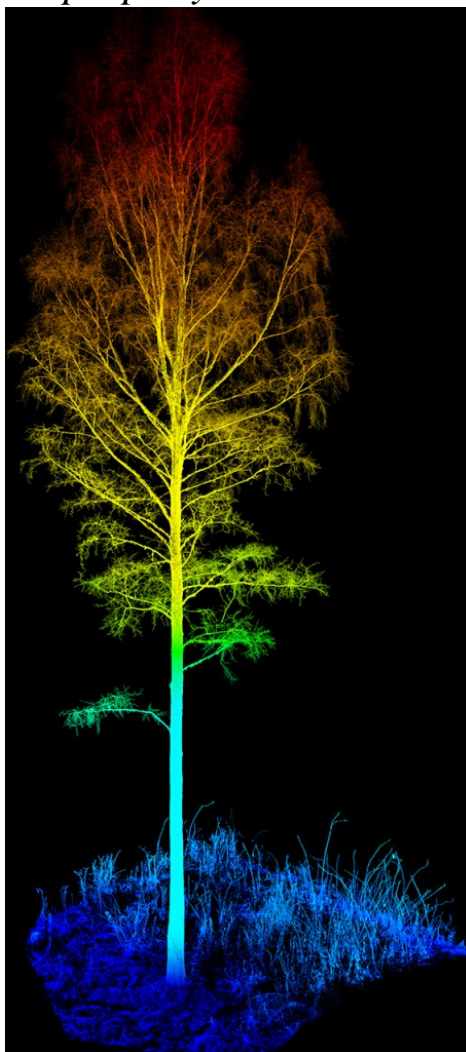




Fjärranalysstödd objektiv uppskattning av virkesförråd för värdering av fastigheter

*Remote sensing-aided objective estimation of growing stock for forest
property assessment*



Anton Romlin Fredriksson

Arbetsrapport 463 2016
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet

Handledare:
Håkan Olsson

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.slu.se/srh
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-463-SE

Fjärranalysstödd objektiv uppskattning av virkesförråd för värdering av fastigheter

*Remote sensing-aided objective estimation of growing stock for forest
property assessment*

Anton Romlin Fredriksson

Nyckelord: fjärranalys, fastighetsvärdering, Balanserad sampling

Examensarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 30 hp
EX0768, A2E

Handledare: Håkan Olsson, SLU, institutionen för skoglig resurshushållning, fjärranalys

Examinator: Göran Ståhl, SLU, institutionen för skoglig resurshushållning, resursanalys

Förord

Detta examensarbete ingår som en del i Jägmästarprogrammet, 300 hp, vid SLU i Umeå.

Under arbetets gång har ett flertal personer hjälpt och stöttat mig på olika sätt, både med ämneskunskap, uppmuntrande ord och tankar. Jag tänker inte nämna alla, eftersom det finns risk att jag glömmer någon, vilket vore olyckligt. Det finns ändå några som jag särskilt vill lyfta fram. Jag vill främst tacka min handledare Håkan Olsson på fjärranalysavdelningen på institutionen för skoglig resurshushållning, SLU Umeå, som med sina värdefulla ämneskunskaper och sitt outtröttliga engagemang och tro på mig handlett mig genom detta arbete. Jag vill även tacka Jörgen Wallerman och Anton Grafström, båda SLU Umeå, som i olika stadier av arbetet bidragit med handledning. Även övriga inblandade på fjärranalysavdelningen och framförallt Ljungbergsfonden som har bidragit till finansiering av Ljungbergslaboratoriet. Här vill jag också skänka en tanke till Mattias Nyström samt de andra studenterna som arbetat i labbet tillsammans med mig. Utan er alla hade detta examensarbete inte varit möjligt.

Tack!

Anton Romlin Fredriksson

Sammanfattning

Att värdera fastigheter kräver en noggrann uppfattning om virkesförrådet på fastigheten i fråga, detta för att kunna skapa bra och tillförlitliga värderingar. Det har under de senaste årtiondena pågått stora avancemang inom fjärranalysområdet både tekniskt och kunskapsmässigt. Detta ger möjligheter att använda dessa nya metoder för att genomföra estimeringar av volym, dock finns det antal olika metoder för att plocka ut ett stickprov från populationen. I denna studie undersöks två olika metoder för att med stöd av fjärranalys välja ett optimalt stickprov av fältprovvytor för skattning av virkesförråd. Undersökningen gjordes med hjälp av ett systematiskt utlägg av 10 m radie provvytor på fastigheten Remningstorp i Västergötland. Den fjärranalys information som används är dels flygburen laserskanning, (ALS) dels digitala punktmoln från fotogrammetri. Två så kallade balanserade samlingsmetoder, LPM2 och CUBE där fjärranalysinformation används för att balansera samlingen av fältprovvytor utvärderades för skattning av volymen och jämfördes med att använda ett obundet slumpmässigt urval (OSU). Detta utvärderades genom att undersöka medelfelet för skattningen vid olika stickprovsstorlekar. De balanserade metoderna LPM2 och CUBE visar en lägre medelfel än OSU. LPM2 med stöd av ALS informationen ger en lägre medelfel än CUBE. Fotogrammetri ger också ett högre medelfel än ALS för både LPM2 och CUBE. Studien visar att balanserade samplingmetoder med fördel kan användas vid uppskattning av volymen på större fastigheter.

Nyckelord: fjärranalys, fastighetsvärdering, balanserad sampling

Abstract

Valuing properties requires a thorough understanding of the stock of wood on the property in question, in order to create good and reliable valuations. It has in recent decades been great advancements in the remote sensing area, both technically and in terms of knowledge. This provides opportunities to use these new methods to carry out estimates of the volume where the remote sensing data is used for optimising the field sample. In this study, I examine two different methods and two remote sensing data sources to support the selection of an optimum sample of field plots to estimate the timber volume. The study was conducted by using a systematic sample of 10 m radius field plots on the property Remningstorp in Västergötland. The remote sensing data used are airborne laser scanning (ALS) and digital point clouds from photogrammetry. Two sampling methods LPM2 and CUBE where remote sensing information is used to balance the sampling of the field plots were evaluated for estimating the volume. As a comparison simple random sampling (SRS) of the available field plots was used. The evaluation was done by examining the standard error of an estimator at different sample sizes. The balanced methods LPM2 and CUBE show a lower standard error than that of the OSU. LPM2 with the support of ALS information reaches a level lower than CUBE and sampling methods with support in photogrammetry. The study shows that balanced sampling methods can be advantageously used in estimating the volume of large properties.

Keywords: remote sensing, property valuation, balanced sampling

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	1
1.1	Introduktion	1
1.2	Sampling.....	2
1.3	Varför denna studie	3
2	MÅL OCH HYPOTESER.....	4
3	MATERIAL OCH METOD	5
3.1	Horvitz–Thompson estimering och definition av populationens total	5
3.2	Jämförande av avvikelse.....	6
3.3	OSU	6
3.4	LPM2.....	7
3.5	CUBE	7
3.6	Insamling och bearbetning av ALS data.....	7
3.7	Insamling och bearbetning av fotogrammetri data.....	8
3.8	Val av metriker	8
4	RESULTAT.....	9
5	DISKUSSION	12
5.1	Indata	13
5.2	Sampling metoder.....	13
5.3	Fortsatta studier	13
5.4	Felkällor och begränsningar	14
6	SLUTSATS	15
	REFERENSER.....	16

1 Bakgrund

1.1 Introduktion

Skogsfastigheter kan värderas till flera miljoner svenska kronor (SEK) och varje år genomförs många ägarbyten där fastighetens värde är baserat på erfarna värderares uppskattning av prisbilden. Värdet på skogsfastigheter har under det senaste decenniet ökat med 54 % i Sverige (Helin 2014). Detta påvisar att intresset att äga skog har ökat och fler fastigheter byter ägare. En fastighet kan förvärvas på flera sätt, via gåvoförfarande, arv eller köp. Köp på den öppna marknaden är mest frekvent (Svahn and Östlund 2014). Vid försäljning på öppna marknaden ges fastigheten det marknadsvärde som köpeskillingen uppgick till. För att göra en bra uppskattning av försäljningspriset finns det behov av goda och korrekta värderingsmetoder för att skatta värdet. När man tittar närmare på försäljningar inom släkten så har de ofta en mer komplex situation, priset bestäms inte här av marknaden, utan görs sätts istället ofta med en värdering som utgångspunkt och kan sedan reduceras utifrån denna uppskattning. Det finns ofta många intressenter i familjen i dessa situationer där flera intressen skall tas till vara och vägas in i ett beslut. Dessa situationer löses ofta genom att göra en uppgörelse mellan parterna där ena parten får ägandet av fastigheten och de andra ges en ekonomisk kompensation. I ett sådant fall finns det ett stort behov av en korrekt värdering som alla parter kan acceptera som underlag för kompensation. Som nämnts tidigare kan de ekonomiska summorna uppgå till höga belopp och i de flesta fall behöver den nya ägaren ha stöd av en bank via lån. I fall där värderingen av fastigheten fungerar som ett grundläggande beslutsunderlag för långivaren genererar en högre noggrannhet ett säkrare beslut för denne. Samma sak gäller när man tittar på försäkringsfrågor där försäkringsbolagen är i behov av bra grundläggande data på fastigheten för att fastställa ersättning. Ett område kan också bli berört av intrång när staten eller någon annan intressent gör anspråk på området för ändamål som är till nytta för samhället i stort. Detta kan göras genom att åberopa att markåtkomstlagstiftningen (Lantmäteriet och Sveriges fastighetsmäklarsamfund, 2010). I dessa fall behövs en värdering genomföras för att få fram korrekt ersättning till markägaren. Dessa fall är dock oftast mindre områden och troligtvis behövs ett område på över 100 ha för att en mer avancerad sampling baserad inventeringsteknik skall vara lönsam.

Idag så används olika sätt att värdera en fastighet och de dominerande är ortsprismetoden samt avkastningsanalyser via nuvärdesberäkningar. Vid försäljning på öppna marknaden används en kombinationsmetod för att skatta marknadsvärdet. Vanligtvis räcker det inte att enbart använda ortsprismetoden då det sällan finns tillräckligt med data över sålda fastigheter i rätt område (Lantmäteriet 2010). Vid ortsprismetoden genomför mäklaren en estimering ifrån tidigare priser samt anpassningar för aktuella trender på marknaden, samt en slutlig värdebedömning i fält. Skogsfastigheter har sinsemellan en stor variation och det fodras en noggrann analys av jämförelsefastigheterna och uppgifter om dessa för att få en bra bedömning.

Studier har visat att den viktigaste faktorn för att fastställa ett slutpris är den stående volymen skog på fastigheten och den geografiska placeringen i Sverige (Carlsson 2012). Detta ställer höga krav på att volymen uppskattas korrekt och med så lite fel som möjligt. Traditionellt så sker detta genom relaskopering och höjdmätning av enskilda träd, vilket är både tidskrävande och kostsamt, dessutom finns risk för förättningsmannaberoende systematiska fel, eftersom relaskopyterna i regel väljs subjektivt. Vid ekonomiska analyser av skogsfastigheter så är även faktorer såsom tillväxt oerhört viktigt då denna ligger till grund

för att estimeras den framtida volymen och på så sätt även den framtida inkomsten. Den är helt enkelt grunden i att göra avkastningsanalyser och för att veta när fastigheten genererar inkomster så behövs också information om åldern på de olika bestånden.

Bra information är därför viktigt för att kunna fatta rätt beslut för att kunna ekonomiskt optimera sitt agerande utifrån de resurser som finns. De traditionella subjektiva fältinventeringarna har varit dominerande, men med nya tekniker och större kunskap om olika sensorer så ges idag större valmöjlighet vid inventering än tidigare. En applicering av den nya kunskapen och tekniken skulle kunna ge en positiv utveckling för att skapa ett mer objektivt arbetssätt att genomföra värderingar på. Vid detta skulle en korrigerig av den skogliga informationen kunna genomföras för att minska det systematiska felet som kan uppstå vid subjektiv skattning, dock är detta kanske mest aktuellt för större fastigheter. Vilken storlek som är lämplig för att använda dessa objektiva metoder är starkt beroende av kostnaden för att samla in informationen och bör undersökas närmare innan beslut tas om vilken inventeringsmetod som skall appliceras. Detta skulle inte enbart ge bättre värdeberäkningar utan också ge värderaren ett bättre stöd att bedöma det slutgiltiga värdet med. Via utökat användande av fjärranalys så kommer också fälttiden för värderaren att minska och på så sätt frigöra mer tid för denna att utföra andra arbetsuppgifter. Fjärranalys är olika tekniker som kan mäta skogen på avstånd utan någon fysisk kontakt med föremålen, vilket ger behov av någon form av signal (Schowengerdt, 2007). Nyligen blev den nationella laserskanningen över Sverige klar och detta genomfördes på uppdrag från regeringen, mellan 2009 till 2016 (Lantmäteriet 2015). Skanningen gjordes med en täthet på 0,5 – 1 träffar/m². Med detta data och provtytor uppmätta i fält går det att göra fullgoda skattningar av viktiga variabler som t.ex. virkesförråd, vilket också har genomförts på nationell nivå av SLU och Skogsstyrelsen.

1.2 Sampling

Sampling handlar om att skatta egenskaper för en större population med data från ett stickprov. I denna studie handlar det om att med stöd av hjälpinformation från fjärranalys objektivt och effektivt välja ett mindre antal provtytor som sedan används för att beskriva den totala populationens virkesvolym. Genom att använda provtyornas uppskattade volym kan sedan den totala volymen på fastigheten estimeras. Samplingmetoder ingår i ämnet som kallas matematisk statistik. Denna studie har tillgång till ett större material av systematiskt utlagda provtytor, samt fjärranalysdata som används som stöd vid selektering av en delmängd av provtytor. Den sekundära källa av korrelerade hjälpvariabler som används för att välja ut provtytor, är vanligtvis mycket lättare att införskaffa och mer kostnadseffektivt att samla in i stora mängder. Dess information ska finnas tillgänglig för varje enhet i den totala populationen (Särndal et al. 2003). Att estimeras volymen för den totala fastigheten är ett väl undersökt fält inom forskningen och användandet av information i skattningen av skog kan göras på många sätt, dock finns det nya metoder för att genomföra detta så effektivt som möjligt (Grafstrom et al. 2014). Att använda sig av laserdata för att mer kontrollerat lägga ut referensytor i fält har påvisats vara ett effektivt sätt för att minimera kostnaden i fält och samtidigt bibehålla en hög noggrannhet i skattningarna av de skogliga variabler som var av intresse att undersöka (Gobakken, et al. 2013). Att arbeta enligt denna metodik kallas att balansera samplingen.

1.3 Varför denna studie

Denna studie ansågs relevant att genomföra för att undersöka hur nya tekniker och ny kunskap inom sampling skulle kunna användas inom fastighetsvärdering. Då det finns en rad olika sätt att använda fjärranalysdata så valdes att avgränsa arbetet till att fokusera på möjligheten att använda fjärranalys för att optimalt välja ett sampel av provytor. Som ovan nämnts finns det mycket kunskap och forskning om hur fjärranalysdata kan användas inom skogsbruket, där många olika angreppssätt för att nå målet för att skatta den skogliga informationen kan appliceras. Två aktuella datakällor som korrelerar väl med virkesförråd är 3D punktmoln från laserskanning respektive fotogrammetri. Beträffande dessa, så mäter båda trädhöjden bra, men det kan antas att laserskanning är effektivare hjälpinformation, eftersom krontaketets täthet fångas bättre med laser än med digital fotogrammetri.

En metod som diskuterades i uppstarten av detta arbete var modellassisterade skattningar. Denna metod baserar sig på att fjärranalysinformation används för att korrigera den skattning som görs från ett sampel med provytor (Naasset, et al. 2011). Detta är ett komplementärt sätt att använda hjälpinformationen från fjärranalys, men om fjärranalysinformationen, som i denna studie, redan använts som stöd för att välja provytor, små minskar effekten av att även ta med den vid den slutliga skattningen.

2 Mål och hypoteser

Denna studie syftar till att utvärdera hur flygburen laserskanning (ALS) och punktmoln från fotogrammetri kan användas som stöd för ett effektivare val av provytor. I studien så görs ett par hypoteser

H.1 att användningen av hjälpinformation vid selekteringen av provytor så kommer medelfelet vara lägre än vid sampling utan denna information.

H.2 att ALS-data kommer att generera lägre medelfel än fotogrammetri vid användning som hjälpinformation.

3 Material och metod

Studieområdet Remningstorp är beläget i syd-västra Sverige (58°30'N, 13°40'E) och har en liten variation i höjd av 120 m – 145 m över havet. Dess trädslag är framförallt gran (*Picea abies*), tall (*Pinus sylvestris*) och björk (*Betula spp.*). Fastigheten består av ca 1500 ha skogsmark samt andra marktyper, den är aktivt skött för produktionsskogsbruk enligt traditionellt trakthyggesbruk. Fastigheten används som en testplats för fjärranalysforskning, den är därför väl dokumenterad och över området finns ett flertal olika typer av fjärranalys- och fältdata. Den fältinformationen som användes i studien var insamlad under 2014 och består ursprungligen av 219 provytor med 10 m radie. Dessa ytor var utlagda med 200 m mellanrum och har inventerats med avseende på en rad olika skogliga variabler, i denna studie användes dock enbart volymen. De använda provytorna är systematiskt utlagda i ett rutnät vilket medför att ett helt slumpmässigt sampel inom fastigheten inte kan genomföras. Studien är helt enkelt låst till den spridning som inventeringen via rutnätet genererat. Så när det anges att ett slumpmässigt sampel gjorts så är det en slumpmässig delmängd av de systematiskt utlagda provytorna som avses.

För fastigheten finns även en skogsbruksplan som användes i framställandet av en skogsmask som användes för att definiera produktiv skogsmark, denna var 1 298,4 ha. Även information kring skogliga åtgärder utförda perioden 2013 – 2014 användes för att selektera bort de ytor som påverkas av någon form av skoglig åtgärd. Att åtgärder utförda 2013 utselektades var pga datalagret som användes för denna utsortering av bestånd ej angav vilket år åtgärden var utförd, enbart att den var gjord någon gång under denna period. Detta resulterade i att de provytematerial som användes minskades till 198 ytor där man med säkerhet kan säga att inga skötselåtgärder skett och som därmed sannolikt var opåverkade mellan insamlandet av fältdata och anskaffningen av fjärranalysdata.

3.1 Horvitz–Thompson estimering och definition av populationens total

I denna studie undersöks hur hjälpinformation från ALS eller fotogrammetri kan hjälpa oss att generera stickprov som beskriver populationens total säkrare än vid enbart slumpmässig selektion av provytor. I studien användes den summerade volymen/ha för varje provyta som y , detta för att ett medelvärde av volym kan genereras från denna för att skatta fastighetens totala volym i värderingssyfte. Ett generellt sätt att skatta totalen av den variabel som man är intresserad av att undersöka är via Horvitz–Thompson (HT) estimering (Horvitz and Thompson 1952). Denna är beskriven i formel 2, där π_i är inklusionssannolikheten för en viss enhet att komma med i ett visst stickprov och y_i är den volym/ha som är uppmätt på provytan. Tidigare studier där variansen av HT skattningen undersökts har visat att balanserad sampling ger en lägre varians än obalanserad sampling (Grafström et al. 2012). Detta undersöks via att totalen skattades med HT skattningen för varje sampel som selekterades. Sedan kalkylerades den genomsnittliga kvadratiska avvikelserna från den estimerade volymen från volymen för hela populationen.

Formel 1 definierar populationens total i studieområdet, det är en summering av alla provytors volym/ha. Denna används för att få fram det värde som vi eftersträvar att estimera.

$$Y = \sum_{i=1}^N y_i \tag{1}$$

Formel 2 är HT estimeringen för ett givet sampel, där volymen på ytan divideras med sannolikheten att just denna enhet är inkluderad i samplet. I_i är just denna inklusions-indikator där $I_i = 1$ innebär att enheten är inkluderad och $I_i = 0$ i fall den inte är inkluderad.

$$\hat{Y} = \sum_{i=1}^N \frac{y_i}{\pi_i} I_i \quad (2)$$

Formel 3 baseras på simuleringar då studien har full kännedom av den totala populationen. Den kalkylerar det kvadratiske medelfelet för skattningen av volymen från de uttagna stickproven där m är antal iterationer och k är ett enskilt stickprov. Via denna så beräknas den genomsnittliga kvadratiske avvikelser från det sanna värdet, som i detta fall utgörs av värdet för alla tillgängliga provtyper i det systematiska samplet.

$$\hat{V}_{sim} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (\hat{Y}_k - Y)^2 \quad (3)$$

Via roten ur så får vi medelfelet som ligger som grund för analysen och är basen i kalkyleringen i medelfelet för resultatet i avsnitt 4. Det är således medelfelet som är de resultat som presenteras i detta avsnitt, förutom figur 1 och 2 som baseras på formel 2 och dess resultat.

3.2 Jämförande av avvikelse

I studien genomfördes också en uppskattning av säkerheten i estimeringen av den totala volymen för hela populationen provtyper via användandet av formel 3. Detta gjordes genom att kalkylera den genomsiktliga kvadrerade avvikelser från den summerade volymen av alla provtyper och via roten ur denna så får vi standardavvikelsen i m³sk.

En jämförelse av OSU med de andra metoderna genomfördes. Detta gjordes genom att resultatet från \hat{V}_{sim} (formel 3) av de balanserade metoderna dividerades med \hat{V}_{sim} resultatet från OSU. Detta ger oss en uppfattning om hur mycket större medelfel för OSU är jämfört med de andra metoderna och för att kalkylera detta så tas roten ur jämförelsen. Via denna kalkyl ses det enklare hur de olika metoderna står sig mot varandra.

3.3 OSU

I nästa steg användes olika samplingsmetoder där att selektera en subpopulation definierad som S som har storleken n provtyper. Detta genomfördes via olika metoder där den första jämförelsemetoden var OSU (obundet slumpmässigt urval). Detta gav en referens till de balanserade samplings metoder som används senare steg i studien. All sampling genomfördes via att ett uttag på n enheter selekterades, sedan beräknades avvikelser från det sanna värdet, (dvs hela populationen provtyper) för de enskilda urvalen. I den obundna slumpmässiga samplingsmetoden så har varje i enhet en lika stor sannolikhet att bli inkluderad i varje steg tills det önskade antalet enheter selekterats. Skattningen (2) beräknades sedan för urvalet. När alla urval dragits skattades variansen via (3) som sedan låg till grund för medelfelskalkylering som presenteras i resultatdelen.

3.4 LPM2

Den andra metoden som användes är en balanserad samlingsmetod som ser till att stickprovet tas ut med spridning inom hjälpvariablerna. Metoden kallas lokal pivotal metod (LPM2) (Grafström et al. 2012). Vilken i sin tur är en spatial applicering av den pivotala metoden introducerad av (Deville and Tillé 1998). I denna studie användes den alternativa algoritmen som kallas för LPM2 som genomgår ett par steg för att selektera ett sampel (Grafström et al. 2012). Enheter med liknande värde på hjälpvariablerna tävlar mot varandra, vilket gör att de med liknande värde på hjälpvariablerna får låg sannolikhet att samtidigt väljas. Detta resulterar i att samplet blir väl spritt och blir väl balanserat i sin helhet. Skattningen (2) beräknades sedan för urvalet. När alla urval dragits skattades variansen via (3) som sedan låg till grund för medelfels kalkylering och detta presenteras i resultat delen.

3.5 CUBE

Den tredje metoden som användes i studien var CUBE metoden som togs fram av Deville och Tillé (2004). Den är komponerad så att den är uppdelad i två faser, som kallas flygfasen och landnings fasen. Det är en metod som använder en generell multivariat algoritm för att välja ut ett balanserat stickprov och som kan hantera flera hjälpvariabler med lika eller olika inklusionssannolikhet. I landningsfasen som appliceras ifall ett urval ej genomförts i flygfasen så genomförs en utelämnning av någon hjälpvariabel. Algoritmen tar då bort en variabel och gör om flygfasen igen. Detta repeteras tills utfallet är klart för alla enheter. Skattningen (2) beräknades sedan för urvalet. När alla urval dragits skattades variansen via (3) som sedan låg till grund för en medelfelskalkylering som presenteras i resultat delen.

3.6 Insamling och bearbetning av ALS data

Det använda ALS datat samlades in i september 2014 med hjälp av en Riegl LMS Q680i sensor. Helikoptern flög på en höjd av 440 m vilket resulterade i en punkttäthet på 20 punkter/m². Datat normaliserades sedan så att punkterna gavs en höjd över marken i stället för en höjd över havet. Det normaliserade datat bearbetades sedan via LASTools där funktionen lasclip användes för att extrahera punktmolnen i provytorna (Isenburg 2015). Detta genomfördes via användning av koordinaterna för provytecentrum och radien för varje provyta. Resultatet av detta var att för varje provyta erhöles ett enskilt punktmoln från vilket metriker beräknades med CloudMetrics i programpaketet Fusion (McGaughey 2015). Inställningar i denna beräkningsapplikation gjordes så att en minimihöjd på 1,5 m ställdes in, detta för att minimera inverkan av låg vegetation och andra icke identifierade punkter på beräkningarna. Detta är en gräns som först introducerades 1996 och sedan har blivit ett vedertaget arbetssätt för att minimera inverkan av låg vegetation och markpunkter vid skattning av skog (Nilsson, 1996).

De metriker som beräknades var två höjdpercentiler, p_{80} och p_{90} , för att beskriva trädens höjd. Dessa höjdpercentiler ger användaren information om hur stor andel av punkterna som återfinns på en viss höjd i trädskiktet, p_{80} ger t.ex. information om på vilken höjd 80 % av punkterna i trädskiktet återfinns (Nordkvist och Olsson, 2013). Även VR (vegetation ratio) beräknades i detta steg, genom att dividera antal träffar i vegetationen med totalt antal punkter på ytan (Næsset 2002). Det ger oss ett mått för hur stor andel av ytan som är täckt av vegetation på olika höjder och användes vid estimeringen av volym. Detta var de hjälpvariabler som användes som stöd i selektering vid sampling med metoderna CUBE och LPM2 med stöd av laserdata.

3.7 Insamling och bearbetning av fotogrammetri data

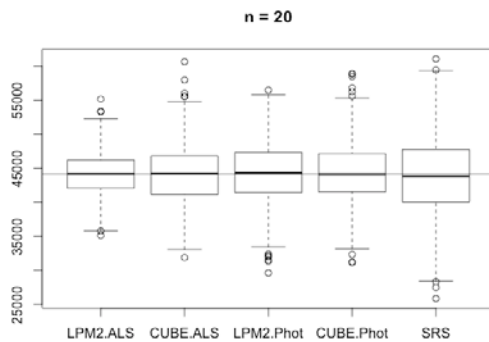
De använda flygbilderna var insamlade 2014 av lantmäteriet med en Vexcel UltraCam X kamera från en höjd på 2900 m. Detta producerar en CIR (färginfrabild) med pixelstorleken 0,25 m och med ett stereoöverlapp på 60 % längs med flygsträckan och ett sidoöverlapp på 30%. Sedan användes en matchningsmjukvara för att producera ett punktmoln över området, Match-T DSM version 6.1 av Trimble (Anon 2013). Detta punktmoln bearbetades sedan på samma sätt som ALS data där enskilda moln över referensytorna genererades och sedan kalkylerades metriker över dessa med hjälp av CloudMetrics i programpaketet Fusion (McGaughey 2015). Vid fotogrammetridelen av undersökningen användes endast *p80* som hjälpvariabel då denna har visat sig ha en hög korrelation med volymen, samtidigt som täthetsmått som *VR* inte är lika meningsfulla för fotogrammetridata som för laserdata (Bohlin et al. 2012a).

3.8 Val av metriker

Metrikerna som är valda som hjälpvariabler är baserade på deras korrelation med den fältmätta volymen. I studiens så genomfördes korrelationstester för de olika metrikerna för att säkerställa att dessa kan användas i estimeringar av volymer via regressions modeller. Modeller som estimerar volym från fjärranalysdata är väl undersökta både för ALS och fotogrammetri. Studien har tagit stöd i dessa analyser för att välja ut just dessa metriker för stöd. Detta medförde att för fotogrammetri punktmolnet så togs *p80* ut och användes som stöd för samplingen (Bohlin et al. 2012b). Från ALS informationen så användes *p90*, *p80* och *VR* (Naesset. et al. 2004). Alla metriker standardiserades sedan i R Studio så att alla värden omvandlades till att vara värden mellan 1 till 0.

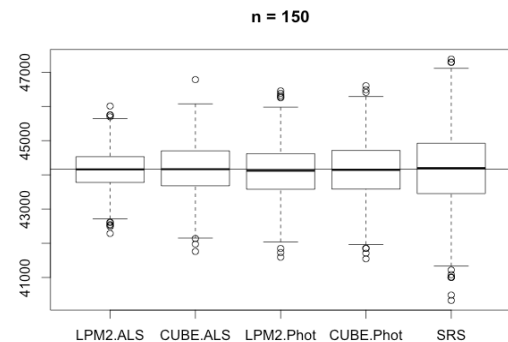
4 Resultat

Figur 1 visar hur spridningen av HT estimeringen via formel 2 sprider sig från Y vid ett stickprov på 20 provytor vid 1000 upprepningar av det slumpmässiga samplet. Detsamma visar figur 2 fast vid ett stickprov på 150 enheter. Dessa har stora likheter där de balanserade samplings metoderna (LPM2 och CUBE) ger en mindre spridning jämfört med OSU. LPM2 med stöd i ALS information var den som presterade bäst, genom att generera en betydligt mindre spridning i estimeringarna.



Figur 1 visar spridningen av HT estimeringen för Y i m^3sk för 1000 iterationer över en stickprovsstorlek på $n = 20$.

Figure 1 shows the distribution of HT estimation of Y in m^3sk 1000 iterations of a sample size of $n = 20$



Figur 2 visar spridningen av HT estimeringen för Y i m^3sk för 1000 iterationer över en stickprovsstorlek på $n = 150$.

Figure 2 shows the distribution of HT estimation of Y in m^3sk 1000 iterations of a sample size of $n = 150$

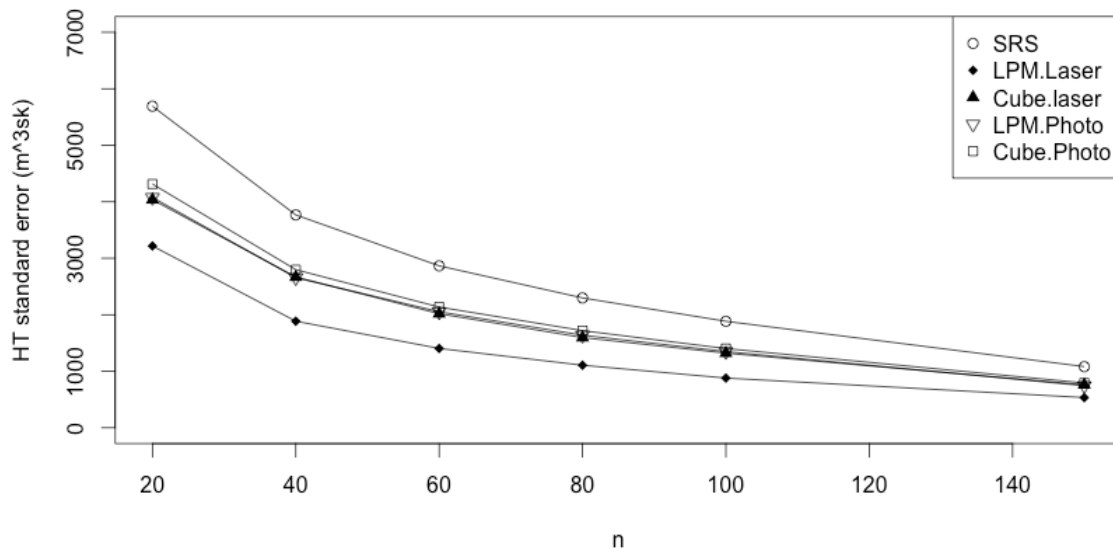
Tabell 1 visar roten ur formel 3, alltså medelfelet som de olika metoderna uppnår vid olika stickprovsstorlekar. Här syns tydligt att LPM2 med stöd i ALS har ett generellt lägre medelfel. OSU hamnar högst i denna skattning och når inte under 1000 m^3sk i denna studie.

Tabell 1 visas medelfelet i HT estimeringar från de sanna Y värdet för totalpopulationen vid olika stickprovsstorlekar.

Table 1 shows the standard error of HT estimations from the true Y value of the total population at different sample sizes.

n	LPM2 _{ALS}	CUBE _{ALS}	LPM2 _{Photo}	CUBE _{Photo}	OSU
20	3217	4037	4077	4314	5691
40	1886	2668	2657	2798	3767
60	1408	2018	2053	2136	2865
80	1107	1596	1638	1719	2298,
100	880	1321	1348	1402	1884
150	533	761	744	792	1081
Mean	1505	2067	2086	2194	2931

Detta syns också tydligt i figur 3, som mer visuellt visar fördelningen av medelfelet vid olika stickprovsstorlekar.



Figur 3 Visar hur medelfelet v HT estimeringen sjunker med ökande antal provytor som inkluderats i stickprovet. Den metod som visar sig ha lägst medelfel generellt är LPM2 med ALS information som stöd.

Figure 3 shows how the standard error of HT estimation decreases with increasing number of plots that were included in the sample. The method is found to have the lowest standard error is generally LPM2 with ALS information support.

I tabell 2 visas sedan medelfel från formel 3 från total populationens total värde, Y volymen via provytorerna vid varje stickprov och metod i procent..

Tabell 2 visar medelvärde i volym från Y som var 44169,1 m³sk, tabellen visar siffrorna i tabell 1 i procent.

Table 2 shows the standard error in the volume estimations from Y that were 44169.1 m³, the table shows the figures in Table 1 in percent.

n	LPM2 _{ALS}	CUBE _{ALS}	LPM2 _{Photo}	CUBE _{Photo}	OSU
20	7,28%	9,14%	9,23%	9,77%	12,88%
40	4,27%	6,04%	6,02%	6,33%	8,53%
60	3,18%	4,57%	4,65%	4,84%	6,49%
80	2,51%	3,61%	3,71%	3,89%	5,20%
100	1,99%	2,99%	3,05%	3,17%	4,27%
150	1,21%	1,72%	1,68%	1,79%	2,45%
Mean	3,41%	4,68%	4,72%	4,97%	6,64%

En undersökning genomfördes även för att jämföra förhållandet mellan OSU och de balanserade samplen. Ju lägre kvot desto bättre presterar den aktuella metoden i jämförelse med OSU. Denna syns i Tabell 3 här kommer LPM2 med ALS information lägst med i genomsnitt 0,50 i kvot. Någon tydlig två finns ej utan övriga undersökningar ligger på 0,70 i kvot.

Tabell 3 visas medelfelet som en kvot för metoderna jämfört med OSU, där kalkylen gjordes genom att dividera metodernas medelfel vid en viss stickprovstorlek med OSU medelfel för samma stickprovs storlek.

Table 3 shows the standard error as a quota of the methods compared with OSU, where the calculation was carried out by dividing method, the standard error at a sample size wise with OSU standard error.

n	LPM2_{ALS}	CUBE_{ALS}	LPM2_{Photo}	CUBE_{Photo}
20	0,57	0,71	0,72	0,76
40	0,50	0,71	0,71	0,74
60	0,49	0,70	0,72	0,75
80	0,48	0,69	0,71	0,75
100	0,47	0,70	0,72	0,74
150	0,49	0,70	0,69	0,73
Mean	0,50	0,70	0,71	0,75

Den skillnaden som kan påvisas jämfört med OSU visas i tabell 3. Den generella trenden i den jämförelsen är att de avancerade metodernas medelfel är lägre pga. stöd i hjälpinformation.

5 Diskussion

Studien visar som väntat att det skattade samplingsmedelfelet minskar med ökat antal provytor, för alla metoder att selektera provytor. Dock så är det tydliga skillnader när användandet av avancerade samlingsmetoder läggs till så minskar medelfelet betydligt under hela samplingsserien. Detta är framförallt tydligt vid små sampel där studiens serie börjar på 20 provytor som var den miniminivå som valdes då mindre sampel gav alltför högt medelfel i OSU för att vara intressant. I studien lades den lägre gränsen på 20 enheter för att göra studien så relevant för läsaren som möjligt. Det resultat som erhållits i studien styrker våra hypoteser som diskuteras nedan, dock kan det inte säkerställas att det är en generell sanning för alla situationer. Det är således ej statistiskt bevisat att detta är ett generellt utfall för alla situationer.

När vi återvänder till hypoteserna i avsnitt 2 så kan vi konstatera att H.1 är bevisat som sant. medelfelet sjunker påtagligt vid användandet av hjälpinformation för val av provytor, att använda metoder som ej inkluderar detta bör därför i mitt tycke undvikas. Detta är mer en kostnadsfråga vid själva beslutsfasen av inventeringsförfarandet, då att samla in hjälpinformation kan vara relativt dyrt. De framställningar av 3D punkmoln från fotogrammetri som nu pågår hos lantmäteriet har potential att kostnadseffektivt kunna användas som hjälpinformation. Dock så bör diskussionen i beslutsfattandet också kalkylera in kostnaderna för varje inventerad yta på fastigheten. Då det är höga löner för anställda i Sverige så kan det vara mindre kostsamt totalt att börja med en insamling av hjälpinformation för att sedan minska antalet utlagda provytor i fält. Ett sätt att samla in hjälpinformation som kan vara kostnadseffektivt skulle vara användandet av drönare försedda med fotoutrustning. Via dessa fotografier skapas sedan 3D punktmoln som används som hjälpvariabler vid samplingen. En sådan metod skulle kunna ge en större säkerhet i både skattning av volym och som resultat av detta en bättre uppskattning av värdet av fastigheten. Till detta kan också tilläggas några punkter som kan vara av intresse för fastighetsägaren som väljer en sådan metod att ett bättre bildmaterial över fastigheten kan ha ett stort värde även vid planering av åtgärder på fastigheten. Även den större säkerheten i de skogliga variablernas skattningar ger ett bättre underlag för att optimera de beslut som fattas i ekonomiskt avseende, detta kan kalkyleras in i de ekonomiska kalkylerna för inventeringen. Det syftar på är att även om insamlandet av ytor och fjärranalysdata genererar en större kostnad vid utförandet jämfört att enbart samla fält data så kan det vara lönsamt på lång sikt.

Den andra hypotesen om att ALS datat skulle generera ett lägre medelfel än fotogrammetri data kan också bekräftas i denna studie. Det fanns en påtaglig skillnad mellan de olika datakällorna vid denna studie, vid användandet av LPM2 dock inte vid CUBE metoden. Detta kan troligt vis förklaras med att det finns ett ickelinjärt samband med hjälpinformationen och målvariabeln. Dock är CUBE optimalt vid linjära samband och bör användas vid sådana tillfällen och vid linjära samband med påtagligt brus så presterar de likvärdigt. Detta indikerar att LPM2 metoden har större nytta av den informations som kommer från ALS än vad CUBE metoden har. Vid användandet av fotogrammetri så blev det inte samma skillnad mellan LPM2 och CUBE, detta indikerar att mindre informationsrika data genererar likvärdigt resultatet vid båda metoderna. Skillnad mellan data källorna kan bero på att VR hämtades från ALS och inte fotogrammetri.

Analysen av hur väl de olika stickproven kunde skatta den totala volymen för populationen var väldigt intressant då detta är grunden i värderings och prissättningen av skogsfastigheter. Här kan vi konstatera att OSU har en högre osäkerhet i skattning av volym än de balanserade

metoderna. Vid skattning av volymen så önskas en så låg nivå av fel skattning som möjligt, för att få en så bra prissättning som möjligt. Men hur stor felmarginal som är accepterad vid prissättningen är upp till säljaren, dock så är det en fördel att via studier som denna kunna utveckla metoder som genererar en känd felmarginal. Via detta kan säljaren få en större kund nöjdhet hos den aktuella mäklaren och att det pris som fastigheten får har ett känt fel i stället för ett okänt som skapar förutsättningar för spekulationer.

5.1 Indata

De indata som användes i studien var ett tillräckligt bra material dock så skulle mer information om provytorna behövas. Information om exakt när de är inventerade hade varit till fördel vid rensningen av de ytor som är berörda av skötselåtgärder. Även detta material som beskriver åtgärderna skulle med fördel ha varit mer detaljerat. Då hade med stor sannolikhet ett större antal av de bortsorterade ytorna kunnat vara kvar i materialet och utvidgat studiens omfattning. Fjärranalysinformationen var fullgod för att utföra studien.

De ytor som användes i denna studie var provytor som är väl inmätta och på så vis tar relativt mycket tid att mäta. Vid en uppskattning av fastigheters volym idag så används oftast relaskopinventeringar som ger en lägre säkerhet. Dessa är dock betydligt billigare och mer tidseffektiva, vilket gör att ett större antal kan läggas ut över området som skall inventeras.

5.2 Sampling metoder

OSU valdes för att ha en referens till de två mer avancerade metoderna som använder sig av hjälpinformation. OSU är en metod som är väldigt enkel i sitt utförande och som påvisats i studien genererar mindre säkra resultat med större variation i sitt resultat än att använda metoder med högre komplexitet. Dock är den ett bra riktämne för hur de övriga resultat skall tydas. LPM2 och CUBE använder en betydligt mer avancerad selektionsprocess och dess resultat är säkrare än OSU. När det används metoder som tar hjälp av ytterligare information vid selektionsprocessen så kommer de få en mindre spridning i resultatet mellan iterationerna. Det finns många fler metoder som använder hjälpinformation och som också skulle kunnat användas i denna studie, dock var inte syftet att hitta den optimala samplings metoden. Studien syftade snarare till att undersöka om det fanns någon potential i att implementera hjälpinformation i sampling av mindre fastigheter. Detta har påvisats med ett tydligt resultat i att det finns en potential att förbättra arbetet vid inventering av skog, där det finns tillgängligt någon form av hjälpinformation som korrelerar med den parameter som är av intresse att undersöka. Att få en ca 50 % förbättring av estimering av total volymen genom att implementera en annan sampling metod är intressant och bör kanske övervägas att implementeras i praktiskt arbete.

5.3 Fortsatta studier

Denna studie har utformats som en förstudie för att undersöka om det skulle kunna finnas något värde av att använda sig av mer avancerade samlingsmetoder och fjärranalys data vid volyms inventeringar inför värdering. Det behövs dock göras mer ingående studier för att utforma en praktiskt applicerbar metod, i detta fall användes cirkelytor som är väldigt noggrant inventerade, sådana används oftast inte vid värderingsförfaranden. Att genomföra en studie med relaskoperade ytor skulle vara intressant då detta är en vanlig inventerings metod. Detta skulle kunna genomföras genom att man på utvalda fastigheter gör en standardinventering via relaskopiering som brukligt är vid värdering och sedan samlar in fjärranalysdata över dessa och sedan genomför en liknande studie som denna. Det behövs

då koordinatsatta relaskopytor som kan användas för att extrahera rätt hjälpinformation från fjärranalysdata. Vilka fjärranalysdata som skall användas har diskuterats i början av denna studie, dock valdes att använda det som var tillgängligt för just detta område. Det resulterade i användandet av flygbilder och ALS information, det finns som den insatte vet en uppsättning av flera olika källor som ej berörts här. Detta skulle kunna vara radar, bilder tagna av drönare eller satellitbilder alla dessa källor är oerhört intressanta av olika anledningar. Radar är intressant på grund av att det har på visats en stor potential i skattningar av skogliga variabler. Satellitfoton har många av de egenskaper som flygfoton har samt ytterligare fördelar via att vara just satellitburen. Satelliter har en stor areell täckning, detta möjliggör att stora områden kan samlas in på kort tid kostnads effektivt. De har samtidigt en korta intervall mellan insamlandet av ny data, då de ständigt cirkulerar i omlopp. Detta har sin fördel i att det inte behövs någon som aktivt samlar in information om fastigheten utan det räcker i stället att beställa hem bilder över de områden som man är intresserade att undersöka.

5.4 Felkällor och begränsningar

En av de begränsningar som denna studie har är att provytorna är utlagda systematiskt i ett rutnät över fastigheten, vilket utgör vår population. Detta medför att ett helt slumpmässigt stickprov ej kan genomföras, utan min analys är låst inom ramen av dessa indata. Detta har troligtvis den inverkan att det medelfel som genereras via den systematiska provyteinformationen är något lägre medelfel än det medelfel som skulle genereras vid ett helt slumpmässigt provyteutlägg. Dock så liknar de mindre samplen mer ett helt slumpmässigt sampel då dessa har en stor spridning geografiskt inom området. Andra begränsningar som bör kommenteras är en populationsstorlek som är förhållandevis liten.

6 Slutsats

Det denna studie visar är att det finns en potential att använda ALS och fotogrammetri med väl utformade sampling metoder. Att använda sig av hjälpinformation har påvisats vara en stor fördel för att minska medelfelet vid stickprov där volymen är av intresse. Att få ner felmarginalerna vid estimering av volym inför försäljning innebär samtidigt att man får ner felmarginalerna av priset för fastigheten. Detta skapar en betydligt bättre förutsättning för de som vill sälja sin fastighet, samtidigt som mäklarna får en större säkerhet vid deras uppdrag. Via denna studie så syns det att ett vidare arbete av sampling metoder där studie området är mindre fastigheter. Detta för att utveckla metoder som är person oberoende är en säkerhet både för mäklare och privatpersoner, för att skapa en mer rationell marknad.

Referenser

- Anon (2013) *MATCH-T DSM 6.1 -Reference Manual*.
- Bohlin, J., Wallerman, J., and Fransson, J.E.S. (2012a) 'Forest Variable Estimation Using Photogrammetric Matching of Digital Aerial Images in Combination with a High-Resolution DEM'. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27 (7), 692–699.
- Bohlin, J., Wallerman, J., and Fransson, J.E.S. (2012b) 'Forest Variable Estimation Using Photogrammetric Matching of Digital Aerial Images in Combination with a High-Resolution DEM'. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27 (7), 692–699.
- Carlsson, S. (2012) *Faktorer som påverkar skogsfastigheters pris* [online] available from <<http://stud.epsilon.slu.se/4482/>> [16 September 2015].
- Deville, J.-C. and Tillé, Y. (1998) 'Unequal Probability Sampling without Replacement through a Splitting Method'. *Biometrika* 85 (1), 89–101.
- Deville, J.-C. and Tillé, Y. (2004) 'Efficient Balanced Sampling: The Cube Method'. *Biometrika* 91 (4), 893–912.
- Gobakken, T., Korhonen, L., and Naesset, E. (2013) 'Laser-Assisted Selection of Field Plots for an Area-Based Forest Inventory'. *Silva Fennica* 47 (5), 943.
- Grafström, A., Lundström, N.L.P., and Schelin, L. (2012) 'Spatially Balanced Sampling through the Pivotal Method'. *Biometrics* 68 (2), 514–520.
- Grafström, A., Saarela, S., and Ene, L.T. (2014) 'Efficient Sampling Strategies for Forest Inventories by Spreading the Sample in Auxiliary Space'. *Canadian Journal of Forest Research* 44 (10), 1156–1164.
- Helin, M. (2014) *LRF Konsult, Skogspriser 2014*. available from <<http://lrfkonsult.se/press/vara-publikationer/skog1/prisstatistik/den-nedatgaende-trenden-ar-bruten---marknaden-for-skogsmark-har-stabiliserats-under-2014/>>.
- Horvitz, D.G. and Thompson, D.J. (1952) 'A Generalization of Sampling Without Replacement from a Finite Universe'. *Journal of the American Statistical Association* 47 (260), 663–685.
- Isenburg, M. (2015) *LAStools: Award Winning Software for Rapid LiDAR Processing* [online] available from <<http://www.cs.unc.edu/~isenburg/lastools/>>.
- Lantmäteriet (2010) *Fastighetsvärdering : grundläggande teori och praktisk värdering*. LMV-rapport, 2010:8. Gävle: Lantmäteriverket ; Solna.
- Lantmäteriet (2015) *GSD-Höjddata, Grid 2+* [online] available from <http://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/produktbeskrivningar/hojd2_plus.pdf&ie=UTF-8&oe=UTF-8&gfe_rd=cr&ei=I6QXVvCbJdPAtAHZ_JzQCw> [9 October 2015].

- McGaughey, R.J. (2015) *FUSION/LDV: Software for LIDAR Data Analysis and Visualization* [online] available from <<http://docplayer.net/8960377-Fusion-ldv-software-for-lidar-data-analysis-and-visualization.html>> [28 February 2016].
- Næsset, E. (2002) 'Predicting Forest Stand Characteristics with Airborne Scanning Laser Using a Practical Two-Stage Procedure and Field Data'. *Remote Sensing of Environment* 1 (80), 88–99.
- Naesset, E., Gobakken, T., Holmgren, J., Hyypä, H., Hyypä, J., Maltamo, M., Nilsson, M., Olsson, H., Persson, A., and Soderman, U. (2004) 'Laser Scanning of Forest Resources: The Nordic Experience'. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19 (6), 482–499.
- Naesset, E., Gobakken, T., Solberg, S., Gregoire, T.G., Nelson, R., Stahl, G., and Weydahl, D. (2011) 'Model-Assisted Regional Forest Biomass Estimation Using LiDAR and InSAR as Auxiliary Data: A Case Study from a Boreal Forest Area'. *Remote Sensing of Environment* 115 (12), 3599–3614.
- Nilsson, M. (1996) 'Estimation of Tree Heights and Stand Volume Using an Airborne Lidar System'. *Remote Sensing of Environment* 56 (1), 1–7.
- Nordkvist, K. och Olsson, H. (2013) *Laserskanning och digital fotogrammetri i skogsbruket* [online] 388. Report. Umeå. available from <<http://pub.epsilon.slu.se/10062/>> [28 February 2016].
- Särndal, C.-E., Swensson, B., and Wretman, J. (2003) *Model Assisted Survey Sampling*. Springer Science & Business Media.
- Svahn, K. och Östlund, A. (2014) *Faktorer som förklarar marknadspriset för skogsfastigheter i Kalmar län* [online] available from <<http://stud.epsilon.slu.se/6559/>> [16 September 2015].