



# Inventering av röjningsobjekt från helikopter



*Foto: Fredrik Zethraeus*

## **Fredrik Zethraeus**

Handledare: Per Magnus Ekö, SLU

Jonnie Friberg, Holmen Skog

---

Examensarbete nr. 86

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp, maj 2007

Omslagsbild:

Bilden visar den helikoptern från Kallaxflyg som användes vid bildtagning.

## Förord

Detta examensarbete är utfört inom ramen för jägmästarprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetet omfattar 30 högskolepoäng på D-nivå och har genomförts på Institutionen för Sydsvensk skogsvetenskap, inom ämnet skogshushållning. Examensarbetet är gjort på uppdrag av Holmen Skog AB, region Norrköping, distrikt Egen skog och det var distriktschef Jonnie Friberg på Egen skog som introducerade uppslaget för mig vid ett samtal i april 2006. Allt efter som tiden gick har ämnet blivit mer och mer intressant samtidigt som jag grävt djupare vad gäller inventering från helikopter.

Jag vill här tacka min handledare vid SLU som varit Per-Magnus Ekö och min kontaktperson på Holmen Skog som varit Jonnie Friberg. Jag vill också skänka ett tack till er på distrikt egenskog i Norrköping för inspirerande diskussioner, och inte minst Kallax Flyg med Tommy Flink i spetsen för värdefull information närhelst man har behövt. För korrekturläsning av summary vill jag tacka Altara Sanders.

Stort tack till er alla.

Fredrik Zethraeus

## Sammanfattning

I takt med att Holmen Skog, distrikt Egenskog i Norrköping, började bli färdiga med det röjningsberg som funnits såg sig kontoret om efter alternativa röjningsstrategier för att sänka kostnaderna i samband med röjning. Ett av alternativen var att effektivisera inventeringsmetoderna och efter ett samtal med distriktschef Jonnie Friberg började planeringen för att inventera i bilder tagna ifrån helikopter. Metoden som till slut användes var en gyroupphängd lodkamera med en laserhöjdmätare för höjdmätning av beståndet och denna utrustning tillhandahölls av Kallax Flyg AB.

I försöket fotograferades 15 bestånd med olika ålder och trädslagsfördelningar för att få resultatet så heltäckande som möjligt. Bilderna som varierade mellan 300 - 400 m<sup>2</sup> delades in i nio lika stora rutor med exakt arealangivelse, höjden presenterades som en höjdprofil över beståndet och medelhöjden uppskattades subjektivt.

Resultatet visade att ingen systematisk avvikelse fanns när stamantalet understeg 6000 stam/ha. För att i helikopterinventeringen få ett medelfel motsvarande markinventering behövdes 6 – 10 bilder per bestånd, beroende på areal. Höjduppskattningens medelfel varierade mellan 0,1 och 0,8 m vid tolkning i höjdprofiler. Variationen i medelfelet vid markinventering var mellan 0,1 och 1,2 m.

I bilderna räknades tre rutor och en acceptabel noggrannhet uppnåddes, det gav en total helikopterinventeringskostnad på ungefär 110 kr/ha medan markinventeringen totalt kostade ungefär 155 kr/ha.

## Summary

In time with HolmenSkog district Egenskog Norrköping's decreasing mountain of cleaning, the office started to look around for new alternative cleaning strategies to lower the costs connected with cleaning. One option was to make the inventory strategy more effective and after a phonecall with the head of the district, Jonnie Friberg, the planning started to try inventory in pictures taken from a helicopter. The pictures was at last taken from a digital camera and the vegetationheight was mesured with a laser. The gear was supplied from Kallax Flyg AB, Luleå.

In the trial 15 stands was selected depended on age and different mixtures between pine (*Pinus sylvestris*), spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pubescense* and *Betula pendula*). Eatch pictures was about 300 – 400 m<sup>2</sup> and was divided in to nine equal squares with the aerial discription in m<sup>2</sup>. The vegetationheight was mesured in profiles.

The result showed that no systematic deflection was found if the total number of stems was <6000 st/ha. To get the standard error (SE) from the pictures to be comparable with the traditional method used for inventory, we needed 6-10 pictures for each stand depending on the area. The SE for vegetationheight was between 0,1 to 0,8 m and for the traditional method 0,1 to 1,2 m.

In the pictures three of the nine squares was counted, and it was an acceptable accuracy. So in this studie the costs for the helicopter method was 110 SEK ha<sup>-1</sup>, and for the traditional method 155 SEK ha<sup>-1</sup>.

# Innehållsförteckning

Förord.....	3
Sammanfattning .....	4
Summary .....	5
Innehållsförteckning .....	6
Inledning .....	7
Bakgrund och historik.....	7
Syftet.....	8
Material och metoder .....	9
Förberedelser.....	9
Flyginventering.....	10
Bildtolkning .....	10
Ekonomisk jämförelse .....	12
Resultat .....	13
Jämförelse av skattade stamantal .....	13
Jämförelse av medelfel .....	20
Tidsåtgång vid räkning av stamantal i bilderna .....	23
Höjduppskattning.....	24
Diskussion.....	26
Bortsättning.....	28
Kostnader .....	29
Slutsatser.....	31
Referenser .....	32

## Inledning

En viktig åtgärd i svenskt skogsbruk är röjning, vilken syftar till att höja tillväxten på kvarvarande huvudstammar, höja timmerkvalitén, samt ge möjlighet att påverka trädslagsfördelningen i beståndet (Fahlvik, 2005). Röjning brukar delas in i selektiv röjning och schematisk röjning. Den selektiva röjningen innebär att stamkvalitén påverkar urvalet av röstammar och huvudstammar, samt att de kvarvarande huvudstammarna ska vara jämt fördelade efter de förutsättningar som finns. Den schematiska röjningen innebär att röjningen sker enligt ett visst mönster, så som korridor-röjning eller röjning av rader. Schematisk röjning är aktuell främst då högteknologiska röjsystem används, och i bestånd som har höga tätheter av lövuppslag. Vanligtvis utförs endast en röjning per bestånd av ekonomiska skäl när beståndet är 2 – 3 meter högt och man lämnar då 2000 – 3000 huvudstammar per ha. För att kunna gå in och röja ett bestånd i rätt tid krävs det att man i förväg har gjort en röjningsinventering. Vilken syftar till att ge information om stamtäthet och höjd, vilka är faktorer som påverkar prestationsförmågan i röjningen och därmed naturligtvis kostnaden.

## Bakgrund och historik

Fram till idag har Holmen Skog AB använt sig av traditionell inventering av röjningsbestånd. Den traditionella inventeringen innebär att en förrättningsman besöker varje bestånd som har åtgärdsförslag i beståndsregistret för att inventeras och gör där en bedömning av röjningsbehovet. Metoden är tidskrävande och med ett stort markinnehav som Holmens innebär det att mycket tid och kostnader läggs ner på inventering. Efter att distriktet nu har tagit sig igenom det röjningsberg som uppstod på 80- och 90- talet (och som på många platser fortfarande finns runt om i Sverige (Skogsstyrelsen 2006)), återstår nu för Holmens del röjningar i ett tidigare skede av beståndsutvecklingen, vilket innebär klenare diameter på röstammar och på det viset enklare röjningar. Detta ger en möjlighet att se sig om efter nya mer kostnadseffektiva och mindre tidskrävande röjningsrutiner och ett steg i detta är att utvärdera inventeringstekniken. Med hjälp av bättre information om röjningsbestånden kan dessutom en bättre bortsättning göras, och det kan leda till en lägre kostnad.

Röjningsarbetets tidsåtgång beror till största delen på stamantalet och trädhöjden (Bergstrand *et al* 1986). Men även faktorer som förväxande träd så kallade vargar, andel granar som skall röjas bort, luckighet, terräng, trädrester efter avverkning, underväxt, förekomst av lågt sittande grenar och stamvalssvårighet, påverkar prestationsförmågan. Förutom Bergstrand *et al* (1986), har även studier av röjningsteknik och prestationsförmåga gjorts vid Skogsfakulteten. Ligné (2004) studerade bland annat försök med en ny röjsåg utrustad med sågkedja och svärd istället för sågklinga, där röstammarna kapades i midjehöjd samt en tidsstudie mellan olika röjningsredskap som berodde på olika förutsättningar. Redskapen som jämfördes var buskklippare, traditionell röjsåg, röjsåg med sågkedja och svärd samt en mekaniserad röjningsmaskin. Studien visade att när röstammarna kapades i midjehöjd förbättrades huvudstammarnas kvalitet jämfört med traditionell röjning vid marknivå. Däremot verkade brösthöjdsdiametern minska något med ökad konkurrens från toppade röstammar. Skillnaderna i tidsåtgång mellan de olika systemen ökade med ökande antal röstammar. Den teknik som tog minst tid var den mekaniserade röjmaskin. Under hela studien presterade den traditionella röjsågen bra resultat jämfört med den nyutvecklade sågen med svärd och sågkedja. Den mekaniserade tekniken för röjning var en Vimek modell 606 utrustad med ett röjningsaggregat (Ligné 2004). Aggregatet var av typen klippaggregat och

det visade sig att det mekaniserade systemet var snabbast eller en av de snabbaste vid alla typer av stamtätheter när diametern på röstammarna var 4 respektive 6 cm. Däremot var systemet långsammast förutom häckklippare, när diametern var 2 cm.

Tidigare undersökningar av röjningsinventering med hjälp av helikopter har utförts sedan tidigt 80-tal. Dessa inventeringar syftade till att bedöma angelägenhetsgraden av röjning samt att jämföra resultatet från helikopterinventering med inventering utförd från marken med samma bedömningsgrunder. Bedömningen avsåg bl.a. när i tiden röjning bör utföras (Mellström 1981 a,b). Resultaten från undersökningen visar på att inventering från helikopter väl stämmer överens med inventering utförd från marken. Studien visade även på att kostnaden för helikopterinventeringen utgjorde en femtedel av vad en traditionell inventering kostade. I en studie gjord av Olle Ericsson (1978), jämförs marktaxering med taxering utförd dels från flygplan, dels från helikopter. Syftet med studien var bland annat att bedöma möjligheten att uppskatta faktorer som var av betydelse för bedömning av röjningsbehov. Observerade faktorer var stamantal/ha, medelhöjd, trädslagsblandning och höjdvariation. Resultatet visar på en osäkerhet i bedömningen av samtliga faktorer med den teknik som då fanns tillgänglig. Däremot visar resultat från en senare studie gjord av Staffan Mattsson (1992) vid SkogForsk att inventeringspersonalen fick en mycket god överblick av objekten samt att inventeringen kan koncentreras till en mycket kort tidsperiod och att kostnaderna för inventering kan sänkas rejält. En teknik som är under utveckling vid skogsfakulteten i Umeå är inventering med hjälp av radiostyrda modellflygplan utrustade med en kamera (Hagner 2006, muntligen). Tekniken syftar till att ta bilder före och efter lövsprickning för att kunna räkna barrplantor samt få en uppfattning om stamtäthet.

## **Syftet**

Teknikutvecklingen har sedan 80- och 90-talet gått framåt och med hjälp av ny teknik vill distriktet ha klarlagt om inventering och fotografering från helikopter med efterföljande bild analys på kontoret kan vara en effektiv metod för att dels sänka kostnaderna i samband med inventering, dels kunna sätta ett mer korrekt pris per hektar för röjningsarbetet. Den hypotes jag har arbetat efter är:

Att dagens kostnader för röjningsinventering bör kunna sänkas med en mer kostnadseffektiv inventeringsmetod som helikopterinventering jämfört med traditionell markinventering.

I studien ska ett antal provbestånd inventeras med båda metoderna och resultatet jämföras. Analysen ska sedan kunna utnyttjas för att finna rutiner för en bättre bortsättningsberäkning till entreprenören.

Studien innebära att man från helikoptern ska ta bilder med en gyrophängd lodkamera och i bilderna kunna bestämma parametrar som stamantal, trädslagsfördelning, trädhöjd och röjningsförhållanden. Höjden ska mätas av en lasermätare direkt från helikoptern. Detta är en teknik under utveckling av Kallaxflyg där Holmen Skogs region Lycksele deltagit med krav och önskemål på färdig produkt.



## Material och metoder

### Förberedelser

Studien genomfördes på Holmen Skogs markinnehav i Kolmården, som är beläget strax norr om Norrköping. Under sommaren 2006 utfördes där planerig röjningsinventering av bestånd från marken. Inventeringen omfattade 10 cirkelprovytor per bestånd, med en radie om 2,82 m (25 m<sup>2</sup>). Detta är en standardmetod som Holmen använder. Bestånden är inventerade efter den blankett som finns i Bilaga 1. Datainsamlingen innehåller uppgifter om antal stammar trädslagsvis samt medelhöjden på varje provyta. Noterat för varje provyta är också om gruppställdhet och skador på barrstammar förekom. Vid inventeringen har endast stammar över 0,5 m räknats. Ur det inventerade material har 15 bestånd valts (Tabell 1), för jämförelse mellan markinventering och helikopterinventering. Dessa är valda för att vara så representativa som möjligt för skogsinnehavet, särskilt med avseende på stamantal och trädslagsfördelning. Terrängförhållanden har haft en viss betydelse vid urvalet men inte av sådan vikt som stammar och höjd.

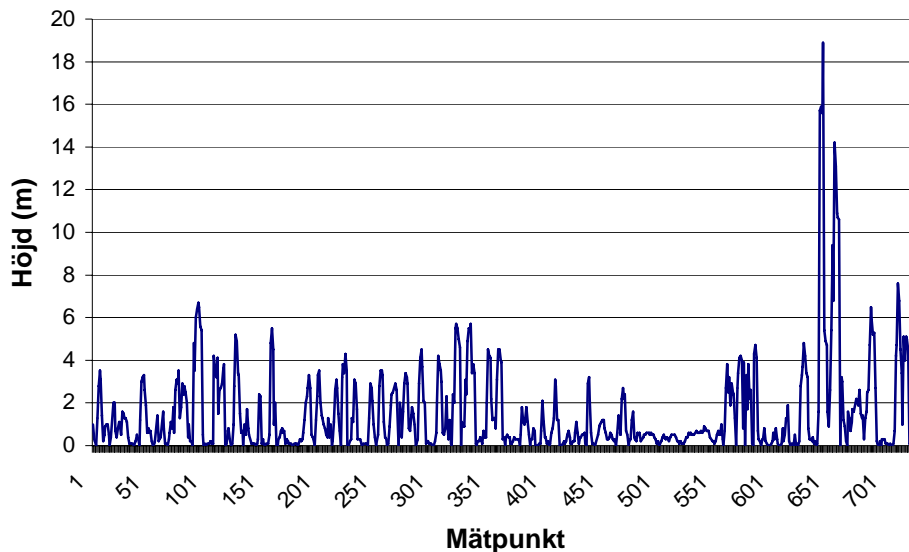
Tabell 1. *Beståndsuppgifter uppskattade från marken på de utvalda bestånden inför helikopterinventering.*

Bestånd	Areal (ha)	Tall (st/ha)	Gran (st/ha)	Löv (st/ha)	Totalt (st/ha)	T	G	L	Medelhöjd (m)
3082	2,2	3080	280	160	3520	9	1	0	5
3179	3,6	3120	920	440	4480	7	2	1	2,3
3480	6,1	2480	1200	840	4520	5	3	2	2,8
2674	3,2	2320	1920	1160	5400	4	4	2	1,8
1969	9,9	1480	1280	760	3520	4	4	2	2,2
5420	9,1	2840	1760	6080	10680	3	2	6	2
2375	1,5	2160	1000	4920	8080	3	1	6	3
2379	7,9	2000	1360	2360	5720	3	2	4	1,9
6469	23,5	1040	880	7000	8920	1	1	8	1,7
3791	12,4	1000	1240	6500	8740	1	1	7	2
1204	3,1	120	5400	5280	10800	0	5	5	1,6
9470	14,7	200	1840	9000	11040	0	2	8	1,8
4804	9,3	160	2000	8000	10160	0	2	8	1,3
0409	4,1	160	2840	9000	12000	0	2	8	1,8
5927	4,7	40	2240	7120	9400	0	2	8	1,5
Total area:	115,3	ha							Medelhöjd: 2,2 m

De förberedelser som var nödvändiga innan helikopterinventeringen var att förfärdiga "shapefiler" till piloten innehållande data om beståndens yttergränser, geografiska placering, storlek och identitetsnummer. Uppgifterna användes för planering av flygrutt och tidsåtgång. Shapefilerna beställdes från Holmens Skogsvårdsavdelning i Örnsköldsvik. All den information över valda bestånd som behövdes vid flygningen fanns därmed redan i helikopterns dator, innan flygningen startade.

## Flyginventering

För inventeringen användes en helikopter av modell EC 120 (se framsida) som tillhandahölls av Kallaxflyg (Flink 2006, muntligen). Flygningarna gjordes i slutet av september då lövträden hade antagit gulare nyanser för att lättare urskiljas mot barrträden. Helikoptern var utrustad med en gyroupphängd lodkamera. Det innebar att bilderna togs lodrätt mot marken oberoende av helikopterns läge. Bilderna togs på 150 meters höjd med 200 millimeters objektiv. Bildtagningen skedde automatiskt enligt ett förprogrammerat tidsintervall för att passa flyghöjden. Bilderna är tagna rakt över en så lång sträcka som möjligt genom beståndet anpassat till inflygningsvinkeln. Mätning av vegetationshöjd inom objektet skedde kontinuerligt med laser ifrån helikoptern. Eftersom lasern mätte avståndet mellan helikoptern och vegetationen antogs att det högsta uppmätta avståndet inom de närmsta tio mätpunkterna utgjorde marknivå. Varje mätvärde drogs sedan ifrån den antagna markhöjden och differens betecknades som vegetationshöjden. Utifrån vegetationshöjderna gjordes en höjdprofil där trädhöjden uppskattades genom att ta ett medelvärde ifrån tio jämt fördelade toppar i diagrammet (Figur 1). På x-axeln i Figur 1 visas mätpunkterna som är 735 stycken och avståndet mellan den första och sista punkten är 266 m. Lasern gjorde automatiskt 100 mätningar i sekunden och avståndet mellan två punkter var 36 cm då helikoptern flyg i 65 knop. Lasern mätte kontinuerligt höjden så länge helikoptern befann sig innanför beståndet. All bildtagning och höjdmätning sköttes av datorn i helikoptern.



Figur 1. Exempel på höjdprofil över uppmätta vegetationshöjder ifrån bestånd 3480 där avståndet mellan den första och sista punkten är 266 m.

## Bildtolkning

I bilderna fanns ett rutmönster inlagt bestående av nio lika stora rutor (Bild 2). Bilderna användes som provytor där stamantal och trädslagsfördelning räknades i rutorna. Bildens totala areal fanns angivet för varje bild. För bildtolkning användes Adobe Photoshop CS2 version 9.0 och hela analysen gjordes i en standard-PC. Även ett av KallaxFlyg utvecklat

bildtolkningsprogram FlygInv version 1.0 testades. Principen för bildtolkning är den samma i båda programmen. Varje träd markeras olika beroende på trädslag. Fördelen med FlygInv är att uträkningen av resultat sker kontinuerligt. Bildtolkningen har gjorts med olika grad av noggrannhet för att hitta den modell som ger det bästa resultatet i förhållande till arbetsinsats. Till att börja med tockades alla nio rutor per bild och därefter tre rutor per bild, övre hörnrutor och nedre i mitten (Bild 2). Rutorna för räkning valdes med hänsyn till största möjliga spridning. I samband med den totala tolkningen mättes även tidsåtgången som naturligtvis påverkar inventeringskostnaden. (Tidsåtgången för att inventera tre av nio rutor är antagen till en tredjedel av den tid det tar att inventera nio rutor). Det samlade resultatet av bildanalysen finns i bilaga 3.



*Bild 2. En av bilderna från bestånd 5927, med nio rutor, totalt 367m<sup>2</sup> stor. Foto: Kallax Flyg  
I den mellersta rutan till vänster syns en kvarlämnad tall, i övriga rutor syns en viss dominans av tallstammar framför gran.*

För varje bestånd beräknades medelvärde, standardavvikelse, medelfel och konfidensintervall, trädslagsvis för de uppskattade stamantalet/ha. Dessa storheter beräknades också för markinventering som utfördes sommaren 2006. Resultatet som kom utav markinventeringen har antagits vara väntevärdesriktigt eftersom den metoden är strikt objektiv (och är den metod som idag är standard inom Holmen). Stamantal och medelfelet ifrån båda inventeringsmetoderna jämfördes per bestånd. Skillnaderna gav en fingervisning om hur många bilder som behövs per bestånd för att uppnå acceptabel noggrannhet. Vid beräkningarna har varje bild representerat en observationspunkt, varav tre av nio rutor har räknats. För att få en uppfattning av vad som syns i bilderna gjordes besök i några bestånd.

## Ekonomisk jämförelse

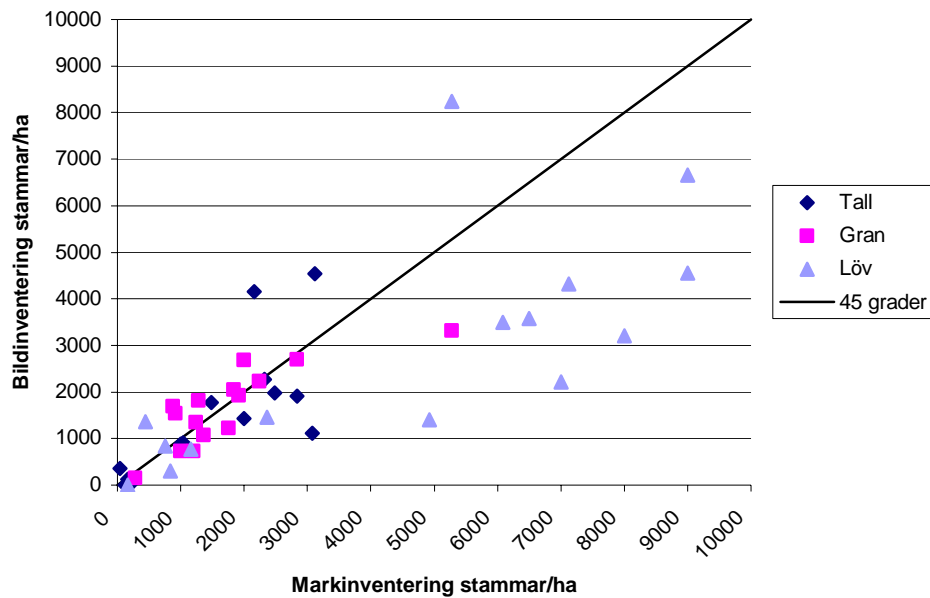
För att nå de mål som ligger till grund för examensarbetet, att undersöka om flyginventering kan sänka röjningsinventeringskostnaden, krävs att alla delmoment i inventeringen, som exempelvis flygförberedelser, bildanalys och tolkning av resultat, blir så bra som möjligt. Resultatet av en inventering ska ju användas i en bortsättningskalkyl, där viktiga parametrar är stamantal och medelhöjd i beståndet. Skillnaderna mellan olika bortsättningsmallar skiljer sig en del. Därför har i examensarbetet fyra olika mallar jämförts. Det är Holmens mall som bygger på anvisningar ifrån Skogs- och lantarbetsgivareförbundet (SLA) norra, SLA norras anvisningar utan justeringar, Sveaskogs Götalands mall som bygger på anvisningar från SLA Götaland samt även anvisningar ifrån Skogsarbeten -86. För att göra jämförelsen enkel har 2, 4 och 6 meters medelhöjd antagits samt 2000, 6000 och 10000 röjstammar/ha (Tabell 10). Ersättningsnivå i jämförelsen är 2200 kr per dagsverke, försvårande omständigheter såsom lågt sittande grenar, terrängförhållanden, andel gran osv. är i alla beräkningar satt till 30 % tidstillägg på prestationsförmågan och gångavståndet till röjningen från bilväg är satt till 350 meter i samtliga beräkningar (Bilaga 2). Gångavståndet ger hur mycket tidstillägg man ska räkna med för att förflytta sig till och från beståndet.

Kostnaderna för markinventering och helikopterinventering jämfördes. Som underlag användes lönelistor samt inventeringsblanketter från sommarens markinventering. Med i kostnaden är dels inventerarens lön (250 kr/tim) inklusive sociala avgifter och skatter, dels milersättning (2,75 kr/km) fördelat per hektar. Kostnaderna är anpassade för sommarpraktikanter. Kostnaden för helikopterinventeringen är uppdelad i helikopter och bildkostnad samt bildtolkningskostnad. Timkostnaden för förrättningsmannen som tolkar och analyserar bilderna är beräknad till 400 kr/tim.

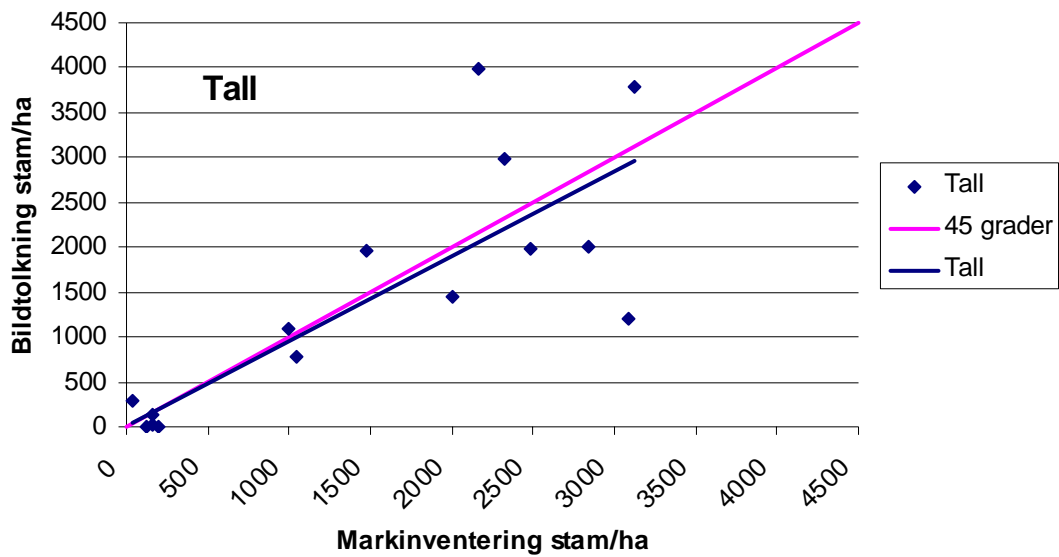
## Resultat

### Jämförelse av skattade stamantal

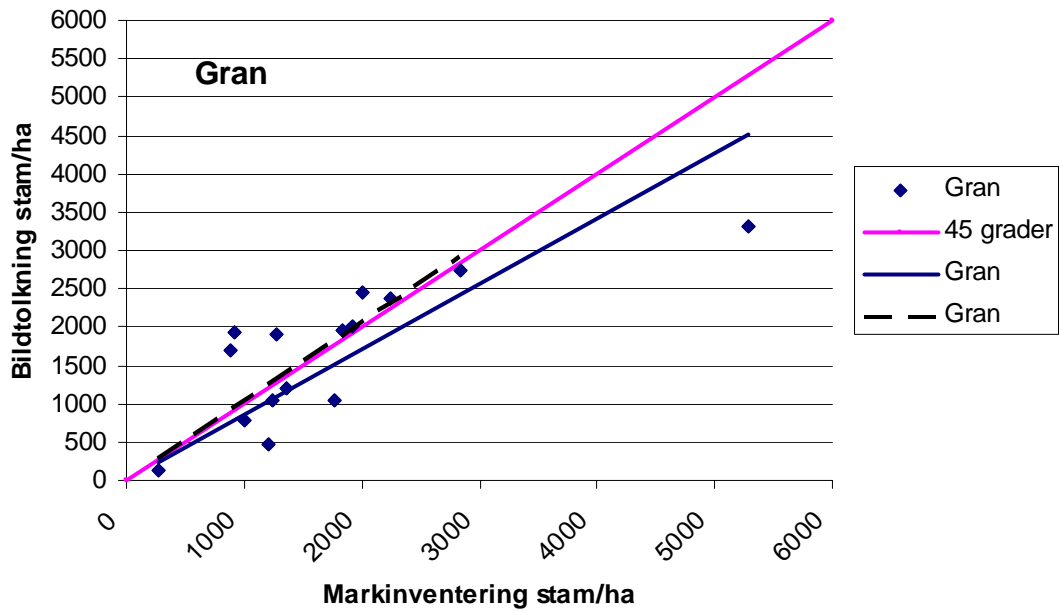
Då stamantalet understiger 6000 stammar/ha finns inte någon tendens till över- eller underskattning i något fall (Figur 2). Skattningarna av tall och gran i flygbilderna skiljer sig inte signifikant från markskattningarna på 5 % signifikansnivå (Figur 3, 4). Däremot finns det vid höga stamantal (>6000 stammar/ha) signifikanta skillnader i skattningar av både antalet lövstammar och det totala stamantalet (Figur 5, 6).



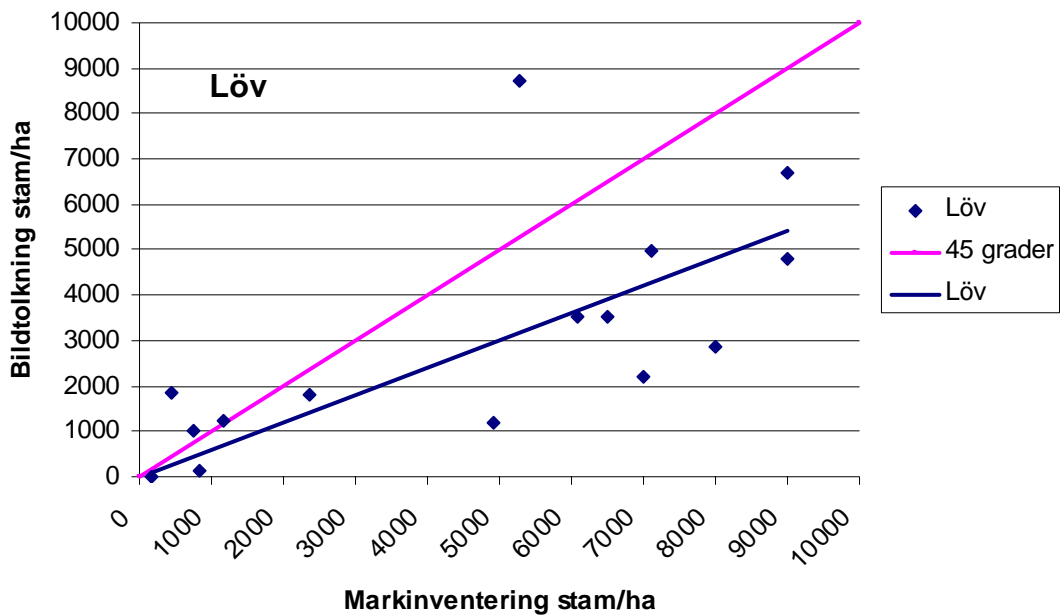
Figur 2. Jämförelse mellan markinventerad uppskattning av stamantal och helikopterinventerad uppskattning av stamantal (tre rutor per bild räknade). Antalet bilder per bestånd varierar mellan 2 och 11 (Tabell 2).



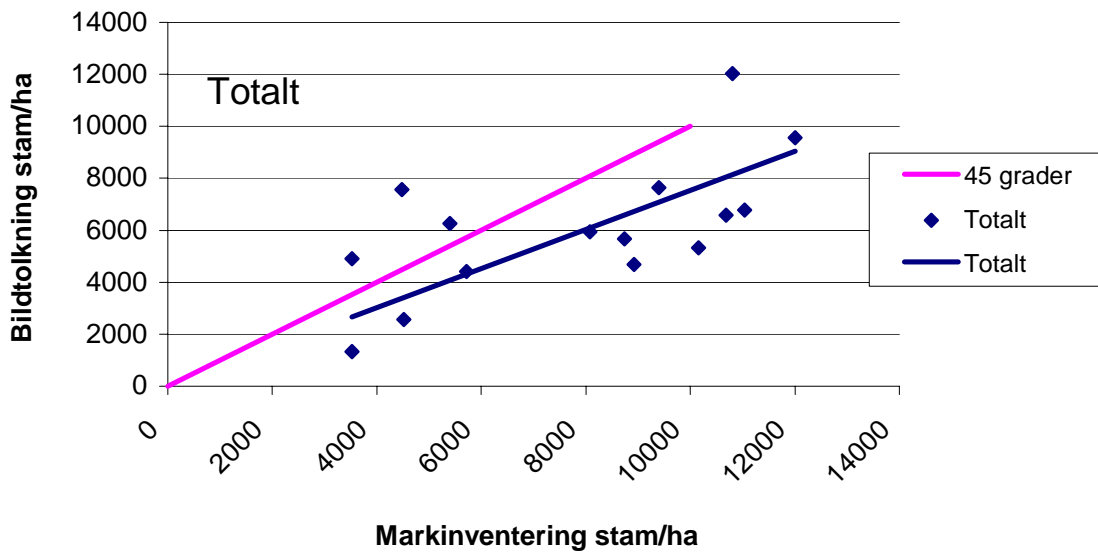
Figur 3. Tall, jämförelse mellan bildtolkat stamantal och markinventerat stamantal, (tre rutor per bild räknade).



Figur 4. Gran, jämförelse mellan bildtolkat stamantal och markinventerat stamantal, (tre rutor per bild räknade) och inlagd trendlinjen för hela serien (heldragen) samt när högsta stamantalet (punkt till höger i figuren) är borttaget (streckad).

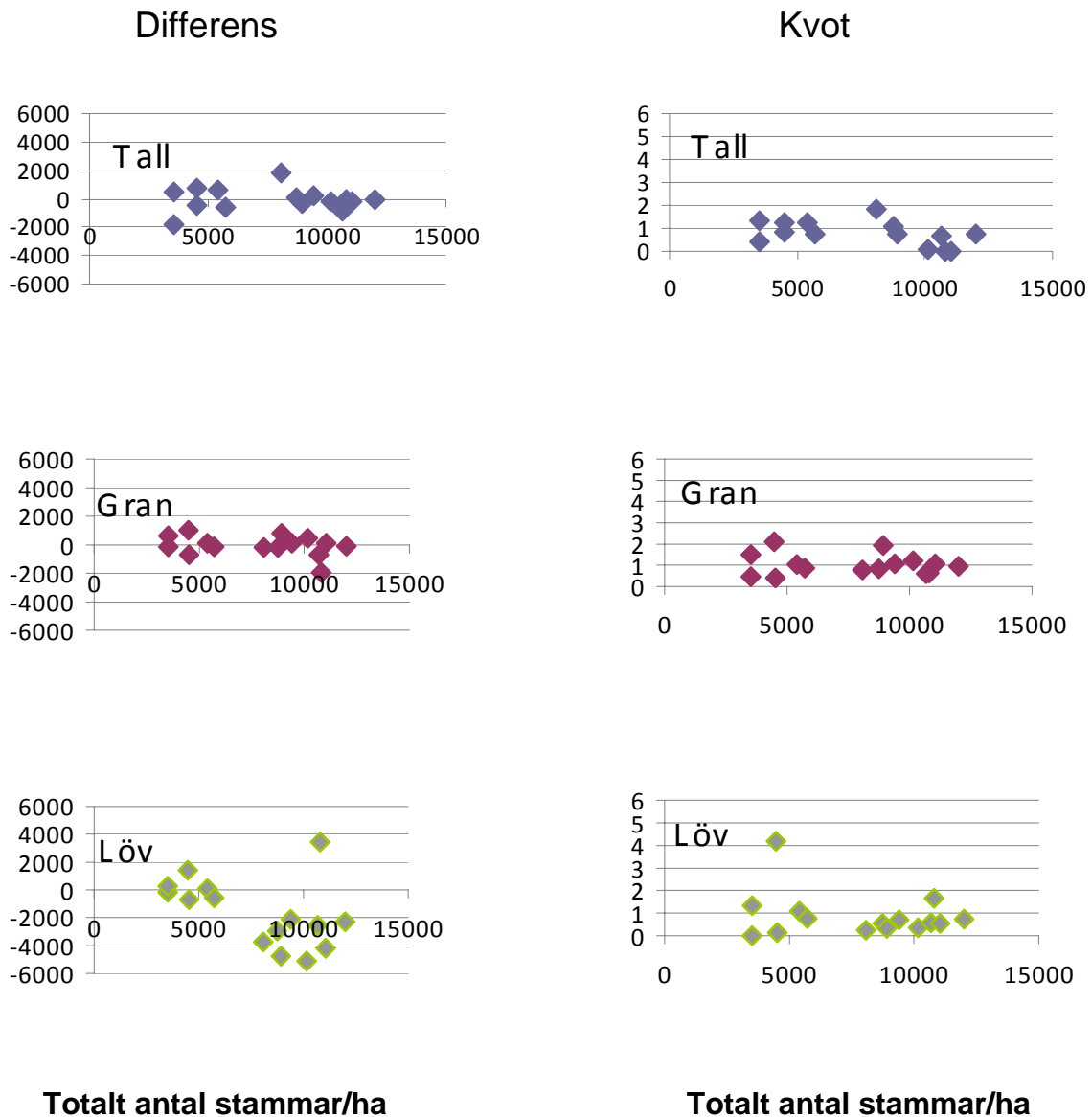


Figur 5. Löv, jämförelse mellan bildtolkat stamantal och markinventerat stamantal, (tre rutor per bild räknade).



Figur 6. Totalt, jämförelse mellan bildtolkat och markinventerat stamantal, (tre rutor per bild räknade).

Differensen för löv, gran och tall visar att noggrannheten i skattningarna av gran och tall inte påverkas av totala antalet stammar/ha men att löv däremot underskattas vid höga stamantal/ha (Figur 7). Detta visas också i kvotfigurerna där lövkvoten tydligt ligger under 1,0 vid högre stamantal medan gran och tall kvoterna inte visar på någon tendens till under- eller överskattning även vid höga stamantal/ha.



Figur 7. Differenser respektive kvoter mellan skattade stamantal från helikopter och mark vid olika totala från marken skattade stamantal/ha.

Skillnaden i uppskattat stamantal av tall mellan helikopter- och markinventering var i samtliga bestånd mindre än 1000 stam/ha förutom i två bestånd, 2375 och 3082, där skillnaden var 1826 stam/ha (85 % av markinventerad uppskattning) respektive -1874 stam/ha (-61 % av markinventerad uppskattning) (Tabell 2). Skillnaden i procent var som



störst 628 % av markinventerad uppskattning (251 stam/ha) respektive -100 % i bestånd 1204 och 9470 där inga tallstammar noterades.

Tabell 2. *Jämförelse av skattade stamantal för tall mellan bildtolkning och markinventering.*

<b>Bestånd</b>	<b>Tre rutor</b>	<b>Markinv</b>	<b>Differens</b>	<b>Relativ Differens %</b>	<b>Antal Bilder</b>
0409	126	160	-34	-21	2
3480	1976	2480	-504	-20	3
3179	3795	3120	675	22	3
2674	2988	2320	668	29	3
2375	3986	2160	1826	85	3
3082	1206	3080	-1874	-61	4
1204	0	120	-120	-100	4
5927	291	40	251	628	5
4804	14	160	-146	-91	6
1969	1971	1480	491	33	7
6469	769	1040	-271	-26	7
3791	1097	1000	97	10	8
5420	1994	2840	-846	-30	9
9470	0	200	-200	-100	10
2379	1437	2000	-563	-28	11

Skillnaden i uppskattat stamantal av gran mellan helikopter- och markinventering var i samtliga bestånd mindre än 1000 stam/ha förutom i två bestånd, 3179 och 1204, där skillnaden var 1008 stam/ha (110 % av markinventerad uppskattning) respektive -1965 stam/ha (-37 % av markinventerad uppskattning) (Tabell 3). Skillnaden i procent var som störst 110 % av markinventerad uppskattning (1008 stam/ha) respektive -60 % i bestånd 3480 (-720 stam/ha).

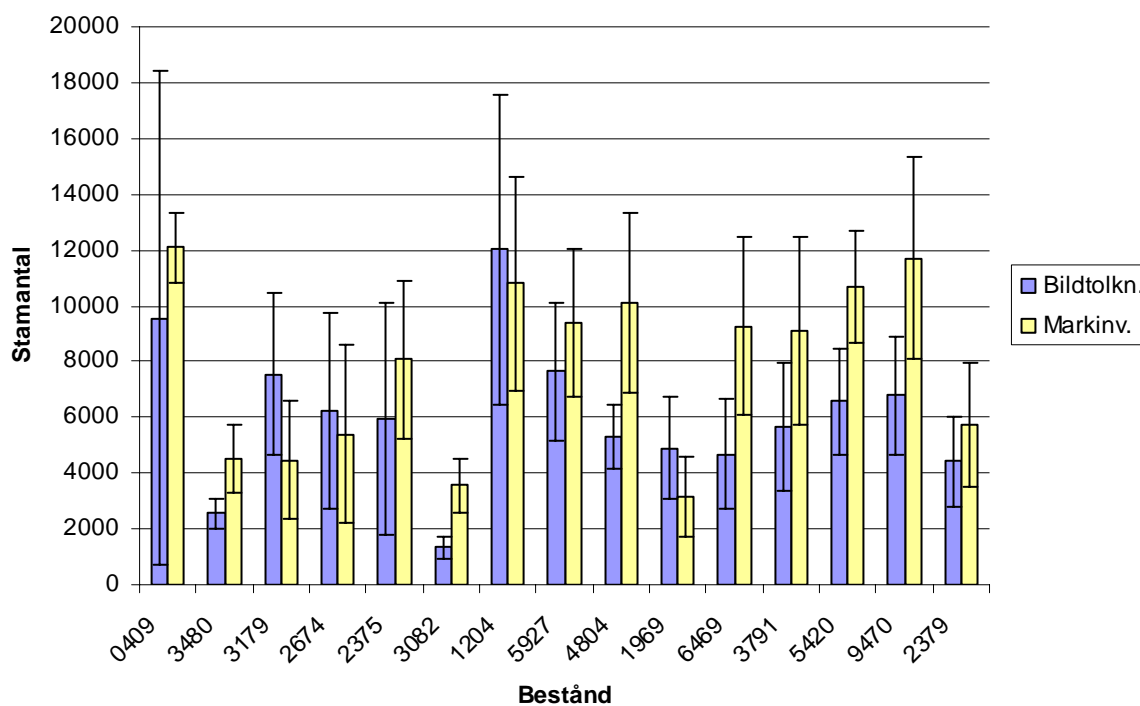
Tabell 3. Jämförelse av skattade stamantal för gran mellan bildtolkning och markinventering.

Bestånd	Tre rutor	Markinv	Differens	Relativ Differens %	Antal Bilder
0409	2739	2840	-101	-4	2
3480	480	1200	-720	-60	3
3179	1928	920	1008	110	3
2674	2015	1920	95	5	3
2375	785	1000	-215	-22	3
3082	131	280	-149	-53	4
1204	3315	5280	-1965	-37	4
5927	2362	2240	122	5	5
4804	2441	2000	441	22	6
1969	1916	1280	636	50	7
6469	1697	880	817	93	7
3791	1054	1240	-186	-15	8
5420	1053	1760	-707	-40	9
9470	1958	1840	118	6	10
2379	1196	1360	-164	-12	11

Uppskattat stamantal av löv med helikopterinventering var i 12 av 15 bestånd underskattad i förhållande till markinventeringens skattningar (Tabell 4). Den störst skillnad var -5127 stam/ha i bestånd 4808 vilket motsvarar -64 % av markinventerad uppskattning. Störst överskattning var 3432 stam/ha i bestånd 1204 vilket motsvarar 65 % av markinventerad uppskattning. Procentuellt var skillnaden som störst 317 % vilket motsvarar 1395 stam/ha respektive -100 % i bestånd 3082 där inga lövstammar noterades vid bildtolkningen.

Tabell 4. Jämförelse av skattade stamantal för löv mellan bildtolkning och markinventering.

Bestånd	Tre rutor	Markinv	Differens	Relativ Differens %	Antal bilder
0409	6700	9000	-2300	-26	2
3480	113	840	-727	-87	3
3179	1835	440	1395	317	3
2674	1251	1160	91	8	3
2375	1178	4920	-3742	-76	3
3082	0	160	-160	-100	4
1204	8712	5280	3432	65	4
5927	4985	7120	-2135	-30	5
4804	2873	8000	-5127	-64	6
1969	1006	760	246	32	7
6469	2214	7000	-4786	-68	7
3791	3528	6500	-2972	-46	8
5420	3527	6080	-2553	-42	9
9470	4817	9000	-4183	-46	10
2379	1798	2360	-562	-24	11



Figur 8. En jämförelse av stamantal/ha med tillhörande 95 % igt konfidensintervall för bildtolkning med tre rutors noggrannhet och markinventering, lägst antal bilder vid bildtolkning till vänster (bestånd 0409) och flest bilder till höger (bestånd 2379), tio provytor i samtliga bestånd för markinventering.

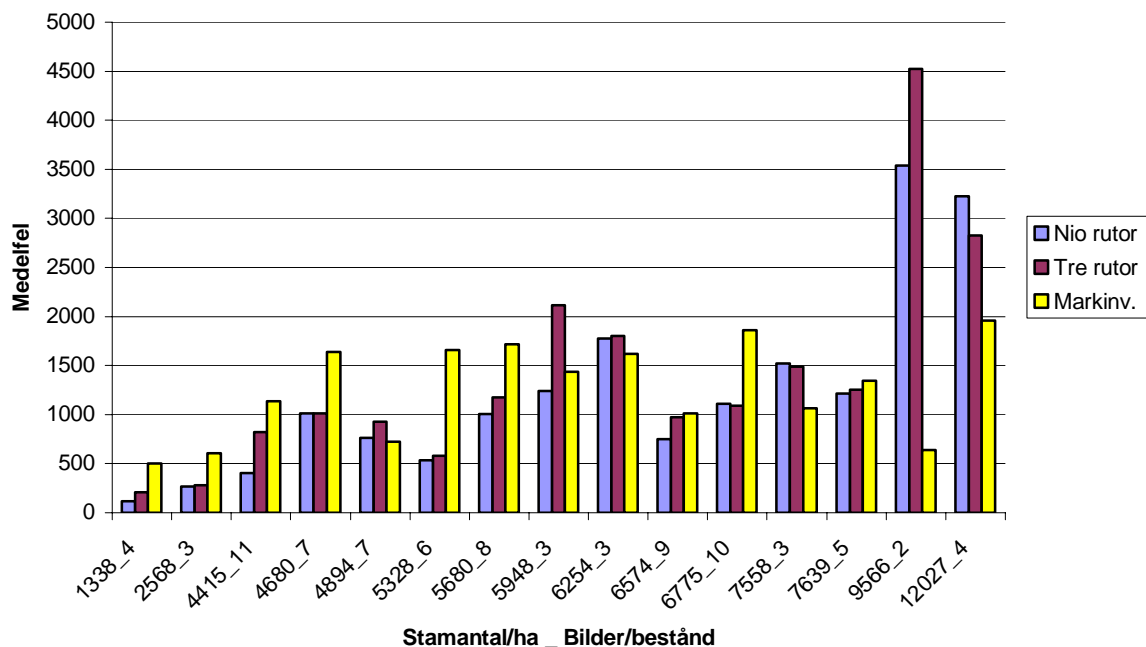
Det 95 % iga konfidensintervallet för de skattade stamantalerna genom bildtolkning var som störst +/- 8862 stam/ha i bestånd 0409 där två bilder tolkats och där det skattade stamantalet var 9566 stam/ha och som minst var konfidensintervallet +/- 404 stammar/ha i bestånd 3082 som har ett skattat stamantal på 1338 stam/ha (Tabell 5, Figur 8). Störst konfidensintervall för markinventerade stamantal var i bestånd 1204 med +/- 3842 stam/ha och minst konfidensintervall återfinns i bestånd 3082 med +/- 988 stam/ha (Tabell 5, Figur 8).

Tabell 5. Jämförelse mellan 95 % igt konfidensintervall för bildtolkning med tre rutors noggrannhet och markinventering, för respektive bestånd.

Bestånd	Bildtolkning tre rutor				Markinventering			
	Stam/ha	Stdav	Medel- fel	Konfidens- intervall	Stam/ha	Stdav	Medel- fel	Konfidens- intervall
0409	9566	6395	4522	8862	12080	2020	639	1252
3480	2568	483	279	547	4520	1923	608	1192
3179	7558	2580	1490	2920	4480	3367	1065	2087
2674	6254	3118	1800	3528	5400	5123	1620	3175
2375	5948	3661	2114	4143	8080	4536	1435	2813
3082	1338	412	206	404	3560	1594	504	988
1204	12027	5654	2827	5540	10800	6197	1960	3842
5927	7639	2800	1252	2454	9400	4259	1347	2640
4804	5328	1419	579	1135	10120	5236	1656	3246
1969	4894	2449	925	1814	3160	2297	727	1425
6469	4680	2678	1012	1984	9280	5187	1640	3214
3791	5680	3315	1172	2298	9120	5432	1718	3367
5420	6574	2911	970	1902	10680	3189	1008	1977
9470	6775	3440	1088	2132	11720	5888	1862	3650
2379	4415	2719	820	1607	5720	3588	1135	2225

### Jämförelse av medelfel

Jämförelsen mellan medelfelen ifrån de båda inventeringsmetoderna visar att med fem eller fler bilder per bestånd uppnås ett medelfel som motsvarar markinventeringens (Figur 9). Bestånd med fem eller fler bilder hade i samtliga fall ett medelfel per bestånd under 1215 stam/ha när alla rutor inventerades och under 1252 stam/ha när tre rutor inventerades. Medelfelet varierar i båda fallen mer när bildantalet minskade (Tabell 6 & 7, Figur 9). I de fall då medelfelet var lågt trots ett mindre antal bilder än fem hade dessa bestånd ett lågt skattat stamantal.



Figur 9. Stam- och bildantalets inverkan på medelfel vid bildtolkning med nio respektive tre rutor, samt medelfel för markinventering. Bestånden är sorterade efter uppskattat stamantal vid markinventering.

Medelfelet vid skattning av stamantalet varierar med antalet bilder per bestånd och med variationen i stamantal mellan bilderna (Tabell 6, 7, Figur 9, Bilaga 2). Antalet bilder i respektive bestånd återfinns i Tabell 6, 7, 8. Medelfelet i relation till stamantalet varierade mellan 9 och 37 procent när hela bilden tolkades (Tabell 7), och mellan 11 och 47 procent när tre av nio rutor tolkades (Tabell 6). När fem eller fler bilder tolkades per bestånd var variationen 9 till 21 % när hela bilden tolkades, och 11 till 22 % när tre av nio rutor tolkades (Tabell 6, 7).

Tabell 6. *Beståndsvi skattade stamantal, standardavvikelse och medelfel då tre av nio rutor i bilderna tolkats.*

<b>Bestånd</b>	<b>Stam/ha</b>	<b>Antal Bilder</b>	<b>Standard-avvikelse</b>	<b>Medelfel</b>	<b>Relativt Medelfel (%)</b>
0409	9566	2	6395	4522	47
3480	2568	3	483	279	11
3179	7558	3	2580	1490	20
2674	6254	3	3118	1800	29
2375	5948	3	3661	2114	36
3082	1338	4	412	206	15
1204	12027	4	5654	2817	23
5927	7639	5	2800	1252	16
4804	5328	6	1419	579	11
1969	4894	7	2449	925	19
6469	4680	7	2678	1012	22
3791	5680	8	3315	1172	21
5420	6574	9	2911	970	15
9470	6775	10	3440	1088	16
2379	4415	11	2719	820	19

Tabell 7. *Beståndsvi skattade stamantal, standardavvikelse och medelfel då samtliga nio rutor inom bilden tolkats.*

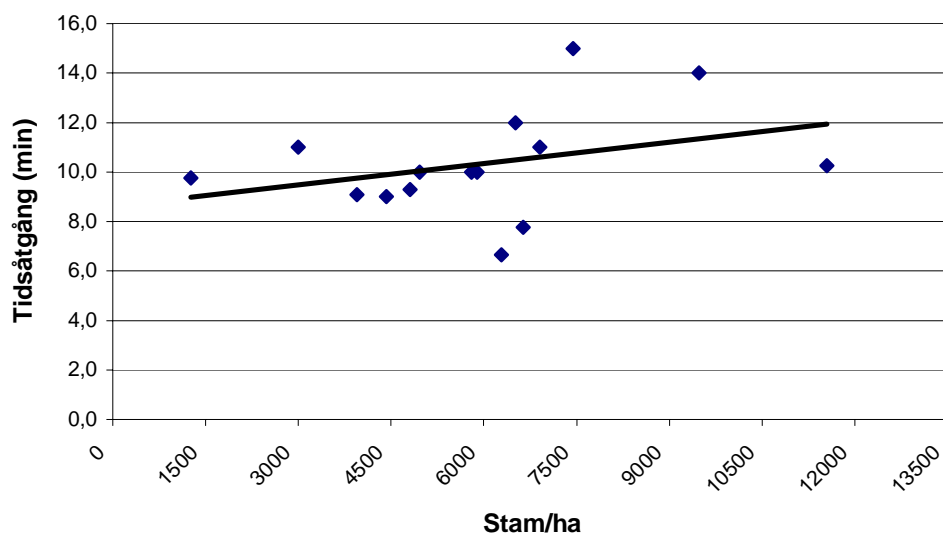
<b>Bestånd</b>	<b>Stam/ha</b>	<b>Antal Bilder</b>	<b>Standard-avvikelse</b>	<b>Medelfel</b>	<b>Relativt Medelfel (%)</b>
0409	9480	2	4999	3535	37
2375	6284	3	2152	1242	20
3179	7440	3	2629	1518	20
2674	4959	3	3077	1777	36
3480	3001	3	458	265	9
1204	11549	4	6447	3223	28
3082	1266	4	229	114	9
5927	6900	5	2717	1215	18
4804	5896	6	1307	533	9
6469	4808	7	2681	1013	21
1969	4426	7	2012	761	17
3791	5802	8	2846	1006	17
5420	6637	9	2243	748	11
9470	6509	10	3511	1110	17
2379	3950	11	1333	402	10

## Tidsåtgång vid räkning av stamantal i bilderna

Med hjälp av ett bildhanteringsprogram och den höga kamerakvalitén på 16,7 megapixelar, kunde man zooma i bilderna till en nivå där stamantalet gick att skatta. Tiden som åtgick för tolkning var i genomsnitt 10,3 minuter per bild när alla nio rutor tolkades och skattades till 3,4 minuter när tre av nio rutor tolkades (Tabell 8). Tidsåtgången för bildtolkningen ökar med antalet stammar/ha (Figur 10).

Tabell 8. Skillnad i tidsåtgång för tolkning av bilderna vid tre respektive nio rutors noggrannhet, fördelade per bild.

Bestånd	Stam/ha Nio rutor	Antal Bilder	Total tid (min)	Tidsåtgång per bild	
				Tid nio rutor (min)	Tid tre rutor (min)
3082	1266	4	39	9,8	3,3
3480	3001	3	33	11,0	3,7
2379	3950	11	100	9,1	3,0
1969	4426	7	63	9,0	3,0
6469	4808	7	65	9,3	3,1
2674	4959	3	30	10,0	3,3
3791	5802	8	80	10,0	3,3
4808	5896	6	60	10,0	3,3
2375	6284	3	20	6,7	2,2
9470	6509	10	120	12,0	4,0
5420	6637	9	70	7,8	2,6
5927	6900	5	55	11,0	3,7
3179	7440	3	45	15,0	5,0
0409	9480	2	28	14,0	4,7
1204	11549	4	41	10,3	3,4
			Medel:	10,3	3,4



Figur 10. Uppmätt tidsåtgång vid bildtolkning med nio rutors noggrannhet, beroende på stamantal.

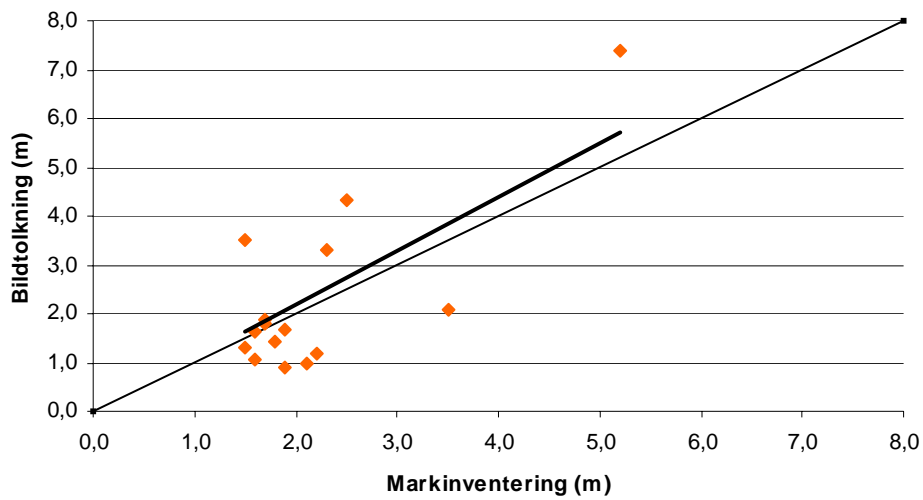
### Höjduppskattning

Höjdinformationen som inhämtades med laserteknik bedömdes visuellt i höjdprofiler (Figur 1) och jämfördes med den markinventerade höjdsfattningen (Tabell 9). Differensen mellan mätmetoderna varierade mellan -1,4 m till 2,2 m och i genomsnitt var skillnaden 0,1 m. Medelfelet för höjduppskattningen i bildtolkningen varierade mellan 0,1 och 0,8 m, medan variationen var mellan 0,1 och 1,2 m med markinventeringsmetoden.

Tabell 9. Skattad aritmetiska medelhöjd (m) med tillhörande standardavvikelse och medelfel för bildtolkning respektive markinventering.

Bestånd	Bildtolkad Medelhöjd	Markinv Medelhöjd	Differens	Konfidens- intervall (Bildtolkn)	Stdav (Bildtolkn)	Stdav (Markinv)
6469	0,9	1,9	-1	0,3	0,5	0,6
5927	1	2,1	-1,1	0,2	0,3	2,3
1204	1,1	1,6	-0,5	0,2	0,4	0,7
3179	1,2	2,2	-1	0,3	0,4	3,1
4804	1,3	1,5	-0,2	0,3	0,4	0,5
409	1,4	1,8	-0,4	1,0	1,5	0,4
3791	1,6	1,6	0	0,6	1	0,4
9470	1,7	1,9	-0,2	0,7	1,1	0,3
2674	1,8	1,7	-0,1	0,5	0,9	0,6
5420	1,9	1,7	0,2	0,4	0,7	0,3
2375	2,1	3,5	-1,4	0,5	0,9	3,8
1969	3,3	2,3	1	0,4	0,6	0,8
2379	3,5	1,5	2	1,5	2,4	0,7
3480	4,3	2,5	1,8	0,7	1,1	0,5
3082	7,4	5,2	2,2	1,1	1,7	1,5





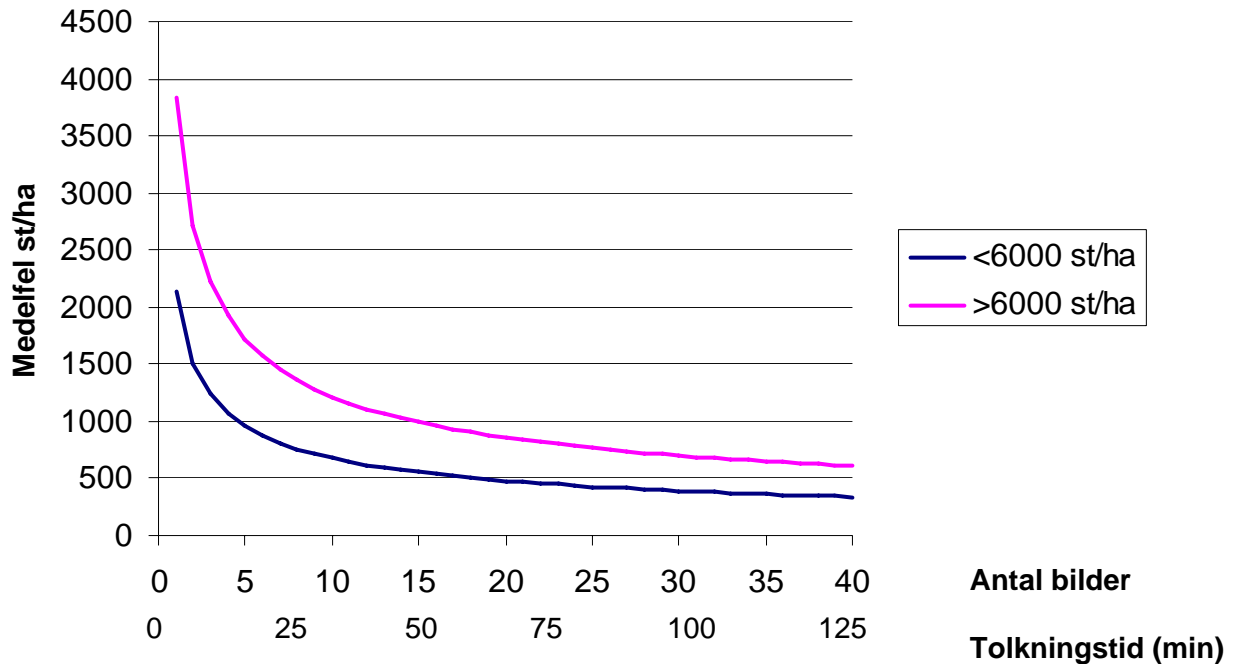
Figur 11. Skillnad i höjduppskattning mellan markinventering och bildtolkning.

Vid höjder under 2,2 m enligt markinventering, tenderar höjderna enligt höjdprofilerna att vara underskattningar (Tabell 9, Figur 11). Konfidensintervallet för höjduppskattningarna varierade från +/- 0,2 till 1,5 m vid bildtolkning (Tabell 9).

## Diskussion

Resultaten som presenteras grundar sig till största delen på tolkningar av bilder vilket innebär att tolkaren i vissa fall behöver göra subjektiva bedömningar, till exempel om det är en, två eller flera stammar i gruppen av träd. Med anledning av den delvis subjektiva bedömningen blir det skattade resultatet beroende av den mänskliga faktorn och resultatet skulle troligen variera mellan olika förrättningsmän. Därför gav de besök som gjordes i bestånden en bra känsla för hur skogen man bedömer ser ut i verkligheten. Men på grund av stora svårigheter att i beståndet återfinna de platser som fotograferats kunde inga direkta jämförelser av de båda inventeringsmetodernas skattningar göras, vilket hade varit önskvärt. Men vid jämförelsen mellan de båda inventeringsmetoderna visade sig skattningar av tall och gran i bilderna stämma väl med markinventeringen, och tenderar inte att underskattas även om det totala stamantalet/ha är högt. Svårare var det däremot att urskilja stammar av löv och då framför allt vid högre tätheter. Detta trots att lövträden hade intagit höstfärger som på ett tydligt sätt skiljde lövträden från övrig vegetation. När det totala stamantalet/ha var >6000 stam/ha underskattas löv, men det syns ingen tendens till underskattning om stamantalet är mindre än 6000 stam/ha (Figur 7).

Antalet bilder per bestånd och deras spridning i beståndet samt beståndets homogenitet och andra beståndskaraktärer påverkade resultatet och medelfelet. Bildernas spridning beror i sin tur på hur helikoptern har flugit, vilket betyder att piloten kan påverka var i beståndet bilderna i huvudsak kommer att tas. Detta gör att inventeringsmetoden inte kan anses vara objektiv, men bedöms ändå vara tillräckligt slumpmässig för att resultatet ska beskriva beståndets stamantal, träslagsfördelning och höjd på ett väntevärdesriktigt sätt. Även om det inte är analyserat om bildernas spridning inom beståndet har påverkat resultatet. En god spridning av bilderna ger naturligtvis ett bättre underlag för beskrivning av beståndets helhet. Detta är en brist i arbetet då det i flera av provbestånden var stor variation i både träslagsfördelning, stamantal och trädhöjd.



Figur 12. Medelfelets beroende av bildantalet vid mindre och mer än 6000 stam/ha (tre rutor räknade).

En del av studien var att ta reda på hur många bilder som behövs för att kunna beskriva ett bestånds stamantal och trädslagsfördelning tillräckligt noggrant. Noggrannheten kan beskrivas i medelfel vilket beror på antalet observationer. Därför gjordes en framräkning av medelfelet för ett större antal bilder än i materialet, och det visade sig att redan vid 5 bilder per bestånd erhöles ett medelfel under 1000 stam/ha om det totala stammantalet är <6000 stam/ha (Figur 12). Om stammantalet är >6000 stam/ha blir medelfelet under 1000 st/ha först efter 15 bilder. Eventuella ställtider är inte medräknade vid beräkningen av tolkningstid. Jämför vi dessa medelfel med den väntevärdesriktiga markinventeringen (Tabell 5) ser vi att redan vid 6-10 bilder per bestånd får vi ett medelfel som motsvarar markinventeringens nivå av medelfel (Figur 12).

Vid tolkning av bilderna utnyttjades i genomsnitt 10,3 minuter/bild för att räkna och redovisa resultatet då nio rutor räknades. Standardavvikelsen för tolkningstiden var 2,1 min då alla nio rutor räknades. Variationen påverkas till viss del av stammantalet men är mer troligt ett resultat av gruppställdhet inom bilderna (Tabell 8). Med sex bilder per bestånd innebär det minst en timmes bildtolkning. Jämför man den tidsåtgången med den lägre noggrannheten, att i stället tolka tre av nio rutor så sparar man in 2/3 av tolkningstiden, detta till en mindre försämring av medelfelet. När tre rutor har räknats har det i samtliga bilder inneburit de två övre hörnrutorna och den nedre i mitten. Genom att räkna tre rutor istället för nio innebär att ett större antal bilder per bestånd kan räknas på lika tid som om hela bilderna räknades. Ett större antal bilder medför också mer information om beståndets helhet.

Mätningarna med helikopter både över och underskattade höjderna jämfört med resultaten från markinventeringen (Figur 11). Men höjden bedöms subjektivt i höjdprofilerna, så det är upp till förrättningsmannen att avgöra vad som är en trädtopp och vad som kan vara en sten eller sida av ett träd. De problem som kan uppstå vid mycket tät vegetation och hög flyghöjd kan vara att laserstrålen inte når hela vägen ner till marken lika ofta som beräknat (Flink 2006, muntligen). Det får till följd att höjden underskattas. Samtidigt kan medelhöjden överskattas då endast de högsta topparna räknas eftersom betraktaren inte vet om de lägre topparna i höjdprofilen är trädtoppar eller kanträffar på träden. Medelfelet för höjdtolkningen i höjdprofilerna ligger i de flesta skattningarna under 0,5 m. Tidigare höjdmättningsförsök från helikopter är bland annat gjord av Ericson (1978), där subjektiva uppskattningar av höjden gjordes när helikoptern flög på låg höjd och utan tekniska hjälpmedel. Resultatet från detta försök är inte avvikande från Ericsons (1978) resultat. En skillnad är dock att i denna studie uppskattas en medelhöjd för alla trädslag medan Ericson delade på höjduppskattningarna mellan löv och barrträd.

## Bortsättning

Vid jämförelse mellan de fyra olika bortsättningsmallarna, Holmen skog, SLA norra, Skogsarbeten -86 och Sveaskog Götaland, ser man en viss skillnad på den slutliga röjningskostnaden, men skillnaden är förhållandevis liten (Tabell 10). Sveaskog Götalands mall är i samtliga fallen dyrast när antalet röstammar är lågt. Vid jämförelse mellan medelkostnaden visar det sig att skogsarbetens mall är den som ger lägst genomsnittskostnad med 2350 kr/ha och Sveaskog Götalands mall ger den dyraste genomsnittskostnaden med 2951 kr/ha. Att Holmens mall bygger på uppgifter från SLA norra syns vid jämförelse, genom att Holmen mall följer SLA norras prisutveckling.

Tabell 10. Jämförelse av fyra olika bortsättningsmallar.

Medelhöjd	Röjstammar	Holmen	SLA Norra	Skogsarb. - 86	Sveaskog Göta.
2	2000	1068	1062	1042	1375
2	6000	1925	1913	1489	1980
2	10000	2717	2693	2085	2695
4	2000	1317	1316	1142	1540
4	6000	2623	2606	2234	2970
4	10000	3800	3764	3276	4180
6	2000	1566	1553	1291	1705
6	6000	3321	3316	3475	4620
6	10000	4882	4834	5112	6490
Medel kostnad		2580	2561	2350	2951

Konsekvensen av ett fel i skattningen på 1000 röstammar/ha innebär i Holmens mall vid två meters medelhöjd ca 400 kr/ha i röjningskostnad (Tabell 10). Likaså kostar 0,5 m fel i höjdsfattningen ca 165 kr/ha grovt räknat över hela mallen.

## Kostnader

Kostnaden för den manuella inventeringen uppgick till 190 kr/ha (Tabell 12). Detta jämfördes med kostnaderna för helikopter, bildtolkning samt sammanställning och tolkning av framtagna resultat som var 109 kr/ha (Tabell 11). Priset på helikoptern är en svåruppskattad kostnad då den är beroende av den aktuella fastighetens beskaffenhet. Kallaxflyg AB lämnar därför endast offerter på sina flygningar, dessa offerter skraddarsys för uppdraget och är vid inventering beroende av hur bestånden är fördelade inom fastigheten, samt beståndens struktur. Kostnaden för bildinventeringen går att dela upp i tre delar, helikopterkostnad, analyskostnad samt övriga kostnader (Tabell 11). I denna studie kan riktvärdet 500 kr/bestånd användas för helikopterkostnaden (Blomkvist 2006, muntligen). I kostnaden ingår allt utom kostnaden för transport till och från Kallax flygplats som är utslagen på hela arealen som inventerades vid provtillfället. Anledningen till att inte specificera mer ingående är att de uppgifterna skulle bli allt för osäkra.

Tidsåtgången för bildtolkning var 3,4 minuter per bild när tre rutor av nio inventerades. I den tiden ingår även uträkning och redovisning av resultat. Räknar man med att ta sex bilder per bestånd och medelbeståndet är 7,68 ha som i försöket innebär det en bildtolkningskostnad på 16,71 kr/ha (Tabell 11). Om man räknar med att tolka hela bilderna blir analyskostnaden istället 50,62 kr/ha. Skillnaden mellan markinventering och helikopter inventering med efterföljande bildanalys är inte lika stor som i Mellströms (1981, b) studie där helikopterinventering med övriga kostnader inkluderat var 12,7 kr/ha och markinventeringen 39,7 kr/ha. Kostnaden för markinventeringen i den studien var höga och torde enligt Ludvika förvaltning uppgå till 20 kr/ha. Om man räknar med 20 kr/ha för markinventeringen utgjorde helikopterinventeringen 63 % av kostnaden medan helikopterinventeringen i denna studie utgör 70 % av markinventerings kostnaden.

Tabell 11. *Kostnad för bildinventering av de objekt som ingick i studien, motsvarade 115,3 ha.*

<b>Analyskostnad</b>	<b>Nio rutor</b>	<b>Tre rutor</b>	
Bildanalys	14,59	4,8	tim
Antal bilder	85	85	st
Tid per bild	10,3	3,4	min
Analyserad areal	115,3	115,3	ha
Personalkostnad	400	400	kr/tim
Kostnad	5836	1927	kr
Kostnad per ha	50,62	16,71	kr / ha
<b>Övriga kostnader</b>			
Milersättning	2,75	2,75	kr/km
Körd sträcka	20	20	km
Administration	200	200	kr
Inventerad areal	115,3	115,3	ha
Kostnad per ha	2,21	2,21	kr/ha
<b>Helikopterkostnad</b>			
Transport	40000 kr	1600 ha	25 kr/ha
Helikopterkostnad per bestånd	500	500	kr/st
Antal bestånd	15	15	st
Inventerad areal	115,3	115,3	ha
Kostnad totalt	7500	7500	kr
Helikopterkostnad per hektar	65	65	kr/ha
Kostnad per ha	90	90	kr/ha
<b>Total inventeringskostnad</b>	<b>142,8</b>	<b>108,9</b>	<b>kr/ha</b>

Tabell 12. *Kostnad och prestationsuppgifter för den manuella inventeringen, enligt inlämnade lönerapporter.*

<b>Tidsåtgång för manuell röjningsinventering</b>				<b>InvAreal</b>
	<b>ha/dag</b>	<b>ha/timme</b>	<b>km/ha</b>	<b>ha</b>
	18,1	1,9	8,6	217
			<b>Kostnad/ha</b>	
Personalkostnad	250	kr/tim	131,6	kr/ha
Kilometerersättning	2,75	kr/km	23,6	kr/ha
		<b>Summa/ha</b>	155,2	kr/ha

## Slutsatser

Vid beräkningar syns inga svårigheter att skatta antalet tall och granstammar, vilket är intressant då de ska utgöra framtida bestånd. Skattningen av tall och gran har inte visat på några systematiska avvikelser i något fall. Det har däremot skattningar av antalet löv gjort när det totala stamantalet överstiger 6000 stam/ha. För att skattningarna ska anses intressanta ur bortsättningsperspektiv bör medelfelet på skattningarna vara jämförbart med markinventeringens, för att nå dit behövs 6-10 bilder per bestånd. Antalet bilder påverkar tolkningstiden vilket i sin tur påverkar kostnaden. Därför bör en avvägning mellan noggrannhet i skattningarna och kostnaden för inventering göras i varje enskilt fall. Vid bortsättningsberäkning är höjden en viktig parameter, och med lasertekniken finns en tendens till underskattning om höjden är under 2,5 m.

Teknikutvecklingen går snabbt framåt och jag skulle inte bli förvånad om vi inom en snar framtid har mer eller mindre automatiserad tolkning tack vare bättre datorkapacitet. Vi kanske kommer ha olika typer av färgfilter för enklare urskiljning av stammar. Möjligheterna är många och det kommer att gå fort framåt.

## Referenser

- Bergstrand, K-G., Lindman, J. & Petré, E., (1986) Underlag för prestationsmål för motormanuell röjning. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten redogörelse nr 7*
- Ericsson, O., (1978). Röjningsinventering från luften. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, redogörelse nr 5*
- Fahlvik, N., (2005) Aspects of Pre-Commercial Thinning in Heterogeneous Forest in Southern Sweden. *Faculty of Forest Science Southern Swedish Forest Research Center Alnarp*. ISSN 1652-6880
- Ligné, D., (2004). New Technical and Alternative Silvicultural Approaches to Pre-Commercial Thinning. *Department of Silviculture Umeå*. ISSN 1401-6230
- Mattsson, S., (1992). Helikopterinventera röjning. *SkogForsk, resultat nr 13*
- Mellström, C., (1981) a. Inventering av röjningsobjekt från helikopter.
- Mellström, C., (1981) b. Inventering av röjningsobjekt med hjälp av helikopter.

### Pers comm.

- Andreas Blomkvist, Ekonom, KallaxFlyg AB. (2006).
- Tommy Flink, Kvalitetschef, pilot och programmerare, Kallax Flyg AB. (2006).
- Olle Hagner, SLU, Institutionen för Resurshushållning och Geomatik. (2006)

### URL

Skogforsk,  
<http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt/default.aspx?p=11523&bmp=11727> Hämtat den 29 november, 2006

Skogsstyrelsen,  
<http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=9441&epslanguage=SV> Hämtat den 20 september, 2006.

### Bilder

- Kallax Flyg, (2006).
- Zethraeus, F., (2006).





## Bilaga 2.

### Bortsättningsmall röjning Holmen Skog

A.	<b>Tidsåtgång röjning</b>		
	8,5	Röjstammar (tusental per ha)	
	3	Medelhöjd (m)	328 min/ha
B.	<b>Gångtid i samband morgon/kväll (bilparkering/skötselutrymme till objekt)</b>		
	350	avstånd (m)	10,5 min
C.	<b>Gångtid i samband matrast (bilparkering/skötselutrymme till objekt)</b>		
	350	avstånd (m)	21 min
D.	<b>Tid för rekognosering/uppföljning</b>		
	5	antal provytor per dag	45 min
E.	<b>Tid för tankning/skötsel/pauser</b>		
			80 min
F.	<b>Återstående effektiv röjtid</b>		
			323,5 min/dag
G.	<b>Tidsåtgång inkl arbetssvårigheter</b>		
	30%	Tillägg för arbetssvårigheter (enligt tabell)	
			427 min/ha
H.	<b>Normalprestation</b>		
			0,76 ha/dag
I.	<b>Ackordsberäkning</b>		
	275	kr/tim	2901 kr/ha

1.	Andel röjgran med lågt sittande grenar %						
	0	10	20	30	40	50	60+
	0	5	15	25	30	35	40

2.	Förflyttningshinder				
	inga/små	Ngt hindrande	Hindrande	Starkt hindrande	Mkt starkt hindrande
	0	5	15	30	50

3.	Andra hinder				
	Liten inverkan	Någon inverkan	Måttlig inverkan	Stor inverkan	Mkt stor inverkan
	0	5	10	20	40

### Bilaga 3.

Bestånd	Bild	Tall (st/ha)	Gran (st/ha)	Löv (st/ha)	Tot (st/ha)	Stdav	Medelfel	Tidsåtgång (min)	Bestånds Areal (ha)	Inv Areal (m2)	Höjd (m)	Stdav höjd	Medelfel Höjd
3082	1	864	45	0	909								
	2	1074	289	0	1364								
	3	1128	148	0	1276								
	4	1301	116	0	1416								
	Per bestånd	1118	148	0	1266	228,8	114,4	39	2,2	1145	7,4	1,7	0,6
	Markinventering	3080	280	160	3520								
3480	1	2593	741	0	3333								
	2	1803	479	197	2479								
	3	1541	952	700	3193								
	Per bestånd	1976	724	301	3001	458,3	264,6	33	6,1	1063	4,3	1,1	0,3
	Markinventering	2480	1200	840	4520								
1204	1	0	316	11920	12236								
	2	0	1505	4914	6419								
	3	0	4174	2686	6860								
	4	0	6637	13627	20264								
	Per bestånd	0	3310	8239	11549	6447	3223	41	3,1	2118	4,3	1,1	0,3
	Markinventering	120	5400	5280	10800								
5927	1	1744	354	2262	4360								
	2	78	2977	7911	10966								
	3	0	2041	2398	4439								
	4	0	2198	4864	7062								
	5	74	3407	4093	7574								
	Per bestånd	358	2225	4317	6900	2717	1215	55	4,7	1955	1	0,3	0,1
	Markinventering	40	2240	7120	9400								

Bestånd	Bild	Tall (st/ha)	Gran (st/ha)	Löv (st/ha)	Tot (st/ha)	Stdav	Medelfel	Tidsåtgång (min)	Bestånds Areal (ha)	Inv Areal (m2)	Höjd (m)	Stdav höjd	Medelfel Höjd
0409	1	143	2743	3000	5886								
	2	111	2652	10193	12956								
	Per bestånd	126	2697	6657	9480	4999	3535	28	4,1	712	1,4	1,5	0,5
	Markinventering	160	2840	90000	12000								
1969	1	1014	743	372	2128								
	2	2067	733	100	2900								
	3	2171	2500	855	5526								
	4	1954	1140	163	3257								
	5	2890	2890	2013	7792								
	6	1242	2174	0	3416								
	7	1121	2419	2212	5752								
	Per bestånd	1769	1820	836	4426	2012	7601	63	9,9	2176	3,3	0,6	0,2
	Markinventering	1480	1280	760	3520								
2375	1	6621	110	1154	7885								
	2	2500	1739	2038	6277								
	3	2844	46	734	3624								
	Per bestånd	4158	726	1400	6284	2152	1242	20	1,5	950	2,1	0,9	0,3
	Markinventering	2160	1000	4920	8080								
3179	1	7104	1921	884	9909								
	2	2282	2988	3154	8423								
	3	3788	328	682	4798								
	Per bestånd	4539	1534	1368	7440	2629	1518	45	3,6	965	1,2	0,4	0,1
	Markinventering	3120	920	440	4480								

Bestånd	Bild	Tall (st/ha)	Gran (st/ha)	Löv (st/ha)	Tot (st/ha)	Stdav	Medelfel	Tidsåtgång (min)	Best Areal (ha)	Inv Areal (m2)	Höjd (m)	Stdav höjd	Medelfel Höjd
2379	1	1597	958	3355	5911								
	2	656	231	5594	6481								
	3	800	900	900	2600								
	4	1561	1960	864	4385								
	5	61	2774	1585	4421								
	6	1481	1510	1766	4758								
	7	1583	750	1139	3472								
	8	25	1425	1800	3250								
	9	1378	214	499	2090								
	10	2238	1170	1478	4887								
	11	3187	219	219	3625								
	Per bestånd	1424	1068	1458	3950	1333	401,8	100	7,9	3772	3,5	2,4	0,8
	Markinventering	2000	1360	2360	5720								
2674	1	640	160	0	800								
	2	3992	570	270	4832								
	3	1648	3707	1487	6842								
	Per bestånd	2266	1921	773	4959	3077	1777	30	3,2	957,8	1,8	0,9	0,3
	Markinventering	2320	1920	1160	5400								
9470	1	0	4242	5879	10121								
	2	0	1410	8767	8767								
	3	40	2209	1084	3333								
	4	30	357	1250	1637								
	5	0	1857	5143	7000								
	6	0	2605	6551	9156								
	7	28	3007	5150	8185								
	8	0	840	5062	5901								
	9	0	2780	2195	4976								
	10	0	2254	11475	13730								
	Per bestånd	10	2052	4555	6509	3511	1110	120	14,7	2953	1,7	1,1	0,3
	Markinventering	200	1840	9000	11040								

Bestånd	Bild	Tall (st/ha)	Gran (st/ha)	Löv (st/ha)	Tot (st/ha)	Stdav	Medelfel	Tidsåtgång (min)	Best Areal (ha)	Inv Areal (m2)	Höjd (m)	Stdav höjd	Medelfel Höjd
6469	1	1550	426	1279	3256								
	2	321	2714	3786	6821								
	3	884	1054	3980	5918								
	4	736	2485	1043	4264								
	5	1616	354	1414	3384								
	6	1152	5112	3672	9935								
	7	255	626	1206	2088								
	Per bestånd	910	1688	2210	4808	2681	1385	65	23,5	2269	0,9	0,5	0,2
	Markinventering	1040	880	7000	8920								
3791	1	2182	800	7455	10436								
	2	30	1646	1128	2805								
	3	84	1226	2897	4206								
	4	190	408	3288	3886								
	5	2992	537	3427	6957								
	6	25	2375	2775	5175								
	7	777	1128	3008	4912								
	8	1004	2939	6101	10045								
	Per bestånd	886	1345	3571	5802	2846	1006	80	12,4	2789	1,6	1	0,3
	Markinventering	1000	1240	6500	8740								
4804	1	113	3654	2691	6204								
	2	80	2255	1724	4058								
	3	26	2929	2375	5330								
	4	26	2689	5352	8068								
	5	26	2727	3169	5922								
	6	0	1645	4094	5738								
	Per bestånd	46	2688	3204	5896	1307	533,4	60	9,3	2151	1,3	0,4	0,1
	Markinventering	160	2000	8000	10160								

Bestånd	Bild	Tall (st/ha)	Gran (st/ha)	Löv (st/ha)	Tot (st/ha)	Stdav	Medelfel	Tidsåtgång (min)	Best Areal (ha)	Inv Areal (m2)	Höjd (m)	Stdav höjd	Medelfel Höjd
5420	1	3484	322,6	1871	5677								
	2	2277	431	1692	4400								
	3	2108	1777	4066	7952								
	4	983	318	1040	2341								
	5	765	2776	2720	6261								
	6	609	2770	3850	7230								
	7	1030	1960	5452	8442								
	8	2482	378	3735	6596								
	9	3534	301	6040	9875								
	Per bestånd	1916	1226	3496	6637	2243	747,6	70	9,1	3247	1,9	0,7	0,2
	Markinventering	2840	1760	6080	10680								