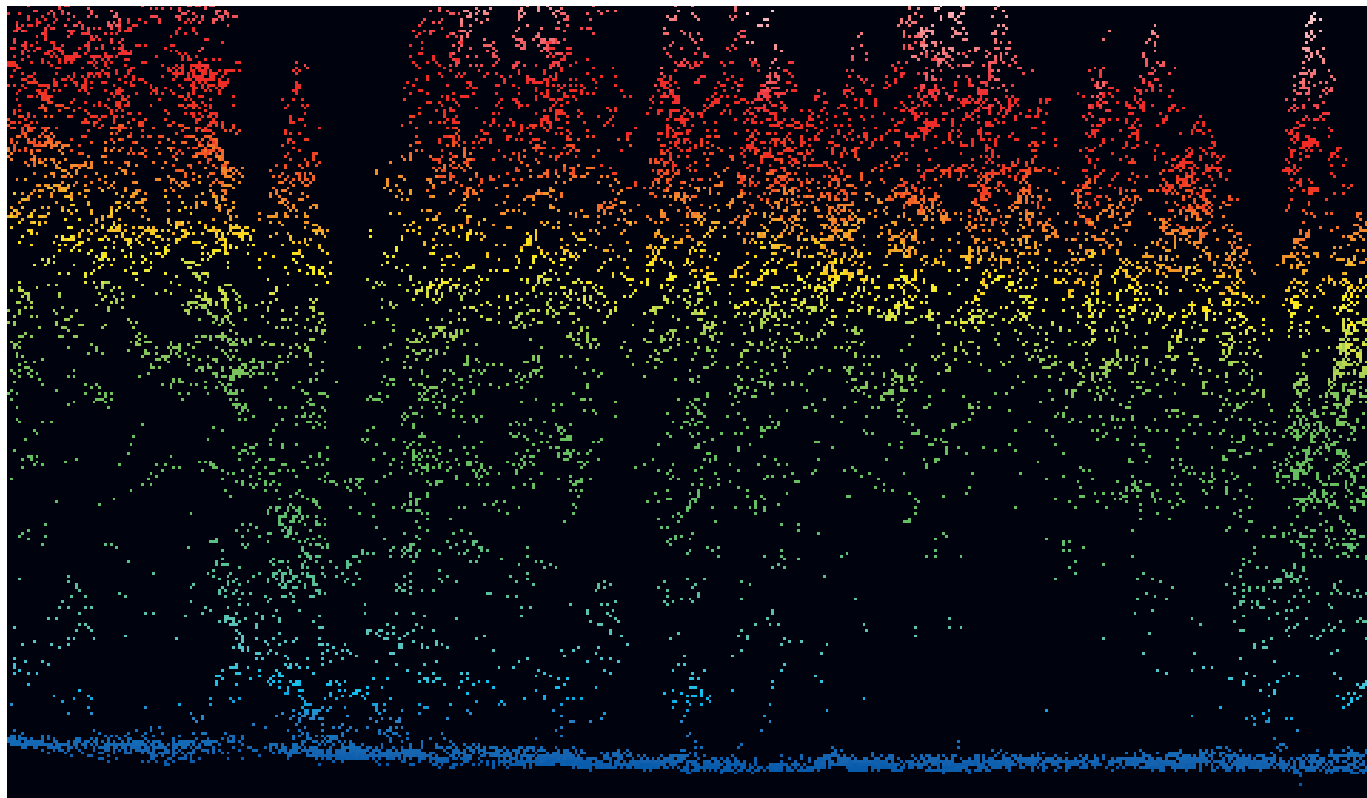




RESULTAT

FRÅN SKOGFORSK NR. 15 2008



Flygburen laser gav bättre data om träden

Andreas Barth Tel. 018-18 85 37
andreas.barth@skogforsk.se

Med flygburen laserskanning kan skogens egenskaper beskrivas med relativt hög noggrannhet. Metoder för uppskattning på beståndsnivå har använts i många år, men nu kommer också metoder som beskriver enskilda träd.

För att kunna fatta rätt beslut för produktionsplaneringen i skogen krävs det bra data om råvaran.

Flygburen laserskanning är en ny teknik för att skatta trädens höjd, diameter och volym.

Skogforsk har jämfört skattningar av enskilda träd med flygburen laserskanning med utfallet från avverkningar och mätningar i fält i några slutavverkningsmogna skogar. Laserskanning gav:

- bättre noggrannhet än de två traditionella inventeringsmetoder som också testades.
- relativt få missade träd och bra skattning av diameterklassfördelningen.
- underskattning av volymandelen gran.
- problem i skog med stor diameter-spridning.

Bilden ovan: En laserskanning ger ett tredimensionellt punktmoln av träffar i trädens kronor och på marken. Punkterna i bilden ovan är klassificerade efter avstånd från marken. Noggrannheten för varje punkt är på decimeternivå.

! Från forskning till tillämpning

Demonstration

FoU-start Implementerat



Bra data om skogen är en förutsättning för ett effektivt utnyttjande av skogsråvaran. Laserskanning kan ge bra data.

Andreas Barth



Ny teknik för skoglig datainsamling

Bättre beslut med bättre data

Med bättre information om skogen kan skogsbruket fatta bättre beslut vid traktval och drivningsplanering. Det går också att göra säkrare utbytesberäkningar samtidigt som det blir lättare att anpassa virkesflödet efter kundernas behov.

Laserteknik

Det görs nu stora framsteg inom flygburen laserskanning av skog. Det finns två huvudmetoder:

1. Arealbaserad. Med ett ganska glest nät av laserpunkter, ungefär en per kvadratmeter, kan beståndets genomsnittliga virkesförråd, grundyta, höjd och medeldiameter skattas. Det går också att få en bild av diameterfördelningen inom ett bestånd. Alla skattningar bygger på samband mellan laserdata och data från väl GPS-positionerade provytor i fält.

2. Enskilda träd. Med tätare laserpulser, fem till tio per kvadratmeter, kan de enskilda trädens toppar och kron-diameter identifieras. Utifrån trädens kronform kan även trädslaget bedömas. Samband mellan laserdata och data från stickprovsmätningar i fält används för att skatta trädens diameter och volym.

Används kommersiellt

I Norge baseras i dag nästan alla skogsbruksplaner på data som samlats in med flygburen laser.

Även i Sverige har vi under senare år haft ett flertal kommersiella tillämpningar och tekniken har testats av flera skogsföretag.

På den svenska marknaden finns idag flera aktörer som arbetar med tekniken, bland annat FORAN Group, Cowi A/S, Blom ASA och Scankort A/S.

Metod för enskilda träd

Företaget FORAN är i dag ensamma om att erbjuda skogsbruket data för enskilda träd. Deras FORAN Single-Tree® Method baseras på pulsintensiv lasermätning från flygplan som skannar skogen från ca 700 meters höjd. Upplösningen är ca 10 punkter per kvadratmeter och varje puls har en stråldiameter på 2–3 dm.

Från laserdata beräknas de enskilda trädens position, höjd och kron-diameter. Skattningar görs av trädens diameter och volym. Användaren kan själv beräkna diameterfördelningen för valfritt område och trädslag.

För att skatta trädslaget används trädets kronform tillsammans med spektralsignaturen från en IR-bild som tas samtidigt.

En laserskanner missar alltid en del träd som står i skuggan av större träd. Därför kompenseras volymen med hjälp av den arealbaserad metoden.

Två utvärderingar

För att utvärdera FORAN SingleTree® Method samlade Skogforsk 2008 in fältdata för två områden som laserskannats året innan (tabell 1).

I det ena området, som låg väster om Älvdalen i Dalarna, jämfördes laserskanning med skördardata från ett antal trakter som avverkades vintern och våren 2008.

I det andra området, Hyltebruk i Halland, klavades samtliga träd inom ett antal mindre objekt med en storlek på ca en halv hektar. På ett antal prov-träd mättes också höjden.

Tabell 1. Beskrivning av de två försöksområdena.

	Älvdalen	Hyltebruk
Markägare	Älvdalens besparingsskog	Bergvik Skog AB
Antal objekt	12	8
Storlek	0,9 – 25,7 (6,2) ha	0,25 – 0,94 (0,5) ha
Beståndsvolym	111 – 179 (141) m³sk/ ha	205 – 754 (392) m³sk/ha
Antal stammar	409 – 877 (577) träd/ha	340 – 843 (517) träd/ha
Dominerande trädslag	Tall	Gran
Referensmätning	Skördarmätning	Fältinventering

Punkterna i bilden visar positionerna på de träd som laserskannern identifierat. Till varje träd finns förutom position även diameter, höjd, volym, trädslag och kron-diameter registrerade i databasen. Som bakgrundsbild ligger en intensitetsbild från laserdata: Eftersom laserskannern aktivt skickar ut en ljuspuls som sedan reflekteras tillbaka syns inga skuggor i bilden.

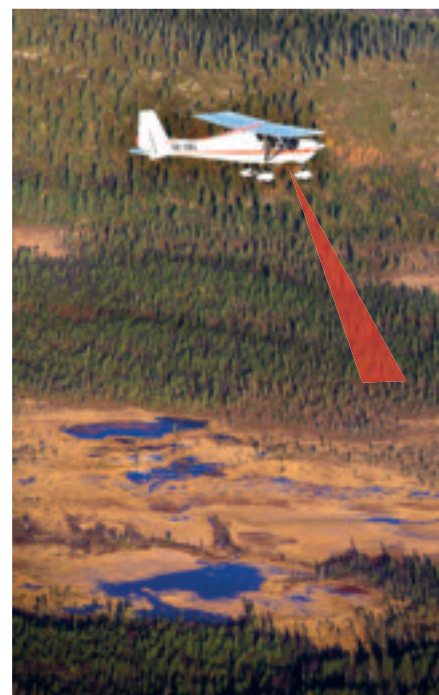
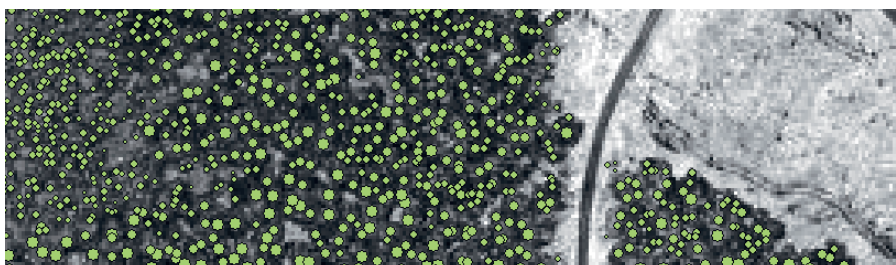


Foto: Calle Breberg/Norlandia

Så fungerar tekniken

En laserskanner skickar ut ljuspulser från ett laserinstrument monterat i ett flygplan eller helikopter. Med hjälp av en roterande spegel fördelas pulserna ut över skogen. Pulserna reflekteras tillbaka till skannern, som registrerar tiden. Utifrån detta kan avståndet till varje reflekterad punkt beräknas. För varje utsänd laserpuls kan instrumentet registrera flera returpulser.

Vid laserskanning över skog kommer en del av reflektionspunkterna att hamna på marken, andra i trädskronorna och åter andra i trädtopparna. De punkter som ligger lägst antas ha hamnat på marken och de används för att bygga en modell av markytan. De punkter som ligger ovanför markytan ger en tredimensionell modell av skogen. Vid pulsintensiv laserskanning kan de enskilda trädens kronor identifieras.



Resultat

Resultaten från utvärderingen för ett antal skogliga variabler sammanfattas i tabell 2.

Kommentarer:

HÖG NOGGRANNHET FÖR VOLYM

För sju av objekten i Älvdalen skilde det bara ett par procentenheter i volym mellan laser- och skördarmätning. För resten underskattades volymen påtagligt. I Hyltebruk var volymuppskattningarna generellt bättre (figur 1).

FÅ MISSADE TRÄD

I Älvdalen, där bestånden var tätare och hade mer underväxt, identifierades mellan 72 och 95 procent av träden. I de mer homogena skogarna i Hyltebruk hittades 80 till 100 procent av träden.

BRA SKATTNING AV DIAMETERFÖRDELNING

Med FORAN:s metod går det att beräkna diameterfördelningen för valfritt område och trädslag. Diameterklassfördelningen överensstämde i många fall bra med referensmätningarna, framförallt i Älvdalen. Det fanns dock en generell tendens till överskattning av volymerna i de mellersta diameterklasserna.

SVÅRARE MED TRÄDSLÄG

Utvärderingen visade på vissa svårigheter att bedöma trädslaget. I Älvdalen, där tallen dominerade, överskattades andelen tall med i genomsnitt 2 procent. I Hyltebruk underskattades andelen gran med i genomsnitt 22 procent (figur 3).

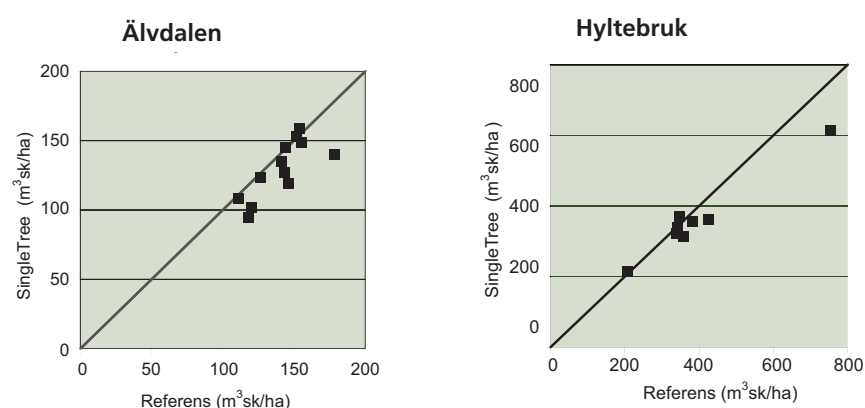
Problembestånd

Utvärderingen visade att metoden fungerade bäst i jämn, inte alltför tät skog. I ett mycket tätt bestånd i Hyltebruk stämde volymen bra, men antalet träd underskattades med 20 procent och medeldiametern överskattades med 21 procent.

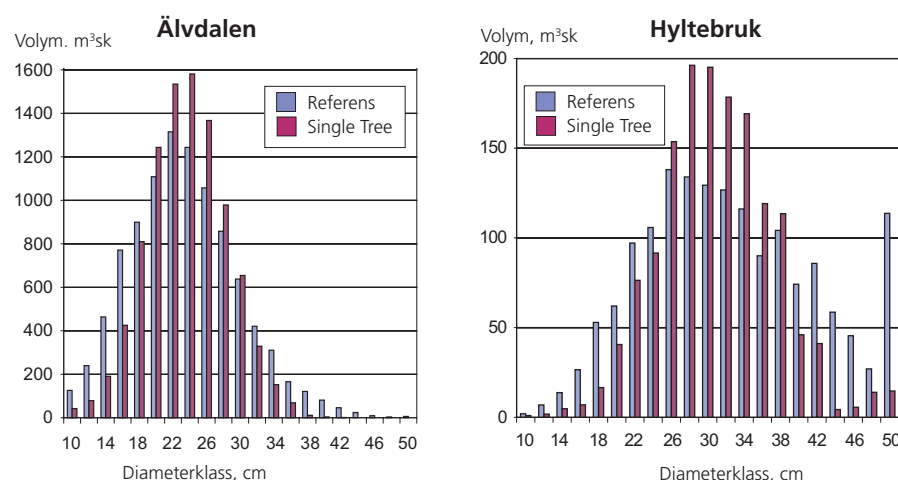
För ett antal ojämna bestånd i Älvdalen underskattade laserdata diameterspridningen, framförallt diametrarna på de grova träden. Detta fick till följd att volymen underskattades med i genomsnitt 17 procent.

Tabell 2. Jämförelse mellan FORAN SingleTree® Method och referensdata. Medelavvikelsen är ett mått på den systematiska avvikelsen från referensdata. Medelfelet är ett mått på mätningens precision. Noggrannheten, som beräknas utifrån medelavvikelse och medelfel, är ett mått på avvikelsen mellan det värde som beräknats med laserdata och referensdata.

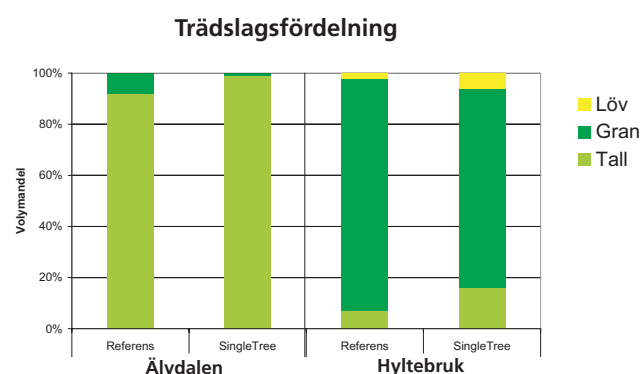
	Älvdalen			Hyltebruk		
Variabel	Medelavvikelse	Medelfel	Noggrannhet	Medelavvikelse	Medelfel	Noggrannhet
	%	%	%	%	%	%
Höjd, GV	-0,1	1,3	1,4	-1,8	1,4	2,3
Diameter, GV	-3,0	6,6	7,3	-2,0	6,7	7,0
Grundyta	-12,4	8,9	15,2	-1,9	9,7	9,9
Stammar	-15,7	6,2	16,9	-5,4	6,7	8,6
Volym	-7,8	8,8	11,8	-5,1	8,6	10,0
Medelstam	9,2	16,2	18,6	1,1	14,7	14,7



Figur 1. Volym beräknad utifrån laserdata och referensdata.



Figur 2. Diameterfördelning beräknad utifrån laserdata och referensdata.



Figur 3. Trädslagsfördelning beräknad utifrån laserdata och referensdata.

**B**

Diskussion

Högre noggrannhet än traditionella metoder

Skogarna i Hyltebruk inventerades också med två traditionella metoder:

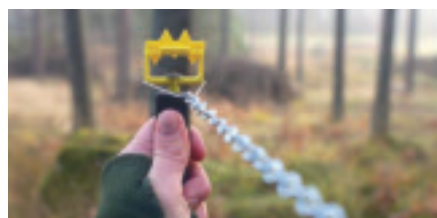
1. Klavade provvytor. På fyra slumpvist placerade provvytor klavades samtliga träd. Dessutom mättes höjden på ett antal provträd.

2. Mätning med relaskop. Två rutinerade inventerare gjorde en okulär volymmuppskattning baserad på stödmätningar med relaskop.

Resultatet blev att laserskanningen gav klart högst noggrannhet för höjd och volym (tabell 3).

Tabell 3. Jämförelse mellan FORAN Single Tree och traditionell mätning. Noggrannheten är angiven i procent (ju lägre siffra, desto bättre noggrannhet).

	Prov- vytor	Rela- skop	Single Tree
Höjd, GV	5,2	5,4	2,3
Diameter, GV	6,9	9,7	7,0
Volym	19,4	33,1	10,0



! Från forskning till tillämpning

Teknik och metoder för flygburen laser inom skogsbruket utvecklas snabbt och används nu alltmer kommersiellt.

En större användning av laserdata kommer att leda till nya system och verktyg inom skogsbruket. En stor potential finns i att ta vara på de data som samlas in vid laserskanningen. Som exempel kan markmodellen användas för att planera drivningen.

I ett pågående forskningsprojekt arbetar Skogforsk tillsammans med bl.a. SLU och Treemetrics på Irland med kombinerad markbaserad laserskanning och flygburen laserteknik. Den markbaserade laserskannern mäter stammarnas form och avsmalning med

Slutsatser

För den avverkningsmogna skogen ger laserskanning med FORAN SingleTree® Method bättre träd- och skogsdata än de två jämförda inventeringsmetoderna. Med en mer utvecklad metod för trädslagsklassificering kan laserskanning ersätta subjektiv relaskop-inventering för uppskattning av volym per trädslag. Man kan då också få volymens diameterfördelning.

FORAN har sedan utvärderingen utvecklat metoden för trädslagsklassificering, bland annat har en ny hyperspektral kamera testats.

Kostnader

En insamling av laserdata från flygplan har en startkostnad på ca 50 000 kronor. För en tät skanning tillkommer sedan 20–30 kronor per hektar, för en glesare mätning räcker det kanske med cirka 10 kronor per hektar. Till detta kommer kostnaden för insamling av fältdata och för att bearbeta data. Ska laserdata ligga som grund för en skogsbruksplan behövs fältbesök för att bestämma skogens bonitet, ålder och åtgärdsförslag.

Totalkostnaden per hektar påverkas av hur stort område som skannas – för mindre fastigheter krävs någon form av samordning mellan skogsägare.

hög precision, vilket resulterar i en stampprofil för varje inmätt träd. Ett mindre antal träd kan mätas in i varje bestånd – med flygburen laserteknik kan sedan stamp profiler skapas för varje träd i beståndet.

Ett alternativ är att skapa stamp profiler från skördar-data för bestånd som liknar de som ska avverkas. Detta förutsätter dock att skördarna registrerar positionen för varje avverkat träd.

Om man har avverkningsobjekten beskrivna med stamp profiler kan stockarnas längd- och diameterfördelning beräknas före avverkningen.

Andreas Barth

English

Improved tree data from aerial laser scanning

Aerial laser scanning makes it possible to describe the properties of trees with relatively high precision. Various survey methods at the stand level have been used over many years, but methods capable of describing individual trees are now available.

Sound data on the raw material is crucial for making reliable decisions in production planning.

Aerial laser scanning is a new technology for estimating the height, diameter and volume of trees.

Skogforsk has compared surveys of individual trees, by means of aerial laser scanning, with the outcome from logging and measurements made in the field in a number of mature final-felling stands.

Laser scanning resulted in:

- greater precision than in the two traditional survey methods that were tested
- relatively few missed trees, and reliable estimates of diameter-class distribution
- underestimation of volume in spruce
- problems in stands having a wide diameter spread

Keywords: Aerial laser scanning; forest survey.

Läs mer

Barth, A., Hannrup, B., Möller, J. & Wilhelmsson, L. 2008. Validering av FORAN SingleTree® Method. Arbetsrapport 666, Skogforsk.

Nilsson, M. & Olsson, H. 2008. Fjärranalysmetoder för datainsamling vid skogsbruksplanläggning i privatskogsbruket – lägesbeskrivning och framtidsvisioner. Arbetsrapport 226, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU.

Sonesson, J., Arlinger, J., Barth, A., Eriksson, B., Frisk, M., Jönsson, P., Möller, J., Svensson, G., Thor, M. & Wilhelmsson, L. 2008. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulsentensiv laser scanning. Arbetsrapport 654, Skogforsk.

