SVEASKOG

Rapport

UTVÄRDERING AV ARBOREAL SKOG MED LIDAR OCH LINJEINVENTERING

SVEASKOG FÖRVALTNING AB – 20210830
VERSION 1.0 |

Rapport

UTVÄRDERING AV ARBOREAL SKOG MED LIDAR OCH LINJEINVENTERING

BAKGRUND

Bra skogliga data är en förutsättning för:

- Korrekta prognoser för utfall efter avverkning
- Effektiva leveranser till kunder
- Rätt åtgärd vid rätt tillfälle
- Uppföljning av åtgärder
- Lönsamma virkesaffärer
- Beräkningar av koldioxidkrediter

Idag mäter Sveaskog med manuella metoder, använder skattningar från skogliga grunddata och skördardata för prognoser på bestånd efter gallring. Dessa mätningar används sedan tillsammans med skördardata för att göra utbytesprognoser med hjälp av imputering

Att få bättre data skulle öka värdet på Sveaskogs innehav genom de ändrade förutsättningarna som nämnts ovan. Sveaskog arbetar med fjärrdata, skördardata och AI för att få bättre underlag, men samtidigt händer det mycket med handburna enheter som går att använda i skogen för insamling av data och vi ville undersöka hur bra mätningar sådana enheter kan ge.

I moderna telefoner finns nu Lidarsensorer som går att använda tillsammans med AR-teknik för att göra skogliga mätningar. Arboreal är det första företaget i världen som har en sådan produkt på marknaden och Sveaskog har testat applikationen Arboreal Skog.

Arboreal Skog är en applikation som finns för iOS. Det är en digital klave där du mäter diametrar och höjder i cirkelprovytor eller längs med linjer. Applikationen finns tidigare utvärderad i ett examensarbete av Lisa Lindberg på SLU.

Efter denna utvärdering har applikationen uppdaterats och har ännu fler funktioner än tidigare. En funktion är att den kan mäta diameter med hjälp av en aktiv sensor (Lidar). Det minskar den individuella personens påverkan på mätningen av diameter. Dessutom har telefonerna blivit bättre och ger träffsäkrare arealskattningar. Slutligen har Arboreal lagt till en ny mätmetod. Bältesinventering.

Bältesinventering är att mäta träden inom ett visst avstånd från en linje. Metoden är gammal och användes i de tidiga riksskogstaxeringen under 1923 till 1929. Manfred Näslund skrev en artikel om det redan 1941.

Metoden kräver att man är flera personer. Södra Skogsägarna har använt en liknande metod för att följa upp gallringar och har utvärderat den i ett examensarbete.

Generellt kan man säga att det är svårt att inventera skog längs en linje eftersom man måste mäta upp en lång linje på en ojämn yta. Dessutom är det besvärligt att få ett exakt avstånd på avståndet från mittlinjen till trädens mittpunkter för att avgöra om trädet ska räknas eller inte. Ofta är det två personer som utför en sådan här manuell bältesinventering. Tidiga tester visade att Arboreal Skog var likvärdig eller bättre än manuell bältsinventering. Därför har det inte gått att utvärdera Arboreal Skogs digitala variant genom att jämföra med manuell bältesinventering.

Hur bra en skoglig mätning med klavning av provytor påverkas av:

1. Korrekt areal på provyta
2. Korrekt diameter på mätning av träd
3. Korrekt höjd vid mätning av träd
4. Försöksutlägg, hur representativa är provytorna och täcker de upp variationen i avdelningen.

Vi har i denna utvärdering utvärderat diametermätningen, arealmätningen och en mätning av alla skogliga parametrar mot avdelningar som vi sedan avverkat.

METOD

Mathias Odén har besökt planerade åtgärder (objekt) som ska föryngringsavverkas i södra Sverige. Han har mätt skogarna med Arboreal Skog med en iPhone 12 Pro med Lidar. Han har gått mellan 3-5 linjer i varje planerad åtgärd och mätt diametrar på träden och höjden på medelträden för varje trädslag. Varje linje var i snitt 132 meter och omfattade i snitt 34 träd.

Figur 1. Exempel på besökt objekt med 3 linjer. Punkterna är från telefonens position när trädet mättes.

Objekten har sedan avverkats av skördare som varit kalibrerade. Sedan har stammarna från skördarnas HPR-filer satts ihop till träd och tillförts avverkningsytorna och skogliga parametrar har beräknats.

Resultatet har jämförts med värden från Arboreal Skog och reguljär planering (benämnd som traditionell). Mätmetoden för traditionell planering är subjektiva relaskopytor.

Arealberäkningen är beroende av att avståndsmätningarna är korrekta. Om avståndsmätningarna har 1 % fel så blir arealberäkningen 1 % fel. För att undersöka spridningen och kvaliteten på avståndsmätningarna så uppmättes 20 träd längs en linje på cirka 121 meter 11 gånger och medelvärde och standardavvikelse beräknades. Dessutom mättes samma avstånd mellan träden med manuella verktyg (Spencer Loggers Tape 20 m, Toolmate 50 meter, Lasermätare Cocraft HD 400 -2) för att se hur stor skillnaden var.

Figur 2. Avståndet mellan träden mättes bland annat med en lasermätare.

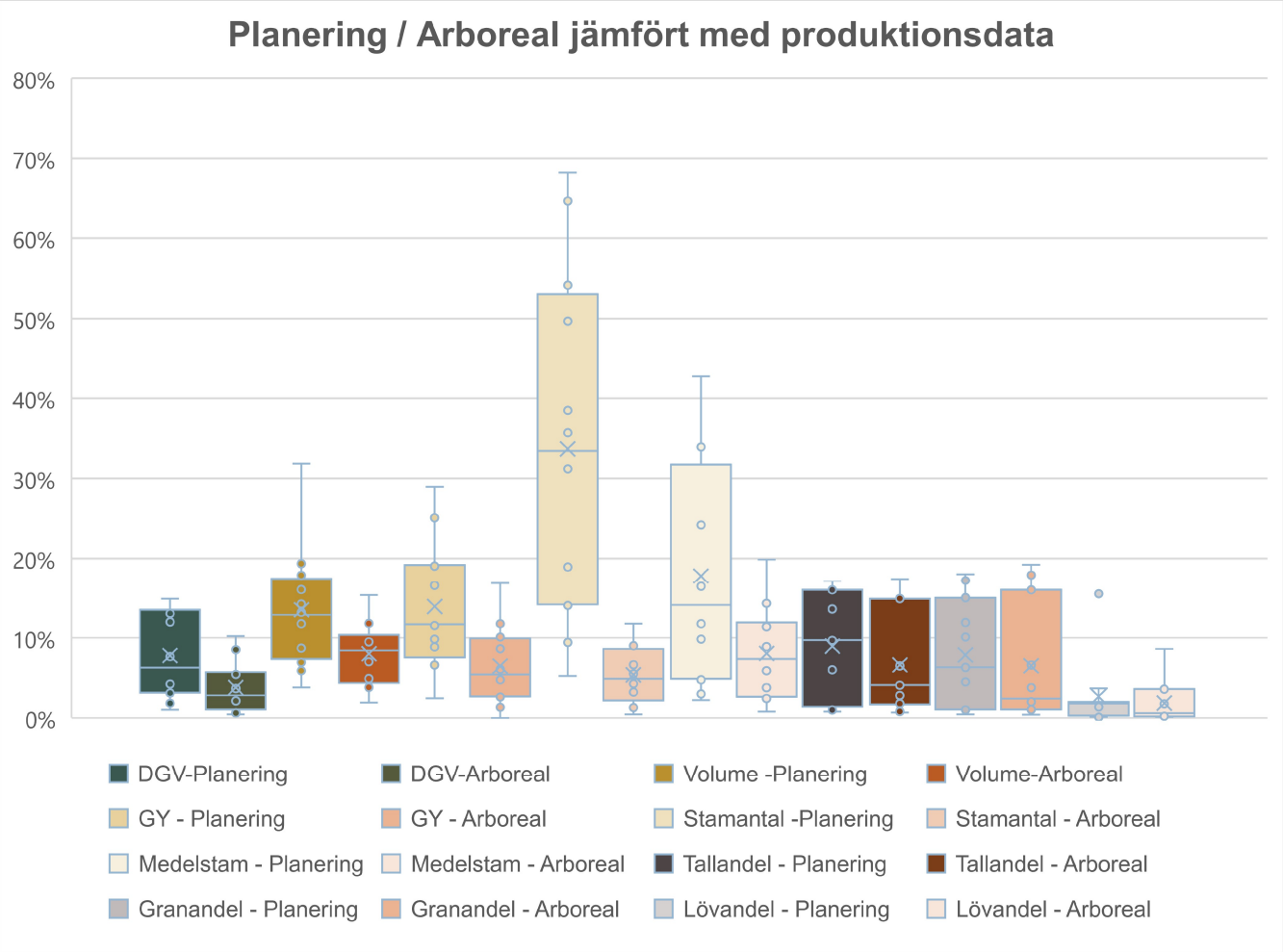
Vi genomförde också en diametermätning på träd och gjorde därefter en korsklavning för att se skillnad på individuella träd mellan dessa två mätmetoder. Träd över 40 centimeter mättes med måttband.

RESULTAT

Tabell 1. Jämförelse mellan utfall från skördare (HPR – produktionsdata, Traditionell mätning och Arboreal Bältestaxering. Elva objekt besöktes och avverkades.

	Skördare (HPR)	**Traditionell medelfel**	**Arboreal medelfel**
Diameter (DGV)	27,5 cm	7,8 %	3,8 %
Volym	294 m3sk / ha	13,5 %	8,0 %
Grundyta	29 m2	13,9 %	6,5 %
Stamantal	642 / ha	33,7 %	5,4 %
Medelstam	0,42 m3fub	17,8 %	8,1 %
Trädslag (Tall) % enheter	37 %	8,9	6,6
Trädslag (Gran) % enheter	59 %	7,9	6,5
Trädslag (Löv) % enheter	4 %	2,7	1,9

Felet är angivet som medelabsolutfelet i % (MAE) för Diameter, Volym, Stamantal och medelstam. För trädslagen är det angivet som medelabsolutfelet i procentenheter eftersom nollvärden ger oändligt stora resultat.



Figur 3. Medelabsolut fel (MAE) jämfört med DGV, Volym, Grundyta, Stamantal, Medelstam, Trädslagsandelar.

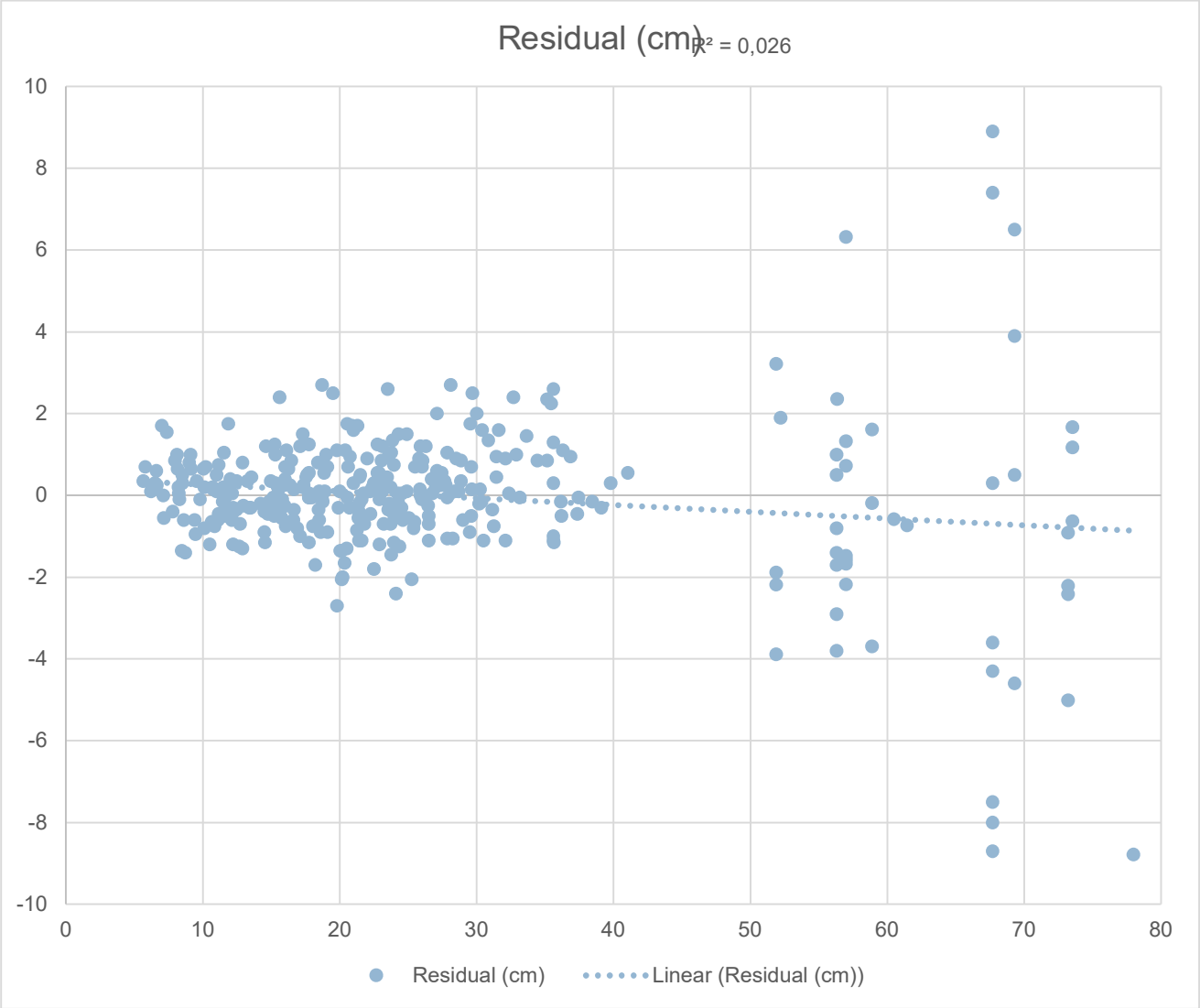
Tabell 2. Systematiskt fel för Arboreal jämfört med traditionell planering. Elva avverkade bestånd.

	Traditionell	**Arboreal**
DGV	- 1,23 cm (- 4,5 %)	+ 0,84 cm (+ 3,0 %)
Volym (m3sk / ha)	+ 18 m3sk (6 %)	- 4 m3sk (- 1,4 %)
Grundyta	+ 2,0 m2 (+ 6,8 %)	+ 1,0 m2 (+ 3,4 %)
Stamantal	+ 92 / ha (- 14 %)	+ 25 / ha (+ 4 %)
Medelstam	- 0,05 (- 11 %)	- 0,02 (+ 4 %)

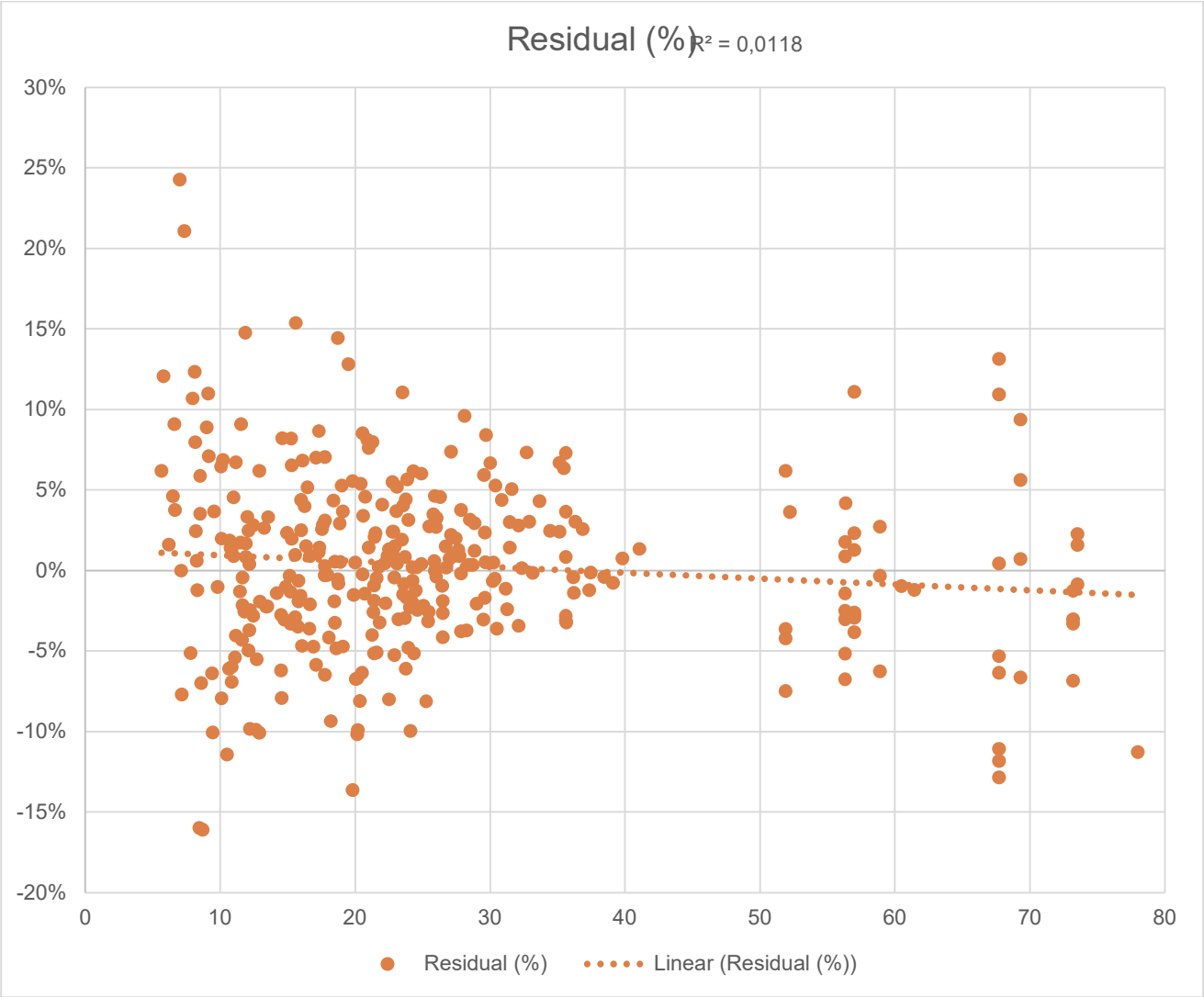
Tabell 3. Diametermätning – korsklavning / måttband jämfört med Arboreal Skog.

	MAE	Systematiskt fel (cm)	Medeldiameter (cm)	Antal träd (n)
iPhone 12 Pro	**4,0%**	**-0,097**	**27,3**	**160**
Ej automatisk	4,0%	-0,097	27,3	160
iPhone 12 Pro Max	**4,2%**	**0,082**	**25,0**	**176**
Automatisk*	4,1%	0,107	21,0	73
Ej automatisk	4,3%	0,065	27,9	103
Total	**4,1%**	**-0,003**	**26,1**	**336**

** Automatisk är när appen automatiskt identifierar stammen och mäter diameter*



Figur 4. Skillnad i centimeter mellan korsklavning / måttband och Arboreal beroende av diameter.



Figur 5. Skillnad i procent mellan korsklavning / måttband och Arboreal Skog beroende av diameter

Tabell 4. Avstånd mellan träd längs samma linje som mättes 11 gånger med Arboreal Skog jämfört med alternativa metoder.

Avstånd mellan träd	Arboreal medel (m)	Arboreal Standardavvikelse (m)	Måttband (plast)	Måttband (Metall)	Lasermätare
1 – 2	16,4	0,198	16,30	16,31	-
2 – 3	4,19	0,035	4,19	4,17	-
3 – 4	4,51	0,032	4,52	4,49	-
4 – 5	11,65	0,131	11,69	11,60	-
5 – 6	6,63	0,053	6,66	6,62	6,64
6 – 7	4,78	0,044	4,84	4,79	4,79
7 – 8	20,97	0,15	20,97	20,97	-
8 – 9	3,13	0,036	3,12	3,07	3,12
9- 10	2,63	0,036	2,66	2,60	2,69
10 – 11	8,72	0,064	8,77	8,71	8,76
11 – 12	4,1	0,066	4,08	4,06	4,10
12 – 13	8,93	0,073	8,98	8,93	8,92
13 – 14	3,17	0,037	3,16	3,11	3,19
14 – 15	3,77	0,06	3,81	3,78	3,85
15 – 16	6,2	0,044	6,20	6,16	6,23
16 – 17	3,35	0,027	3,44	3,40	3,42
17 – 18	1,74	0,017	1,77	1,72	1,78
18 – 19	3,15	0,03	3,23	3,16	3,17
19 – 20	8,86	0,07	8,85	8,81	8,88
1-20	121,42	0,608	-	-	-

Data saknas för vissa träd för laser eftersom den mätningen utfördes vid en senare tidpunkt. Vid det senare tillfället hade flera fysiska markeringar på träden försvunnit.

DISKUSSION

Mätvärdena för Arboreal Skog är generellt bättre än att använda traditionella metoder (Tabell 1). Skillnaden skattningen för trädslagsand är liten och eftersom den baseras på ett fåtal bestånd så kan vi inte avgöra om vi kommer att få bättre trädslagsskattningar med Arboreal Skog jämfört med traditionella metoder.

Trädantalet per hektar speglar hur korrekt arealen blir uppmätt i appen. Skillnaden är väldigt liten och då ska man komma ihåg att det lämnas en del träd vid avverkningen som har registrerats i Arborealmätningen men inte i produktionsdatat. Instruktionen är att lämna lövträd, gamla och grova träd. Det gör att vi förväntar oss att mätningar som utförs innan avverkning bör överskatta stamantal, grundyta, diametrar och barrandel. Så är det både för den traditionella mätningen och mätningen med Arboreal Skog (Tabell 2.)

Diametermätningen på enskilda träd jämfört med korsklavning har ett systematiskt fel på mindre än en 0,1 mm och ett medelabsolutfel på 4,1 % (Tabell 3). Felet i centimeter har ett positivt samband med diameter (Figur 3). Däremot ser vi att det procentuella felet inte har någon korrelation med ökad diameter. Orsaken till diameterfelet är främst orsakat av att träd ofta är ovala, de grova träd som vi mätte var alla ovala. När vi mätte träd från olika håll så blev skillnaden mellan manuella metoder och med Arboreal väldigt liten. Det systematiska felet (bias) var extremt lågt, det kommer att göra att det under praktiska förhållanden där man mäter flera träd så kommer användaren att få bra medelvärden på diameter och därmed grundyta.

Vi har inte kunnat konstatera någon skillnad mellan automatisk mätning och vanlig mätning med Arboreal Skog, ej heller någon skillnad mellan olika telefonmodeller. De skillnader som finns är inte signifikanta (tabell 3). Generellt så ger diametermätningar med Arboreal Skog och Lidar bra resultat.

De trädslag som mättes i dessa försök var Tall, Gran, Björk, Ask och Asp. Eftersom det är optiska mätningar så kommer barkstrukturen att kunna påverka mätningen av diameter. För de flesta trädslag kommer det inte att orsaka några problem.

För att se hur stabil arealmätningen blir genomfördes försöket att mäta samma linje 11 gånger. Se tabell 4. Spridningen är väldigt liten. Standardavvikelsen är runt 1 % av den uppmätta sträckan. Manuella metoder gav liknande resultat. De manuella metoderna har också fel, det ser man på att det finns skillnader mellan att använda måttband av plast och metall och laseravståndsmätare.

Att den totala standardavvikelsen var mindre än 0,5 % tyder på att det över längre avstånd så kommer resultaten bli mer likvärdiga än för korta avstånd.

Vi är överraskade av hur bra resultaten blev av avståndsmätningen och därmed arealen.

Med den lilla skillnaden mellan antal träd per hektar mellan Arboreal och de avverkade bestånden och att avståndsberäkningarna blev väldigt bra så känns bältestaxeringen som en stabil metod att få korrekt areal på provytorna.

Felskattningar beror också på utlägget av mätningarna. Anton Grafström har tagit fram ett verktyg för att kunna simulera olika utlägg och hur det påverkar resultatet. Där kan man jämföra olika utlägg av provytorna och metoderna cirkulära provytor, bältestaxering och relaskopytor. Dock har mätmetoderna inga fel, men vi vet att mätningar med relaskop är svårt och är en stor felkälla. En jämförelse mellan olika skogar och utlägg finns i bilaga 1.

Från att ha gjort några simuleringar så ser vi att bältesinventeringen har låg spridning på felet om den läggs i korrekt riktning och därmed fångar variationen i beståndet.

Det kan krävas utbildning för att få bra mätningar eller egen träning – Mathias som utförde mätningarna upplevde att han blev bättre på att mäta efter de första dagarna.

För att få bättre skogliga skattningar så är Arboreal Skog, bältesinventering med Lidar en bra metod. För att få tillförlitliga resultat bör man lägga ut 3-5 linjer med en längd på 100-150 meter beroende på storlek på bestånd och dess jämnhet.

Vi rekommenderar att använda bältesinventeringsmetoden framför cirkelytor eftersom den är lättare att genomföra, AR-tekniken är stabilare när man går längs en linje och att man täcker in olika delar av skogen på ett bra sätt.

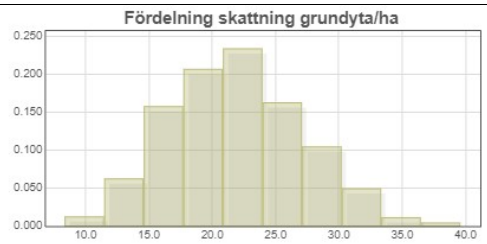
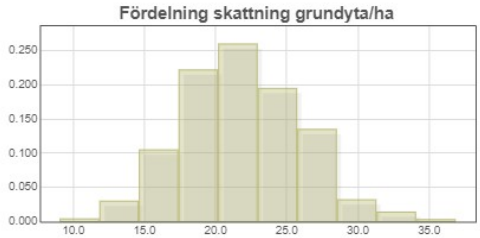
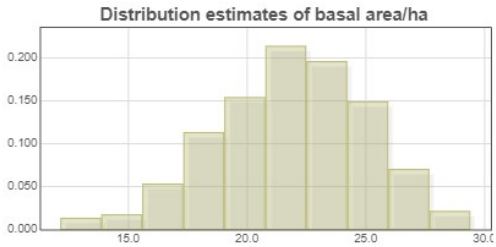
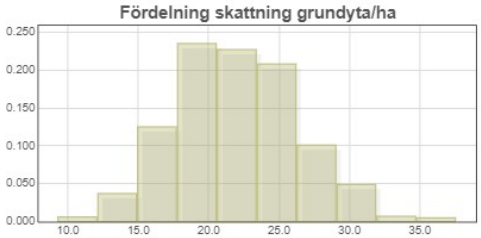
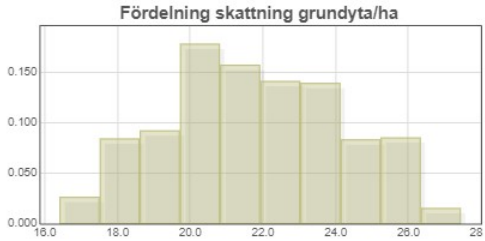
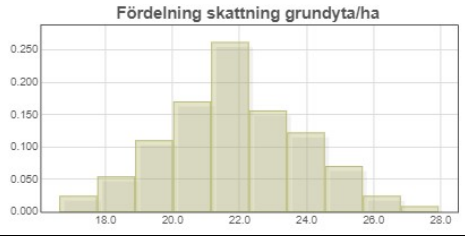
Förslag på förbättringar:

- Kunna variera linjens bredd. I homogena skogar där träden står i rader så spelar bredden större roll. I riktigt glesa skogar så skulle det vara bra med större bredd än 4 meter.
- Kunna vrida linjen för att genomföra metoden i mindre skogar och för att undvika hänsyn som avviker från produktionsskogen.

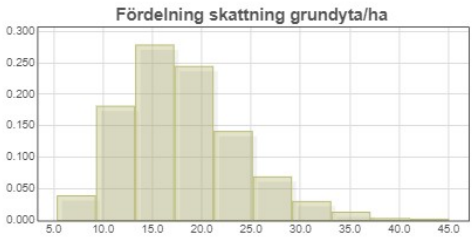
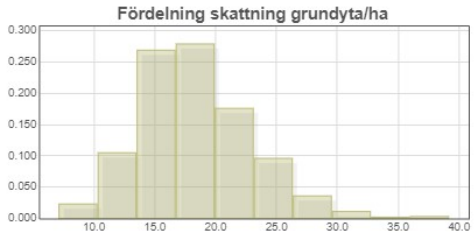
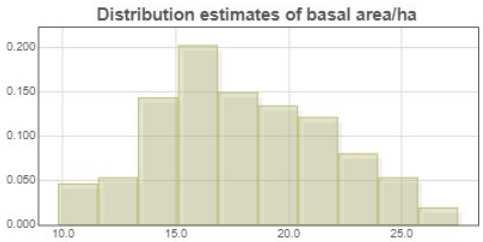
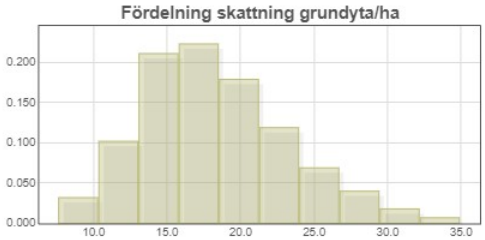
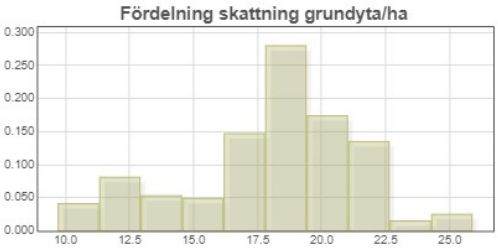
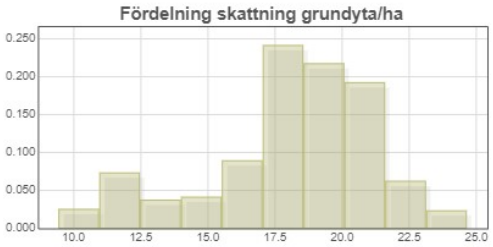
BILAGA 1 – PROVYTEUTLÄGG.

I Sveaskogs instruktioner står det att utföraren ska lägga ut 6 subjektiva relaskopytor i avdelningar som är mindre än 6 hektar i norra Sverige. Vi testar två olika skogsbestånd för att se hur resultaten blir. Först med sex och tio subjektiva provytor, tio objektiva och sedan med sex linjer med två olika bredd. Verktyget som används är utvecklat av Anton Grafström och är tillgängligt på: http://www.antongrafstrom.se/simulator/en/

Namn	Bild	Beskrivning
Population 4 - Gradient		En ojämn blandskog med stor variation. GY 21,91 m2, DGV 27,68 cm. Volym 173 m3sk.
Population 6 - Klustrad		En ojämn blandskog med stor variation. GY 18.2 m2. DGV 24,6. Volym 139,8 m3sk.

Metod	Resultat	Medel (21,91)	Standardavv.
6 cirkulära provytor. 8 meter. Slump.		21,98	5,23
10 cirkulära provytor. 8 meter. Slump.		21,93	4,17
10 cirkulära provytor. Systematiskt		21,88	3,16
6 relaskopytor. Slump.		22	4,41
3 Bälteslinjer. 4 meter bred.		21,82	2,4
3 Bälteslinjer. 5 meter bred.		21,85	2,05

Population 4. Gradient. 1000 simuleringar

Metod	Resultat	Medel (18,2)	Standardavv.
6 cirkulära provytor. 8 meter. Slump.		18,1	5,94
10 cirkulära provytor. 8 meter. Slump.		17,42	4,63
10 cirkulära provytor. 8 meter. Systematisk.		17,99	3,16
6 relaskopytor. Slump.		18,37	4,99
3 Bälteslinjer. 4 meter bred.		18,07	3,34
3 Bälteslinjer. 5 meter bred.		18,11	3,16

Population 6. Klustrat. 1000 simuleringar.