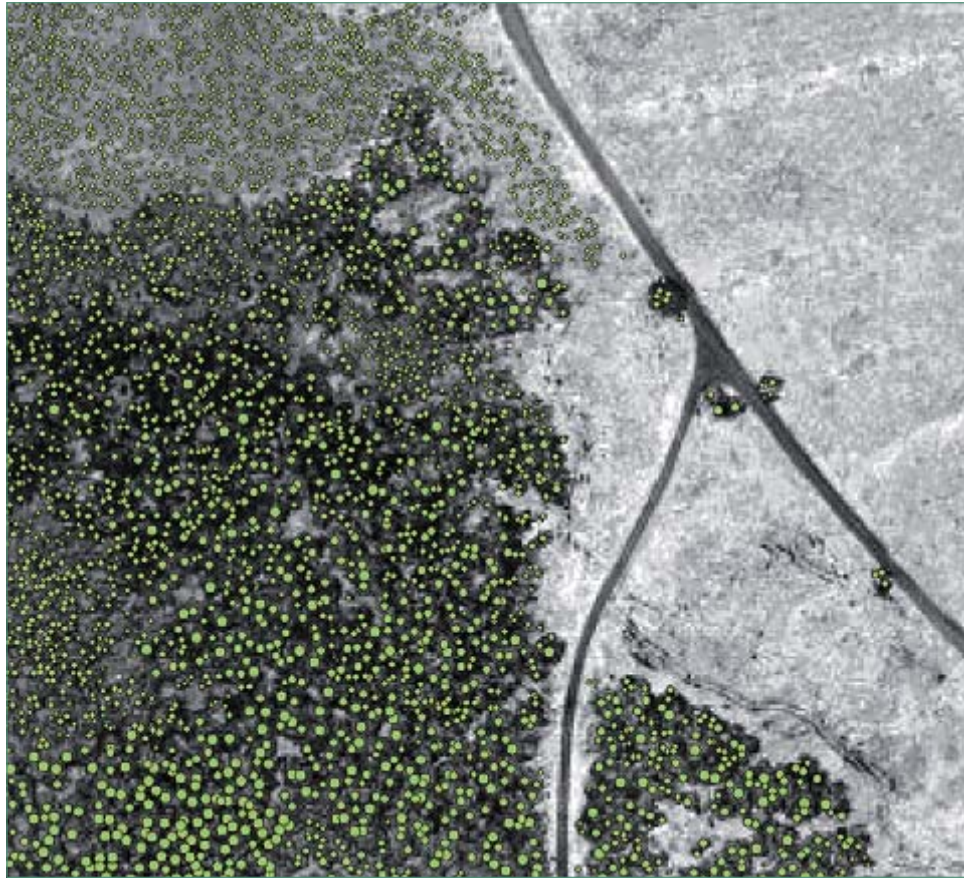


# ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 666 2008



## Validering av FORAN SingleTree® Method

Andreas Barth, Björn Hannrup, Johan J. Möller & Lars Wilhelmsson

Ämnesord: Fjärranalys, inventering, laserscanning, stående skog.

---

### **SKOGFORSK**

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

### **FORSKNING OCH UTVECKLING**

#### **Två forskningsområden:**

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

### **UPPDRAG**

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### **KUNSKAPSFÖRMEDLING**

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

## Förord

Denna studie har gemensamt finansierats av FORAN Sverige AB och av medel från Skogforsks ramprogram. Vidare har FORAN levererat data för analys och assisterat vid fältinventeringarna i Hyltebruk. I Älvdalen har Älvdalens besparingskog med entreprenörer varit delaktiga i projektet och bidragit med data. Alla analyser och bearbetning av data har skett på Skogforsk. Många personer har bidragit till genomförandet av denna studie. Vid FORAN tackar vi Tobias Jonmeister och de entreprenörer som varit delaktiga i inventeringarna i Hyltebruk. På Älvdalens besparingskog har Per-Olof Persson och Håkan Lissman hjälpt till med data och kontakter. Stort tack till dem och all personal hos entreprenörerna Ingemar Pell och Westlings som svarat för insamling av skördardata. Vid Skogforsk har förutom textförfattarna också John Arlinger, Anders Westin och Ove Nyberg arbetat inom projektet. Vi tackar också Leif Johnsson på Sveaskog som uppmärksammade oss på felaktigheter i en tidigare version av rapporten. Projektet initierades av vår bortgångne kollega och vän Lennart Moberg. Lennart hade en stor del i förberedelserna av projektet.

Uppsala 2008-12-09

*Andreas Barth, Björn Hannrup, Johan J. Möller & Lars Wilhelmsson*

# Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning .....	3
Bakgrund .....	4
Introduktion .....	4
Flygburen laserteknik .....	4
FORAN SingleTree Method.....	5
Investeringar i ny teknik .....	5
Syfte .....	6
Material och metod.....	6
Allmänt .....	6
Älvdalen.....	6
Hyltebruk .....	7
Utvärdering.....	8
Resultat .....	8
Skattningar på objektsnivå.....	8
Diameterklassfördelning.....	12
Trädslagfördelning.....	15
Jämförelse med traditionella inventeringsmetoder.....	16
Diskussion.....	18
Slutsatser .....	20
Referenser .....	21
Bilaga 1 .....	23
Bilaga 2 .....	25

## Sammanfattning

Syftet med denna studie har varit att utvärdera resultatet från beskrivningar av objekt och enskilda träd med FORAN SingleTree® Method. Metoden SingleTree baseras på mätningar med pulsintensiv laserteknik (ca 10 pulser m<sup>-2</sup>) från flygplan. Upplösningen är så pass hög att skattningar kan göras för enskilda träd. Laserdata har samlats in under sommaren 2007 och levererats under våren 2008. Utvärderingen har omfattat de enskilda trädens diameter-, höjd- och volymfördelning på objektsnivå, samt objektens aritmetiska respektive grundtyevägda medelhöjder och medeldiametrar. Utvärderingen har koncentrerats till avverkningsmogna skogar inom ett talldominerat område väster om Älvdalen och ett grandominerat område norr om Hyltebruk. Jämförelser har gjorts mellan FORAN SingleTree och referensmätningar. Två olika metoder användes för att samla in referensdata. I Älvdalen användes skördarmätt utfall i slutavverkning och i Hyltebruk fältmätningar av enskilda träd. Utvärderingen visar att FORAN SingleTree skattar medelvärden för stamvolym, trädhöjd och stamdiameter för äldre skog med mycket hög noggrannhet på objektsnivå. För resultat från respektive område se tabell 1.

Tabell 1.  
Noggrannheten för FORAN SingleTree för beräkning av stamvolym, trädhöjd och stamdiameter.

	Älvdalen %	Hyltebruk %
Stamvolym	11,8	10,0
Trädhöjd	1,4	2,3
Stamdiameter	7,3	7,0

Vår jämförelse med en subjektiv (relaskop) och en objektiv (fyra provytor) inventering utförd på samma områden i Hyltebruk visade att medelvärdesskattningarna från FORAN SingleTree var mycket bra. Noggrannheten i FORAN SingleTree överträffar båda metoderna. En viktig utmaning för metoder baserade på flygburen laserteknik är dock volymuppskattningar per trädslag. I studien underskattades volymen gran i genomsnitt med 22,5 % på objekten i Hyltebruk. Detta beror på att många granar klassificeras som tall eller löv. Här krävs en vidare utveckling av metoden. Vidare noterades ett par typer av bestånd där skattningarnas noggrannhet var sämre. I en extremt tät skog där träden växte så pass tätt att de var svåra att skilja från varandra. Detta fick som följd att flera mindre träd klassades som ett stort träd och beståndets medelstam överskattades. Område med en extremt stor diameterspridning i bestånden på mager mark, underskattades volymen för träd med stor brösthöjdsdiameter. En orsak kan vara stor diameterspridning bland träd med fullstor träd-krona och trädhöjd. Detta skulle göra det svårt att skatta korrekt volym för gamla och grova träd.

I den validerade slutavverkningsmogna skogen är FORAN SingleTree en mycket bra metod för att leverera träd- och skogdata till skogsbrukets behov. Med beståndsålder och en utvecklad metod för trädslagsklassificering ersätter FORAN SingleTree den subjektiva fältinventeringen. Krävs ytterligare inventeringsdata utgör också FORAN SingleTree en utmärkt databas för effektiv inventering, liknande vad skogsbruksplanen i dag utgör för inventering med Indelningspaketets metoder.

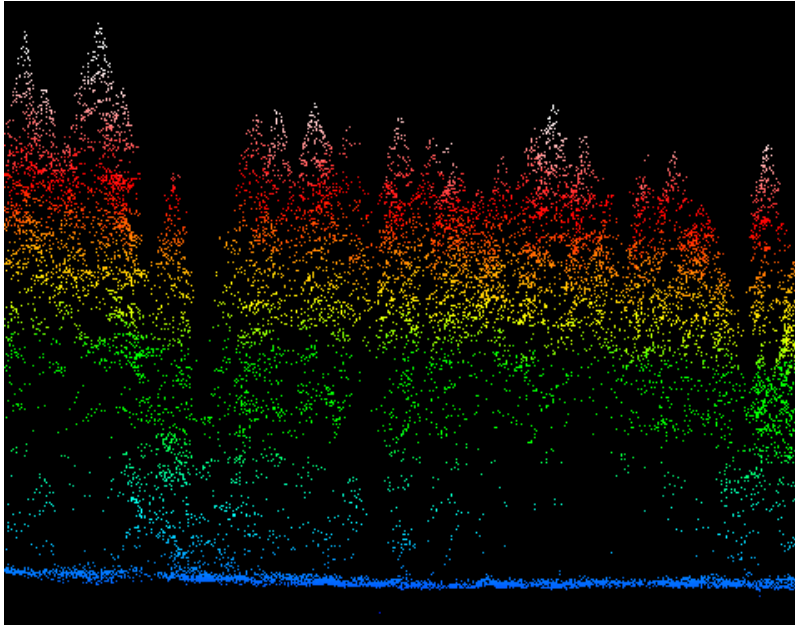
## **Bakgrund**

### **INTRODUKTION**

Den tekniska utvecklingen under senare år har fört fram nya möjligheter för skogsbruket att samla in skogliga data. Framför allt inom skoglig fjärranalys har nya metoder blivit operativt gångbara, och exempelvis erbjuder ett antal kommersiella aktörer sedan ett par år tillbaka beståndsvisa skattningar baserade på flygburen laserteknik. Ytterligare ett steg togs 2006 då FORAN Sverige AB på kommersiell bas började inventera skog med pulsintensiv laserteknik. Med pulsintensiv laserscanning kan skattningar göras för enskilda träd. Metoden baseras på forskning från Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) och marknadsförs under produktnamnet FORAN SingleTree Method.

### **FLYGBUREN LASERTEKNIK**

En flygburen laserscanner mäter skogen genom att aktivt skicka ut pulser från ett laserinstrument monterat i ett flygplan eller helikopter. Med hjälp av en roterande spegel fördelas pulserna ut över skogen. Pulserna reflekteras sedan tillbaka och avstånd till mark och vegetation registreras. Positionen för varje registrering kan sedan beräknas utifrån laserinstrumentets position. Mätningarna resulterar i en 3D-modell med registreringar på marken och i trädens kronor (figur 1). Modellen kan sedan användas för att beräkna trädets höjd och vegetationens täthet. Beroende på upplösning kan beräkningar göras på olika nivåer, exv. Bestånd (arealmetod) eller enskild träd. Vid hög upplösning kan enskilda träd identifieras och positioneras, för varje träd beräknas sedan höjd och kronarea. Baserat på data insamlat i fält kan även ytterligare variabler skattas.



Figur 1.  
3D-modell sedd från sidan som visar reflexioner (punkter) på mark och i vegetationen.

## FORAN SINGLETREE METHOD

FORAN SingleTree® Method, baseras på pulsintensiv laserteknik med upp emot 10 pulser per kvadratmeter. Upplösningen är så pass hög att enskilda träd kan identifieras. För varje träd registreras höjd, kronarea och trädets koordinater för lägesbestämning. Diameter och stamvolym skattas med stödjande mätningar i fält. För de träd som inte identifieras från luften sker en korrigerad av stamvolym baserat på en arealbaserad metod. I kombination med IR-bilder klassas trädslag. Data från SingleTree används i de flesta tillfällen tillsammans med information om ålder och ståndortsindex från tidigare skogsbruksplaner. Målklassning och åtgärdsförslag bedöms efter fältbesök.

## INVESTERINGAR I NY TEKNIK

Skogsbruket har under senare år följt utvecklingen av lasertekniken och ett antal aktörer har också testat den nya tekniken för att samla in skogliga data. Behovet av att beskriva den stående skogen med hög noggrannhet och kostnadseffektivitet ställer stora förväntningar på nya tekniker. Skogforsk presenterade under våren 2008 en rapport om den ekonomiska potentialen för vad bättre information om träddimensioner, trädens rumsliga fördelning och olika drivningsförutsättningar kan innebära (Sonesson et al., 2008). Av rapporten framgår bl.a. att det för svenskt skogsbruk finns en potential att årligen förbättra lönsamheten. Slutsatsen är att datafångst med pulsintensiv laserscanning ger mervärden som väl motiverar den kostnad som metoden medför. Skoglig inventering är under stark utveckling och metoder baserade på såväl fjärranalys som nya markbaserade mättekniker kommer med säkerhet att få en större betydelse framöver. Laserbaserad mätteknik är central i denna utveckling. Det är viktigt för skogsbruket att nya tekniker och inventeringsmetoder utvärderas. Med bättre kunskap om laserteknikens egenskaper blir det lättare för skogsbruket att planera och prioritera framtida inventeringar.

## Syfte

Syftet med denna studie har varit att utvärdera resultat från beskrivningar av objekt och enskilda träd med FORAN SingleTree Method. Utvärderingen har omfattat de enskilda trädens diameter-, höjd- och volymfördelning av storleksklasser på objektsnivå, samt objektens aritmetiska respektive grundytbevågda medelhöjder och medeldiametrar. Utvärderingen har koncentrerats till avverkningsmogna skogar inom två områden med skilda typer av skog.

## Material och metod

### ALLMÄNT

Inom ett grandominerat sydligt testområde har vi gjort jämförelser mellan resultat från inventering utförd med FORAN SingleTree och referensresultat från data insamlat i fält, och i ett nordligt talldominerat testområde har vi gjort jämförelser med skördarmätt utfall från avverkning. Noggrannhet av skattningar på objektsnivå, diameterklassfördelningar och klassificering av träslag har utvärderats. Inom ett testområde har vi även gjort jämförelser med de traditionella inventeringsmetoder som i dag är aktuella inom skogsbruket.

Två områden som inventerades med flygburen laserscanner under 2007 har ingått i studien. Skattningarna i FORAN SingleTree baserades på de metoder som var aktuella under vintern 2008. Studien har omfattat dels ett område utanför Älvdalen i Dalarna som tillhör Älvdalens Besparingsskog, dels ett område norr om Hyltebruk i Halland, vilket ägs av Bergvik Skog AB. Områdena skiljer sig åt bl.a. med avseende på virkesförråd och trädslagsblandning (tabell 2). Skogarna i Halland har under senare år drabbats hårt av stormar. Därför har vi använt olika utvärderingsmetoder för de respektive områdena. I Älvdalen jämfördes laserdata mot skördarmätt utfall i slutavverkning medan data från inventeringar i fält användes som referens i Hyltebruk.

Tabell 2.

Beskrivning av skogen i de två områdena. Inom parentes medelvärde för respektive område.

	Älvdalen	Hyltebruk
Markägare	Älvdalens besparingsskog	Bergvik Skog AB
Antal objekt	12	8
Storlek	0,9 – 25,7 (6,2) ha	0,25 – 0,94 (0,5) ha
Beståndsvolym	111–179 (141) m <sup>3</sup> sk ha <sup>-1</sup>	205–754 (392) m <sup>3</sup> sk ha <sup>-1</sup>
Antal stammar	409–877 (577) träd ha <sup>-1</sup>	340–843 (517) träd ha <sup>-1</sup>
Andel tall	92 %	7 %
Andel gran	8 %	91 %
Andel löv	0 %	2 %
Referens	Skördarmätning	Fältinventering

### ÄLVDALLEN

Inom Älvdalens besparingsskog begränsades urvalet av objekt till de områden som fanns tillgängliga i traktbanken. För att kunna matcha avverkningarna med laserdata valdes endast slutavverkningstrakter där inga fröträd eller skärmträd lämnades. Totalt fanns tre områden som uppfyllde kriterierna, vilka var aktuella för avverkning och låg inom det område som flyginventerades under 2007. Samtliga objekt var belägna strax väster om Evertsberg i Älvdalens kommun.



På varje avverkningstrakt samlades data in för ett antal geografiskt avgränsade områden, vilka vi definierat som enskilda objekt. Avverkningarna genomfördes av två olika entreprenörer mellan februari och maj 2008. Skördarnas produktionsfiler (pri) samlades in från avverkningarna. Skördarens aggregat mätte stockarnas diameter fram till sista kap och i produktionsfilen lagrades data om diameter vid varje kap. Stockens längd mättes och volymen beräknades. De stockarna som tillhört samma stam kan identifieras och för varje stam registrerades trädslag och brösthöjdsdiameter. För ett mindre antal stammar kan korrupta värden erhållas, orsaken kan exempelvis vara träd med dubbeltopp och stockar med felaktigt identifierade stammar. För träd med orimliga värden korrigerades stockarnas stamtillhörighet manuellt. För att kunna avgöra skördaraggregatets mätnoggrannhet vid respektive tillfälle samlades även skördarens ktr-fil in. Där lagras information om de stammar som kontrollmätts manuellt. I två fall av tre fungerade skördarens mätning mycket bra. För att minska effekten av eventuella mätfel hos skördaren på det tredje området gjordes en mindre korrigerig. I detta fall användes de kontrollmätta stammarnas diameteravvikelser för att korrigera skördarens mått för brösthöjdsdiametern hos de enskilda träden med funktionen:

$$DBH_{\text{korrigerad}} = 0,9854 \times DBH_{\text{skördaremätt}} - 0,2529.$$

Stammarnas totala längd inklusive topp beräknades med Kiljunens (2002) funktioner. Kiljunens funktioner är speciellt framtagna för skördare och använder trädets avsmalning för att beräkna stammens längd. För trädets längd adderades sedan stubben motsvarande 1 % av trädets längd. Med brösthöjdsdiameter och trädslängd beräknades sedan trädets volym med Näslunds funktioner (1947). En alternativ skattning av volym erhöles från skördarens beräkningar. Volym för trädets stockar (på bark) summerades ihop och en kon motsvarande trädets topp adderades för att beräkna trädets totala volym. För att matcha de avverkade objekten med FORAN SingleTree registrerades efter avverkningen gränserna med DGPS-teknik. I analysen ingick endast träd med en brösthöjdsdiameter grövre än 7 cm. Eftersom endast avverkade träd har mätts av skördaren saknas referensmätningar av träd som lämnats som miljöhänsyn.

## **HYLTEBRUK**

Inom området Hyltebruk valde vi ut åtta objekt för validering. Vårt fokus låg på bestånd vars nästa åtgärd är slutavverkning. Urvalet begränsades geografiskt till den norra delen av det flyginventerade området. Samtliga objekt ligger strax söder om Gällared i Falkenbergs kommun. Gränserna för objekten positionerades med DGPS och valdes så att de var lätta att återfinna i data från SingleTree. Gränserna utgjordes därför ofta av skogsbilvägar, stickvägar och tydliga beståndsgränser. Alla träd som var grövre än 7 cm i brösthöjdsdiameter klavades, varefter trädslag registrerades. För totalt 14 % av träden mättes även höjd med en höjdmätare. Trädhöjd skattades för samtliga träd med funktioner baserade på träden mätta i fält. Höjdfunktioner togs fram för respektive objekt och trädslag (bilaga 1). Baserat på brösthöjdsdiameter och höjd användes Näslunds funktioner för att skatta volym för varje klavat träd.

Som ytterligare jämförelse utfördes alternativa inventeringar i de åtta objekten i Hyltebruk. En objektiv provyteinventering och en subjektiv inventering. Ett objektivt urval av normalt 4 provytor (radie på 7,98 m) per objekt mättes in på

vart och ett av de åtta objekten. På provytorna mättes brösthöjdsdiameter hos alla träd som var grövre än 7 cm och trädslaget registrerades. För ett antal slumpvist utvalda provträd mättes även höjd. Dessa träd användes för att skatta höjd på ej mätta träd. Volymen beräknades sedan med Näslunds funktioner (1947), baserat på trädhöjd och brösthöjdsdiameter. För varje objekt beräknades grundyta, volym, stammar per hektar samt grundtyevägd höjd och diameter. Som komplement utfördes också en subjektiv uppskattning av medelvolum, grundyta, höjd och medeldiameter. För stödmätningar användes relaskop och höjdmätare. För att inte påverkas av resultat från andra mätningar utfördes den subjektiva inventeringen oberoende av de övriga inventeringarna.

## UTVÄRDERING

Vid utvärderingen har vi jämfört resultat från FORAN SingleTree med respektive referensdata. I Älvdalen utgjordes referensdata av det skördarmätta utfallet efter avverkning och i Hyltebruk av mätningar på stående träd i fält.  $D_i$  är avvikelserna (1) mellan FORAN SingleTree,  $S$ , och referensdata,  $R$ , för objekt  $i$ . Ett positivt värde på medelavvikelse innebär att värdet enligt SingleTree ligger över motsvarande värde i referensdata, dvs. värdet är överskattat.

På motsvarande sätt innebär ett negativt värde att SingleTree medfört en underskattning. Medelavvikelsen (2) visar den systematiska avvikelserna, medan medelfelet (3) är ett mått på mätningarnas precision. Noggrannheten summerar ihop medelavvikelsen och medelfelet (Eq). Beräkningarna för utvärdering följer de som användes av Næsset (2007).

$$\text{Avvikelse:} \quad D_i = X_{Si} - X_{Ri} \quad (1)$$

$$\text{Medelavvikelse:} \quad D_{medel} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (2)$$

$$\text{Medelfel:} \quad SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$\text{Noggrannhet:} \quad RMSE = \sqrt{SD^2 + \bar{D}^2} \quad (4)$$

## Resultat

### SKATTNINGAR PÅ OBJEKTSNIVÅ

Noggrannheten för skattningarna, d.v.s. avvikelserna mellan resultat från FORAN SingleTree och referensmätningarna, redovisas för områdena Hyltebruk respektive Älvdalen i tabell 3. Höjd och diameter med FORAN SingleTree överstämmer mycket bra med referensdata. Identifieringen av enskilda träd var bra i Hyltebruk och de flesta stammar identifierades med FORAN SingleTree. I Älvdalen var skogen tätare och antalet underskattade stammar var högre. Generellt skattar FORAN SingleTree volymen bra, men inom objekten finns en viss tendens till underskattning, vilket var tydligast i

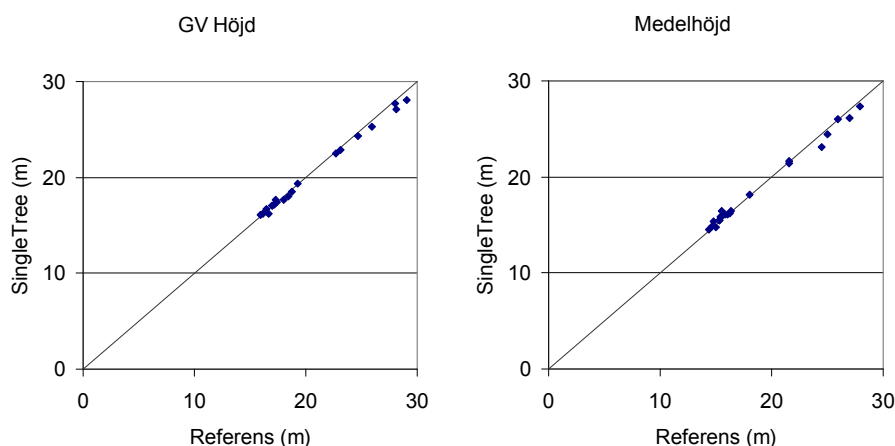
Älvdalen. Skattningarna av medelstam per område var behäftade med relativt stora medelfel.

Tabell 3.

Jämförelse mellan FORAN SingleTree och referensdata, medelavvikelse ( $D_{medel}$ ), medelfel (SD) och noggrannhet (RMSE) för respektive variabel och område.

Variabel	Älvdalen			Hyltebruk		
	$D_{medel}$	SD	RMSE	$D_{medel}$	SD	RMSE
	%	%	%	%	%	%
Medelhöjd	1,7	2,0	2,6	-1,4	1,6	2,1
Höjd <sub>GV</sub>	-0,1	1,3	1,4	-1,8	1,4	2,3
Medeldiameter	3,2	8,2	8,8	3,2	8,2	8,8
Diameter <sub>GV</sub>	-3,0	6,6	7,3	-2,0	6,7	7,0
Grundyta	-12,4	8,9	15,2	-1,9	9,7	9,9
Stammar	-15,7	6,2	16,9	-5,4	6,7	8,6
Volym (Näslund)	-7,8	8,8	11,8	-5,1	8,6	10,0
Volym (skördare)	-11,6	11,3	16,2	-	-	-
Medelstam	9,2	16,2	18,6	1,1	14,7	14,7

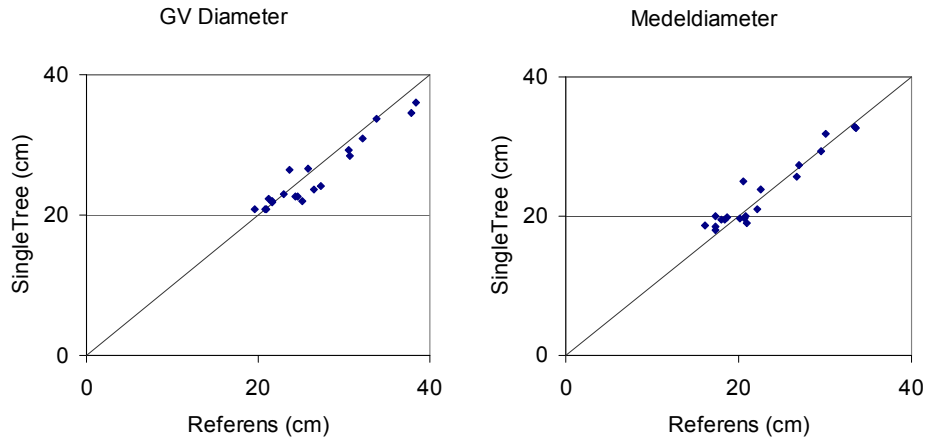
Avvikelsen mellan FORAN SingleTree och referensdata skiljer sig åt mellan objekten, inom de flesta objekt är skattningarna mycket goda. Ett antal svårare objekt som urskiljer sig har dock identifierats. Nedan följer en beskrivning av utfallet för samtliga objekt som ingått i studien.



Figur 2.

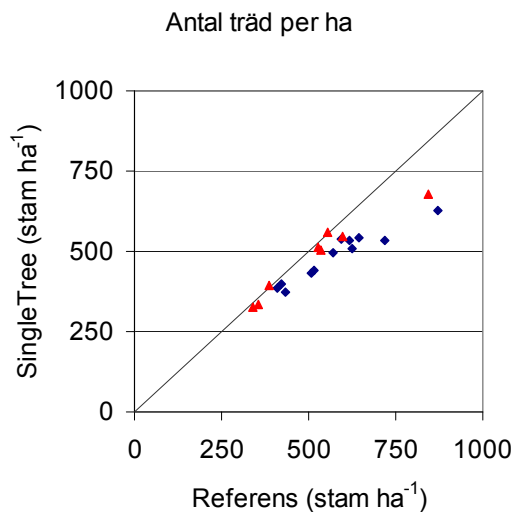
Beräknade trädhöjder i FORAN SingleTree jämfört med referensdata för samtliga objekt i Älvdalen och Hyltebruk.

Trädhöjderna i FORAN SingleTree överensstämde bra med referensdata i samtliga objekt (figur 2). Detta var väntat då trädhöjden mättes direkt av laser-scannern. Observera dessutom att uppmätta skillnader även kan härledas till fel i referensdata. I Hyltebruk avser jämförelsen även de träd i referensdata som har beräknad höjd.



Figur 3. Skattade diametrar i FORAN SingleTree jämfört med referensdata för samtliga objekt i Älvdalen och Hyltebruk.

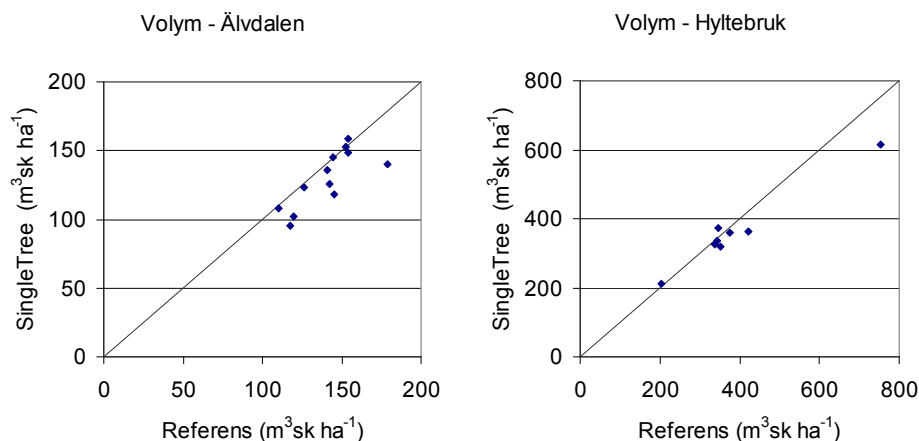
Med FORAN SingleTree skattades diametrar med lasermätning av trädens höjd och träd Kronornas storlek. Avvikelsen i FORAN SingleTree från referensdata för respektive objekt redovisas i figur 3. När diameterskattningar summeras på objektsnivå är skillnaderna små mellan FORAN SingleTree och referensdata. I objekt 3 i Hyltebruk överskattas medeldiametern påtagligt medan den underskattas något för ett antal objekt i Älvdalen.



Figur 4. Antal identifierade träd i FORAN SingleTree jämfört med referensdata för samtliga objekt i Älvdalen (blåa diamanter) och Hyltebruk (röda pyramider).

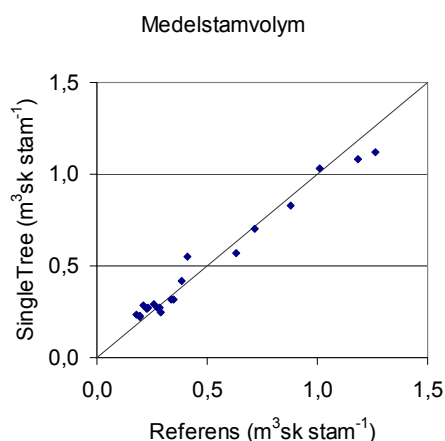
En stor utmaning för flygburen laser är att kunna identifiera antalet träd i skogen. Summerat över varje område identifierades 83,2 % och 93,1 % av träden i Älvdalen respektive Hyltebruk. Avvikelsen med FORAN SingleTree för antalet identifierade träd jämfört med referensdata redovisas i figur 4. Generellt sett blir det svårare att identifiera samtliga träd i tätare objekt. Små träd som växer under större träd är med dagens teknik i princip omöjliga att identifiera från luften. I Älvdalen identifieras mellan 72 % och 92 % av träden i respektive objekt. Här var bestånden tätare och med mer underväxt. I Hyltebruk där skogarna var mer homogena identifierades mellan 80 % och

100 %. Avvikelsen kan förklaras med att FORAN SingleTree missar en betydande del underväxt av mindre träd (<16 cm DBH). Även i Hyltebruk ingick ett bestånd (objekt 3) med väldigt tät skog och även här underskattades antalet stammar. I övriga objekt kring Hyltebruk har FORAN SingleTree lyckats bra med att identifiera antalet träd.



Figur 5. Volym i FORAN SingleTree jämfört med referensdata för samtliga objekt i respektive Älvdalen (vänster) och Hyltebruk (höger).

Bra skattningar av stamvolym kräver hög noggrannhet i höjd- och diameterdata. Volymskattningarnas avvikelse från referensdata finns presenterat i figur 5. I de flesta objekt är skattningarna av virkesförråd mycket bra. Både i Älvdalen och Hyltebruk finns dock ett antal objekt där virkesförrådet underskattas. I Hyltebruk underskattas volymen i två objekt med extremt stora virkesförråd enligt referensdata. Ett objekt urskiljs tydligt i figur 5 medan det andra har en lägre medelvolym på grund av luckor i kombination med att delar av objektet innehåller mycket höga virkesförråd. Inom Älvdalen är volymuppskattningarna mycket bra inom åtta av objekten, här ligger noggrannheten på ett par procent. I övriga objekt som alla ligger kring Bredtjärn underskattas volymen med hela 17 %.



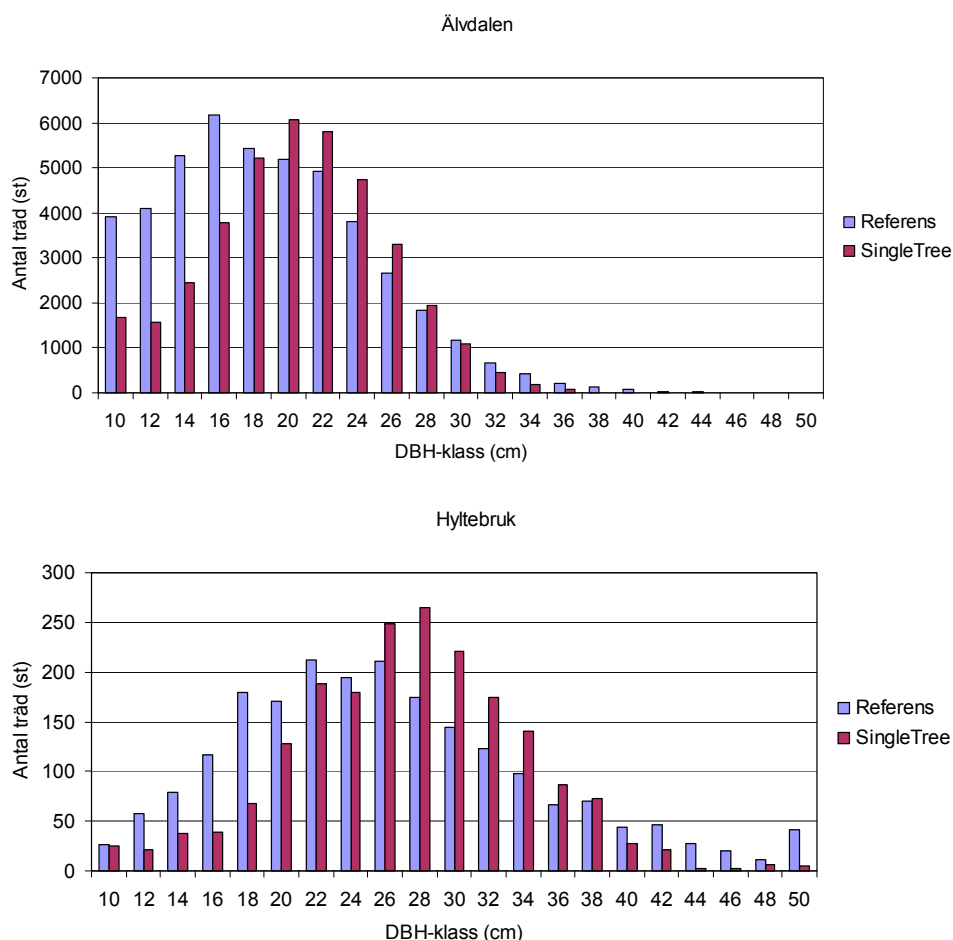
Figur 6. Medelstammens volym i FORAN SingleTree jämfört med referensdata för samtliga objekt i Älvdalen och Hyltebruk.

Medelstamsvolymen beräknas på skattningarna för volym och stamantal i FORAN SingleTree (figur 6). Medelavvikelsen är låg i både Älvdalen och Hyltebruk även om en viss spridning förekommer. I objekt med en kraftig underskattning av stamantalet men god volymuppskattning underskattas medelstammen. I vissa objekt underskattas både volym och stamantal, vilket i så fall ändå ger en bra uppskattning av medelstammen.

I bialga 2 finns mer detaljerade data för varje enskilt objekt.

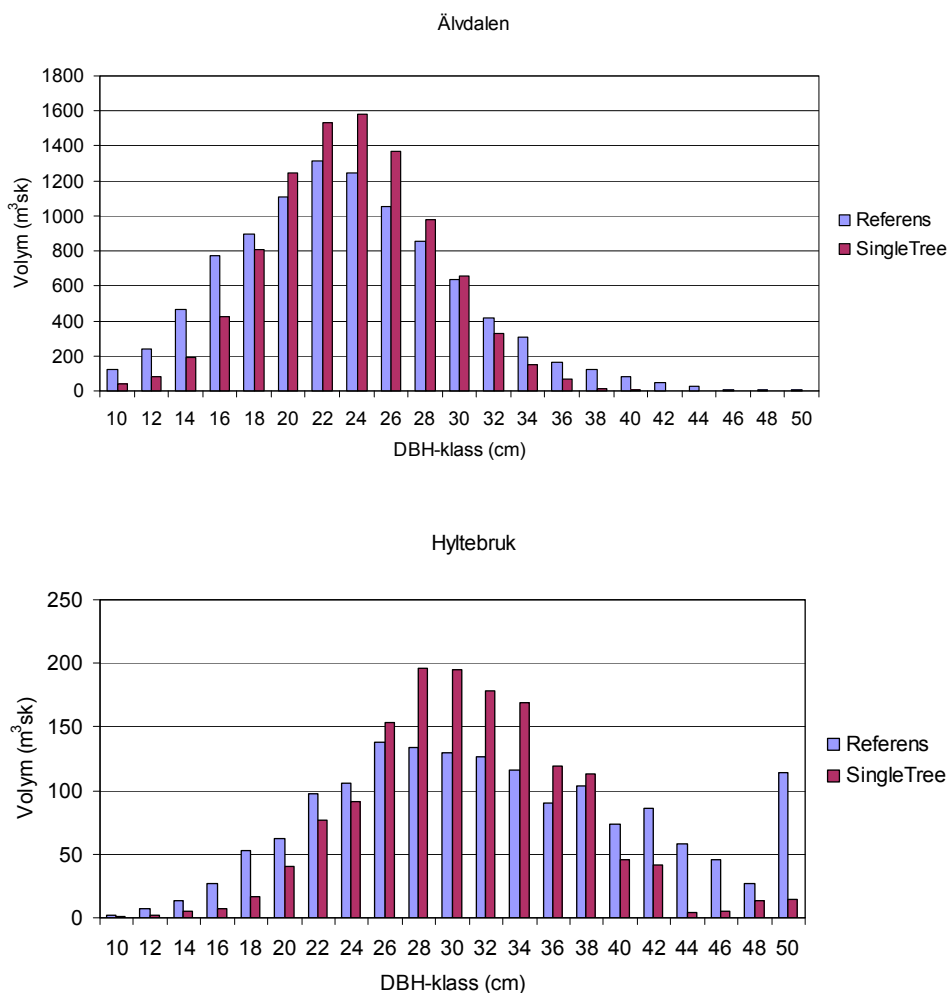
## DIAMETERKLASSFÖRDELNING

Medeldiameter och grundtytvägd diameter för ett objekt skattas med mycket bra noggrannhet i FORAN SingleTree. Till stor nytta för skogsbruket är också en beskrivning av skogens diameterklassfördelning. I figur 7 finns antalet identifierade träd inom respektive diameterklass för Älvdalen respektive Hyltebruk. Som jämförelse också samma data från respektive referens. För båda områdena framgår det att en del träd med klenare diameter inte identifierats med FORAN SingleTree. Antalet grövre stammar underskattas också men i mindre omfattning.



Figur 7. Antal träd per diameterklass (DBH) i Älvdalen (ovan) och Hyltebruk (nedan).

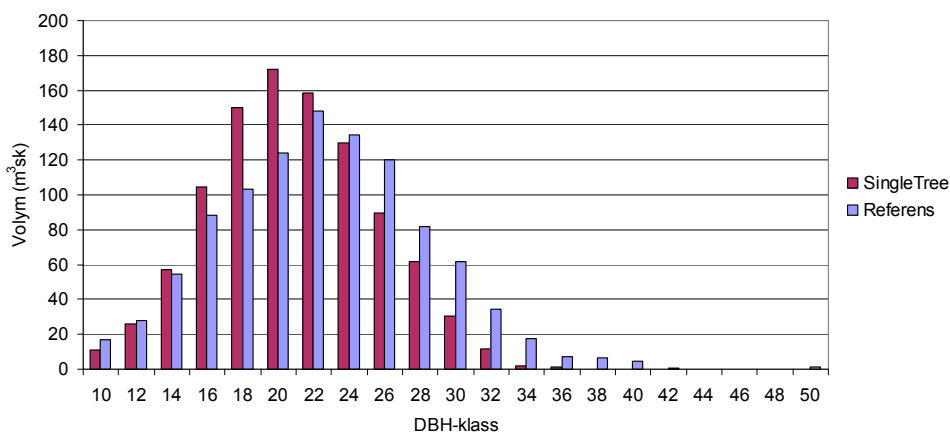
Summerar vi volymerna för respektive diameterklass får underskattningen av de små träden en mindre betydelse (figur 8). För de grövre träden blir dock effekten den motsatta och volymerna för de grövsta träden inom Hyltebruk underskattas. När data summeras områdesvis syns inte denna effekt lika tydligt i Älvdalen. Volymerna i de mellersta diameterklasserna överskattades generellt för båda områdena, i Älvdalen för diameterklasser mellan 22 och 28 cm och i Hyltebruk för diameterklasser mellan 28 och 36 cm.



Figur 8. Stamvolym per diameterklass (DBH) i Älvdalen (ovan) och Hyltebruk (nedan).

Diameterfördelningen blev ganska väl beskriven inom de flesta objekt både i Älvdalen och i Hyltebruk. Det finns många goda exempel (figur 9), diameterfördelning i samtliga objekt finns i bilaga 2. Ett par objekt uppvisade dock större fel i skattningar än de andra och problemen i dessa områden kan illustreras genom att jämföra diameterklassfördelningarna.

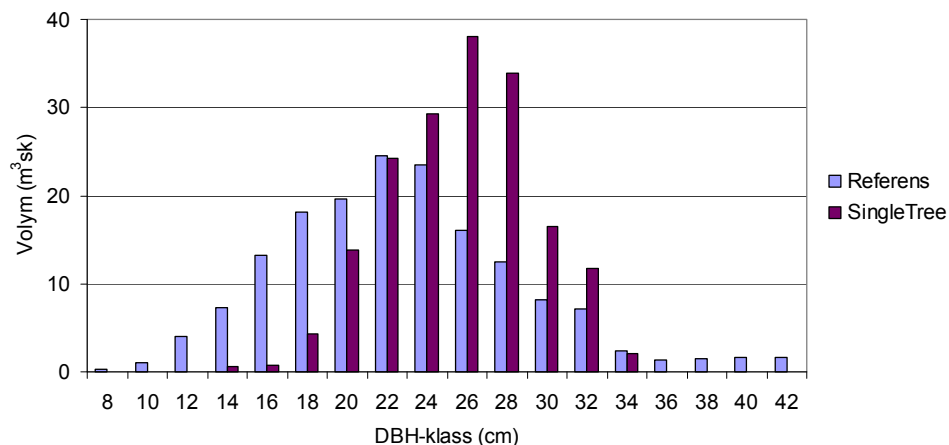
Objekt 9 - Älvdalen



Figur 9.  
Exempel på diameterfördelningen inom ett enskilt objekt.

Objekt 3 i Hyltebruk var ett extremt tätt bestånd (drygt 840 stammar per hektar), jämfört med övriga studerade objekt. Den södra delen av objektet var ännu tätare och beståndet hade börjat självgallra. Här underskattade FORAN SingleTree antalet träd (-20 %) samtidigt som volymen överskattas med 7 %. SingleTree hade svårt att urskilja träden i det täta krontaket och flera träd registrerades som ett träd med en för stor krona. Därmed överskattades stammarnas diameter, vilket illustreras i figur 10.

Objekt 3 - Hyltebruk

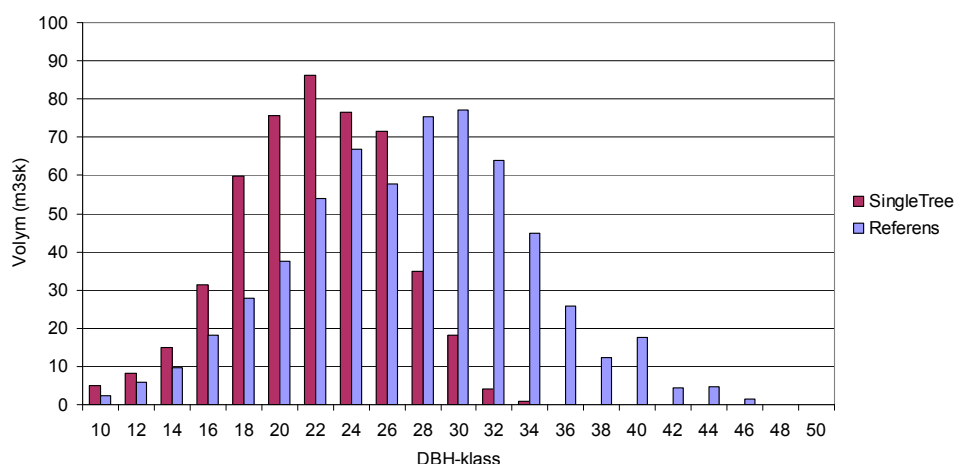


Figur 10.  
Diameterklassfördelningen i objekt 3 – Hyltebruk.

Även i Älvdalen fanns objekt där resultaten avviker. Alla låg inom samma trakt i Bredtjärn. Volymerna underskattades i vissa fall upp emot ca 20 %. Framför allt var det storleken på de grövre träden som underskattades med FORAN SingleTree (figur 11). Skogen i Bredtjärn bestod av en 140-årig gammal skog med ca 17 meter höga träd. Diameterspridningen var stor inom objekt med många riktigt grova träd. I en jämförelse med det material som samlades in i Älvdalen (figur 8) ser vi också att de grova träden som missas i objekt 7 också är ovanligt grova.



Objekt 7 - Älvdalen



Figur 11.  
Diameterklassfördelningen i objekt 7 – Älvdalen.

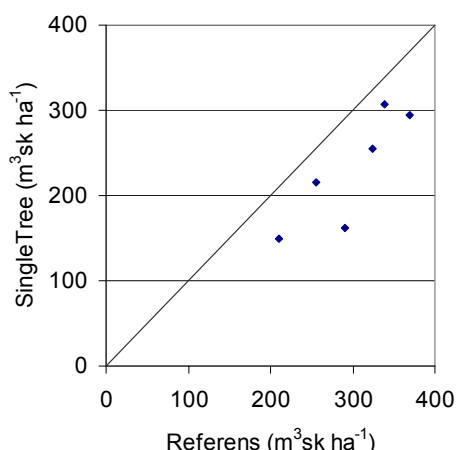
## TRÄDSLAGFÖRDELNING

Det är en stor utmaning inom fjärranalys att med automatiska metoder bestämma trädslag för varje enskilt träd. Information i data från laserscannern kombineras ofta med optiska bilder för att uppnå ett bra resultat. Båda de studerade områdena dominerades av ett trädslag, vilket även gällde för de flesta objekten inom respektive område. I Älvdalen dominerade trädslaget tall och här överskattade FORAN SingleTree andelen tall. Trädslagen gran och löv förekommer här oftast som underskikt varför dessa stammar kan vara svåra att identifiera från luften. Även i Hyltebruk överskattades andelen tall men också andelen löv. I båda områdena underskattades granandelen, vilket är av störst betydelse i Hyltebruk där granen dominerar. I tabell 4 redovisas en jämförelse mellan FORAN SingleTree och referensdata för volymandelens fördelning mellan respektive trädslag.

Tabell 4.  
Trädslagsfördelning för Älvdalen respektive Hyltebruk.

Volymandel	Älvdalen		Hyltebruk	
	Referens %	SingleTree %	Referens %	SingleTree %
Tall	92	99	7	16
Gran	8	1	91	78
Löv	0	0	2	6

Vid beräkningar av volymen granvirke för objekten i Hyltebruk medför den felaktiga klassificeringen av trädslaget en underskattning med i genomsnitt 22,5 % (figur 12). I Älvdalen där tallen dominerar överskattas det dominerande trädslaget med i genomsnitt 2 %.



Figur 12.  
Skattning av granvolym i FORAN SingleTree jämfört med referensdata.

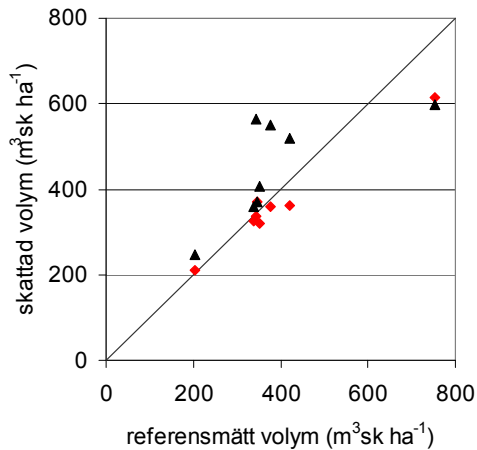
## JÄMFÖRELSE MED TRADITIONELLA INVENTERINGSMETODER

De alternativa inventeringarna i Hyltebruk ger perspektiv på de erhållna resultaten från FORAN SingleTree. I tabell 5 jämförs den objektiva provyteinventeringen och den subjektiva relaskopinventeringen med referensdata. Grundtyvägd höjd och brösthöjdsdiameter skattades mycket bra oavsett metod medan grundyta och volym var svårare att uppskatta. Dessa skattningar var som väntat sämre när mätningen baserades på en subjektiv metod.

Tabell 5.  
Resultat (%) från kompletterande inventeringar i Hyltebruk.

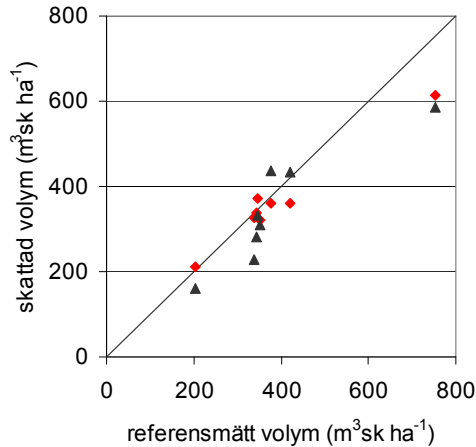
Variabel	Objektiv (provytor)			Subjektiv (relaskop)			SingleTree		
	D <sub>medel</sub>	SD	RMSE	D <sub>medel</sub>	SD	RMSE	D <sub>medel</sub>	SD	RMSE
Höjd <sub>GV</sub>	-3,4	3,9	5,2	-0,2	5,4	5,4	-1,8	1,4	2,3
Diameter <sub>GV</sub>	-6,4	2,6	6,9	-3,3	9,1	9,7	-2,0	6,7	7,0
Grundyta	-10,7	17,0	20,1	19,7	28,7	34,8	-1,9	9,7	9,9
Volym	-11,6	15,6	19,4	20,4	26,0	33,1	-5,1	8,6	10,0
Stammar	0,5	19,7	19,7	-	-	-	-5,4	6,7	8,6
Medelstam	-10,5	15,3	18,5	-	-	-	1,1	14,7	14,7

I figur 13 redovisas en jämförelse mellan FORAN SingleTree och subjektiv inventering för volymuppskattning för respektive objekt. Precis som för FORAN SingleTree var det svårt att uppskatta volymen rätt i avdelningar med höga virkesförråd. FORAN SingleTree gav dock högre noggrannhet i objekt med ojämna virkesförråd. Det är inte väntat att den subjektiva inventeringen överskattar virkesförrådet i virkesrika objekt, många av objekten har dock stor variation och viss luckighet, vilket gör den subjektiva bedömning i fält svårare.



Figur 13.  
Volym i FORAN SingleTree (röda diamanter) och subjektiv inventering (svarta pyramider) jämfört med referensdata för samtliga objekt i Hyltebruk.

I figur 14 visar vi jämförelsen mellan FORAN SingleTree och objektiv inventering för uppskattning av volymer inom respektive objekt. De skattningar som baserades på den objektiva inventeringen gav som väntat bättre resultat än de som baserades på den subjektiva inventeringen. Volymuppskattningarna från FORAN SingleTree var normalt bättre än motsvarande med de fältbaserade metoderna, utom för ett par objekt där de skattningar som baserades på objektiva provtytor gav det bästa resultatet.



Figur 14.  
Volym i FORAN SingleTree (röda diamanter) och objektiv inventering (svarta pyramider) jämfört med referensdata för samtliga objekt i Hyltebruk.

## Diskussion

Resultaten visar att FORAN SingleTree ger data med hög noggrannhet på objektsnivå. Områdena som ingick i valideringen var främst slutavverkningsmogna skogar och delvis ganska små, vilket också visar på möjligheten att summera data från de enskilda träd som skall omfattas av en viss åtgärd. De minsta objekten i valideringen var under ett halvt hektar. Antalet objekt i studien var begränsat men beskrivs med en noggrannhet i volymskattningarna på objektsnivå med 10,0 % i Hyltebruk och 11,8 % i Älvdalen. Resultaten stämmer bra med tidigare redovisade studier som utvärderar noggrannheten i laserbaserade metoder. Persson et al. (2002) rapporterar noggrannhet för skattningar på enskilda träd med 10 % för brösthöjdsdiameter och 22 % för stamvolym. Det är rimligt att noggrannheten summerat för flera träd inom ett bestånd är bättre. Hyppä et al. (2001) redovisar noggrannheter på beståndsnivå. Dessa var 9,9 % för medelhöjd, 10,2 % för grundyta och 10,5 % för stamvolym.

Även för fältinventering finns studier av kvaliteten på data. En mer omfattande studie som behandlade noggrannheten vid inventering i norra Sverige visade ett medelfel på 14,1 % för virkesvolym per bestånd med fyra subjektivt valda relaskopytor (Ståhl, 1992). Då ett systematiskt fel adderas till medelfelet hamnade noggrannheten här på mellan 15 och 20 %. Detta är lägre än för motsvarande inventering i Hyltebruk. Även om objekten var små kan skillnaden förklaras med förhållandevis högre virkesförråd och större variation i Hyltebruk än för den nordsvenska studien. Stormar har under de senaste åren gett upphov till en hel del luckor som är svåra att uppskatta i fält. Med Indelningspaketets objektiva inventeringsmetod med cirka 10 provytor per avdelning nås en noggrannhet för stående trädvolym på ca 12 % (jmf. Ståhl, 1992). I Hyltebruk användes cirka 4 provytor och för denna inventering blev noggrannheten betydligt sämre. Osäkerheter i arealangivelser var ett gemensamt problem för båda de fältbaserade inventeringsmetoderna i denna studie (jmf. Hansson, 1999).

Bestämning av trädslagsfördelning är en stor utmaning för automatiska metoder. FORAN SingleTree ger en bra bild av vilket trädslag som är dominerande och visar en ungefärlig trädslagsfördelning. Bestämning av trädslagsblandningen i skogar som är enkla att överblicka i fält är dock inte nödvändigtvis enkla att bestämma med flygburen laser. Exempelvis underskattar FORAN SingleTree andelen gran i helt trädslagsrena skogar. Trädslagsblandningen i dessa objekt skulle snabbt gå att bestämma vid en fältkontroll. I Älvdalens talldominerade områden underskattas också volymandelen gran, detta kan delvis förklaras med att detta trädslag främst finns som undervegetation i skogen och skyms av de högre tallarna. En jämförelse med referensdata visar dock att det fanns en betydande volymandel gran som inte framkom med FORAN SingleTree.

Volymuppskattning per trädslag är en viktig parameter för skogsbruket vid t.ex. utbytesberäkningar och här finns utrymme för metodförbättringar. Insatser för att förbättra FORAN SingleTrees metodik att klassificera trädslag har gjorts (T. Jonmeister, pers. komm.). Till exempel har metoden under innevarande år utvecklats så att data om trädslagsfördelningen i befintliga skogsbruksplaner vägs in i skattningarna.

Vidare används numera intensitetsdata från lasermätningarna för att bättre kunna klassificera tall och löv. Resultatet av dessa utvecklingsinsatser har inte kunnat utvärderats inom denna studie.

Eftersom FORAN SingleTree ger data om enskilda träd skapar metoden inte bara möjligheter att göra medelvärdesberäkningar för dynamisk indelning av bestånd. Med data på varje enskilt träd kan även skattningar av diameterklassfördelningen erhållas redan innan avverkning. Sett för hela materialet överskattades dock volymerna i de mellersta diameterklasserna. Träd i de mindre diameterklasserna är svåra att se från luften. Att dessa underskattades var väntat och har en marginell effekt för volymuppskattningarna. För de grövre träden missar laserscannern färre träd men de träd som missas får en större betydelse av volymuppskattningen i respektive diameterklass. Det kan finnas flera orsaker till att andelen grova träd underskattas i FORAN SingleTree. Dels finns det färre observationer i det material som skattningarna baseras på, dels finns det extrema värden som är svårare att skatta med statistiska metoder. I Hyltebruk kan urvalsmetoden av objekt, med en stor andel gränser som avgränsades av exempelvis vägar, givit upphov till en större andel grova kantträd än i normal skog. Vidare så skattas trädens diameter utifrån trädets höjd och trädkronans diameter, det är rimligt att tro att bland de riktigt stora träden finns en stor spridning i diameter som är svår att fånga med lasermätningar.

När noggrannheten studeras för olika mätmetoder är det viktigt att poängtera att avvikelser i mätningarna har olika sammansättning. Inventeringsmetoder som baseras på stickprov förväntas endast ha slumpmässiga fel. Subjektiva inventeringsmetoder och skattningar som baseras på fjärranalys kan påverkas mer av beståndsförhållanden. Även om noggrannheten i FORAN SingleTree är mycket bra för majoriteten av bestånd finns även här avvikelser och dessa kan troligen förklaras med förhållanden i beståndet. I detta arbete har ett par avvikande objekt identifierats. Det ena var ett mycket tätt bestånd i Hyltebruk där trädens kronor har varit svåra att avgränsa. Här överskattades medelstammen samtidigt som antalet träd underskattades.

De andra objekten låg alla i samma delområde i Älvdalen. Här kunde vi konstatera att diametrarna hos en stor andel av de extremt grova träden underskattats, vilket gav effekt på volymuppskattningen. Förekomsten av dessa avvikande objekt är begränsat. Detta gör att summeringar för hela områden ändå ger bra resultat. Är felen systematiska för en viss typ av bestånd kan det dock finnas situationer där denna typ av fel leder till begränsningar. Detta kan exempelvis vara om man i planeringen av slutavverkningar vill prioritera produktion av ett visst sortiment och dimensionsintervall eller då skogsskötaren söker efter bestånd som kräver en specifik åtgärd. Återfinns det som skall prioriteras i en skog med svåra beståndsförhållanden finns det risk att denna information fattas. Om denna problematik är försumbar inom skogsbruket återstår att utvärdera genom praktisk användning.

En viktig fördel med SingleTree jämfört subjektiva inventeringsmetoder är att skattningarna sker automatiskt. Felen som uppstår är inte beroende av subjektiva bedömningar, vilket skapar möjligheter att utveckla metoden ytterligare. Teknik och metoder som används inom flygburen laserteknik utvecklas ständigt. Laserdata som ingått i valideringen samlades in under 2007 och levererades under första halvåret 2008.

## Slutsatser

FORAN SingleTree beskriver skogen med högre noggrannhet än de fältbaserade metoder som traditionellt har används inom skogsbrukets operativa planering. Som helhet blir slutsatsen att FORAN SingleTree levererar bättre träd- och skogdata än traditionella inventeringsmetoder för operativ planering. Med beståndsålder och en utvecklad metod för trädslagsklassificering kan FORAN SingleTree helt ersätta den subjektiva fältinventeringen för beskrivning av volym. Utvärderingen visar att FORAN SingleTree skattar beståndsmedelvärdet för stamvolym (10,0 – 11,8 %), trädhöjd (1,4 – 2,3 %) och stamdiameter (7,0 – 7,3 %) för äldre skog med mycket bra noggrannhet. Även summerat för delar av objekt blir skattningarna bra. Vår jämförelse med en subjektiv (relaskop) och en objektiv (fyra provytor) inventering utförd på samma områden i Hyltebruk visade att medelvärdesskattningarna från SingleTree var mycket bra. Noggrannheten i FORAN SingleTree överträffar båda metoderna. För några av de extrema objekten var avvikelserna för de skattade parametrarna i SingleTree stora (exv. upp mot 20 % i volymuppskattningar). Dessa avvikelser kan delvis vara beroende av beståndets egenskaper, vilket i så fall får till följd att denna typ av skog felbedöms. Betydelsen kommer att kunna utvärderas genom praktisk användning i ett senare skede och är beroende på användning av data.

En fördel med FORAN SingleTree är att metoden ger stamdiameter, trädhöjd och stamvolym för varje träd. Dessa uppgifter kan t.ex. redovisas som diameterklassfördelningar för varje enskilt objekt. I många objekt överensstämmer uppgifterna bra med den verkliga diameterklassfördelningen även om en viss överskattning av objektets medelträd kan anas. Identifieringen av trädslag med FORAN SingleTree gav en bra bild av vilket trädslag som dominerade och en indikation på objektets trädslagsblandning. Vid beräkning av volymer för enskilda trädslag fanns det dock en tendens till en systematisk underskattning av gran. Detta var av störst betydelse i Hyltebruk där granen dominerade. Det finns sannolikt ett behov att utveckla teknik och metoder för automatisk identifiering av trädslaget hos enskilda träd från luften. FORAN uppger att dessa metoder redan vidareutvecklats sedan data till denna studie samlats in.

En styrka med FORAN SingleTree är att metoden är automatisk, vilket förenklar vidareutveckling samtidigt som användarna har möjlighet att lära sig dess egenskaper. Inventering med flygburen laser är en ny teknik inom skogsbruket och har en stor användnings- och utvecklingspotential.

## Referenser

- Hansson, F. 1999. Inventering före avverkning – metodval och resursåtgång. Resultat 15, Skogforsk.
- Hyypä, J., Kelle, O., Lehtikainen, M. & Inkinen, M. 2001. A segmentation-based method to retrieve stem volume estimates from 3-D tree height models produced by laser scanners. *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39, 969–975.
- Jonmeister, T. (2008). FORAN Sverige AB. Falun, Sweden.
- Kiljunen, N. 2002. Estimating dry mass of logging residues from final cuttings using a harvester data management system. *International Journal of Forest Engineering*, 13, 17–25.
- Næset, E. 2007. Airborne laser scanning as a method in operational forest inventory: status of accuracy assessments accomplished in Scandinavia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22, 433–442.
- Näslund, M. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. Meddelande från Statens skogsforskningsinstitut, 36(3), Statens skogsforskningsinstitut.
- Persson, Å., Holmgren, J., Söderman, U. 2002. Detecting and measuring individual trees using an airborne laser scanner. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68, 925–932.
- Sonesson, J., Arlinger, J., Barth, A., Eriksson, B., Frisk, M., Jönsson, P., Möller, J., Svensson, G., Thor, M., & Wilhelmsson, L. 2008. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulsentensiv laser scanning. Arbetsrapport 654, Skogforsk.
- Ståhl, G. 1992. En studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlats med subjektiva inventeringsmetoder. Rapport 24, Avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning, Sveriges Lantbruksuniversitet.





## Trädhöjdfunktioner

Trädhöjdfunktioner för ej höjdmätta träd i Hyltebruk. Funktionerna baseras på de 14 % av träden som höjdmättes. Höjd,  $y$ , skattas med diameter brösthöjd,  $x$ , som beroende variabel.

### GRAN:

Objekt 1:  $y = -0,0227x^2 + 1,8185x - 8,213$  ( $R^2 = 0,82$ )

Objekt 2:  $y = -0,0089x^2 + 0,7421x + 10,947$  ( $R^2 = 0,49$ )

Objekt 3:  $y = -0,0075x^2 + 0,7315x + 9,9232$  ( $R^2 = 0,67$ )

Objekt 4:  $y = -0,0134x^2 + 1,2107x - 0,5639$  ( $R^2 = 0,74$ )

Objekt 5:  $y = -0,0062x^2 + 0,7163x + 11,504$  ( $R^2 = 0,67$ )

Objekt 6:  $y = 0,003x^2 + 0,0879x + 20,249$  ( $R^2 = 0,53$ )

Objekt 7:  $y = -0,0168x^2 + 1,5227x - 3,2929$  ( $R^2 = 0,74$ )

Objekt 8:  $y = -0,0219x^2 + 1,5302x - 3,5524$  ( $R^2 = 0,62$ )

### TALL

Objekt 6:  $y = -0,0012x^2 + 0,2474x + 18,037$  ( $R^2 = 0,15$ )

Objekt 8:  $y = -0,0139x^2 + 0,8198x + 6,7859$  ( $R^2 = 0,18$ )

Övriga:  $y = 0,5023x + 7,3558$  ( $R^2 = 0,48$ )

### LÖV

Objekt 6:  $y = 0,4745x + 10,8$  ( $R^2 = 0,61$ )

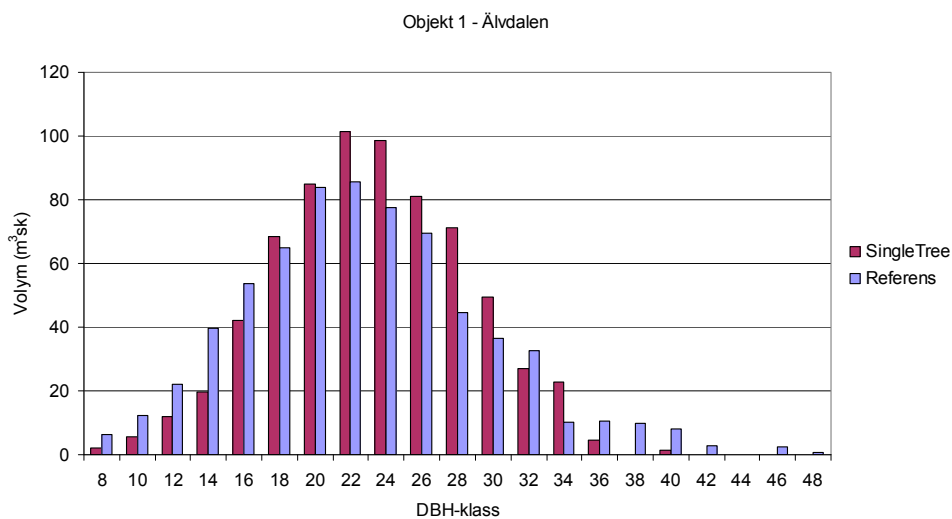
Objekt 8:  $y = 0,1571x + 13,192$  ( $R^2 = 0,14$ )

Övriga:  $y = 0,3618x + 11,325$  ( $R^2 = 0,53$ )



## Data för respektive objekt

### ÄLVDALEN – OBJEKT 1

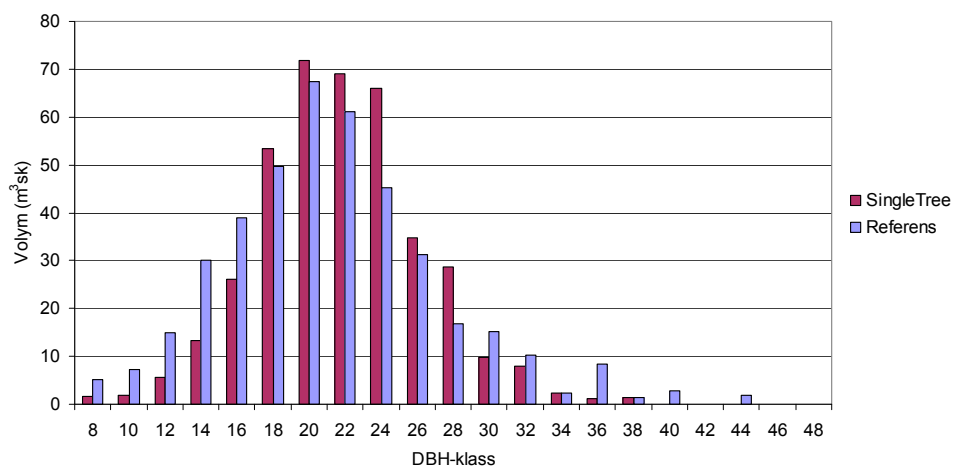


Areal ca 3,7 ha. Delområde: Vanåvågen

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	597	688	
	Gran	66	3	
	Löv	10	2	
Total volym		673	693	2,9 %
Antal träd		2 586	2 354	-9,0 %
Medelhöjd		16,3	16,2	-0,3 %
Höjd <sub>GV</sub>		18,4	18,1	-1,8 %
Medeldiameter		18,7	19,8	6,2 %
Diameter <sub>GV</sub>		23,0	23,0	0,3 %
Medelstam		0,26	0,29	13,1 %

## ÄLVDALEN – OBJEKT 2

Objekt 2 - Älvdalen

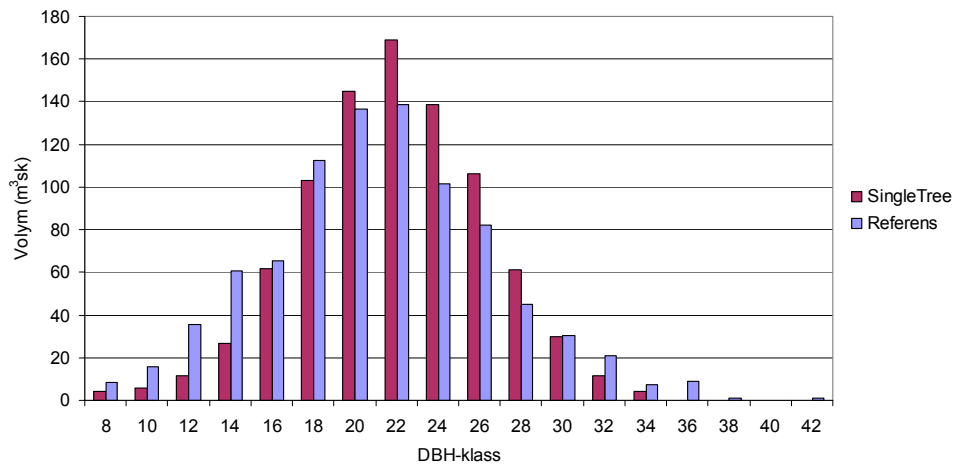


Areal ca 2,4 ha. Delområde: Vanåvågen.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	356	394	
	Gran	53	0	
	Löv	0	0	
Total volym		410	394	-3,8 %
Antal träd		1 818	1 479	-18,6 %
Medelhöjd		15,5	15,9	2,7 %
Höjd <sub>GV</sub>		17,2	17,2	0,1 %
Medeldiameter		18,0	19,5	8,2 %
Diameter <sub>GV</sub>		21,6	21,9	1,4 %
Medelstam		0,23	0,27	18,3 %

## ÄLVDALEN – OBJEKT 3

Objekt 3 - Älvdalen

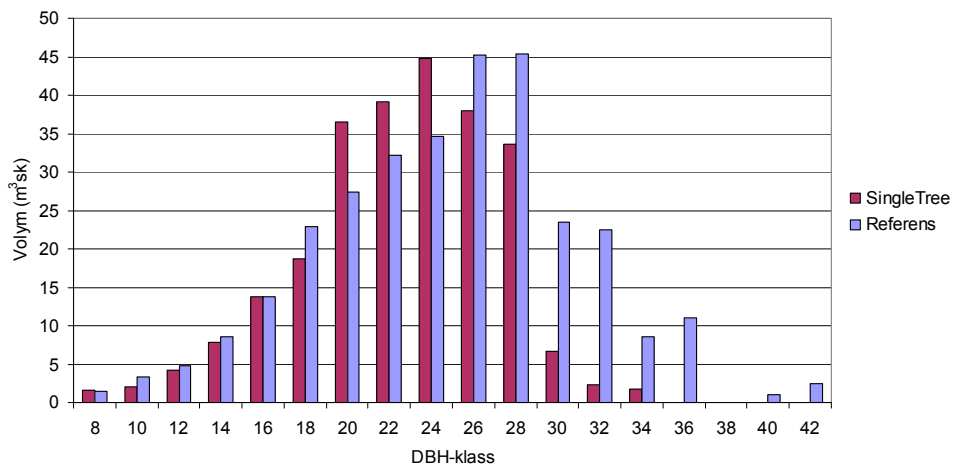


Areal ca 5,5 ha. Delområde: Vanåvågen.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	837	877	
	Gran	35	0	
	Löv	1	0	
Total volym		872	878	0,6 %
Antal träd		3 733	3 238	-13,3 %
Medelhöjd		15,8	16,1	1,5 %
Höjd <sub>GV</sub>		17,3	17,4	0,3 %
Medeldiameter		18,4	19,5	6,3 %
Diameter <sub>GV</sub>		21,7	22,0	1,4 %
Medelstam		0,23	0,27	16,0 %

## ÄLVDALEN – OBJEKT 4

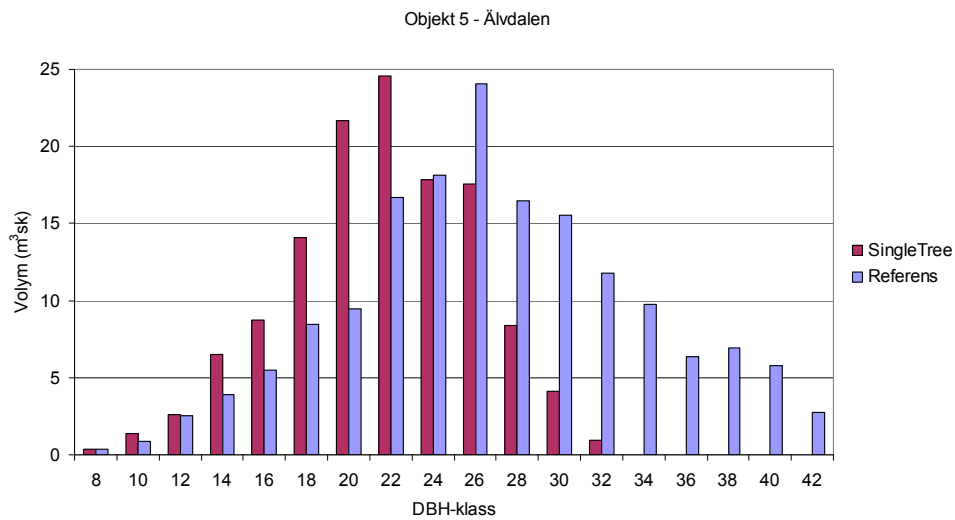
Objekt 4 - Älvdalen



Areal ca. 2,3 ha. Trakt: Bredtjärn.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	261	245	
	Gran	47	6	
	Löv	1	0	
Total volym		308	251	-18,6%
Antal träd		1 076	918	-14,7%
Medelhöjd		15,3	15,5	1,2%
Höjd <sub>GV</sub>		17,0	17,0	0,3%
Medeldiameter		20,6	19,6	-4,8%
Diameter <sub>GV</sub>		24,6	22,6	-7,9%
Medelstam		0,29	0,27	-4,5 %

## ÄLVDALEN – OBJEKT 5

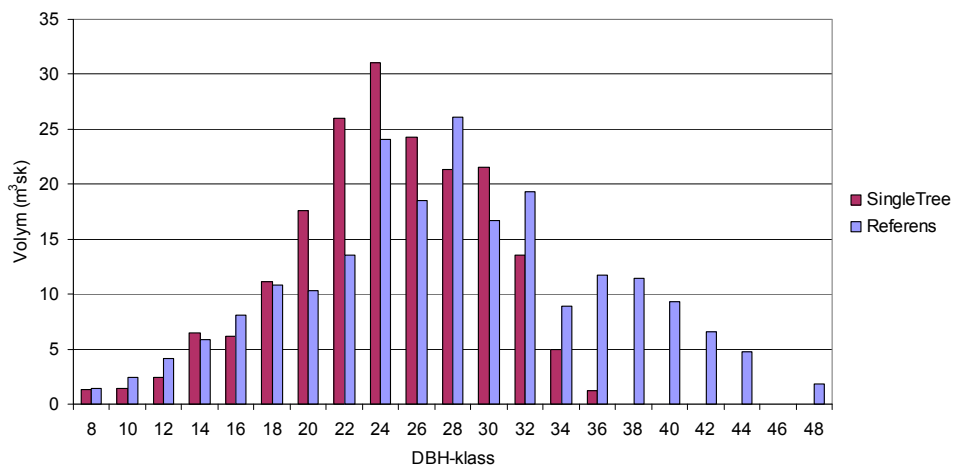


Areal ca 1,0 ha. Trakt: Bredtjäm.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	154	117	
	Gran	11	11	
	Löv	1	1	
Total volym		165	129	-21,9 %
Antal träd		477	405	-15,1%
Medelhöjd		16,4	16,5	0,9 %
Höjd <sub>GV</sub>		18,1	17,7	-2,0 %
Medeldiameter		22,2	21,1	-5,0 %
Diameter <sub>GV</sub>		26,5	23,6	-11,0 %
Medelstam		0,35	0,32	-8,0 %

## ÄLVDALEN – OBJEKT 6

Objekt 6 - Älvdalen



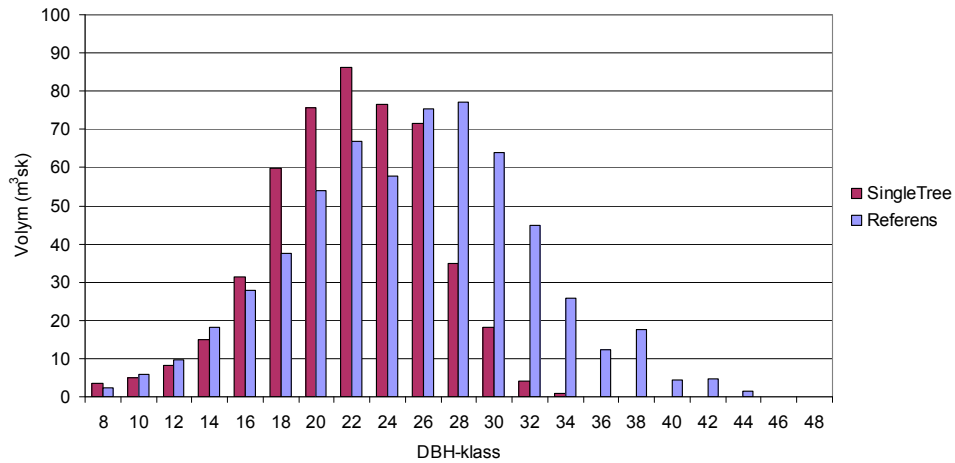
Areal ca 1,5 ha. Trakt: Bredtjärn.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	133	173	
	Gran	82	17	
	Löv	0	1	
Total volym		216	191	-11,8%
Antal träd		637	606	-4,9%
Medelhöjd		16,0	16,1	0,8%
Höjd <sub>GV</sub>		18,7	18,5	-1,2%
Medeldiameter		20,9	20,0	-4,1%
Diameter <sub>GV</sub>		27,2	24,1	-11,6%
Medelstam		0,34	0,31	-7,3%



## ÄLVDALEN – OBJEKT 7

Objekt 7 - Älvdalen

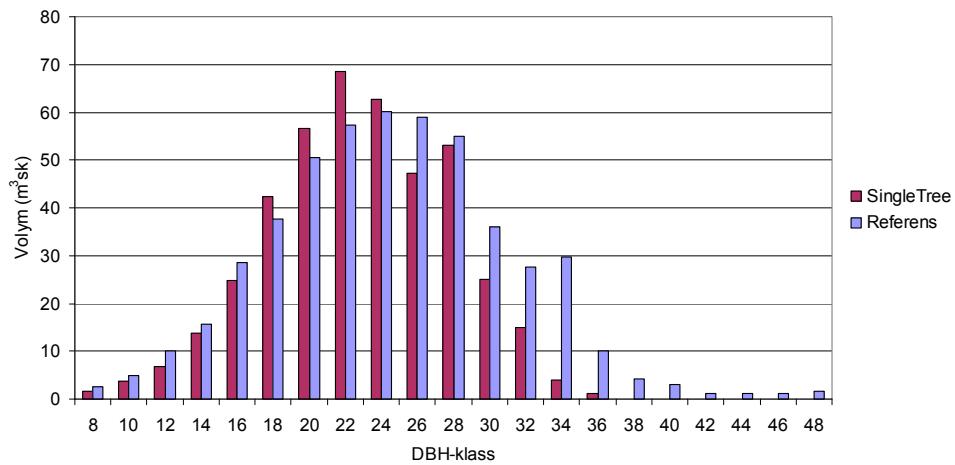


Areal ca 5,5 ha. Trakt: Bredtjäm.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	554	486	
	Gran	53	4	
	Löv	0	0	
Total volym		608	491	-19,3%
Antal träd		2 112	1 987	-5,9%
Medelhöjd		15,0	14,8	-1,3%
Höjd <sub>GV</sub>		16,6	16,2	-2,3%
Medeldiameter		20,9	19,1	-8,7%
Diameter <sub>GV</sub>		25,1	21,9	-12,6%
Medelstam		0,29	0,25	-14,2%

## ÄLVDALEN – OBJEKT 8

Objekt 8 - Älvdalen

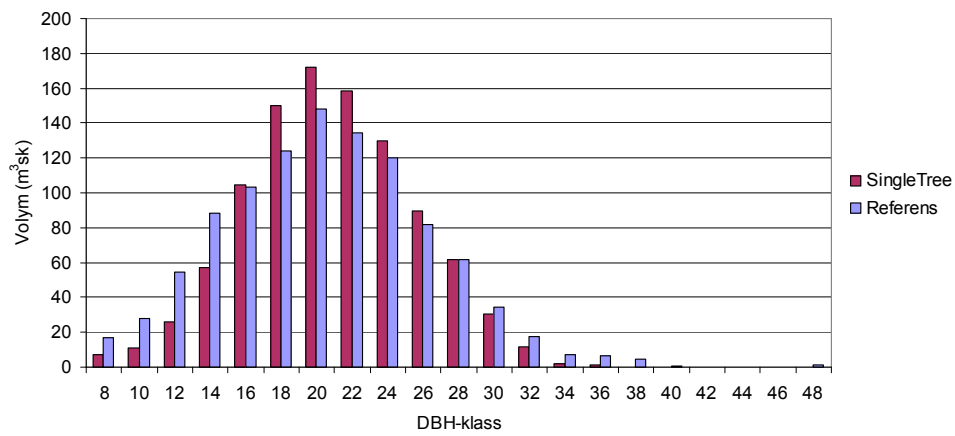


Areal ca 4,2 ha. Trakt: Bredtjärn.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	458	423	
	Gran	37	3	
	Löv	2	0	
Total volym		497	426	-14,2 %
Antal träd		1 808	1 553	-14,1 %
Medelhöjd		15,3	15,4	0,9 %
Höjd <sub>GV</sub>		17,0	17,0	0,6 %
Medeldiameter		20,2	19,7	-2,4 %
Diameter <sub>GV</sub>		24,4	22,7	-6,7 %
Medelstam		0,27	0,27	-0,1 %

## ÄLVDALEN – OBJEKT 9

Objekt 9 - Älvdalen

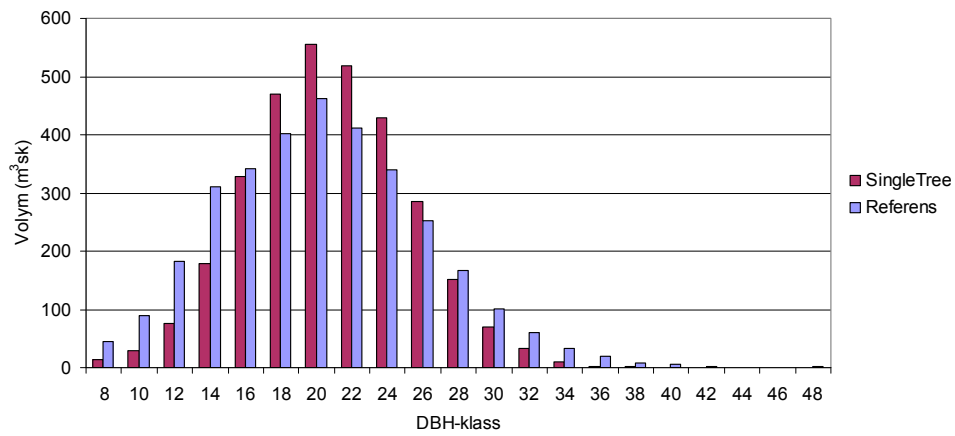


Areal ca 9,8 ha. Trakt: Lidbosjön.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	991	1 007	
	Gran	39	5	
	Löv	2	0	
Total volym		1 032	1 012	-2,0 %
Antal träd		5 307	4 623	-12,9 %
Medelhöjd		14,4	14,6	1,2 %
Höjd <sub>GV</sub>		15,9	16,0	0,9 %
Medeldiameter		17,3	18,1	4,4 %
Diameter <sub>GV</sub>		21,0	20,8	-1,0 %
Medelstam		0,19	0,22	12,5 %

## ÄLVDALEN – OBJEKT 10

Objekt 10 - Älvdalen

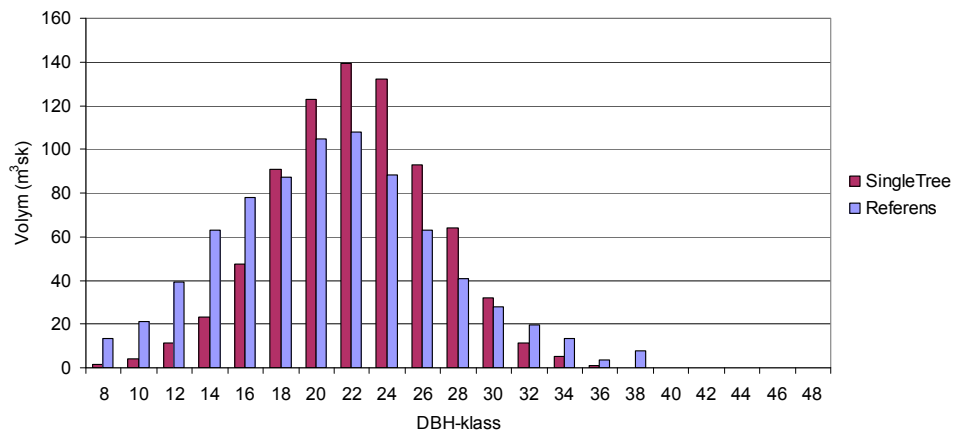


Areal ca 25,7 ha. Trakt: Lidbosjön.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	3 053	3 117	
	Gran	183	36	
	Löv	1	0	
Total volym		3 237	3 154	-2,6 %
Antal träd		16 509	13 889	-15,9 %
Medelhöjd		14,7	14,9	1,9 %
Höjd <sub>GV</sub>		16,1	16,2	0,5 %
Medeldiameter		17,3	18,4	6,6 %
Diameter <sub>GV</sub>		20,8	20,8	0,0 %
Medelstam		0,20	0,23	15,8 %

# ÄLVDALEN – OBJEKT 11

Objekt 11 - Älvdalen

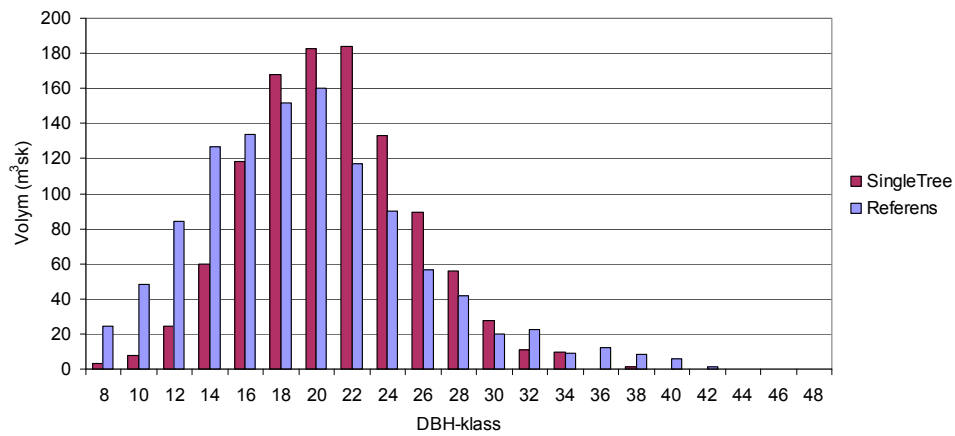


Areal ca 4,9 ha. Trakt: Lidbosjön.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	732	768	
	Gran	46	12	
	Löv	1	0	
Total volym		778	780	0,2 %
Antal träd		3 659	2 718	-25,7 %
Medelhöjd		15,5	16,4	6,1 %
Höjd <sub>GV</sub>		17,3	17,6	1,9 %
Medeldiameter		17,3	20,1	15,8 %
Diameter <sub>GV</sub>		21,2	22,3	5,0 %
Medelstam		0,21	0,29	34,9 %

## ÄLVDALEN – OBJEKT 12

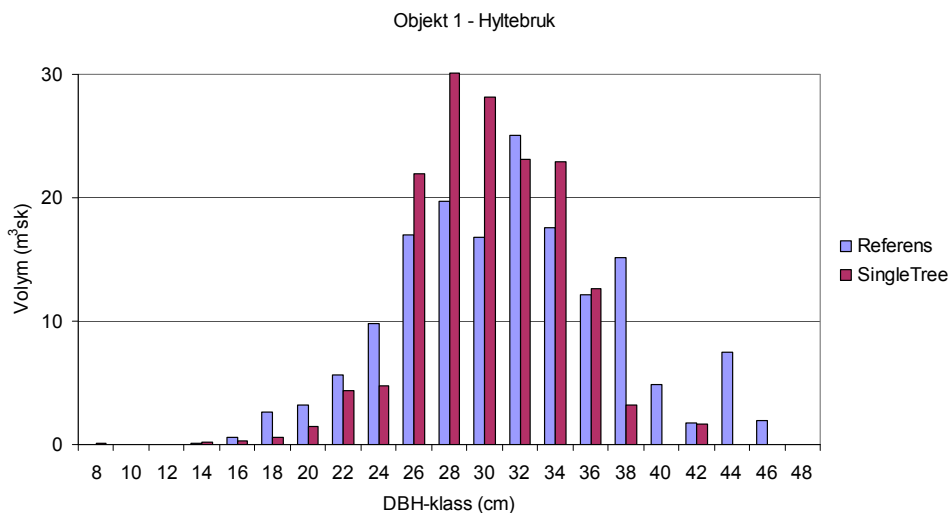
Objekt 12 - Älvdalen



Areal ca 7,8 ha. Trakt: Lidbosjön.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	986	1 047	
	Gran	125	28	
	Löv	1	1	
Total volym		1 113	1 076	-3,3 %
Antal träd		6 301	4 539	-28,0 %
Medelhöjd		14,8	15,4	4,4 %
Höjd <sub>GV</sub>		16,5	16,7	0,9 %
Medeldiameter		16,1	18,6	15,9 %
Diameter <sub>GV</sub>		19,6	20,8	6,2 %
Medelstam		0,18	0,24	34,2 %

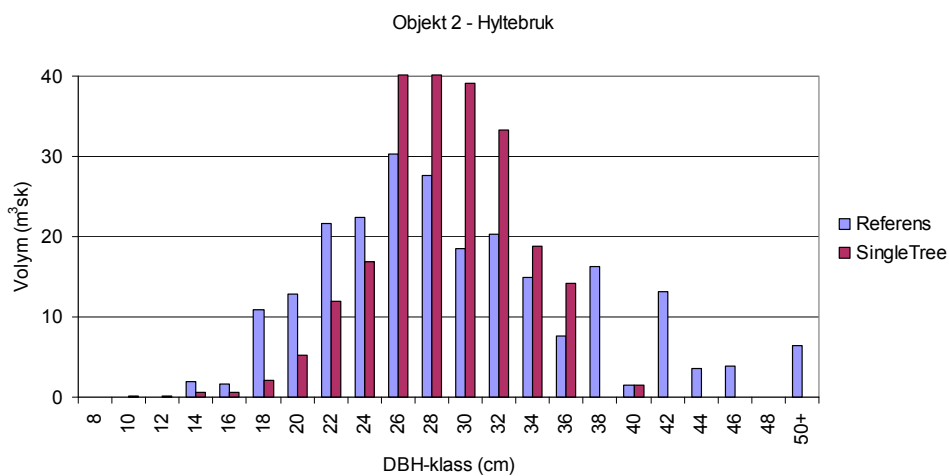
# HYLTEBRUK – OBJEKT 1



Areal 0,48 ha.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	0	7	
	Gran	161	146	
	Löv	0	2	
Total volym		161	155	-3,7 %
Antal träd		184	187	1,6 %
Medelhöjd		24,8	24,4	-1,5 %
Höjd <sub>GV</sub>		25,9	25,3	-2,4 %
Medeldiameter		29,6	29,4	-0,6 %
Diameter <sub>GV</sub>		32,2	30,9	-4,2 %
Medelstam		0,88	0,83	-5,3 %

## HYLTEBRUK – OBJEKT 2

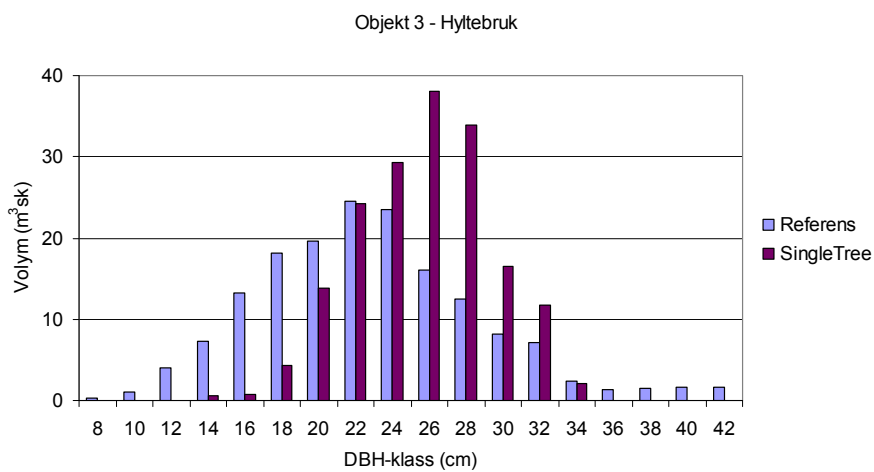


Areal 0,62 ha.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	1	10	
	Gran	233	208	
	Löv	1	7	
Total volym		235	225	-4,2 %
Antal träd		329	321	-2,4 %
Medelhöjd		24,0	23,1	-3,8 %
Höjd <sub>GV</sub>		24,7	24,3	-1,7 %
Medeldiameter		26,9	27,3	1,4 %
Diameter <sub>GV</sub>		30,5	29,3	-4,2 %
Medelstam		0,71	0,70	-1,8 %



## HYLTEBRUK – OBJEKT 3

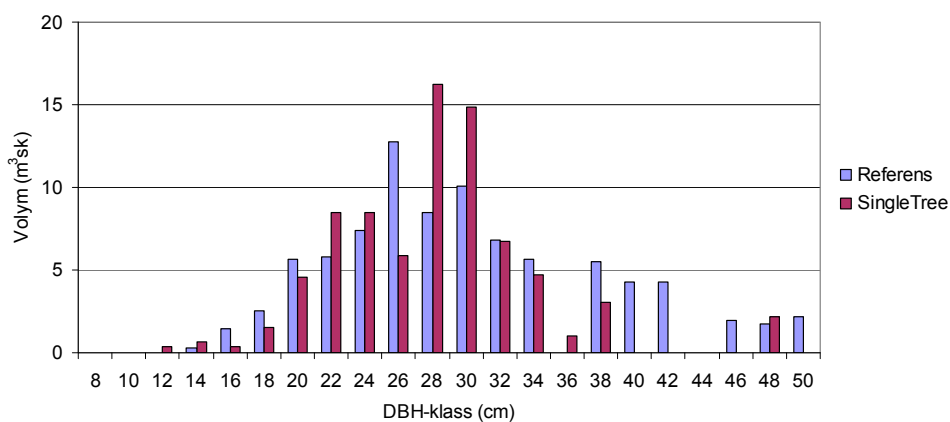


Areal 0,47 ha.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	2	10	
	Gran	162	164	
	Löv	0	2	
Total volym		164	175	7,1 %
Antal träd		398	320	-19,6 %
Medelhöjd		21,6	21,7	0,6 %
Höjd <sub>GV</sub>		22,8	22,5	-1,1 %
Medeldiameter		20,6	25,0	21,3 %
Diameter <sub>GV</sub>		23,6	26,4	11,6 %
Medelstam		0,41	0,55	33,2 %

## HYLTEBRUK – OBJEKT 4

Objekt 4 - Hyltebruk

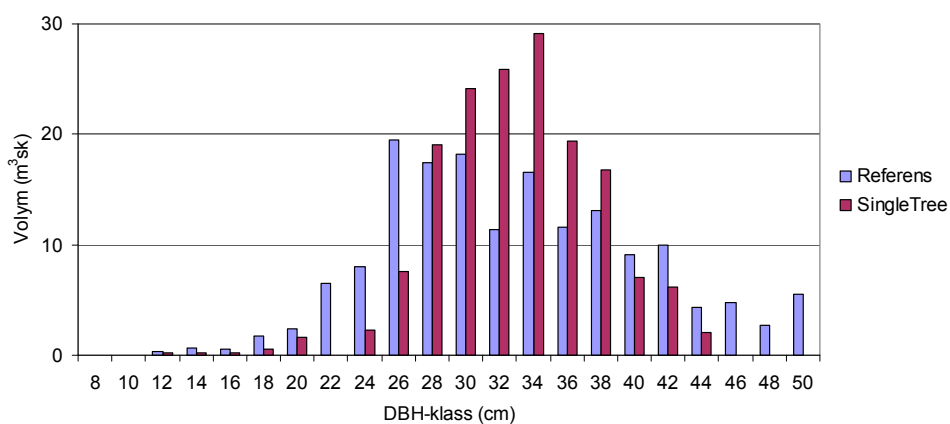


Areal 0,25 ha.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	0	9	
	Gran	81	59	
	Löv	6	11	
Total volym		87	79	-9,1 %
Antal träd		137	138	0,7 %
Medelhöjd		21,5	21,4	-0,8 %
Höjd <sub>GV</sub>		23,1	22,8	-1,3 %
Medeldiameter		26,7	25,7	-3,8 %
Diameter <sub>GV</sub>		30,7	28,3	-7,6 %
Medelstam		0,63	0,57	-9,7 %

## HYLTEBRUK – OBJEKT 5

Objekt 5 - Hyltebruk

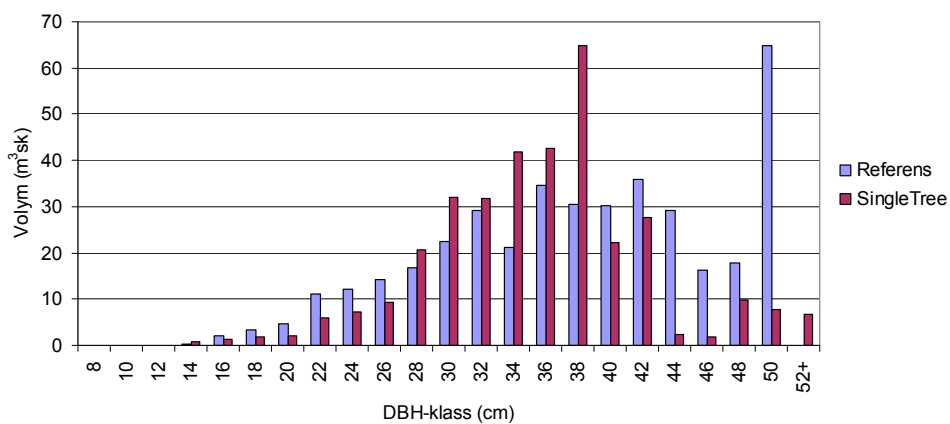


Areal 0,48 ha.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	0	12	
	Gran	163	145	
	Löv	2	5	
Total volym		164	162	-1,4 %
Antal träd		163	157	-3,7 %
Medelhöjd		27,0	26,1	-3,4 %
Höjd <sub>ev</sub>		28,2	27,1	-3,9 %
Medeldiameter		30,1	31,9	6,1 %
Diameter <sub>GV</sub>		33,8	33,7	-0,2 %
Medelstam		1,01	1,03	2,4 %

## HYLTEBRUK – OBJEKT 6

Objekt 6 - Hyltebruk

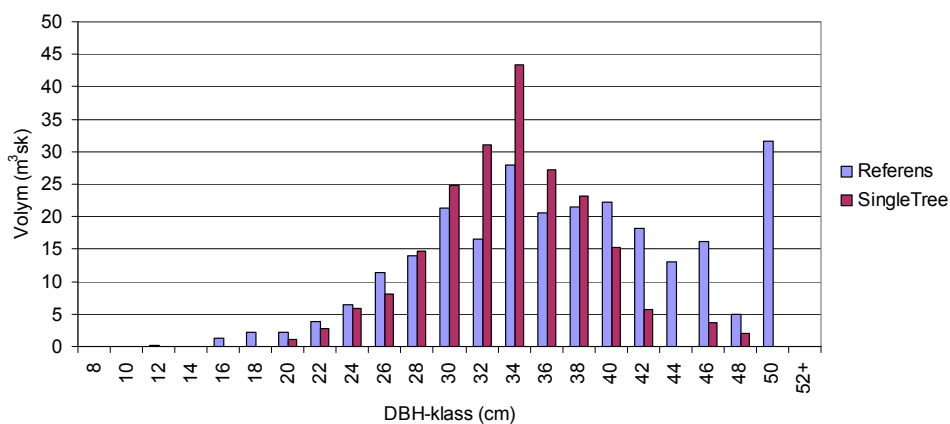


Areal 0,94 ha.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	45	86	
	Gran	326	216	
	Löv	25	38	
Total volym		397	340	-14,3 %
Antal träd		335	314	-6,3 %
Medelhöjd		26,4	26,0	-1,6 %
Höjd <sub>GV</sub>		28,1	27,7	-1,3 %
Medeldiameter		33,5	32,7	-2,5 %
Diameter <sub>GV</sub>		38,4	36,1	-6,1 %
Medelstam		1,18	1,08	-8,5 %

## HYLTEBRUK – OBJEKT 7

Objekt 7 - Hyttebruk

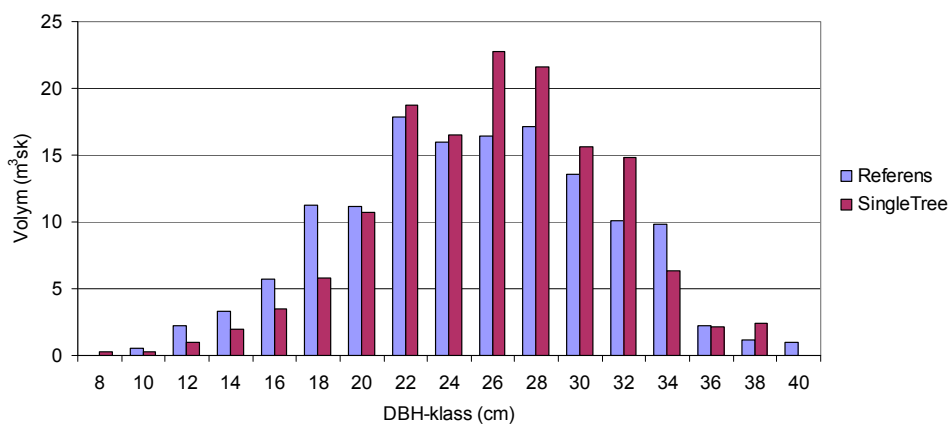


Areal 0,34 ha.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	0	11	
	Gran	256	181	
	Löv	0	17	
Total volym		256	209	-18,4 %
Antal träd		203	186	-8,4 %
Medelhöjd		27,5	27,3	-0,9 %
Höjd <sub>GV</sub>		29,1	28,1	-3,4 %
Medeldiameter		33,5	32,8	-1,8 %
Diameter <sub>GV</sub>		37,8	34,6	-8,7 %
Medelstam		1,26	1,12	-10,9 %

## HYLTEBRUK – OBJEKT 8

Objekt 8 - Hyltebruk



Areal 0,68 ha.

		Referens	SingleTree	Avvikelse
Volym per trädslag	Tall	64	96	
	Gran	72	43	
	Löv	3	6	
Total volym		140	144	3,5 %
Antal träd		364	344	-5,5 %
Medelhöjd		18,1	18,2	0,5 %
Höjd <sub>GV</sub>		19,2	19,4	0,6 %
Medeldiameter		22,6	23,9	5,9 %
Diameter <sub>GV</sub>		25,8	26,7	3,3 %
Medelstam		0,38	0,42	9,5 %



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2007

<b>År 2007</b>	
Nr 629	Brunberg, T. 2007. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare vecka 13 och 39, 2006. 11 s.
Nr 630	Brunberg, T. 2007. Ekonomin hos extra stor skördare tillsammans med stor skotare. 5 s.
Nr 631	Eriksson, B. 2007. Tillväxt i skogsvårdsföretag. 13 s.
Nr 632	Frisk, M. & Ekstrand, M. 2007. Vilka vägar används av skogsnäringen – Visualisering av skogsbrukets virkesflöden. 23 s.
Nr 633	Furness-Lindén, A. 2007. Affärsutveckling i relationen. Stor kund: liten leverantör – vad kan skogsbruket lära? ”Version 2 – utan intervjureferat – för allmän distribution” 54 s.
Nr 634	Järrendal, D. & Tinggård Dillekås, H. 2007. Head-Up Display i engreppsskördare – Utvärdering i simulator och i fält. 153 s.
Nr 635	Wählberg, A. 2007. Trafiksäkerhetseffekter av ökad storlek på lastbilar. 21 s.
Nr 636	Jönsson, P. & Löfroth, C. 2007. Vibrationsmätningar på provbana – Ponsse Elk. 11 s.
Nr 637	Bergkvist, I. 2007. Flerträdshantering i granbestånd – Pilotstudie av John Deere 754 med modifierade kvistknivar för flerträdsavverkning samt provkörning av flerträdshanterad granved i renseriet på Hallsta massabruk. 8 s.
Nr 638	Ekstrand, M. 2006. Reseberättelse – Tunga virkesfordon – Nya Zeeland och Australien. 12 s.
Nr 639	Sonesson, J., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K-A., Jansson, G., Karlsson, B., Persson, T., Rosvall O., Stener L-G. & Westin J. 2007. Lägesrapport 2006-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
Nr 640	Rosvall, O., Simonsen, R., Elfving, B., Rytter, L. & Jacobson S. 2007. Tillväxthöjande skogsskötselåtgärder i privatskogsbruket – underlag för lönsamhetsberäkningar. Slutrapport – Lönsam tillväxtökning. 62 s.
Nr 641	Möller, J. J. & Moberg, L. 2007. Stambank VMF Qbera. 14 s.
Nr 642	Möller, J.J., Arlinger, J., Wilhelmsson, L., Sondell, J. & Moberg L. 2007. Modell för automatisk kvalitetsbestämning vid virkesmätning med skördare. 24 s.
Nr 643	Möller, J.J. & Arlinger J. 2007. Praktisk test av automatisk kvalitetssättning vid betalningsgrundande skördarmätning hos Södra skogsägarna i Götaland och Sveaskog i Bergslagen. 44 s.
Nr 644	Jönson, P., Löfroth C., Berger, R. & Mörk, A. 2007. Bränslebesparande och vibrationsdämpande skotning. 18 s.
Nr 645	Möller, J.J. 2007. Stambank VMF Qbera VMR 1-07. 20 s.
Nr 646	Möller, J.J. 2007. Stambank VMF Syd. VMR 1-99 & VMR 1-07.
Nr 647	Bergkvist, I. & Lundström, H. 2007. Studier av Cranab Access i förstagallring av tall. 14 s.
Nr 648	Stener, L.-G. 2007. Studie av klonskillnader i känslighet för askskottsjuka. 14 s.
Nr 649	Stener, L.-G. 2007. Utvärdering av sydsvenska avkommeförsök med klibbal. 44 s.
Nr 650	Stener, L.-G. 2007. Tidig utvärdering av fyra sydsvenska försök med olika lärkarter av olika genetiskt ursprung. 22 s.
Nr 651	Wilhelmsson, L. 2007. Utveckling av egenskapsbeskrivning med avverkningsmaskiner – FoU-läget vid millenniumskiftet. 34 s.
<b>År 2008</b>	
Nr 652	Löfgren, B., Nordén, B. & Lundström H. 2008. Fidelitystudie av en skogsmaskin-simulator. 30 s.
Nr 653	Norén J., Rosca, C. & Rosengren, P. 2008. Riktlinjer för presentation av apterings-information i skogsskördare. 70 s.



Nr 654	Sonesson, J. 2008. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulshintensiv laserscanning.
Nr 655	Jönsson, P. & Nordén B. 2008. Skotare med ALS och tredelade stöttor – Studier av prestation och helkroppsvibrationer i gallring. 14 s.
Nr 656	Persson, T., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Rosvall, O., Sonesson, J., Stener, L.-G. & Westin, J. 2008. Lägesrapport 2007-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
Nr 657	Stener, L.G. 2008. Study of survival, height growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in southern Sweden. 11 s.
Nr 658	Almqvist, C. & Eriksson, M. Ökad produktion i plantage 501 Bredinge – försök med rotbeskäring och gibberellinbehandling. 13 s.
Nr 659	Rytter, R.M. 2008. Detektion av röta i bok med 4-punkters mätning av resistivitet. 14 s.
Nr 660	Bergkvist, I., Iwarsson Wide, M., Nordén, B. & Löfroth, C. 2008. Jämförande prestationsstudier – Röjsåg med klinga kontra kedjeröjsåg. 21 s.
Nr 661	Johansson, K. Snytbaggen – kunskapsläget 2008. 18 s.
Nr 662	Österman, Öd. D., Rimquist, L. & Hanson, M. 2008. Geststyrning för engreppsskördare – en första undersökning – Projektarbete Ergonomi och Design VT-2008. 64 s.
Nr 663	Westlund, K. & Andersson, G. 2008 Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete. 58 s.
Nr 664	Hannrup, B. 2008. Slutrapport för projekt ”Mätteknik för avverkningsrester”. 52 s.
Nr 665	Rosvall, Ola., Wennström, U. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA 08. 38 s.
Nr 666	Barth, A., Hannrup, B., Möller J. J. & Wilhelmsson, L. 2008. Validering av FORAN SingleTree® Method. 44 s.