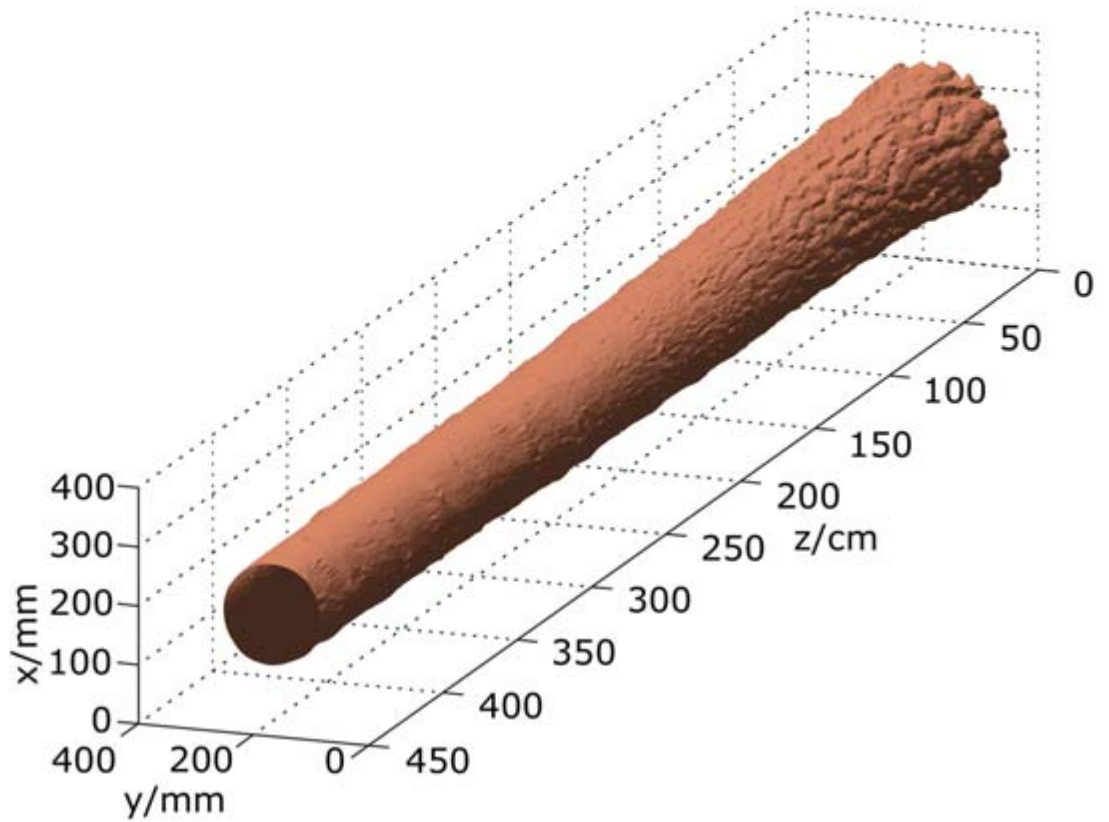


ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 577 2004



Simulering av dimensionsmätare för skördare

Mikael Andersson

Ämnesord: Avståndsmätare, diamettermätning, dimensionsmätning, geometri, laseravståndsmätare, simulering, skördarmätning.

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 tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. 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.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	3
Inledning.....	3
Syfte	4
Material och metod	4
Sann diameter	5
Klavning.....	6
Skördarmätare tre avståndsmätare	7
Skördarmätare fem avståndsmätare.....	9
Analys av stambanksdata	10
Resultat	11
Diskussion.....	13
Referenser.....	14
Bilaga	15

Förord

Här vill jag tacka Johan Oja vid Trätek i Skellefteå som tagit fram geometriska data ur stambanken. När det gäller teknik och principer vid klavning och för skördarmätning i praktiken, vill jag rikta ett tack till Jan Sondell och Björn Hannrup Skogforsk för synpunkter på denna Arbetsrapport, samt till Lars Wilhelmsson Skogforsk, programledare i Uppsala som har stått för projektet. Finansiär har varit Carl Tryggers Stiftelse.

2004-08-30

Mikael Andersson

Sammanfattning

Data för simuleringen är hämtade ur tomografidata från svenska stambanken. Noggrannheten på dessa data är ungefär 1,5 millimeter.

Studien syftade till att jämföra olika mätmetoders systematiska och slumpmässiga fel vid diametermätning. De studerade mätmetoderna var tre olika former av klavning, vilka i varierande utsträckning efterliknar dagens diametermätning med skördare, samt diametermätning med laserbaserade avståndsmätare. Referensmetoden som dessa jämförs med, använder sig av tvärsnittsarean.

Resultatet av studien kan sammanfattas med att större kännedom om kurvan vars omslutna yta man skall beräkna, ger ett noggrannare resultat. I detta fall så att fler mätta punkter på stammen ger ett noggrannare resultat och att det är viktigt att man inte utelämnar någon större del av omkretsen.

När det gäller att skatta hur många givare som krävs för ett fullgott mätresultat, kan fem vara ett bra riktvärde för en tvärsnittsmätare. Jämför man detta med vad dagens system klarar, borde en förbättring av standardavvikelsen med några millimeter inte vara orealistisk, och den del av det systematiska fel som beror på mätmetoden elimineras helt eller kalibreras bort.

Inledning

I dag ställs allt högre krav på noggrannhet vid aptering av timmer (Möller, 2000).

Kan man förbättra dimensionsmätningen i skördare, skulle man få en förbättrad överensstämmelse mellan mätningar gjorda i skogen och mätningar gjorda vid inmätning till industri. I dagsläget är industrins mätramar noggrannare än vad skördarnas kvistknivar är. En förbättrad dimensionsmätning i skördaren skulle öka möjligheterna att aptera mot rätt diameterklasser (Möller, 2000),

I skördare används i dag endast berörande mätteknik för bestämning av stammens diameter. Vanligast är mätning genom kvistknivarnas anliggning mot stammen, matarvalsar används sällsynt. Man har då någon typ av vinkelgivare monterad i kvistknivarnas leder för att mäta en stams diameter. Det finns flera problem med detta som gör att man har svårt att nå en nöjaktig noggrannhet. Som aggregaten är konstruerade får man två vinkelvärden från givarna som inte ligger på samma ställe i axiell ledd. Man får alltså två mått som inte hänför sig till samma diameter/tvärsnitt. Man har då att bestämma sig för vilket tvärsnitt man skall beräkna diametern på, det blir någon sorts genomsnitt för det avståndet. Ett annat problem är behovet av omkalibrering p.g.a. skiftande yttre förhållanden. Kvistknivarna löper både på och under bark. När stammarna är frusna tenderar kvistknivarna av löpa på barken, och under vår och sommar under barken. Med en ickeberörande mätmetod mäter man alltid på bark om den sitter kvar.

På senare tid har det kommit en del laseravståndsmätare baserade på triangulering som har stor noggrannhet, måttligt pris samt med ett tämligen robust utförande. Här finns det en potential för att kunna förbättra dagens mätsystem.

Noggrannheten för givare anges ofta i direkt i procent av den mätta variabeln eller som direkt mått, ofta för en standardavvikelse på 68 %. Till givarens fel adderas förstås märfel och modellfel. Det finns sedan tidigare ett uppställt krav för mätning av diametern på bark, så att man för toppstockar vill ha minst 90 % av mätvärdena inom ± 6 millimeter och för övriga stockar 90 % inom ± 4 millimeter från det sanna värdet (Hallonborg, 1981).

Ett vanligare sätt att uttrycka detta på är att använda konfidensnivån 95 %, vilket skulle ge oss ett konfidensintervall på 7,6 millimeter för toppstockar och 4,75 millimeter för övriga.

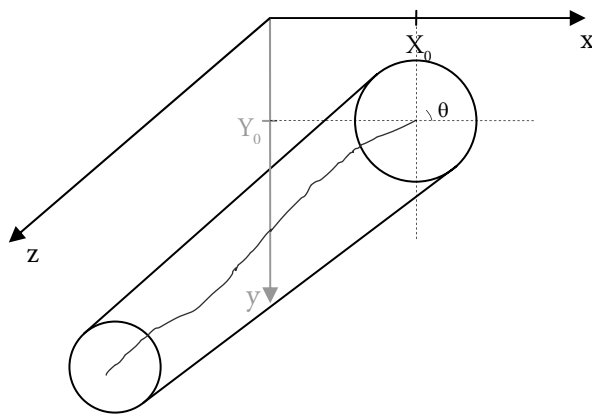
Kvistknivar ger för diametern ca 60–70 % inom ± 4 millimeter, inklusive toppstockar. (Möller, 2000).

Syfte

Syftet med denna studie var dels att göra en uppskattning av hur många avståndsmätare som krävs i en tänkt skördarmätning för att få en nöjaktig noggrannhet, dels att jämföra olika mätmetoders systematiska och slumpmässiga fel. Detta blir då en relativ jämförelse.

Material och metod

Data för simuleringen är hämtade ur tomografidata från svenska stambanken (Grönlund, et al., 1995). Stambanksdata som används för denna simulering är ordnade så att vi har ett ortogonalt höger koordinatsystem med z-axeln pekande från roten upp i trädet. X-Y-planet ligger radiellt i stammen. Det finns en mätpunkt för varje grad varvet runt d.v.s. 360 punkter, samt märengens placering i det ortogonala koordinatsystemet, se figur 1.



Figur 1. Koordinatsystemet för stambanksdata är ordnade i ett cylindriskt koordinatsystem med origo i märengen och där vinkeln räknas motsols från "kl. 15.00".

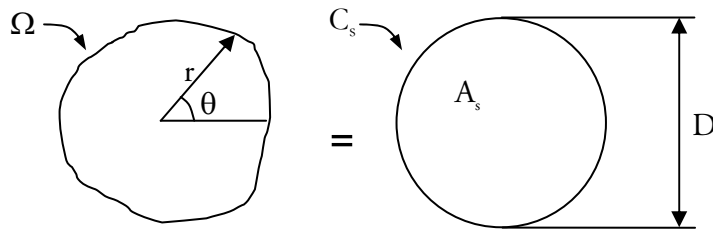
Stambanksdata ger en stocks profil under bark, med ca 1,5 millimeter i upplösning. Hade vi haft tomografidata på bark hade simulering varit mycket nära vad man kan vänta sig i en reell mätning. Från detta koordinatsystem kan man då få koordinater, vilka motsvarar de som erhålls från mätning med klave och laser-

mätare på den riktiga stammen. På så sätt kan man få en uppfattning av noggrannheten jämfört mot en referens och inbördes.

För att göra en simulering av en dimensionsmätare behöver man en referensmetod som så noggrant som möjligt ger det mått man eftersträvar och en klar definition av vad som skall mätas. Diametern som många gånger används när det gäller träd har cirkeln som modell, vilken kanske inte alltid är den bästa beskrivningen av ett snitt genom trädets mantelyta. Ett annat tänkbart mått vore tvärsnittets area, då blir man inte lika beroende av en enda modell.

SANN DIAMETER

Det som här kallas sann diameter används som referens i simuleringen. Sann diameter beräknas som diametern för den cirkel som har samma area som tvärsnittet se figur 2.



Figur 2.

Kurvan Ω beskriver trädets ytterkontur på bark. Ω 's omslutna area sätts lika med cirkel C_s area A_s och därur beräknas diametern.

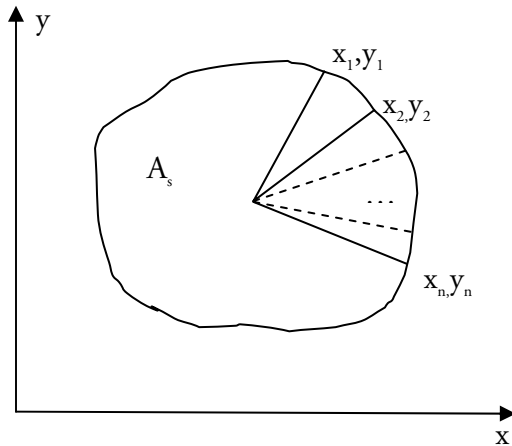
På detta sätt får man ett diametermått som ger en korrekt area för stockens tvärsnitt. Area definieras av integralen över en sluten kurva och för ett trädets tvärsnitt kan det vara lämpligt med polära koordinater. Arean ges då av:

$$A_s = \frac{1}{2} \int [r(\theta)]^2 d\theta \quad (1)$$

I praktiken känner man inte funktionen $r(\theta)$, och man har inte heller oändligt antal mätpunkter så man måste göra en approximation av (1). En approximation av integralen i (1) kan göras m.h.a. polygonarean. Vi har i stambanksdata 360 kända radier. Detta är en polygon med 360 hörn. Polygonarean för en konvex polygon med hörnen $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n$ ges av:

$$A_s = \frac{1}{2} \left(\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_2 & x_3 \\ y_2 & y_3 \end{vmatrix} + \dots + \begin{vmatrix} x_n & x_1 \\ y_n & y_1 \end{vmatrix} \right) \quad (2)$$

För ett tvärsnitt ur en stam skulle detta se ut som i figur 3.



Figur 3.
Polygonarean A_s för ett stamtvärssnitt.

Detta ger ett fel $<10^{-5}$ för en cirkel, felet för ett tvärsnitt i en stam bör vara i samma storleksordning. I simulering har polygonarean enligt (2) använts för sann diameter.

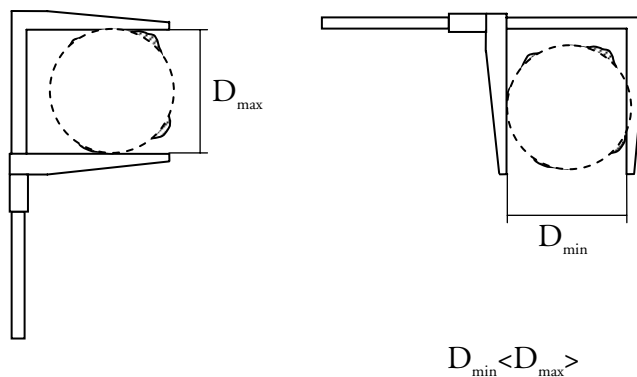
Diametern blir då:

$$D = \sqrt{\frac{4A_s}{\pi}} \quad (3)$$

Jämför figur 2.

KLAVNING

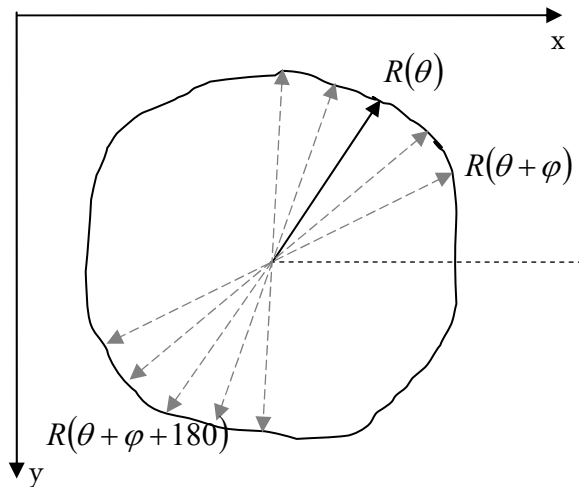
Simulering av klavning bygger på att man tar den maximala utsträckningen av ett tvärsnitt i en given radiell riktning, på samma sätt som med en klave. Man kan dock inte ta hänsyn till olika anliggningsstryck för klavens skänklar. Klavning ger ett diametermått som blir något överskattat jämfört med sanndiameter. Klavens skänklar rider på ojämnheter och når inte ner i svackorna. Metoden har cirkeln som modell. Vid korsklavning tar man medelvärde av två vinkelräta diameterar. Se figur 4.



Figur 4.
Korsklavning.

Simuleringen är gjord på följande sätt. För en slumpad vinkel θ tas den maximala utsträckningen av tvärsnittet i samma riktning som radien.

För måttligt orunda tvärsnitt kan man rationalisera lite, det visar sig att det räcker att ta maximal utsträckning av R i en vinkel $\pm 30^\circ$ se figur 5. Vi får då den klavade diametern ur stambanksdata från ekvationen. (4):



Figur 5.
Beräkning vid klavning.

$$D(\theta) = \max(R(\theta + \varphi) \cdot \cos(\theta + \varphi) + R(\theta + \varphi + 180) \cdot \cos(\theta + \varphi + 180)), \quad (4)$$

där $\varphi \in [\pm 30^\circ]$

Alla vinklar är i grader.

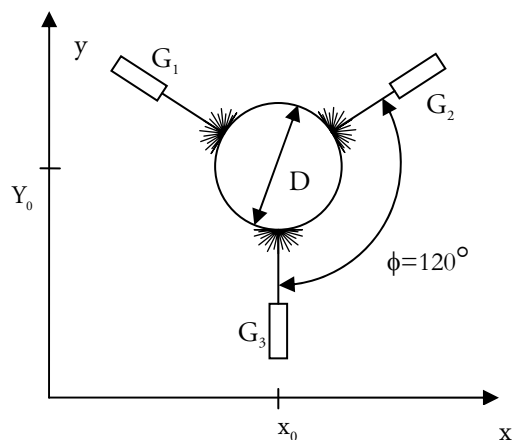
Simuleringen är gjord för tre fall med lite olika förutsättningar. Det första fallet är enkel klavning med slumpmässig ansättningsriktning.

I det andra fallet tar man max-diametern för tvärsnittet och sedan andra måttet vinkelrätt mot det första.

Det tredje fallet är korsklavning med slumpmässig ansättning och det andra måttet vinkelrätt mot det första. För de två sistnämnda beräknas diametern som medelvärdet av de två mätta diametrarna.

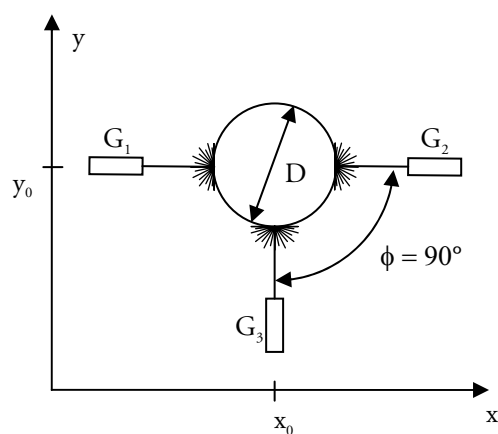
SKÖRDARMÄTARE TRE AVSTÅNDSMÄTARE

Man tänker sig här tre lasergivare baserade på triangulering, men resultatet är tillämpligt för alla mätsystem som ger ett avstånd till barkens yta. Givarna är placerade med 120° vinkel emellan, se figur 6.



Figur 6.
Geometri med tre avståndsmätare placerade över ett helt varv.

En placering som lättare borde kunna anpassas till ett skördaraggregat är där givarna placerade med 90° vinkel emellan, över ett halvt varv, se figur 7.



Figur 7.
Geometri för tre avståndsmätare placerade över ett halvt varv.

Här används cirkeln som modell för tvärsnittet. Man löser cirkelns ekvation (5), för de tre koordinaterna från givarna x_1, y_1 , x_2, y_2 , x_3, y_3 .

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2 \quad (5)$$

Detta ger oss ekvationssystemet:

$$\begin{aligned}
(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 &= R^2 \\
(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 &= R^2 \\
(x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2 &= R^2
\end{aligned}
\tag{6}$$

Ur detta ekvationssystem får man cirkelns centrum x_0, y_0 och dess radie R , vi blir alltså oberoende av var stammen hamnar, inom rimliga gränser.

Lösningen till (6) kan skrivas:

$$x_0 = \left| \begin{array}{ccc|c} x_1^2 + y_1^2 & y_1 & 1 & 1 \\ x_2^2 + y_2^2 & y_2 & 1 & 1 \\ x_3^2 + y_3^2 & y_3 & 1 & 1 \end{array} \right| \Bigg/ \left(\begin{array}{ccc|c} x_1 & y_1 & 1 & 1 \\ 2 \cdot x_2 & y_2 & 1 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 & 1 \end{array} \right)
\tag{7}$$

$$y_0 = \left| \begin{array}{ccc|c} x_1 & x_1^2 + y_1^2 & 1 & 1 \\ x_2 & x_2^2 + y_2^2 & 1 & 1 \\ x_3 & x_3^2 + y_3^2 & 1 & 1 \end{array} \right| \Bigg/ \left(\begin{array}{ccc|c} x_1 & y_1 & 1 & 1 \\ 2 \cdot x_2 & y_2 & 1 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 & 1 \end{array} \right)
\tag{8}$$

, och för R exempelvis:

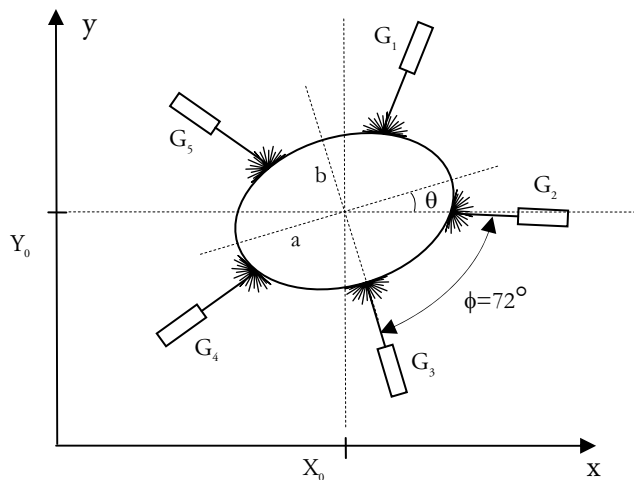
$$R = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}
\tag{9}$$

Denna cirkels diameter fås då som:

$$D = 2R
\tag{10}$$

SKÖRDARMÄTARE FEM AVSTÅNDSMÄTARE

Med fem givare kan en ellips användas som modell, man får då en bättre approximation till stocken om den är oval. Givarna är placerade med 72° emellan, d.v.s. jämnt över ett helt varv. Orsaken till att ha fem koordinater är att en ellips inte kan bestämmas ur enbart fyra koordinater i ett ortogonalt koordinatsystem, man får ett oändligt antal lösningar. Man måste då ha ytterligare bivillkor eller fler koordinater. Har man fem mätta koordinater och givarna $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4, x_5, y_5$ så får man ellipsens placering X_0, Y_0 och dess storaxel a och lillaxel b , samt vinkeln θ mellan storaxeln och x-axeln. Se figur 8.



Figur 8.

Geometrin för fem avståndsmätare placerade över ett helt varv.

Detta problem är inte exakt lösbart så man får ta till en anpassning. Man kan inte vara säker på att punkterna verkligen ligger på en ellips. För att göra anpassningen av ellipsen till de fem koordinaterna har rutinen `lsqnonlin` i Matlab använts. Algoritmen är av typen "reflective Newton". En ellips har ingen diameter så man får ta till tricket med lika area. Ellipsens area fås ur ekvation (11):

$$A = \pi ab \tag{11}$$

Vi sätter denna area lika med en cirkels area och får diametern:

$$D = \sqrt{4ab} \tag{12}$$

ANALYS AV STAMBANKSDATA

För att göra denna typ av simulering krävs att man har ett stort antal ytterkonturer från stockar koordinatsatta med god noggrannhet. Trätek i Skellefteå har med röntgentomografi och bildanalys tagit fram ett sådant material som lämpar sig för simulering av dimensionsmätare. Detta är den så kallade stambanken. Simuleringen baseras på ca 250 000 tvärsnitt från tall och närmare 300 000 tvärsnitt från gran ur stambanksdata från totalt 745 granstockar och 623 tallstockar. Totalt 198 tallstammar och 186 granstammar.

Generellt kan man säga att simuleringen behandlar mätsystem med 2, 3, 4 och 5 mätta koordinater på stammen, med samma vinkel mellan alla givare, undantaget "skördarmätare med tre givare 90°".

En skördare som mäter stammen med kvistknivar mot aggregatets sköld är då en konfiguration som mäter ganska likformigt runt periferin och mekaniskt likt en

klave. Detta kan då närmast jämföras med standardavvikelsen hos ”skördarmätare med tre lasergivare 120°” och ett systematiskt fel som borde ligga mellan slumpad enkelklavning och slumpad korsklavning. Skördare som mäter med matarvalsarna är närmast att likna med slumpad enkelklavning när det gäller standardavvikelse och systematiskt fel.

För alla givarkonfigurationer är felet räknat på skillnaden mellan sanndiameter genom tvärsnittets area och givarkonfigurationen. Om vi tar den klavade diametern d'' som exempel och har den sanna diametern d' får vi det systematiska felet e för d'' förutsatt att e är normalfördelat som:

$$\langle e \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d'_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d''_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d'_i - d''_i) \quad (13)$$

, med standardavvikelsen för ett sampel:

$$s_e = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (e_i - \langle e \rangle)^2} \quad (14)$$

Konfidensintervallet beräknas ur:

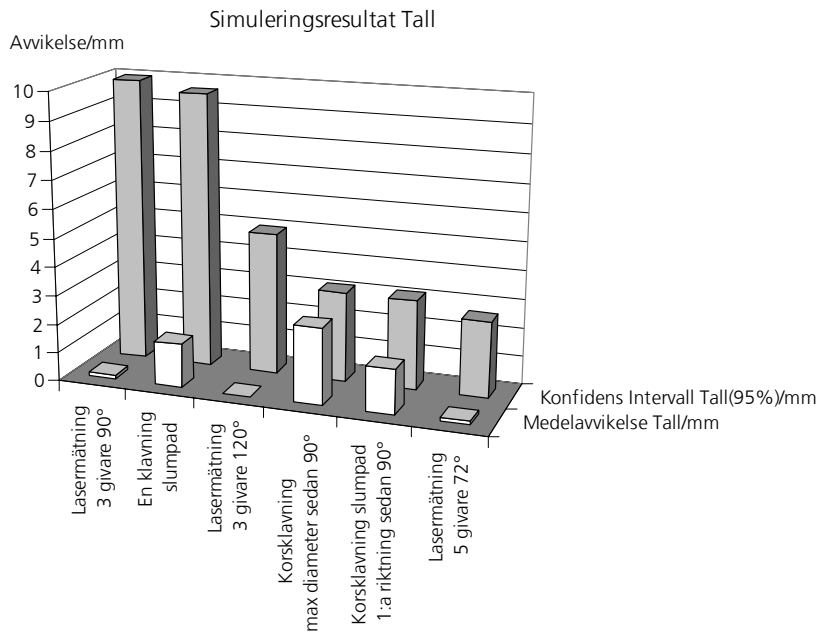
$$\langle d''_j \rangle - \lambda_\alpha s_{d''} < D_j < \langle d''_j \rangle + \lambda_\alpha s_{d''} \quad (15)$$

Där $\alpha = 1 - \phi(\lambda_\alpha)$ och ϕ normalfördelningen.

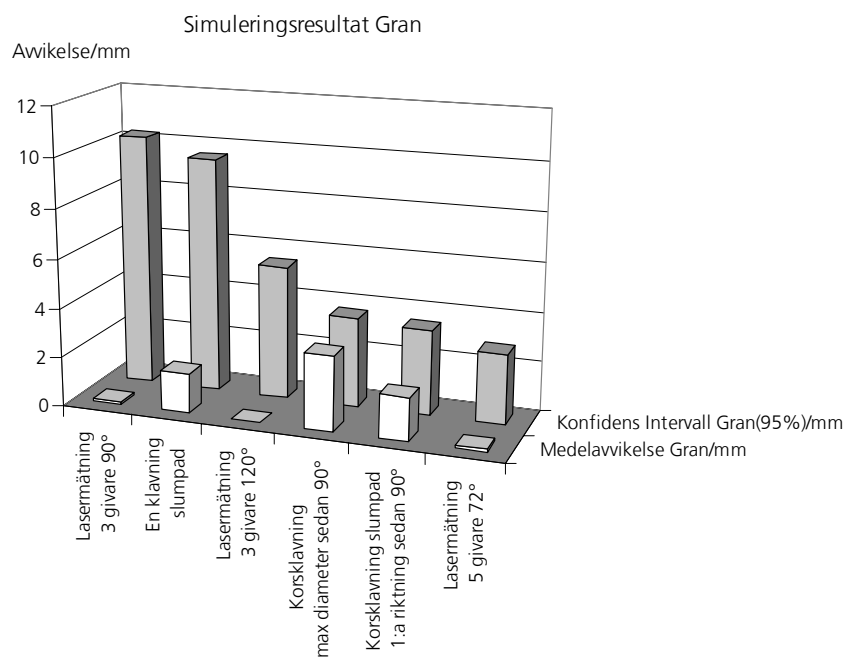
RESULTAT

Resultatet från simuleringarna för tall visas i figur 9. Figurens Y-axel (avvikelse) är skillnaden mellan värden från den simulerade sanna diametern och den testade. När det gäller systematiskt fel är det klavning som har den största avvikelsen medan felet för lasermätare är mycket litet. Det slumpmässiga felet i figur 9 är störst för lasermätaren med givare över halva varvet och minst för den med fem givare.

Resultatet för gran i figur 10 är kvalitativt lika med resultatet för tall. Jämför man figur 9 och 10:s siffervärden skulle man kunna säga att gran får något sämre simulerade mätvärden.

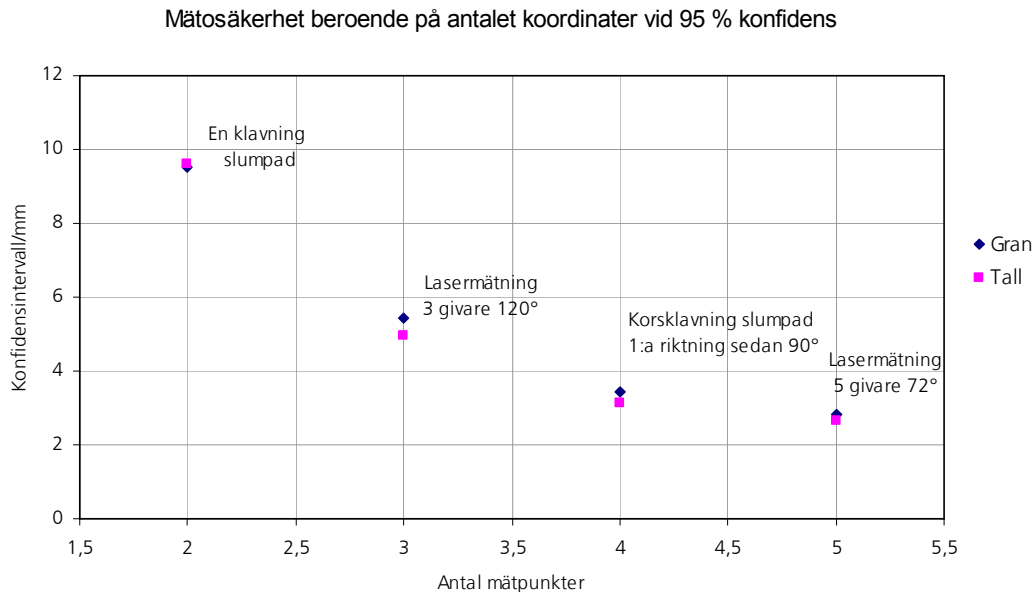


Figur 9. Bakre staplarna visar det 95-procentiga konfidensintervallet för tall som simuleringen gett för de olika givar konfigurationerna. De främre staplarna visar avvikelsen från sann diameter, närmast att jämföra med systematiskt fel.



Figur 10. Bakre staplarna visar det 95-procentiga konfidensintervallet för gran som simuleringen gett för de olika givar konfigurationerna. De främre staplarna visar avvikelsen från sann diameter, närmast att jämföra med systematiskt fel.

För att illustrera hur antalet mätta koordinater påverkar mätningens noggrannhet har mätningarna ordnats efter hur många koordinater de mäter. I figur 11 kan man se hur konfidensintervallet minskar med ökat antal mätta punkter. För siffervärden som använts i figurerna 9, 10 och 11 hänvisas till bilaga 1.



Figur 11. Konfidensintervallens beroende av antalet inmätta punkter på tvärsnittets periferi.

Diskussion

För den simulerade klavningen kan man konstatera att det systematiska felet är överlag ganska stort för alla de tre metoderna av klavning, jämfört mot lasermätare. Orsaken till detta är att klavens skänklar rider på stammens ojämnheter och därmed alltid mäter något i överkant (Matérn, 1956). För simuleringen av max-diametern blir detta ännu tydligare eftersom man startar med den största av alla över-skattade diametrar. Att korsklava med slumpmässig ansättning motsvaras av att mäta fyra koordinater runt tvärsnittet därför att klaven ger skillnaden mellan koordinaterna parvis, i stället för koordinaterna var för sig. En enkelklavning motsvarar då två mätta koordinater. Alla mätningar som simulerats här motsvaras av att mäta ett antal punkter på trädets stam. Skall man rangordna dessa metoder kan man säga att fler mätta punkter på stammen, samt att dessa placeras jämt runt stammen omkrets, ger den bästa noggrannheten. Jämför man enkelklavning (två mätta koordinater) och lasermätningen med tre givare över 180° (tre mätta koordinater), ger dessa nästan samma noggrannhet. Att mäta över hela omkretsen är här således lika viktigt som att mäta många punkter.

Skördare i dag mäter vanligtvis med kvistknivar vid två punkter på stammen medan den kläms mot aggregatets bröst. Detta motsvarar då tre mätta koordinater på stammen, men den tredje punkten mäts inte aktivt så den får en sämre noggrannhet. Detta borde då svara mot en mätning med en noggrannhet mellan enkelklavning och lasermätning med tre givare över hela varvet. Detta blir då en mätning med en noggrannhet motsvarande ~2,5 koordinater mätta som vid klavning.

Skall man ha ett mätsystem som mäter väsentligt bättre än detta bör det arbeta med minst fem mätta koordinater. Här får man då fördelen att kunna använda en bättre modell, ellipsen (Skatter, 1998). Man får dessutom möjligheten att falla tillbaka på modeller med tre eller fyra koordinater, vilket ger en bättre redundans.

Simuleringen är som gjord med data mätt under bark. Detta är en begränsning som gör att motsvarande simulering gjord med data på bark, kommer att visa på mindre noggrannhet än vad denna gjort. Men de inbördes förhållandena mellan olika mätprinciper borde inte påverkas i någon större utsträckning.

Om man skall försöka att göra en skattning av det totala felet i en verklig mätsituation för någon av lasermätarna, får man för standardavvikelsen geometriskt addera någon halv millimeter för givarnas egenfel samt några millimeter för det faktum att simuleringen här är gjord under bark. Systematiska fel kan man kalibrera för.

Överlag finns dessutom en indikation på mindre standaravvikelse på tall, vilket tyder på att tall möjligen skulle kunna vara slätare under bark än vad gran är.

Referenser

- Matérn, B. 1956. On the Geometry of the Cross-Section of a Stem. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut Band 46. Nr 11.
- Skatter, S. & HøibØ, O. A. 1998. Holz als Roh- und Werkstoff 56.
- Möller, J., J. & Sondell, J. 2000. Kundenpassning kräver bättre diametermätning, Resultat Nr 14. Skogforsk. Uppsala
- Hallonborg, U. 1981. Teknik Nr 4, 1981. Forskningstiftelsen Skogarbeten.
- Möller, J., J. & Sondell, J. 2000. Kundenpassning kräver bättre diametermätning, Resultat Nr 15, Skogforsk.
- Möller, J., J. 2000. Mät noggrannhet i kedjan skog-såg, Arbetsrapport Nr 461. Skogforsk..
- Möller, J., J. 2000. Mät noggrannhet i kedjan skog-såg, Arbetsrapport Nr 462. Skogforsk.

Bilaga 1

Tabell 1.
Resultat Tall.

Simulerad mätmetod	Medelavvikelse /mm	Standardavvikelse /mm	Konfidensintervall (95 %)/mm	Konfidensintervall (90 %)/mm
Sanndiameter	0,00	0,00	0,00	0,00
En klavning slumpad	1,54	4,91	9,63	8,11
Korsklavning max diameter sedan 90°	2,68	1,60	3,13	2,64
Korsklavning slumpad 1a riktning sedan 90°	1,58	1,60	3,13	2,63
Lasermätning 3 givare 120°	-0,01	2,53	4,97	4,18
Lasermätning 3 givare 90°	0,14	5,08	9,95	8,37
Lasermätning 5 givare 72°	0,12	1,36	2,66	2,24

Tabell 2.
Resultat Gran.

Simulerad mätmetod	Medelavvikelse /mm	Standardavvikelse /mm	Konfidensintervall (95 %)/mm	Konfidensintervall (90 %)/mm
Sanndiameter	0,00	0,00	0,00	0,00
En klavning slumpad	1,62	4,87	9,54	8,03
Korsklavning max diameter sedan 90°	3,03	1,86	3,64	3,07
Korsklavning slumpad 1a riktning sedan 90°	1,74	1,76	3,46	2,91
Lasermätning 3 givare 120°	-0,02	2,77	5,42	4,56
Lasermätning 3 givare 90°	0,11	5,23	10,25	8,63
Lasermätning 5 givare 72°	0,12	1,45	2,84	2,39

