stammar från SLU:s skogliga försöks- ytor dokumenterats. Genombildanalys av tomografibilder (figur 2) beskrevs samtliga kvistar inuti stammarnas timmerdel, stammarnas geometri, märengens position samt gränsen mel- lan kärna och splint. Under 1997- 1999 har en liknande databas för gran, omfattande 192 stammar, byggts upp inom ramen för två EU-projekt.



FIGUR 1. En enkel beskrivning av produktionskedjan.

### Vad är en trädmodell?

Dagens beskrivning av råvaran i stå- ende skog utgörs ofta av en subjektiv bedömning längs en "kvalitetsskala" där bra utgörs av en kvistfri stam med slät bark. Trädmodeller, däremot, beskriver enskilda stammars virkesegenskaper baserat på matematiska funktioner där ståndorts-, bestånds-, och träd- variabler är förklarande variabler. Vid utvecklandet av trädmodeller gäller det att begränsa antalet förklarande variabler till något som blir praktiskt möjligt att registrera vid inventeringar i fält. Inledande tester har visat god träffsäkerheten vad gäller att hitta rätt virke för en specifik produkt. När modellerna börjar användas i prak- tisk skala är det därför rimligt att anta att de kommer att förklara en så stor del av variationen i skogen att de blir ett värdefullt underlag vid marknads- styrd avverkningsplanering.

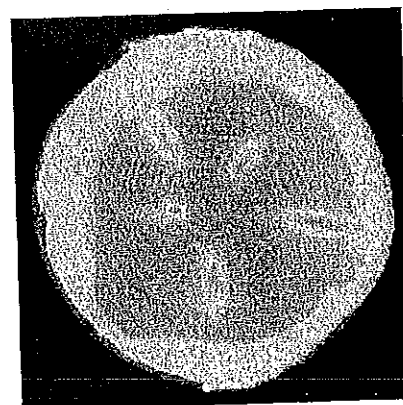
Valet av information, i form av virkes- egenskaper, som modellerna ska för- medla, måste baseras på marknadens krav på olika slutprodukter. Inom speciellt möbel- och snickerisektorn är kvistarnas antal, storlek samt för- delning på torra och friska av central betydelse, främst av estetiska skäl. Kvistigheten påverkar också virkets hållfasthet och är därför betydelsefullt även för konstruktionsvirke. Andra viktiga egenskaper är årsringsstruktur (så att t.ex. märengens ungdomsved kan undvikas för vissa produkter), kärnved, växtvridenhet och densitet. En virkesegenskap som är positiv för en viss produktionsprocess eller en viss slutprodukt kan vara negativ för en annan. Begreppen virkesegen- skap och kvalitet bör därför hållas isär.

### Stamform och kviststruktur

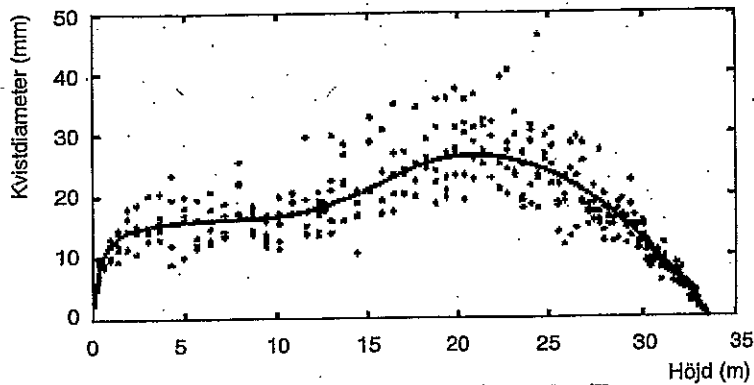
Första steget i att bygga upp en träd- modell är att beskriva stamformen,

dvs. skalet för de virkesegenskaper som sedan skapas. Här har vi valt de beprövade avsmalningsfunktionerna av Edgren-Nylinder (1948). Ingångs- variabler är trädslag, del av Sverige, brösthöjdsdiameter, trädhöjd och ett skattat formtal.

Kviststrukturen skapas med en serie funktioner och samband. Från höjd- utvecklingsfunktioner erhålls varje kvistvarvs höjd i stammen. En funk- tion av ståndortsindex och avstånd till nästa kvistvarv ger antalet kvistar i kvistvarvet. Sedan följer det mest cen- trala i kvistgenereringen, kvistarnas diameter. Här används en tredelad funktion där olika delar av stammen förklaras av olika variabler. Kvist- diametern inom kronan kan då kopp- las till kronans utseende medan kvist- diametern i stammens nedre del korre- leras till t.ex. årsringsutvecklingen. Med utgångspunkt från data i stam- bankarna ges kvistarnas diameter en lämplig variation kring medelvärdet (se figur 3). Nästa steg blir att be- räkna friskkvistlängden vilken för gran bygger på kvistdiametern. I de avslutande stegen bestäms torrkvist- längd samt kvistarnas radiella och longitudinella vinklar. Resultatet blir



FIGUR 2. Bildanalys av tomografi- bilder visar stammarnas geometri, kvistinformation, kärnvedsgräns etc.



FIGUR 3. Modell över kvistdiameter hos gran från stubbe till topp.

en beskrivning av samtliga kvistar inuti modellstammen.

### Andra vedegenskaper

Ambitionen med trädmodellerna är att ett stort antal egenskaper ska ingå så att olika produkter kan jämföras mot varandra. Både kärnved och ungdomsved samvarierar med årsringsutvecklingen. Funktioner som beskriver årsringsutvecklingen på olika höjd i stammen i olika typer av bestånd håller därför på att utvecklas.

För många byggprodukter är formstabilitet den viktigaste egenskapen. Inom ett av de tidigare nämnda EU-projekten pågår sådan modellutveckling för gran. Viktiga parametrar är här fibervinkel och avstånd från mærg.

Vissa virkesdefekter torde aldrig gå att modellera, t.ex. toppbrott och körskador. I ett framtida system för gott virkesutnyttjande tror vi att sådana egenskaper kommer att upptäckas med genomlysningsutrustning vid sågverken, s.k. logscanner. Trädmodeller och logscanning kommer då att komplettera varandra.

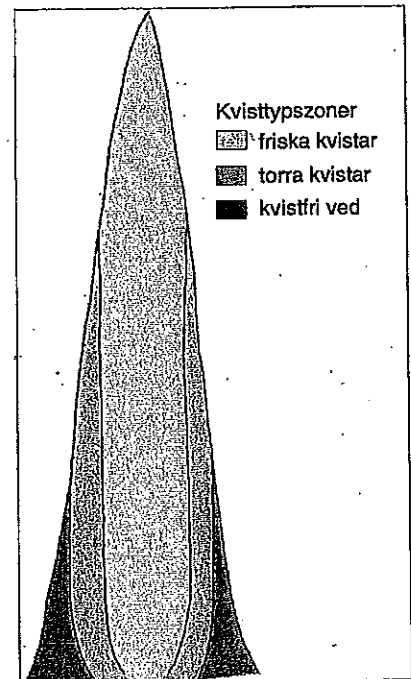
### SönderdelningsOPTimering

Stam ska sedan bli sågad vara. För detta ändamål har dataprogrammet SOPT (SönderdelningsOPTimering) utvecklats. I programmet kan aptering och postning värdeoptimeras med hänsyn tagen till den inre kvaliteten, t.ex. kvistar, kärna-splint osv. Enskilda kvistar kan bedömas i enlighet med normala sorteringsregler för sågade trävaror. Zonindelade egenskaper som t.ex. kärnved bedöms i SOPT i förhållande till hur stor andel de täcker på ett sågutbyte (figur 4). SOPT efterliknar sönderdelningsprocessen i ett

sågverk med traditionell firsågning i kantsåg, delningsåg och kantverk. Stockarna kan roteras, parallellförskjutas, kroksågas osv. Programmet är i första hand konstruerat för att värdeoptimerasågningen utifrån givna sortiments- och prislister, men det kan också beräkna värdet av bestämda postningar, volymmaximering osv. Optimeringstekniken bygger på dynamisk programmering.

### Välj rätt bestånd för avverkning

SOPT kan användas i många olika situationer. Ett exempel är när valet av bestånd att avverkaska kopplas till efterfrågan på vissa produkter (se faktaruta).



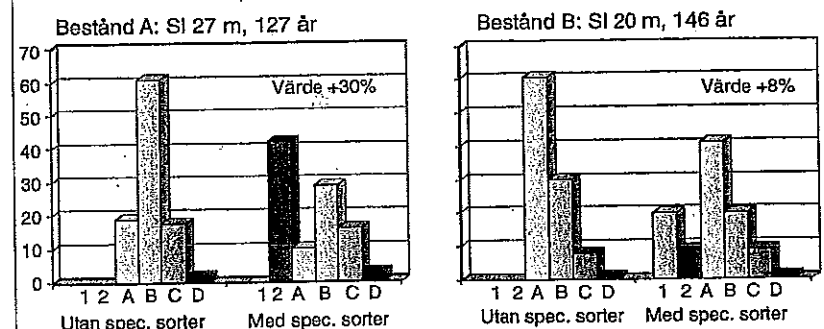
FIGUR 4. Stam med kvisttypszoner. Många virkesegenskaper kan zonindelas. Det gäller t.ex. kärna-splint, ungdomsved-mogen ved och kvisttyp (bilden).

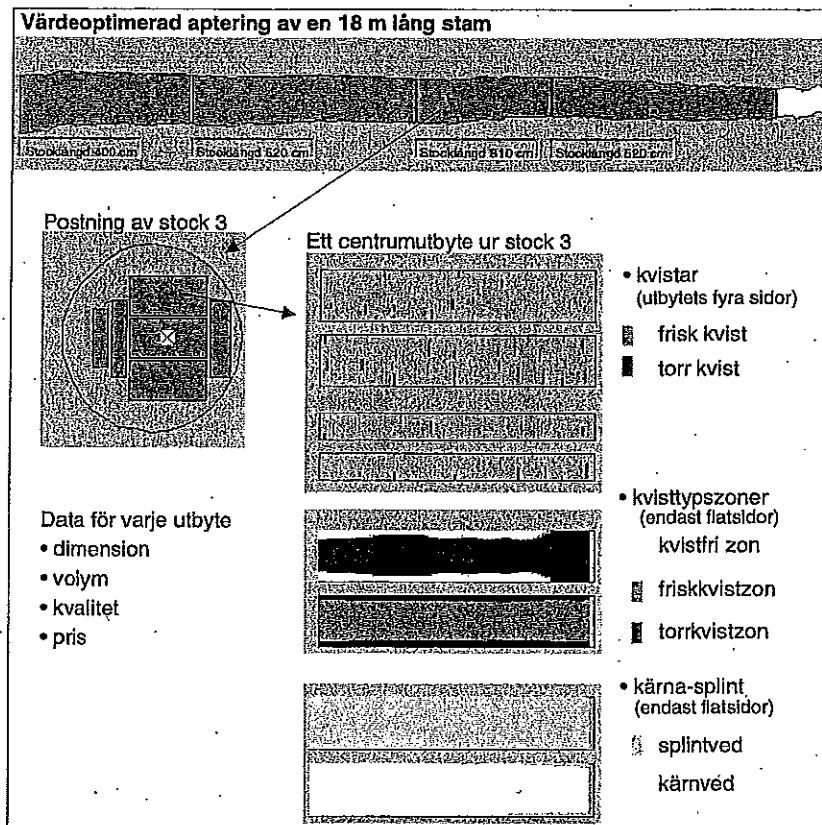
SOPT kan också användas för att belysa en mängd frågor kring aptering, postning och sortimentsdefinitioner. Vidare kan man göra prognoser över kvalitetsutfallet för framtida avverkningar, eller bestämma den optimala postningen för

### Bestandsval vid kundorderstyrd produktion – ett SOPT-exempel

Vi tänker oss att vi söker två produkter: 1. Kvistfria sidobräder (3000 kr/m<sup>3</sup>), 2. Kärnved med friska kvistar (2500 kr/m<sup>3</sup>). Vi vill jämföra bestånd A: T27, 127 år med bestånd B: T20, 146 år. Förutom de två specialprodukterna används klasser enligt Nordiskt Trä med följande priser: klass A: 1850 kr/m<sup>3</sup>, klass B: 1400 kr/m<sup>3</sup>, klass C: 1100 kr/m<sup>3</sup>, och klass D: 800 kr/m<sup>3</sup>. Eljorton 4 m stockar per bestånd värdeoptimeras. I figuren nedan visas sågutbytenas procentuella fördelning på

kvalitetsklasser, med respektive utan specialprodukter. I bestånd A blev hela 40% av volymen "kärnved med friska kvistar" medan i stort sett inga "kvistfria sidobräder" föll ut. I bestånd B däremot blev det ca 20% "kvistfria sidobräder" men endast 8% "kärnved med friska kvistar". Med de antagna priserna blev värdeökningen 30% respektive 8%. Härav framgår att valet av bestånd kan ha mycket stor betydelse vid kundorderstyrd produktion.





FIGUR 5. SOPT-grafik. Värdeoptimerad aptering och postning av en stam. Figuren visar stocklängder, postningsmönster för stock 3 samt enskilda kvistar respektive zonedelningar på ett av utbytena. För varje utbyte erhålls dimension, kvalitet och pris.

en enskild stock vid sågningen. På sågverket förutsätts då en logscanner komplettera trädmodellens information om stammens inre.

### Visioner för (den nära?) framtiden

Sammanfattningsvis har vi följande visioner kring ett framtida system för värdeoptimerat virkesutnyttjande:

- Vid skoglig inventering registreras de variabler som mest kostnads-effektivt beskriver stammarnas virkesegenskaper.
- Information om virkesegenskaper (trädmodeller) kommer att vara en självklar del i skogliga beståndsregister. Med hjälp av SOPT, eller likartad programvara, kan aptering och sortimentsutfall då analyseras redan före avverkningsen.

- Andelen kundanpassade sortiment (specialsortiment) ökar kontinuerligt allteftersom det nya arbetsättet vinner terräng.
- Skogsbrukets nettointäkter ökar trots något högre kostnader.
- Vid sågverken röntgas stockarna i en logscanner. Med SOPT (eller likartad programvara) bestäms optimal postning.
- Även den vidareförädlade industrins vinster ökar, genom mindre spill, högre produktion och bättre produkter.

### Litteratur

- Björklund L. & Julin B. 1998. Värdeoptimerad sönderdelning av dator-tomograferade tallstammar. Inst. f. Skog-Industri-Marknad Studier, SLU, Uppsala. *Rapport nr 48*.
- Bengtsson K., Björklund L. & Wennerholm H. 1998. Värdeoptimerat virkesutnyttjande – En studie av förutsättningarna för ökad lönsamhet inom privatskogsbruket genom effektivare virkesutnyttjande. Inst. f. Skog-Industri-Marknad Studier, SLU, Uppsala. *Rapport nr 50*.
- Forsberg, D. 1999. Warp, in particular twist, of sawn wood of Norway spruce. *Silvestria 119. Doktorsavhandling*. Inst. f. skogshushållning, SLU, Uppsala.
- Grönlund, A., Björklund, L., Grundberg, S. & Berggren, G. 1995. Manual för furustambank. *Teknisk rapport 19 T*. Avdelningen för träteknik. Luleå Tekniska Högskola. Skellefteå.
- Moberg, L. 1999. Models of knot properties for Norway spruce and Scots pine. *Silvestria 121. Doktorsavhandling*. Inst. f. skogshushållning, SLU, Uppsala.
- Woxblom, L. 1999. Warp of sawn timber of Norway spruce in relation to end-user requirements – Quality, sawing pattern and economy. *Doktorsavhandling*. Inst. f. skogshushållning, SLU, Uppsala.



SkogD Lars Björklund (t.v.) är forskningsledare vid inst. f. skogshushållning, SLU, Box 7060, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 24 97.

E-post: Lars.Bjorklund@sh.slu.se

Jägmästare Lennart Moberg är doktorand vid inst. f. skogshushållning och Forskarskolan Trä och Träfiber, SLU, Box 7060, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 24 78.

E-post: Lennart.Moberg@sh.slu.se

Inom forskargruppen "Trä kvalitet och virkesutnyttjande" verkar också: Jägm Klas Bengtsson, SkogL Daniel Forsberg, SkogD Håkan Lindström, Prof Göran Löfner, och Jägm Lotta Woxblom.

Ansvarig utgivare:

Redaktör:

Internet:

Prenumeration, distribution och lösnúmerförsäljning

Pris:

Tryck:

Göran Hallsby, institutionen för skogsskötsel, SLU, 901 83 UMEÅ

Lotta Möller, SLU Informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20 • E-post: Lotta.Moller@info.slu.se

www.slu.se/forskning/fakta/

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 28 54 • E-post: Inger.Blomstedt@service.slu.se

300 kr + moms (även lösnúmerförsäljning)

SLU Reprintenheten, Uppsala

ISSN 1400-7789 © SLU 1999

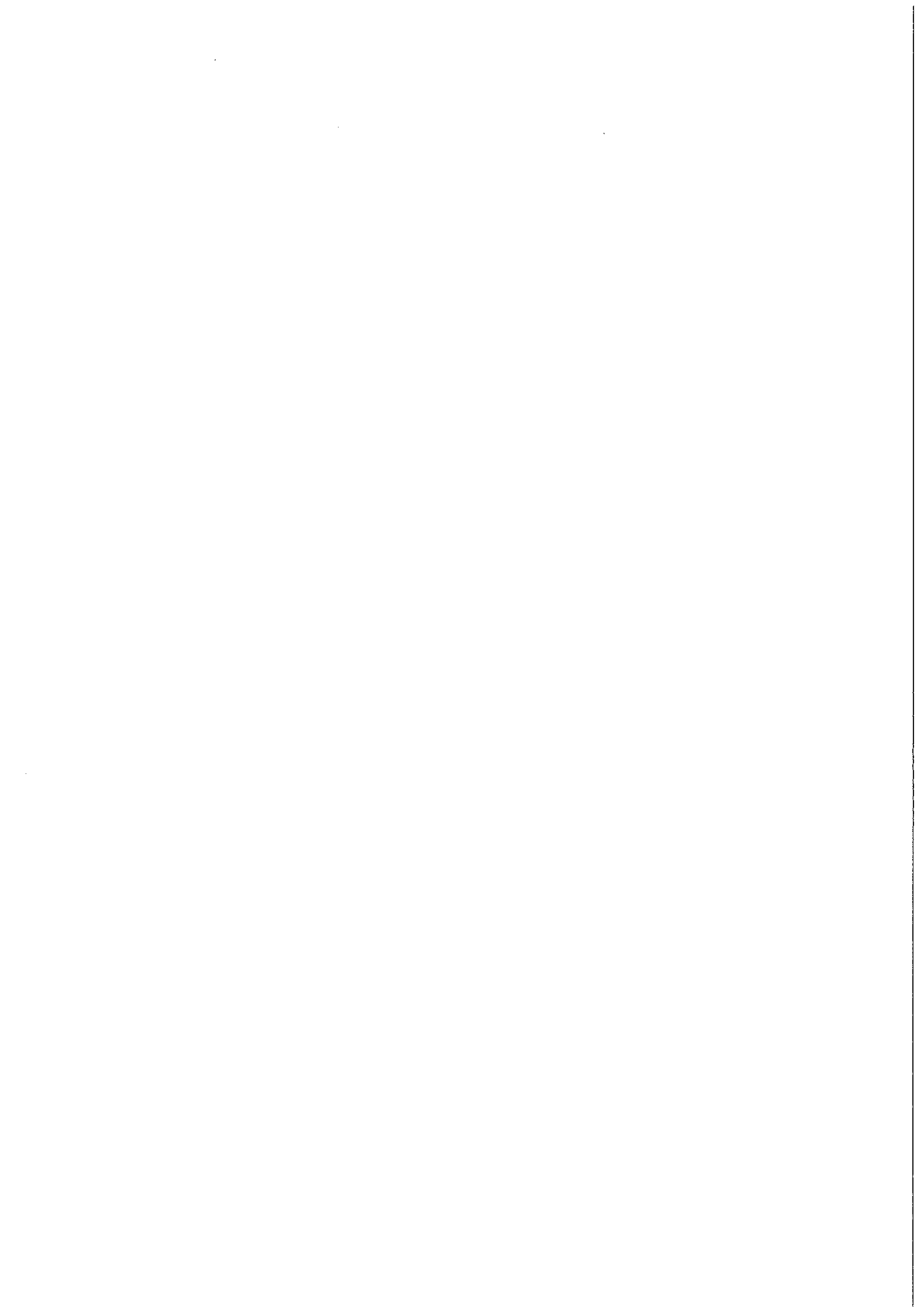






# MASSA- VED

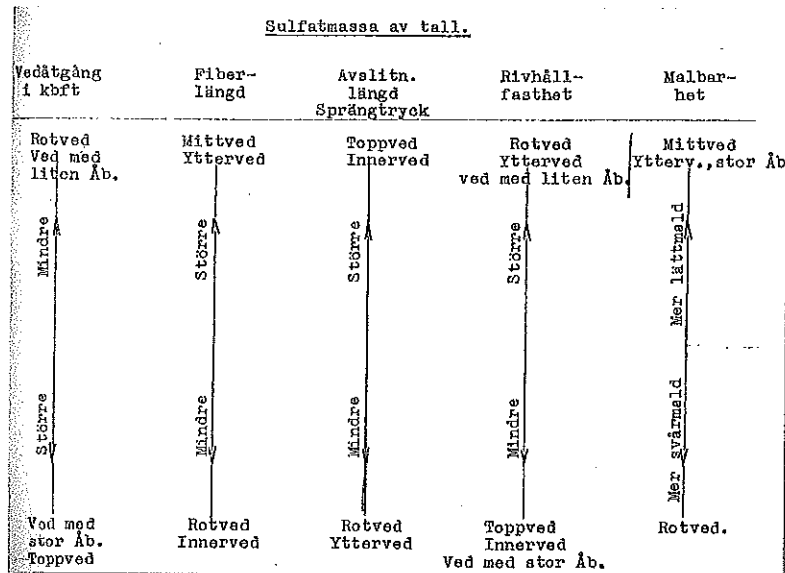
Mats Nylinder Hans Fryk



## SORTERING

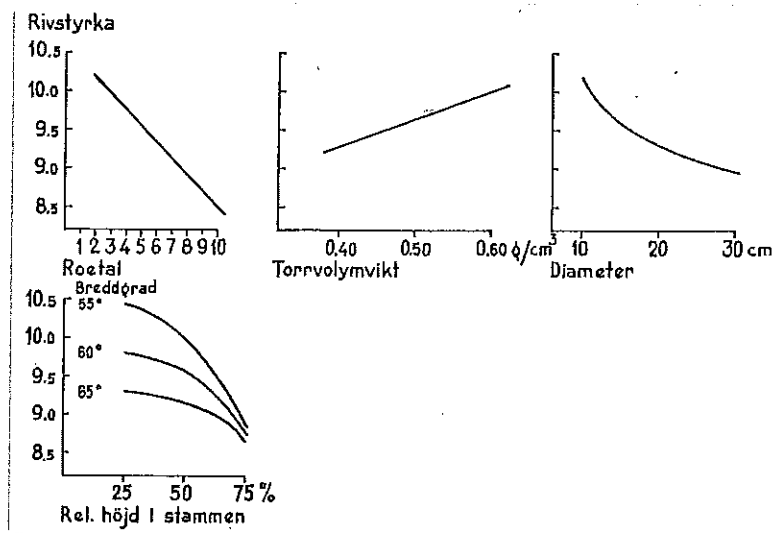
### Vedegenskaper och sortering

Sortering av massaved diskuterades tidigt för att kunna tillvarata råvaran på bästa tänkbara sätt. Som exempel finns ett omfattande arbete från centrallaboratoriet vid Östrand 1935 som rör vedkvalitetens inverkan på utbyte och kvalitet hos sulfat- och sulfitmassa för ved från Kramfors AB:s skogar. Mycket av det som behandlas då är likt det som idag tas upp när vedsortering diskuteras. I rapporten redovisas bl.a. följande för vedegenskaper hos tall och dess samband till sulfatmassa:

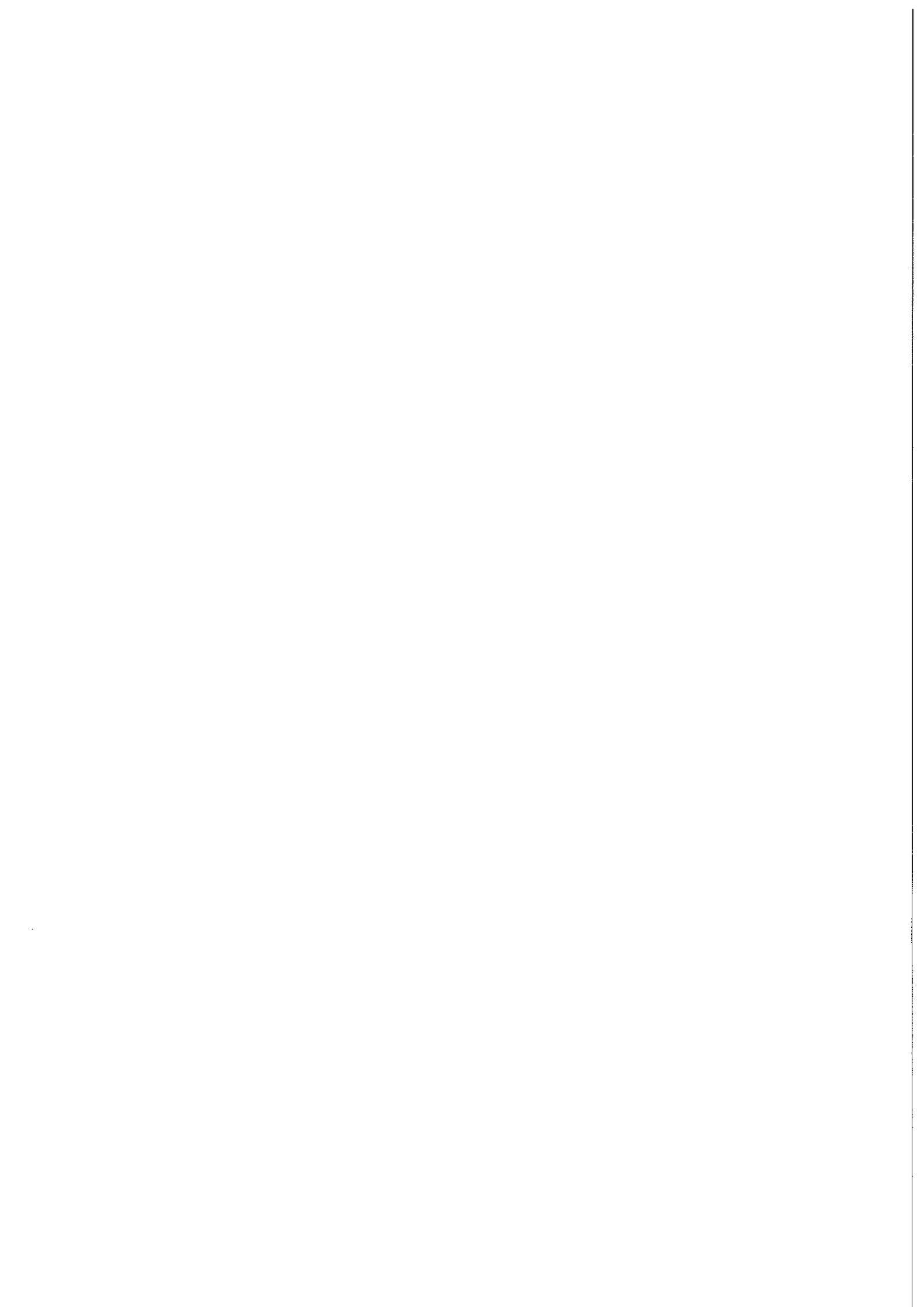


*Samband mellan vedegenskaper och sulfatmassa av tall. (Centrallaboratoriet, Östrand, 1933)*

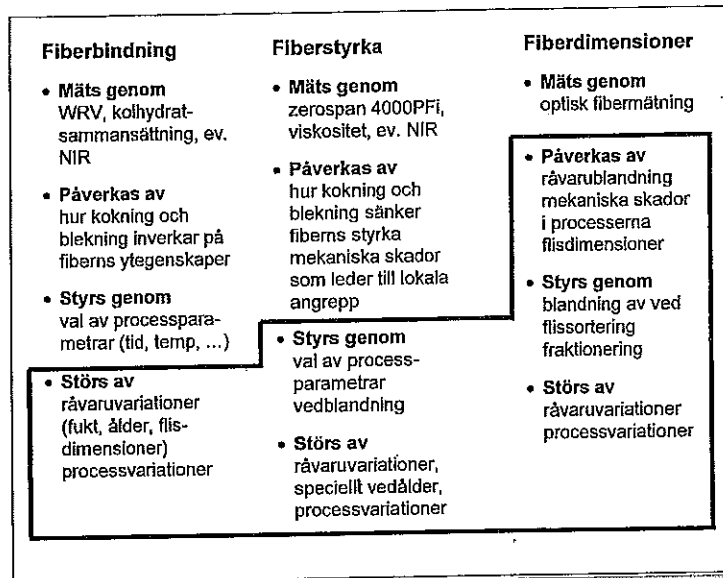
Senare arbeten belyste samband som påverkade bl.a. rivstyrkan hos sulfitmassa av gran.



*Sambandet för rivstyrka som funktion av roetalet, torrvolymvikten, vedprovets diameter, breddgraden och provets läge i stammen. (Nylinder, P. & Hägglund, E. 1954)*

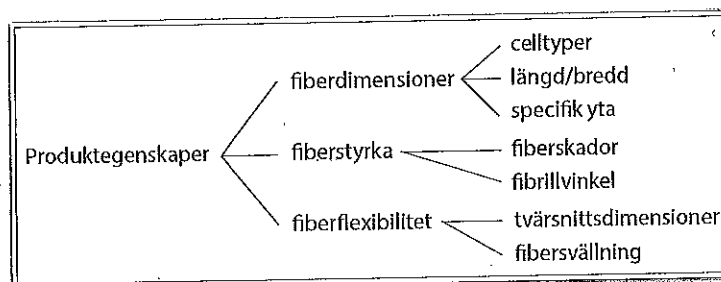


I ett föredrag vid renserikonferensen 2002 av Södra Cell angavs följande: "I första hand sorterar vi för våra kunder. De vill i första hand ha jämnhet, men också god styrka: rivstyrka och/eller dragstyrka". Följande diagram redovisades:



Faktorer som påverkar massans drag- och rivstyrka. Det inramade området markerar faktorer som är direkt kopplade till variationer i råvaruegenskaper. (Hedberg, J.-E. 2002)

Generella samband mellan fiberegenskaper och produkttegenskaper vid pappersframställning framgår av följande diagram.

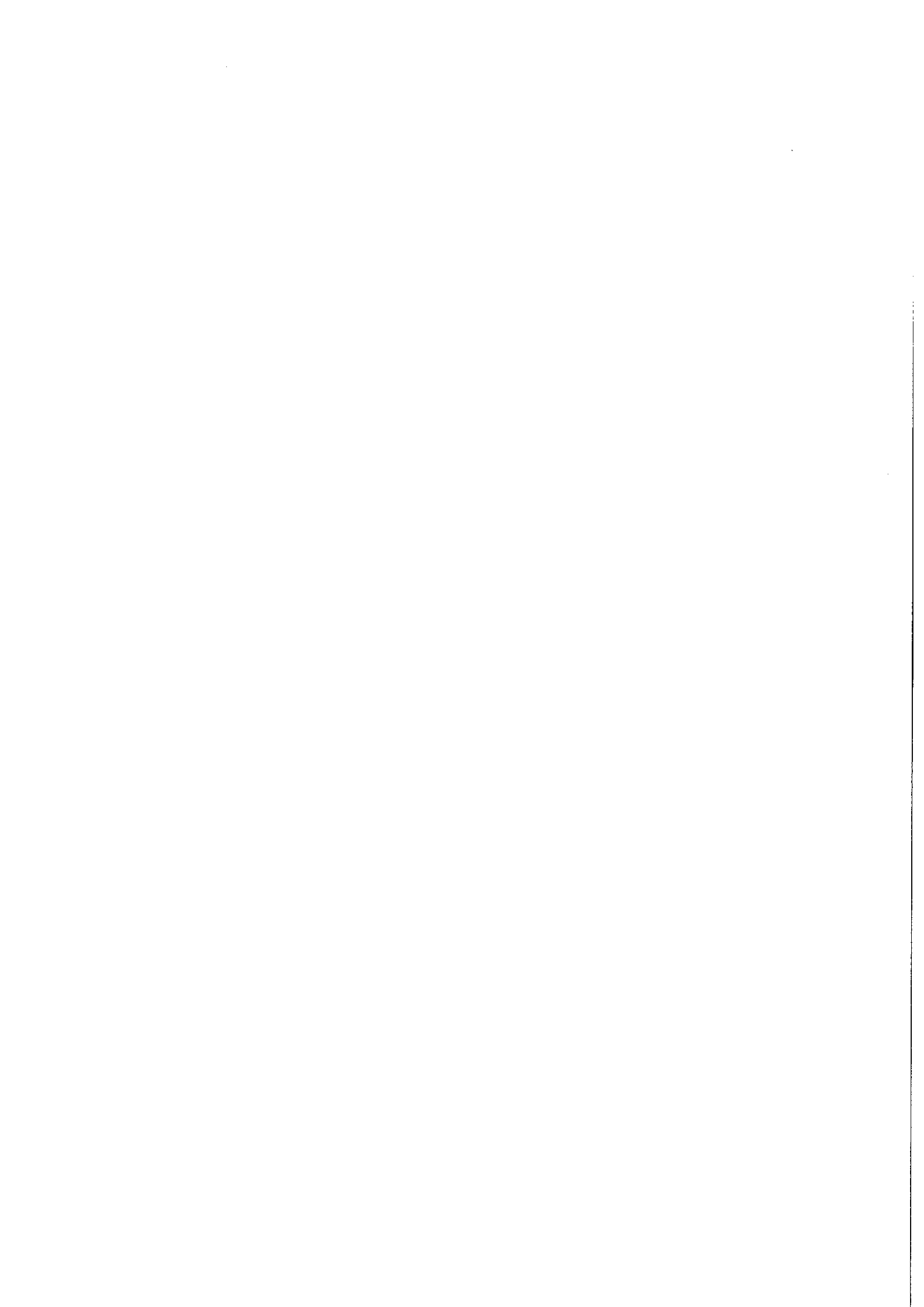


Fiberegenskaper av väsentlig betydelse vid pappersframställning. (STFI-Meddelande C238 1993)

Sambandet mellan pappersmassans och papprets egenskaper och barrvedens egenskaper ser övergripande ut så här:

Rivstyrka för papper från barrvirke förbättras med stigande fiberlängd. Fiberlängden ökar med ökad sommarvedsandel som avtar med stigande årsringsbredd och ökar med stigande ålder. Rivstyrkan sjunker med stigande höjd i stammen. Barrvirke har längre fibrer än lövvirke och ger därför bättre rivstyrka.

Dragstyrka sjunker med ökad tjocklek på fiberväggen. Tjockleken på fiberväggen ökar med andelen sommarved och stigande ålder men minskar med ökande bredd på årsringarna.



*Bindningsstyrka* ökar med andelen tunnväggiga fibrer, som lätt kollapsar. Tunnväggiga fibrer finns främst i ungdomsved och frodvuxet virke.

*Opacitet* minskar med andelen tunnväggiga fibrer.

*Sprängstyrka* ökar med tunnare och kortare fibrer och ökar därför med ökad höjd i trädstammen.

*Ljushet* är kopplad till vedens ljushet som i sin tur beror på andelen sommarved, extraktivämnena, lagring med mera.

*Formbarhet*. En tunnväggig fiber är mer formbar än en tjockväggig. Fibrer från vår- och ungdomsved av barrved samt björkfibrer ger god formbarhet.

*Ytjämnhet*. Ju fler fibrer per ytenhet desto bättre blir tryckytan. Björk har korta fibrer och ger därför en bra tryckyta.

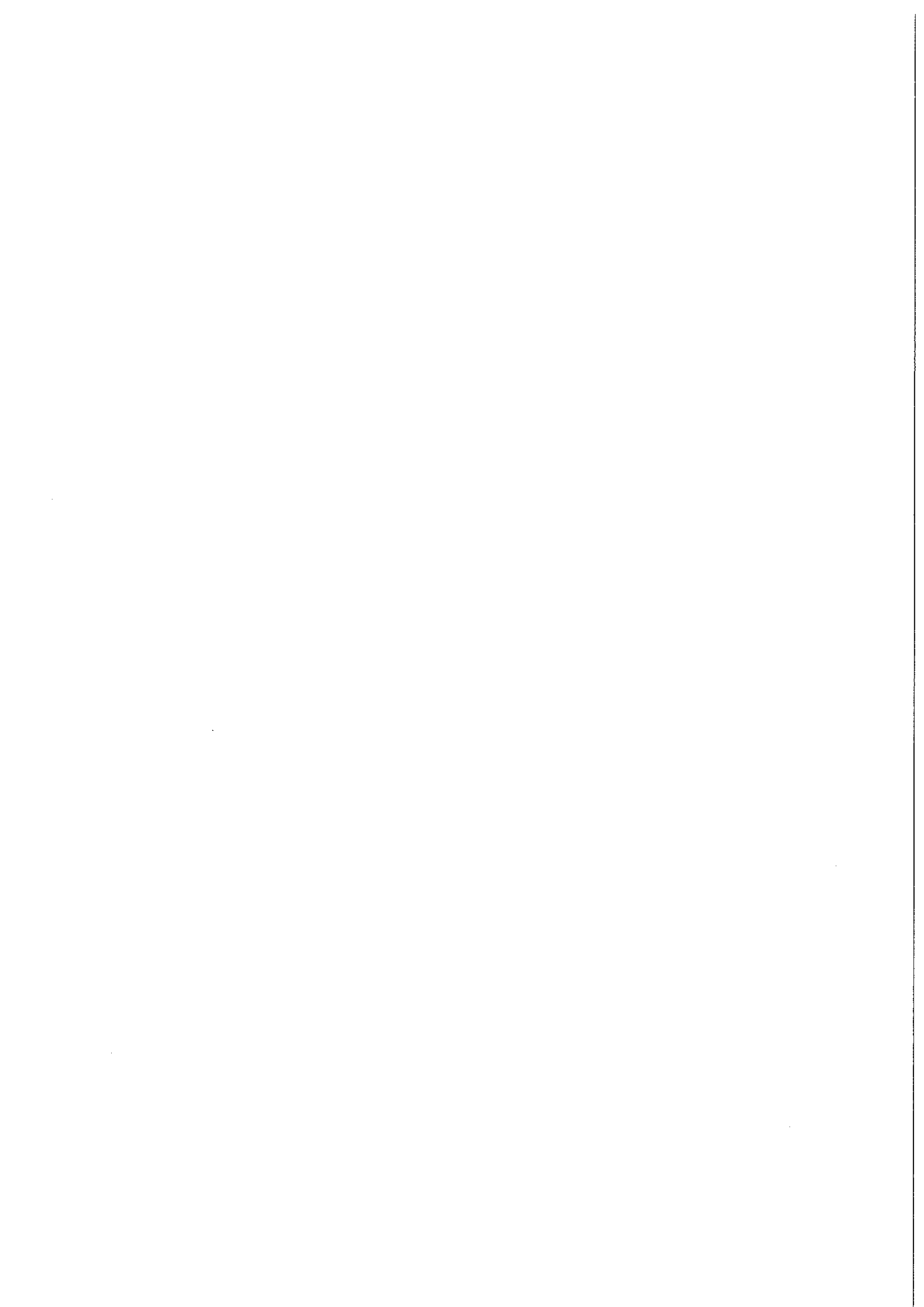
Många samband mellan vedens och papprets egenskaper kan i allt större omfattning påverkas i processen och av hur olika massor blandas. Målet med den här boken är främst att behandla massaved som råvara fram till barkning. Massa- och pappersprodukter berörs översiktligt. För mer ingående information om sambandet mellan vedegenskaper, processer och slutprodukter hänvisas till andra källor.

### **Sortering av massaved**

Den vedsortering som behandlas i detta avsnitt är knuten till sortering under slutet av 1900-talet och bygger på sortering efter skogliga beståndstyper, gallring, slutavverkning, topp-, mellan- och rotstockar, trädslag, geografiskt ursprung och dimension mm. Syftet med denna sortering är att få en homogenare råvara så att processen kan styras bättre och på så vis få ut mer av veden, bättre barkning, flisning och utbyte. Ett annat syfte är att få massa med mer homogena egenskaper för att kunna utveckla bättre slutprodukter.

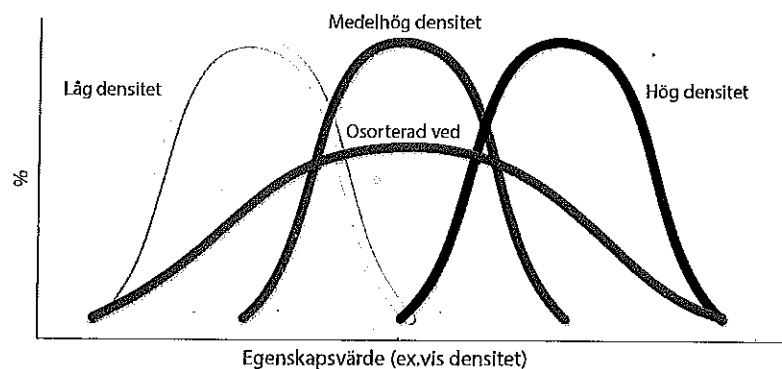
Eftersom stockar av massaved inte processas var för sig utan i en stor mängd tillsammans betraktas den som en bulkråvara. Det innebär att uppdelningen begränsas till ett fåtal massavedssortiment. Ju fler sortiment desto mindre volym i varje sortiment och desto större lager och kostnader för vedhantering i skog och vid industri. En uppdelning i vedsortiment påverkar även flislagringen.

Förutsättningarna för vedsortering påverkas av att flödet från skogen störs av till exempel bärigheten i avverkningsbestånd och på skogsbilvägar i samband med tjällossning. Mätmetoderna för att särskilja olika vedegenskaper måste vara robusta och automatisk mätteknik saknas för många av de intressantaste vedegenskaperna. Vid STFI:s renserikonferens 1998 sa Mats O. Olsson: "Med hänvisning till det inledande resonemanget om det biologiska bruset tror jag inte det är meningsfullt att ägna sig åt alltför sofistikerad sortering av rundved. Jag tror det är bättre att särskilja ett fåtal lätt definierade vedklasser". Kanske kommer ny teknik i framtiden att innebära att råvaran kan sorteras längre fram i processen, som flis eller som fibrer.



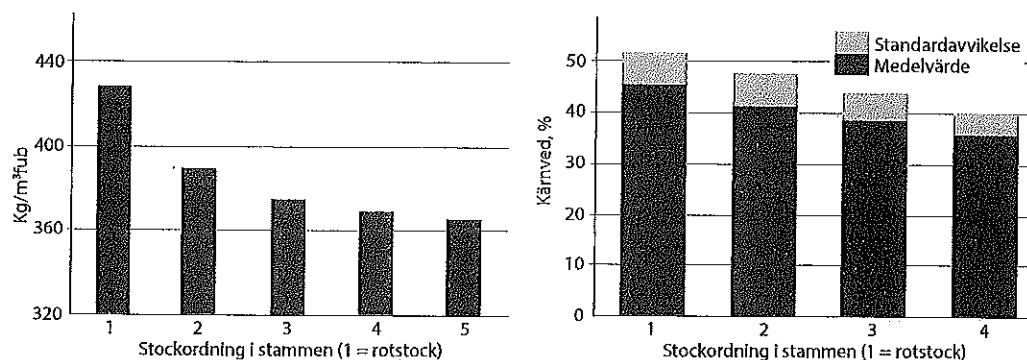


Vedegenskaper som påverkar massprocessen och massans egenskaper är bl.a. torr-rådensitet, torrhalt, kärnved, splintved, årsringsbredd, andel vår- respektive sommarved, fiberlängd och kvistighet. Även skador och veddefekter som röta, tjurved, växtvridenhet, stambrott mm påverkar massprocessen. Med kunskap om vedegenskapernas samband till växtplats samt variation mellan och inom träd kan olika egenskaper anrikas genom vedsortering i skog och vid industri.



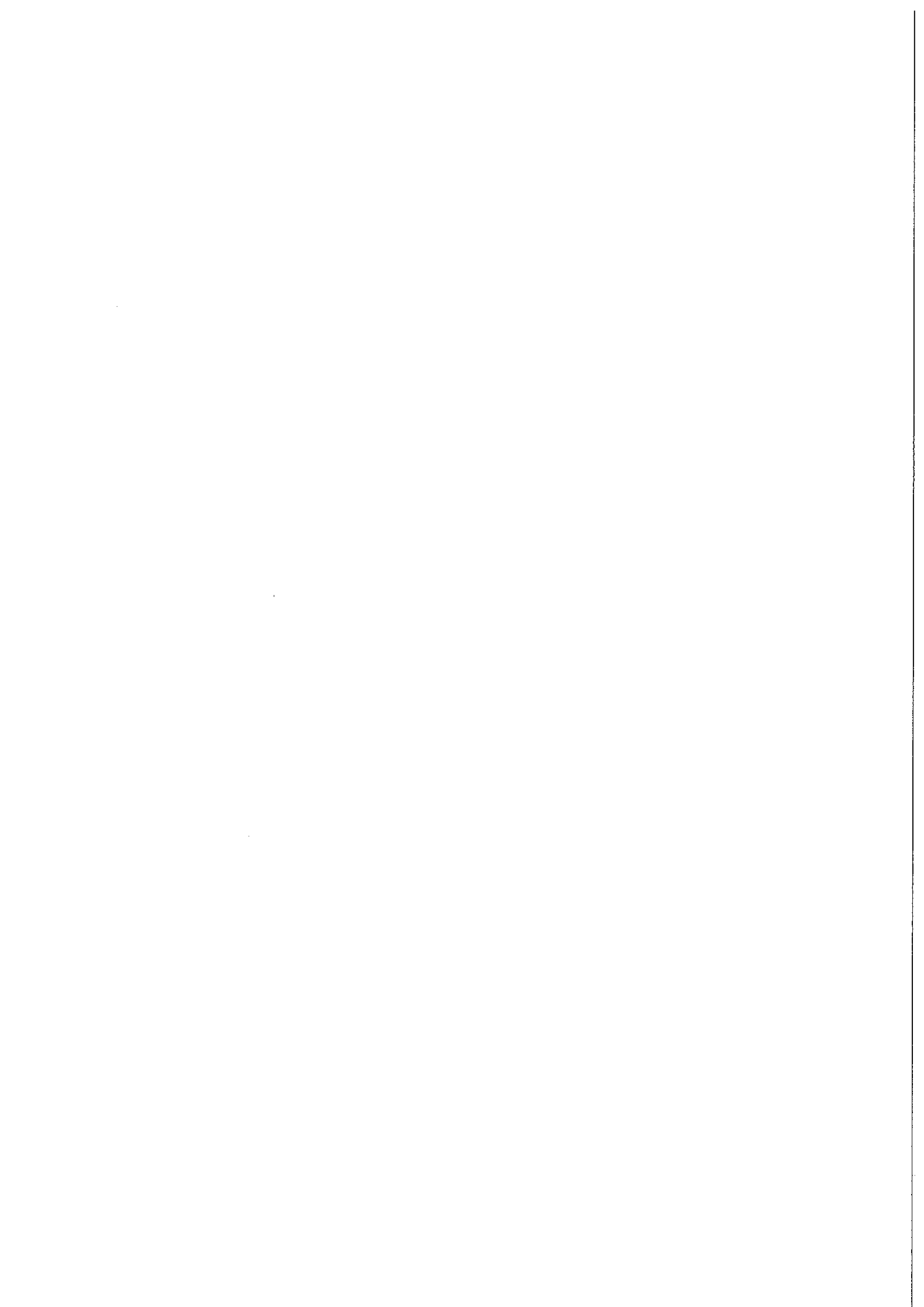
Principskiss över sortering efter virkesegenskaper, till exempel densitet.

Det finns numera goda möjligheter att få uppgifter om råvarans egenskaper redan före avverkning. Uppgifter finns om beståndens bonitet, ålder, samt vilken typ av avverkning som ska utföras. Detta öppnar möjligheter att sortera massaveden med hänsyn till beståndsegenskaper och avverkningsform. Vid skördaravverkning noteras längd, diameter och trädslag för varje stam och massavedsstock. Vid datorstödd avverkning finns även möjlighet att prognosticera till exempel andel kärnved och densitet med hjälp av program utvecklade av Skogforsk. På detta sätt kan massaveden sorteras med hänsyn till flera variabler redan vid avverkning. Vid industrin finns idag begränsade möjligheter att sortera massaveden på stocknivå. Virket kommer med virkesbilar till mätstationerna och där kan bara hela lasten eller travar inom en leverans klassas i delsortiment.



Exempel på uppgifter som kan registreras i en skördare. (Wilhelmsson, L.)

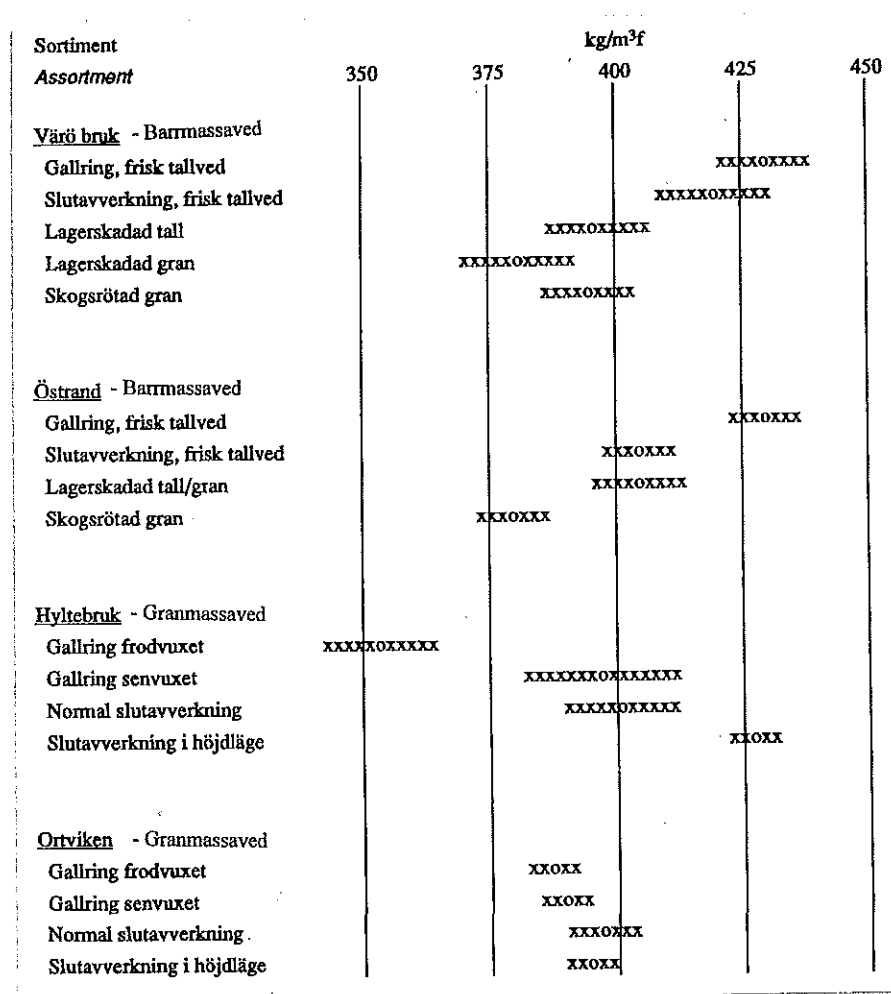
Virkesmätarna bedömer ofta med mycket gott resultat trädslag, dimension, röta, färskhet mm. Man har testat att visuellt bedöma vedens torrhalt men det har visat sig relativt svårt. Bedömning av årsringsbredd används för att sortera massavedsleveranser. En studie vid Hyltebruk kom fram till följande resultat vid klassning efter årsringbredd av massavedsleveranser.



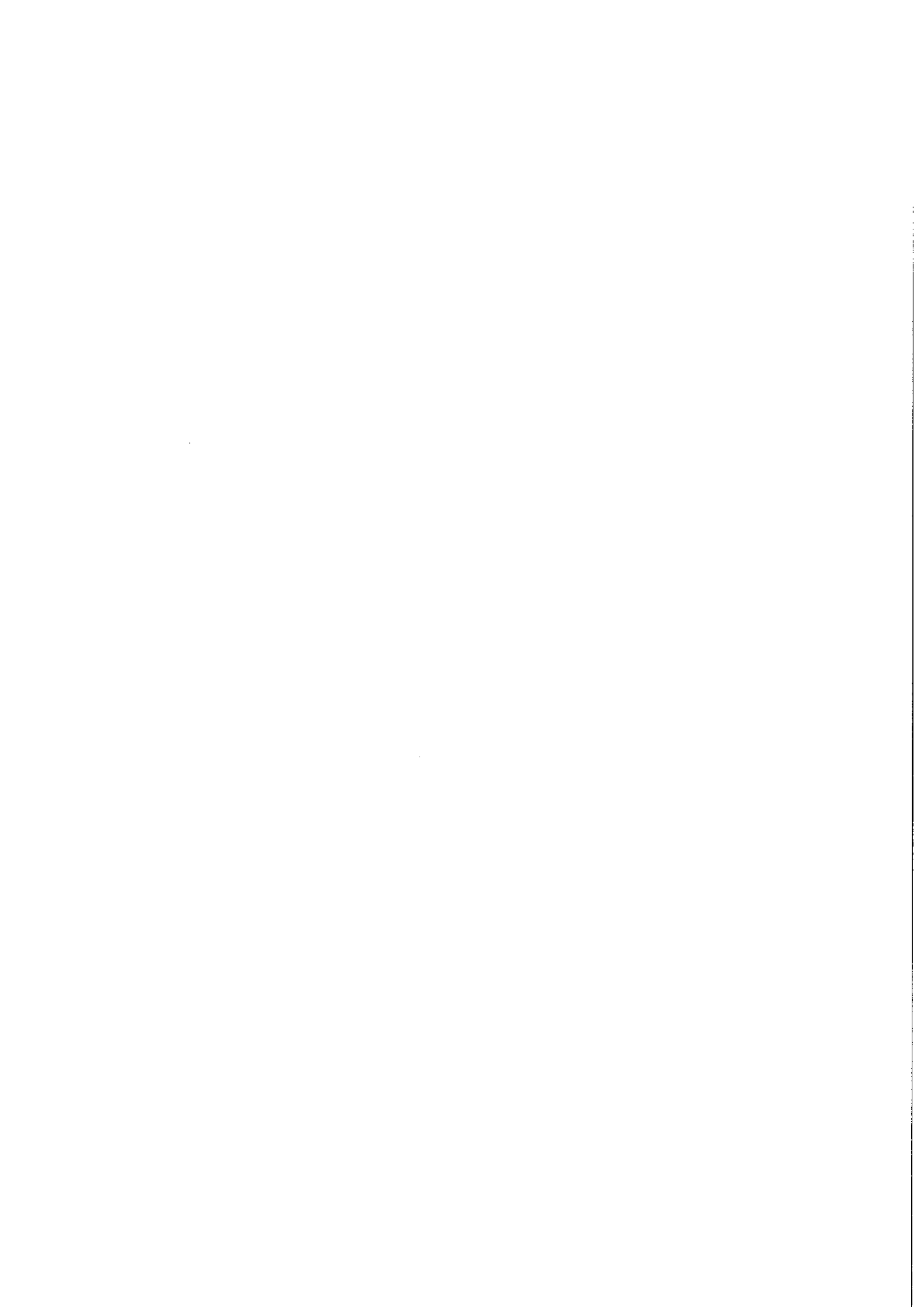
Bedömd årsringsklass	Uppmätt årsringsbredd, mm	95 % konfidensintervall
1	1,41	0,23-2,59
2	2,68	1,76-3,59
3	3,95	3,02-4,88
4	5,21	4,24-6,19

(Spångberg, K. & Nylinder, M. 1995)

Torr-rådensitet har ett starkt samband med årsringsbredd och flera massaegenskaper. I en studie i samarbete med en av landets virkesmättningsföreningar sorterades massaveden efter olika kriterier. Stora skillnader uppmättes i vedens torr-rådensitet vilket belyser potentialen av att sortera massaveden för processtyrning och produktutveckling. Skillnaden mellan olika sätt att sortera veden visade sig ge störst effekt i södra Sverige där växtförhållandena och odlingssätten varierar mer än i norra Sverige. En sortering av gran enligt den mall som tillämpades i studien gav en värdefull effekt på processtyrningen vid tillverkning av mekanisk massa.



Klassning av massaved och uppmätt torr-rådensitet. (Nylinder, M. 1993)



Förutom vedegenskapernas samband till geografiska områden och avverkningsform finns samband till skogsskötsel som t.ex. stamantal per hektar. Exempel på samband mellan fiberlängd och coarseness, fibermassa per längdenhet, till antal stammar per hektar redovisas i en studie i södra Sverige.

Bestånd stammar/ha	Fiberlängd mm		Coarseness mg/m
	Längd vägt medeltal	Aritmetiskt medelvärde	
2500	2,36	1,39	0,153
1800	2,43	1,18	0,152
1000	2,56	1,25	0,166
TO (1700)	2,22	1,07	0,154
TR (2800)	2,38	1,28	0,158

Fiberlängd mätt i Kajaani. (Yngvesson, M. 1993)

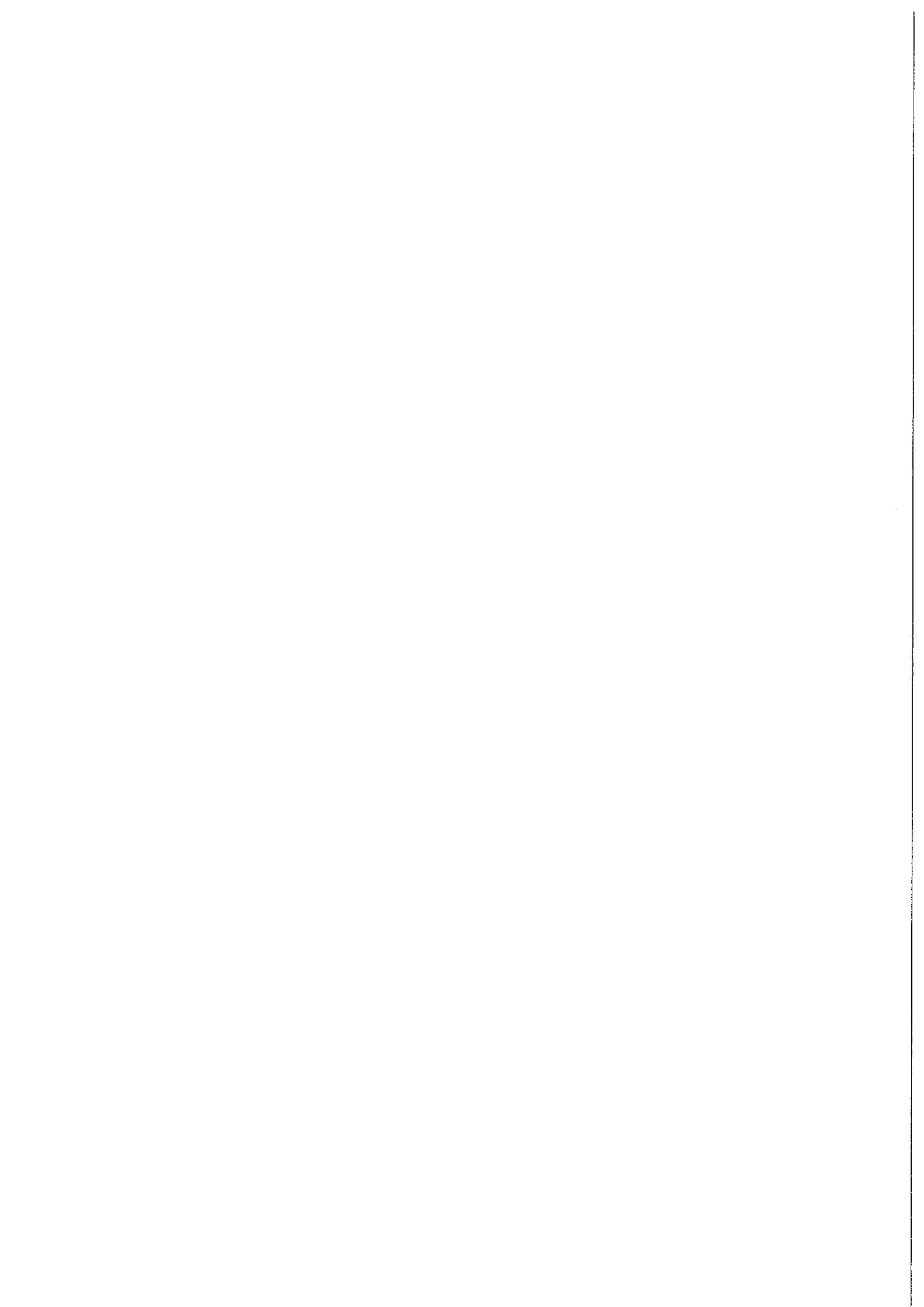
Ett resultat av vedsortering av granmassaved i Norge efter årsringsbredd redovisas nedan.

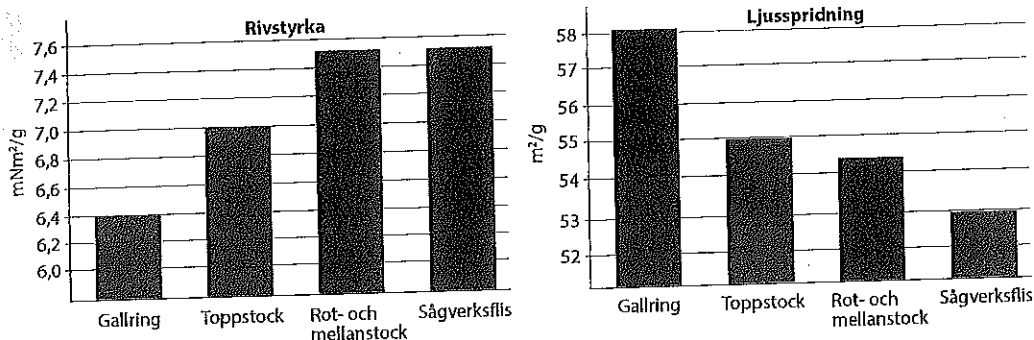
	Usortert	Sortering etter årringsbredd, mm	
		≥ 2,5	< 2,5
Fordeling, %	100	33	67
Basisdensitet, kg/m <sup>3</sup>	386	336	410
stand.avvik	47	22	35
Årringsbredd, mm	2,2	3,2	1,7
stand.avvik	0,9	0,7	0,5
Alder, år	46	24	57
stand.avvik	26	6	25
Fiberlängde, mm	2,5	2,4	2,6
stand.avvik	0,3	0,3	0,3
Fiber coarseness, µg/m	16,3	15,3	16,7
stand.avvik	4,1	3,0	4,6
Slitindeks 1), Nm/g	87,1	98,3	81,5
stand.avvik	10,5	6,5	6,9
Rivindeks 1), mNm <sup>2</sup> /g	17,1	13,6	18,8
stand.avvik	4,1	2,2	3,7

1) Basert på 36 ublekte sulfatmasser av vedprøver med tilnærmet samme basisdensitet, malt 1000 revs PFI

Vedsortering efter årsringsbredd i Norge. (Stårebråten, S. 1991)

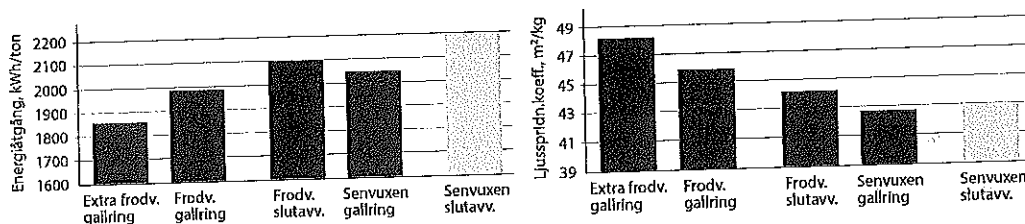
I ett annat norskt arbete visade det sig att en uppdelning av granmassaved efter bonitet gav liten effekt på egenskaperna för TMP-massa. En uppdelning på gallringsvirke, topp-, mellan- och rotstockar i slutavverkning samt sågverksflis gav däremot effekter på en rad egenskaper som exempelvis rivstyrka och ljusspridning.





Genomsnittliga värden för rivstyrka och ljusspridning. (Braaten, K.R. 1996)

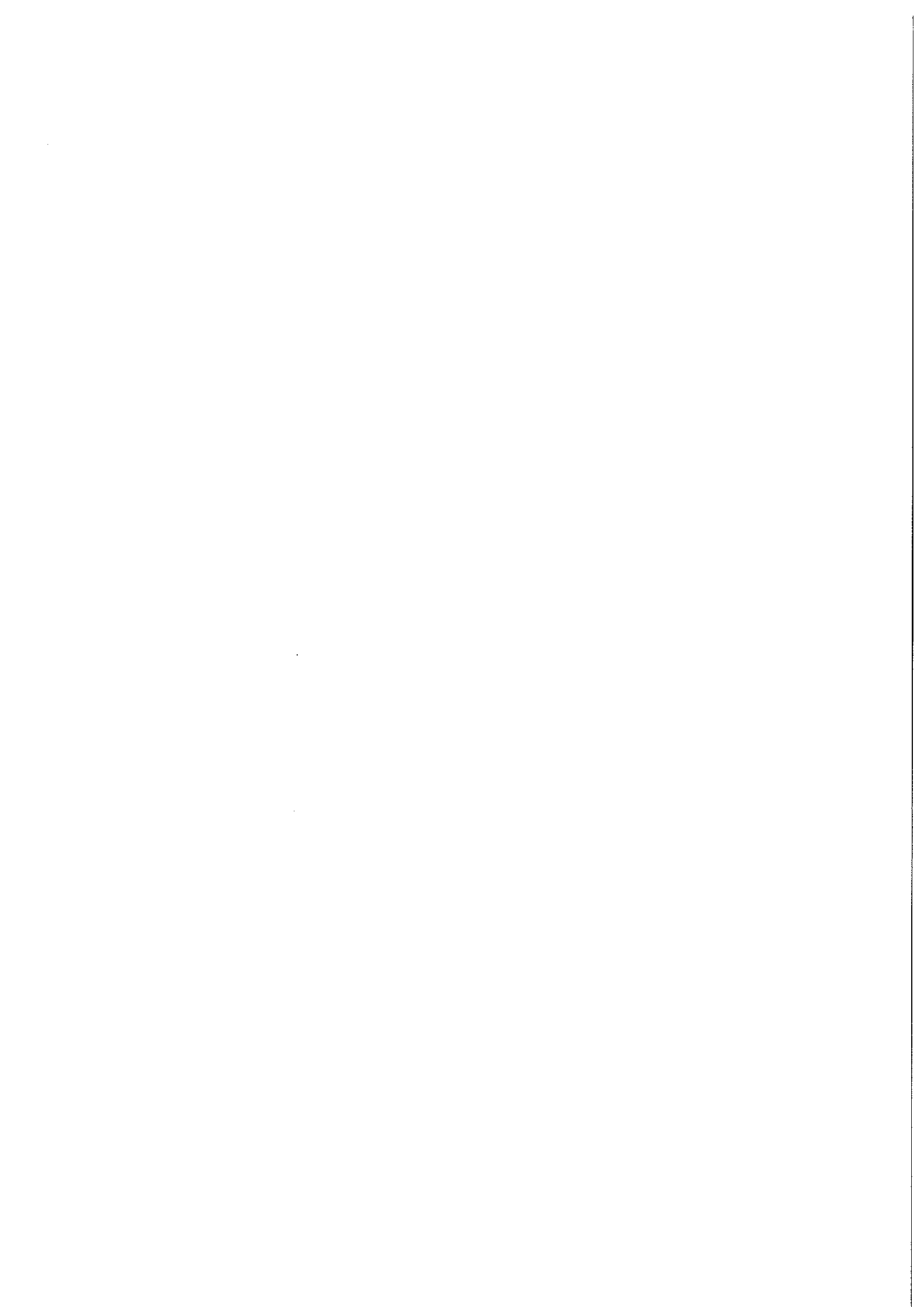
Hallsta pappersbruk och Skogforsk studerade hur ved- och massaegenskaper varierar med olika bestånd och olika trädklasser eller från olika delar av trädet. Av resultaten framgår bland annat att torr-rådensiteten för granved från förstagallringsbestånd varierade mellan 310 och 410 kg/m<sup>3</sup> när boniteten var mellan G36 och G20. Det tydliga sambandet till bonitet kan förmodligen förklaras av att alla bestånd var förstagallringar inom ett begränsat geografiskt område. Fabriksförsöken visade på en stor skillnad i energiåtgång för att producera ett ton massa för olika sortiment av granmassaved. Även ljusspridningen varierade stort.



Energiåtgång för att producera ett ton massa (vänster) och ljusspridningskoefficienten för olika beståndstyper (höger). (Skogforsk 1995)

I ett diplomarbete i Finland av Annukka Liukkonen där tallmassaved undersöktes med hänsyn till bonitet, gallring och slutavverknings samt del av stammen anges: "Den bästa sulfatmassan fås av splintved från stammens nedre delar i fullvuxna träd, motsvande sågverksflis. Sådan ved ger högt utbyte och har relativt lågt kemikaliebehov vid kokning till visst kappatal. Massan har tack vare den långa fiberlängden god rivstyrka, men kräver mera malenergi än massor från ved högre upp i trädet för att uppnå ett visst dragindex. Fibrerna hos splintved är inte lika lätt kompressibla och bidrar till högre opacitet hos pappret." ... och vidare: "Slipmassor av splintved har högre freeness än massor av kärnved och toppved. Tack vare högre fukthalt och ligninhalt defibreras ved med breda årsringar (högre ståndortsindex) varsammare och massor med högre freeness erhålles. Energiförbehovet för slipning av dylik ved är något lägre än för ved med täta årsringar. Ved av lägre ståndortsindex har större andel långa sommarvedsfibrer vilket ger bättre styrkeegenskaper. Kärnved och toppved är till egenskaperna ganska lika och ger vid tryckslipning något bättre styrkeegenskaper än splintved."

I en studie av ved i södra Sverige framkom följande resultat för olika vedsortiment. Även den här studien är ett exempel av många som visar vilka effekter som kan uppnås genom vedsortering.





Prov	Silat utb MV %	Spet MV %	Totalt utb MV %	Kappatal	Ljushet % ISO	Viskositet dm <sup>3</sup> /kg
Tall, ung	42,6	0,02	42,6	24,2	38,8	1133
Tall, gallring	44,2	0,08	44,3	24,6	38,8	1101
Tall, slutavv.	44,4	0,02	44,4	24,1	38,3	1106
Gran, ung	46,8	0,01	46,8	24,7	39,4	1123
Gran, gallring	48,2	0,01	48,2	24,4	38,3	1182
Gran, slutavv.	48,2	0,01	48,2	24,3	38,5	1164

*Utbyte, kappatal, ljushet och viskositet efter kok. (Jansson, U. 2000)*

För att utveckla bättre pappers- och kartongprodukter vid Frövi sorterades massaveden i fyra sortiment. Veden delades upp på tall och gran samt på gallring och slutavverkning. Massaveden togs från dåvarande Assi Domäns skogar i närområdena till bruket. Följande sortimentsegenskaper redovisades:

	Medeldiameter mm	Barkandel %
Tall, gallring	143	17
Tall, slutavverkning	163	9
Gran, gallring	130	12
Gran, slutavverkning	150	14

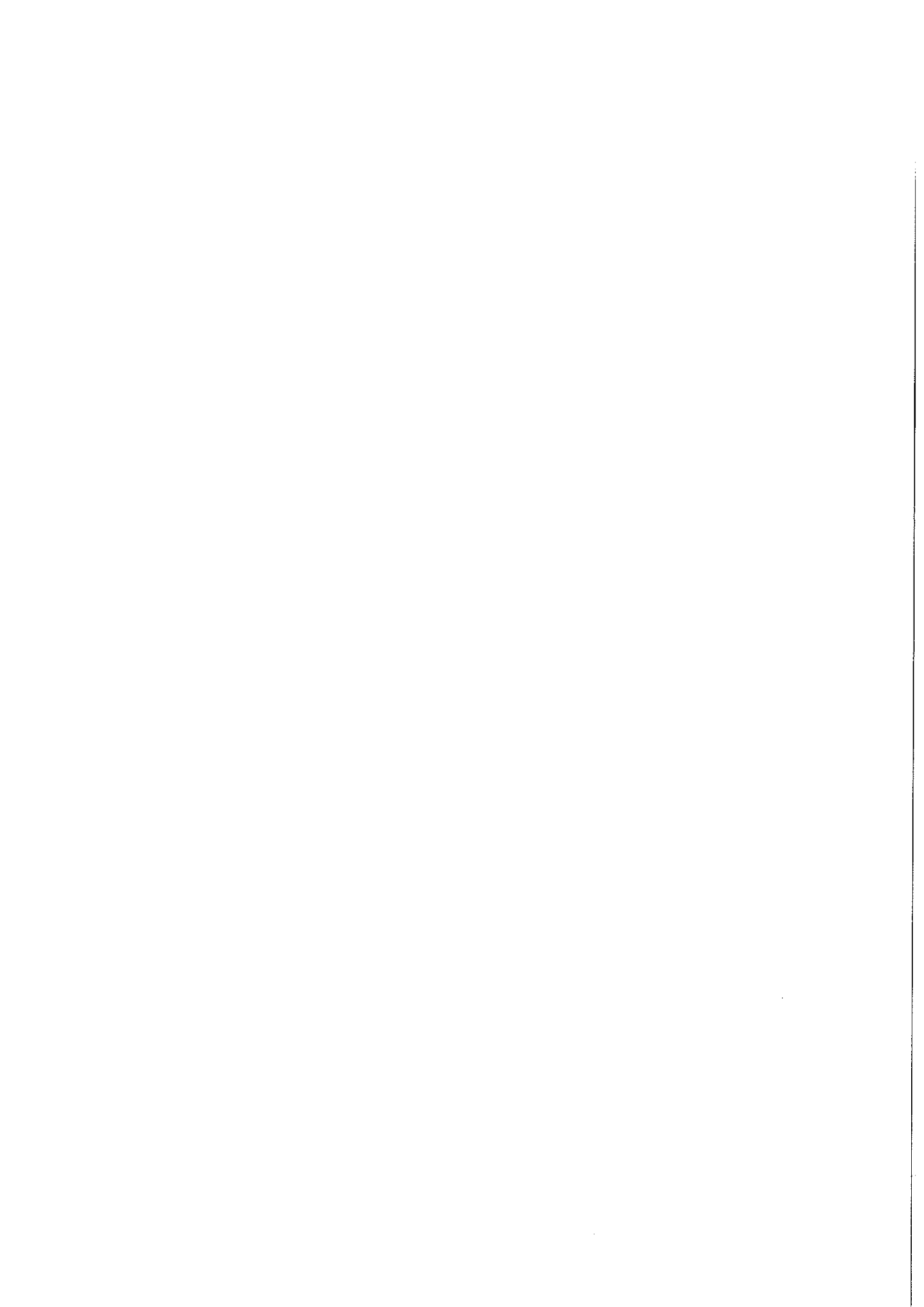
*Diameter och barkandel vid studier i Frövi. (Skogforsk 2000)*

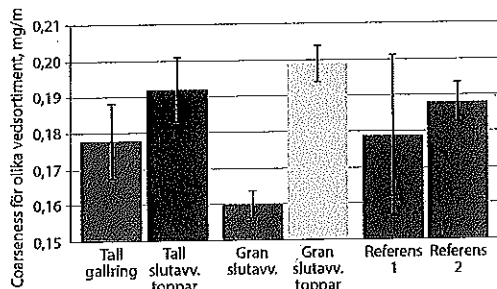
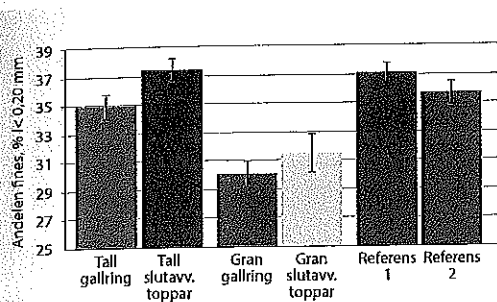
Sorteringseffekten för olika egenskaper på medelvärdesbasis framgår nedan.

	Torrhalt, %	Kärnveds- andel, %	Torr- rädensitet, kg/m <sup>3</sup>	Medelårs- ringsbredd, mm	Ungdoms- vedsandel, %	Sommar- vedsandel, %
Hela materialet	44	19	413	2,3	39	35
Tall	42	15	411	2,3	38	34
Gran	46	25	417	2,2	41	37
Gallring	42	13	405	3,1	61	32
Slutavverkning	46	24	420	1,7	22	37
Tall, gallring	41	10	414	3,1	58	33
Tall, slutavv.	44	20	407	1,6	18	36
Gran, gallring	43	19	391	3,0	64	33
Gran, slutavv.	49	29	433	1,7	26	39

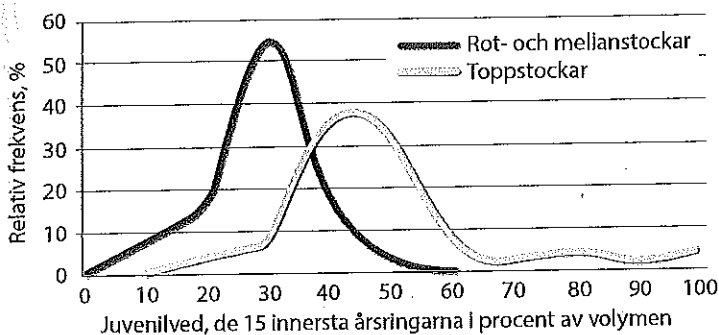
*Effekter av sortering av massaved. (Skogforsk 2000)*

De olika sortimenten utvärderades både i laboratorie- och fabriksframställd massa. Bland resultaten framkom bland annat att för laboratoriefremställd massa gav gallringsveden av gran 2,5 % högre utbyte än tall. Slutavverkningsveden av gran gav 5,5 % högre vedutbyte än tall. För tall gav slutavverkningsveden ca. 2,5 % lägre utbyte än gallringsveden. Från fabriksförsöken redovisas bl.a följande diagram:





Andel fines (mindre vedpartiklar) till vänster och coarseness till höger. (Skogforsk 2000)



Andel juvenilved i olika delar av trädet. (Duchesne, I. et al. 1997)

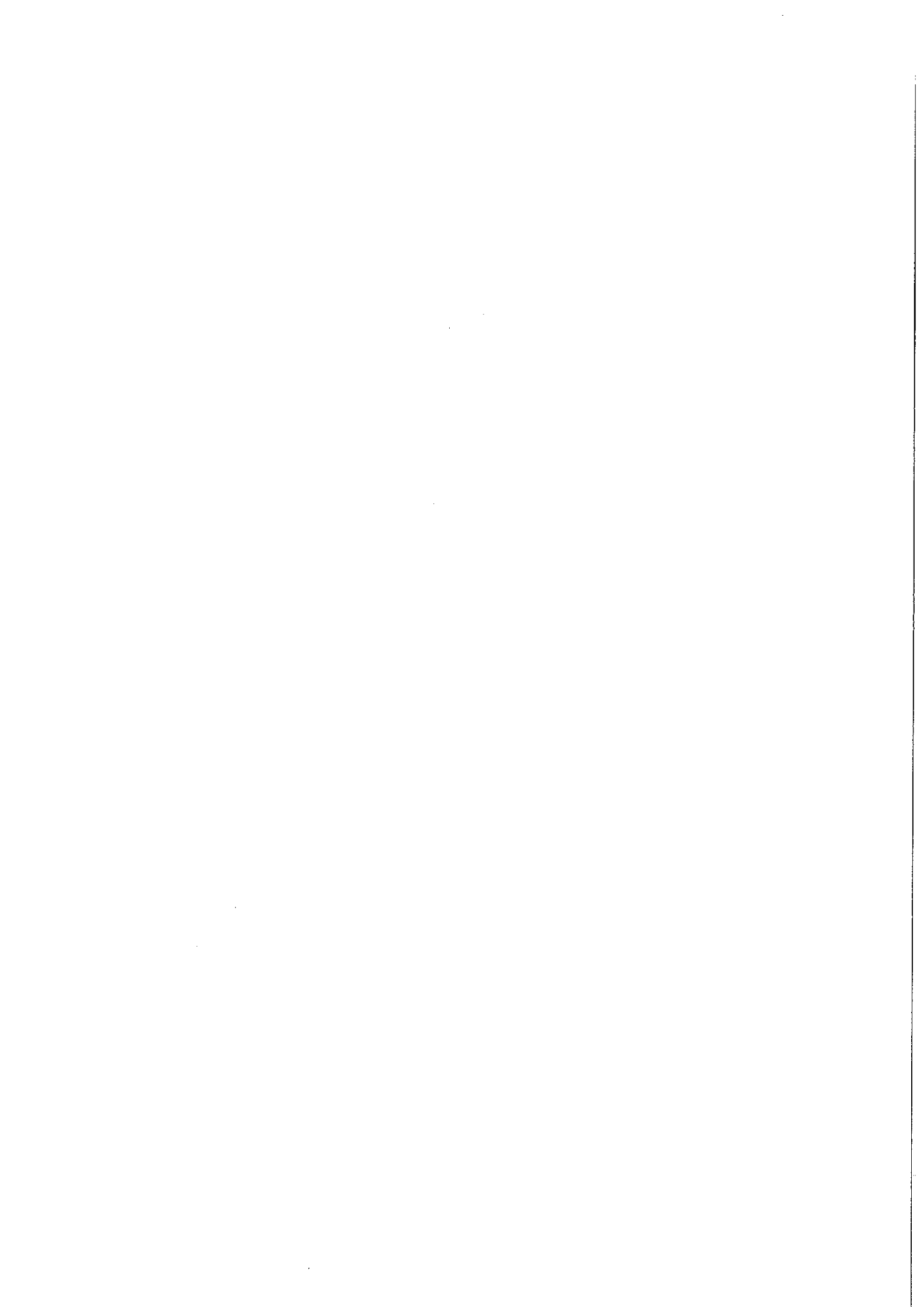
Skogforsk genomförde i början av 2000 tillsammans med STFI och Södra ett omfattande arbete rörande sortering av massaved. Där kom man fram till följande strategi för funktionell sortering:

"För att producera ett vedsortiment som ger massa med förbättrad dragstyrka rekommenderar vi följande tillvägagångssätt (i prioritetsordning):

1. Särhåll all massaved från unga bestånd. Sorteringskriteriet ska vara minimerad beståndsålder (i brösthöjd) med hänsyn till uppställda volymkrav och betalningsförmågan för det dragstarka sortimentet. En preliminär avvägning ger en övre gräns för beståndsålder på 30 år i brösthöjd.

2. Sortera klen massaved från medelålders bestånd (31-50 år) med hjälp av diametermätning med skördare. Sortera fram alla bitar, som har en diameter (u.b. i topp) < 11 cm. Observera att rotbitar i det aktuella diameterintervallet bör undantas från sortimentet."

De resultat av sortering som redovisas i detta kapitel ska ses som exempel från många försök och studier som genomförts under 1900-talet och i början på 2000-talet. Många studier som genomförts är företagsinterna eftersom sättet att sortera ved och hur processer och produkter utvecklats är ett område där företagen konkurrerar. Man konkurrerar alltså inte enbart kring slutprodukterna utan även om hur man på klokaste sätt tar vara på skogsråvaran.



# RESULTAT

FRÅN SKOGFORSK NR. 3 2003



Varför börja se på massavedens egenskaper först vid industrin?

... när man kan effektivisera produktionskedjan redan i skogen?

## Nya beräkningsmodeller för vedegenskaper – ett verktyg för bättre utnyttjande av massaveden

Lennart Moberg  
Lars Wilhelmsson

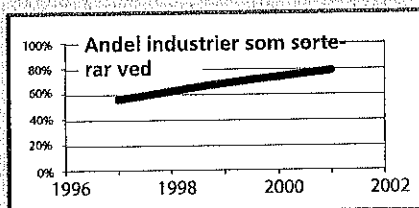
Skogforsk har i samarbete med STFI utvecklat nya beräkningsmodeller för vedegenskaper. De ger helt nya möjligheter att tidigare i virkesflödet anrika råvara med önskvärda egenskaper.

Modellerna kan användas för strategisk planering, genom att väga in vedens egenskaper när man ser på en industris råvaruförsörjning. De kan också användas operativt för att styra beståndsval, aptering och sortering, så att man ökar andelen ved med önskvärda egenskaper.

**Bilden:** Vid Stora Ensos tidningspappersbruk i Hyltebruk grovsorteras i dag granmassaveden i tre delsortiment, "frodvuxen", "servuxen" och "övrig ved". Servuxen och övrig ved används till termomekanisk massa (TMP), medan frodvuxen och övrig ved blandas för användning till slipmassa. De två massatyperna används sedan tillsammans med returpappersmassa för att framställa en produkt med jämn kvalitet.

Merparten av de svenska pappers- och massabruken sorterar i dag massaveden på ett eller annat sätt framme vid industrin (se nedan).

### Allt fler massaindustrier sorterar massaveden



21 av 27 tillfrågade massa/pappersbruk sorterar i dag massaveden från barrträd. Andelen har ökat (se fig). 11 av dessa 21 bruk uppger att man vill göra en finare sortering om det vore möjligt. Även några av de bruk som inte sorterar ved i dag skulle vilja

göra det, men är hindrade av exempelvis en för liten vedgård.

Oftast är det en uppdelning i endast två sorter, t.ex.

- gallrings- och slutavverkningsved
- frodvuxen och servuxen ved
- gran och tall eller gran och blandved
- klen och grov ved
- färsk och gammal ved
- svensk och importved
- 3 m-ved och fallande längder.

Källa: Örjan Hedenberg, STFI



## Sortering vid olika industrier – några exempel

Sortering av virke handlar om att minska variationen och att anrika önskvärda egenskaper.

Utöver Stora Enso i Hyltebruk har många andra massaindustrier också börjat ändamålssortera råvaran vid inmätning för att kunna göra bättre och mera kundanpassade produkter. Vid Hallsta tidningspappersbruk sorterar man t.ex. den inkommande

granmassaveden i två huvudsortiment, frodvuxen ved (breda årsringar) och senvuxen. Den frodvuxna veden ger i genomsnitt ljusare massa och används till s.k. förbättrat tidningspapper med god ljushet. Den senvuxna veden används för att göra ett starkare papper.

Inom Södra sorteras massaveden till sulfatindustrierna Värö och Mörrum i klasserna gallringsved och slutavverk-

ningsved. Slutavverkningsved innehåller något högre andel långa fibrer än gallringsved. Båda vedslagen innehåller dock korta och långa, såväl tunn- väggiga som tjockväggiga fibrer, men i olika proportioner. Södra satsar nu bl.a. på att bättre skogsbruksplaner och skördarrapportering skall kunna ge nya möjligheter för skogsbruket att klara en effektivare sortering.

## Nytt hjälpmedel ökar möjligheten att anrika ved med önskvärda egenskaper från skogen

I exemplen ovan sorterar man veden först när den kommit fram till industrin. Det är dock mer effektivt att identifiera skogsråvarans industriella potential redan före avverkning. Då kan skogsbruket leverera virket till den industri som bäst kan utnyttja just den vedens egenskaper. Man kan också utjämna variationen i råvarans egenskaper och därmed motverka oönskad variation i slutproduktens kvalitet.

### NYA BERÄKNINGSMODELLER

Skogforsk har i samarbete med STFI utvecklat nya beräkningsmodeller som beskriver vedens genomsnittliga egenskaper i olika träd och bestånd. De ger ingen exakt beskrivning och för enskilda massavedsbitar kan avvikelserna vara stora. Men för större partier ger de en god bild av de genomsnittliga fiberegenskaperna.

Tillsammans med Skogforsks utbyteskalkyler kan modellerna användas för att ändamålsanpassa fiberflödet från skogen – allt från strate-

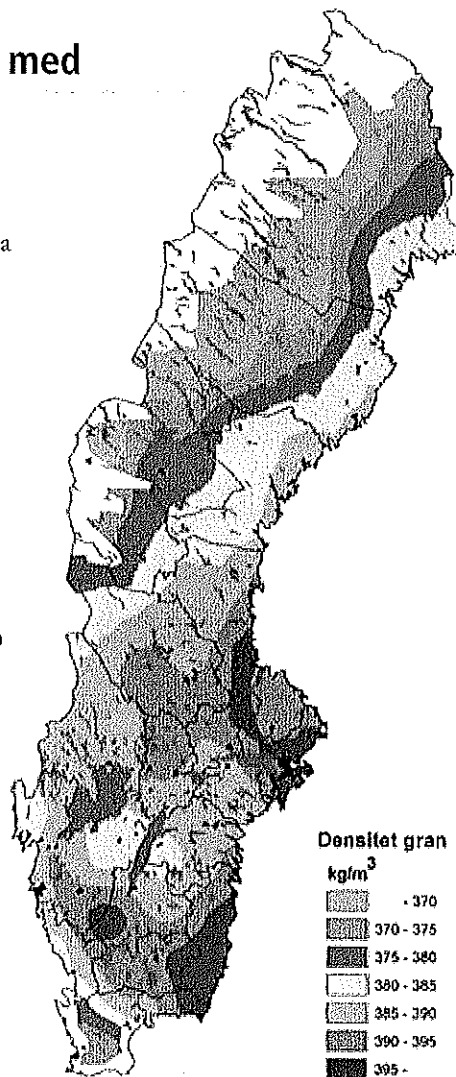
giska beslut för avgränsning av en industris fångstområde ner till operativa beslut om turordning mellan olika avverkningsobjekt. Några tänkbara användningsområden visas på nästa sida.

Ett exempel på användning av de nya prognosmodellerna. Figuren visar den genomsnittliga densiteten i olika delar av Sverige. Värdena är beräknade med hjälp av regionala data för bl.a. bonitet och ålder från Riksskogstaxeringen (SLU).

Förutom densitet finns det också modeller för att för tall och gran beräkna:

- andelen ungdomsved
- andelen sommarved
- andelen kärnved
- kvistegenskaper
- preliminär fukthalt
- barktjocklek
- årsringsbredd
- fiberdimensioner

Beräkningsmodellerna kan användas med olika ingångsdata: regionala översiktsdata, beståndsregister, inventering före avverkning eller från skördarens apteringsdator.



$$Dens = 304.3 + 10.444 \cdot (\ln c_h)^{0.5} - 444.1 \cdot \frac{d_h^{1.5}}{c_h \cdot T_{sum}} + 0.296 \cdot \frac{T_{sum}}{(0.5 \cdot d_h / c_h) + 2.3}$$

Så här ser funktionen ut för beräkning av densitet hos gran ( $c_h$  är antalet årsringar,  $d_h$  är diametern under bark i ett tvärsnitt och  $T_{sum}$  är temperatursumman för området. Övriga förklaringar finns i Wilhelmsson m.fl., 2002). Det här är en av nära 30 beräkningsmodeller som vi använder i nya datorprogram för beskrivning av genomsnittliga egenskaper hos stockar från enskilda träd. De kan användas med indata från Riksskogstaxeringen (SLU),

beståndsregister, skördardata eller liknande.

Bakom funktionerna ligger mätdata från ett stort antal träd. Fiber- och årsringsmätningar har gjorts vid STFI, densitets- och kärnvedsmätningar vid STFI och Luleå tekniska universitet.

När man använder funktionen för en enskilda massavedsbit kan felet bli ganska stort, men för en hel trave blir felet måttliga.

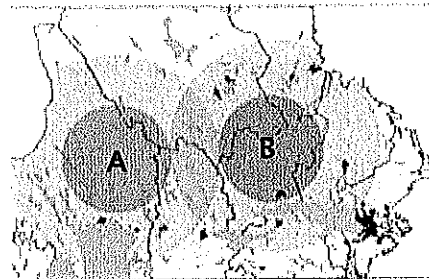
## Användning 1: försörjningsstrategi

Vedegenskaper varierar mellan olika geografiska områden, olika bestånd, mellan träd inom bestånd och inom träd. Närmast en industri kan det vara lämpligt att utnyttja all godtagbar råvara, eftersom transportkostnaden är låg. Längre bort blir det viktigare att prioritera råvara med önskvärda egenskaper. I gränzonen mellan två industrier med skilda produktionsförutsättningar och produktmix kan båda industrierna tjäna på att dela upp massaveden mellan sig efter vedegenskaper (se figur). På så sätt blir fångstområdena mer dynamiska och bättre anpassade efter enskilda industriers behov.

Andra exempel där det kan vara lönsamt att anpassa fångstområdet

efter vedegenskaper är områden med lokalt råvaruöverskott eller när en industri p.g.a. ökad råvaruförbrukning behöver utöka sin anskaffning.

Principiellt skiljer sig inte denna strategi från dagens, där man tar hänsyn till transportavståndet i förhållande till råvarutillgången och industrins behov. Skillnaden är att hänsyn till vedegenskaper tillför en dimension vid avverknings- och transportplanering. Med hjälp av enkla tumregler, prognosmodeller och moderna planeringssystem kan man i dag formulera en övergripande strategi för råvaruförsörjningen anpassad efter den enskilda industriens önskemål.



### Dynamiska fångstområden till två industrier

**Kärnområdet:** All godtagbar råvara levereras till industri A respektive B.

**Ytterområdet:** Längre från industrin prioriteras råvara med önskvärda egenskaper.

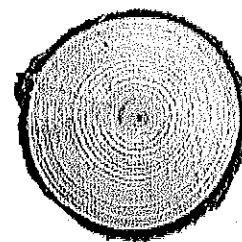
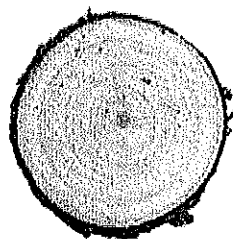
**Mellanområdet:** Mellan två industrier med olika inriktning sker en uppdelning av råvaran med hänsyn till deras respektive behov.

## Användning 2: vid beståndsval

Även inom ett givet fångstområde finns det en stor variation i vedegenskaper mellan olika avverkningsstrakter. Gallring ger t.ex. ved med andra genomsnittliga egenskaper än slutavverkning. Gamla bestånd ger annan ved än unga, bördiga marker ger en annan ved än magra marker osv. Den här kunskapen kan användas för att turordningsplanera avverkningsstrakter eller styra virke från en

viss avverkningsstrakt till en viss industri för att anrika ved med önskvärda egenskaper och undvika oönskad variation hos råvaran.

Frodvuxen och senvuxen ved. Genom att ta hänsyn till massavedens egenskaper vid virkesanskaffning och avverkningsplanering är det möjligt att prioritera önskvärda egenskaper och undvika oönskad variation.



## Användning 3: för sortering efter ved- och fiberegenskaper

En stor del av variationen i ved- och fiberegenskaper finns inom träd och mellan träd inom bestånd. Därför kan man anrika massaved med önskvärda egenskaper genom att sortera ut fler massavedssortiment än i dag. Samtidigt ökar kostnaderna på p.g.a. flera sortiment vid avverkning, skotning och vidaretransport. Skogforsk har utvecklat ett dataprogram som beräknar kostnaden för att sortera virket i en avverkning. Programmet, som heter Sortkost, kan hämtas gratis från Skogforsks hemsida [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se).

Om intäkterna, eller kundrelationen, väl uppväger denna sorteringskostnad lönar det sig att ta ut ett eller flera extra sortiment i skogen.

Om man bestämmer sig för att ta ut fler sortiment kan man med hjälp av

beräkningsmodellerna programmera skördaren för att beräkna stockarnas genomsnittliga vedegenskaper. Man kombinerar data från skördarens diameter- och längdmätning med uppgifter om beståndsålder, traktens latitud och altitud. Det är då möjligt att löpande avgöra bästa sorteringsstrategi och sortimentsgränser med hänsyn till industrins krav på både egenskaper och volymer, betalningsvilja, samt kostnader för drivning och logistik.



**B**

SVERIGE



PÅRLORE BETALT

## Kortfakta om fibrer

**Fiberlängden** påverkas främst av kambiets ålder och avståndet från märke. Massaved från ett gammalt bestånd har normalt högre andel långa fibrer än från ett ungt bestånd. Hög andel senvuxen ved har generellt sett också högre innehåll av långa fibrer. Långa fibrer passar bra till produkter som kräver hög rivstyrka.

**Cellväggstjockleken** skiljer en hel del mellan vår- och sommarved. Mängden värvad styrs till stor del av tillväxthastigheten medan mängden sommarved främst påverkas av tillväxtsångens längd. Det innebär att senvuxen ved har en hög andel sommarved och att denna andel är särskilt hög hos senvuxen ved i södra Sverige. Cellväggstjockleken har stor effekt på fibrernas flexibilitet och kollapsbarhet. Om pappersmakaren känner till cellväggstjocklek och fiberbredd kan processen effektiviseras och papprets egenskaper förbättras.

**Densiteten** beror framförallt på förhållandet mellan cellväggstjocklek och fiberbredd. Vid stora variationer i densitet blir fiberbearbetningen vid raffinering ojämn, vilket ger sämre kvalitet på massan. Densiteten påverkar också utbytet från massaveden och därmed råvarukostnaden per ton massa.

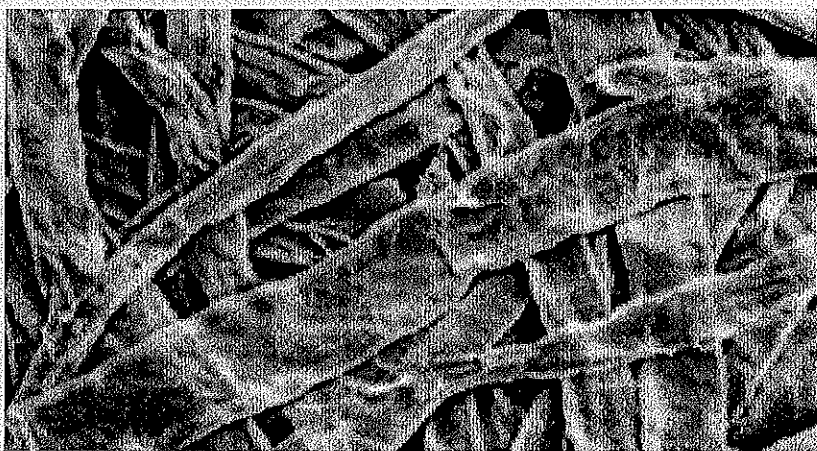
**Ungdomsveden** omfattar de första 15–20 årsringarna närmast märke och kännetecknas av korta, tunnväggiga fibrer. Gallringsvirke har en hög andel ungdomsved, särskilt från frodvuxna bestånd, medan sågverksflis

knappast innehåller någon ungdomsved alls. Fibrerna kollapsar lätt, fler fibrer får plats i ett pappersark med viss tjocklek och de ger en hög andel finfraktioner i mekanisk massa. Papper som innehåller mycket fibrer från ungdomsved har därför en stor ljusspridande yta, vilket ger goda optiska egenskaper, och en jämn tryckyta. Däremot medför den korta fiberlängden sämre rivstyrka. Vid alltför låg styrka hos mekanisk massa måste man blanda in förhållandevis dyr kemisk armeringsmassa.

**Kärnvedsandelen** är främst beroende av trädets ålder och höjden i stammen. Sågverksflis, toppar och yngre gallringsved innehåller främst splintved. Kärnved har en hög halt av extraktivämnen och lägre fuktkvot än splintveden. Den höga extraktivämnehalt hos tallens kärnved är kanske den främsta anledningen till att detta trädslag är mindre lämpligt som råvara för mekanisk massa.

**Fukthalten** Uttorkning av splintved medför försämrad kvalitet på grund av ökat barkningsmotstånd. Låg fuktkvot kan också medföra sämre styrke- och optiska egenskaper på grund av sämre friläggning av fibrer, minskad medelfiberlängd (på grund av avkortning) och sämre bearbetad cellvägg. Virke med hög fuktkvot är å andra sidan mera känsligt för långa transportavstånd – man får ju betala för transport av vatten.

Förstorad bild (SEM) av ett pappersark. Källa: Canadian Pulp and Paper Association.



Lennart Moberg TeknD. Forskare.  
Tel. 018 18 85 33 lennart.moberg@skogforsk.se

Lars Wilhelmsson SkogD. Programledare.  
Tel. 018 18 85 55 lars.wilhelmsson@skogforsk.se

Båda arbetar inom forskningsprogrammet  
Marknadskrav och råvaruutnyttjande

Läs mer

Arlinger, J. Spångberg, K. Wilhelmsson, L. Lundqvist, S.O. Hedenberg, Ö. Jonasson, J. Jansson, U. 2000. Vedegenskaper för massaindustrins behov. I *Frumerie, G. (red) Redogörelse 2*, s 23–30. Skogforsk.

Wilhelmsson, L. Arlinger, J. Brunberg, T. Rehnberg, O. Jönsson, A. Miller, J. Nylander, M. Duchesne, I. Spångberg, K. 2000. Vedsortering för bättre pappers och kartongprodukter. *Redogörelse 4*, 105 s. Skogforsk.

Wilhelmsson, L. Arlinger, J. Spångberg, K. Lundqvist, S.O. Grahm, T. Hedenberg, Ö. Olsson, L. 2002. Models for predicting wood properties in stems of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 17:4, 330–350.

### New models for predicting wood properties & a tool for improved utilisation of pulpwood

The variation in wood properties affect the manufacture of pulp and paper products. A substantial number of Swedish mills have therefore implemented different ways of sorting pulpwood. For example, the Stora Enso Newsprint mill at Hyltebruk sorts incoming truckloads according to mean annual ring width. Other examples can be found at Holmen Paper and Södra Cell.

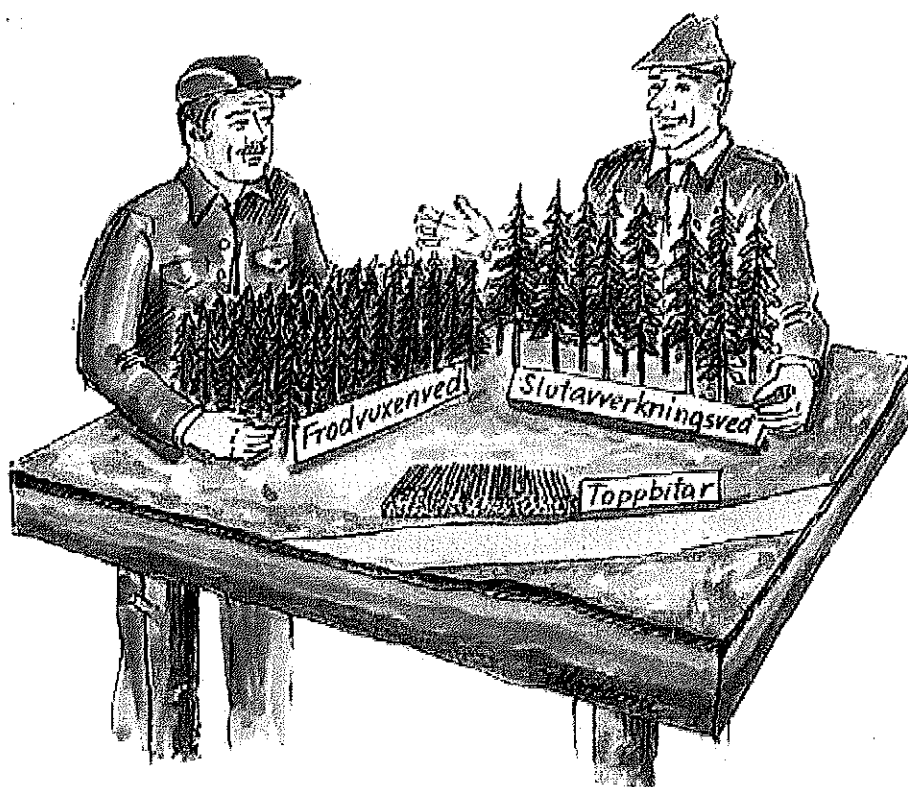
A number of calculation models to predict wood properties have been developed at Skogforsk together with STFI. These include models for: basic density, juvenile wood proportion, latewood proportion, heartwood proportion, knot properties, moisture content, bark thickness, annual ring width and fibre dimensions. The models can be used together with different information sources such as the National Forest Inventory, a company stand register, or data collected by a harvester.

Wood property models provide an opportunity to identify relevant industrial assortments already in the forest. They have been used in three principally different applications, namely: (1) Identification of wood procurement regions; (2) Scheduling and allocation of harvesting tracts; and (3) Sorting pulpwood during harvesting. Through adaptations to the needs of individual industries, these applications can be used to improve the utilisation of pulpwood.



## Uppdelning av granmassaved efter egenskaper

Magnus Berg och Anders Bjurulf, SkogForsk, Mattias Löfgren, Hallsta pappersbruk



*Kunskap om vedens egenskaper har blivit en allt viktigare förutsättning för framställningen av olika massa- och pappersprodukter. Därmed ökar också kraven på att skogsbruket ska känna egenskaperna på den ved som levereras.*

*I fältförsök har Hallsta Pappersbruk och SkogForsk studerat hur ved- och massaegenskaper varierar beroende på om råvaran kommer från olika bestånd, olika trädklasser eller olika delar av trädet. Målet med studierna har varit att öka kunskapen om hur massavedens egenskaper bättre skall kunna definieras så att veden kan delas upp och utnyttjas på ett effektivare sätt.*

*Genom att t. ex. skilja ut förstagallringsved från bestånd på goda marker skapar man ett sortiment som är mycket intressant för Hallsta Pappersbruk.*

## Varför bättre definierad massaved?

Styrande för utvecklingen av massa-industrin har tidigare varit att maximalt kunna utnyttja en heterogen vedråvara. Nu vill dock industrin ta tillvara de utvecklingsmöjligheter som en bättre kontroll av råvarans egenskaper kan ge. Här kan man tänka sig följande ambitionsnivåer:

1. Säkerställa en mer homogen råvara genom kontrollerad blandning av inkommande ved för att kunna styra processen bättre.
2. Sortera ut rätt ved till rätt slutprodukt i skogen för att förbättra viktiga egenskaper hos slutprodukterna.

Industrin kan således tillverka produkter av jämnare och högre kvalitet om den har tillgång till massaved som sorterats efter vedegenskaper. Skogsbruket har därmed en möjlighet att förädla sin bulkprodukt - massaveden. På flera företag har detta utvecklingsarbete redan tagit rejäl fart.

## Hur kan man åstadkomma uppdelningen?

Ett sätt att dela upp massaveden på egenskaper är att sortera den utifrån

beståndstyp. Denna uppdelning är billig - allt som behövs är att viss beståndsinformation följer med veden till industrin. Något dyrare kan det bli när industrin önskar speciell styrning (leveransplan) på vart och ett av de nya sortimenten.

Ett annat sätt att dela upp massaveden är att skapa nya sortiment inom ett bestånd. Exempel på detta är undertryckta träd eller toppbitar. Denna uppdelningsgrund medför troligen en viss merkostnad i drivningsarbetet.

## Fältförsök

SkogForsk och Hallsta Pappersbruk driver ett projekt med syftet att utnyttja granmassaveden bättre. Framför allt vill man utnyttja den ljusaste veden för produktion av extra ljus paper. Den ljusaste veden finns i frodvuxea, unga träd. Därför ligger studiernas tyngdpunkt på förstagallringsbestånd av ren gran.

Två studier har genomförts på MoDo Skogs mark i nordöstra Uppland.

I den första studien avverkades ett antal träd i fem olika typbestånd. Torr-rådensitet, fukthalt och vedens ljushet bestämdes. Massavedsdelen av träden raffinerades till massa i STFIs provraffinör. Därefter mättes

ljusspridning, ISO-ljushet, dragstyrka, rivstyrka, opacitet och andra egenskaper hos massan. Beståndstyperna var följande:

- Extra frodvuxen förstagallring.
- Frodvuxen förstagallring.
- Frodvuxen slutavverkning.
- Senvuxen förstagallring.
- Senvuxen slutavverkning.

I den andra studien mättes vedegenskaper på prover från 12 olika bestånd, se tabell 1. I denna studie skedde ingen massaraffinering. Prover togs från

- olika bestånd,
- olika trädklasser inom bestånden och
- olika delar av de enskilda träden.

Tabell 1.

De beståndstyper som ingick i andra studien.

	Första	Andra	Senare	Slutav-
	gallring	gallring	gallring	verkning
G18				
G20	x	x		x x
G22				
G24	x			
G26		x		x
G28	x			
G30				
G32	x	x		x
G34				
G36	x			

## Viktiga vedegenskaper

**Torr-rådensitet** uttrycker vedens torra vikt i förhållande till dess råa volym. Torr-rådensiteten är intressant eftersom den visar substansinnehållet i veden - massautbytet (ton massa per m<sup>3</sup> ved) beror med andra ord på torr-rådensiteten. Torr-rådensiteten påverkar också energiåtgången vid raffinering. En sortering efter torr-rådensitet innebär att energiinsats och annan processtyrning kan optimeras.

**Fukthalten** är vedens fuktighet i procent av vedens råa vikt. Den är intressant då den påverkar flera processer i industrin, bl.a. barkning, flisning och impregnering.

**Rådensiteten** är en funktion av fukthalt och torr-rådensitet. Hög rådensitet tyder på hög fukthalt. I Norge diskuteras ett förslag att betala veden efter råvikt i stället för efter volym för att premiera färsk ved.

**Bindningsstyrka** mellan bark och ved anses ha stark koppling till barkbarheten, den mäts i N/cm<sup>2</sup>. Barkbarheten är en mycket viktig aspekt eftersom den bark som inte avlägsnas i barktrumman följer med in i processen.

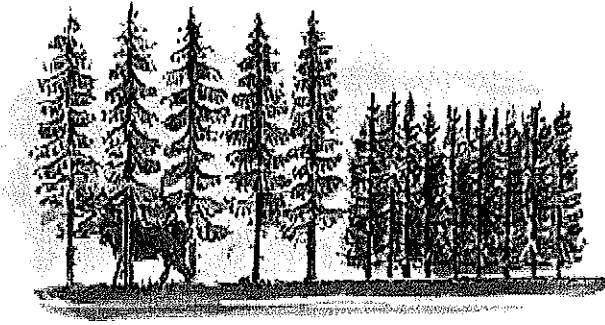
Vedens **ljushet**, som påverkar massans ljushet, har blivit av stort intresse i och med införandet av mer miljöskon-

samma blekmetoder. Ljusheten kan mätas genom att ett vedprov flisas, torkas, mals och pressas till en brikett, som sedan mäts i en pappersljushetsmätare. Hur väl vedens ljushet överensstämmer med massans ljushet är dock inte helt klarlagt. Det ögat uppfattar som ljushet är en kombination av ett materials ljusspridnings- och ljusabsorptionsegenskaper, den kombinerade effekten mäts i s.k. ISO-ljushet. Vid blekning av mekanisk massaved strävar man i princip efter att höja massans ljusspridningskoefficient, och vid blekning av sulfatmassa påverkar man ljusabsorptionen.

**Medelårsringsbredd** - den definition av medelårsringsbredd vi använt oss av är rent aritmetisk, d.v.s. en stams radie dividerat med antalet årsringar. Bra överensstämmelse anses råda mellan medelårsringsbredd och torr-rådensitet.

**Sommarvedsandel** - den definition av sommarvedsandel vi använder är sommarvedens arealandel i ett stocktvärsnitt. Kännedom om sommarvedsandelens är intressant för dem som ska göra paper av veden. Anledningen är att fibernas egenskaper skiljer sig starkt mellan vår- och sommarved.

## Uppdelning efter bestånd



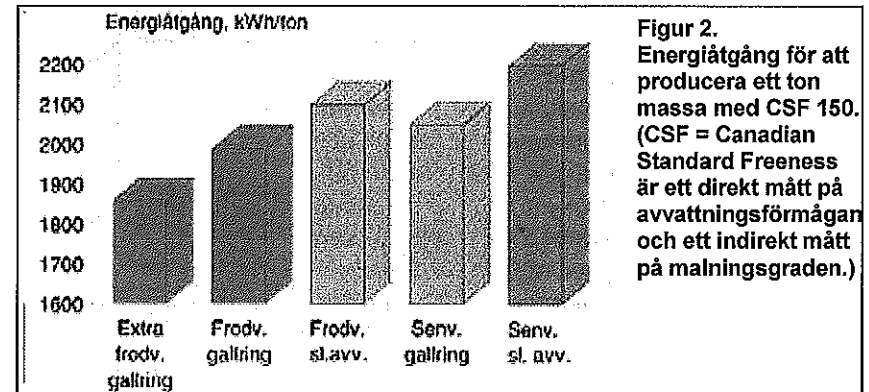
Att hålla isär ved från olika beståndstyper är ett enkelt och billigt sätt att dela upp ved.

Torr-rådensiteten minskade i studierna med ökad frodvuxenhet, vilket exemplifieras i figur 1. Även fukthalten var väl korrelerad med frodvuxenhet. Breda årsringar gav i princip hög fukthalt, och de mest frodvuxna förstagallringsbestånden hade ca 7 % högre fukthalt än övrig ved.

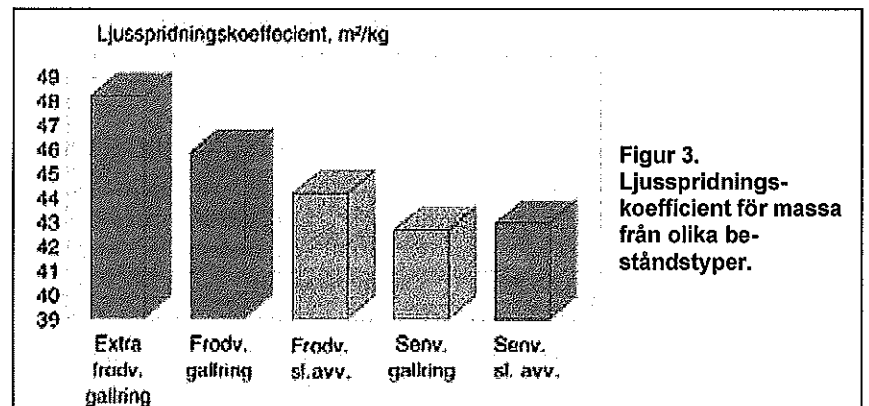
I försöken krävdes det mindre energi för att producera ett ton massa av frodvuxen ved än av senvuxen. Figur 2 visar den energi som går åt i raffineringen för att producera ett ton massa. Energiåtgång är en tung kostnadspost vid massaproduktion. Ett sätt att minska energiåtgången är att sortera veden efter frodvuxenhet och därigenom åstadkomma sortiment med mindre densitetsvariation. Energittillförseln skulle därefter kunna optimeras efter den råvara som används. Förutom att energiåtgången minskas ökar också möjligheten att styra malningsgraden på massan mer exakt.

I våra studier var frodvuxen ved ljus, den gav också massa med hög ljusspridningskoefficient (figur 3). Den ved som i figur 4 är märkt som ljus ved (förstagallringar med ståndortsindex överstigande G24) var i studierna markant ljusare än övrig ved.

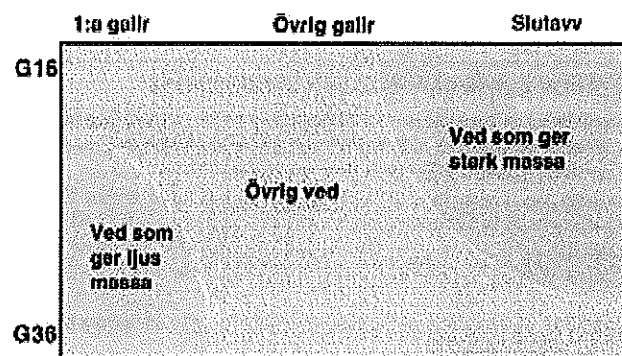
Senvuxen ved gav i studien massa med höga styrkeegenskaper. Men det var ändå värt att notera att alla beståndstyper, utom den extremt frodvuxna, gav acceptabla styrkenivåer. Förstagallringsveden i vårt material uppvisade starkare samband



Figur 2. Energiåtgång för att producera ett ton massa med CSF 150. (CSF = Canadian Standard Freeness är ett direkt mått på avvattningsförmågan och ett indirekt mått på malningsgraden.)



Figur 3. Ljusspridningskoefficient för massa från olika beståndstyper.



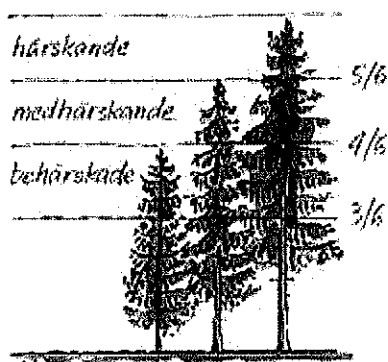
Figur 4. Hallsta pappersbruks önskemål om veduppdelning.

mellan vedegenskaper och beståndsfaktorer än övrig ved. En förklaring kan vara de skillnader i skötsel och övrig historik som förekommer i äldre bestånd.

Kunskaper om hur vedegenskaperna varierar mellan olika beståndstyper kan användas för uppdelning

av massaved i klasser med snävare egenskapsvariation. Figur 4 visar hur Hallsta Pappersbruk skulle vilja ha sin ved sorterad. Med den här uppdelningen skulle man bättre kunna matcha vedråvarans egenskaper mot kraven på olika papperskvaliteter.

## Uppdelning på trädklasser



I studien avverkades sex träd i varje bestånd. Träden valdes så att de skulle representera trädklasserna härskande, medhärskande och behärskade träd (två träd av varje).

Torr-rådensitet och fukthalt varierade inte mycket mellan trädklasserna. Ett undantag utgjorde dock de behärskade trädens fukthalt, som var betydligt lägre än de andra trädens. Den låga fukthalten kan vara en förklaring till att de behärskade träden hade en högre bindningsstyrka mellan bark och ved (d.v.s. var mer svårbarade).

I förstagallringsbestånden var ved från härskande träd ljusare än annan ved. Pappersmassan kan dock befaras bli svag om den enbart görs på härskande, extremt frodvuxna träd.

Det är främst de behärskade träden som det kan vara av intresse att sortera ut.

## Uppdelning på olika stamdelar

Från varje träd togs vedprover på tre ställen längs stammen, vid diametern 15 cm, 10 cm och 5 cm. Detta gjordes för att undersöka skillnader i vedegenskaper inom den traditionella massavedsdelen av trädet.

Såväl fukthalt som torr-rådensitet var högst i toppen av trädet och minskade med ökad diameter. Detta avvek från det normala mönstret att densiteten minskar när fukthalten ökar.

Veden vid 15 cm diameter var ljusast och veden vid 5 cm diameter mörkast.

Studieresultaten pekar på att massavedens egenskaper till viss del kan påverkas genom en utsortering av toppbitar.



## Ett pappersbruks önskemål

Den erfarenheter som studierna gett har lett till att Hallsta Pappersbruk har formulerat önskemål på uppdelning av råvaran:

1. Frodvuxen förstagallring. Ger ljus massa. Denna ved har dess-

utom hög fukthalt, är lätt att barka, har låg densitet, ger massa med acceptabel styrka och kräver relativt litet energi vid raffinering.

2. Relativt senvuxen slutavverkning (eller sistagallring). Ger stark massa. Denna ved har lägre fukthalt, brister i ljushet och kräver mer energi vid raffinering.
3. Övrig ved.

Klass 1 ovan skulle kunna ge ännu ljusare ved om toppbitar och undertryckta träd sorterades bort. Detta medför dock merkostnader.

I undersökningen har vi koncentrerat oss på de egenskaper och den råvaruförsörjning som är intressant för Hallsta Pappersbruk. Det arbetsätt vi använt för att kartlägga vedens egenskaper är dock generellt användbart. I framtiden kommer troligen denna typ av vedkunskap att behövas i kontakterna mellan massaindustrin och dess leverantörer.

## Litteratur

- Berg, M., Bjurulf, A. & Löfgren M. 1995. Variationer i granmassavedens egenskaper - mellan olika beståndstyper, olika trädklasser och olika höjd på stammen. SkogForsk. Stencil 95-05-12.
- Berg, M., Bjurulf, A. & Löfgren M. 1995. Ved- och massaegenskaper i fem olika granbestånd. SkogForsk. Stencil 95-05-08.
- Bjurulf, A., Spångberg K. 1994. Nya massavedssortiment - en möjlighet till bättre råvaruutnyttjande. SkogForsk, Resultat Nr 19, 1994.
- Braaten, K.R., 1993. Wood classification leads to more uniform TMP. *Proceedings of the International Mechanical Pulping Conference*, 23-31. Oslo.
- Hedenberg, Ö., Laestadius, L., Nylinder, M. & Rådström, L. 1993. Bättre utnyttjande av svensk barrved - en förstudie utförd av SkogForsk, SLU och STFI. 1993-03-19.

### Sorting Norway-spruce pulpwood by its characteristics

Knowledge of the characteristics of wood is an increasingly important prerequisite in the manufacture of pulp and paper products. It is therefore becoming increasingly important for the supplier also to be conversant with the properties of the wood.

SkogForsk has conducted practical trials with the Hallsta papermill to determine the way that wood and pulp characteristics vary depending on the stand, the class of tree and part of the tree from which the raw materials come. The aim of the study was to find a better way of defining the pulpwood characteristics, so that the pulpwood can be sorted and utilized more effectively.

One of our findings was that wood from first thinnings on good quality sites constitutes a highly attractive assortment for the mill.

**Keywords:** Assortments, wood characteristics.



@ SkogForsk  
Glunten  
751 83 UPPSALA  
Tel: 018-18 85 00  
Fax: 018-18 86 00  
ISSN: 1103-4173  
skogforsk@skogforsk.se

Ämnesord: Sortiment, vedegenskaper.  
Layout: Ewa Lofstrand  
Redaktör: Gunilla Frumerie  
Ansvarig utgivare: Jan Fryk  
Tryck: Tryckeri AB Primo, Oskarshamn  
Upplaga: 3 000 ex. Maj 1995.

## Färskt virke – en utmaning för skogsbruk och virkesmätning

Erik Persson<sup>1</sup>, Michael Sjöström<sup>2</sup>, Lars-Göran Sundblad<sup>3</sup>, Susanne Wiklund<sup>2</sup> och Lars Wilhelmsson<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>SLU <sup>2</sup>Umeå Universitet <sup>3</sup>SkogForsk

▲ Färskt virke blir allt viktigare för skogsindustrin.

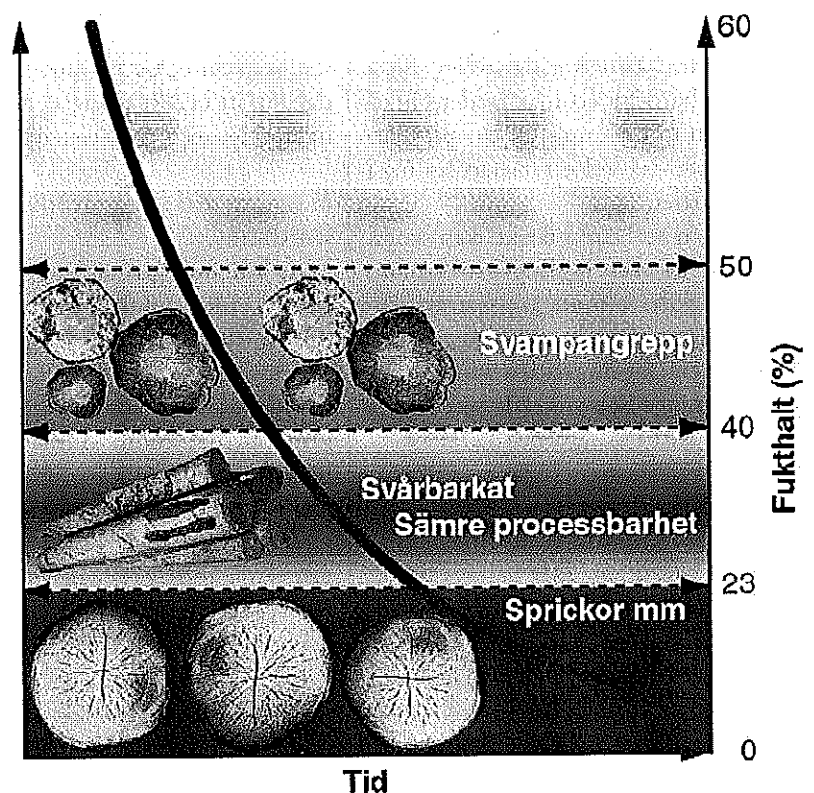
Massaved som lagrats för länge är svår att barka och flisens kvalitet försämras – lagrat sågtimmer kan få svampangrepp och sprickor.

Men hur länge är virket färskt och hur skall man beskriva färskhet?

I dag bedöms vedens färskhet utifrån hur lång tid det gått från avverkning till leverans vid industrin. Detta tidsmått är trubbigt, eftersom det är många faktorer som påverkar hur fort veden åldras. Det finns behov av mer objektiva kriterier och mätmetoder för färskhet.

I detta Resultat diskuteras olika sätt att mäta färskheten. Bl.a. presenteras en teknik, där man bedömer vedens färskhet utifrån dess fukthalt. Fukthalten beräknas genom att belysa veden och analysera färgen på det reflekterade ljuset. Osynligt ljus av lite längre våglängder s.k. NIR, (Near Infra Red), är särskilt intressant, eftersom vatten absorberar sådant ljus.

NIR-metoden är snabb och skulle kunna användas både vid avlägg och vid industrins mätstation.



1. Då splintvedens fukthalt sjunker under ca 50 % ökar risken för svampangrepp.
2. Vid fukthalter under ca 40 % blir veden svårare att barka.
3. När virket torkat till fibermättnadspunkten, ca 23 % fukthalt, märks en tydlig förändring av de mekaniska egenskaperna. Virket börjar krympa och det bildas sprickor. Det är negativt för produktion av såväl trävaror som pappersprodukter.

Fritt efter Liukko.

## Färskt virke är viktigt för skogsindustrin

Virke kan definieras som färskt så länge tillverkning och slutprodukter inte påverkas negativt jämfört med användning av nyavverkat virke. Olika industrier kan och bör ställa olika krav på färskhet, beroende på tillverkningsprocesser och produkter.

### Fukthalten ett viktigt mått

Virkets fukthalt är normalt den viktigaste egenskapen vad gäller färskhet. Fukthalten är också en av de egenskaper som påverkas snabbast av lagring. Vid korta lagringstider kan därför färskheten uppskattas genom att mäta splintvedens vattenhalt.

### "Tänk färskt"

Vädret, lagringssättet och vältans storlek påverkar torkningen. Virke som ligger utspritt på ett solexponerat hygge torkar mycket snabbare än virke som travas på ett skuggigt avlägg. Flera studier har visat att massavedens fukthalt kan minska upp till en procentenhet per dag vid exponerad lagring i små partier.

Genom att "tänka färskt" kan skogsbruket minska lagringsproblemen. Det handlar om att anpassa avverkningsnivån, skota ut virket snabbt och minimera lagringstiden vid bilväg. Om möjligt bör virket läggas i stora välter, helst i skugga och lå.

### Teknik att mäta fukthalten

Enbart lagringstiden är ett trubbigt mått på färskhet. Det behövs därför objektiva sätt att beskriva färskheten.

Det finns flera olika tekniker för att mäta fukthalten i ved. Ingen är dock i

dagsläget fullt anpassad till praktisk användning för kvalitetskontroll och uppföljning i stor skala.

### Med ljus

En lovande och förhållandevis snabb metod att mäta vedens fukthalt är att belysa veden och mäta sammansättningen på det ljus som reflekteras.

### Med skördardata

En annan tanke är att utnyttja skördarens diametermätning tillsammans med uppgifter om beståndsålder och ståndort för att beräkna virkespartiets råvikt vid fällningstillfället.

Genom att sedan jämföra skördarens beräkningar med råviktsmätning och volymbestämning vid industrin kan uttorkningen under hanteringstiden beräknas.

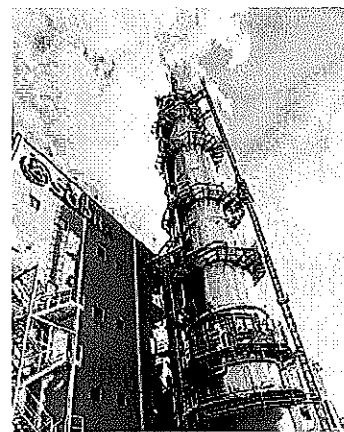
Avverkningsstidpunkt och väderstatistik kan också komma att användas för att beräkna längsta acceptabla hanteringstid för en viss industri.

### Mätning vid skog och/eller industri

Man kan antingen tänka sig att kontrollera virkets fukthalt framme vid industrin eller redan vid avlägget i skogen.

Vid industrin skulle alltför torra/gamla partier kunna vrakas direkt eller särbehandlas.

Genom att beräkna eller mäta virkets fukthalt vid avlägg ute i skogen skulle torrt/gammalt virke kunna transporteras till kunder med lägre krav på färskhet.



Många industrier skärper kraven på att massaveden skall vara färsk. Det finns en rad skäl för detta. När veden börjat torka är den svårare att barka. För papper med höga krav på ljusbet kan även små försämringar av barkningsgraden leda till dyr blekning. Ibland går det inte ens att bleka massan till önskad ljusbet. Svårbarkad ved kräver längre körtid i barktrumman. Det leder till ökade vedförluster.

"Ofärskt" virke ger också ojämna flis kvaliteter. Det leder till sämre pappersegenskaper vad gäller t.ex. tryckytta och styrka. Ojämn flis försvårar också effektiv processstyrning.



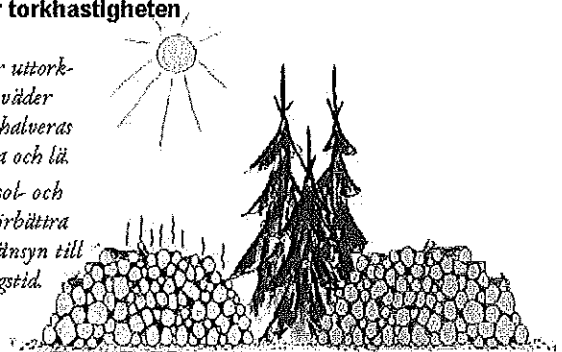
Timmer som börjat torka kan få svamp- och insektskadorna. Det kan också ha sprickor som är svåra att se från utsidan. Varierande fukthalter i veden kan även leda till sprickbildning både före sågning och vid torkning. Det kan ge sämre formstabilitet.

### Exponeringen påverkar torkhastigheten

Vältans exponering påverkar uttorkningen. Vid varmt och torrt väder kan uttorkningshastigheten halveras om vältorna placeras i skugga och lå.

Genom att klassa travarnas sol- och vindexponering kan man förbättra transportplaneringen med hänsyn till variation i kritisk hanteringstid.

SkogForsk arbetar med ett förslag till en bedömnings-skala.



Sol: ca 1 % per dag Skugga: ca 0,5 % per dag

## NIR – virkets fukthalt mäts med ljus

Traditionellt mäter man vedens fukthalt genom att väga råa vedprover, torka dem och sedan väga dem en gång till. Det är en pålitlig men långsam och resurskrävande metod.

Vid Umeå Universitet och SkogForsk arbetar man en alternativ metod. Veden belyses och sedan mäter man sammansättningen på det ljus som reflekteras från vedytan. Speciellt intressant är ljus av längre våglängder, s.k. NIR (Near Infra Red), eftersom vatten har en stor förmåga att absorbera våglängder i just NIR-området.

En NIR-mätning ger ett spektrum, som beskriver det reflekterade ljusets sammansättning. För att kunna koppla detta spektrum till vedens fukthalt måste man först beskriva sambandet mellan fukthalt och NIR i siffror. Detta görs via en statistisk modell, som sedan används vid praktiska mätningar.

Vid STFI utvecklas en station för automatisk industrimätning av massaved. Även denna använder NIR för fukthaltsbestämning.

### Hög noggrannhet vid test

Umeå universitet och SkogForsk har i samarbete med Holmen Skog och Hallsta pappersbruk testat NIR-tekniken. På elva virkespartier kunde fukthalten bestämmas med en noggrannhet för enskilda mätvärden på  $\pm 3,2\%$ .

Efter anpassning och effektivisering av provtagningsmetodiken tror vi att metoden har goda förutsättningar att fungera i praktiskt bruk.

### Fördelar

Det finns klara fördelar med NIR-metoden jämfört med det traditionella sättet att mäta vedens fukthalt:

- Snabbt och enkelt.
- Ickeförstörande. Virket förstörs inte vid mätningen (ibland måste man dock av praktiska skäl ta prover eller borra om man vill ha information om ett materials egenskaper innanför vedytan).
- Mer information. Metoden kan även ge information om andra egenskaper, t.ex. fiberegenskaper. Då måste

man dock först utveckla statistiska modeller även för dessa egenskaper.

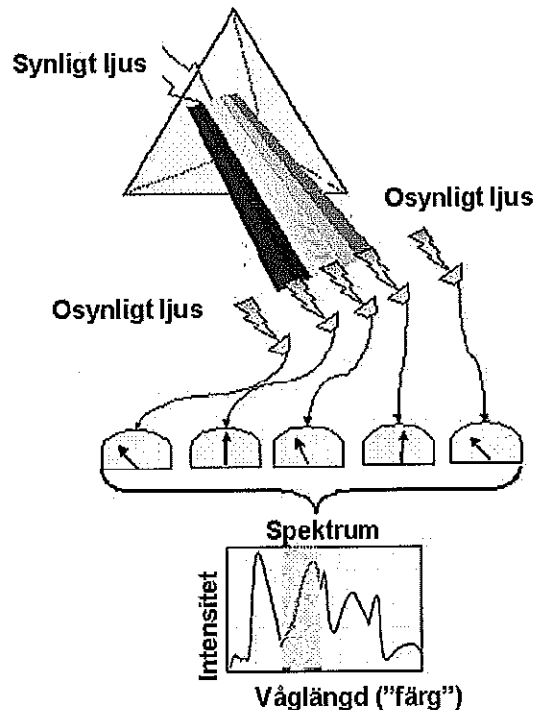
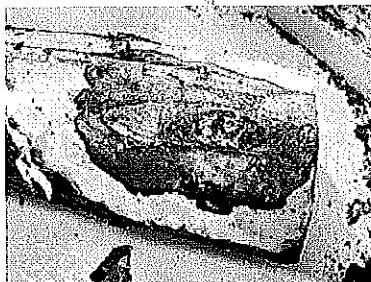
### Begränsningar

- Kräver kalibrering. För att metoden ska ge tillförlitliga resultat måste de vedprover som används för kalibrering vara representativa för den ved och de förhållanden som man kommer att möta i "skarpt läge" under verkliga förhållanden. Det är dock en engångsinsats – när man väl fått fram en bra modell behöver arbetet inte upprepas, förutsatt att provtagningen utförs på samma sätt som vid kalibreringen.
- Begränsad inträngning. I biologiska material som ved har NIR-ljuset en begränsad inträngningsförmåga. Det rör sig bara om några millimeter.
- Störningskänsligt. NIR-tekniken är känslig och fångar upp mycket annan information än om vatteninnehåll. Man måste därför standardisera mätningen för att få pålitliga resultat.

### Principbild:

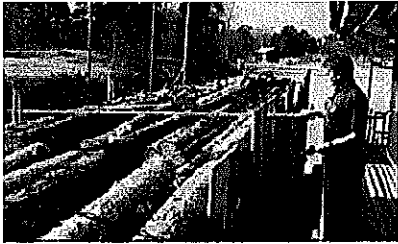
Ett vedprov belyses med en ljuskälla. Det reflekterade ljusets spektralfördelning analyseras. Man ser då inte bara på det synliga ljuset ("regnbågen" i figuren), utan även på osynligt ljus. Speciellt intressanta är de våglängder som är lite längre än det synliga ljusets eftersom vatten har stor förmåga att absorbera dessa. Spektralfördelningen ger en "signatur", ett slags fingeravtryck som speglar vedens fukthalt.

Ljuskälla och fotocell för avläsning av det reflekterade ljusets sammansättning



## Framtidens mätning av massaved?

Massavedens volym trävmäts som i dag. Mätaren tittar efter eventuella tecken på att virket inte är färskt, som missfärgning och sprickor. Dessutom vägs veden, för att ge en vägledning om genomsnittlig fukthalt.



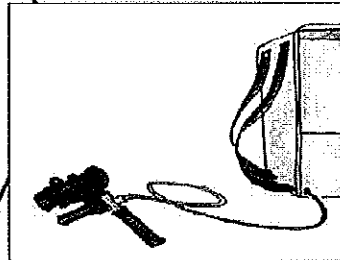
+



Om veden ser tveksam ut, eller om vägningen indikerar för låg råvikt, görs en fukthaltsmätning med NIR. Om fukthalten ligger över en bestämd nivå körs lasset in till industrin. Är fukthalten under den bestämda nivån görs några kontrollmätningar. Om även dessa visar att veden är alltför torr, vrakas den eller går till brännved.

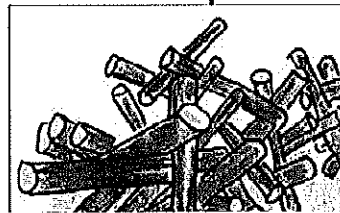
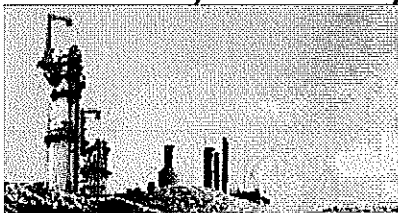
OK

Tveksam



OK

Inte OK



### Fresh timber—a challenge to forestry and mensuration

The ability to obtain fresh timber is becoming increasingly important to the pulp and paper industry and the sawmills. If pulpwood is stored for too long it becomes difficult to bark and the quality of various properties in the wood chips deteriorates. Similarly, sawlogs may become infected with fungi and even subject to splitting, thus reducing the quality of the sawnwood products. But the question is when does timber cease to be fresh?

A crude rule of thumb is used at present to assess the freshness of wood, i.e. the time elapsing from logging to reception of the wood at the mill. But better criteria and measuring techniques are called for.

In this issue of *Resultat*, we discuss different ways of measuring freshness. One technique (NIR) involves spectral analysis of the reflected light to calculate the moisture content in the wood.

An advantage of the NIR technique is not only that it is fast but also that it is suitable for use both at landings in the woods and at the measuring station at the mill.

**Keywords:** Freshness; measuring the quality; moisture content; multivariate data analysis; NIR imagery; pulpwood; spectroscopy.

### Läs mer

- Antti, H. 1999. Multivariate Characterization of wood Related Materials. PhD Thesis. Umeå University, Research Group for Chemometrics, Department of Chemistry, Umeå, Sweden.
- Berg, M., Bjurulf, A., Duchesne, I., Hedberg, Ö. & Löfgren, M. 1995. Vad är färskhet? SkogForsk. Resultat nr 5.
- Grahn, T. & Lundqvist, S.O. 2000. Möjligheter vid mätstationen. I: STFL:s renserikonferens. STFL-report P33, 42-55.
- Bjurulf, A. 1993. Färskhetsbegreppet för massaved. Stencil, SkogForsk.
- Persson, E. 2001 Storage of Spruce Pulpwood, Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala.
- Thygesen, L. & Nylinder, M. 1996. Conditions for the development of wood property based scaling routines for pulp wood inferred from selection investigations of Swedish pulp wood. *Scand. J. For. Res.* 11, 313-318.
- Öman, M. 2000. Influence of wood freshness on wood handling and kraft pulping. Rapport 9. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogshushållning. 34 s.

**Erik Persson.** SkogD. Forskare med inriktning på virkesegenskaper och råvarufrågor vid SLU samt projektledare på Holmen Paper Development Centre.  
*erik.persson@sh.slu.se* eller *erik.persson@holmenpaper.com*

**Michael Sjöström** Professor, Umeå Universitet. Arbetar bl.a. med kemometri.  
*michael.sjostrom@chem.umu.se*

**Lars-Göran Sundblad.** FD. Leder forskningsprogrammet "Frö och plantor" vid SkogForsk. Arbetar bl.a. med olika mätmetoder i skogliga applikationer.  
*lars-goran.sundblad@skogforsk.se*

**Susanne Wiklund.** Forskarstuderande vid Organisk Kemi, Umeå Universitet. Arbetar med spektroskopiska metoder för att analysera metaboliter i bl.a. träd.  
*susanne.wiklund@chem.umu.se*

**Lars Wilhelmsson.** SkogD. Leder forskningsprogrammet "Marknadskrav och råvaruutnyttjande" vid SkogForsk. Arbetar bl.a. med modeller för ved- och fiberegenskaper. *lars.wilhelmsson@skogforsk.se*

**SKOG  
FORSK**

Stiftelsen Skogsbrukets  
Forskningsinstitut  
Uppsala Science Park  
SE-761 83 UPPSALA  
Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00  
skogforsk@skogforsk.se  
http://www.skogforsk.se  
ISSN: 1103-4173

Ämnesord: Färskhet, kvalitetsmätning, massaved, multivariat data analys, NIR, spektroskopi, vattenhalt.

Ansvärg utgivare: Jan Fryk

Redaktör: Carl Henrik Palmér, Areca Information AB: *chp@areca.se*

Foto: SkogForsk, SÖDRA m.fl. Illustration: HF Skog&Bild

Upplaga: 2 100 ex. Juni 2002.

Tryck: Text & Tryck Torab AB, Hållsta

© SkogForsk. Återgivning endast efter skriftlig överenskommelse



# RESULTAT

FRÅN SKOGFORSK NR. 2 2005



  
**SKOGFORSK**



**Jonas Brändström** SkogD. Inst. f trävetenskap.  
SLU. 018-67 26 07.  
jonas.brandstrom@trv.slu.se

**Maria Jonsson** SkogD. Inst. f skogens produkter  
och marknader. SLU. 018-67 24 98.  
maria.jonsson@spr.slu.se

**Erik Persson** SkogD. Projektledare Holmen  
Paper. Tel. 0702-48 08 32.  
erik.persson@holmenpaper.com

**Jan Weslien**. Professor. Programledare Natur &  
Miljö, Skogforsk. Tel. 018-18 85 05.  
jan.weslien@skogforsk.se

**Lars Wilhelmsson** SkogD. Programledare Virke,  
Skogforsk. Tel. 018-18 85 55.  
lars.wilhelmsson@skogforsk.se

## Lagring av rundvirke i stormens spår

Den 8-9 januari 2005 fällde orkanen Gudrun ca 75 miljoner m<sup>3</sup>sk i södra Sverige. Skogsägare och skogsindustri försöker nu rädda så mycket som möjligt av virkesvärdet. Detta Resultat sammanfattar kunskapsläget om långtidslagring av virke.

### Skador och virkesvärde

- Liggande träd med god rotkontakt kan under gynnsamma förhållanden klara sig något år.
- Oskyddade vedtyor efter stambrott, kvistning och barkavskav löper stor risk att angripas av blånadssvamp under våren och sommaren. Virket blir då mindre lämpligt som timmer och granmassaved.
- Virke som angrips av granbarkborre (gran) och mägborrar (tall) blir snabbt blånadsskadat. Randig vedborre (gran och tall) gör dessutom hål i splintveden.
- I slutet av sommaren börjar rötsvamp bryta ner veden. Substansförlusterna är måttliga det första året (några procent) men angreppet ger märkbart sämre styrkeegenskaper i sulfatmassa.

### Åtgärder och överväganden

- Om virket upparbetas i tid och bevattnas eller sjölagras klarar det sig från insekter, blånad och röta. Den del av sjölagrat virke som ligger ovanför vattenytan måste bevattnas.
- Bevattnat och sjölagrat virke kan dock missfärgas och angripas av bakterier.
- Åtgärder som sätts in för sent kan kosta mycket utan att ge avsedd effekt.
- Prioritera objekt där stora virkesvärden står på spel. Ta även hänsyn till marknadsförutsättningarna för långtidslagrat virke – och tänk på miljökonsekvenserna.
- Dokumentera alla åtgärder så att köpare har bra underlag för att bedöma virkets egenskaper.

## Virkeskador i stormens spår

Träd och virke som blir kvar i skogen kommer först att angripas av blånad och sedan av röta. Rötangreppen kommer senare, och hösten 2005 förväntas virket bara ha förlorat några procent i torrsubstans och ytterligare några procent året därpå.

Från juli till september kan dessutom tallbock och vedsteldar orsaka tekniska virkeskador.

### Vindfällda träd med god rotkontakt

Tyska och franska erfarenheter visar att stormfällda träd som har kvar tillräcklig rotkontakt kan klara sin vattenförsörjning och överleva en eller möjligen ett par vegetationsperioder. Det förutsätter att minst 20–25 procent av rotsystemet är oskadat och har god markkontakt. Sannolikheten för att träden skall klara sig är högre på fuktiga marker och om träden skuggas av stående träd. Träd med rotkontakt kan dock angripas och dödas av granbarkborre (gran) och märgborrar (tall). Risken är störst för solbelysta träd. Insekterna för med sig blånad som snabbt infekterar veden.

### Vindfällda träd utan rotkontakt

När det blir varmare i vår kommer virket i de kvarliggande träden torka snabbt – t.o.m. snabbare än virke som lagras i väla vid bilväg, eftersom barren suger vattnet ur splintveden.

Angrips träden av insekter sprids blånad snabbt i splintveden. Träd som inte angrips av insekter kan klara sig något längre utan utbredd blånad, speciellt om barken är oskadad och begränsar angreppstorna för svampen.

### Upparbetat virke på hygget

Virke som upparbetats men inte skotats ut från hygget torkar också mycket snabbt. När det blir riktigt varmt och torrt kan uttorkningen uppgå till över en procentenhet per dag. Uttorkningen går fortare ju högre andel av barken som är avskavd. Klenta stockar/bitar torkar fortare än grova.

Även här kan blånad uppträda redan under våren.

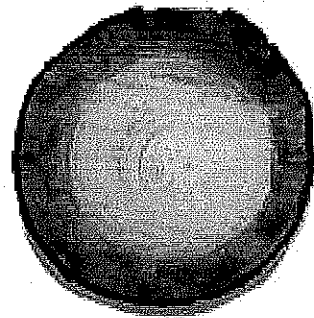
### Virke i oskyddade virkesvältor

Upparbetat virke som travas i rejäla vältor vid bilväg torkar långsammare än fritt liggande virke ute på hygget och bör klara sig från vindburen blånad någon eller några veckor längre. Å andra sidan ökar risken för randig vedborre om virket ligger i skugga.

### Hur fort går det?

Det gäller att ta hand om så mycket timmer och granmassaved som möjligt innan veden missfärgats av blånad. Vi vet inte när detta sker, mycket beror på vädret och om träden eller virket ligger i skugga eller ute i solen. Oskadade vindfällen klarar sig längre än träd med stambrott och barkskav.

Insekterna är ett stort frågetecken. Insektsburen blånad kan ge omfattande angrepp på mycket kort tid. Vi vet dock inte hur stora insektspopulationerna är och hur stor andel av vindfällena och lagrat virke som kommer att skadas. Med tanke på de omfattande stormskadorna kan man anta att många liggande träd inte hinner angripas under 2005.



Räkna med blånadsskador på virke som inte tas om hand nu i vår. Helt oskadad bark kan dock ge ett begränsat skydd mot vindburen blånad.

Om våren blir ovanligt varm är det risk för blånadsangrepp redan från mitten av april, men troligen dröjer det ytterligare någon månad innan svampen kommer igång på allvar.

När väl blånaden börjat växa sprider den sig ganska fort om temperatur och vedens fukthalt är gynnsamma. Baserat på äldre laboratorieförsök räknar vi med att blånad från en ändyta kan tränga in ungefär en halvmeter i stocken på ett par varma månader.

### Äldre och importerad kunskap

Stormfällningarna aktualiserar en rad frågor om långtidslagring av virke. Under senare år har både industrin och skogsbruket arbetat med korta ledtider och små lager. Många studier från senare tid är därför främst inriktade på konsekvenserna av korttidslagring av virke – upp till ett par månader efter avverkning.

För att sammanställa detta Resultat har vi gått tillbaka till äldre studier. Biologiskt är de fortfarande aktuella, men industriprocesser och produkter har förändrats.

Vi har också utnyttjat erfarenheter och forskningsresultat efter orkanen Lothar i Frankrike och Tyskland 1999, liksom finska erfarenheter.

### Fakta: Blånad

Blånadssvampar orsakar missfärgning av veden eftersom svampmycelet är färgat.

Vedens hållfasthet påverkas knappast eftersom dessa svampar inte bryter ner vedfibrerna utan livnar sig på lätt-tillgängliga näringsämnen på vedens yta och inne i cellerna. De kan även bryta ner porer mellan cellerna vilket ökar vedens förmåga att ta upp vatten.

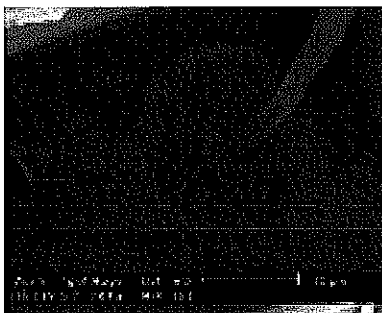
Det är risk för angrepp vid fukthalter mellan 25 och 50 procent och blånad kan utvecklas vid temperaturer mellan 0 och 40 °C. Svamparna trivs bäst vid fukthalter runt 30–40 procent och temperatur runt 22–28 °C.

Blånadssvampen sprider sig genom sporer som kan transporteras av insekter eller med vinden. Blånad från insekter angriper både gran och tall och det är splintveden som drabbas. Vindburen blånad angriper däremot tall mer än gran.

Vid framställning av mekanisk massa medför blånad att massans ljushet försämras.

Vid framställning av sulfatmassa är effekterna av blånad normalt små eller försumbara.

Blånadssvamp som passerat genom en por mellan två vedceller. Foto: Jonas Brändström



VMR:s definition på stockblånad: Blånad i ved med ett djup på minst 5 mm från stocks mantelyta under bark eller med ett avstånd på minst 50 mm från stocks ändyta.

### Fakta: Mögel

Mögelsvampar lever uteslutande av näring på vedens yta, och påverkar inte heller hållfastheten.

Möglet kan uppträda i nyanser av vitt, grått, grönt, svart eller gult och luddet beror på att färgade sporer produceras i stor mängd.

Mögelsvamparnas påverkan på processer och produkter är sannolikt försumbar. De kan dock vara ett arbetsmiljöproblem.



## Industriella aspekter – och hur man kan skydda virket

### BLÅNAD

Virke med stockblånad accepteras normalt endast i de lägsta timmerklasserna, gran klass 4 och tall klass 5.

Stockblånad i granmassaved försvårar produktion av ljusa papperskvaliteter, eftersom massan blir mörkfärgad. Tala med aktuella köpare.

### RÖTA

Rötat virke duger inte till sågtimmer och substansförlusterna minskar utbytet vid massaframställning. Sulfatmassa som görs av rötskadad ved får även sämre styrkeegenskaper. Franska försök med lagringsrötad ved gav sulfatmassa med sämre styrkeegenskaper än motsvarande massa tillverkad med färsk massaved.

Rötad ved kan användas som skogsbränsle, och bränslevärdet är i princip proportionellt mot torrsubstansen. Jämfört med färskt obarkat virke minskar bränslevärdet upp till ca 10 procent

när barken torkar och faller av (efter en till två somrar).

### TORRT VIRKE

Det virke som inte tas om hand i tid torkar under sommaren. Många industriprocesser störs eller t.o.m. omöjliggörs av alltför torrt virke.

### Några olika sätt att skydda virke

#### HÅLL VIRKET FUKTIGT

Man kan skydda sågtimmer eller granmassaved genom bevattning eller sjölagring. Men då måste virket komma under skydd innan blånaden spridit sig alltför mycket (se nästa sida).

#### BESPRUTNING MOT INSEKTER

Besprutning av vältorna med insekticider minskar risken för insektsangrepp och insektsburen blånad. Alla industrier accepterar dock inte besprutat virke. Besprutning med insektsmedel skyddar inte mot vindburen blånad.

### SNÖLAGRING

Snölagring är en utmärkt metod för att bevara virke. Det förutsätter dock att det finns tillgång till snö eller snökanoner (dessa fungerar vid ca -5°C och neråt och kräver riklig tillgång på vatten). Om snön täcks med isolerande spån håller sig kylan längre. Goda erfarenheter med lagringstider upp till nio månader, rapporteras från Finland (Metsäliitto) (se [www.svo.se](http://www.svo.se)).

### ANDRA SÄTT

Det finns några ytterligare lagringsmetoder, t.ex. täckning av travar, barkning och ströläggning för snabbare torkning, inplastning av virke m.m. Läs gärna mer i "Technical guide on harvesting and conservation of storm damaged timber" och på skogsentomologernas hemsida på SLU (se lästips sista sidan).

Virke med avskavd bark torkar snabbare och den blottade veden är särskilt utsatt för vindburen blånad. Här får man räkna med blånadsskador i sommar. Foto: Ateca



### Fakta: Röttsvampar

Det tar lång tid för röttsvamparna att etablera sig jämfört med blånad och mögel.

Röttsvamparna är allvarliga vedförstörare eftersom de bryter ner vedens alla fibertyper och beståndsdelar, även cellväggarna. De försämrar vedens styrkeegenskaper och vid framställning av massa försämrar massans styrkeegenskaper. Dessutom minskar utbytet.

Röttsvampar växer bäst vid 25–40 procent fukthalt och temperaturer mellan 20 och 30°C. Om temperaturen sjunker under ca 10° växer de mycket långsamt. Vid fukthalter i splintveden under 23 eller över 55

procent är risken för rötangrepp liten.

Enligt en äldre studie var substansförlusterna de tre första åren ca 5 procent per år för tall, 2,5 procent för gran.

I en fransk studie där rötad ved användes för framställning av sulfatmassa var förlusten i styrkeegenskaper mer än dubbelt så stor som substansförlusten.

Blödsjinn, en vanlig röttsvamp på lagrat virke. Foto: Hans Fyk



## Bevattning

Bevattning skyddar veden mot uttorkning och insektsangrepp. Hög fukthalt i veden förhindrar också de flesta svampangrepp, även om det finns rötsvampar (*Armillaria*) som kan klara syretillförseln i en mycket fuktig miljö. De kan ge problem, men troligen först vid lagringstider över ett år.

Nackdelen med bevattning är att veden kan drabbas av bakterie- och tanninskador. Vattengivans storlek är en balansgång, där man å ena sidan vill skydda virket mot uttorkning och å andra sidan minimera tanninskador, bakterieskador, vattenförbrukning och utlakning av miljöskadliga ämnen.

### April till september

Bevattningssäsongen sträcker sig ungefär från april till september, tiden kan behöva förlängas om vädret är varmt.

Vid traditionell bevattning rekommenderas givor på 50–75 mm per dygn. Avdunstningen och därmed bevattningsbehovet varierar dock kraftigt, både under dygnet och mellan olika perioder beroende på vädret. Vid torrt, varmt och blåsig väder kan avdunstningen motsvara över 100 mm nederbörd. Vid mulet kallt väder, liksom på natten, är avdunstningen liten. Om bevattningen anpassas till det aktuella vädret kan vattengivan reduceras betydligt utan att skyddseffekten försämras.

Det finns teknik där en väderstation vid lagringsplatsen kontinuerligt beräknar avdunstningen och anpassar bevattningen efter denna.

Virkesvärtor kan inte lagra mer än motsvarande ca 1 mm nederbörd.

Därför måste vattengivan fördelas väl över dygnet. En stor giva en gång per dag är alltså ingen bra lösning.

Virke som torkat innan det kommer under bevattning är svårt att återfukta. Bevattningen kan hjälpa till att bibehålla virkeskvaliteten under längre tid, men inte förbättra redan skadat virke. Bevattning av torr och svårbarad massaved kan dock underlätta barkningen.

### Miljöfrågor

I ett lager koncentreras stora mängder virke och det ger en del miljöproblem. Lakvattnet från ett bevattnat lager innehåller bl.a. fosfor, ett näringsämne som bidrar till övergödning av sjöar och vattendrag. Lakvattnet innehåller också fenoler, som påverkar vattenlevande djur negativt, samt syreförbrukande ämnen. Små bäckar och sjöar som tillförs lakvatten kan därför drabbas av syrebrist.

### Anmälan

Normalt krävs tillstånd för lagring av virke. Efter orkanen räcker det med att anmäla bevattnade virkeslager med mer än 500 m<sup>3</sup> virke till kommunen eller länsstyrelsen. Samma sak gäller för sjölager. Anmälan ska ske senast sex veckor efter att lagringen påbörjats.

Den som lagrar virke har fortfarande ansvar för miljökonsekvenserna även om det inte krävs tillstånd. Man måste också tänka på att det vid uttag av stora mängder vatten kan behövas en vattendom.

Rådgör därför gärna så tidigt som möjligt med kommunen för att undvika senare problem.

## Sjölagering av timmer

- Sjölagering i maximalt två år kan vara ett alternativ till bevattning.
- Ur både miljö- och virkessynvinkel är sjölagering normalt ett sämre alternativ än bevattning på land.
- Den del av en stock/bunt som hamnar ovanför vattenytan kommer att torka ut och skadas av både svampar och insekter om den inte bevattnas regelbundet på ungefär samma sätt som landlagrat virke (se bevattning).
- Buntning motverkar risken för att virket sjunker. Buntning underlättar också hanteringen och minskar ytan på vattenlagret. Med tillgång till speciella lastmaskiner för buntantering kan buntarna göras stora och innehålla 8–10 m<sup>3</sup> fub (7–10 ton).
- Vid vattentemperaturer över ca 15°C ökar risken för bakterieangrepp och tanninskador
- Sjölagering måste anmälas (se bevattning). Tänk på miljökonsekvenserna, lagra t.ex. inte virke i vattentäcker.



Virke som kommit under bevattning i tid klarar sig från blånad, insekter och röta. Foto: Hans Fryk

### Fakta: Bakterier

De bakterier som orsakar problem vid bevattning och vattenlagring av ved lever av lättillgängliga näringsämnen och bryter ner pormembran och märkestrålar, men inte cellväggar.

I likhet med blånadssvampar ökar bakterieskador vedens vattenupptagningsförmåga. De är därför främst ett problem för snickeriprodukter, utomhuspaneler, fönster m.m. eftersom virkets

yttegenskaper och vattenupptagning förändras (utseende, problem vid målning, m.m.).

Vissa bakterier kan missfärga veden och minska halterna av extraktivämen (kåda etc).



Bakterier i bevattnad granmassaved. Foto: Jonas Brändström

### Fakta: Tanninskador

Tanninskador är ett samlingsnamn för missfärgningar av den yttersta delen av splintveden. De orsakas av en heterogen grupp av ämnen som anses vandra in från barken vid vattenlagring och bevattning.

Skadornas omfattning är beroende på lagringstiden, bevattningsintensiteten och temperaturen. Vid temperaturer under ca 10 °C är skadeutvecklingen troligen försumbar.

Tanninskadorna har ingen inverkan på vedens hållfasthet, utan är främst ett problem vid framställning av mekanisk massa – den blir mörkare, mer svårblekt och kan få sämre ljusstabilitet.

Tanniner och andra ämnen från barken påverkar framställning av sulfatmassa. Framställningen av sulfatmassa kan nog också påverkas av bakterie- och tanninskador, men effekterna är troligen små eller försumbara.

# Insektsskador på upparbetat virke och skadade träd i Södra Sverige

Insekter är effektiva blånadspredatorer. På några timmar kan de överföra blånadssvampar på tusentals ställen på en trädstam. Större mörkborre, granbarkborre och framförallt randig vedborre är de arter man bör se upp med i Sydsverige.

## Besprutning

Besprutning av virke vid bilväg får utföras av personer med godkänd behörighetsutbildning. Utfört på rätt sätt är det ett effektivt sätt att förhindra angrepp och skador på virket. Vissa industrier accepterar dock inte besprutad virke.

## Svårt att prioritera

Det är svårt att ge råd om hur man ska prioritera upparbetning av skadade träd med tanke på skadeinsekter. Mörkborrar och granbarkborrar trivs bäst i soliga lägen medan randiga vedborren föredrar skugga och "dött" virke.

Med tanke på detta är det minst bråttom med "levande" vindfällen i skuggiga lägen. Å andra sidan är det mest bråttom med knäckta träd i skuggiga lägen om man vill förhindra angrepp av randiga vedborren.

## Vedförstörande insekter

På högsommaren kan både tall och gran angripas av tallbock och vedsteklar. Larverna gör grova gångar i veden.

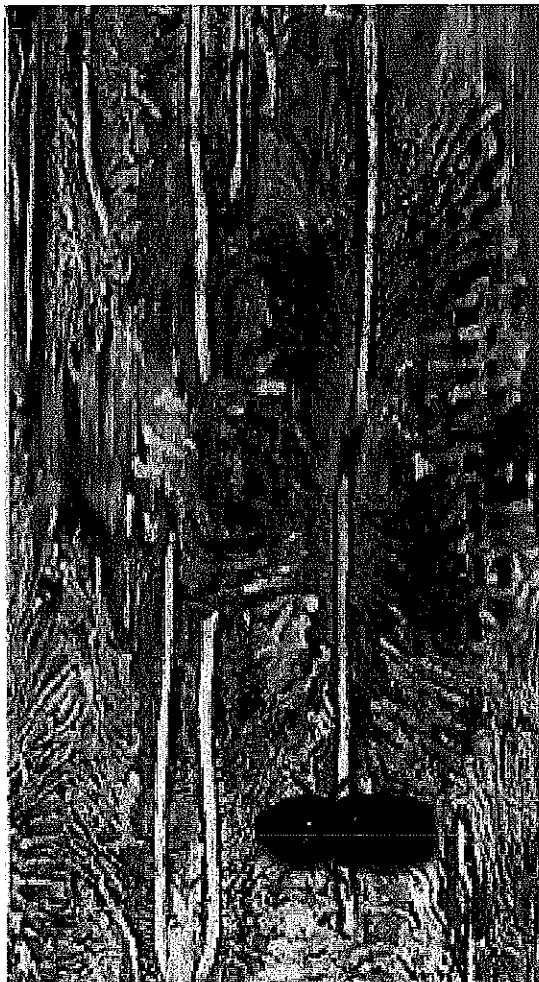
Oskyddat och obehandlat virke som blir kvar i skogen utgör även yngelhärdar för skadeinsekter. För mer information se [www.entom.slu.se](http://www.entom.slu.se).

Till höger: Granbarkborre med gångsystem.

Nedan: Angrepp av randig vedborre. Foto: Hans Fryk



Art	Trädslag	Tid för angrepp	Skada	Förekomst
randig vedborre	tall och gran	mars-juni	små hål i veden, blånad	Allmän Föredrar skugga Angriper inte "levande" vindfällen
mindre mörkborre	tall	mars-april	blånad	Allmän till mindre allmän Kan angripa "levande" vindfällen och även rotryckta stående (lutande) träd
större mörkborre	tall	mars-april	blånad	Allmän Kan angripa "levande" vindfällen men knappast rotryckta stående (lutande) träd
granbarkborre	gran	maj-juli	blånad	Allmän Kan angripa "levande" vindfällen och även rotryckta stående (lutande) träd
tallbock	gran och tall	juni-augusti	larvgångar i veden skadorna syns inte på barken	Finns i hela landet, mer sparsamt i söder Kan angripa "levande" vindfällen men knappast rotryckta stående (lutande) träd
gul vedstekel blå vedstekel	gran och tall	juli-september	larvgångar i veden skadorna syns inte på barken	Lokalt allmän Kan angripa "levande" vindfällen och även rotryckta stående (lutande) träd



**B**

## Prognos för uttorkning

Färskt nyavverkat virke har i medeltal ca 60 % fukthalt i splintveden. Variationen är stor och värden upp mot 70 % och ner till 50 % förekommer.

Blånad kräver tillgång till både syre och vatten. Räkna därför med att blånadsvamparna börjar trivas när splintveden torkat ned 10 %-enheter.

Kalkylprogrammet TorkCalc kan användas för att bedöma hur fort virke torkar – och därmed indikera när risken ökar för bl.a. vindburen blånad.

Förutom sambanden med svamptillväxt har virkets fukthalt en direkt betydelse för många industriprocesser. Hög och jämn fukthalt ger normalt process-tekniska fördelar vid både sågverk och massa-/pappersindustrier och är särskilt viktigt för framställning av mekanisk massa. TorkCalc kan användas för att beräkna förväntade fukthalter hos virket.

Diagrammet nedan visar den beräknade minskningen av fukthalten i stormfällt virke efter två väderscenarier, "torrt & varmt", resp. "normalt väder".

Den gula linjen anger 10 %-enheters minskning av fukthalten.

Under normala förhållanden är det önskvärt med max 5 % minskning av fukthalten före leverans till industrin, vilket indikeras av den gröna streckade linjen.

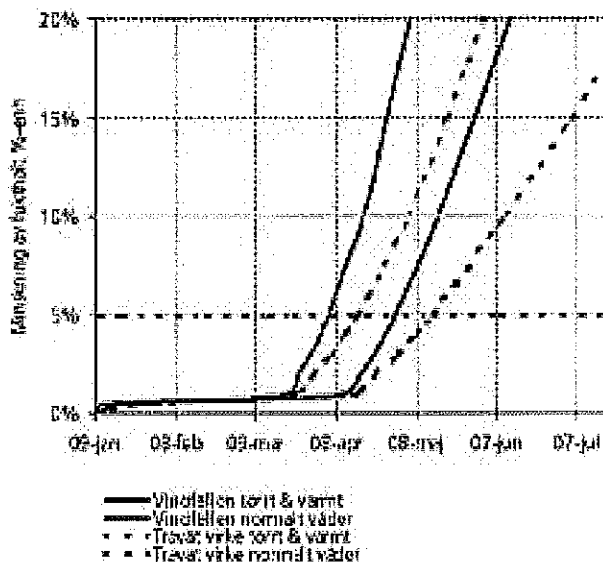
Prognosen är korrigerad för vädret fram till den 1 mars och en väder- och snödjupsprognos som indikerar snö-täckt virke åtminstone fram till den 10 mars. Väderdata kommer från SMHI.

Den 5 mars beräknades virket ha torkat med 1 % som en följd av det varma vädret dagarna efter stormen.

Uppdaterade torkprognoser kommer under våren fortlöpande att publiceras på Skogforsk hemsida.

Modellen bakom programmet är ny och inte testad. Se den som ett vägledning, inte en absolut sanning.

**Programmet är gratis och kan laddas ner från [www.skogforsk.se/virke](http://www.skogforsk.se/virke)**



Vindfällna avser solexponerade träd utan rotkontakt.

Travat virke avser träd som upparbetats och skotats inom 45 dagar och placerats i fullt solexponerade travar.

Läs mer

Kunskap direkt om stormskador:  
[www.skogforsk.se/KunskapDirekt](http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt)

Nylinder, M. Lundström, H. Fryk, F. 2000. Skador och fel på tall- och grantrimmor. Inst. för skogshushållning (Inst. för skogens produkter och marknader, SLU, Uppsala), ISBN:91-576-5968-0, 102 s. ([www.spm.slu.se](http://www.spm.slu.se))

Färska finska rekommendationer (2004) för lagring av virke hittar du i TIMBER QUALITY PRESERVATION. Manual. Metsäteho OY. 24 s (engelska). Beställs genom [www.metsateho.fi](http://www.metsateho.fi)

"Lagring av virke". Rikligt med praktisk information från SVO:s seminarium i Växjö 2005-02-03 (i samarbete med Prof. Mats Nylinder SPM/SLU) inklusive finska (sjölagring och snölagring) och tyska erfarenheter hittar du under länken

<http://www.svo.se/minskog/templates/Page.asp?id=15325>

"Technical guide on harvesting and conservation of storm damaged timber" [www.cbta.fr/stodafort/project\\_information.htm](http://www.cbta.fr/stodafort/project_information.htm). (Ladda ner (pdf) genom att klicka på flaggan för engelsk, fransk eller tysk version). En omfattande samling kunskap, praktiska erfarenheter och rekommendationer om avverkning och lagring av stormskadat virke baserat på spårerna efter orkanen Lothar 1999. 105s.

Mer om insekter hittar du genom Inst. för entomologi vid SLU [www.entom.slu.se](http://www.entom.slu.se)

Mer om vad som händer vid biologisk nedbrytning av virke, och olika åtgärder för att förhindra den, hittar genom länkar till Inst. för skogens produkter och marknader [www.spm.slu.se](http://www.spm.slu.se) och Inst. för trävetenskap [www.trv.slu.se](http://www.trv.slu.se).

Vad säger virkesmättningsbestämmelserna? Länken är [www.virkesmatning.se/vmr/](http://www.virkesmatning.se/vmr/) välj Mättningsbestämmelser, VMR 1-99. Observera dock att betydelsen av olika krav kan variera med olika användning. Inverkan av sådana krav kan vanligen diskuteras mellan köpare och säljare.

Information om miljöfrågor och bestämmelser hittar du t.ex. hos Länsstyrelsen i Kronobergs län (se [www.g.lst.se](http://www.g.lst.se) klicka på "läger efter stormen"). Information finns även på [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se) (klicka på "Naturvårdsverket stormen & skogen").

Mer kunskap om bl.a. bevattning av lagrat virke hittar du genom [www.spm.slu.se](http://www.spm.slu.se). En liten kalkylhjälp för bevattning och en enkel beräkning av buntvolymer och vikter vid sjölagring finns att ladda ner från [www.skogforsk.se/virke](http://www.skogforsk.se/virke).

Prognoser över fukthaltsminskningen hos liggande stammar och bilväglager (utan bevattning). Tillfällig information i orkanens spår. [www.skogforsk.se/virke](http://www.skogforsk.se/virke)

### English

#### Storage of roundwood after the hurricane

On January 8-9 2005, Hurricane "Gudrun" toppled approximately 75 million m<sup>3</sup> timber in southern Sweden. Forest owners and forest industries are trying to save as much as possible of the potential value of the wind-thrown trees. This paper provides a brief overview of the resultant timber damage and problems caused by stain, rot, insects and severe moisture losses. It also provides technical advice designed to help overcome or reduce the problems. The knowledge base it draws on consists of published research results and experience from Sweden, Finland and central Europe. More comprehensive information is available at [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)

**Keywords:** Market & Wood utilization.

**SKOGFORSK**

Ämnesord: Råvara & marknad / Virkesegenskaper.  
Ansvarig utgivare: Jan Fryk  
Redaktion: Areca Information AB  
ISSN: 1103-4173  
Foto: Skogforsk om inte annat anges  
Tryck: Gävle Offset AB  
© Skogforsk

ADRESSER  
UPPSALA Uppsala Science Park, SE-751 83 Uppsala  
Tel. 018-18 85 00  
EKEBO, Ekebo 2250, SE-268 90 Svalöv  
Tel. 0418-47 13 00  
UMEA Box 3, SE-918 21 Sävär  
Tel. 090-203 33 50

## Abstract

Jonsson, M. Wet Storage of Roundwood – Effects on wood properties and treatment of run-off water. Doctoral dissertation.  
ISSN 1401-6230, ISBN 91-576-6703-9.

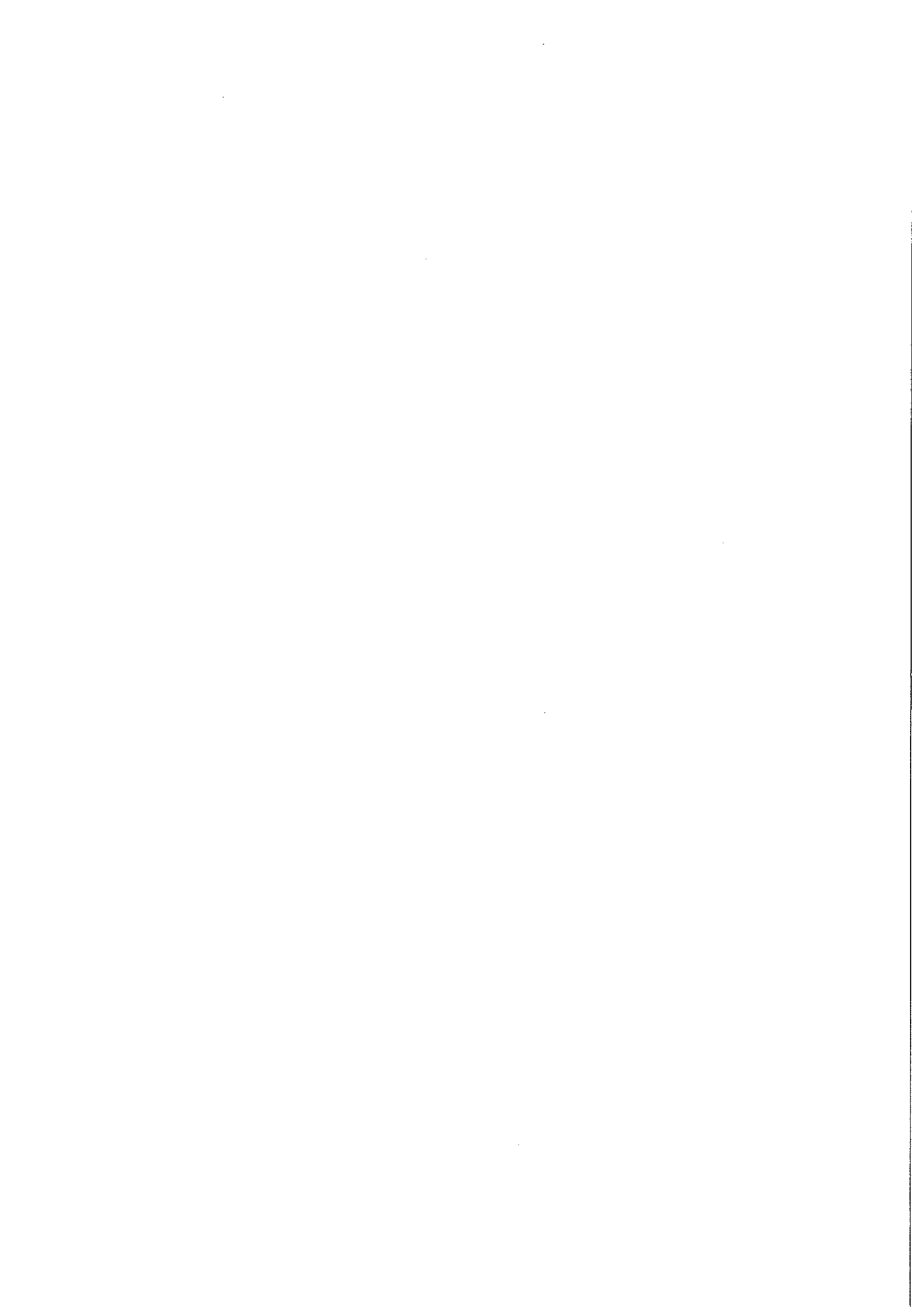
Wet storage (sprinkling) of wood offers valuable protection against drying out and biological attack, but at the same time there are disadvantages to be considered. Negative effects in the forms of reduction in wood quality and the environmental impact of log yard run-off must be minimised in order to make wet storage effective. In the work underlying this thesis, the effect of different sprinkling water qualities on changes in wood properties during storage was studied. A new method for treating log yard run-off by using it to irrigate soil-plant systems was also evaluated. Sprinkling experiments were conducted both indoors and outdoors in which the effects of sprinkling on the wood quality of Norway spruce (*Picea abies*) pulpwood piles were examined. Soil-plant systems with willows (*Salix schwerinii* x *Salix viminalis*), alder (*Alnus glutinosa*) and couchgrass (*Elymus repens*) were irrigated with Norway spruce log yard run-off and evaluated both in lysimeters and in the field (couchgrass) for their purification capacity.

Sprinkling water quality, in terms of salinity, did not affect the inorganic content of wood during storage. Brackish waters can be used without increasing the risk for raising the inorganic contents. Neither did sprinkling with fresh or recycled water affect wood brightness. Factors other than those studied determine the optimal wet storage regime.

The composition of different log yard run-offs is very different, but they are all rich in oxygen-consuming organic material. Irrigation of soil-plant systems purifies log yard run-off even at very high irrigation intensities and is a convenient method for practical use. The irrigation intensity, rather than the soil type or plant species, is the major factor for the efficiency since lower intensities lead to both better purification and greater possibilities for long-term sustainability.

**Keywords:** sprinkling, water quality, *Picea abies*, log yard run-off, inorganic content, discolouration, purification, retention, lysimeters.

Author's address: Maria Jonsson, Department of Forest Products and Markets, P.O. Box 7060, SLU, SE-750 07 Uppsala, Sweden.  
maria.jonsson@spm.slu.se





# Contents

<b>Introduction .....</b>	<b>9</b>
From forest to industry .....	9
<i>The raw material</i> .....	9
<i>Five activities from forest to industry</i> .....	10
Wet storage .....	11
<i>Open and closed systems</i> .....	12
<i>Climate-adapted sprinkling</i> .....	13
<i>Coastal locations</i> .....	13
<i>Moisture content</i> .....	13
Wood properties.....	14
<i>Bacterial damage</i> .....	14
<i>Discolouration</i> .....	15
<i>Metals</i> .....	16
Environmental aspects .....	16
<i>Fresh water consumption</i> .....	16
<i>Log yard run-off</i> .....	17
<i>Handling log yard run-off</i> .....	19
Wood concentration .....	19
Earlier theses from SLU .....	19
Objectives.....	20
<b>Materials and methods .....</b>	<b>21</b>
Sprinkling wood using brackish water – effects on the inorganic content of wood (Paper I) .....	21
Wet storage of Norway spruce ( <i>Picea abies</i> ) pulpwood with fresh and recycled water – Effects on wood and water quality (Paper II) .....	21
Effects of soil type, irrigation volume and plant species on treatment of log yard run-off in lysimeters (Paper III) .....	22
Treatment of log yard run-off by irrigation of grass and willows (Paper IV) .....	22
<b>Results and discussion.....</b>	<b>23</b>
Effects of wet storage on wood properties .....	23
<i>Inorganic content in the wood</i> .....	23
<i>Fresh or recycled sprinkling water</i> .....	25
<i>Discolouration of stored wood</i> .....	26
<i>Bacterial damage</i> .....	26
<i>Mechanical pulp properties</i> .....	26
Log yard run-off.....	26
A “trickling effect” .....	28
Low nitrogen levels.....	29
Treatment of log yard run-off .....	29
<i>Irrigation intensity</i> .....	29
<i>Sustainability of the systems</i> .....	30

<b>Conclusions.....</b>	<b>33</b>
Further research.....	33
<b>References.....</b>	<b>35</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>39</b>

## Appendix

### Papers I-IV

This thesis is based on the following papers, which will be referred to by the corresponding Roman numerals:

- I. Jonsson, M. & Persson, E. 2004. Sprinkling wood using brackish water – effects on the inorganic content of wood. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 19(3):366-371.
- II. Jonsson, M., Lind, T., Elowson, T. & Lönnberg, B. Wet storage of Norway spruce (*Picea abies*) pulpwood with fresh and recycled water – Effects on wood and water quality. (Submitted)
- III. Jonsson, M., Dimitriou, I., Aronsson, P. & Elowson, T. Effects of soil type, irrigation volume and plant species on treatment of log yard run-off in lysimeters. *Water Research*, 38(16):3634-3642.
- IV. Jonsson, M., Dimitriou, I., Aronsson, P. & Elowson, T. Treatment of log yard run-off by irrigation of grass and willows. (Submitted)

Papers I and III are reproduced with kind permission from the respective journals.



## **Introduction**

All industrial production in a market economy must be profitable in the long term in order to be viable. If not, it will have to be stopped sooner or later. However, in judging an industry and its prerequisites for survival today there are other values that have to be considered as well, e.g. social, health, and environmental values. Even if the production is profitable, it will not be sustainably justified if it has strong negative side effects, even if they may be difficult to foresee over the short-term. This can be exemplified by the Swedish pulp industry and the bleaching methods it used until the 1980's and 1990's. Chlorine had been used for effective pulp bleaching since the beginning of the twentieth century without any major consideration of its very ecologically harmful effects. The industry appeared to think that it had already done enough for the environment. Not until the environmental movement made the public aware of the problem, resulting in demands for chlorine-free products, was the issue made a priority for the industry. Environmentalists in Germany, representing Sweden's largest export market for pulp, essentially blacklisted Swedish pulp and paper. This forced the pulp industry to develop new, totally or partially chlorine-free processes and products. This development was successful, but in retrospect it seems that the industry should not have been forced to make these changes by the environmental movement. It would have been in the industry's own interest to combine high quality products and profitability with environmental concern in order to safeguard the future production.

A major theme of this thesis is to highlight the need to combine high product quality, and thus high profitability, with high environmental awareness in the forest industry in order to maintain sustainable production. (The more detailed objectives of the studies in this thesis can be found on page 20.)

### **From forest to industry**

The forest industry has long been an important sector of the Swedish society. Today, products from the forest are omnipresent, despite the introduction of new materials. As consumers, we daily use products from this industry, maybe reading a newspaper sitting at a wooden table while drinking coffee from a paper cup. We continuously make higher and higher demands on these and coming products at the same time as the industry streamlines and rationalises its production. In addition, over the years environmental concern has grown stronger and stronger, leading to further restrictions on the industry. These demands and restrictions have resulted in extensive technical developments of the industrial processes to fulfil the environmental requirements. Today, in order to optimise the end products even further it is important to focus on the raw material before it enters industrial process streams and the overall environmental impact of the product.

#### *The raw material*

The quality of the raw material, the wood, determines the quality of the completed product reaching the consumer. This quality depends, in turn, on where and how

the trees have grown as quality varies amongst different stands and forests. At the time of felling the quality and wood properties are given. However, despite these variations, differing consumer requirements can be fulfilled simply by dividing the wood into appropriate assortments.

With improved methods for controlling the logistics all the way from the stand in the forest to the mill at the right time, the potential for ensuring that more suitable raw material enters industrial process streams increases. New wireless communication techniques in combination with Global Positioning Systems (GPS) and Geographic Information Systems (GIS) help the logistics to be planned much more efficiently than before (Johansson, 1997). However, it is important to ensure that the desirable wood qualities from the intended stand are retained when entering the industrial processes, and not lost on the way from the forest to the mill.

Wood is a natural, ageing product, like milk or bread. This means that wood, like milk, has a "best before date". How far in the future this "best before date" is, or how quickly it will be reached, depends on what the wood will be used for and how important different quality parameters are for the particular product. It also depends on how the wood has been handled earlier in the chain from forest to mill since earlier quality losses are difficult to rectify.

#### *Five activities from forest to industry*

On its way from the forest to the industrial process streams, the wood passes through five main activities described by Liukko (1997). These include: harvesting/felling, off-road transportation, storage at roadside, long distance transportation, and finally storage at the mill. In order to deliver wood of good quality, or fresh wood, to the industry, it is important that the freshness remains close to original during all of these activities. (Wood freshness is often considered to be closely related to the moisture content (MC), *i.e.* the weight of the water in the wood divided by the total weight of the wood.) This roundwood management chain can take several weeks, throughout which the wood is, to varying extents, losing freshness. During this handling from felling to industry the wood is very vulnerable to various sorts of damage such as drying out and attack by fungi and insects, which reduce its freshness. The large volumes and values involved can be described by the fact that at the end of 2003, 5.2 million m<sup>3</sup> wood was stored at roadside, terminals, or industrial sites in Sweden (Backe, 2004).

During harvesting/felling and the following handling in the forest, the wood is exposed to bark damage and losses, which cause problems since the bark efficiently prevents the wood from drying out. Bark losses are often worse during the spring and early summer since bark-wood bonding strength is relatively weak then (Wästerlund, 1985). This coincides with the most active period for insects, and the spring is also the time when drying is fastest due to relatively high temperatures and low humidity. This intensifies the problems with wood damage before the wood has left the forest. When the trees are felled and spread at the clearfelling they are highly exposed to wind, sun, and biological attack. It is also at this stage that supervision and control of the wood is most difficult. When the wood is forwarded and stored at the roadside it suddenly becomes significantly

easier to control and protect it. The logs are stored in piles and are protected by each other from wind, sun, insects, and fungi. The location of the piles at the roadside is of importance, and the simple measure of placing the piles in the shade has been shown to decrease the drying considerably (Persson, Filipsson & Elowson, 2002).

After the long distance transportation from the forest the wood reaches the industry and final storage at the mill. Ideally, of course, no final storage at the industrial site would be needed. The felling and transports could be adjusted to the demands of each mill and a Just-In-Time (JIT) approach could be used for planning the logistics in order to deliver the wood at the exactly right time. This will not, however, be a reality in the foreseeable future due to seasonal variations in fellings and transportation, in combination with the very high costs for the industry associated with wood shortages compared to the storage costs (Hägg, 1991). The need for storage at the mill seems unavoidable and therefore the best techniques available must be applied to maintain freshness of the wood until it is used, and a storage regime must be developed that make it possible to control every pile in order to avoid overshooting the "best before date".

It is when the wood enters the log yards of the mills for storage that the prerequisites for large scale and efficient active protective measures for preserving the quality and freshness of the wood arise. The high concentrations of wood at the mills (or large terminals for later transport to them) provide practical and cost-effective possibilities for protective measures to be applied. In Sweden today, the most common active method for protecting stored wood and maintaining the original quality of both pulpwood and timber is water sprinkling (wet storage) of woodpiles at the log yards. It can also be mentioned that snow storage, where the woodpiles are embedded in snow and wood chips, resulting in a freezing effect, is practiced on a smaller, experimental scale.

It is very important to limit the time from felling to protected storage as much as possible since this is when the wood is most exposed to drying out and the MC will fall. It has been shown that it is very difficult to increase the MC once it has decreased. Not even water sprinkling can fully compensate for losses in MC prior to the sprinkling (Liese & Peek, 1984; Liukko & Elowson, 1999).

### **Wet storage**

This thesis is focused on wet storage, defined as sprinkling water on stored wood on-land to protect it (Fig. 1). Wet storage can be performed in various ways, but the important and common objectives are to prevent the wood from drying out and protect it from biological attack. Wet storage is here distinguished from water storage, *i.e.* ponding or submerging the wood in water. Ponding as a protective measure has more or less ceased due to its negative impact on the water as well as deterioration of wood quality.



Fig. 1. Wet storage of timber.

According to the last nationwide Sawmill Inventory, for year 2000, 84% of Swedish sawmills producing over 100,000 m<sup>3</sup>/year protect their timber with wet storage (Staland, Navrén & Nylinder, 2002). It can be roughly assumed that the remaining 16% of the sawmills do not take any wood protective measures during storage. Corresponding data for the pulp industry are not available. However, there is a growing practice to sprinkle pulpwood. Wood for mechanical pulping is almost as sensitive as timber and has since long been sprinkled to a similar extent. Variations in wood quality have not previously been of any great concern for the chemical pulping industry, but because of increased demands related to pulp quality, chemical pulpmills are also starting to show interest in sprinkling pulpwood. In 1999, Jansson reported the successful introduction of wet storage at sulphate pulpmills in southern Sweden.

Wet storage is also used to store huge volumes of unintentionally fallen timber caused by heavy storms or fires. There are, for example, records of wet storage, sometimes for several years, after the storms in Germany and Denmark in 1967, 1972, and 1990 (Moltesen, 1977; Liese & Peek, 1984; Bues & Läufer, 1993), and in the UK in 1987 (Webber & Gibbs, 1996). A heavy fire in 1989 at a pine plantation in South Africa was also followed by successful wet storage (von dem Bussche, 1993).

#### *Open and closed systems*

Wet storage of wood in log yards can be done with either an open system or a closed water system with re-use of the water. In an open system only fresh water is used. In closed systems, on the other hand, the sprinkling water is recycled, no water is discharged and new water is only added to compensate for evaporative losses from the wet woodpiles and the log yard. Of the 84% of Swedish sawmills that use wet storage, 61% use open sprinkling systems without recycling of the water and 39% use closed recycling systems (Staland, Navrén & Nylinder, 2002).



### *Climate-adapted sprinkling*

In order to minimise the sprinkling intensity and water consumption while safeguarding the wood quality, a method for climate-adapted sprinkling was developed in the 1990's (Elowson & Liukko, 1995; Liukko & Elowson, 1995; Liukko & Elowson, 1997). The method is based on a theoretical model for estimating evaporation from timber piles related to the prevailing weather. To the theoretical evaporation a safety margin is added to ensure good wood protection.

### *Coastal locations*

Because of the earlier importance of rivers as transportation systems for logs and the advantages of transporting finished products by boat, many sawmills and pulpmills are located by the big rivers and on the coast of Sweden. Consequently, a lot of wet storage today is conducted with brackish water. The salinity varies between 0.8-1.4‰ in the Baltic Sea, and between 2.0 and 3.4‰ in coastal waters in western Sweden, decreasing closer to land after dilution with fresh water (Bydén, Larsson & Olsson, 2003). The importance of these differences in salinity when sprinkling wood has been sparsely studied. In a study from 2001, Persson & Lindeberg suspected that their results, regarding changes in Fe, Mn, and Ca content in pulpwood due to wet storage, could have been influenced by the salinity in the sprinkling water used.

Salt and wood have been examined in a few studies such as the one by Firestone (1950), where it was reported that wood transported in saltwater picked up considerable amounts of salt, while Jasnowska (1962), and Johnson, Ibach & Baker (1992) showed that repeated wet/dry cycles with brackish water causes wood degradation.

### *Moisture content*

Wet storage of wood protects the wood by keeping the MC of the wood at a high level and creating a protective water film on the wood surface. This prevents drying out and limits biological attack. The MC in standing trees varies over the year, over the day, between trees, and within trees. It is the MC of the sapwood that is crucial and Tamminen (1964) reported the outer sapwood of Norway spruce (*Picea abies*) to have an MC of around 60%. Regarding wood and the risk for damage in storage, there are three critical MC levels (Liukko, 1997; Persson *et al.*, 2002a). If the MC drops below 50%, fungi such as blue stain fungi more easily attack the wood. Decay fungi such as brown, white and soft rot fungi can also cause quality losses at MC values below 50%. Below 40%, debarking of pulpwood becomes more difficult and energy consuming. At MC values below 23%, *i.e.* the fibre saturation point where all free water in the wood has evaporated, the wood starts to shrink, tensions arise and cracks form.

The oxygen deficient conditions caused by higher MC values inhibit undesirable biological activities in wood. In addition, the water sprinkling has a cooling effect that decreases the biological activity (Björkhem *et al.*, 1977). This cooling effect comes from energy losses due to evaporation of the sprinkling water from the

wood surface and also, sometimes, from the water temperature being lower than the wood temperature.

### Wood properties

Wet storage has valuable wood-protecting qualities, as described above, but if the sprinkling proceeds for too long or is misapplied it can also affect the wood properties negatively (Persson & Elowson, 2001). Lower sprinkling intensities, attained with climate-adapted sprinkling, decrease the problems (Persson & Elowson, 2001; Persson *et al.*, 2002a), but still there are important and costly side effects to address at the log yards. Two main problems connected with wet storage and wood properties are bacterial damage and discolouration, both leading to undesirable quality losses in roundwood and products.

#### *Bacterial damage*

Bacteria of different kinds are early colonisers of wood in wet environments (Eaton & Hale, 1993a). The role of bacteria in wood decay is quite minor compared to fungal decay (Eaton & Hale, 1993a) but they still cause problems, of importance mainly for the saw industry. The wood-living bacteria destroy ray cells, resin canals and pits (Daniel *et al.*, 1993), thereby increasing permeability. Increased and uneven permeability is a severe problem when finishing sawn wood products. Bacterially damaged parts of the wood absorb more of the finishing agent and the result is an uneven and stained surface (Daniel *et al.*, 1993) (Fig. 2). Bacterial damage eventually increases with higher sprinkling intensities (Weslien, 1992a) and the use of recycled sprinkling water in closed systems increases bacterial growth both in the sprinkling water and the stored wood (Weslien, 1992b). Bacterial attack has also been found in connection with discolouration of wood (Tighe, 1973; von Aufseß, von Pechmann & Lippemeier, 1974). Bacterial attacks on pulpwood may cause uneven MC, via the permeability changes, which could be a problem in optimising pulping processes.



Fig. 2. Increased permeability (marked with lines) caused by bacteria on a piece of wood, visible after glaze painting.

### *Discolouration*

Discolouration of coniferous wood during wet storage is mainly due to blue stain and/or tannin impregnation. The blue or dark discolouration of blue stain is caused by the growth of a variety of fungi in the sapwood. The colour is actually caused by the brown fungal hyphae that grow into the wood; the blue colour being caused by light diffraction when the wood is extensively infected by the fungi (Eaton & Hale, 1993b). Blue stain fungi do not degrade the cell walls, and therefore the wood's strength is not affected. Instead the fungi feed on freely available carbohydrates in ray cells and cell lumina (Eaton & Hale, 1993b). The problem is the wood discolouration, which affects the quality of the end-product. The risk for blue staining increases when the sprinkling intensity is too low to keep the MC of the wood above 50% (Liese & Peek, 1984; Liukko 1997; Persson *et al.*, 2002b). Climate-adapted sprinkling with an intensity corresponding to 100% of the evaporation was not sufficient to prevent blue stain developing in stored spruce pulpwood in a study by Persson & Elowson (2001), whereas sprinkling corresponding to 200% proved to be sufficient to prevent the infestation. If the sprinkling is insufficient it may lead to the reverse of the desired effect, and optimal living conditions for the fungi may arise. In the study by Persson & Elowson (2001), lightly sprinkled logs were attacked more seriously by blue stain fungi than dry stored logs. Therefore, as mentioned above, a safety margin must be applied when sprinkling wood in order to achieve good wood protection. Otherwise a blue stain attack can damage the sapwood to a large extent in a few weeks.

The spores of the blue stain fungus are spread by air or by insects such as bark beetles. This ability to spread blue stain spores is the main problem concerning insects when storing wood. Insects can also cause damage by boring in the wood, but this is of minor economic significance in Sweden. Insects are prevented from infecting the wood both by the unfavourably high MC and by the water film on the wood surface created by the sprinkling (Richmond & Nijholt, 1972).

Discolouration due to tannin impregnation is caused by the migration of tannin agents from the bark into the wood as a consequence of water or wet storage (Adler, 1951). Tannins migrating into the wood react with lignin and daylight, forming the dark colour (Adler, 1951; Lorås, 1974). This well-known phenomenon is also known as bark stain and has for example been reported in spruce wood by Adler (1951), Tydén (1956) and Gjerdrum (1976a). Tannin damage on wood impairs bleaching processes in the pulp industry (Adler, 1951; Tydén, 1956; Lorås, 1974) and is therefore of great economic concern. The extent of tannin impregnation during storage is correlated to water temperature, time, and the presence of bark (Tydén, 1956; Gjerdrum, 1976a). Wood stored for up to 45 days at a water temperature below 10 °C will not be damaged (Tydén, 1956). The importance of bark occurrence is shown by Lorås (1974), who reported water-stored spruce pulpwood without bark to have better bleaching responses than tannin-damaged logs with bark. When wet stored, the sprinkling intensity is also of importance for the development of tannin impregnation in wood. Persson and Elowson (2001) showed that discolorations after 12 weeks of wet storage were around 2.5 mm deep after storage with high-intensity sprinkling (200% of the

evaporation) compared to around 1 mm after sprinkling at a lower intensity (100% of the evaporation). Closed systems with recycled water for wet storage may further increase the problems since recycling increases bacterial growth, and bacteria are found in association with tannin damage and discolouration (Tighe, 1973; von Aufseß, von Pechmann & Lippemeier, 1974). The increased permeability caused by bacteria may facilitate the migration of tannins into the wood.

### *Metals*

Other substances migrating from bark to wood during storage can be undesirable too. Metals, for example, are much more abundant, by factors up to 5 or 10, in the bark than in the wood (Hakkila, 1989). Fossum, Hartler & Libert (1972) found concentrations of Ca, Mg, and Mn to be much higher in the cambium than in both outer bark and sapwood. Different metals cause different problems such as corrosion and bleaching difficulties in the pulping industry if they enter a mill with the wood (Dick & Andrews, 1965; Read, Eade & Slingsby, 1968; Gupta, 1970; Ulmgren, 1997). In order to confirm practical observations suggesting that wet storage leads to increased concentrations of Fe and Mn in pulpwood, Persson & Lindeberg (2001) performed a storage study on changes in metal concentrations in pulpwood. However, their results did not support the suggestions of increased metal concentrations, although wet storage increased the content of the studied elements in the wood to a very limited extent. No major differences between the effects of high and low sprinkling intensities were detected in their study. Persson & Lindeberg (2001) pointed out the need for further studies with a wider range of elements studied, and with different sprinkling water qualities. This thesis addresses these issues.

## **Environmental aspects**

In addition to the negative effects on wood quality described above, there are also important environmental aspects of wet storage, which are mainly connected to water, both consumption of fresh water and quality of run-off water. Problems arise when the huge volumes of wood are concentrated in the log yards.

### *Fresh water consumption*

In order to accomplish wet storage at a specific site, access to sufficient amounts of water for the sprinkling operation is essential. This water can originate from rivers, brooks and lakes or from the sea. The combination of high demands for sprinkling water for a large log yard and, sometimes, access only to a small watercourse such as a brook is of course a source of problems concerning the water supply. The water volumes used for sprinkling must be adapted to existing conditions. The larger the watercourse, the lesser the water supply problem. To limit the need for sprinkling water volumes of a given log yard or wood volume, the method of climate-adapted sprinkling (Elowson & Liukko, 1995; Liukko & Elowson, 1995; Liukko & Elowson, 1997) has been adopted by many of the bigger sawmills in Sweden. The sprinkling intensities and hence the water

volumes required at the log yard can be decreased with this method by between 31% and 97% over a 24-h period (Liukko & Elowson, 1995).

The use of closed sprinkling systems with recycling of the water is another method for minimising the fresh water consumption since the need for new, fresh, water in these systems is limited to compensation for evaporation losses. But with this method there are problems with increased wood damage caused by bacteria as mentioned above. The working environment is also negatively affected with recycled sprinkling water due to bad smells and increased growth of bacteria in the water. These disadvantages make it desirable to find a good way of managing open systems as a better alternative to closed systems.

#### *Log yard run-off*

However, the main environmental problem with wet storage of wood is the large amount of log yard run-off water originating from open sprinkling systems (Fig. 3). Even though climate-adaption of the sprinkling limits the run-off volumes, the run-off is not completely eliminated due to safety margins and maintenance pressures in the sprinkling systems. A normal Swedish log yard with climate-adapted sprinkling in an open system can use around 100,000 m<sup>3</sup> water for sprinkling during a season (May to September in central Sweden). During this period, the amount of log yard run-off may be as high as 70,000 m<sup>3</sup>. Most log yards in Sweden today are asphalted and, therefore, the run-off is drained in a controllable way and can easily be collected unlike, for example, the run-off from gravel yards. Log yard run-off does not only originate from sprinkling activities, it can also result from rain, snowmelt or applications of water for dust and fire control (Orban *et al.*, 2002).

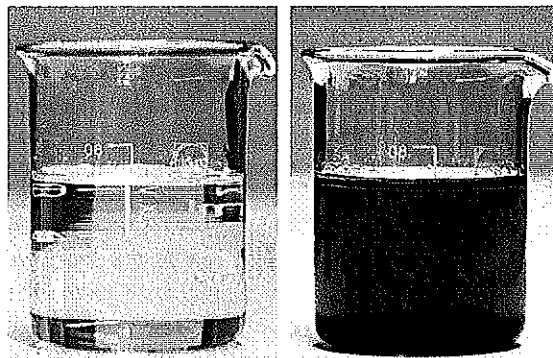


Fig. 3. Log yard run-off from an open sprinkling system (to the right) and tap water for comparison.

The quality of log yard run-off has been examined in several studies, with varying findings (Gjerdrum, 1976b; Björkhem *et al.*, 1977; Beyer, 1983; Hammes, 1989; Peek, 1989; Borgå, Elowson & Liukko, 1996a,b; Webber & Gibbs, 1996; deHoop *et al.*, 1998; McDougall, 2002; Zenaitis & Duff, 2002; Zenaitis, Sandhu & Duff, 2002). The varying results are probably due to the highly variable log

yard conditions with differences in the tree species stored, weather, sizes, and sprinkling systems (where used). A feature that most of the studies have in common is that they measured the biochemical or chemical oxygen demand (BOD or COD) in the run-off as an indirect measure of the organic material in the water. Some studies have found COD levels to be over 8,000 mg/l (Zenaitis & Duff, 2002; Zenaitis, Sandhu & Duff, 2002). Since organic material is mainly degraded aerobically, these high amounts can cause oxygen deficiency in the receiving watercourse. Oxygen deficiency is a serious problem that adversely affects living conditions, both directly and indirectly, for water-living organisms (Kalff, 2002).

Toxicity of log yard run-offs and similar waters, also caused by factors other than oxygen deficiency, has been reported in several studies. Bailey *et al.* (1999b) reported log yard run-off to be toxic to rainbow trout. Peters *et al.* (1976) found leachate from western red cedar to be moderately toxic and Taylor, Goudey & Carmichael (1996) reported aspen leachate to be toxic to aquatic life. The toxicity of log yard run-off, according to Microtox tests, is closely connected to the amount of organic material in the water (Borgå, Elowson & Liukko, 1996b). Phenolic compounds, such as tannins and lignins, and resin acids have been noted in the literature as potential sources of toxicity (Borgå, 1994; Taylor, Goudey & Carmichael, 1996; Bailey *et al.*, 1999b). Phenols can also easily react with chlorine and the resulting chlorophenols are all very toxic (Borgå, 1994). According to the study by Bailey *et al.* (1999b), the toxicity of log yard run-offs is mainly attributable to Zn (probably originating from buildings in the log yard). In addition, extracts of bark from various species are reported to be toxic to living organisms (Frei & Dodson, 1972; Krogstad & Solbraa, 1975; Buchanan & Tate, 1976). Other studies suggest, on the contrary, that log yard run-off does not pose any threat to the surroundings (Gjerdrum, 1976b; Webber & Gibbs, 1996; deHoop *et al.*, 1998).

Log yard run-off can also contain increased levels of potassium and phosphorus (Gjerdrum, 1976b; Björkhem *et al.*, 1977; Borgå, Elowson & Liukko, 1996a,b). Phosphorus is a nutrient and not actually a toxic element, but it does contribute to eutrophication of watercourses. Concentrations of nitrogen, on the other hand, are not increased in these waters. Woodpiles and log yards can rather be considered as nitrogen sinks, due to the consumption of nitrogen by microbes on the logs and pile foundations (Borgå, Elowson & Liukko, 1996a). Borgå, Elowson & Liukko (1996a) also showed that woodpiles could act, in the same way, as sinks for sulphates and minerals. The microbial community growing in the piles is essential for this degradation, and the microbes establish more rapidly if the sprinkling water is eutrophic rather than oligotrophic. This microbial activity is actually of significance for the run-off quality. (Borgå, Elowson & Liukko, 1996b.) In fact, bark and lignins can be used for the purification of metal-contaminated industrial wastewaters (Seki, Saito & Aoyama, 1997; Gaballah & Kilbertus, 1998; Bailey *et al.*, 1999a; Palma, Freer & Baeza, 2003) and a similar purifying effect may also possibly be found in woodpiles.

### *Handling log yard run-off*

In the USA and Canada, several methods have been suggested for handling log yard run-off, such as biological treatment, ozone treatment, settling basins or infiltration basins (WDOE, 1995; Zenaitis & Duff, 2002; Zenaitis, Sandhu & Duff, 2002). In Sweden, no ready to use methods have been developed, and no clear guiding principles from the authorities have been issued. Therefore the companies are obliged to find satisfactory ways of purifying their run-off with little more to guide them than trial and error. However, there is knowledge, and experience, in Sweden of treating surface water, municipal wastewater, and landfill leachate with different biological methods such as willow (*Salix* sp.) plantations and wetlands (Krantz & Hjerpe, 2000; Hasselgren, 2003). Using similar systems, maybe modified, for log yard run-off seems most convenient.

Today, a majority of the Swedish log yards are asphalted to facilitate transport and cleaning. But traditionally they were covered only with gravel. The log yard run-off then mostly infiltrated through the gravel and was thus partly purified, and not as concentrated and visible as it is today. In addition, the awareness of environmental threats has increased latterly. Therefore, the extent of the log yard run-off problem today can be seen, in a way, as a quite new problem even if the source of the problem, the wet storage, is much older.

### **Wood concentration**

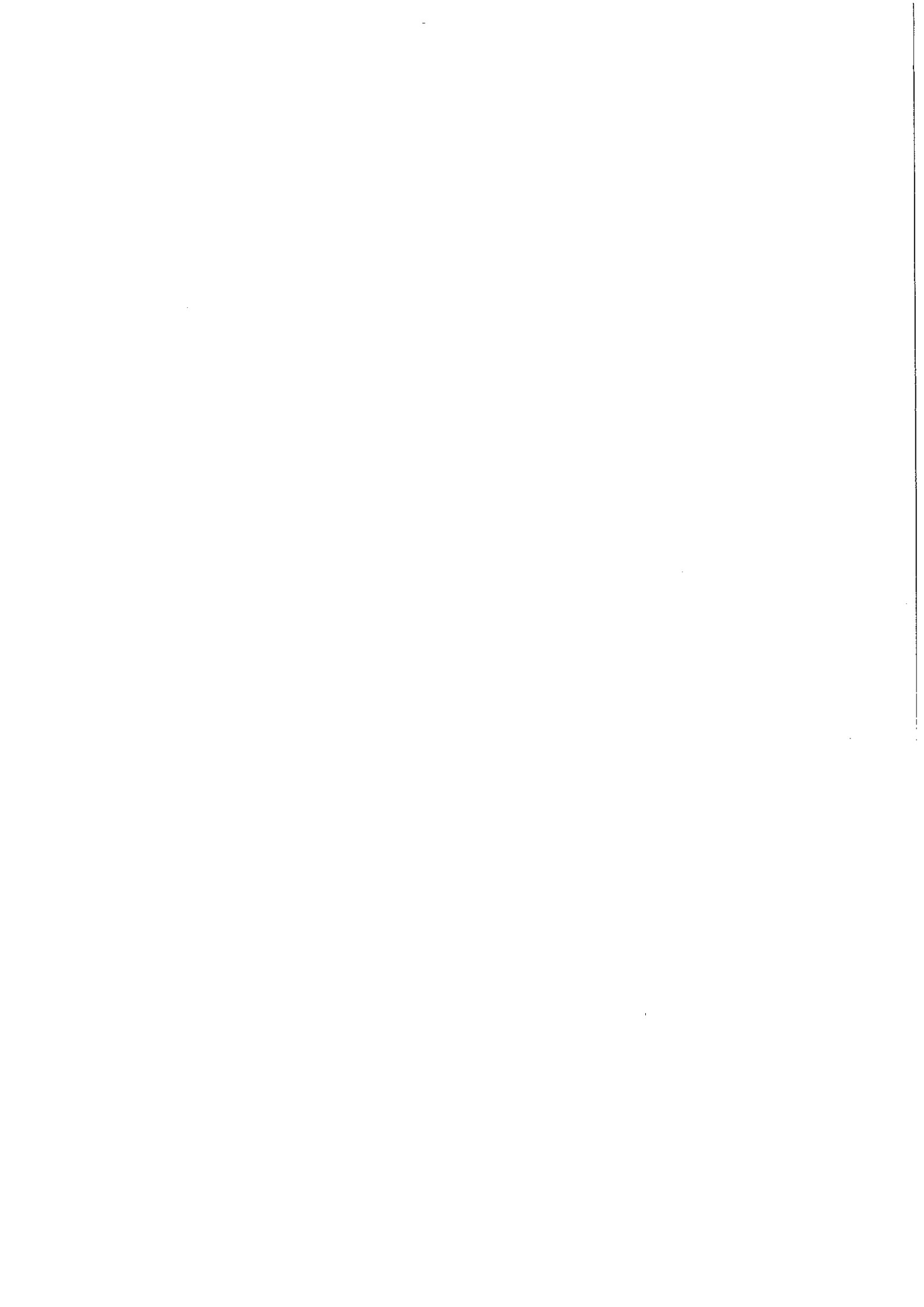
Both the wood protection advantages of wet storage, and the disadvantages, in the form of environmental problems, are results of the large concentrations of wood that occur at log yards. Without this concentration the protection would be too costly and the water use and log yard run-off would be very limited. Since the advantages of wet storage outweigh the drawbacks we have to accept the disadvantages of the wood concentration and try to minimise them as effectively as possible. By finding ways for doing this, production can be made more efficient and the end product more valuable both for the industry and the consumer.





## **Marknadsinriktad virkesförsörjning**

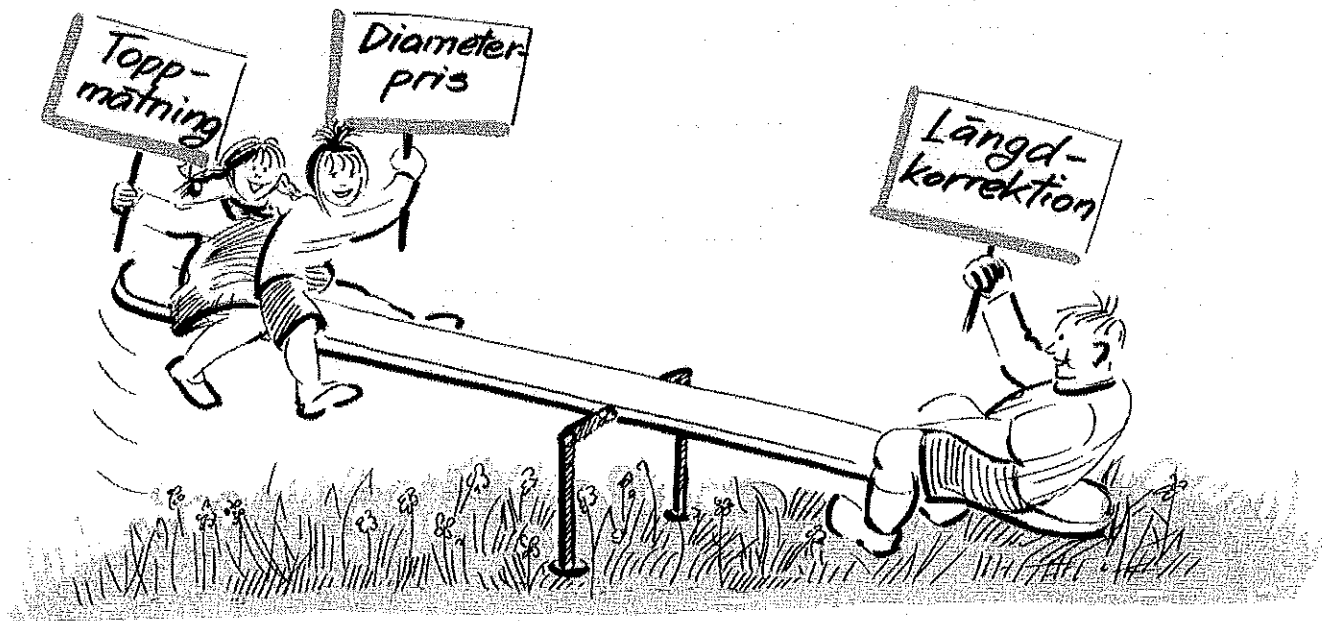
Litteratur om aptering





## Att analysera och konstruera en timmerprislista

Laila Andersson



Teckning: Anna Marconi

Det är viktigt att veta hur en prislista styr, dels för att kunna aptera optimalt, dels för att kunna förutsäga timrets längdfördelning efter en aptering som följer prislistan, men även för att kunna justera prislistan om den inte styr mot önskad längdfördelning.

När man apterade manuellt hade man i allmänhet en tendens att aptera mellanlängder. När de första skördarna med apteringsdatorer kom ut i praktisk drift, blev det nästan bara korta och långa stockar. En apteringsdator följer ju prislistan

slaviskt. Man såg då ett behov av prislistor som ger jämnare längdfördelning, och begreppet "längdneutral prislista" myntades. En längdneutral prislista är alltså en lista som i normal skog styr mot ungefär lika många stockar i varje längdklass i olika diameterintervall.

I det här Resultat-numret ska vi redovisa hur apteringsutfallet påverkas av olika förutsättningar och hur man konstruerar en timmerprislista som styr mot ett jämnt längdutfall.

## Vad bestämmer apteringen?

Apteringen påverkas förutom av kvalitetsgränser, skador och krökar av tre faktorer, nämligen längdkorrektion, diameterpriser och att volymmätningen sker i m<sup>3</sup>to.

Att timret betalas toppmått styr mot korta stockar eftersom man får ut större toppvolym ju kortare stockarna görs. Även ett ökande diameterpris styr mot kortare stockar. Ju kortare, desto grövre.

Den enda faktor som styr mot längre stockar är prislistans längdkorrektion. Om längdkorrektionen är så stor att den mer än uppväger en förhållandevis mindre toppvolym och det lägre pris en klenare toppdiameter betingar så blir stocken alltså lång. Om inte - ja, då blir stocken kort. Det finns egentligen inga mellanlägen i en traditionell prislista. Det är bara plötsliga diameterfall längs stammen som kan förorsaka aptering av mellanlängder.

Effekten kan liknas vid en gungbräda som väger över åt antingen det ena eller andra hållet.

## Hur styr dagens prislistor?

Ett exempel på hur det optimala längdutfallet kan se ut med en aktuell prislista visas i figur 1. Det är Södra-Såbis granprislista 1989/90 för Kronobergs län, och utfallet är från ett bestånd som kan betraktas som normalt för området. Data om stammarna är insamlade med skördare, och hänsyn har tagits till tvångskapställen m.m.

Vi ser att prislistan styr mot korta och långa stockar. Klenare stockar blir företrädesvis korta, medan de grövre oftast blir längre. Prislistans längdkorrektion visas i tabell 1.

Samma tendenser till styrning mot längre och kortare stockar finns i de flesta andra timmerprislistor runt om i landet.

## Övertydliga prislistor

Prislistornas utseende bottenar i att man tidigare varit tvungen att vara övertydlig för att sprida längdutfallet från enbart mellanlängder. Det krävdes ett ordent-

ligt prispåslag för att man skulle inse nyttan av att aptera långa längder.

I prispförhandlingarna har man tidigare främst räknat på medelpriset för ett traditionellt timmerutfall och intresserat sig mindre för hur prislistan styr i en apteringsdator.

## Utgångspunkter vid prislistekonstruktion

När man konstruerar en timmerprislista bör man ha följande klart för sig:

- önskat medelpris på timmer
- massavedspriset
- önskade prisrelationer mellan olika diameterklasser
- önskade prisrelationer mellan olika kvaliteter
- önskad längdfördelning i olika diameterklasser.

Särskilt i de klenare timmerdimensionerna konkurrerar massaveden med timmer. Andel massaved av total virkesvolym kommer att bero både på diameterpriserna och längdkorrektionen.

För att kunna konkurrera med massavedspriset behövs relativt höga diameterpriser i de klenare timmerdimensionerna. Priset för en kort stock är ju på grund av längdkorrektionen avsevärt mycket lägre än vad diameterpriset anger.

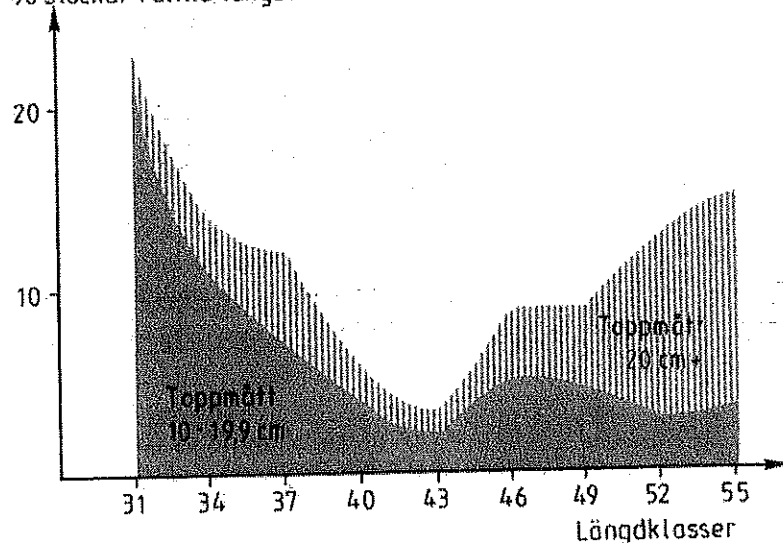
När man sätter diameterpriserna har man flera saker att ta hänsyn till. Diameterprisernas inbördes relation ska ju också spegla vilken grovlek på timmer man föredrar.

Med stor prisskillnad mellan olika kvaliteter, som mellan tall o/s och tall kvinta, styr man hårt mot att den bättre kvaliteten ska tas ut i största möjliga utsträckning. I kombination med en hög längdkorrektion på den sämre kvaliteten blir styrningen mindre hård, eftersom det vid apteringen kan ge ett bättre netto med en lång stock av lägre kvalitet. Med ett ökande diameterpris motverkas längdkorrektionens effekt.

Tabell 1. Längdkorrektionen för Södra-Såbis granprislista 1989/90 för Kronobergs län.

Stocklängd	31	34	37	40	43	46	49	52	55
Längdkorrektion i procent	94	96	98	99	100	103	105	107	108

% stockar i olika längdklasser



Figur 1. Optimalt längdutfall i ett normalt bestånd enligt Södra-Såbis granprislista 1989/90 för Kronobergs län.

## Exempel: Att konstruera en längdneutral prislista

Om man vill konstruera en prislista som styr mot en jämn längdfördelning, gäller det först och främst att så långt möjligt motverka gungbrådeeffekten i vinjettbilden. Det kan man göra genom att "underbetala" korta och långa längder, dvs ge ett stort prisavdrag för korta längder och ett litet prispåslag för långa längder.

Längdkorrekturen kan illustreras med en kurva över längderna (figur 2). Att kuryan böjer av mot de längre längderna är typiskt för längdkorrekturen i en längdneutral prislista och beror på att det måste vara större steg mellan längdkorrekturen för två kortare längder än mellan två längre.

För grövre stockar är avsmalningen relativt sett mindre, och därför behövs mindre längdkorrektion.

Normalt visas en prislista i form av en tabell. Figur 2 redovisas så i tabell 2 som är ett exempel på längdkorrektion i en internprislista för ett område i södra Sverige. Denna prislista

har alltså olika längdkorrektion för klen, medelgrovt och grovt virke. På detta sätt slipper vi problemet att nästan alla klena stockar blir korta och nästan alla grova blir långa, men vi har kvar samma tendens inom diameterintervallen. Om vi inte nöjer oss med detta utan vill ha en jämn längdfördelning inom varje 2-cm-klass, måste vi ha olika längdkorrektion för varje 2-cm-klass.

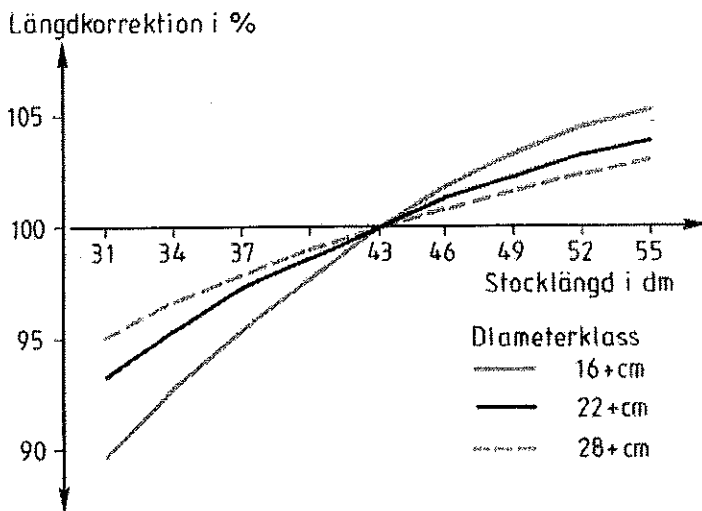
Även skillnaden i diameterpris har en viss betydelse för hur längdkorrekturen ska se ut för att prislistan ska vara längdneutral. Ju större skillnaden är mellan priserna för olika diametrar, desto större längdkorrektion krävs.

I norra Sverige anges längdkorrekturen oftast i kronor i

stället för procent. Om skillnaden mellan diameterpriserna dessutom är stor, får detta en speciell konsekvens. Om längdkorrekturen t ex är +30 kr och två diameterpriser 400 kr respektive 500 kr, (där längdkorrekturen är  $\pm 0$ ) blir den procentuella längdkorrekturen 7,5 % respektive 6 %. Man får alltså en procentuellt lägre längdkorrektion för den diameterklass som har det högre priset. Om detta är en grövre dimension får man alltså en viss dragning åt det längdneutrala hållet bara genom att ange längdkorrekturen i kronor i stället för procent. Om prisskillnaden mellan de olika diameterklasserna är liten, blir dock effekten obetydlig.

Tabell 2. Exempel på procentuell längdkorrektion i en längdneutral prislista.

Längder	31	34	37	40	43	46	49	52	55
Diameterklass									
16 +	90	93	96	98	100	102	104	105	106
22 +	93	95	97	99	100	101	102	103	104
26 +	95	97	98	99	100	101	102	103	103



Figur 2. Exempel på procentuell längdkorrektion i en längdneutral prislista.

## Analys av Södra-Såbis prislista

Om vi analyserar längdkorrekturen i Södra-Såbis granprislista (tabell 1) lite närmare kan vi se varför längdutfallet blir så ojämnt. Först och främst är prisavdragen för en kortare längd inte större än prispåslagen för en längre. Avdraget för 31 dm är 6 % och påslaget för 55 dm är hela 8 %. Den största ojämnheten finns omkring 43 dm och leder till att knappt några 43-dm-stockar tas ut. Man förlorar bara 1 % i längdkorrektion om man tar en 3 dm kortare stock och man vinner hela 3 % om man tar en 3 dm längre.

I Södra-Såbis prislista finns bara en längdkorrektionsserie. Till varje stocklängd hör således en längdkorrektion oavsett stockens toppdiameter. Detta resulterar i att de klenare stockarna huvudsakligen blir korta och att de grövre för det mesta blir långa.

## Simulering med APTAN

Hur går man rent praktiskt tillväga när man vill konstruera en längdneutral prislista? Ett hjälpmedel som finns idag är datorprogrammet APTAN, som kan simulera aptering av ett antal träd i ett bestånd.

Man utgår från ett typbestånd som noggrant beskrivits. Antingen använder man beståndsvariabler, bl a diameterfördelning, H25-höjd, formkvot och kvalitetsfördelning, eller också samlar man med hjälp av apteringsdatorn in ett antal stamprofiler, dvs noggranna uppgifter om varje enskild stam.

Förutom en beståndsbeskrivning har man massavedspriset och diameterpriserna för 43 dm eller där längdkorrekturen ska vara 100%. Sedan får man pröva sig fram med olika längdkorrekturen och simulera aptering tills man får ett jämnt längdutfall.

När man prövar olika längdkorrekturen måste man komma ihåg att avdraget för en kortare längd alltid ska vara minst lika

stort som påslaget för en längre längd i samma diameterintervall. Längdkorrekturen ska vara högre, dvs spänna över ett större intervall, i en klenare dimension än i en grövre (se tabell 2). Man måste också kontrollera att massavedsandelens och medelpriset på timmer blir som önskat.

Det går inte att använda avsmalningen för att på rent teoretisk väg räkna ut hur längdkorrekturen ska se ut. Resultatet blir då en prislista som i och för sig kan vara värdemässigt längdneutral, dvs att vid en viss avsmalning är det värdemässigt likgiltigt vilken längd som kapas, men i praktiken existerar sällan medelavsmalningen och en tendens mot korta och långa stockar kvarstår.

### Hur styr prislistan i ett enskilt bestånd?

Ur normalbeståndet, dvs det bestånd som prislistan skapats att vara längdneutral för, får man en jämn längdfördelning inom varje diameterintervall.

I ett bestånd som har sämre form än normalbeståndet får man fler kortlängder. På motsvarande sätt får man fler långa längder ur ett bestånd med bättre form.

Man kan dock räkna med att få en jämn längdfördelning i den sammanlagda fångsten från flera bestånd som tillsammans kan sågas motsvara normalbeståndet.

### Fördelar med en längdneutral prislista

Ett syfte med att använda en längdneutral prislista är naturligtvis att man önskar ett jämnare längdutfall.

Syftet kan också vara att styra utfallet mot vissa längder. Med en längdneutral prislista i botten behövs endast små pristillägg i önskade längder för att stora volymer ska föras över dit.

Den längdneutrala prislistan är också den bästa utgångspunkten vid fördelningsaptering, en teknik som vi ska beskriva närmare i ett kommande Resultat.

### Ordförklaringar

- **diameterpris** är ett pris som är beroende av stockens toppdiameter
- **längdkorrektion** är en justering i kr eller % av diameterpriset med hänsyn till aktuell stocklängd
- **en längdkorrektionsserie** innehåller längdkorrektion för de olika längderna inom ett diameterintervall
- I en **matrisprislista** finns ett särskilt pris i kr/m<sup>3</sup>to eller kr/m<sup>3</sup>f för varje längd- och diameterkombination. Normalt finns en matris per kvalitet. Längdkorrekturen är så att säga "inbakad" i matrisprislistan, men man kan också redovisa längdkorrekturen i varje matrisruta i stället för priset.
- **en längdneutral prislista** styr timmerutfallet mot ungefär lika många stockar i varje längdklass inom varje diameterintervall
- **apteringsdator** är en dator i skördaren som beräknar hur det är optimalt att aptera stammen med hänsyn till avsmalning och prislistor och eventuellt även kvalitetsgränser
- **optimal aptering** är den aptering som ger varje stam högsta värde med hänsyn till prislistorna
- **fördelningsaptering** är en apteringsteknik som försöker nå en önskad längd- och diameterfördelning av timret genom att tillåta en viss avvikelset från maximalt värde (enligt prislistan) per stam

Ämnesord: Aptering, prislista.

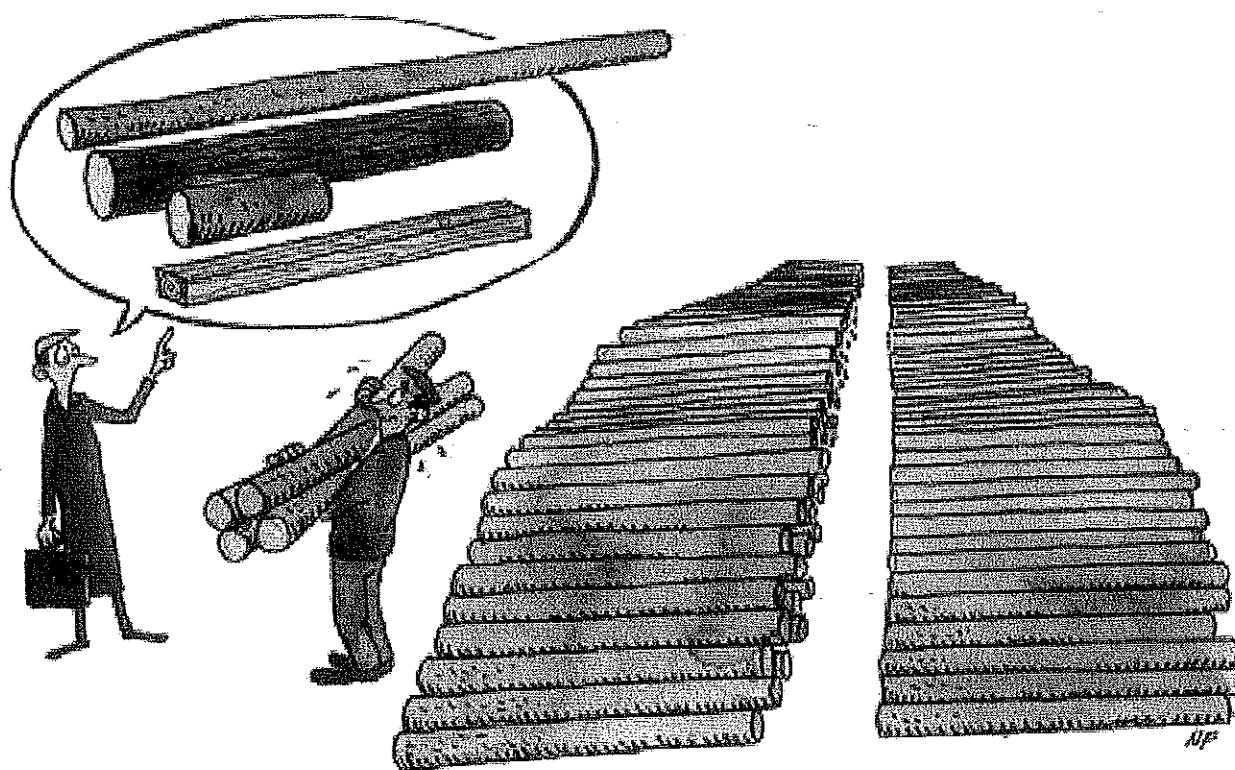
© Forskningsstiftelsen Skogsarbeten - Box 1184, 164 22 Kista - Tel 08-750 72 20 - Fax 08-750 96 77

Ansvarig utgivare: Olle Berggrund  
Redaktör: Gunilla Sundquist  
Tryck: Tryckeri AB Primo - Upplaga 3 200

Återgivande endast efter skriftlig  
överenskommelse med Skogsarbeten  
ISSN 0280 - 1884 Mar 1990

## Fördelningsapting – en fungerande metod även på små trakter och vid liten tillåten värdeavvikelse

Johan J. Möller och Ian von Essen



*Fördelningsapting används redan i dag i skogsbruket i relativt stor omfattning. Inom privatskogsbruket har dock rädsla för inoptimal apting och förhållandevis små avverkningstrakter lett till storförsiktighet. I detta Resultatnummer redovisar vi en studie av fördelningsapting på mindre trakter och med liten tillåten värdeavvikelse, som vi genomfört tillsammans med Mellanskog (f. d. Mälarskog). Studien gav bl.a. följande resultat:*

- Redan en tillåten värdeavvikelse på 2 % (Dasa) eller 20 kronor per m<sup>3</sup>to (Timberjack) gav en ökning av fördelningsgraden med 10–15 procentenheter,
- Näroptimalmetoden uppnår snabbare en hög fördelningsgrad än den adaptiva prislstan, Dasa 380 redan efter ca 200–400 stockar medan Timberjack 3000 behöver minst 1 000 stockar,
- Aptan är ett lämpligt verktyg för att beräkna värdeförlusten och utvärdera möjligheterna att höja fördelningsgraden med hänsyn till aktuella priser, önskemål och beståndsförutsättningar,
- Vi kan rekommendera fördelningsapting med liten värdeavvikelse som aptingemetod vid köp och försäljning av timmer.

## Fördelningsaptering

### Vad är fördelningsaptering?

Fördelningsaptering är aptering där datorn tillåts göra avsteg från strikt värdeaptering och i stället, inom vissa ramar, styra mot en önskad längd- och diameterfördelning. I apteringsdatorn ställer man in maximalt tillåten värdeavvikelse i kronor eller procent.

### Adaptiv prislista

Metoden används av Timberjack 3000 samt av Dapt 517 och 527. Önskemål och utfall jämförs kontinuerligt. Prislistan anpassas vid varje kaptillfälle 1 kr upp eller ned. Den adaptiva modellen kan gå över en sortimentsgräns vid fördelningsaptering beroende på nya prisrelationer.

### Näroptimal metod

Metoden används av övriga apteringsdatorer (utom Ponsse) på den svenska marknaden. Datorn beräknar först optimalt kapalternativ på stammen. Därefter identifieras de övriga kapalternativ som ligger inom en maximalt tillåten värde

## Syfte

Syftet med studien var att utröna hur traktstorleken påverkar resultatet vid fördelningsaptering samt eventuella skillnader mellan de två metoderna för fördelningsaptering. Dessutom skulle inoptimalförlustens storlek med olika metoder i fält och vid simulering i Aptan utredas. Framförallt var det dock intressant att prova effekten av en låg tillåten värdeavvikelse, eftersom problemen med värdeförluster då blir mindre.

## Studiens uppläggning

### Simulering av aptering

Aptering simulerades först i SkogForsks analysprogram Aptan på ett typbestånd för Mälarskog. Denna simulering gjordes för att få ett objektivt mått på inoptimalförlusten, eftersom man kan simulera värde- och fördelningsaptering av samma träd. Simuleringen gjordes med 2 % värdeavvikelse med Mälarskogs fördelningsönskemål. Fördelningsönskemålet styrde mot låg andel stockar kortare än 43 dm och en jämn fördelning från 43 dm upp till 55 dm (se figur 1).

### Aptering i fält

Vid studien användes två olika maskiner, en SkogsJan 487 XL med Dasa 380 samt en Timberjack 1270 med 3000-systemet. Datortyperna utnyttjar

avvikelse. Datorn väljer sedan det alternativ där den relativa bristen är störst. Dasa's när optimal modell fördelningsapterar inte över sortimentsgränser.

Ponsse's fördelningsaptering är närmast ett mellanting mellan näroptimal aptering och adaptiv prislista. För dimensionella brister/överskott höjs/sänks priset med tillåten avvikelse vid apteringen.

### Fördelar med fördelningsaptering

Det är lättare att snabbt anpassa längdutfallet till en önskenota med hjälp av fördelningsaptering än med en styprislista. Eftersom stamformen varierar mellan olika trakter kommer prislisteaaptering att leda till variationer i längdfördelningen. Genom att fördelningsaptera minskas skillnaderna mellan avverkningstrakter.

### Nackdelar med fördelningsaptering

Fördelningsapteringen kommer att innebära en viss förlust för säljare av virket på grund av inoptimal aptering. Olika sätt att kompensera detta är tänkbara.

de två olika metoderna för fördelningsaptering.

Studietrakterna valdes så att gran dominerade samt att de gav minst 500 stockar normaltimmer (ca 60–100 m<sup>3</sup>to). Från varje avverkningstrakt samlade skördarförarna kontinuerligt 8–12 produktionsfiler och 200–300 stamprofiler. På så sätt kunde fördelningsgradens utveckling över tiden och apteringsgraden följas. Totalt avverkades fem trakter med Timberjack 3000, varav två trakter både fördelnings- och värdeapterades. Med Dasa 380 fördelningsapterades sex trakter och värdeapterades tre.

För Dasa-datorn tillåts maximalt 2 % värdeavvikelse på beräkningsgrundande längd, vilket kan ge en högre (ca 4 %) avvikelse för aktuellt kapalternativ och för Timberjack 3000 maximalt 20 kr/m<sup>3</sup>to, vilket motsvarade ca 4 % av timrets värde enligt prislistan.

Vid simulering och aptering i fält användes Mälarskogs prislista för normaltimmer som tillgodoser sågverkens

allmänna krav på virkets längdfördelning. Studien gjordes på gran, och allt timmer apterades enligt o/s-prislistan.

## Resultat

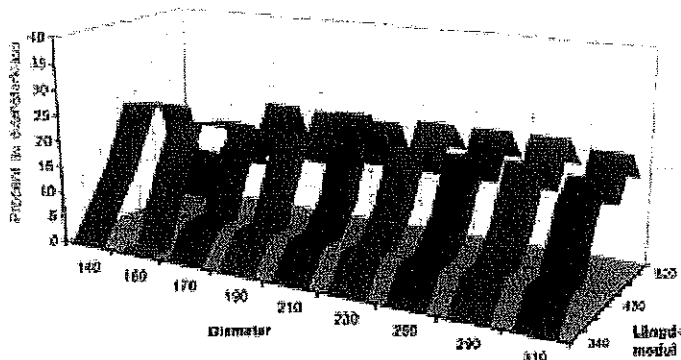
### Aptan-simulering

I fallet simulering med Mälarskogs prislista och önskemål erhöles god överensstämmelse mellan Aptans resultat och resultatet från fältstudien. Fördelningsgraden ökar ca 10 % vid fördelningsaptering med Aptan, vilket ligger i nivå med skördarnas resultat. Fördelningsgraden är dock några procentenheter högre i Aptan än i den verkliga apteringen. Värdeförlusten enligt Aptan motsvarar mindre än en fjärdedel av tillåten avvikelse. Kostnaden ligger i nivå med de kontroller som vi kunnat göra av maskinernas resultat via apteringsuppföljning. (Någon exakt härledning av apteringsförlusten i maskinerna kan dock inte göras).

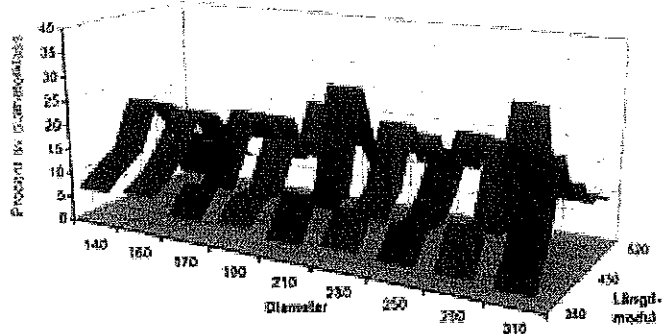
**Tabell 1.** Jämförelse av fördelningsgrad och värdeförlust mellan värde- och fördelningsaptering.

Metod	Maximal tillåten avvikelse	Ökad fördelningsgrad (procent)	Värdeförlust (procent av timmervärdet)
Aptan normalt			
Önskemål	2 %	+14	0,43
Dasa 380	2 %	+11	
TJ 3000	20 kr/m <sup>3</sup> to	+14	





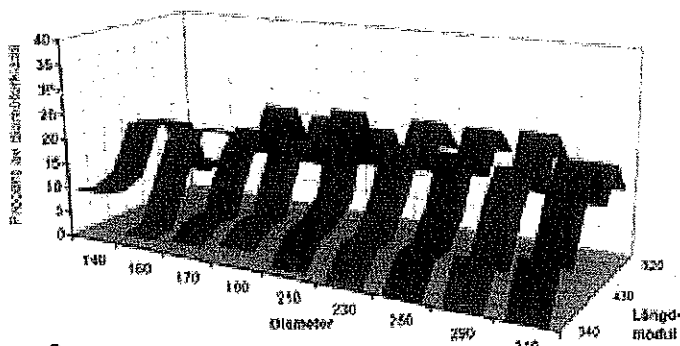
Figur 1. Mälarskogs önskestocknota som användes i studien.



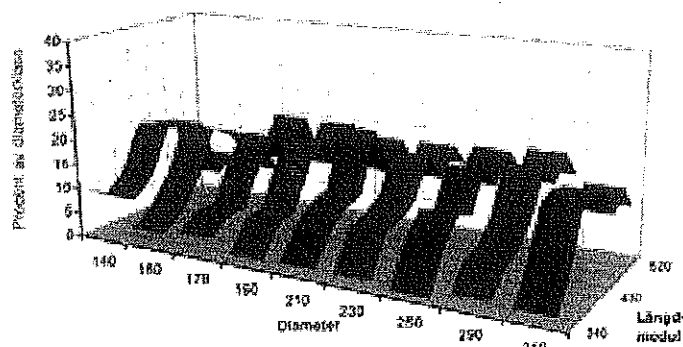
Figur 5. Längdfördelning vid fördelningsaptering med Timberjack 3000 – summering av fem avverkningstrakter (4 700 stockar).



Figur 2. Längdfördelning vid simulering i Aptan med värdeaptering.



Figur 3. Längdfördelning vid simulering med fördelningsaptering i Aptan och 2 % tillåten avvikelse.



Figur 4. Längdfördelning vid Dasas fördelningsaptering - summering av sex avverkningstrakter (4 800 stockar).

Av figurerna 1 och 2 framgår att det finns likheter i prislistans styrning och fördelningsönskemålet. Prislistan undviker korta längder och styr mot 52 och 55 dm stockar. Korrelationen mellan Aptans fördelningsaptering, se figur 3, och önskemålet är god med en fördelningsgrad på 94 %. Av figurerna 4 och 5 framgår att likheterna även är mycket stora mellan resultatet i skördarna och fördelningsmodellen i Aptan. Tvångskapen vid verklig aptering leder dock till att kurvorna blir något mer utjämnade än i Aptan. Aptan fördelningsapterar enligt näroptimalmetoden, vilket kan förklara att likheten är större mellan Dasa och Aptan.

Figur 4 visar att korrelationen mellan önskemål och utfall är bra. För diameterklass 14 är dock inte 2 % värdeavvikelse tillräcklig för att styra bort korta längder.

Figur 5 visar att utfallet avviker en del från önskemålet, framförallt i de grövre diameterklasserna. Detta kan delvis förklaras av att Timberjacks trakter hade något färre grova stockar än Dasas. Timberjack har samtidigt högst fördelningsgrad i den klenaste klassen, något som kan förklaras med att Timberjack fördelningsapterar över sortimentsgränser. En förklaring till att Timberjack har högre fördelningsgrad än Dasa i de klena än i de grova klasserna beror förmodligen också på att 20 kr utgör 5 % av virkesvärdet i de klena klasserna och 3 % i de grova.

För Dasas sex trakter är fördelningsgraden 89,7 %, med variationen 84–94 %, och för Timberjack 3000s fem trakter ligger fördelningsgraden på 87,1 %, med variationen 74–91 %.

## Definitioner

### Apteringsgrad

visar förhållandet mellan det faktiska virkesvärdet och det teoretiska, maximala virkesvärdet, som uppnås vid teoretiskt optimal aptering.

### Fördelningsgrad

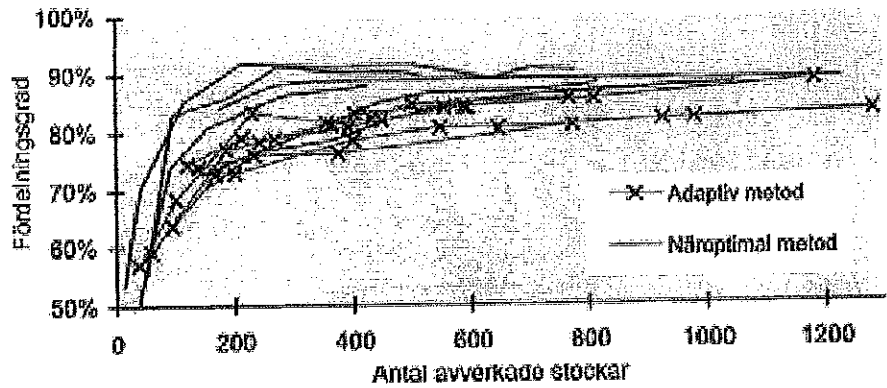
uttrycker hur väl längdfördelningen på sågtimmer stämmer överens med en önskad längdfördelning.

### Inoptimalförlust

är skillnaden mellan det faktiska virkesvärdet och det teoretiskt maximala värdet.

## Fördelningsgradens utveckling

Resultatet visar att den näroptimala metoden snabbare når en hög fördelningsgrad, se figur 6. För Dasa 380 nåddes i studien en stabil nivå efter 200–400 avverkade stockar. För Timberjack 3000 fortsatte fördelningsgraden att stiga kontinuerligt fortfarande efter 1 000 avverkade stockar. Med Dasa kördes fyra trakter utan att produktionen nollställdes, totalt 3 200 stockar. Resultatet från den körningen visar att fördelningsgraden stabiliseras efter ca 400 avverkade stockar.



Figur 6

Den diametervägda fördelningsgradens utveckling vid fördelningsaptering med näroptimal respektive adaptiv metod.

## Diskussion

### Skillnader mellan metoderna

Resultatet visar (figur 6) att den näroptimala metoden snabbt kan utnyttja tillåten värdeavvikelse till att ta ut efterlyst stockar. Det behövs bara att några få stockar har registrerats i stocknotan innan fördelningsaptingen börjar verka, och redan efter ett par hundra stockar har fördelningsgraden stigit avsevärt. Den adaptiva metoden är trögare vid starten av ett nytt objekt, då prislistan stegvis måste förändras uppåt och neråt för att ta ut maximal värdeavvikelse. Effekten börjar komma först efter flera hundra stockar. Därför bör man inte återställa prislistan i en Timberjack vid fördelningsapting av mindre trakter med likartad skog.

Trots att Dasa 380 snabbare når en hög fördelningsgrad finns det inte något i resultatet från de trakter där både fördelnings- och värdeapting har ut-

förts som antyder att inoptimalförlusten för Dasa 380 skulle vara högre än för Timberjack 3000. Ett skäl kan vara att trögheten i den adaptiva metoden gör att den hela tiden tvingas till suboptimering, eftersom skogens utseende ändras, t.ex. genom de trädhöjds- och diametervariationer som förekommer på olika ståndorter.

### Prissättning

Resultatet visar att fördelningsapting med låg maximal värdeavvikelse och en prislista som grovt speglar önskemålen ger liten värdeförlust. Aptans resultat stämmer väl överens med de kontroller som kunnat göras av maskinernas resultat via aptingssuppföljning (Aptupp). Kostnaden för fördelningsapting med dessa förutsättningar och en maximal värdeavvikelse på 2–4 % i skördarna var 1 till 2 kr per m<sup>3</sup>o timmer. Man kan

dock inte använda dessa värden som en schablon, utan man måste alltid simulera fram kostnaden med hjälp av aktuellt fördelningsönskemål, aktuella prissförutsättningar, tillåten värdeavvikelse och beståndsforutsättningar.

### Rekommendation

Fördelningsaptingen som funktion finns i dag på alla skördare med aptingssator. Resultatet av föreliggande studie av fördelningsapting är positivt. Man kan med lag tillåten värdeavvikelse förbättra fördelningsgraden avsevärt.

Mycket talar därför för att virkesmarknadens parter bör överväga att införa fördelningsapting som standardmetod vid timmerhandeln. Markägaren kan kompenseras med ett "Fördelningsstillägg" som kan utformas på olika sätt.

### Litteratur

- Bergstrand, K.-G. 1990. Fördelningsapting – ett sätt att tillgodose sågverksönskemål. Resultat nr 11, SkogForsk.
- Bergstrand, K.-G. 1994. Fördelningsapting – inoptimalförlust och fördelningsgrad. Stencil 1994-11-15. SkogForsk.
- von Essen, I., Möller, J. 1997. Fördelningsapting på mindre trakter – en jämförande studie hos Mälarskog. Under prod. SkogForsk.
- von Essen, I., Sondell, J. 1996. Aptingssatorstest 1995. Redogörelse nr 4, SkogForsk.

### Dimension-apportionment merchandising – a useful method even for small sites with minor value deviation

Dimension-apportionment merchandising is already in relatively wide use in forestry in Sweden, yet apprehensions over suboptimum merchandising coupled with small logging tracts among private forest owners mean that the method is still being viewed with considerable caution. In this issue of Resultat, we present the findings of a study on the method implemented in small tracts where only a small deviation in the value is permissible. Two important findings were the following:

- A permissible value deviation of as little as 2% produced a 10-15% increase in the target-assortment percentage.
- The near-optimum method achieves a high target-assortment percentage sooner than does the use of the adaptive price list.

**Keywords:** Dimension-apportionment merchandising; harvesters; timber market; timber pricing; timber value

**SKOG  
FORSK**

Stiftelsen  
Skogsbrukets  
Forskningsinstitut

© SkogForsk  
Glurten  
S-751 83 UPPSALA  
SWEDEN  
Tel.: +46 18 188500  
Fax.: +46 18 188600  
[skocforsk@skocforsk.se](mailto:skocforsk@skocforsk.se)  
<http://www.skocforsk.se>  
ISSN 1103-4173

Ämnesord: Fördelningsapting, skördare, virkesmarknad, virkesvärde.  
Redaktör: Gunilla Frumerie  
Ansvarig utgivare: Jan Fryk  
Layout och tryck: Tryckeri AB Primo, Oskarshamn.  
Upplaga: 3 000 ex. Sept. 1997.  
Återgivande endast efter skriftlig överenskommelse med SkogForsk.

# RESULTAT

FRÅN SKOGFORSK NR. 15 2004



## Automatisk friskkvistaptering fungerar i praktiken

Jan Sondell, Lennart Moberg & Johan J. Möller

**Bilden ovan:** Setra Group producerar en sågad vara man kallar möbelvirke med i huvudsak frisk kvist. Den automatiska apteringen syftade till att redan i skogen identifiera de tallstockar som höll denna kvalitet.

Friskkvistvirke av tall kan apteras automatiskt. Apteringen bygger på en enkel funktion med trädets brösthöjdsdiameter och lokala erfarenhetstal som ingångsdata. Det innebär en avlastning för skördarföraren, som kan fokusera på stamfelen vid apteringen.

Tidigare studier har visat att sambandet mellan kvalitetsklassning av stammen via yttre kännetecken och den kvalitet som faktiskt faller ut vid försågning är svagt. Automatisk uppdelning av tallstammarna i en torrkvist- och en friskkvistdel med hjälp av skördarens apteringsdator är ett bättre alternativ. Det visar studier som Skogforsk gjort i samarbete med Sveaskog och Setra Group. Utfallet i sågverket för de av skördaren klassade friskkviststockarna var 78 procent rätt och för torrkviststockar 90 procent.

För närvarande finns funktionen i Timberjacks skördare med apteringsdatorn Timbermatic 30/300, men den kommer sannolikt snart att finnas även i övriga skördarmärken.



Kalibrering av friskkvistaptering. Två sågsnitt har lagts parallellt med mantelytan på stockarna för att man lätt skall kunna se när kvisten mot toppen övergår från torr till frisk.

## Friskkvistgränsen kan beräknas

Det är svårt att avgöra vilken kvalitet som kommer att falla ut vid försågning av en stock bara genom att granska stammens mantelyta. Ändå har det hittills varit den enda tillgängliga metoden för generationer av skogsmän.

Men nu öppnas nya möjligheter. Forskningen har visat att det finns ett starkt samband mellan ett träds brösthöjdsdiameter och hur den friska

kvisten fördelar sig i stammen. Detta samband kan utnyttjas för friskkvistapatering, där man skiljer de delar av stammen som i huvudsak har frisk kvist från de som har torr kvist.

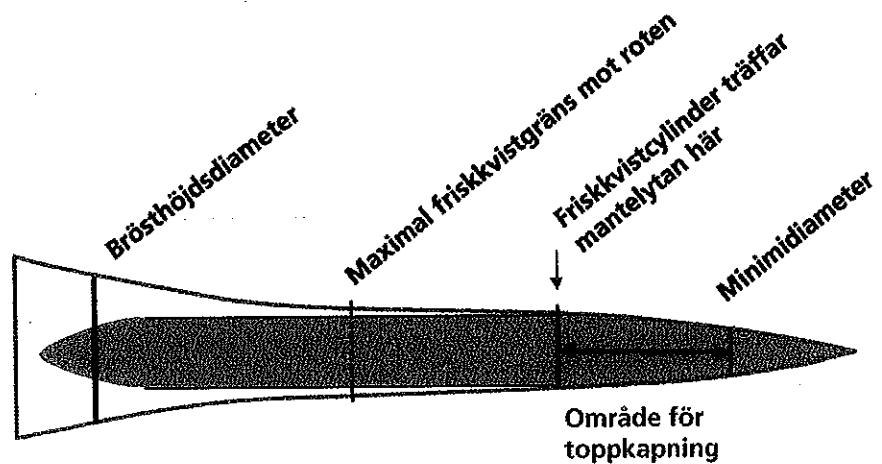
Skogforsk har skrivit en specifikation för automatisk friskkvistapatering. Timberjack har lagt in funktionen i apteringsdatorn Timbermatic 30/300. I samarbete med Sveaskog och Assi-

Domän, senare Setra Group, har Skogforsk kalibrerat funktionen mot aktuella industrikrav på möbelvirke av tall (i princip friskkvistkvalitet) och därefter genomfört provsågningar på Kastets och Skinnskattebergs sågverk. I detta Resultat sammanfattas de tre delstudierna i arbetet.

### Principen för friskkvistapatering

I stammar av tall och gran finns närmast mörgen en cylinder av frisk kvist och utanför den ett "rör" med torr kvist. På riktigt fina gamla träd, främst tallar, finns i rot delen dessutom ett "rör" med kvistfritt virke, som kan apteras okulärt.

Om man kan identifiera på vilken höjd friskkvistcylindern når ut till mantelytan, vet man att virket har frisk kvist ovanför denna gräns. Man kan dessutom aptera en friskkviststock nedanför gränsen, så länge toppkapningen sker ovanför gränsen, eftersom stockens utbyte bestäms utifrån toppcylinders diameter.



## Delstudie 1: Kalibrering för att hitta friskkvistgränsen

För att kunna friskkvistaptera måste man först ställa in funktionen för aktuellt område och utifrån sågens kvalitetskrav, t.ex. hur mycket små torrkvistar som får finnas mellan de friska kvistarna.

För att göra en sådan kalibrering valde vi ut sju avverkningsobjekt med varierande bonitet. Det var fem slutavverkningar och två gallringar. På dessa valdes 5–15 normala träd med brösthöjdsdiameter mellan 22 och 40 cm.

De stockar som bedömdes innehålla övergångszonen mellan frisk och torr kvist transporterades till ett mindre sågverk, där de sågades enligt ett speciellt mönster. Före sågningen ritades en kvadrat in i stockens rot- respektive toppända med en diagonal motsvarande stockdiametern reducerad med 2 cm för att motsvara centrumpostning. Denna kvadrat användes som riktmärken för sågsnittet i båda ändarna. Resultatet blev ett snitt på samma relativa avstånd från mantelytan. Två snitt sågades per stock med 90 graders vinkel (se lilla bilden på framsidan).

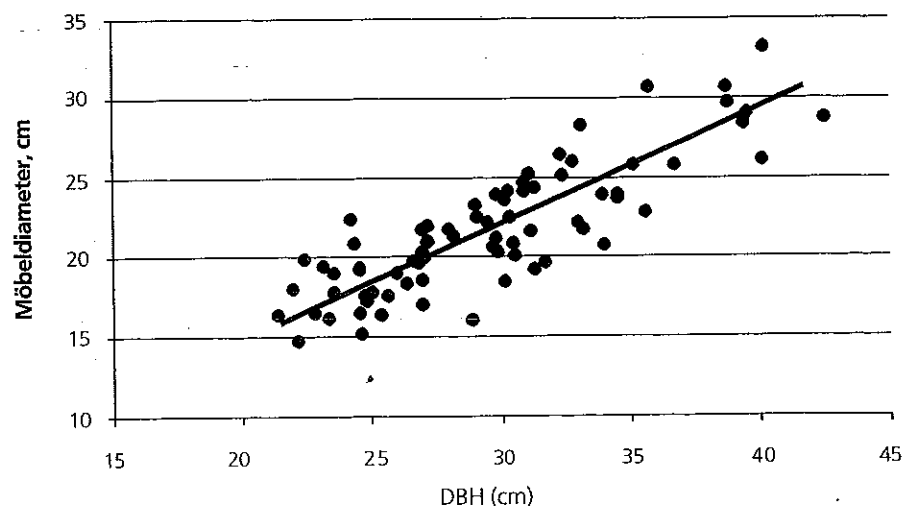
En sorterare från sågen bedömde

sedan var gränsen mellan frisk och torr kvist gick på de sågade ytorna enligt sågens kvalitetsklassificering av möbelvirke. Eftersom sågsnittet lagts efter avsmalningen motsvarar denna gräns den grövsta toppdiametern på en stock som innehåller möbelkvalitet. Alla stockar

som apteras ovanför denna gräns håller alltså möbelkvalitet.

Figur 2 redovisar sambandet mellan kvalitetsgränsen för möbelvirke och trädets brösthöjdsdiameter. Brösthöjdsdiameteren förklarar 72 procent av spridningen.

**Figur 1.** Samband mellan brösthöjdsdiameter och diameter där möbelkvaliteten startar på stammen. Den grova linjen visar medeltalet för alla trakter. Förklaringsgraden var 72 %.



## Delstudie 2: Provsågning med tre inställningar av friskkvistkvot

Efter kalibreringsstudien gjordes en praktisk test med två Timberjackskördare på Sveaskogs virkesförsörjningsområde Norra Bergslagen. Stockar i diameterintervallet 192–239 mm under bark (två sågklasser) apterades på två trakter och kördes sedan till Kastets sågverk.

För varje trakt användes tre olika inställningar av friskkvistkvoten i skördaren, 0,64, 0,68 och 0,72. Vid aptering klassade skördaren stockarna i

- 1) rotstock
- 2) Kastet torr (med toppmått grövre än vad kvoten angav)
- 3) Kastet möbel (med toppmått klenare än vad kvoten angav).

De olika stockkvaliteterna färgmärktes automatiskt av skördaren.

Varje sågklass sågades separat och centrumutbytena numererades i samband med en manuell kvalitetsklassning i råsorteringen. Efter torkning klassades utbytena igen, och då bedömdes om de höll möbelkvalitet eller inte. Om en bit inte höll möbelkvalitet bedömdes den normala kvaliteten (O/S, V, VI).

Resultatet i figur 3 visar att en ökning av friskkvistkvoten ger en ökad volym möbelvirke. Samtidigt minskar den an-

del av friskkviststockarna som verkligen ger möbelvirke vid försågning. Man måste alltså göra en avvägning:

■ antingen ställa in en hög kvot och få en stor andel av stockarna klassade som friskkvistvirke av skördaren

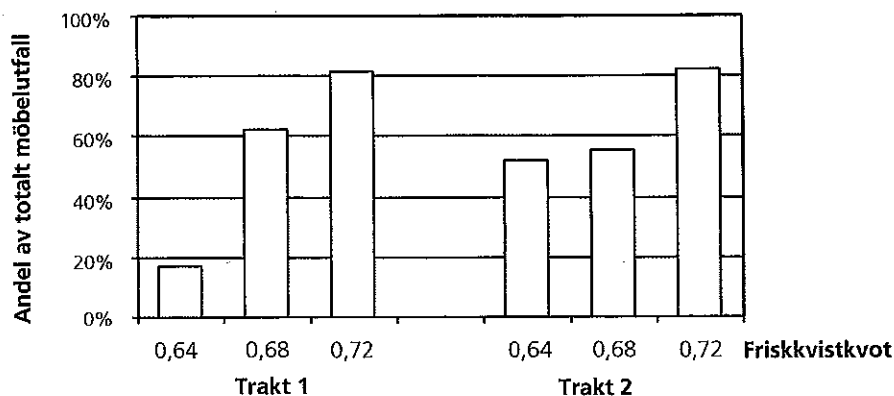
■ eller använda en lägre kvot och då ökar sannolikheten för att de stockar som klassas som friskkvist verkligen håller möbelkvalitet vid försågningen.

**Figur 2.** Kvalitetsutfall vid klassning av färdigvaran efter torkning, 50x125, tall. Andelar av totalt utfall av möbelkvalitet. Totalt var det 632 centrumutbyten från trakt 1 och 1.034 från trakt 2.

■ Vid kvoten 0,64 fångade skördaren in 20 procent av den verkliga volymen som höll möbelkvalitet i trakt 1 och ca 50 procent i trakt 2.

■ vid kvoten 0,72 fångade skördaren in drygt 80 procent av den verkliga volymen möbelvirke på bägge trakterna.

**Andel av beståndets totala tillgängliga volym möbelvirke som apterades som möbel av skördaren**

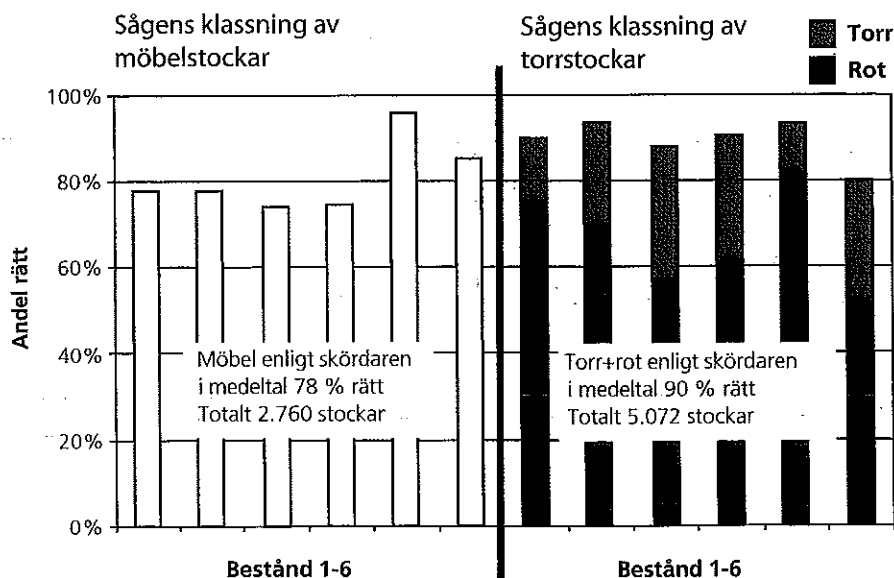


## Delstudie 3: Provsågning i flera bestånd

För att se om resultaten från delstudie 2, som bara omfattade två bestånd, gällde andra typer av bestånd i området och under praktisk drift gjordes ytterligare en studie. Under hösten 2003 och fram till våren 2004 avverkades friskkvistvirke i sex bestånd i fångstområdet till Skinnskattebergs såg. Bara en sågklass togs ut och friskkvistkvoten sattes till 0,7 i samtliga bestånd.

Figur 4 sammanfattar resultatet. Träffprocenten för av skördaren uttagna friskkviststockar blev 78 procent i medeltal medan motsvarande värde för torrstockar (rot- plus övriga stockar) blev 90 procent. Om inte rotstockarna räknas med blir träffprocenten 66 procent, räknat på 1.576 stockar som klassades som torr av skördaren.

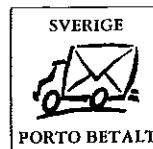
**Figur 3.** Kvalitetsutfall vid sågens klassning av färdigvaran före torkning, 50x125, tall, i jämförelse med skördarens klassning.



# Slutsatser

901 83 UMEÅ

B



Det är något omständligt att komma igång med automatisk friskkvistaptering, men när denna fas är klar fungerar det förvånansvärt bra. Det är ovanligt att man på biologiska material når förklaringsgrader på över 70 procent som i kalibreringsstudien. Att nå träffprocenter på 78 resp. 90 procent, som i delstudie 3, är mycket lovande.

Möjligen går funktionsinställningen att trimma ytterligare något genom att komplettera funktionen med trädens ålder och/eller trädens relativa storlek.

## Praktisk användning

Automatisk friskkvistaptering är ett vinna – vinna-koncept:

- det underlättar för skördarföraren, som kan koncentrera sig på de synliga apteringskriterierna, främst stamfel.
- för sågens planering innebär det klara fördelar att få virket med god säkerhet uppdelat i två kvaliteter. Önskas olika längder i olika kvaliteter kan apteringsdatorn lätt tillgodose detta.
- kvalitetsuppdelningen sker på samma sätt i alla skördare som levererar till så-

gen. En ändring av apteringskriterierna får därigenom omedelbart genomslag.

## Sortering

Om sågen önskar de apterade friskkviststockarna sorterade kan detta ske i skogen eller vid sågen.

Med dagens teknik är det bättre att sortera och hålla isär friskkvist- och torrkviststockarna redan i skogen. Då duger det bra med normal färgmärkning. Skall man sortera stockarna vid sågen måste man ha en mer hållbar märkning, eftersom dagens färger försvinner eller blir otydliga inom några veckor, särskilt om vårsolen får verka på stockarnas ändtytor.

En okulär sortering vid sågen innebär dessutom att kapaciteten vid mottagningen försämras.

Sortering och särhållning i skogen innebär en viss merkostnad. På sikt borde märkningen kunna göras med en färg som är automatiskt avläsbar vid sågen. Skogforsk skall undersöka vilka möjligheter det finns att göra detta på ett effektivt sätt.

**Jan Sondell**, Skogsmästare. Arbetar med aptering och kvalitetssäkring av skördarmätning. Tel. 018-18 85 93  
jan.sondell@skogforsk.se

**Lennart Moberg**, TeknD. Arbetar med virkesutnyttjande. Tel. 018-18 85 33  
lennart.moberg@skogforsk.se

**Johan J. Möller**, Jägmästare. Arbetar med virkesfrågor och aptering. Tel. 018-18 85 66  
johan.moller@skogforsk.se

## Läs mer

Moberg, L. 1999. Models of knot properties for Norway spruce and Scots pine. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Doktorsavhandling, Silvestria 121, 24 s.

Möller, J. J., Moberg, L. & Sondell, J. 2003. Automatisk friskkvistaptering med skördare. Arbetsrapport 558 från Skogforsk.

Ogemark, T. & Sondell, J. 2000. Automatisk bestämning av friskkvistandel med skördare. Skogforsk 2000-08-30.

Øyen, O., Høibø, O.A., 1999. Prediction of an industrial sound-knot cylinder on individual trees in standing units of old spruce (Picea abies (L.) Karst). In: Wood quality in old stands of Norway spruce (Øyen, O.). Norges Landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. Doctor Scientiarum theses 1999: 15, 18 pp.

## Från forskning till tillämpning

- Friskkvistaptering av tall kan tillämpas redan i dag. Funktionen finns ännu bara i Timbermatic 30/300, men övriga tillverkare kan förväntas lägga in den inom ett år.
- Innan man kan köra igång krävs en kalibrering för de kvalitetskrav industrin har (någon koppling till VMRs inmatningskvaliteter görs normalt inte) och det fångstområde som är aktuellt, så att man kan ställa in funktionen på bästa sätt. Skogforsk kan hjälpa till med detta. När kalibreringen väl är gjord krävs ingen löpande justering, så länge inte marknadskraven ändras.
- Denna studie är gjord på tall, men tekniken bör i princip fungera lika bra på gran.



Bildskärmen i en Timbermatic 30/300 som upparbetar möbelvirke. Stocken som just skall kapas har diametern 202 mm och längden 465 cm. Dessförinnan har en rotstock kapas och efter friskkviststocken följer en klen-timmerbit och en massaved.

## Automatic bucking of sound-knot logs works well in practice

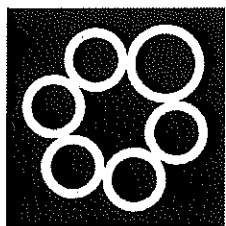
Sound-knot logs in Scots-pine trees can now be bucked automatically, thus leaving the operator free to concentrate on stem defects. Bucking is based on a simple function that uses input data consisting of the DBH of the tree, and indices derived from the requirements of local mills.

Earlier studies have shown that the relationship between the quality grading of a tree based on external characteristics, and the actual quality of the timber after bucking, is a weak one. Automatic bucking of pine stems in either sound-knot logs or dead-knot logs, as determined by the bucking computer, is clearly a better option.

These are the findings of a recent Skogforsk study conducted in collaboration with an industrial forest enterprise and an industrial sawmill group. The outcome at the sawmill of the grading done by the harvester revealed an accuracy of 78% for the sound-knot logs, and of 90% for the dead-knot logs.

At present, the function has been incorporated in the Timbermatic 30/300 bucking computer on the Timberjack harvester, but we expect that other makes of harvester will soon be incorporating the function in their bucking computers as well.

**Keywords:** Timber market and wood utilization;



STFI-PACKFORSK

# **Vedråvara, logistik och effektivitet**

**Föredrag från STFI-Packforsks Renserikonferens  
Kalmar/Mönsterås april 2008**

Report nr: 366, April 2008





## Regionala fiberdatabaser för bättre vedutnyttjande

---

Thomas Grahn, Sven-Olof Lundqvist, STFI-Packforsk

Egenskaperna hos fibrerna i veden från skogen varierar mycket mellan träd och inte minst inom träd. Det medför skillnader vid fabriken mellan fibrer av olika ursprung: mellan massaved och sågverks av olika vedslag, mellan ved från gallringar och slutavverkningar i olika regioner etc. Flertalet massafabriker har strategier för att jämna ut egenskapsvariationerna hos den inkommande veden så att de inte skall orsaka drifts- och kvalitetsproblem. Många fabriker försöker också utnyttja fibrer med särskilda egenskaper i speciella produkter. En viktig startpunkt för arbetet att få fram jämna och lämpliga fibrer till olika produkter att känna till vilka variationer som finns i fabriken nuvarande och potentiella leveranser av massaved och sågflis från olika källor.

### Variationer i vedens fiberegenskaper

*Figur 1* illustrerar typiska variationer inom ett träd för fiberlängd, fiberbredd och fibervägg tjocklek. Exemplet visar kartor för fiberdimensionerna i stammen hos en svensk gran mogen för avverkning. Kartorna har simulerats fram med modeller. Fibrer från den yttre delen av veden nära marken, den del som normalt blir sågverksflis, har långa, breda och tjockväggiga stora fibrer. Denna ved ger därför stora fibrer och få fibrer per gram massa. Massaveden som hämtas från övre delen av trädet har kortare, smalare och tunnväggigare fibrer, alltså mindre fibrer och fler fibrer per gram massa. Nedklassade timmerstockar som följer med massaveden har en annan karaktär. Det finns också skillnader mellan träd av olika ålder, olika snabbvuxna träd etc.

*Figur 1* visar simulerade data. I *figur 2* visas motsvarande skillnader i fiberdimensioner utifrån mätningar på toppstockar från snabbvuxna träd, sågverksflis från normalvuxna träd och rotstockar från träd som växt långsamt: Dessa blir inte sällan massaved för att de inte är tillräckligt grova att såga eller för att de är olämpliga att såga av annan anledning. (Samtliga dessa prover är av gran från södra Sverige. Vi har även undersökt ved från andra länder och vedslag och då är ofta skillnaderna ännu större.) Till vänster visas medelvärden för fibervägg tjocklek mot fiberlängd, till höger fibervägg tjocklek mot fiberbredd. Massaveden från toppstockar har kortare, smalare och mer tunnväggiga fibrer än sågverksflisen. Fibrerna i den långsamvuxna rotstocken är ännu längre, bredare och mer tjockväggiga. I figuren har vi också indikerat hur lättkollapsade fibrerna är, vilket är en faktor som påverkar deras böjstyvhet/flexibilitet i massan och pappersarket.

*Tabell 1. Tillväxten i skogen kan ökas med 25 % inom 30 år med relativt enkla medel.*

Åtgärd	Ökad tillväxt, %
Rensning av skogsdiken	2,5
Mer gödsling	4
Stubbehandling mot rottröta	2
Större andel förädlade plantor	3,5
Effektivare återväxtarbete	4,5
Mer contortatall	3,5
Balanserade viltstammar	2
Klonskogsbruk med SE-plantor (traditionell trädförädling)	3
Summa:	25

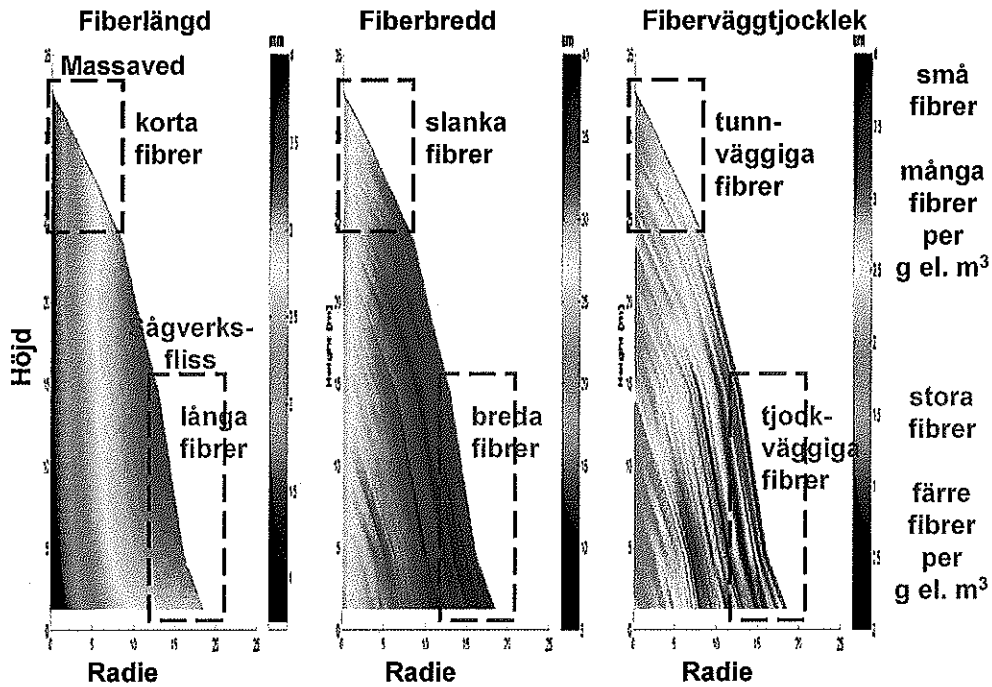
Utifrån denna bakgrund vill vi ge några förslag till lösningar som kan vara en del i en uppsättning åtgärder som säkrar råvarutillgången till **alla** aktörer i skogsindustrin, inklusive energisektorn:

- Beslut om subventioner inom energisektorn måste föregås av grundlig analys och debatt.
- Effektiv logistik är viktig för att kunna utnyttja biobränslen som ligger långt från kraftvärmeanläggningar.
- Effektivisera vattenkraften och bygg ut kärnkraften.
- Satsa på fortsatt FoU och ökad tillväxt i skogen.

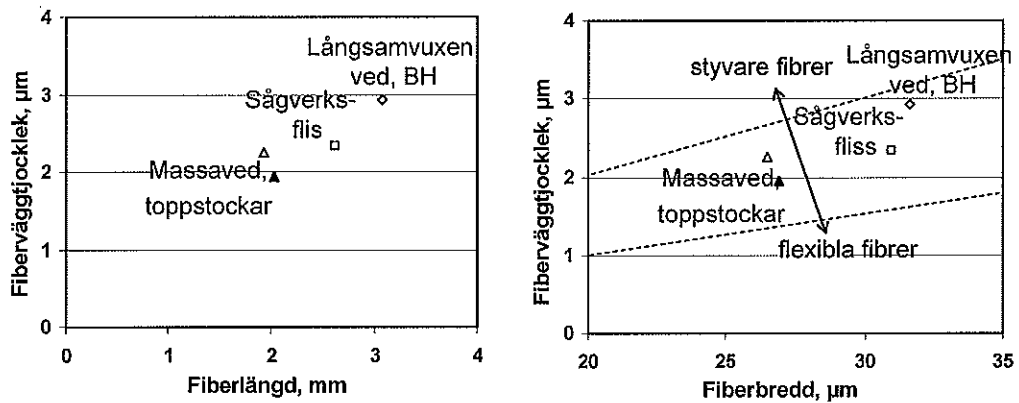
## Referenser

CEPI 2007: *Bio-energy and the European pulp- and paper industry. An impact assessment.* McKinsey/Pöyry.

Wird S., Persson E. 2003: Intern Holmen-rapport modifierad av Karlhager 2008.



Figur 1. Exempel på variationer i fiberegenskaper inom ett träd, en gran från södra Sverige.



Figur 2. Fiberegenskaper uppmätta på olika vedprover av gran från Sydsverige.

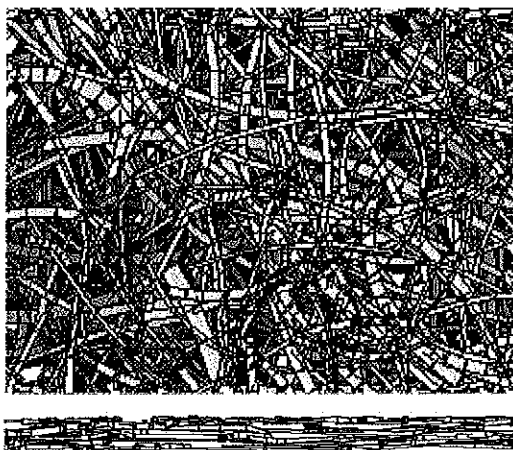
### Inverkan på pappersarket

I papperet är de statistiska fördelningarna hos fiberegenskaperna ofta viktigare än medelvärdena. (Samt naturligtvis hur fibrerna bearbetats i processen, mäldens sammansättning, arkets uppbyggnad etc., men här koncentrerar vi oss på fiberdimensionerna.) I figur 3 visas simulerade fibernätverk av fibrer från olika råvaror, till vänster med fibrer från sågverksflis, till höger med fibrer från massaved. Överst visas

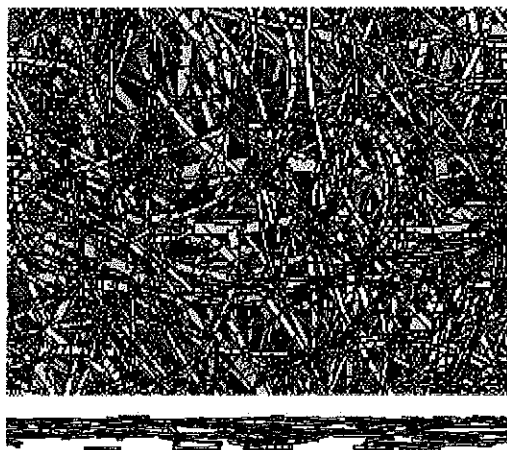
nätverkens yta, nederst deras tvärsnitt. Fibernätverken är simulerade med modeller och program utvecklade vid STFI-Packforsk.

Båda arken har samma ytvikt,  $60 \text{ g/m}^2$ , och arkdensitet,  $750 \text{ kg/m}^3$ . Nätverket till höger med fibrer från massaveden innehåller kortare, smalare och tunnväggigare fibrer och ungefär dubbelt så många fibrer. Det resulterar i ett ark med jämnare struktur, bättre formation, jämnare yta och bättre optiska egenskaper, ett ark med goda tryckeegenskaper. Arket till vänster med fibrer från sågverksflis har grövre struktur, högre porositet och har sannolikt i flera avseenden bättre styrka. De påtagliga skillnaderna i fiberegenskaper mellan ved av olika ursprung påverkar således både produktionen och produkten i massa- och pappersbruket.

**Fibrer från sågverksflis**



**Fibrer från massaved**



*Figur 3. Fibernätverk med fibrer från sågverksflis (vänster) och massaved (höger), simulerade med modeller och verktyget STFI PaperSim. Arken har samma ytvikt och arkdensitet.*

Men man kan inte välja ved fritt efter vad man vill ha, även om den finns i skogen. Det handlar om stora flöden som måste hanteras rationellt och det finns många begränsningar att ta hänsyn till: tillgång till ved, kostnader, logistik mm. Vissa bruk har större möjlighet att styra sina vedflöden än andra och nyttan kan också vara olika. Det finns en rad frågor som man kan ställa sig:

- Går det att förbättra produktkvaliteten eller minska produktionskostnaden?
- Kan man åstadkomma jämnare råvara och reducera variationerna i process och produkt?
- Hur ska det i så fall göras på optimalt sätt?
- Vilka förbättringar kan man förvänta sig från olika investeringar?

Andra frågor som kan aktualiseras är vad som händer om man använder en annan vedråvara än den man är van vid och har optimerat produktionen för. Till exempel:

- Hur påverkas produkterna om man norrut i Sverige skulle använda stormfälld ved från Sydsverige? Det har ju aktualiserats de senaste åren.
- Eller om man allmänt förändrar vedförsörjningsområdet för bruket?
- Eller om man vid vedbrist skulle använda alternativ råvara, kanske import?

### Slutsatser om ved- och fibervariationer

Detta är komplicerade frågor, eftersom svaret beror på många faktorer: vilka fiber som är tillgängliga, vilka produkter man tillverkar, processutformning, logistik, kostnader etc. Man kan dock dra följande slutsatser:

- Veden och dess fibrer uppvisar stora egenskapsvariationer.
- Vi behöver bra metoder för att:
  - prediktera vedens och fibrernas egenskaper
  - allokera lämplig ved till bruk och produkter, på effektivt sätt
  - få information om egenskaperna hos levererad ved/flis/fibrer
  - styra ved och flis på vedgården och blandningen till processen
  - styra och planera produktionen för att hantera kvarvarande variationer
- ... och detta skall göras utifrån ett helhets perspektiv från skog till produkt.

### Verktyg utvecklade av STFI-Packforsk för optimering av fiberutnyttjandet

För detta har STFI-Packforsk byggt upp:

- ett "Ved- och fibermätcentrum" med instrument för effektiv bestämning av industriellt viktiga egenskaper.
- databaser med mätdata för egenskap hos skog, träd, ved och fibrer, i några fall också massagenskaper.
- modeller för att förutsäga ved- och fiberegenskaper i olika vedråvaror och hur de förändras i processkedjan. Nu utvecklas även modeller för prediktering av massaegenskaper.
- program för simulering, utvärdering och visualisering av variationer i viktiga egenskaper.
- "Resursdatabaser" (Resource Databases), som resten av texten främst kommer att handla om.

### Resursdatabaser

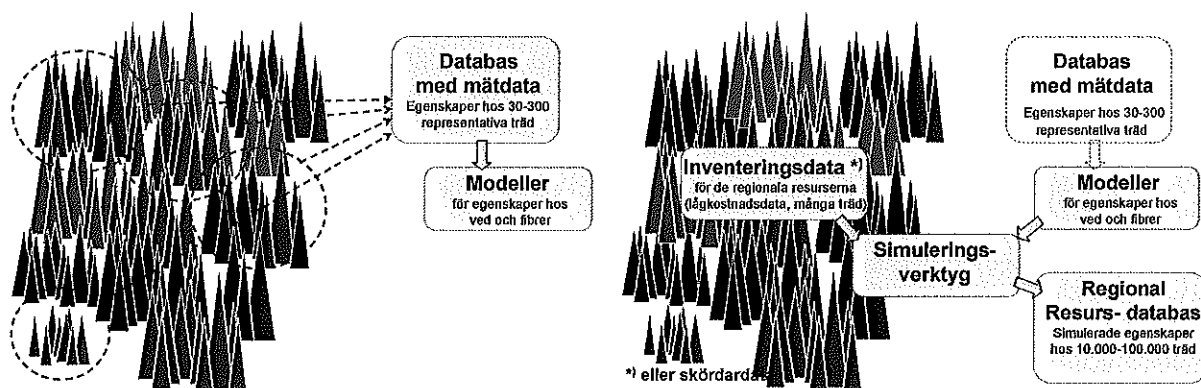
En Resursdatabas ger en virtuell representation av skogen inom ett visst område: en region, upptagningsområdet för en fabrik eller ett land. Den innehåller data om existerande bestånd och träd, kompletterade med simulerade uppgifter om volymer samt ved- och fiberegenskaper hos träd, stockar och blivande sågverksflis. Exempel ges nedan. Med en resursdatabas har man "*skogen i sin dator*". Man kan välja data från en specifik region, olika typer av bestånd, till exempel olika vedslag, gallringar



eller slutavverkningar av olika ålder, lågt eller högt ståndortsindex mm. Man kan söka fram vilka typer av bestånd eller stockar som ger vissa fiberdimensioner osv. Sedan kan man fortsätta och utvärdera de data man valt ut och utveckla applikationer.

## Mätning, modellering och simulering

När vi undersöker hur man bättre kan utnyttja de tillgängliga fibrerna använder vi två integrerade angreppssätt, baserade på mätta respektive simulerade data, se *figur 4*.



*Figur 4. Två integrerade angreppssätt för analys av vedutnyttjandet, baserade på mätta respektive simulerade data.*

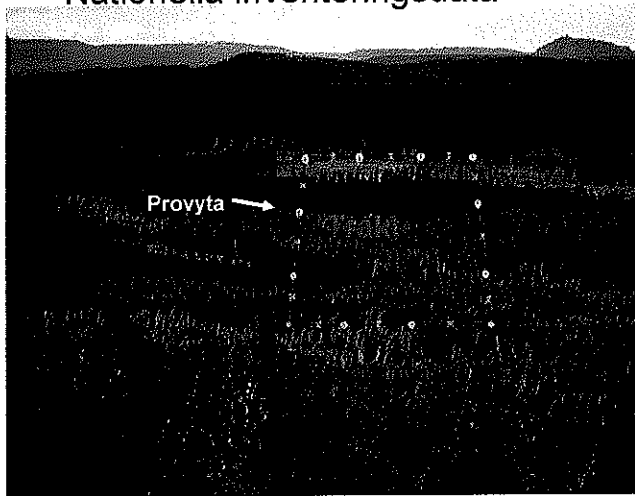
Första steget är att bygga upp en databas med mätdata. Denna kan i sig användas för utvärderingar men också för att bygga modeller för egenskaper och deras variationer. Mätningarna görs på prover som skall spegla de viktigaste orsakerna till egenskapsvariationerna i den studerade regionen. Effektiva provtagningsstrategier har utvecklats för att hålla ner kostnaderna och samtidigt få med de mest signifikanta variationerna. Först bestäms kriterier för provtagningen samt hur många bestånd och provträd som skall analyseras. Därefter identifieras sådana bestånd och träd i skogen. En typisk mät-databas för ett visst vedslag i en viss region innehåller från 30 upp emot 300 träd. Antalet träd som krävs avgörs till stor del av hur stort geografiskt område och hur många typer av variationer som skall studeras och modelleras. Vi samlar också in skogliga data om de samplade bestånden och träden: ståndortsindex, grundyta, koordinater, höjd över havet mm. Vedproverna analyseras i vårt ved- och fibermätlab. Alla data matas in en mät-databas. Efter en inledande utvärdering utvecklas modeller för ved- och fiberegenskaper. När det gäller tall och gran har vi idag modeller som fungerar bra på en stor del av den svenska skogen.

När vi har modellerna skapar vi en representativ bild av tillgångarna genom att simulera egenskaper och volymer för stora mängder bestånd och träd. Modellerna används tillsammans med indata från skogsinventeringar eller data insamlade i skördare, data som kan erhållas till relativt låg kostnad. Simuleringen görs med de särskilt utvecklade verktygen STFI WoodSim och FiberSim. Egenskaper och volymer uppskattas och sammanställs med inventeringsdata i en resursdatabas för de ingående vedslagen och det aktuella området. Resursdatabasen innehåller vanligen 10 000-tals till 100 000-tals träd, beroende på områdets storlek.

## Exempel på inventeringsdata

Inventeringsdata av olika typer har använts, se *figur 5*. Till vänster illustreras data från Riksskogstaxeringen. Ända sedan 1920-talet har Riksskogstaxeringen samlat in uppgifter om landets skogar. Databaserna innehåller information om "provtrakter" fördelade över hela Sverige och uppdateras årligen. I varje trakt finns ett antal provytor som kan inventeras. Till höger illustreras en företagsdatabas. De är oftast upplagda på liknade sätt med provytor men kan ofta vara mer detaljerade med data för varje bestånd som skogsföretaget äger.

### Exempel: Nationella inventeringsdata



Källa: Riksskogstaxeringen

### Företagsdata



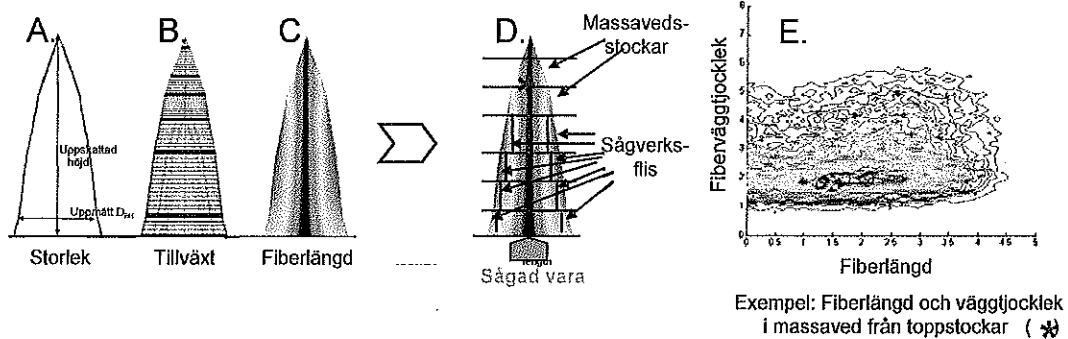
Foto: Mats Gerentz, SLU

*Figur 5. Exempel på källor till inventeringsdata som utnyttjats för simulering av resursdatabaser.*

## Simulering i flera steg

Simuleringen sker sedan i ett par steg, se *figur 6*. Från inventeringen får vi data om alla träden på provytan mätta i brösthöjd. Modeller används för att skatta de enskilda trädens höjd, ålder och stamform (A). Därefter uppskattas trädets tillväxtstruktur (B). Sedan används egenskapsmodeller för att skatta ved- och fiberegenskaper för varje årsring och höjd i trädet (C). I exemplet visas fiberlängd. När trädet är simulerat delar vi upp det i stockar och delar som kommer att bli sågverksflis. Volym och egenskaper beräknas för varje del (D). Träden kan apteras med valfri timmergräns och timmerlängd. För varje del simuleras slutligen också en fiberpopulation, normalt omfattande några tiotusentals fibrer (E). För varje enskild fiber i populationen har fiberdimensionerna uppskattats: längd, bredd, och vägg tjocklek. Alla simulerade data sparas i resursdatabasen.

Egenskaper hos stammar . . . och hos stockar, flis eller sågad vara



Figur 6. Stegvis simulering av ved- och fiberegenskaper hos träd, stockar och flis.

Från fiberpopulationerna kan statistiska fördelningar för fiberlängd, bredd och väggjocklek beräknas. Dessa fiberdimensioner utgör basegenskaper för fibrerna och från dessa kan ett drygt tiotal andra mera massa- och pappersrelaterade egenskaper för fibrerna beräknas, se exempel i *tabell 1*, samt deras fördelningar. För flera av dessa egenskaperna säger fördelningarna mer än bara medelvärdet. När vi skall arbeta med vad man bör göra vid en viss fabrik för att förbättra fiberutnyttjandet, börjar vi med att gemensamt specificera vilka av dessa fiberegenskaper som är mest centrala för bruket och dess produkter och så koncentrerar vi oss på dessa.

Fiberpopulationerna kan även användas för att simulera fibernätverk som i figur 3.

Tabell 1. Simulerade basegenskaper för veden och dess fibrer samt exempel på beräknade mera massa- och pappersrelaterade egenskaper

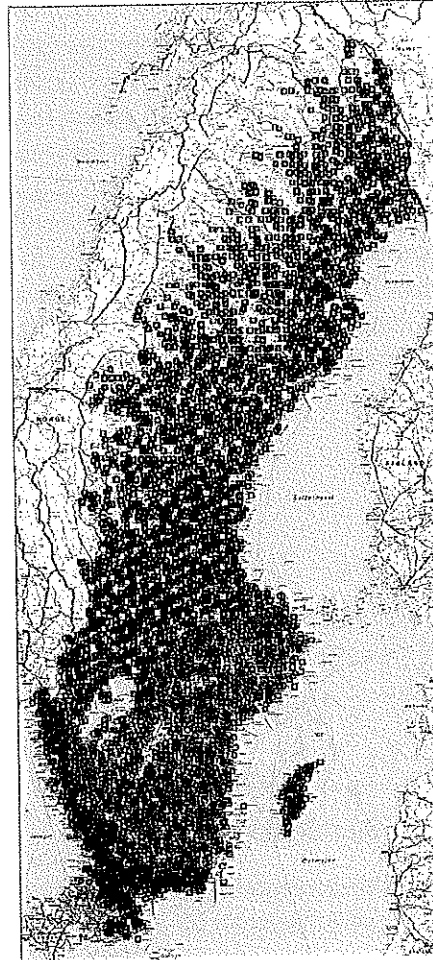
Basegenskaper	Exempel på beräknade egenskaper
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiberlängd</li> <li>• Fiberbredd</li> <li>• Fiberväggjocklek</li> <li>• Veddensitet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibercoarseness</li> <li>• Antal fibrer per gram</li> <li>• Antal fibrer per m<sup>3</sup></li> <li>• "Crowding number"</li> <li>• Kollapsbarhet</li> </ul>



## Regionala och nationella resursdatabaser

Vi har utvecklat resursdatabaser för vedfångstområden för fabriker och nu också en nationell databas som omfattar hela Sverige baserad på data från riksskogstaxeringen. I databasen finns ett stort antal uppgifter lagrade om skogen och träden samt volymer och egenskaper hos stockar, flis, ved och fibrer som kan framställas från dem. Den inkluderar bland annat vedvolymer och egenskapsdata för provytorna som täcker hela Sverige, se *figur 7*. Totalt ingår cirka 23 000 provytor, 380 000 träd och cirka 1 500 000 stockar samt sågverksflis från de grövre stockarna, alla med simulerade ved- och fiberegenskaper samt volymer.

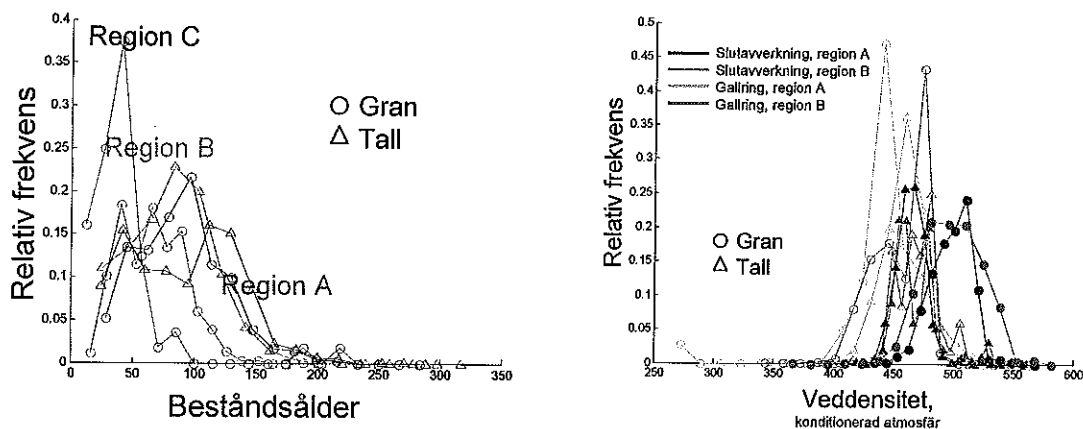
Nyttan av att ha en sådan databas blev tydlig för oss efter stormen Gudrun. Vi fick frågor från olika bruk om hur stormfälld "Gudrunved" skulle skilja sig från brukets vanliga ved och hur detta kunde förväntas påverka produkterna. Vi var tvungna att svara att det kan vi undersöka men först måste vi ha data och sedan räkna. Men det fanns det inte tid för. Då bestämde vi oss för att ha dessa uppgifter "försimulerade" för olika ändamål.



*Figur 7. Fördelning av provytor.*

## Exempel på resursdata

Figur 8 visar exempel på data som kan tas fram ur databasen. En fabrik ville jämföra egenskaper hos olika råvaror som levererades till fabriken för att utforma bättre sätt att styra ved till olika produkter och reducera variationerna i den flis som användes för olika produkter. Veden levererades från tre områden och omfattade både gran och tall. Fabriken angav vilka egenskaper som skulle prioriteras. Vi utformade ett antal sökkriterier och fick fram data om de specificerade egenskaperna och om alla bestånd, träd, stockar och flis för de efterfrågade råvarorna, uppdelade på "vedklasser" enligt de specificerade kriterierna. De omfattade massaved respektive sågverksflis från gallring respektive slutavverkning av gran respektive tall från de tre områdena. Från dessa data beräknades medelvärden och statistiska fördelningar.

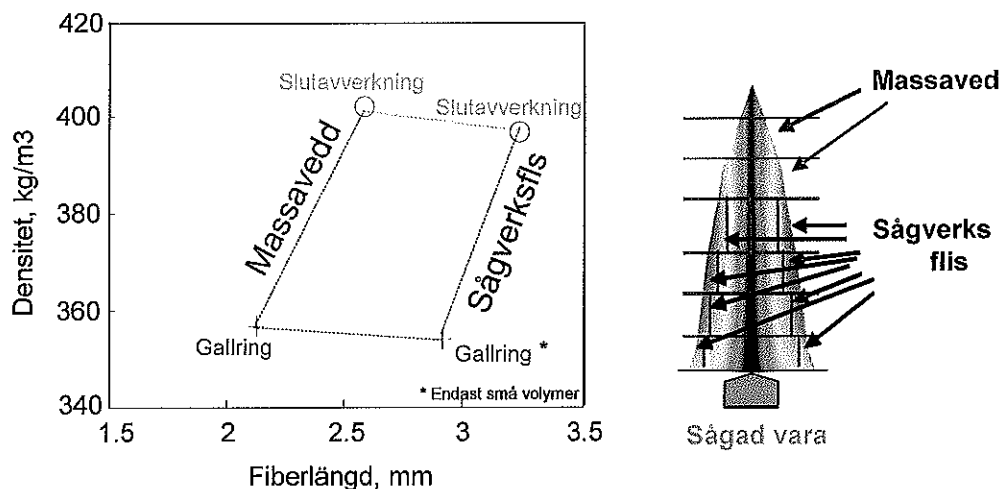


Figur 8. Åldersfördelningar hos bestånd (till vänster) och densitet hos massaved (till höger) som valts ut ur resursdatabasen för att de kan vara av särskilt intresse för en fabrik.

Till vänster i figuren visas de statistiska fördelningarna för gran- och tallbestånd i de olika regionerna. Region A ligger längst i norr och region C längst i söder. I norr är skogen äldst, eftersom träden växer långsammast där och man oftast inte avverkar förrän stammarna nått sågbara dimensioner. Där finns det gott om bestånd i åldern 100 till 150 år. Tallskogen är statistiskt sett något äldre än granskogen. Från region C levereras endast granved. Där är bestånden som synes mycket yngre. I databasen ingår också uppgifter om vilka bestånd som är och inte är färdiga för avverkning i form av gallring respektive slutavverkning (huggningsklasser).

Till höger i figuren visas som exempel data för en vedegenskap: de statistiska fördelningarna för veddensiteten hos vedklasserna av massaved från regionerna A och B. Figuren visar som väntat att massaveden från gallringar har lägre densitet än den från slutavverkningar. (Densiteten är bestämd på lufttorra prover, vilket ger högre värden än torr-rådensiteten.) Fördelningarna är normerade så att arean under varje kurva motsvarar den tillgängliga volymen av respektive vedklass. Detta är naturligtvis också viktigt att veta när man utformar strategier för vedförsörjningen, så att man efterfrågar ved som finns tillgänglig i tillräcklig mängd.

Utifrån sådana fördelningar kan man uppskatta medelvärden för olika slags vedråvara som kan levereras till fabriken. I *figur 9* visas som exempel uppskattade medelvärden för fiberlängd och veddensitet för granråvara av olika vedklasser från en region: massaved och sågverksflis från gallringar och slutavverkningar i regionen. Även med denna grova klassindelning är det stora skillnader i egenskaper. (Vedklassen sågverksflis från gallring ger små volymer och hanteras normalt inte separat.)



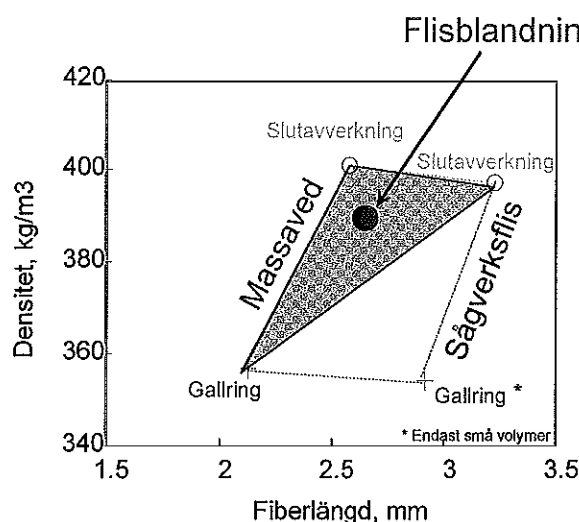
*Figur 9. Exempel på uppskattade medelvärden för fiberlängd och veddensitet för vedklasser från gran för en utvald region.*

### Exempel på tillämpningar

Databaserna kan ge ökade kunskaper om hur ved och fibrer med olika ursprung påverkar processen och produkten. De kan användas för både strategiska analyser, planering och styrning. I skogen kan man med hjälp av sådana databaser lägga större vikt på egenskaperna vid planering och avverkning. Vid fabriken kan de användas för bättre information om fiberegenskaper hos den levererade veden, styrning av ved på vedgården och av flisblandningen till processen, detta för att försörja processen med flis och fibrer med jämnare och lämpligare egenskaper för olika produkter. Informationen om egenskaper hos den inkommande veden samt om ved och flis på vedgården och till processen kan också användas för produktionsplanering och processtyrning. Vi skall nu ge några exempel på några möjliga tillämpningar.

*Exempel 1:*

I detta fall vill man vid ett bruk med tillverkning av papper från mekanisk massa få information om egenskaper hos blandningar av massaved och sågverksflis av gran, se *figur 10*. Vi utgår från de skattade medelvärdena för de tre huvudklasserna av granved enligt *figur 9*: massaved från gallring, massaved från slutavverkning och sågverksflis från slutavverkning. Flisen till processen utgörs av en mix av dessa tre komponenterna. Medelvärdet skattas som ett viktat medelvärde. Med hälften sågverksflis och ca 70 % av massaveden från slutavverkningar skulle flisen till processen ha medelvärdet för veddensitet och fiberlängd enligt den röda punkten.

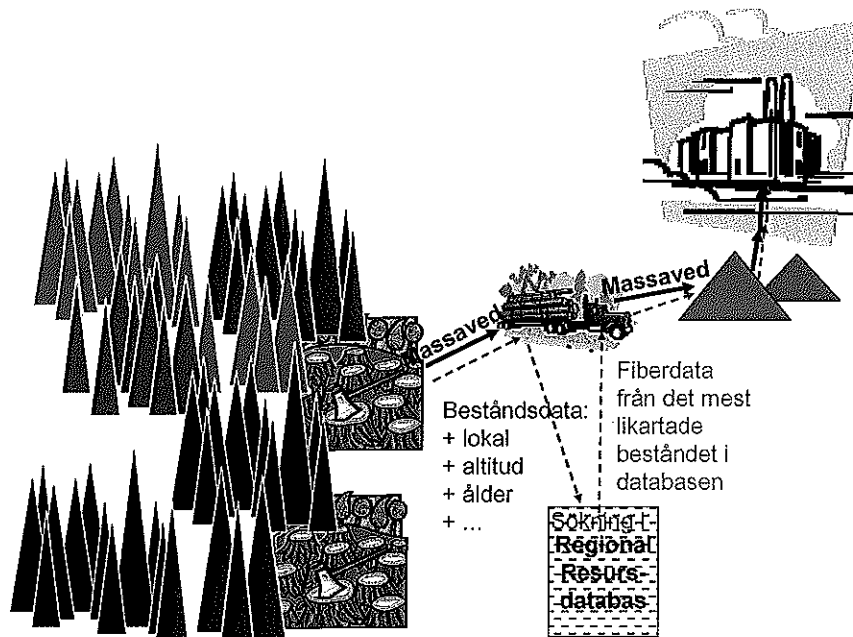


Veddensitet i konditionerad atmosfär; högre än torr-rådensitet.

*Figur 10. Skattning av egenskaper hos flisen till processen, baserad på medelvärdet för vedklasser enligt *figur 9* samt volymsviktning.*

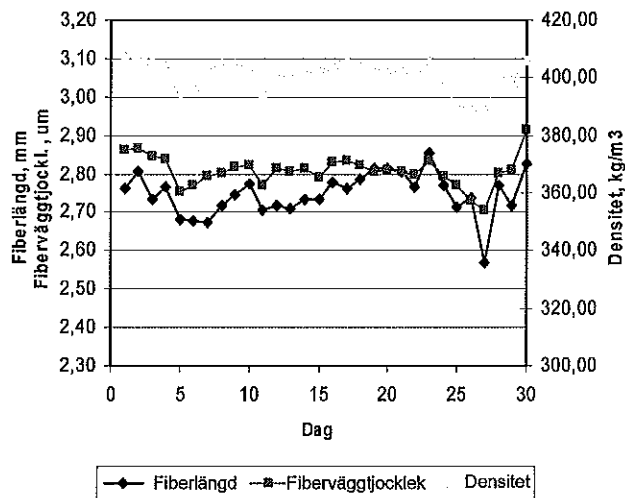
#### *Exempel 2:*

Ett sätt att använda resursdatabasen för att få information om ved- och fiberegenskaper hos levererad massaved har testats konceptuellt. I princip skulle det vara möjligt att utnyttja de modeller som utvecklats för att uppskatta egenskaper hos den avverkade veden redan i skogen. Informationen kunde sedan föras vidare till fabriken kopplat till den levererade veden. Det verkar dock vara svårt för denna metod att få fotfäste. Ett alternativ kan då vara att koppla enklare information om det avverkade beståndet till leveransen, som avverkningsplats (latitud, longitud, altitud), beståndets ålder och vedslagsmix och ståndortsindex. I försöket användes resursdatabasen som en uppslagsbok. Data om vedens ursprung användes för att i databasen leta upp det mest likartade simulerade beståndet nära avverkningsplatsen. Leveransen tilldelades sedan samma egenskaper som om det var detta likartade bestånd som gallrats eller slutavverkats, se *figur 11*.



*Figur 11. Skattning av egenskaper hos levererad ved, baserat på uppgifter om det avverkade beståndet och med resursdatabasen som "uppslagsbok".*

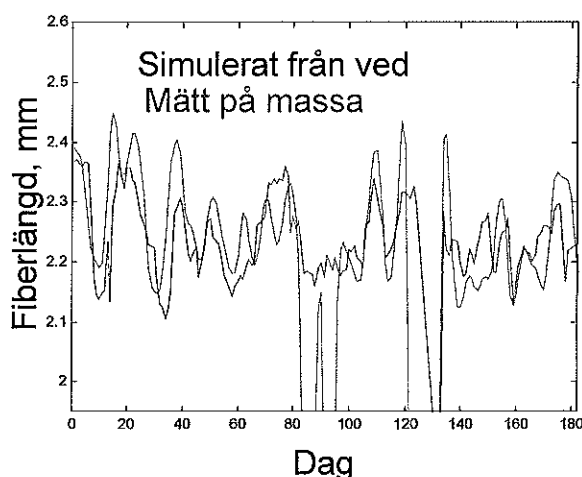
Konceptet har testats för ett delflöde av massaveden levererad på bil till en fabrik under 30 dygn. Det visade sig nästan alltid vara lätt att hitta likartade bestånd nära avverkningsplatsen. Fiberlängd, fibervägg tjocklek och veddensitet uppskattades för den studerade delen av leveranserna under 30 dagar. Resultatet visas i *figur 12*. Om detta kan göras med tillräckligt bra skattning för hela flödet så kunde data användas för planering och styrning på vedgården och i processen. Vi har inte kunna validera resultatet, men vi har kunnat jämföra med labanalyser av fiberlängd och veddensitet från de 30 dagarna och resultatet antyder att det kan fungera tillräckligt bra



*Figur 12. Simulering av variationerna i fiberlängd, fibervägg tjocklek och veddensitet för ett delflöde av massaveden levererad till ett massabruk under 30 dagar.*

### Exempel 3

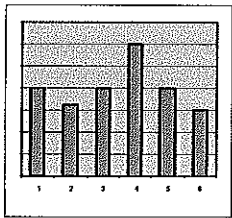
Exempel 3 påminner om det förra. Det aktuella bruket använder gran- och tallved från tre regioner. Råvaran levereras till bruket både som rundved och sågverksflis. Bruket har också ett informationssystem som bland annat registrerar hur mycket råvara av varje typ som levereras och hur flis av olika slag blandas innan den går till processen. Utvalda viktiga egenskaper hos flisen till processen har uppskattats under 6 månader. Först beräknades medelvärden för de utvalda ved- och fiberegenskaperna hos varje typ av råvara baserat på data i resursdatabasen för Sverige. Sedan används de registrerade ved- och flisflödena av varje vedklass för att beräkna viktade medelvärden för flismixen till processen. De beräknade egenskaperna jämfördes med mätningar i bruket. Detta visas för fiberlängd i *figur 13*. Den från veden skattade fiberlängden och den som mätts med on-linemätare på massan i bruket följer varandra tämligen väl under de 6 månaderna. Denna information skulle kunna användas för styrning och planering av vedutnyttjande, vedhantering och processer. (De stora avvikelserna hänger samman med produktionsstopp. De simulerade värdena för fiberlängd i ved har inför jämförelsen korrigerats för fiberförkortning i huggen, mm.)



*Figur 13. Jämförelse mellan mätt och simulerad fiberlängd under 6 månader.*

### Exempel 4:

Vi utvecklar nu ett verktyg för att uppskatta ved- och fiberegenskaper hos blandningar av olika typer av ved och flis (vedklasser) samt hur blandningen förväntas påverka massan och papperet. Denna "Chip Mix Calculator" illustreras i *figur 14*. Verktöget har en generell utformning men anpassas till det aktuella bruket, dess vedleveranser, processer och produkter. Nu använda och framtida tänkbara vedklasser definieras, liksom de för fabriken viktigaste egenskaperna hos fibrer, massa och papper. Resursdatabasen används för att uppskatta varje vedklass egenskaper: fiberdimensioner, mm. Andelarna av varje vedklass anges och verktöget beräknar ett medelvärde för blandningen.

Source	Percentage	Properties
A	X %	
B	Y %	
C	Z %	

*Figur 14. Illustration av verktyget Chip Mix Calculator för uppskattning av fiberegenskaper i flisblandningar och effekten av blandningen på massa och papper.*

Just nu uppskattas bara fiberegenskaper, men modeller för massaegenskaper är under utveckling. Avsikten är att verktyget på sikt ska nyttjas i bruket både off-line för analyser av olika slag och on-line för styrning och planering.

#### *Exempel 5:*

Det sista exemplet visar hur databasen kan användas för att ta reda på om det finns ved med sådana fibrer som man vill ha, hur mycket sådan ved det finns och om det verkar vara möjligt att skaffa fram den till rimlig kostnad. Det är nu svårt att få tag på björkmassaved, åtminstone till rimlig kostnad. Ett alternativ skulle kanske kunna vara att använda de minsta fibrerna från vanlig svensk barrved.

Med den nationella databasen kunde vi snabbt göra följande analys: Först sökte vi i databasen efter de minsta barrvedsfibrerna. Det visade sig att det finns barrved med små fibrer, men inte lika små som i björk. I nästa steg såg vi på hur stora vedvolymerna som finns att tillgå vid olika storlekskriterier samt var de finns att hämta. Det visade sig att de mest björkliska fibrerna bara finns i toppstockar (ej oväntat) och om man vill begränsa sig till verkligt små fibrer så är volymerna små och svåra att samla ihop rationellt. Slutsatsen blev därför att det knappast är möjligt att ersätta björkmassan med en barrvedsbaserad massa. Men om björkmassan idag används i blandning med barrmassa så skulle det kanske vara möjligt att ersätta den med en högre andel av småfibrermassa från barrved. Att besvara den frågan fullt ut kräver dock mera omfattande studier.

### **Vedråvara från andra länder**

Vi arbetar i en bransch som numera är väldigt internationell. Därför studerar vi även egenskaper hos ved, fibrer och massa från viktiga utländska vedslag. Vi bygger systematiskt upp databaser för jämförelser och modellutveckling. Hittills har vi arbetat med vår egen gran (*Picea abies*) och tall (*Pinus sylvestris*) samt sitka gran (*Picea sitchensis*), Black spruce (*Picea mariana*) från Kanada, Loblolly pine (*Pinus taeda*) från USA och Brasilien, olika typer av eukalyptus samt något på asp (*Populus tremula*) och björk (*Betula*). Vi utvecklar nu en resursdatabas för delar av ett annat land och modeller är under uttestning för simulering även av taedatall (Brasilien).

## **Mera mot massa och papper samt utveckling av tillämpningar**

STFI-Packforsk kommer att arbeta vidare med detta sätt att integrera mätteknik, databaser, modeller och simuleringar. Vi tycker att vi nu har fått fram bra verktyg för att ur ett massa- och pappersperspektiv beskriva de fibrer som är tillgängliga. Ambitionen är nu att utnyttja och vidareutveckla dessa metoder, data och modeller men att förskjuta tyngdpunkten mera mot inverkan på massan och papperet samt mot utveckling av tillämpningar.