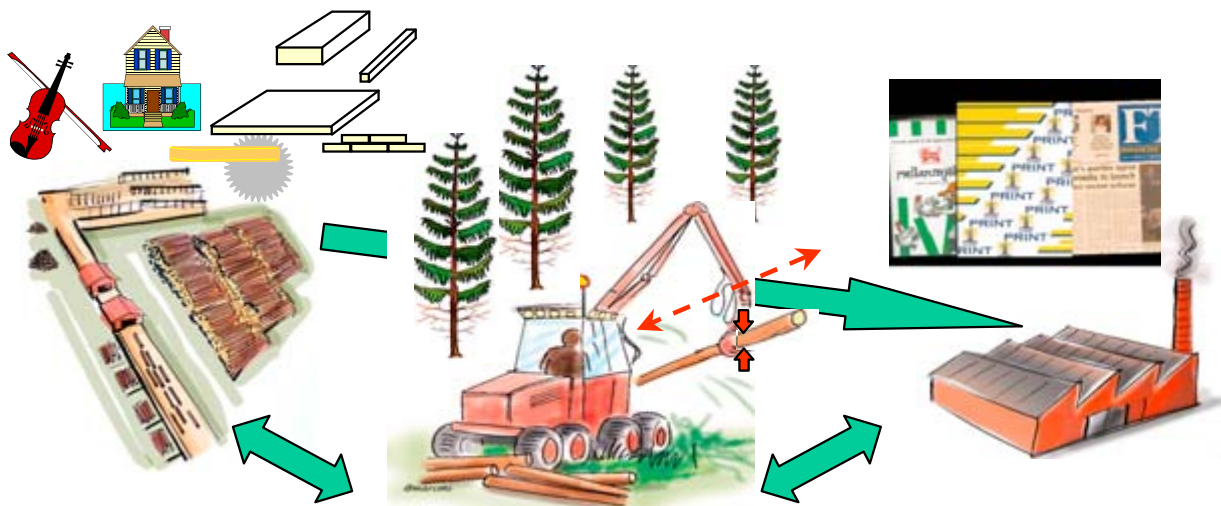
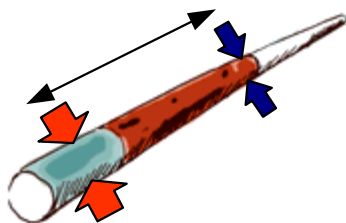


## Skördaren – nyckeln till att beskriva och utnyttja råvarans varierande egenskaper effektivt

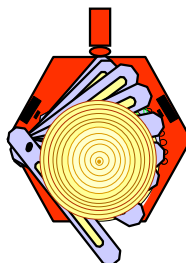
*Lars Wilhelmsson*



Mätning av yttre form



Tvärsnittsanalys av kapsnitt



Genomlysningsteknik



**Omslag:** Teckningar Anna Marconi, Lars Wilhelmsson och MsClipArt.  
Foto rötdetekterad stock Lars-Göran Sundblad, samt pappersprodukter  
Carl-Henrik Palmér.

**Ämnesord:** Skördare, mätteknik, dimensionsmätning, yttre form, tvärsnittsanalys,  
genomlysning, ved- och fiberegenskaper, skador, röta, planering virkesflöde.

---

#### **SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut**

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

---

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

**SkogForsk-Nytt.** Nyheter, sammanfattningar, översikter.

**Resultat.** Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

**Redogörelse.** Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

**Report.** Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

**Handledningar.** Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

---

# Innehåll

Kunskap om råvaran för att utveckla skogsnäringen.....	3
Värdering av att beskriva och utnyttja råvarans egenskaper .....	3
Var skall stammarna sönderdelas .....	4
Systemanalyser behövs .....	4
Avverkningsmaskinernas förutsättningar .....	5
Mätning eller beräkning av olika egenskaper.....	5
Information för planering .....	6
Mätteknisk utveckling – både teknik och ekonomi.....	7
Dimensionsmätning och yttre form .....	8
Analys av kapsnitt.....	9
Genomlysningsteknik .....	10
Kombination av olika informationskällor.....	10
Erkännande .....	11
Litteratur.....	11



## Kunskap om råvaran för att utveckla skogsnäringen

Alla talar om vikten av att vi utvecklar skogsnäringen för att möta en hårdnande internationell konkurrens med konkurrerande produkter där trä och träfiber fått ge vika för andra material som stål, aluminium och plast. Människors attityder till skogsråvarubaserade produkter och ändrade konsumtionsmönster utgör andra osäkerhetsfaktorer. Det är viktigt att följa utvecklingen, men ännu bättre att leda den. Innovativt tänkande tillsammans med nya hjälpmedel som kombinerar kunskap med operationell effektivitet, kan driva på vår strävan mot nya produkter, bättre marknadsföring, ökad miljöhänsyn och resurssnålare produktion. Bättre och tidigarelagd information om virkesflödets egenskaper är en viktig länk för att smida denna starkare kedja. Den innehåller utvecklade styrsystem där kundkrav och en övergripande beskrivning av den tillgängliga skogens egenskaper kombineras till optimala sortiment. Detta leder till att skogsbruket kan erbjuda skogsindustrin bättre definierad och mer ändamålsanpassad råvara. Systemen måste dock göras kostnadseffektiva och därmed ge förutsättningar för att öka lönsamheten i hela skogsbranschen.

## Värdering av att beskriva och utnyttja råvarans egenskaper

Vilka är då de samlade intäkterna av en bättre beskrivning av olika egenskaper hos virket? Frågan har naturligtvis inget enkelt svar, utan kräver en genomgång av hela kedjan från slutkund tillbaka till skogen (jfr. t.ex. Bengtsson & Lönner, 1995 och Bengtsson m.fl., 1998). Ändamålsenlig information, aptering och sortering av råvaran kan utnyttjas för effektivare tillverkningsprocesser. Virkets färskhet är viktig för processbarhet och ljushet vid massa- och papperstillverkning (Berg m.fl., 1995; Söderstam m.fl., 1998) och för att undvika skador som sprickbildning, blånad och röta på sågtimret. Dessutom tillkommer problem med ojämn torkning och forminstabilitet efter sågning om timret torkar okontrollerat. Skördare som beskriver egenskaperna hos det tillredda virket, bidrar till effektivare virkesflöden och minskade behov av lager med tillrett virke. Långsiktiga möjligheter att utnyttja informationen till effektivare skogsskötsel bör också beaktas. Möjliga förändringar av virkesmätning (Möller, 1998), betalningsrutiner och affärsuppgörelser är ett annat viktigt område. Slutligen kan bättre information om virket leda till nya och modifierade produkter, till ökad användning av trä och träfiber, till produkter där man inte beaktat råvarans möjligheter tillräckligt, därför att man saknat goda materialspecifikationer. I tabell 1 ges exempel på kalkylerade värden av att redan vid avverkningstillfället beskriva och utnyttja olika egenskaper hos virket på ett ändamålsenligt sätt.

Tabell 1.

Exempel på kalkylerade värden av att redan vid avverkningstillfället beskriva och utnyttja olika egenskaper hos virket på ett ändamålsenligt sätt.

Egenskap/förutsättningar/ användning.	Jämförelsegrund	Värdeförändring	Referens
<b>Diametermätning/</b> Produktion av sågfallande längder med högre täckningsbidrag för vissa diameterklasser.	Apteringsvinster vid minskad standardavvikelse för diametermåttet.	2 kr per millimeter och m <sup>3</sup> .	Wilhelmsson & Arlinger (1997).
<b>Diametermätning/</b> Leverans av sågtimmer efter inmätning med 3D-mättram vid sågverk och betalning enligt gällande prislistor. Gran och tall.	Apteringsförluster p.g.a. mätfel i skördaren värderat efter 3 olika prislistor.	1,2 – 6,0 kr/m <sup>3</sup> .	Möller (2000a).
<b>Diameter och längdmätning/</b> Simulerad produktion trävaror med fixerade längder och dimensionskrav. Olika vankantstolerans för klasserna A– C (klassificeringsregler enligt "Nordiskt Trä"). Skördarens mätfel 6 mm std.avv. för diametermätning och 3,3 cm för längdmätning.	Nedklassning av sågutbyten p.g.a. oplanerad vankant och otillräcklig längdjustermån.	19 %–37 % (beroende av kvalitetsklass) av stockarna ger minst ett vrakat centrumutbyte, av tot. 2–4/ stock. Genomsnittlig nedklassning av centrumutbyten. 9–18 %.	Chiorescu & Grönlund (2000).
<b>Rötdetektion/</b> optimal aptering till timmer genom kännedom om rötans utbredning i trädet jämfört med "blind" kapning till 2,5 m bitlängd/Gransåg-timmer.	Rötfri ved nedklassad 200 kr/m <sup>3</sup> .	9 kr/m <sup>3</sup> för totalt 3,75 milj. m <sup>3</sup> per år = 34 milj. kr/år.	Sundblad (1995).
<b>Tillräcklig drag och rivstyrka/</b> Lägre materialåtgång genom ändamålsanpassade vedsortiment /Teoretisk kartongproduktion.	Sorterad jämfört med osorterad ved. Sorteringskostnaderna inräknade.	6 % lägre tillverkningskostnad för kartongen, eller 220 000 kr/dag för ett normalstort bruk.	Arlinger & Wilhelmsson (1998).
<b>Färskhet/</b> Färsk (≤3 veckor) jämfört med sommarlagrad ved i intervallet 3–9 veckor från avverkning/-Sulfatmassa.	Lagringsförlust.	Upp till 0,9 kr/ m <sup>3</sup> och dag (under de varmaste dagarna vår och sommar).	Kalkyl baserad på uppgifter från Söderstam m.fl. (1998); Arvidsson & Holmgren (1999). Innefattar ej ev. tillkommande kvalitetsstörningar hos slutprodukten.

## Var skall stammarna sönderdelas

Med det svenska skogsbrukets förutsättningar ger kortvirkessystem lägre kostnader än helstamsmetoder, dessutom är vägnätet inte anpassat för helstamtransporter. Detta talar för att apteringen skall göras i skogen. Om skördarna klarar apteringen enligt köparnas önskemål och till en rimlig kostnad, ger kortvirkessystemet en bättre totalekonomi än helstamsmetoder.

## Systemanalyser behövs

Vi förutsätter alltså att kortvirkessystem helt kommer att dominera i de nordiska virkesflödena. Då kvarstår ändå en rad frågor för att man skall kunna göra en god ekonomisk bedömning, av att mäta eller beräkna egenskaper hos det avverkade virket redan i skogen. Här behövs systemanalyser. De bör jämföra möjliga intäkter och kostnader för information om virket i skogen med system där man mäter och beräknar motsvarande egenskaper först vid industrin. Nyttan av att beskriva och eventuellt anrika olika delvis korrelerade och samspelande egenskaper, bör också värderas sammantaget.

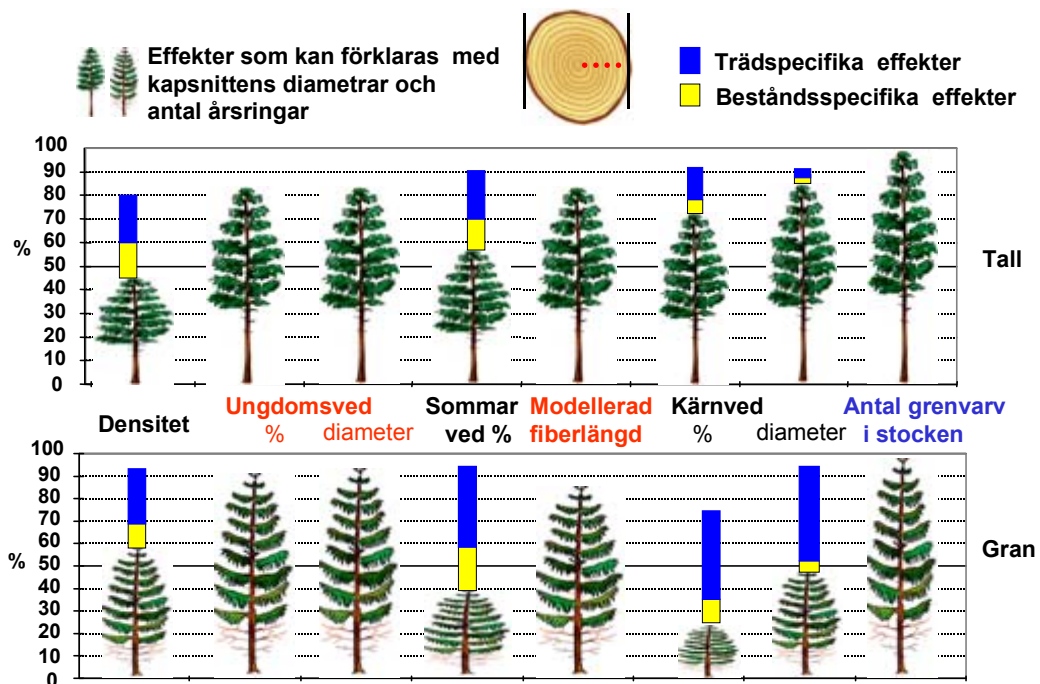
## Avverkningsmaskinernas förutsättningar

Vid tillredning med normalt skördaraggregat hanteras varje stam individuellt. Under fällning och kvistning finns därmed goda förutsättningar att mäta egenskaper hos stammen utan att prestationen behöver sänkas. Över 90 % av allt svenskt virke, avverkas i dag med skördare. En modern skördare avverkar i medeltal 40 000–50 000 m<sup>3</sup> per år. Topprestationer når nära 100 000 m<sup>3</sup>. Det är lika mycket som förbrukningen av timmer vid ett medelstort sågverk (Nylinder, m.fl., 1996).

För att sänka kostnaderna vid avverkning av klena träd utvecklar maskintillverkarna aggregat som tillreder flera träd samtidigt. Då blir det svårare att mäta stamdiametrar med hög noggrannhet. Det finns dock lovande idéer till volymmätning och beräkning av egenskaper för partier av stockar (lass, trave etc.). Eftersom de klenaste träden i första hand beräknas ge massaved eller skogsbränsle, kan mätning och egenskapsberäkning på partinivå i de allra flesta fall ändå fylla industrins behov.

## Mätning eller beräkning av olika egenskaper

Diameter och antal årsringar samt övergripande uppgifter om växtplatsens geografiska belägenhet, kan användas för att beräkna en rad andra egenskaper hos stockar (Wilhelmsson m.fl., 1998; Wilhelmsson m.fl., 1999, Uusitalo, 1999), (se fig. 1). Friskkvistcylindern under grönkronan kan beskrivas med motsvarande ingångsdata (Öyen & Höibö, 1999) och med information om trädhöjd, stockhöjd från stubbe och ståndortsindex kan en rad genomsnittliga kvistegenskaper och variationsmått beräknas (Moberg, 1999). Egenskaper som påverkas av detaljer i konkurrensen mellan träd, eller träd som uppvisar stor genetisk variation, predikteras med låg säkerhet för det enskilda trädet/stocken, men medelvärden och variation på partinivå kan beräknas. Skador och tillväxstörningar som röta, toppbrott, dolda sprötkvistar och övervallade stamskador är svåra att förutse och utgör problem i synnerhet vid trävaruproduktion (Nylinder m.fl., 1994). För att sådana egenskaper skall kunna beskrivas i detalj och påverka apteringen måste de mätas på varje stock.



Figur 1.  
Andel "förklarad" variation för olika vedegenskaper. Resultat från analys av 54 granar och 54 tallar (29–59 år) i olika storleksklasser från frodvuxna och senvuxna 1:a gallringsbestånd i Mellansverige (Wilhelmsson m.fl., 1999). Trädhöjderna visar andelen av total uppmätt (svarttextade variabler), respektive beräknad (rödtextade variabler) variation som kan förklaras med kapsnittens diameter och antal årsringar. För mätta egenskaper anger gula staplar återstående variation mellan bestånd, medan blå staplar anger den kvarvarande variationen mellan enskilda träd inom bestånd.

## Information för planering

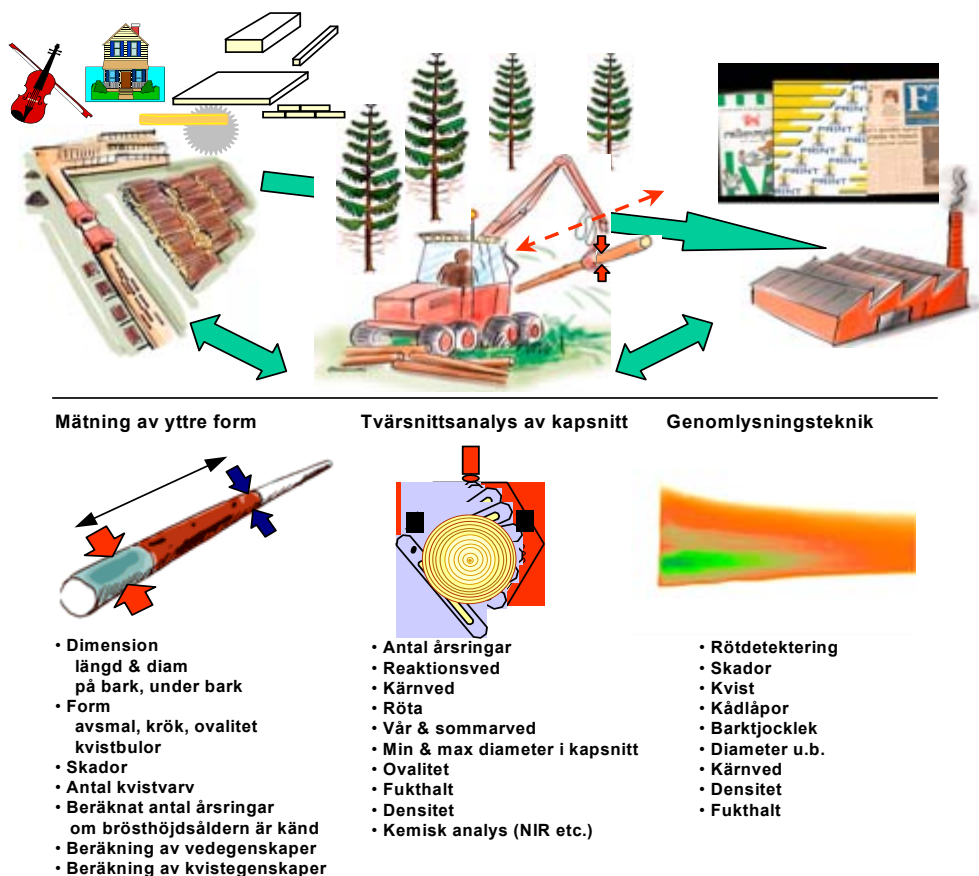
Förekomst av skador och röta varierar mycket mellan bestånd. Utan en noggrann uppföljning av beståndens tillväxtförutsättningar finns det inga enkla förklaringsmodeller som gör det möjligt att förutse problemen. Här behövs information från indelningsregister, uppföljningsdata från tidigare gallring, samt information om virkesegenskaper från närliggande och likartade bestånd. Särskilda inventeringar av aktuella avverkningsobjekt (Hansson, 1999), kan tillföra den information som behövs, för att valen av objekt skall bli väl anpassade till kundernas önskemål. Kombinerar man denna information med mätinformation i skördaren kan apteringsinstruktioner och beräkningar av stockarnas egenskaper förbättras. Med förhandsinformation kan man också tänka sig att skördare med genomlysningsteknik, dirigeras till objekt där värdet av att aptera och sortera efter information om stammarnas dolda inre egenskaper är särskilt högt.



# Mätteknisk utveckling – både teknik och ekonomi

Den mättekniska utvecklingen för skördarmätning kan indelas i tre principiellt olika mätområden, *yttre form*, *tvärsnitt* och *genomlysningsteknik* (fig. 2.). Information från olika typer av mätsystem kan sedan utnyttjas för att med hjälp av beräkningsmodeller, prediktera egenskaper som är svåra eller dyra att mäta direkt.

Elektronikkomponenter, sensorer, mätteknik och analysmetoder utvecklas i dag i sådan takt att det är tekniskt möjligt att göra skördaren till en avancerad mätstation. Den kan klara detaljerad mätning av stammens yttre form och tvärsnittsanalys av detaljerat årsringsmönster, uppdelat på vår- och sommarvedsandelar från tvärsnittsbilder. Även genomlysningstekniken har utvecklats så långt, att det antagligen finns tekniska förutsättningar att konstruera fungerande system till skördare. Men mättekniken skall vara ekonomiskt försvarbar, intäkterna av att förbättra mätinformationen måste vara högre än kostnaderna för mätsystemen. Här krävs ytterligare teknisk utveckling och systemtänkande för att ta fram ekonomiska system som beskriver råvaran på en nivå som kan utnyttjas genom hela produktionskedjan.



Figur 2.

Skördaren levererar virke till olika industrier, med olika krav på råvarans egenskaper. Observera att information om timmeregenskaper kan vara värdefull även för massa-/papperstillverkare som har behov av att beskriva egenskaper hos flödet av sågverksflis. Den nedre delen av figuren visar möjligheterna med olika mättekniker. Genom att kombinera olika informationskällor kan vi utveckla ekonomiska system med ändamålsenlig precision. Teckningar Anna Marconi, Lars Wilhelmsson och MsClipArt. Foto röttdetekterad stock Lars-Göran Sundblad, samt pappersprodukter Carl-Henrik Palmér.

## Dimensionsmätning och yttre form

Ett bra dimensionsmätningssystem skall klara att registrera löpande stockdiameter i minst två riktningar (helst 90° i förhållande till varandra), beskriva kvistbulor och andra ojämnheter samt antingen mäta konsekvent på eller under bark eller ange vilket av alternativen som gäller i mätpunkten.

I dagens skördare finns diameter- och längdmätningssystem där kvistknivarna normalt utnyttjas för diametermätningen och där ett mätjul registrerar matad längd. De berörande givarna är kopplade till potentiometrar vars signaler bearbetas och filtreras med analysprogram som beräknar mätställets diameter och matad längd från föregående kap. Väl underhållna och rätt kalibrerade diametermätningssystem i skördare ger ett mätvärde för medeldiameter i varje stocks toppände som ligger inom  $\pm 4$  mm på bark jämfört med referensvärdet (korsklavning) för i medeltal 60 % (mellan 47 och 84 % i olika undersökningar) av alla studerade stockar (Sondell, 1995; Löfgren & Wilhelmsson 1998). I två nyligen genomförda undersökningar (Möller, 2000a; Möller, 2000b) med kalibrerade mätvärden var standardavvikelsen för skördarnas toppdiametervärden jämfört med 3D-mätram 7,5 respektive 7,6 mm för tallstockar. Motsvarande siffror för granstockar var 7,0 respektive 5,7 mm. Andelen diametermätvärden inom  $\pm 4$  mm på bark jämfört med referensvärdet (3D-mätramen) var i de båda studierna 38 respektive 40 % för tallstockarna och 45 respektive 62 % för granstockarna. Båda undersökningarna genomfördes på vintern. Problemen blir större när kvistknivarna, ibland skär på, och under vegetationsperioden, ibland under bark. Ett annat problem är att knivarna ibland inte helt håller fast stocken. Detta kan leda till överskattade diametrar. Vid bristfällig funktion eller felaktigt handhavande av systemen kan felen i värsta fall vara upp till flera centimeter i medeltal och då ofta med systematiska avvikelser. Berörande mätorgan är förhållandevis billiga, men känsliga för störningar, felaktigt handhavande och underhåll. Noggrann kalibrering och kontroll av funktionen hos systemen är mycket viktig. Här behövs en skärpning av rutiner och organisation med inslag av både morötter och piskor. Längdmätningen med väl underhållna befintliga system gav enligt Sondell (1995) i genomsnitt 80 % (68 %–89 %) av längdmätta stockar inom felmarginalen  $\pm 2,5$  cm, vilket framför allt i kombination med diametermättningsfel och liten övermål kan ge upphov till en del nedklassningar vid produktion av längd/dimensionsfixerade träprodukter (Chiorescu & Grönlund, 2000). I procent av stocklängden är ett normalt längdmättningsfel dock endast 0,4 % – 0,7 % motsvarande samma volym, medan det genomsnittliga mätfelet för diameter kan motsvara mellan 2 och 9 % av volymen beroende på stockdimension. För ren volymmätning av partier är båda dessa mätfel dock acceptabla (Möller, 1998; Virkesmätningrådet, 1998) under förutsättning att felen inte är systematiska och att effekten av ett slumpmässigt diametermättningsfel ger en positiv bias för volymskattningen (vid 6 mm std.avv. ca 1 %–3 % beroende på medeldiametern för apterade stockar).

Det finns troligen vissa möjligheter att förbättra de konventionella diametermätningssystemen. Utformningen av kvistknivarna, en särskild givare för kontroll av stockens läge i förhållande till knivarna och en mer utvecklad signalbehandling är exempel på några detaljer. För att få fram diametermätningssystem med prestanda som helt fyller sågverkens behov kan det dock vara nöd-

vändigt med skifte till beröringsfri mätning, eller utveckling av särskilda berörande givare avsedda enbart för diametermätning. Utöver medeldiametern är sågverken betjänta av max-/mindiametrar, d.v.s. åtminstone två diametermått per mätställe.

SkogForsk och elektronikföretaget SVEP har med pengar från NUTEK och skogsbruket arbetat med att utveckla ett beröringsfritt diametermätningssystem som bygger på visionkameror, oscillerande diodbelysning och avancerad signalbehandling. Prototypen ger i dag bättre och säkrare information om stockens diameter (75 % inom  $\pm 4$  mm, Löfgren & Wilhelmsson, 1998) och yttre form än befintliga system. Även om systemets optik är förvånansvärt okänslig för störningar från spån och snö kan nedsmutsning av kamerainserna försämra mätnoggrannheten. En del förbättringar av systemet behövs innan det kan marknadsföras. De viktigaste är ökade kameravinklar, automatisk rengöring av kamerornas synfält samt utvecklad programvara för filtrering och tolkning av om systemet mäter på eller under bark. Vidare bör längdmätningfunktionen byggas in i systemet. Tillverkaren har kalkylerat priset för ett färdigt system till ca 150 000 kr per aggregat. För närvarande (oktober 2000) diskuterar SkogForsk även modifierade lösningar för bättre berörande dimensionsmätning med representanter för maskintillverkare.

## Analys av kapsnitt

När skördaren kapar stammen uppkommer ett färskt och rent tvärsnitt. Tvärsnittet innehåller årsringsinformation som är mycket värdefull för beräkning av trädets och den aktuella stockens tillväxtförhållanden. Antal årsringar i kapsnittet kan tillsammans med en översiktlig beskrivning av yttre form avsevärt förbättra möjligheterna att beräkna fiberdimensioner, kvistmängd, avstånd mellan grenvarv, samt genomsnittlig formstabilitet och elasticitetsmodul vid viss försågning av ett parti. Om tillväxtmönstret och årsringarnas vår- och sommarvedsandelar kan avläsas ökar precisionen i prediktionen av egenskaper hos den enskilda stocken ytterligare. Datorprogram för årsringsanalys av vedprover utvecklas bl.a. vid STFI (Lundqvist m.fl., 1998.) och en annan liknande utrustning säljs i dag kommersiellt av ett kanadensiskt mätteknikföretag (Regent Instruments). Problemet med befintliga lösningar är att de utvecklats för laboratorieanalyser av vedprover. För att en liknande analys skall kunna göras i skördaren krävs en avsevärt snabbare och helt automatisk bildanalys och en snabb och mycket robust scanningteknik för ändytan. Near Infrared Spectroscopi (NIR) är ett exempel på en annan teknik som eventuellt kan tillämpas för analys av ändytor. Kompletterad med annan mätinformation och multivariata analysmetoder kan NIR ge värdefull information om vedytans kemiska sammansättning och därmed också en bestämning av fukthalt, densitet, kärnvedsandel m.m. (Antti m.fl., 1996) NIR-mätningar är dock känsliga för svängningar i temperatur. Genom automatisk kompensation för temperatursvängningar, parallell mätning i många punkter och färre, men väl utvalda mätpektra, kan man troligen uppnå tillräcklig precision och så korta mättider att tekniken blir intressant för applikationer i skördare.

## Genomlysningsteknik

Detektion av skador, som röta, toppbrott och gamla stamsår är svår att klara om man inte kan titta in i stockarna. Samma sak gäller för kådlåpor, tjurved och detaljerad beskrivning av kvistar. Här kan genomlysningsteknik, baserad på röntgenstrålning i kombination med avancerad signalbehandling få stor betydelse. Luleå Tekniska Universitet, Trätec och Rema Control AB har redan utvecklat en höghastighets röntgenscanner (90 m/min.), för timmersortering (Grundberg & Grönlund, 1997; Oja m.fl., 1998). Utrustningen har installerats vid AssiDomän, Hasselfors sågverk. Hos SkogForsk i Sävar pågår ett projekt med röttdetektering i skördaraggregat (Sundblad, 1998). Här utnyttjas i princip samma analyssteknik som vid bagageröntgen på flygplatser. Utöver röta kan stammens yttre form under bark, rådensitet och information om kvistar eventuellt mätas. Den besvärliga miljön, de höga kraven på matningshastighet och svårigheter att klara genomlysning av grova stockar är några av utmaningarna på vägen mot tillämpningar för skördaraggregat. ”Knacka och lyssna”, mekaniska vågor, kan vara ett annat sätt att uppskatta förekomst av rötad ved, densitet, kvistvarv m.m. men hittills framkomna resultat (Axmon, 2000) visar att vid detektering av ett antal granstockar identifierades 48 % (känsligheten) av de rötade fallen med 90 % (specificiteten) säkerhet.

## Kombination av olika informationskällor

Genom att kombinera olika mätinformation med beståndsdata, som åldersstruktur, geografiskt läge, markförhållanden och skötselhistoria kan det tillredda virkets egenskaper beräknas med varierande precision. Framöver kommer automatisk datainsamling från gallringar ur samma bestånd eller närbelägna avverkningar med liknande förhållanden kunna kombineras med beräkningsmodeller för tillväxt hos enskilda träd. Det ger bättre underlag för att i planeringsstadiet skapa en ungefärlig bild av trädens egenskaper och lämplighet för olika användning. Införandet av olika mätteknik vid industri och i skogen bör följas åt så att relevanta egenskaper prioriteras och beskrivs på ett likartat sätt. Då kan man tala samma språk genom hela kedjan. För att FoU-arbetet skall kunna driva på utvecklingen är det ändå av stor vikt att goda idéer får utvecklas och testas för såväl skördar- som industrimätning. Detta ger de praktiska aktörerna i skogsbranschen möjligheter att löpande värdera, prioritera, vidareutveckla och införa de mest ändamålsenliga systemlösningarna.

### Varför beskriva ved- och fiberegenskaper redan i skogen?

- Bättre aptering och möjligheter till variabel sortimentsindelning för att producera bästa kombination av kundernas egenskaps- och volymkrav.
- Tidigare, säkrare och mer omfattande information om virkesflödets egenskaper.
- Mindre lagerbehov per sortiment vid industrin, bättre lagerkontroll i skogen.
- Bättre logistik, kortare hanteringstid – färskt och rätt virke till rätt industri.
- Underlag för nya betalningsformer.
- Effektivare affärsuppgörelser genom ökad kommunikation köpare-säljare.
- Förbättrat dataunderlag för skogsskötsel- och långsiktig flödesplanering. I dag utförs över 90 % av all avverkning i Sverige med skördare.
- En typisk skördare hanterar ca 40 000 – 50 000 m<sup>3</sup> per år. Topprestationer kan närma sig 100 000 m<sup>3</sup>. Timmeråtgången för ett medelstort sågverk är ca 100 000 m<sup>3</sup>.

## Erkännande

Ett tack till NUTEK som har bidragit till finansieringen av detta arbete.

## Litteratur

- Antti, H. Sjöström, M and Wallbäcks, L. 1996. Multivariate calibration models using NIR spectroscopy on pulp and paper industrial applications. J. Chemometrics, 10. pp. 591–603.
- Arlinger, J. D. & Wilhelmsson, L. 1998. Fiberkunskap för ökad lönsamhet. I: SkogForsk. Redogörelse Nr 5. Utvecklingskonferens, Uppsala. s 55–61.
- Arvidsson, P-Å & Holmgren, M. 1999. Vägstandardens inverkan på skogs-näringens transportarbete och försörjning av högkvalitativa råvaror. SkogForsk. Arbetsrapport 433 Uppsala. 59 s.
- Axmon, J. 2000. On Detection of Decay in Growing Norway Spruce via Natural Frequencies. Licentiate in Engineering Thesis No 21. Lund University Department of Applied Electronics. p. 105.
- Bengtsson, K., Björklund, L. & Wennerholm, H. 1998. Värdeoptimerat virkes-utnyttjande. – En studie av förutsättningarna för ökad lönsamhet inom privatskogsbruket genom effektivare virkesutnyttjande. Rapport 50. SIMS SLU. Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier, Uppsala. 77 s.

- Bengtsson, K. & Lönner, G. 1995. Integration Skog-Såg-Marknad. Principer och möjligheter. Undervisningskompendium 5. SLU Skog-Industri-Marknad-Studier, Uppsala. 54 s.
- Berg, M., Bjurulf, A., Duchesne, I., Hedenberg, Ö. & Löfgren, M. 1995. Vad är färskhet? SkogForsk. Resultat Nr 5, Uppsala. 4 s.
- Chiorescu, S. & A. Grönlund. 2000. Assessing the Role of the Harvester within the Forestry-Wood Chain. Forest Products Journal 50: (11/12).
- Grundberg, S. & Grönlund, A. 1997. Simulated grading of logs with an X-ray log scanner – Grading accuracy compared with manual grading. Scandinavian Journal of Forest Research 12:70–76.
- Hansson, F. 1999. Inventering före avverkning – metodval och resursåtgång. SkogForsk. Resultat Nr 15, 4 s.
- Lundgren, C. Jäppinen, A. 1997. Stockens form och kvalitet via 3D-mätningar. Sågverken. Aug. 1997.
- Lundqvist, S-O., Bjarne, J., Grahn, T., Hedenberg, Ö. & Olsson, L. 1998. Fibertyper i barrved. Mätmetoder och presentationssätt. STFI – Rapport P19. Stockholm 19 s.
- Löfgren, B. & Wilhelmsson, L. 1998. Beröringsfri diamettermätning – rapport från ett utvecklingsprojekt. SkogForsk. Resultat Nr 13, Uppsala. 4 s.
- Moberg, L. 1999. Intratree models of knot structure for *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. In: Nepveu, G. Proceedings “Connection between Silviculture and Wood Quality through Modelling Approaches and Simulation Software”. IUFRO Working Party S5.01-04. Biological improvement of Wood Properties. La Londe-Les-Maures, France, 5–12 September. pp. 50–56.
- Möller, J. 1998. Virkesmätning med skördare. SkogForsk. Resultat Nr 10, Uppsala 4 s.
- Möller, J. 2000a. Mätnoggrannhet i kedjan skog-såg. Mellanskog->Heby sågverk. Arbetsrapport 461. SkogForsk. 15 s.
- Möller, J. 2000b. Mätnoggrannhet i kedjan skog-såg. Stora Enso, Ludvika->Valåsens sågverk. Arbetsrapport 462. SkogForsk. 16 s.
- Nylinder, M. Temnerud, E. Andersson, C. Grace, L. & Jonsson, L. 1994. Inmätning och värdering av virkesfel [Kådlåpor, tjurved, årsringsutveckling, stockars form]. Skador på skog och virke. Skogskonferensen 1993, SLU. Ultuna, Uppsala, 30.11–1.12., Skogsfakta Konferens.
- Nylinder, M., Warensjö, M., Lundgren, C. & Fryk, H. 1996. Svensk sågverks-industri. SLU. Institutionen för virkeslära, Uppsala. 10 s.
- Oja, J. Grundberg, S. & Grönlund, A. 1998. Measuring the outer shape of *Pinus sylvestris* saw logs with an X-ray logscanner. Scand. J. For. Res. 13:340–347.
- Ouis, D. 1996. Non-destructive Testing of Wood by Sonic and Vibrational Methods. Signal Processing Report SPR-38. Department of Applied Electronics, Signal Processing Group. Lund University.

- Sondell, J. 1995. Evaluation of Five Bucking to Value Systems for Harvesters Marketed in Sweden. Invited Paper to IUFRO Congress P3.07, session 2. SkogForsk, Uppsala. 24 pp.
- Sundblad, L-G. 1995. Ansökan till NUTEK:s OPTITRÄ-program; Rötdektion (95-04-21) SkogForsk, Sävar. 8 s.
- Sundblad, L-G. 1998. Rötdektion. I: SkogForsk. Redogörelse Nr 5, Utvecklingskonferens, Uppsala. s. 119–124.
- Söderstam, G., Öman, M. & Olofsson, J. 1998. Färsk ved till sulfatmassa-bruken – varför det? I: Rensrikonferens: Råvaruförsörjning och vedförädling – en process under utveckling. STFI, Stockholm. s. 17–30.
- Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. 1997. Hur mycket är det värt att mäta diametern ”rätt” i skördaren? – Några ekonomiska reflexioner och ett försök till värdering. SkogForsk. Arbetsrapport 366, Uppsala. 11 s.
- Wilhelmsson, L., Nylinder, M. Rehnberg, O., Arlinger, J. D., Brunberg, T., Duchesne, I., Jönsson, A., Miller, J. & Spångberg, K. 1998. Vedsortering för bättre pappers- och kartongprodukter. SkogForsk. Slutrapport, 114 s + bilagor.
- Wilhelmsson, L. Arlinger, J. D. & Spångberg, K. 1999. Modeling *Pinus sylvestris* and *Picea abies* within and between tree variation in some wood properties – Functions based on annual rings and diameters for applications at the planning stage and in tree harvesters. Proceedings of Third Workshop "Connection between silviculture and wood quality through modelling approaches and simulation software" organised by IUFRO Working Party S5.01-04. Biological improvement of Wood Properties. La Londe-Les-Maures, France, 5-12 September. pp. 186–194.
- IUFRO Working Party S5.01-04. Biological improvement of Wood Properties. La Londe-Les-Maures, France, 5–12 September. pp. 186–194.
- Virkesmättningsrådet. 1998. Anvisningar för driftsättning och löpande kontroll av skördare för vederlagsmätning och leveransrotposter eller liknande. 1998-05-06.
- Uusitalo, J. 1999. Predicting wood quality with harvester data. In: Nepveu, G. Proceedings “Connection between Silviculture and Wood Quality through Modelling Approaches and Simulation Software”. IUFRO Working Party S5.01-04. Biological improvement of Wood Properties. La Londe-Les-Maures, France, 5–12 September. pp. 549–554.
- Öyen, O. & Höbö, OA. 1999. Prediction of Industrial Sound-knot Cylinder on Individual Trees in Standing Units of Old Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) In: Doctor Scientiarum Thesis 1999:15. Department of Forest Sciences Agricultural University of Norway. Ås. 25 pp.