

# FAKTA *Skog*

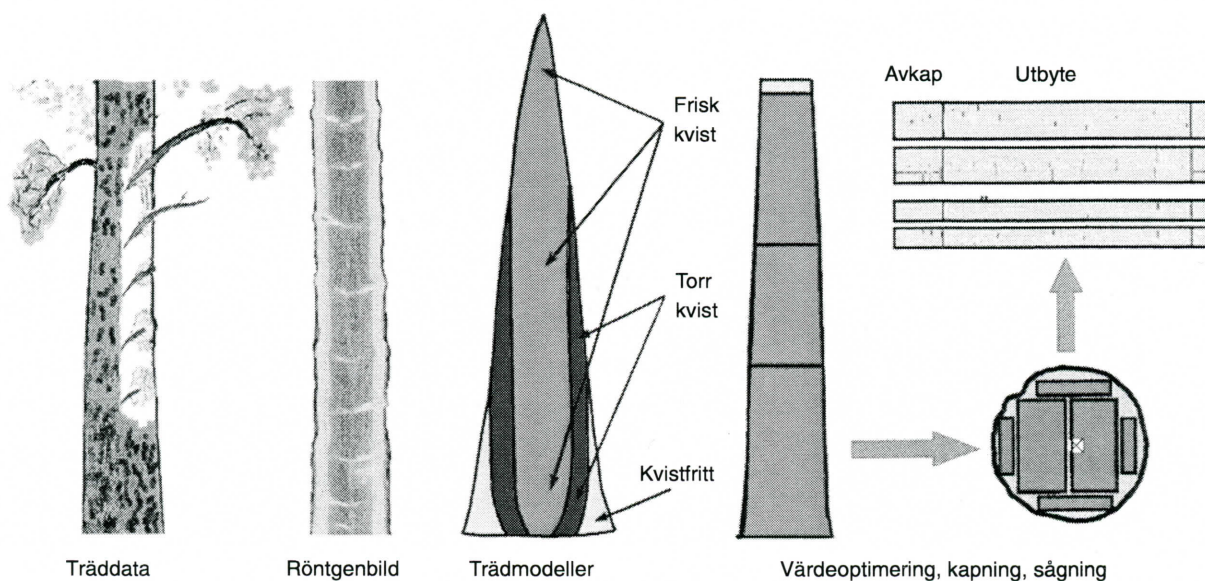
Sammanfattar aktuell forskning vid SLU • Nr 8 1999

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 avverkningsstrakten, så att varje produkt tillverkas av lämpligaste råvara. Resultatet blir mer enhetliga produkter och högre värdeutbyte för alla aktörer i produktionskedjan.



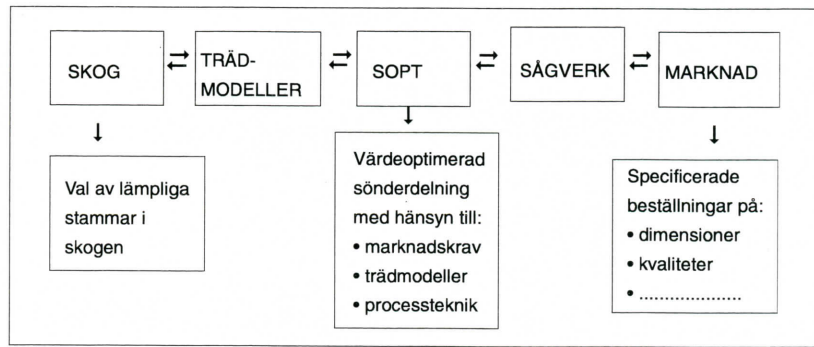
*Från skog till marknad – värdeoptimering av varje stam med hjälp av trädmodeller.*



Dagens skogsbruk kan karakteriseras som produktionsoptimerande och kostnadsminimerande. Men en fråga som ofta ställs är: "Skulle inte samma virkesmängd kunna generera ännu större inkomst?". Inom forskargruppen "Tråkvalitet och virkesutnyttjande" vid institutionen för skogshushållning har 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 systembeskrivning. 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 programvara för värdeoptimerad sönderdelning (figur 5). Dessa verktyg kan sedan användas i olika skogliga planeringssammanhang och ska ses som medel för att förbättra kommunikationen mellan skogen och industrin. Sett från marknaden vill vi, baserat på detaljerade produktbeskrivningar, söka efter lämpligaste råvara. Sett från skogen skulle vi, om alla produktkrav vore kända, kunna göra mesta möjliga vinst från de bestånd som ska avverkas. Kanske kommer 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 förädlade industrin borde vinstpotentialen vara uppenbar. Ingen tjänar på spill eller dåliga produkter.

### Stambankar underlag för trädmodeller

Som underlag för utveckling av trädmodeller används s.k. stambankar. Under 1993–1996 skapades "Tallstambanken", en nationell databas där egenskaper för 198 noggrant utvalda tallstammar från SLU:s skogliga försöksytordokumenterats. Genom bildanalys av tomografibilder (figur 2) beskrevs samtliga kvistar inuti stammarnas timmerdel, stammarnas geometri, märengens position samt gränsen mellan 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 stående skog utgörs ofta av en subjektiv bedömning längs en "kvalitetsskala" där bra utgörs av en kvistfristam med slät bark. Trädmodeller, däremot, beskriver enskilda stammars virkesegenskaper baserat på matematiska funktioner där ståndorts-, bestånds-, och trädvariabler 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 praktisk 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 marknadsstyrd avverkningsplanering.

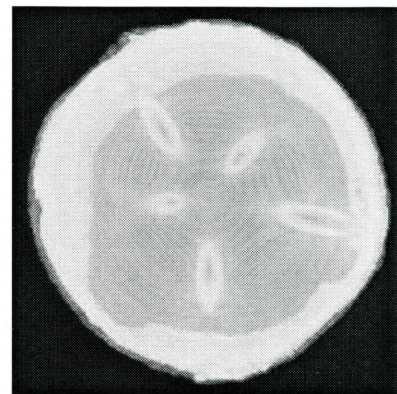
Valet av information, i form av virkesegenskaper, som modellerna ska förmedla, måste baseras på marknadens krav på olika slutprodukter. Inom speciellt möbel- och snickerisektorn är kvistarnas antal, storlek samt fördelning på torra och friska av central betydelse, främst av estetiska skäl. Kvistigheten påverkar också virkets hållfasthet och är därför betydelsefull även för konstruktionsvirke. Andra viktiga egenskaper är årsringsstruktur (så att t.ex. märengnära 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 virkesegenskap och kvalitet bör därför hållas isär.

### Stamform och kviststruktur

Första steget i att bygga upp en trädmodell är att beskriva stamformen,

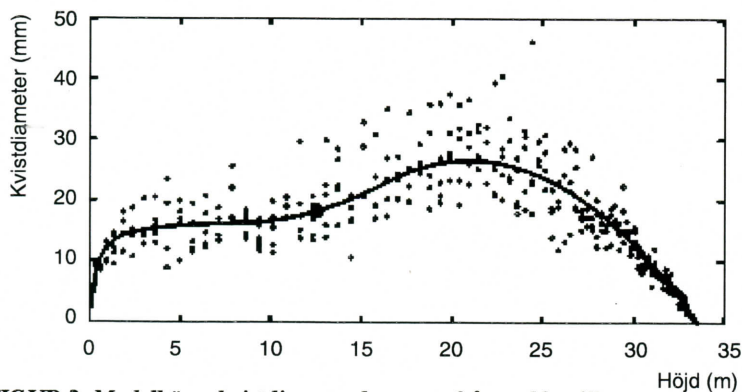
dvs. skalet för de virkesegenskaper som sedan skapas. Här har vi valt de beprövade avsmalningsfunktionerna av Edgren-Nylinder (1948). Ingångsvariabler är trädslag, del av Sverige, brösthöjdsdiameter, trädhöjd och ett skattat formtal.

Kviststrukturen skapas med en serie funktioner och samband. Från höjduvecklingsfunktioner erhålls varje kvistvarvs höjd i stammen. En funktion av ståndortsindex och avstånd till nästa kvistvarv ger antalet kvistar i kvistvarvet. Sedan följer det mest centrala i kvistgenereringen, kvistarnas diameter. Här används en tredelad funktion där olika delar av stammen förklaras av olika variabler. Kvistdiametern inom kronan kan då kopplas till kronans utseende medan kvistdiametern i stammens nedre del korreleras till t.ex. årsringsutvecklingen. Med utgångspunkt från data i stambankarna ges kvistarnas diameter en lämplig variation kring medelvärdet (se figur 3). Nästa steg blir att beräkna friskkvistlängden vilken för gran bygger på kvistdiametern. I de avslutande stegen bestäms torrkvistlängd samt kvistarnas radiella och longitudinella vinklar. Resultatet blir



FIGUR 2. Bildanalys av tomografibilder 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 märg.

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.

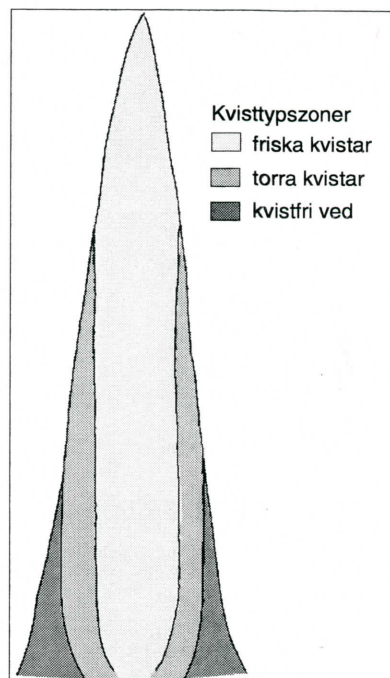
### SönderdelningsOPTimering

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, delningssåg och kantverk. Stockarna kan roteras, parallellförskjutas, kroksågas osv. Programmet är i första hand konstruerat för att värdeoptimera sågningen utifrån givna sortiments- och prislistor, 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 avverka ska kopplas till efterfrågan på vissa produkter (se faktaruta).



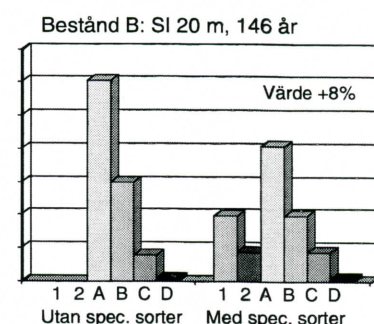
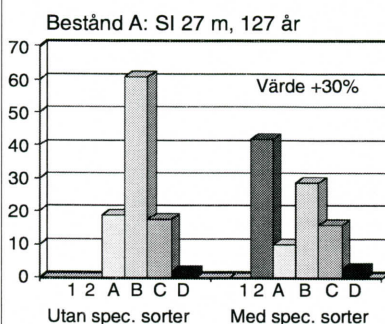
FIGUR 4. Stam med kvisttyps-zoner: Många virkesegenskaper kan zonindelas. Det gäller t.ex. kärna-splint, ungdomsved-mogen ved och kvisttyp (bilden).

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

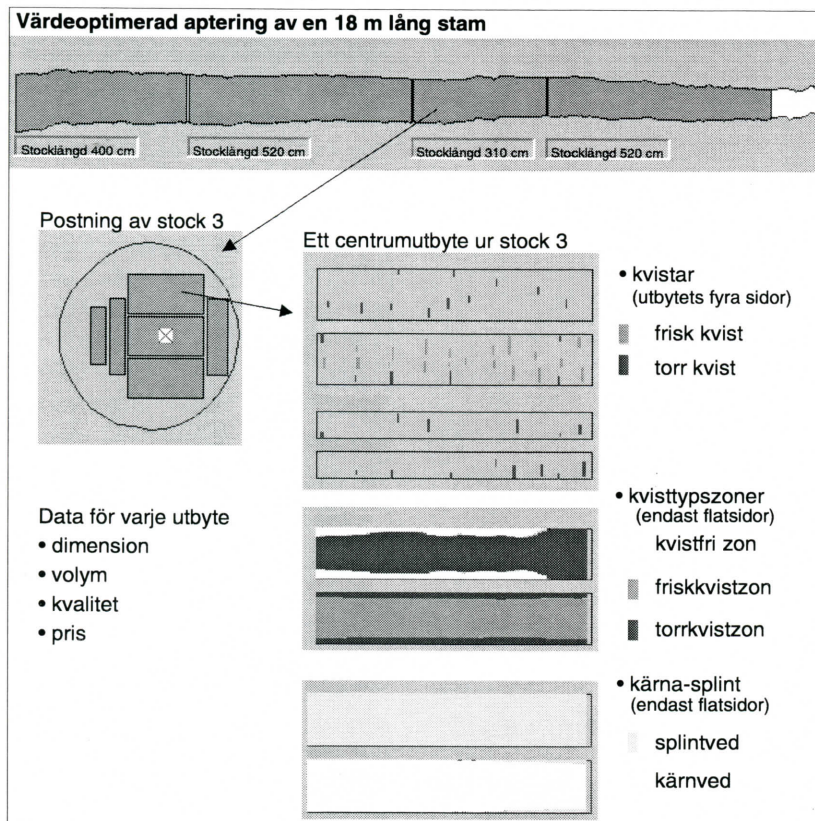
### Bestandsval vid kundorderstyrd produktion – ett SOPT-exempel

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>. Fjorton 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

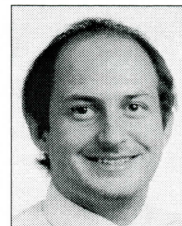
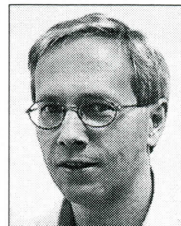
Sammanfattningsvis har vi följande visioner kring ett framtida system för värdeoptimerat virkesutnyttjande:

- 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 averkningen.

- Andelen kundanpassade sortiment (specialsortiment) ökar kontinuerligt allteftersom det nya arbets-sättet 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 Norways 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 "Träkvalitet och virkesutnyttjande" verkar också: Jägm Klas Bengtsson, SkogL Daniel Forsberg, SkogD Håkan Lindström, Prof Göran Lönner, och Jägm Lotta Woxblom.

Ansvarig utgivare:

Redaktör:

Internet:

Prenumeration, distribution och lösnummerförsäljning

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 Publikationsstjänst, 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 lösnummerförsäljning)  
SLU Reproenheten, Uppsala  
ISSN 1400-7789 © SLU 1999

