



Precision hos ett digitalt gallringshjälpmedel

RASMUS OLSSON



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2022:33

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Precision hos ett digitalt gallringshjälpmedel

Precision of a digital thinning aid

Rasmus Olsson

Handledare: Urban Nilsson, SLU Institutionen för sydsvensk skogsforskning

Examinator: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2022

Omslagsbild: Nygallrat granbestånd, Foto: Rasmus Olsson

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2022:33

Nyckelord: Gallringshjälpmedel, Laserscanning, Gallringsuppföljning



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Att göra en bra planering är väsentligt för dagens skogsbruk. Genom att förbereda så mycket som möjligt med datorn blir fältarbetet effektivt. Gallringsapp som SLU har utvecklat är ett hjälpmedel för att bestämma ett uttag på provytenivå (20×20 meter) i kvadratmeter med hjälp av laserdata. Hjälpmedlet är framtaget för både maskinförare och planering. Södra skogsägarna utför varje år ett antal uppföljningar av gallrade bestånd för att utvärdera kvaliteten på sitt arbete. Med detta material har en jämförelse gjorts mellan gallringsappdata och gallringsuppföljningsdata. Fyra bestånd har följts upp av rapportskrivaren med 7,98 meter provytor jämfört med 5,64 meter som Södra använder sig av. Genom en jämförelse av grundytan för gallringsappen och gallringsuppföljningen på provytenivå är differensen för hög för att fastställa ett samband på provytenivå. På beståndsnivå är sambandet tydligare och det går att fastställa en korrelation mellan uppföljningen och gallringsappen. Fem bestånd utskiljer sig genom en underskattning av gallringsappen med okänd anledning, eventuellt på grund av för små provytor i gallringsuppföljningens 100 m² och 200m² jämfört med gallringsappens 1 600 m². Med för små provytor är risken stor att lokala variationer som en lucka påverkar resultatet avsevärt. För framtida studier rekommenderas en uppföljning med 20×20 meter stora provytor synkade med gallringsappen.

Nyckelord: Gallringshjälpmedel, Laserscanning, Gallringsuppföljning

Abstract

A good planning is a key factor for modern forestry. By preparing as much as possible from the computer, the field work will be effective. Thinning application that is developed by SLU is an aid to decide the thinning withdrawal in small sample plots, 20×20 meters by using laser data. The aid purpose is to help both forestry machine operators and planning. Södra Forestry owners is every year doing an evaluation on the thinned forests to guarantee the quality of the work. With the data from the evaluation a comparison has been made between the thinning app and the follow up. Four stands with a circle radius of 7,98 meter were used and the remaining 13 stands, 5,64 meter circle radius were used. By comparing the basal area of both samples on sample area level, a conclusion has been drawn that the difference is too high to determine a connection. On stand level the results are that a connection between the thinning follow up and the thinning app can be established. Five stands differentiate by an underestimation of the basal area in the thinning app with unknown reasons why. Possibly a reason is the smaller sample area of the thinning follow up, 100 square meters compared to the thinning apps 1 600 square meters. By using too small sample plots a local variation as a gap affects the results greatly. For future studies a recommendation is to use bigger sample plots, 20×20 meters synced with the thinning application.

Key words: Thinning aid, Laser scanning, Thinning evaluation

Förord

Främst vill jag tacka Urban Nilsson på Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp som har agerat handledare till detta examensarbete. Vill även tillägna ett tack till Henrik Holmberg på Södra för kloka råd, utlåning av verktyg och tillhandhållande av material för studien. Likaså Ulf Johansson på Tönnersjöhedens försökspark för utlåning av utrustning och hjälp med val av lämpliga bestånd för fältarbete.

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 GALLRINGSUPPFÖLJNING	2
1.2 LASERSCANNING	2
1.3 GALLRINGSAPP	3
1.4 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	4
2. MATERIAL OCH METODER	5
2.1 GALLRINGSUPPFÖLJNING OCH DATAINSAMLING	5
2.1.1 UTFÖRANDE	6
2.2 INSAMLING AV DATA FRÅN GALLRINGSAPPLIKATIONEN.	7
2.3 BEARBETNING AV DATA	7
2.4 BESTÅNDSDATA	8
3. RESULTAT	9
3.1 FIGURER	9
4. DISKUSSION	12
4.1 KORT SAMMANFATTNING	12
4.2 FÖRKLARING AV RESULTAT	12
4.3 TILLÄMPNING OCH PRAKTISK ANVÄNDNING AV GALLRINGSAPPLIKATIONEN.	12
4.4 ORSAKER OCH AVVIKELSER	13
4.5 SLUTSATSER OCH EVENTUELLA REKOMMENDATIONER	14
REFERENSER	15

1. Inledning

Att gallra en skog innebär att förflytta tillväxt från stammar med dålig kvalitet och dåliga egenskaper till stammar med en önskvärd kvalitet. Olika metoder och mallar finns beroende på vilket resultat man eftersträvar. Metoderna och mallarna har sammanställts med hjälp av vetenskapliga fältförsök och fältmätningar vilket ska ge den teoretiskt optimala strukturen för ett bestånd.

Att utföra en gallring är inte bara frid och fröjd, med en gallring tillkommer även risker. En gallring sänker stamantalet vilket innebär att träden får mer utrymme och blir mer känsliga för vind. Maskiner som utför åtgärden kan skada träd och öka risken för rotröta. Produktion av stamvolym sänks i ett gallrat bestånd jämfört med ett ogallrat. (Nilsson, 2010)

Laserdata är en form av inventeringsmetod som sker med en flygplansburen scanner. Skogens olika bestånd och struktur läses av och bearbetas genom olika program vilket i slutändan ger skogsskötare ett hjälpmedel för planering och problemlösning. Att använda laserdata i skogsbruket är en erkänd och effektiv metod för att snabbt få data om beståndets fuktighetsklass och ytstruktur från markfuktighetskartor och digital terrängmodell. Dessa är effektiva hjälpmedel vid planering av avverkning. Ett digitalt hjälpmedel som med hjälp av laserdatas höjd- och grundyteskattningar kan ge ett stöd i för planering och utförande av gallringar.

Låggallring är den vanligaste metoden för gallring i Sverige. Att låggallra ett bestånd innebär att de klenaste stammarna avverkas och att de grövre, härskande träden gynnas. De undertryckta träden har ofta mindre önskvärda egenskaper som små kronor och en dålig tillväxt. Den ekonomiska avkastningen i en låggallring är ofta låg. Ett generellt uttag i en låggallring är 30 procent av grundytan.

Höggallring är motsatsen till en låggallring. De härskande träden avverkas och de medhärskande och undertryckta träden gynnas. Kvaliteten på de kvarlämnade träden blir ofta lägre pga. tidigare skador men kan också leda till mindre grenar och tätare årsringar, vilket i vissa fall är önskvärt. Ekonomin i en höggallring är ofta bättre än för låggallring då de mest ekonomiskt värdefulla träden tas ut. Avverkningskostnaden sjunker även då upparbetningen är starkt beroende av medelstammens volym. Lidande blir det kvarstående beståndet där medelstammen har sjunkit men tillväxten påverkas endast marginellt av gallringsform (Nilsson et al. 2010).

En kombination av hög -och låggallring benämns likformig- eller fri gallring. I en likformig gallring fokuserar uttaget på både härskande, medhärskande och undertryckta stammar. Resultatet av en likformig gallring är ett mellanting av hög -och låggallring.

1.1 Gallringsuppföljning

För att säkerställa kvaliteten på ett utfört uppdrag görs gallringsuppföljning. Uppföljningen ska främst kontrollera att maskinföraren har utfört arbetet enligt instruktion men även säkerställa att markägaren fått vad den beställt.

Maskinförarna utför vanligtvis en kalibreringskontroll av skördaraggregatets mätutrustning, men en kontroll av gallringsuttaget och kvarvarande bestånd är mer ovanligt.

Det är viktigt att maskinföraren kalibrerar sig själv för att säkerställa ett tillfredställande resultat. Ofta blir uppföljningen lidande på grund av den ekonomiska faktorn. Varje sekund maskinen står stilla förlorar entreprenören pengar.

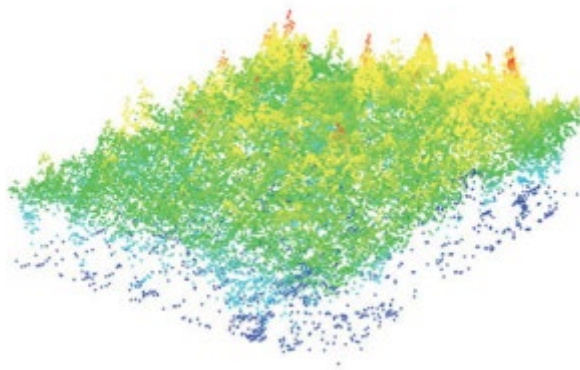
Södra skogsägarna anställer varje år ett tiotal personer som utför en gallringsuppföljning på gallrade bestånd, främst för att följa upp utförda åtgärder och garantera att gallringsentreprenörerna uppnår ett godkänt resultat. Personerna som utför gallringsuppföljningen är främst personer som utbildar sig skogligt på universitetsnivå. Uppföljningen utförs under sommaren, juni till augusti. Data som används i denna rapport är till stor del mätt av Södras uppföljningsanställda medan en mindre del av data har insamlats av rapportskrivaren.

1.2 Laserscanning

Att uppskatta skog med hjälp av laserscanning är inte bara ett effektivt sätt att uppskatta skogsdata över stora områden utan även billigt. Med ett allt högre krav på detaljerad information och en effektivare avverkning är bra planering ovärderligt. Laserdata ska inte ersätta en fältmätning men det är ett bra komplement för övergripande beslut.

Historiskt sätt har laserdata använts till för inventering och uppskattningssyfte. Men med en förmåga att detaljerat kunna uppskatta virkesförråd och biomassa övertid kan laserscanning betraktas som ett användbart verktyg i ett övervakningssystem. På en lokal nivå har det visat sig att högupplöst laserdata kan bistå med information om tillväxt och skörd av enskilda träd och trädgrupper. (Næsset, 2005)

Luftburen laserscanning mäter en tredimensionell fördelning av vegetation i krontaket, vilket lämpar sig väl för att uppskatta höjd på träd. Lasern skickar ut en puls och den studsar tillbaka när den träffat kronan. Med hjälp av tiden det tar för pulsen att återvända är beräknas trädens höjd. Flygplanen som bär lasern har en altitud mellan 500 och 3000 meter. Vanligtvis skickar lasern ut en puls med 0,1–2 meters intervall. Densiteten av pulserna avgör hur tätt punkterna hamnar i ett punktmoln, desto högre densitet, desto mer detaljerat punktmoln. Med hög upplösning kan till exempel göras en uppskattning av lägsta kronhöjd och kronform. Att urskilja trädslag med hjälp av laserdata är svårt, men med kronstrukturen kan slutsatser dras mellan barr och lövträd. (White, 2016)



Figur 1. Projektering av laserpulser. Tydlig formation av trädtoppar. (White, 2016)

I Sverige har skogliga grunddata samlats och sammanställts igenom ett samarbete av Lantmäteriet (laserscanning), Sveriges Lantbruksuniversitet (Riksskogstaxeringen) och Skogsstyrelsen (samanordning och redovisning) under perioden 2009–2016 och en ny laserscanning påbörjades 2019. Skoglig grunddata är främst till för att göra samhällsnytta genom gratis tillhandahållande av information om Sveriges skogars tillstånd, även för effektivisering och planering i skogsbruket. Laserscanningen finansieras av statliga medel och av privatskogsbruket. (Skogsstyrelsen, 2021)

1.3 Gallringsapp

Med hjälp av data från laserscanning har ett hjälpmedel för planering och utförande av gallring i relativt trädslagsrena tall- och granbestånd utvecklats vid Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap i Alnarp. Utgångspunkten för gallringsappen är laserscanningens uppskattning av grundyta och höjd i 20x20 m rutor som kallas för pixlar. För bearbetning beräknas glidande medeltal av fyra närliggande pixlar. Pixlar i beståndskanter tas bort från beräkningen. Med hjälp av laserscanningens uppgifter om grundyta, höjd och grundytamedelstammens diameter beräknas stamantal inom varje beräkningsenhet. I gallringsappen finns möjlighet att rita kartor med beståndets utgångsläge.

Gallringsappen kan också användas för att göra prognoser om beståndets framtida utveckling. Användaren tillför information om beståndets totalålder och olika gallringsparametrar som önskad grundyta efter gallring, maximal gallringsstyrka och önskad gallringskvot. Med dessa data skrivs varje pixel fram i femårsintervall och önskad gallring utförs i varje period. Resultatet av prognosen presenteras i en tabell och kan också presenteras i olika temakartor. Användaren kan med hjälp av gallringsappen ta beslut om framtida gallringsstrategier.

För utförande av gallring kan en gallring simuleras med gallringsappen och kartor med önskat uttag av grundyta i olika delar av beståndet kan presenteras i kartor. Dessa kartor kan sedan användas av skördarföraren för att avgöra gallringsstyrka i beståndets olika delar. Målsättningen är att beståndets grundyta efter gallring skall vara så nära målgrundytan som möjligt i beståndets olika delar. Detta innebär högre gallringsstyrka i områden med hög grundyta före gallring och låg gallringsstyrka i områden med låg grundyta före gallring.

För att gallringsappen skall vara praktiskt användbar måste precisionen i skattning av höjd och grundyta vara relativt hög. En specialvariant av gallringsappen där det är

möjligt att skriva ut varje pixels grundyta och höjd till en text-fil utvecklades för detta arbete. Med hjälp av registrerade koordinater för de provytor som mättes vid gallringsuppföljningen kunde dessa data jämföras med data från gallringsappen.

1.4 Syfte och frågeställningar

Detta arbete fokuserar på ett teoretiskt gallringsuttag med hjälp av SLU:s verktyg ”Gallringsapp” som baseras på laserdata. Att mäta en precision för verktyget är vitalt för att säkerställa om det kan tillämpas i praktiska gallringar. För att säkerställa precisionen kommer gallringsapps datan jämföras med gallringsuppföljningsdata som Södra Skogsägarna har bidragit med. Gran och tall är de dominerande trädslagen i bestånden som kommer ingå i datan, i viss mån även björk. Hypotesen är att grundyta som uppskattats med data från provytor är signifikant skild från grundyta uppskattat med SLU:s gallringsapp.

Frågeställningar:

- Är SLU:s gallringsapp tillräckligt precis för att vara användbar?
- Är SLU:s gallringsapp praktiskt och teoretiskt användbar?
- Vilka orsaker finns för eventuella avvikelser?

2. Material och metoder

För att ett bestånd ska vara aktuellt för denna undersökning finns det två krav.

- Färsk laserdata före gallringen.
- Gallringsuppföljt under 2021 efter gallring.

Dessa två krav var ett måste för att det skulle vara möjligt att göra en jämförelse mellan data från gallringsuppföljningen och gallringsappen. Laserdata är ifrån de nationella mätningarna som utfördes under 2019 och 2020. Laserdata ger en bild av beståndet före gallring som kan jämföras med data från gallringsuppföljningen för att bestämma precisionen i laserdatan (gallringsappen).

2.1 Gallringsuppföljning och datainsamling

Området för fältarbetet var södra Halland på Silvesticas marker med verktyg från Södra skogsägarna. Bestånden gallrades av Södras entreprenörer under våren 2021. Vid den kompletterande gallringsuppföljningen användes instrument för att bestämma provytans koordinater med hög precision för att kunna jämföra med laserscanningens skattning av grundyta.

Verktyg för gallringsuppföljningen.

- Haglöf dataklave.
- GPS, Trimble R8s.
- Höjdmätare.
- Anteckningsmaterial.
- Tillväxtborr.



Figur 2. Utrustning för uppföljningen.

2.1.1 Utförande

Slumpmässigt utvalda trakter från Södras traktbank valdes för uppföljningen. I uppföljningen ingår minst en trakt som varje maskinlag har gallrat.

I Södras uppföljningsapplikation läggs ett systematiskt nät av provytor ut. Vid provytecentrum placeras en GPS-punkt som anger centrum för provytan. Alla träden inom provytan, 5,64 meter klavas med en Haglöf dataklave. I dataklaven registreras diameter och trädslag. Höjd för provträd mäts med höjdmätare. Cirka två träd per provyta mäts. Även stubbdiametern klavas för att beräkna gallringsuttaget.

Den kompletterande fältmätningen gick till på samma sätt förutom att provytorna var större, 7,98 meter i radie. Provyorna är 7,98 meter i radie för att undersöka om provytestorleken har någon påverkan på resultatet. Provytorna lades ut genom att beräkna ett kvadratförband och positionen för varje provyta bestämdes i fält genom stegräkning. Provytecentrum markerades med en Trimble R8s GPS. I öppen terräng har GPS:en en noggrannhet ner på centimeternivå men i skogen med hinder ivägen tar det längre tid att komma ner på exakt position. I denna undersökning är GPS-positionen på decimeter nivå.

2.2 Insamling av data från gallringsapplikationen.

Första steget i gallringsapplikationen är att ange vilket område man vill att appen ska samla data för. Efter markering av aktuellt område beräknas en grundyta över området uppdelat i 20x20 meter pixlar.



Figur 3. Beståndet uppdelat i 20x20 meter ytor. Mörkare färg har högre grundyta.

Efter att programmet har samlat information om beståndet så kan man ladda ner beståndsdatan som en text fil. I filen finns information om varje provytas höjd, grundyta och teoretiska gallringsuttag.

2.3 Bearbetning av data

Totalt är samplet på 170 provytor uppdelat på 17 bestånd. Medel på 10 provytor per hektar. För att beräkna vilka provytor som överlappar mellan gallringsappsdatan och gallringsappsdatan används programmet R-studio vilket är ett statistiskt kalkyleringsprogram. Med hjälp av koordinaterna för provytecentrum överlappar provytorna och det säkerställs att både datan från gallringsuppföljningen och gallringsappen har samma geografiska position.

Genom ett medelvärde av de fyra pixlarna som är närmst provytan baseras beräkningarna på. De två grundytorna jämförs och ger ett resultat på hur stora skillnaderna i grundytan är mellan fältuppföljningen och gallringsappdatan.

2.4 Beståndsdata

Bestånden som använts för denna studie är första gallringar med gran som det dominerande trädslag. Partier med björk och även tall förekommer i bestånden. Åldern i bestånden varierar mellan 17 och 45 år. Medelåldern är 26,8 år. Åldern är uppmätt av gallringsuppföljaren. Standardavvikelsen för provytorna är 4,33 och från gallringsappen 3,36. Bestånd 14,15,16 och 17 uppföljdes med 7,98 meter provytor, resten med 5,64 meter i radie.

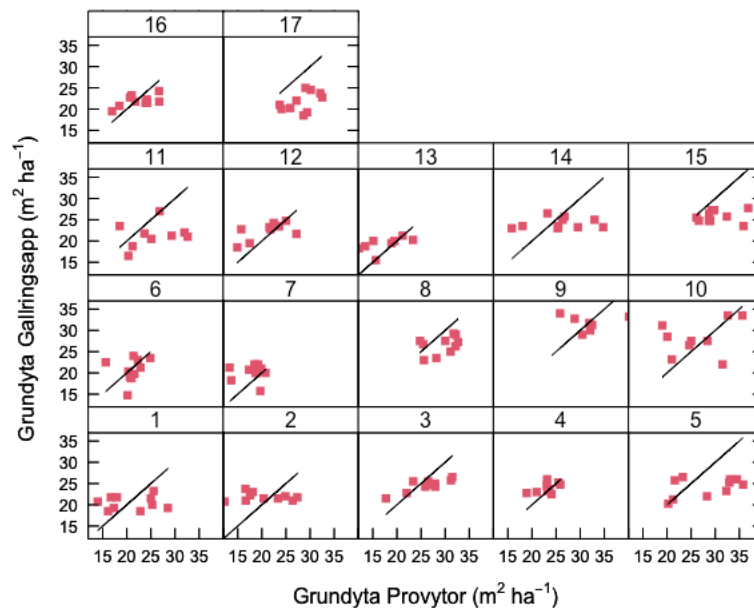
Tabell 1. Beståndsdata från fältuppföljning och gallringsapplikationen.

Bestånd	T	G	L	Ståndortsindex	Ålder	Areal	Grundyta, Provyta	Grundyta, Gallringsapp
1	10	0	0	T32,5	45	2,5	20,92	20,45
2	0	9	1	G33,5	23	4,1	20,35	21,85
3	0	10	0	G36,6	23	8	26,12	24,58
4	0	10	0	G31	27	1,5	23,18	23,93
5	0	10	0	G34,7	26	2,7	28,32	24,10
6	0	10	0	G32,4	26	3	21,07	20,68
7	0	10	0	G37,7	14	3	17,99	20,10
8	0	10	0	G34,8	25	3	29,39	26,50
9	1	9	1	G37,1	39	2,4	31,00	32,69
10	10	0	0	T32	36	1,2	26,43	27,01
11	0	10	0	G32,2	20	4	25,49	21,36
12	0	10	0	G31,4	22	1,3	21,31	22,44
13	6	4	0	T26,0	26	3,2	16,62	18,53
14	0	10	0	G31	24	3,1	25,82	24,18
15	0	10	0	G31	24	2,7	30,33	25,78
16	0	10	0	G27	23	2,6	22,45	21,93
17	0	10	0	G34	20	3,2	28,26	21,70

3. Resultat

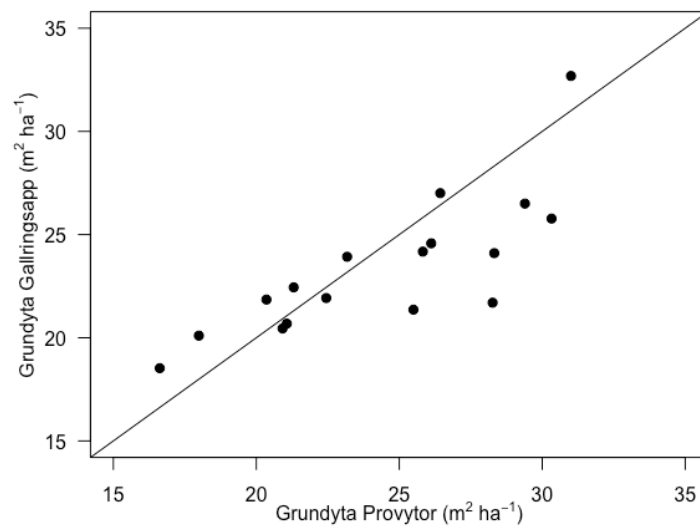
3.1 Figurer

Resultatet från denna studie visar på ett svagt samband mellan grundyta som uppskattats med gallringsappen och grundyteskattning från de enskilda provytorna. I figur 4 representerar varje rosa kvadrat en provyta och det heldragna strecket representerar fullständig överensstämmelse mellan de två skattningarna av grundyta. Den stora avvikelserna mellan grundyta från gallringsappen och provytor visar att gallringsappen inte kan användas för uppskattning av grundyta för provytor med 100 eller 200 m² area. Bestånd 14,15,16,17 inventerades med 7,98 meters radie men visar inga signifikanta skillnader mot de övriga, 5,64 meters provytor



Figur 4. Grundyta gallringsapp jämfört med grundyta provytor på provytenivå. På X- axeln är grundytan för gallringsappen och på y-axeln är grundytan för provytorna.

För skattning av medelgrundyta per bestånd finns en mycket bättre överensstämmelse mellan de två olika sätten att skatta grundyta (Figur 5). I 12 av de 17 bestånden var överensstämmelsen mellan grundyta från gallringsappen och provytor mycket god. I de fem övriga bestånden underskattades grundyta från gallringsappen jämfört med grundyta från provytorna.



Figur 5. Grundyta gallringsapp jämfört med grundyta provytor på beståndsnivå.

I fem bestånd var skillnaden mellan grundyta från gallringsapp och provytor signifikant skild från noll. Detta betyder att gallringsappens uppskattning av grundyta är signifikant lägre än den medelgrundyta som uppskattades med data från provytorna. Medelavvikelsen avger hur stor avvikelsen är mellan gallringsapp och provytor i medeltal i beståndet.

Tabell 2. Test ifall residualen är signifikant skild från noll med ett T-test.

Bestånd	P-värde	Medelavvikelse
1	0,7826	0,4670006
2	0,3821	-1,4965599
3	0,1399	1,5404795
4	0,2085	-0,7488122
5	0,0385	4,2219767
6	0,7215	0,3826807
7	0,0661	-2,1096571
8	0,0128	2,8937975
9	0,4813	-1,6830427
10	0,4275	-1,7150842
11	0,0437	4,1336942
12	0,2869	-1,1361416
13	0,0787	-2,5441788
14	0,399	1,6490879
15	0,0039	4,550275
16	0,558	0,5202783
17	0	6,5640189

4. Diskussion

4.1 Kort sammanfattning

Att använda ett verktyg för att snabbt få en överblick över ett bestånd som är aktuellt för gallring kan ge en uppfattning om det eventuella behovet och variationen inom beståndet. Genom att undersöka precisionen av gallringsverktyget ”Gallringsapp” kan en lämplighetsgrad tillämpas för att undersöka den praktiska och teoretiska funktionen. Resultatet ger en bild av att på provytelnivå är verktyget ej precist jämfört med fältmätningar. På beståndsnivå är verktyget mer användbart.

4.2 Förklaring av resultat

Resultatet i figur 4 visar sambandet på en provytelnivå. En stor spridning finns i nästan alla celler förutom i bestånd 16, 3 och 4 vilka har relativt jämna värde. Resultatet i figur 4 visar på att det inte finns ett tydligt samband mellan fältmätningarna och gallringsappen.

Gallringsuppföljningens provytestorlek är 100 m² och gallringsappens provytestorlek är 1600 m². Variationen inom de 1600 m² kan förklara det dåliga sambandet mellan gallringsappen och gallringsuppföljningen. Med en liten provyta är det stor möjlighet att hamna i en lucka med låg grundyta eller ett tätt parti med hög grundyta.

Resultat 2 i figur 5 visar på ett tydligare samband mellan gallringsappen och provytorna på beståndsnivå där lokala variationer spelar en mindre roll. Ett medelvärde av båda grundytorna utgör underlaget för denna graf. Fem bestånd har en tendens till en underskattning av grundytan och övriga stämmer relativt bra i en jämförelse mellan gallringsappen och provytorna. Generellt sett finns ingen tendens till över eller underskattning om de fem understa bestånden elimineras.

4.3 Tillämpning och praktisk användning av gallringsapplikationen

Att förbereda så mycket som möjligt innan ett fältbesök är viktigt för att spara tid och för att vara så effektiv i fält som möjligt. Att på en detaljerad nivå se var gallringsbehovet finns sparar tid både för maskinen och planeraren. Syftet med gallringsappen är främst att vara ett hjälpmedel för skördarföraren som ska se vilken gallringsstyrka och uttaget i kvadratmeter som behövs i beståndets olika delar. För att göra appen mer användarvänlig görs glidande medelvärden av pixeldata så att områden med högt respektive lågt gallringsuttaget kan urskiljas. I kartan som används av skördarföraren anges olika gallringsuttag i en gråskala.

På grund av den dåliga överensstämmelsen mellan data från provytor och data från gallringsappen är det inte möjligt att med detta data avgöra ifall gallringsappen är praktiskt användbar. Det är dock möjligt det dåliga sambandet beror på att gallringsapp och provytor mäter olika saker. Gallringsappen ger en integrerad grundyta över ett stort område (1600 m²) medan provytorna ger grundytan i ett litet område. När data integrerades till beståndsnivå var överensstämmelsen mycket bättre vilket indikerar att gallringsapp och provytor ger samma resultat när båda används för större områden.

4.4 Orsaker och avvikelser

Provytorna i denna studie har främst en radie på 5,64 meter och fem bestånd har en radie på 7,98 meter. Pixlarna som gallringsappen har tagit fram är 20x20 meter. I jämförelsen mellan provytan och gallringsappdatan har de fyra närmsta pixlarna använts vilket leder till att datan från gallringsappen blir en yta på 40x40 meter. Uträkningarna är baserade på ett medelvärde för de fyra pixlarna. Med en yta på 1600 kvadratmeter jämfört med en yta på 100 kvadratmeter finns det mycket rum för lokala variationer inom de fyra pixlarna. Till exempel en stickväg, lucka eller en tät trädgrupp kan slå stort på medelvärdet för gallringsappdatan vilket ingen hänsyn har tagits till i gallringsuppföljningen. För att förhindra detta problem och få en så exakt mätning som möjligt behöver ytan på 40x40 meter anpassas till gallringsappens pixlar och totalklavas.

På beståndsnivå är detta ett mindre problem eftersom ett medelvärde av alla provytorna tas vilket gör att lokala variationer slår mycket mindre, vilket syns i figur 5.

I de fem bestånden som har lägst värden på y-axeln kan det finnas anledningar till att de har blivit underskattade av gallringsappen (se figur 5)

Bestånd 5 har ett inslag med fem procent bok och tre procent ek av grundytan vilket kan påverka laserscanningen negativt och vidare gallringsappen. Lövträdsandelen kan ha resulterat i en underskattning av grundytan.

I bestånd 8,11,15 och 17 kan jag inte hitta en faktor som skulle påverka resultatet nämnvärt. Bestånd 15 och 17 är uppföljt av mig och uppföljning gjordes efter konstens alla regler. Skogstypen var gammal ljunghed med 100 procent gran i raka rader. När områdena laserscannades kan det ha förkommit hinder som kan ha stört scanning och resulterat i ett felaktigt resultat?

I gallringsuppföljningen som är till grund för provytedatan finns det en del variabler som kan påverka resultatet. Provyteutläggning som görs i Södras uppföljningsapplikation baseras på en eller flera avdelningar som uppföljaren ritar in eller markerar i appen. Ett ruttmönster med provytor visas och uppföljaren ska göra en inventering vid varje punkt, cirka 10 per hektar. Problemet med detta är att GPS:en inte är helt korrekt utan de kan visa ett tiotal meter fel. Vid diskussion med en före detta uppföljare för Södra meddelade han att det var inte ofta inventeringen utfördes exakt på punkten utan ofta vid ett lämpligt ställe i närområdet. Detta leder till att GPS koordinaten som uträkningarna är baserade på kanske ej är platsen där uppföljningen är utförd. Men eftersom datan från gallringsapplikationen är baserad på 40x40 meter så borde provytan hamna inom detta område.

Vid en gallringsuppföljning är ett stort problem stickvägarna. För att räkna fram beståndet som var innan gallringen så måste stubbarna klavas. I stickvägen som är risad är det svårt att hitta stubbarna vilket kan leda till en anledning att resultatet är underskattat jämfört med datan från gallringsappen. Ytterligare två aspekter vid gallringsuppföljningen kan vara okalibrerad utrustning och den mänskliga faktorn.

Uppföljningen som utfördes med 7,98 metersprovytor var bestånd 14, 15, 16 och 17 på Silvesticas marker i södra Halland. Bestånden bestod av nästan 100 procent gran och var gallrade våren 2021. Provytecentrum märktes ut med hjälp av en Trimble GPS R8

vilket gav koordinater ner på decimeter nivå. I resultatdelen syns det ingen signifikant skillnad jämfört med 5,64 meters provytorna.

Gallringsapplikationen är baserad på en laserscanning som utfördes 2019 och 2020. Det betyder att datan måste räknas fram med två växtsäsonger. Denna framräkning är teoretisk och tar inte hänsyn till lokala variationer så som trädslagsfördelning och årsmån. I själva gallringsapplikationen matchas GPS koordinaterna från provytan i gallringsuppföljningen med pixlarna från gallringsappen. Vilket betyder att inritning i applikationen inte har någon större påverkan förutom att provytorna måste vara inom ritningen.

4.5 Slutsatser och eventuella rekommendationer

Slutsatsen för denna studie är att det ej går att dra något samband mellan gallringsapplikationen och gallringsuppföljningen på provytenivå. Differensen är för hög för att kunna fastställa ett tydlig samband. På beståndsnivå är resultatet betydligt starkare. Där stämmer gallringsappdatan och provytedatan bra överens förutom i fem bestånd. Det finns ingen skillnad mellan de 4 provytorna som är 7,98 meter jämfört med dem som är 5,64 meter.

De fem ytor som gav avvikande resultat går ej att säkerställa varför. En slutsats är att laserdata ej är tillräckligt tillförlitlig och en kontroll behövs alltid i fält.

För framtida studier rekommenderas att använda större provytor. Dessa borde vara 20×20 eller större och synkade med gallringsappens pixlar. Detta för att få den exakta verkliga grundytan i pixeln och jämföra med gallringsappens värde.

Referenser

Nilsson, Urban, Eric Agestam, Per-Magnus Ekö, Björn Elfving, Nils Arne Fahlvik, Ulf Johansson, Kjell Karlsson, T. Lundmark and Christofer Wallentin. *Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden*. (2010).

Joanne C. White, Nicholas C. Coops, Michael A. Wulder, Mikko Vastaranta, Thomas Hilker & Piotr Tompalski (2016) *Remote Sensing Technologies for Enhancing Forest Inventories: A Review*, Canadian Journal of Remote Sensing, 42:5, 619-641, DOI:

Skogsstyrelsen (2022). Uppdrag att uppdatera skogliga grunddata.

<https://www.skogsstyrelsen.se/om-oss/var-verksamhet/regeringsuppdrag/uppdatera-skogliga-grunddata/#:~:text=Laserskanning%20av%20skog%20inneb%C3%A4r%20att,och%20data%20fr%C3%A5n%20Riksskogstaxeringens%20provtytor>. [2022-04-27]

Erik Næsset, Terje Gobakken,

Estimating forest growth using canopy metrics derived from airborne laser scanner data, *Remote Sensing of Environment*, 2005, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.04.001>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442570500115X>) [2022-04-27]

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.