

# Slutrapport för projektet Mobil och flygburen laserskanning kombineras för skogsinventering på enskilda fastigheter (Anslag F18:03)

## Populärvetenskaplig sammanfattning

För skogsbruksplanering behövs skattningar av stamdiametrar inom skogsbestånd. Från flygburen laserskanning är det möjligt att skatta skogliga variabler, t.ex. virkesvolym, om det finns tillgång till fältnätningar av stamdiametrar på provytor som referens, vilket kan vara en begränsning om uppdaterade och lokala fältdata saknas. Dessutom skattas medelvärden och totaler eftersom det finns begränsade möjligheter att skatta fördelningar av stamdiametrar med hjälp av data från den nuvarande nationella laserskanningen. Inom detta projekt har vi utvecklat metoder för att effektivt skatta fördelningar av stamdiameter med hjälp av en kombination av mobil och flygburen laserskanning. För att demonstrera ett nytt inventeringssystem utvecklades ett mobilt mätsystem som är enkelt att använda och som består av billiga delkomponenter. Det består av en rörelsesensor, ett satellitnavigationssystem, en laserskanner och en minidator som kan kommunicera med en vanlig mobiltelefon. Det mobila systemet monterades på en ryggsäck och mätning av trädstammar utförs automatiskt under tiden som en person vandrar i skogen. Den första delen av projektarbetet inkluderade att sätta samman det mobila systemets olika delar och skapa program för att synkronisera datakällorna. Den laserskanner som användes sänder ut ca 300 000 laserpulser per sekund och varje puls måste kopplas till data från rörelsesensorn för att det ska vara möjligt att beräkna ett punktmoln. Det var då möjligt att i realtid på minidatorn beräkna ett punktmoln av 3D koordinater för laserpulsernas reflektioner, t.ex. på trädstammar och på marken. Som nästa steg användes ett program på minidatorn för att kalibrera punktmolnet genom att kontinuerligt beräkna avståndet till objekt runt laserskannern och på så sätt beräkna förflyttningen. Sedan utfördes ytterligare en efterkalibrering med en algoritm som utvecklades vid totalförsvarets forskningsinstitut och som var specialdesignad för skogsmätningar. När punktmolnen med 3D koordinater hade kalibrerats beräknades trädstammarnas positioner och stamdiametrar. På detta sätt är det möjligt att automatiskt beräkna trädens positioner i ett lokalt referenssystem, t.ex. relativt startpositionen. Det är däremot svårt att beräkna en global position eftersom det finns mycket brus i signalerna från navigationssatelliter på grund av dåliga mottagningsförhållanden under trädskronorna. I projektet löste vi detta problem genom att matcha mönstret av trädpositioner från den mobila laserskannern med mönstret av trädpositioner från den flygburna laserskanningen, ungefär som att jämföra fingeravtryck. Denna matchning var dynamisk eftersom unika fingeravtryck från den mobila laserskanningen användes inom olika tidsintervall, något som är nödvändigt för att hantera små fel som annars över tiden ackumulerar till stora positioneringsfel. Inom projektet utvecklade vi metoder för att med flygburen laserskanning automatiskt detektera och beskriva trädskronor så att vi kan beräkna en trädskarta för en hel fastighet. När vi automatiskt har kopplat samman mätningar av trädskronor från flygburen laserskanning och mätningar av trädstammar från mobil laserskanning är det möjligt att skatta fördelningar av stamdiametrar. Detta utförs automatiskt med en algoritm som skattar stamdiameter för alla trädskronor som mäts med flygburen laserskanning genom att söka efter mätningar av stamdiametrar från mobil laserskanning som är kopplade till trädskronor och som i data från den flygburna laserskanningen liknar dessa trädskronor. På detta sätt var det möjligt att skatta stammar/ha för diameterklasser, inom t.ex. skogsbestånd, även om en godtycklig skogsvandring användes vid insamling av data från den mobila laserskanningen.

## Publicering och övriga informationsinsatser

### Publicerade artiklar

Holmgren, J., & Lindberg, E. (2019). Tree crown segmentation based on a tree crown density model derived from Airborne Laser Scanning. *Remote Sensing Letters*, 10(12), 1143-1152. [www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2150704X.2019.1658237](http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2150704X.2019.1658237)

Holmgren, J., Tulldahl, M., Nordlöf, J., Willén, E., & Olsson, H. (2019). Mobile Laser Scanning for Estimating Tree Stem Diameter Using Segmentation and Tree Spine Calibration. *Remote Sensing*, 11(23), 2781. [www.mdpi.com/2072-4292/11/23/2781](http://www.mdpi.com/2072-4292/11/23/2781)

Holmgren, J., E. Lindberg, K. Olofsson and H. J. Persson (2022). Tree crown segmentation in three dimensions using density models derived from airborne laser scanning. *International Journal of Remote Sensing* 43(1): 299-329. [www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2021.2018149](http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2021.2018149)

### Pågående och planerad publicering

Olofsson, K. & Holmgren, J. 2022. Co-registration of field plot single tree stem maps and data captured by a moving sensor using diameter weighted linking (manuskript som har skickats till en vetenskaplig tidskrift).

Holmgren, J. & Olofsson, K. 2022. Estimation of stem diameter distributions using a combination of mobile and airborne laser scanning (planerad vetenskaplig publicering).

### Aktiviteter för information

Resultat presenterades online 16 oktober 2000 i en seminariereserie som arrangerades av statistics@SLU. Fysiska möten har flyttats fram på grund av pandemin. Därför är planen att presentera projektet vid seminariet Örnkoll som arrangeras i Växjö under juni 2022 av Brattåsstiftelsen och Södras Forskningsstiftelse. Dessutom presenteras resultaten i Umeå 18 maj 2022 vid en konferens som arrangeras av forskningsprogrammet Mistra Digital Forest.

### Ekonomisk redovisning

SEK	2019	2020	2021	Totalt
<b>Löner totalt</b>	101 737	70 753	513 187	685 677
Johan Holmgren	101 737	70 753	158 901	331 391
Kenneth Olofsson	-	-	347 386	347 386
Nicklas Albertsson	-	-	6 901	6 901
<b>Resor</b>	2 448	-	33 177	35 626
<b>Köpta tjänster</b>	-	140 000	144 775	284 775
<b>Overhead</b>	50 077	33 304	235 541	318 922
<b>Totalt</b>	154 262	244 057	926 681	1 325 000