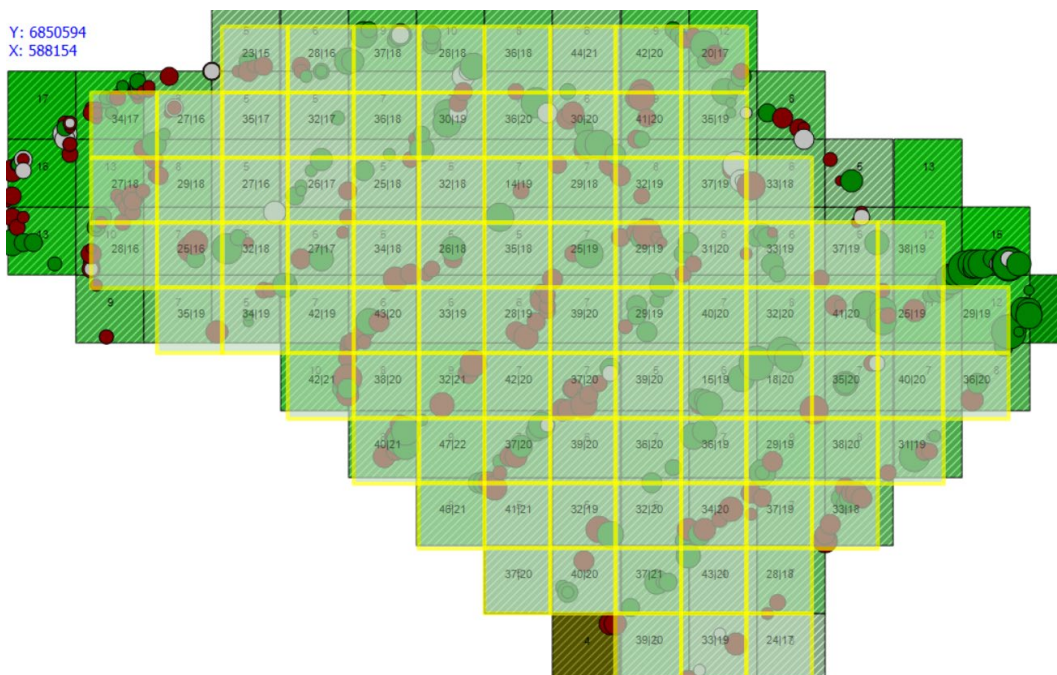




Implementering av Skogliga Grunddata i hprGallring vid andragallring

FELIX NILSSON
JOAKIM BENGTSDAHL



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2023:03

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Implementering av Skogliga Grunddata i hprGallring vid andragallring

Implementation of laserscanned forestry data in hprThinning during late thinning

Felix Nilsson

Joakim Bengtsdahl

Handledare: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Erik Sundstedt, 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: 2023

Omslagsbild: Skärmbild ifrån programmet hprHyggesfritt på provyta 1 med skogliga grunddata.

Bild: Felix Nilsson & Joakim Bengtsdahl

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

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2023:03

Nyckelord: Gallring, uppföljning, laserskanning.



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Gallring är en av de skogsvårdsåtgärder som utförs i våra skogar för att bemöta de olika skogliga mål som skogsägarna har för sin skog. I Sveriges skogar så utförs gallringsåtgärder på ca 400 000 hektar årligen. För att säkerställa att gallringsåtgärden på de olika bestånden har utförts efter de villkor och mallar som ska följas samt utförts efter skogsägarens mål med skogen är uppföljningsarbetet efter åtgärderna en viktig stolpe i ett ansvarsfullt skogsbruk.

Detta uppföljningsarbete har under lång tid utförts manuellt i fält, vilket det har funnits brister i och med bland annat stickprovsutförande som ej varit rättvisande för hela åtgärden. Det var detta som gjorde att Skogforsk tog fram programvaran hprGallring, ett automatiskt gallringsuppföljnings-program som idag arbetar med tre olika metoder för att bedöma beståndets olika värden, såsom volym, gallringsstyrka och gallringskvot. Två av metoderna är grundade i att beräkna beståndets olika värden utifrån de träd som tas ut i de stickvägar som huggs upp framför skördaren under arbetet. I andra- eller senare gallringar finns inte dessa stickvägsträd att tillgå för hprGallrings beräkningar, då de har huggits ut i tidigare åtgärd. Då använder hprGallring en algoritm som grundar sig på ett samband mellan övrehöjd och grundyta efter gallring, uppbyggd på företagskontrollmätningar för beräkning av kvarvarande bestånd och gallringsstyrka. Denna algoritm har dock inte samma precision som de stickvägsmetoder som programmet har, och informationen den genererar har även påpekats vara missvisande och svårtolkad för skördarförare i andra och senare gallring

I ett annat parallellt projekt som pågår under 2023, utvecklar Skogforsk en anpassad version av hprGallring (algoritm med SGD), för användning vid hyggesfria metoder. Ett av projektets syften är att utvärdera användning av skogliga grunddata (SGD) i beräkning av prognosvariabler för kvarvarande volym och grundyta. SGD, en nationstäckande databas som togs fram genom flygburen laserskanning, som ingångsvärden för dess skogsåtgärder. Det projektet öppnade upp möjligheten att utvärdera om prognoser på kvarvarande skog kan skattas med högre precision i gallring när SGD används för beståndets ingående variabler. Dock har även SGD en viss avvikelse i bland annat sin volymberäkning, då dess laserpunktstäthet har uppskattats till att kunna ha en felmarginal på 20 procent i dessa beräkningar (se Brethvad 2012).

Med detta som bakgrund utfördes en försöksstudie med syfte att analysera resultat av gallringsuppföljning med skogliga grunddata som ingångsvärden, samt att jämföra resultaten från de två metoderna, hprHyggesfritt med SGD som ingångsvärden och hprGallrings algoritm, med referensmätta provtytor som totalklavats efter andragallring.

Resultaten visade att avvikelsen med SGD-metoden var lägre än för hprGallring, men att enstaka provtytor stack ut från referensmätningen även för SGD-metoden. Medelvärde över provtyornas avvikelse hamnade på 5 procent för SGD-metoden med ett spann -4 till 19 procent, medan hprGallrings medelavvikelse vart -17 procent med spann -36 till + 16 procent. Dessa resultat överensstämmer med tidigare observationer, såsom att algoritmen i hprGallring missbedömer beståndsvärden en aning i andragallring. Vid signifikantest på resultaten från de båda metoderna kunde hprGallrings resultat bekräftas underskatta sina volymberäkningar med 95 procent säkerhet, vilket stämmer med tidigare erfarenhet av programmet. Med SGD-metodens resultat kunde ingen signifikans bekräftas då resultaten hade för stor variation mellan över- och underskattning. Fler och framförallt större undersökningar behöver dock genomföras för att ytterligare stärka att hpr-program tillsammans med SGD implementerat som ingångsvärde har bättre precision i sitt resultat än de algoritmerna hprGallring använder idag. SGD-metoden är fortfarande under utveckling och en användarvänlig implementering av SGD i programvaran behövs innan det kan testas i skördarmiljön. Detta för att ge ett enkelt arbetssätt i skogsbruket och möjlighet att tillämpa systemet i större skala.

Nyckelord: gallring, uppföljning, laserskanning

Abstract

Thinning is one of the silviculture measures that are performed in our forests to meet all the different forestry goals that the forest owners have. Thinning is performed in Sweden on about 400 000 hectares of forest every year. To secure that the thinning in the forest stands is performed after the agreements and templates which must be followed and according to forest owner's goals with the forest, the follow-up work after the forest activity is an important pillar in responsible forestry. This follow-up work has for a long time been carried out manually in the field, in which it has found shortcomings, including random sampling that was not fair for the entire forest activity.

This is what led Skogforsk to develop the software "hprThinning", an automatic thinning follow-up program that today works with three different methods to assess the stand's various values, such as volume, basal area, thinning intensity, and thinning ratio. Two of the models used are based on calculating the different values of the stocks based on the trees that are removed from the cutting paths, from stems harvested from the path the harvester's direction of travel during thinning work. In second or later thinnings, these path trees are generally not sufficient to enable hprThinning's calculations, as they have already been removed to a large extent in the previous thinning. In these cases, hprThinning uses an earlier developed algorithm that is based on a correlation between dominant height and basal area after thinning, that allows for a limited span in thinning intensity (Bhuiyan et al 2011). This correlation is based on a large dataset from Swedish forestry companies', manually measured follow-up data after thinning. This correlation is used in the calculation of remaining stock and thinning intensity. but it lacks the same precision as models that stem data from cutting paths, and the information it generates has been shown at times to be misleading and difficult to interpret for harvester operators in second and later thinnings.

In another ongoing parallel project at Skogforsk, 2023, a modified version av hprThinning is under development (Algorithm laser scanning data) for use in nonclear-cut forestry. One of the aims of this project is to evaluate the use of laser data in the calculation of remaining volume and basal area after thinning. The laser data used is from the Swedish national database forest inventories that was produced through airborne laser scanning, which contains data on standing volume, basal area, basal area weighted average height and basal areal weighted average diameter. This parallel project, when applied to thinning operations, enables the evaluation of calculations in hprThinning based on laser data and whether these generate predictions for remaining volume and basal area with higher precision than earlier developed models. However, laser data also has a certain deviation in, among other things, its volume prediction, as its laser point density has been estimated to have a margin of error of 20 percent in these calculations. With this a pilot study was carried out with the aim of analyzing the results of thinning follow-up with SGD as input values, as well as comparing the results of the two methods, hprNonClearcut with SGD as input values and hprThinning's algorithm, with reference-measured sample areas that were totally cleared after second thinning.

The results showed that the deviation of the SGD-method was lower than for hprThinning, but that individual sample areas stood out from the reference measurement even for the SGD-method. The average value over the deviation of the sample areas ended up at 5 percent for the SGD method with a range of - 4 to + 19 percent, while the average deviation of hprThinning was -17 percent with a range of - 36 to + 16 percent. These results are consistent with previous observations, such that the algorithm in hprThinning slightly misjudges stock values in second thinning. In a significant test on the results from both methods, hprThinning's results could be confirmed to underestimate their volume calculations with 95 percent certainty, which is in line with previous experience with the software. With the results of the SGD-method, no significance could be confirmed as the results had too much variation between overestimation and underestimation. However, more and above all larger investigations need to be carried out to further strengthen that Hpr-software together with SGD implemented as an input value have better precision in their results than the algorithms hprThinning uses today. hprNonClearcut is still at an early stage and an easy implementation of SGD into the software for the harvesters needs to be developed. This would provide a simpler way of the everyday work in forestry and the opportunity to apply the system on a larger scale.

keywords: thinning, follow-up work, laser scanning

Förord

Vi vill tacka SCA för chansen att utföra denna försöksstudie på deras vägnar.

Tack till Christer Olofsson på SCA för hjälpen med att få tag på de hpr-filer som vi behövde för att utföra studien. Vi vill tacka vår handledare Staffan Stenhag vid SLU i Skinnskatteberg, för god återkoppling på vårt arbete samt hjälpt oss med studiens statistiska delar.

Vi vill även tacka Martin Whillans och Björn Hannrup på Skogforsk för ett gott samarbete. Deras stöd och snabba respons under hela studien har varit väldigt uppskattat. Deras kunskap och erfarenheter med program och liknande har varit till stor nytta för oss vid frågor och rådgivning.

Vi vill även tacka Fredrik Hammarlund på Bränna Natur för att ha tillhandahållit utrustning så att fältarbetet kunde utföras.

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 GALLRING	1
1.3 HPRGALLRING	2
1.4 NATIONELLA SKOGSINVENTERINGAR (NFI)	4
1.5 SYFTE	4
2. MATERIAL OCH METOD	6
2.1 OBJEKTIDENTIFIERING OCH URVAL	6
2.2 PROVYTOR	6
2.3 UTRUSTNING	8
2.4 MÄTNING I FÄLT	9
2.5 ANALYS AV DATA	9
2.6 STATISTISK ANALYS	12
3. RESULTAT	13
3.1 KVARVARANDE BESTÅNDSVOLYM	13
3.2 GALLRINGSSTYRKA	15
4. DISKUSSION	17
4.1 RESULTATEN GÄLLANDE UPPSKATTNING AV KVARVARANDE VOLYM	17
4.2 RESULTATEN GÄLLANDE GALLRINGSSTYRKA	17
4.3 FÖRVÄNTADE RESULTAT	18
4.4 STUDIENS STYRKOR OCH SVAGHETER	18
4.5 SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER	19
REFERENSER	21
BILAGOR	22
BILAGA 1, SIGNIFIKANSBERÄKNING.	22

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Sverige består av 40,7 miljoner hektar landareal varav ca 70 procent är täckt av skog. 58 procent av landets skogsinnehav beräknas bestå av så kallad produktiv skogsmark. Med ”produktiv skogsmark” menas mark som producerar minst 1 kubikmeter virke per hektar och år och som i huvudsak har skogsproduktion som sitt primära eller enda ändamål (Riksskogstaxeringen, 2018). Vid brukandet utav detta skogsinnehav är gallring en av de skötselåtgärder som utförs i skogen under dess omloppstid innan avverkning (Agestam, 2015). Målet med gallringsåtgärder är främst att öka diametertillväxten i beståndet. Det kan även ge möjlighet till val av gallringsform, gallringsuttag samt trädslagsval för en mer målinriktad åtgärd.

1.2 Gallring

Gallring är en av flera åtgärder i ett skötselprogram. Gallring har som syfte att förbättra beståndets utveckling mot dess önskvärda framtida egenskaper vad gäller kvalitet, dimension och trädslagsblandning bara för att nämna några parametrar. Gallring kan ses som en kombination av en skogsvårdsåtgärd och en avverkning eftersom det skördade virket tas tillvara. Detta till skillnad från röjning eller liknande åtgärder, som förbättrar förutsättningar för det kvarstående beståndet med högre ljusinsläpp, friare krontak samt mindre konkurrens om markens näringsupptag.

För varje enskilt skogsbestånd är variabler som gallringsstyrka, gallringsintervall och gallringskvot underlag för beslut tillsammans med förutsättningar som beståndets markförutsättningar och vad skogsägaren har för framtida mål med skogen (Agestam 2015).

Till grund för detta står att trädslagen ska passa ståndorten, med mål att fördela tillväxten på färre träd för att få en högre medelstam i framtiden, öka värdet i de enskilda träden och för att sänka avverkningskostnaden i framtiden. Åtgärden ska även kunna ge skogsägaren en omedelbar nettointäkt och öka ljusinsläppet till marken för skogens växter, djur och upplevelsevärlden (Skogskunskap 2023).

Vid låggallring så ligger uttagsfokuset på att plocka ut de lägre, klenare träden för att optimera för de grova trädens utveckling. Vid höggallring är det tvärtom, och de grövre tas ut för att ge plats åt de lägre träden och öka deras möjlighet för tillväxt genom mer plats och ljusinsläpp. Vid kvalitétsgallring, även kallat krongallring, så läggs fokuset på beståndets huvudstammar. De stammar som konkurrerar med dessa huvudstammar huggs ut och målet ligger främst på att få ett jämnt förband mellan dessa huvudstammar samt ett fritt krontak medan urvalet av huggna stammar är oberoende av dimensioner och storlek. (Skogsstyrelsen 2010; Stendahl & Fries 2015).

Gallring kan dock även ge negativa konsekvenser. Ett exempel är vid ett alltför stort uttag som kan orsaka en ökad risk för stormskador och en lägre volymtillväxt

(Liziniewicz, 2014). För att minimera dessa risker så uppförde Skogsstyrelsen gallringsmallar som ger rekommendationer på hur stort uttag man bör göra vid gallring, samt som en riktlinje för när ett gallringsbehov uppstår.

Dessa mallar är idag över 30 år gamla och har blivit uppdaterade och ersatta med digitala gallringsmallar och gallringsplaner i form av ”Interaktiv gallringsvariator”, i dagligt tal kallat ”INGVAR” (Jacobsson m.fl. 2008). Dessa mallar togs fram av Skogforsk och SLU för att bättre spegla dagens skogstillstånd och skogsskötsel. Dagens skogar har ofta ett högre stamantal och en högre tillväxt än för 30 år sedan.

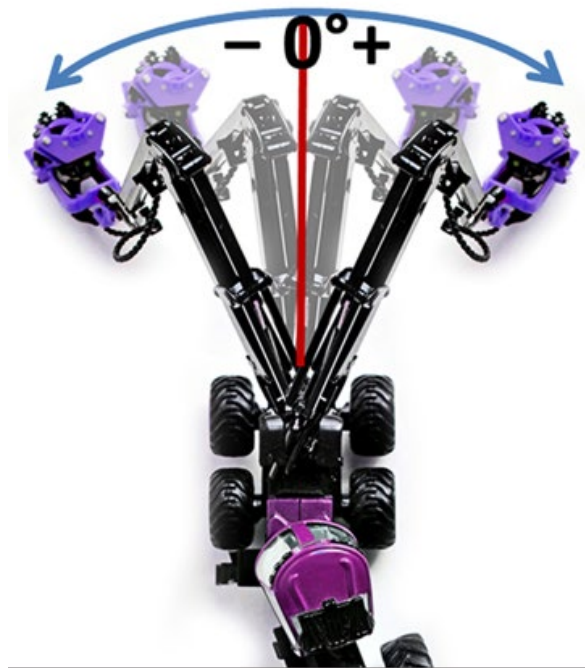
Det gallras årligen ca 400 000 hektar skog i Sverige och att följa upp alla resultat från dessa insatser är en tidskrävande och dyr uppgift. I dagens uppföljnings- och återkopplingsarbete finns brister med bland annat manuella stickprov som inte är rättvisande. Det var mot denna bakgrund som Skogforsk utvecklade ett beslutsstödsprogram för gallringsskördare som ger löpande information till skördaren om gallringsuttag och gallringskvot, samt löpande uppskattningar för olika variabler i det kvarvarande beståndet. Denna programvara kallas hprGallring.

1.3 hprGallring

hprGallring är ett automatiskt gallringsuppföljningsprogram som utför beräkningar på uttag, kvarvarande bestånd samt gallringskvot under gallringsskördarens arbete. Programmet lanserades år 2011 och har med åren uppdaterats med förbättrade beräkningar. Det var främst år 2014 och år 2021 som det kom nya versioner med förbättrade algoritmer för att ge en säkrare uppskattning av beräkningar under gallringsarbetet. I ett annat parallellt projekt som pågår under 2023, utvecklar Skogforsk en anpassad version av hprGallring (algoritm med SGD), för användning vid hyggesfria metoder. Verktøyet skiljer sig från hprGallring främst genom att det har en inbyggd funktion för att införa och ta hänsyn till skogliga grunddata.

hprGallring används i stor utsträckning bland gallringsmaskiner i svenska skogar. Programmet har bäst resultat vid förstagallringar då hela skogsbeståndet är heltäckt av skog. Då har programmet möjligheten att använda skördardata från de träd som tas inom områdets stickvägsareal som ett beräkningsunderlag för att skatta skogsbeståndets struktur.

Vid en gallringsåtgärd så utgör ca 20 procent utav åtgärdsarealen av stickvägar där både skördare och skotare driver området. Då stickvägarna sprider sig över hela beståndet och tar upp dess variationer så kan hprGallring med hjälp av GNSS-positionering räkna ut vilka träd den har huggit inom stickvägsarealen. Med en kombination av skördarens position och dess kranvinkel kan hprGallring identifiera vilka träd som huggs i stickvägarna och använda dessa data som ett beräkningsunderlag för att skatta hela beståndet. I programmet används kranvinkelintervallet +/- 30 grader i förhållande till maskinens körriktning för att identifiera vilka träd som är stickvägsträd (se Figur 1).



Figur 1. Illustration över kranvinkelsberäkning för stickvägsträd. Träd som tas inom ca +/- 30 grader i skördarens körriktning räknas in som stickvägsträd och används som beräkningsunderlag för skattningen av skogsbeståndet (Skogforsk, 2016).

Med beräkningar från stickvägsträden kan då hprGallring skatta och beskriva beståndets ingångsvariabler för volym, grundyta, Hgv, Dgv och trädslagsblandning. Träd utanför vinkelspannet som skördaren avverkar och mäter in, beräknas stå utanför maskinernas vägsystem i beståndet och används i beräkningar av gallringskvoten under arbetet.

Alla skördardata som samlas in, stickvägsträd samt träd utanför stickvägen, subtraheras från beståndets ingångsvariabler för att skatta kvarvarande volym, gallringsstyrka och gallringskvot. Resultaten presenteras för maskinföraren i hprGallrings kartbild, där uppgifter kan presenteras nerbruten per beräkningsyta som är ca 0,5 – 1 ha. I programversionen från år 2021 presenterades en gallringsmall för varje beräkningsyta alternativt för hela objektet, och hur kvarvarande volym efter avverkning förhåller sig i relation till målområdet i gallringsmallen för skördarföraren.

Stickvägsträd i andra och senare gallringar förväntas inte ge en representativ bild av objektet före gallring. Den volymmässiga andelen stickvägsträd understiger ofta 25 procent i andra och senare gallringar och då beräknas gallringskvoten annorlunda och tillåter bara ett spann mellan 0,72 – 0,76 i kvot (Bhuiyan m.fl. 2016). hprGallring har algoritmer som kan beräkna gallringsstyrkan och skatta kvarvarande volym, men det har visat sig att den inte har samma precision som vid första gallring. Även feedback från skördarförare tyder på att resultaten ibland kan vara missvisande eller svårtolkade.

Den nationella skogsinventeringen har gett underlag för en databas över Sveriges skogliga innehav: Skogliga grunddata (SGD) (Fridman et al. 2014). I den

anpassade programversionen av hprGallring (SGD-metoden) kan skogliga grunddata importeras för användning i beräkning av kvarvarande volym och grundyta i andra och senare gallringar.

1.4 Nationella skogsinventeringar (NFI)

Nationella skogsinventeringar, även kallat NFI:s. (National Forest Inventories), genomförs i flera länder över hela världen (Tomppo et al. 2010) och hade inledningsvis ett primärt fokus på bedömning av mark- och skogskategorier, trädbestånd och årlig tillväxt (Fridman et al. 2014). I dagens NFI har flera av skogens många funktioner, som biologisk mångfald och skogarnas förmåga att lagra kol, blivit allt viktigare att samla in.

Skogliga Grunddata (SGD) är ett av Sveriges resultat i dess NFI-arbete då Lantmäteriet fick i uppdrag av regeringen att genomföra en laserskanning av hela landet (Norman m.fl. 2022). Det utfördes med flygplan med ett laserinstrument där avståndet från instrumentet till reflektionsytan kan beräknas med en noggrannhet på 10 – 20 cm, och med hjälp av ett navigationssystem där en enskild träffpunkt beräknas till en noggrannhet på upp till 30 cm.

Vid den rikstäckande laserskanning som Lantmäteriet gjorde skedde en gles laserskanning med 0,5 – 1,0 punkt/m². Det är den vanligaste laserskanningen vid beräkning för SGD (Norman m.fl. 2022). Det finns tätare laserskanning som kan göras där lasern har 5 – 10 punkter/m² och där då enskilda träd kan identifieras, men denna täthet har inte fått något större genomslag på grund av planeringsförlust och totalkostnad. Med felmarginalerna som nämns ovan har volymbereäkningen m³sk/ha en felmarginal på ca 20 procent och medelhöjden på ca 5 procent och medeldiameter upp till ca 13 procent och stamantal upp till ca 30 procent (Brethvad 2012, Nilsson m. fl. 2017).

1.5 Syfte

I Skogforsks pågående projekt att anpassa hprGallring för tillämpning vid hyggesfria metoder, finns möjlighet att importera SGD i programmet. Med detta använder programmet SGD som beståndets ingångsvariabler för volym och grundyta tillsammans med algoritmer från beståndets stickvägsträd. För hprGallrings algoritmer för volym och grundyta baseras idag till största del på data från stickvägsträd. SGD ger information om tätheten i beståndet och beståndets virkesförråd före gallring. Detta kan då samköras med skördarens data om uttaget från gallringen för uppskattning av gallringsstyrka, och kvarvarande volym.

Erfarenhet från hprGallring visar att programmets uppskattning med enbart tidigare utvecklade algoritmer tenderar att avvika från den verkliga gallringsstyrkan och kvarstående volymen i andra och senare gallring. Frågan är om det finns möjlighet att använda sig av SGD även i hprGallring.

Tidigare undersökningar av SGD som gjorts har visat att det kan finnas felmarginaler på volymuppskattningarna. Vid nyindelningen av Bergvik skog upprättades 3 000 provytor där beräkningarna i SGD avvek uppemot ca 20

procent i volymberäkning (Brethvad 2012). Detta kan naturligtvis vara problematiskt vid implementering av SGD i automatiserad gallringsuppföljning.

Syftet med föreliggande undersökning är att analysera en implementering av SGD i programmet i stället för de algoritmer som nu ligger där. Detta för att få ett säkrare resultat i gallringsuppföljningen. Följande frågeställningar ska besvaras av studien:

- Ger algoritmen med SGD-data ett säkrare resultat gällande *kvarvarande volym efter gallring*?
- Ger algoritmen med SGD-data ett säkrare resultat gällande *gallringsstyrkan*?
- Vilken metod, algoritmen med SGD (vilket refereras under studiens gång som SGD-metoden) eller nuvarande algoritm i hprGallring, ger det bästa resultatet i meningen att det oftast hamnar närmast verkligheten?

2. Material och metod

2.1 Objektidentifiering och urval

För att hitta andragallringar som var lämpliga för detta försök gjordes en utsökning på genomförda gallringar i programmet SPÖK, SCA:s, program över fastigheter och bestånd. Kriterierna i utsökningen var att det skulle finnas befintliga stickvägar på avdelningen. För att få fram detta utfördes en sökning efter trakter med andragallring som kommentar i traktdirektivet.

Från denna utsökning valdes fyra trakter ut och kontrollerades att SGD var uppdaterad med data från den senaste laserskanningen, från 2018 eller senare, samt att hpr-filer från gallringsåtgärden fungerade. Anledningen till att trakterna skulle vara skannade 2018 eller senare är för att få ett säkrare resultat på bland annat volym, då att framskrivna volymläkningar från SGD 2009 – 2011 ökar felmarginalerna i resultatet.

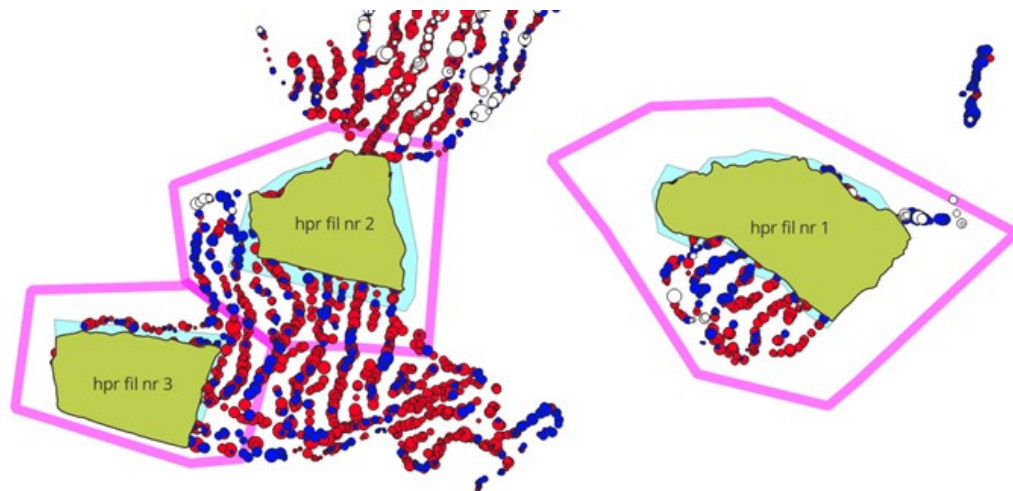
Då den estimerade tiden för att totalklava en hektar skog ligger på ungefär fyra timmar och datainsamlingsarbetet utfördes i februari – mars, fanns även ett behov av att trakterna låg geografisk koncentrerade. För att optimera arbetsflödet i fält valdes trakter i närhet till Stöde och Hudiksvall.

2.2 Provytor

De valda provytorna är belägna på fyra olika drivningar. De första tre provytorna finns öster om Delsbo i Hälsingland mellan riksväg 84 och Sördellen. Ytorna fyra – sex är belägna norr om Hällsjö, strax väster om Sundvall. Yta sju finns väster om Matfors medan ytorna åtta – tio ligger mellan Timrå och Viksjö.

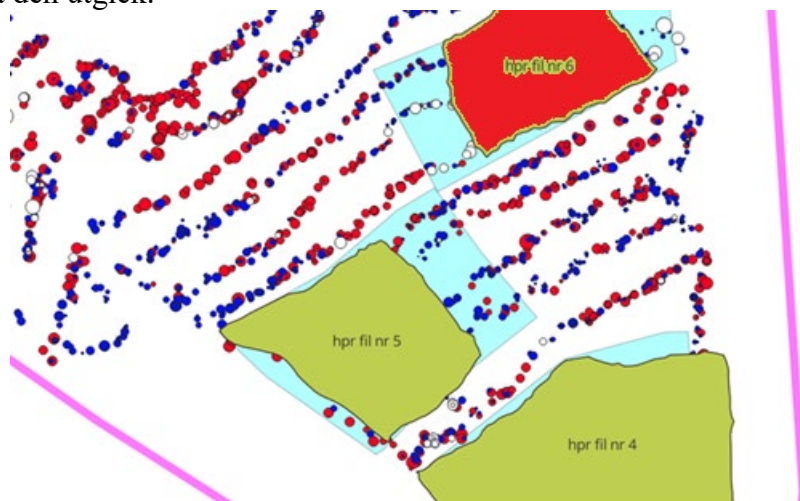
Alla ytorna har även genom Skogsstyrelsens webbapp, Skogens Pärlor, bekräftade befintliga stickvägar genom flygfotogalleriet från 2017. Underlaget gjorde det lätt att syna ut andragallringar från fält.

Ytorna ett – tre syns i Figur 2. Yta ett ligger i en svag nordsluttning intill en myr i nordvästkanten. Skogen var enskiktad och genomgallrad. Inga större hinder fanns. Yta två ligger i en svag nordsluttning intill en yngre och klenare skog i öster och en ungskog nordväst. Skogen på provytan var enskiktad och väl genomgallrad. Yta tre ligger på planmark intill riksväg 84 i söder och en mindre grusväg i väst. Skogen var relativt jämn med grövre och längre skog längsmed riksvägen och väl genomgallrad.



Figur 2. Visar provytorna ett till tre, där de gröna områdena är ytan som är innanför stakade ytterkanten med GNSS-mottagaren.

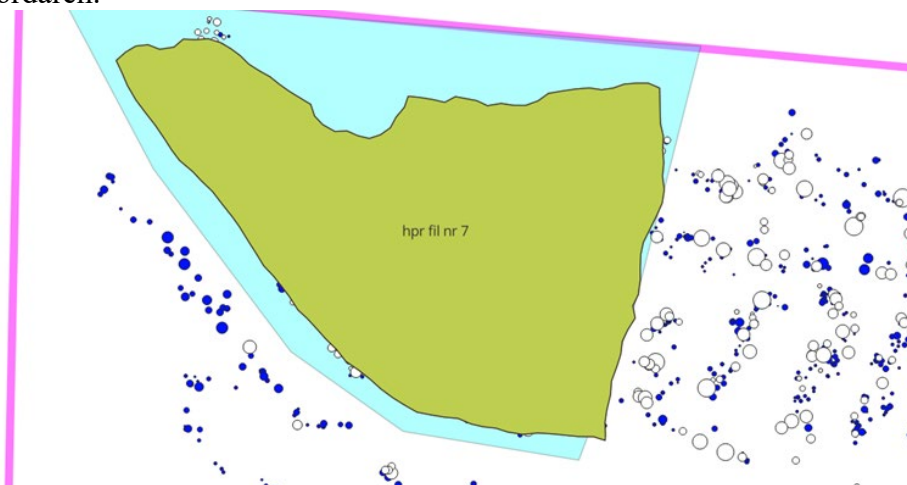
Ytorna fyra – sex syns i Figur 3 och de ligger i en sydvästlig sluttning. På den sydvästliga kanten på yta fyra och fem ligger en befintlig traktorväg som har använts som uppsamlingsväg. Yta fyra har en större kraftledning mot östra kanten. Yta fyra har enstaka större block som skördaren fick ta hänsyn till. Det var relativt stor variation i diameterspridningen. Yta fem har inga större hinder men ligger i en brantare sluttning än yta fyra. Den har även en skoterled i sydligaste hörnet och en grävd uppsamlingsväg i sydvästra delen. På yta sex växte det mestadels Contorta (*Pinus Contorta*) och låg i en relativt brant sluttning. Under totalklavningen hämtades dock inte tillräckligt mycket data in för att hprGallring skulle kunna utföra några beräkningar och ingen kompletterande stämpling kunde utföras så den utgick.



Figur 3. Visar provytorna fyra - sex, där de gröna områdena är ytan som är innanför stakade ytterkanten med GNSS-mottagaren. Provyta sex, ifylld med rött, saknade tillräckliga data.

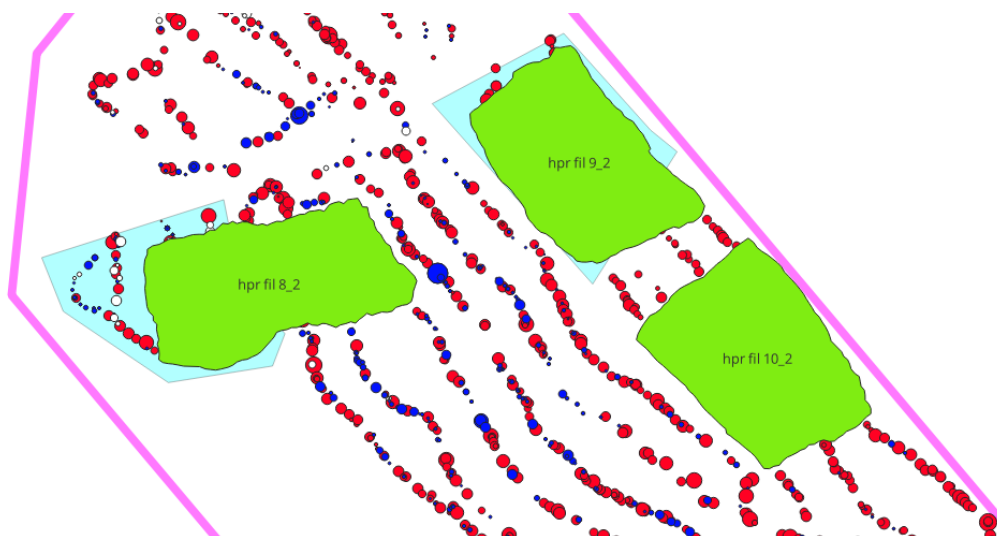
Yta sju som syns i figur 4 ligger i en sydlig sluttning och har en relativt hög diameterspridning med inblandning av grövre lövträd. I södra kanten av ytan ligger en mindre grusväg med en mindre parkeringsficka och i norr gränsar ytan

mot ett kalhygge. På ytan fanns områden som var ogallrade som låg inom räckhåll för skördaren.



Figur 4. Visar provytorna sju, där de gröna områdena är ytan som är innanför stakade ytterkanten med GNSS-mottagaren.

Ytorna åtta – tio som syns i Figur 5 är belägna mellan Timrå och Viksjö. Yta nio och tio gränsar mot en myr i nordost och är en homogen skog med enstaka luckor. Yta åtta ligger i en svag sydsluttning med en hög inblandning av löv och gran som ger en större variation, förekomsten av underväxt förekommer i högre grad.



Figur 5. Visar provytorna åtta - tio, där de gröna områdena är ytan som är innanför stakade ytterkanten med GNSS-mottagaren.

2.3 Utrustning

Utrustningen bestod av en GNSS-mottagare, Arrow 100, som har en positionerings-noggrannhet på 0,5 m i norra Sverige samt en Ipad som samlade in loggspår från GNSS-mottagaren. Vidare användes en dataklave från Haglöf som var lånad från SLU Skogsmästarskolan, snabbtorkande sprayfärg för märkning på träd och snitselband märkta med texten ”gräns”.

För att ta sig fram i skogen med varierande snödjup användes snöskor av märket Symbioz Hyperflex och skidor av märket Kongsvold med pjäxor av märket Alpin. Dator användes för att sammanställa data och för arbetet i kartprogram.

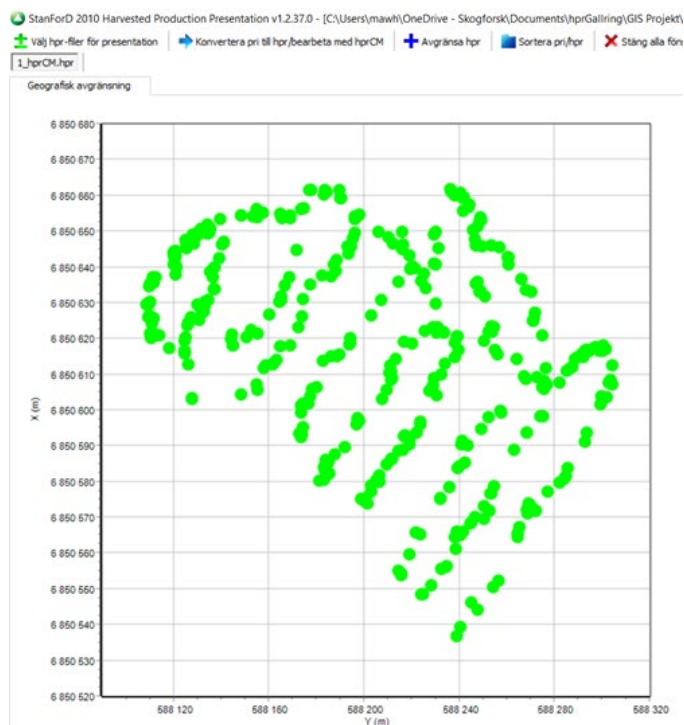
2.4 Mätning i fält

För att mätning i fält skulle flyta på så bra som möjligt har avdelningarna granskats i ArcGIS och mätområdena har ritats in med en polygon där terrängförhållanden sett gynnsamma ut. I fält har polygonen letats upp, där en av försöksledarna börjat med att snitsla yttergränserna och den andra har börjat klava träd innanför snitselbandet. För att gränsen på mätytan ska ligga nära yttergränsen i programmet hprGallring så har avståndet från stickvägens mitt till bestämd yttergräns mätts ut till max 11 meter. När avståndet mellan två stickvägar var mindre än 22 meter och ytans gräns skulle gå där, har gränsen dragits mitt emellan stickvägarna.

Klavningen är utförd på alla träd inom denna provyta på 1,3 meters höjd. För att inte klava samma träd två gånger har trädet efter klavning sprejats med röd färg. Klavningens höjd har tagits med hänsyn till snödjupet. Efter att klavning har utförts har loggning med GNSS-mottagare gjorts på yttergränsen av provytan. Yttergränsen har loggats i en handenhet. Totalt har 7 710 träd klavats på alla 10 ytorna. Eftersom yta sex inte fick ut något värde i hpr-programmet har den ytan inte tagits med i resultaten, den ytan hade totalt 343 klavade träd.

2.5 Analys av data

När alla data har samlats in har ett arbete med att klippa ur hpr-filerna på den platsen som har mätts i fält gjorts. Detta är gjort i ett program som Skogforsk har utvecklat och som heter hprAnalysis. Ett exempel visas i Figur 6 för urklippet på yta ett, där man klipper bort alla GNSS-positionerade tagna träd från skördaren utanför provytan så de avverkade träden inom provytan isoleras. Separata hpr-filer skapas genom ett kartgränssnitt så att avgränsningen av stamdata sker så att inte träd utanför provytan medräknas. hpr-filerna som klippts ut exporteras sedan som shapefiler med individuell stamposition och stamdata. De används sedan i gis-program som verifierar att klippningen har skett exakt utifrån den yttergräns som loggats i fält. En kontroll av varje gränsstam har gjorts för att verifiera giltigheten.



Figur 6. Exempel som visar yta ett färdigklippt i HprAnalys.

Nedladdningen av skogliga grunddata (SGD) har hämtats från Skogsstyrelsen FTP-server till en postGIS databas. SGD till varje enskild provyta hämtas ur databasen via ett API som anropar data utifrån ett geografiskt avgränsat område, i detta fall provytorna. Den anpassade versionen av hprGallring för SGD:s loggflik innehåller x - och y -hörnkoordinater (se Figur 6) som beskriver en geografiskt fyrkantig avgränsning för hpr-data. Dessa koordinater fylls i manuellt i API:et, visas i Figur 7 för att hämta avgränsade SGD som blir heltäckande för den specifika hpr-ytan.

Skogforsk hprHyggesfritt v4.0.1.9 - [VO09161007_2021-11-17]

Öppna hpr-fil direkt Bevaka nytt objekt Sortera pri/hpr Language/Country

Inställningar VO09161007_2021-11-17

Karta med nyckeltal Övrigt

Kranposition Karta med kranposition Sticksvägar Uppföljning Exportera data Logg

DBH har korrigerats för 8 flerträdshanterade stammar p.g.a. felaktig diameterregistrering.
3 DBH-värde(n) har korrigerats enl HprCM (1%). Genomsnittlig korrigerig: -8.3 mm

13 DBH-värde(n) har korrigerats där DBH>refDia (3%). Genomsnittlig korrigerig: -30.2 mm

1 sammanslagning(ar) av stammar har gjorts.

Inläsningen har resulterat i 427 upparbetade stammar från totalt 428 stammar.

1_hprCM_hpr:
DBH har korrigerats för 8 flerträdshanterade stammar p.g.a. felaktig diameterregistrering.
3 DBH-värde(n) har korrigerats.
1 sammanslagning(ar) av stammar har gjorts.

X upper right corner: 588354
Y upper right corner: 6850712
X lower left corner: 588059
Y lower left corner: 6850487

Figur 7. Visar fliken i den anpassade versionen av hprGallring där man hämtar ut koordinater för yttergränser på ytan.

I programversionen under utveckling, aktiveras endast de SGD-pixlar som uppfyller överlappningskraven för hprGallrings arealrutnät (Arlinger m.fl., 2017). SGD aktiva rutnät används i programmet (se Figur 8) där ett rutnät på provyta 1

visas. SGD-metoden använder skogliga grunddata för beräkningen av de ingående skogliga parametrarna volym i m³sk/ha och grundyta m²/ha.

Rest Api download Db StanForD

User:

Passwrod:

Token:

Server:

Select type of API
 Hpr Ogi SGD

C:\Users\mawh\OneDrive - Skogforsk\Documents\hprHyggesfritt\Testdata\SCA\nya trakter 4 april\14426 bländn

Hpr Ogi Sgd

Ange koord för ruta (SweRef99):

Övre högra hörnet

X:

Y:

Nedre vänstra hörnet

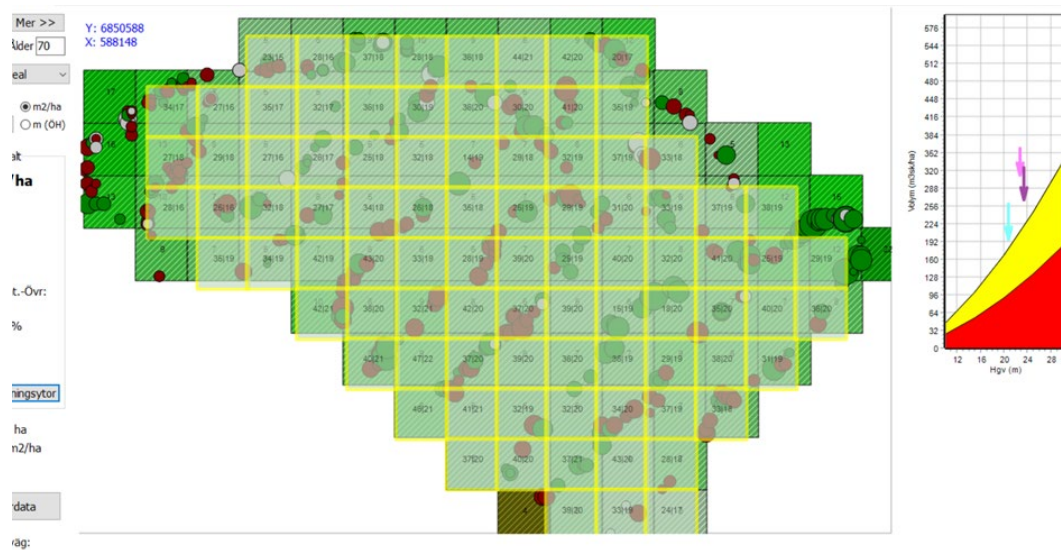
X:

Y:

Logg

Figur 8. Visar sidan i programmet API där man fyller i koordinaterna för x och y.

Ytorna är klippta efter GNSS-mottagarens loggspår. Sedan är de klippta hpr-filerna analyserade i hprGallring och med SGD-metoden. Då har grundyta i m²/ha, virkesförråd i m³sk/ha, areal i ha på ytan, gallringsstyrka, gallringskvot och Dgv i cm tagits ut för såväl dels kvarvarande bestånd och dels för beståndet före åtgärd. För att få fram det vi kallar det verkliga värdet, alltså vår referensmätning, finns det en uppföljningsflik där inläsning av INV-fil från de klavade träden kan läsas in i hprGallring och SGD-metoden, där mätningarna tas från dataklaven då variablerna av kvarvarande grundyta, m³sk/ha, gallringsstyrka, gallringskvot beräknas från. Trädslagsfördelning togs även ut för det kvarvarande beståndet för samtliga de tre sätten att få fram data.



Figur 9. Visar hur Skogliggrunddata lägger sig som ett rutnät över hprGallrings ytbestämmelse på yta 1.

2.6 Statistisk analys

I den statistiska analysen beräknades ett index på hur stor avvikelser var från de två olika hpr-programmen, där programmets resultat dividerades med referensmätningen (verkliga utfallet) minus ett. Detta gav en procentuell avvikelse.

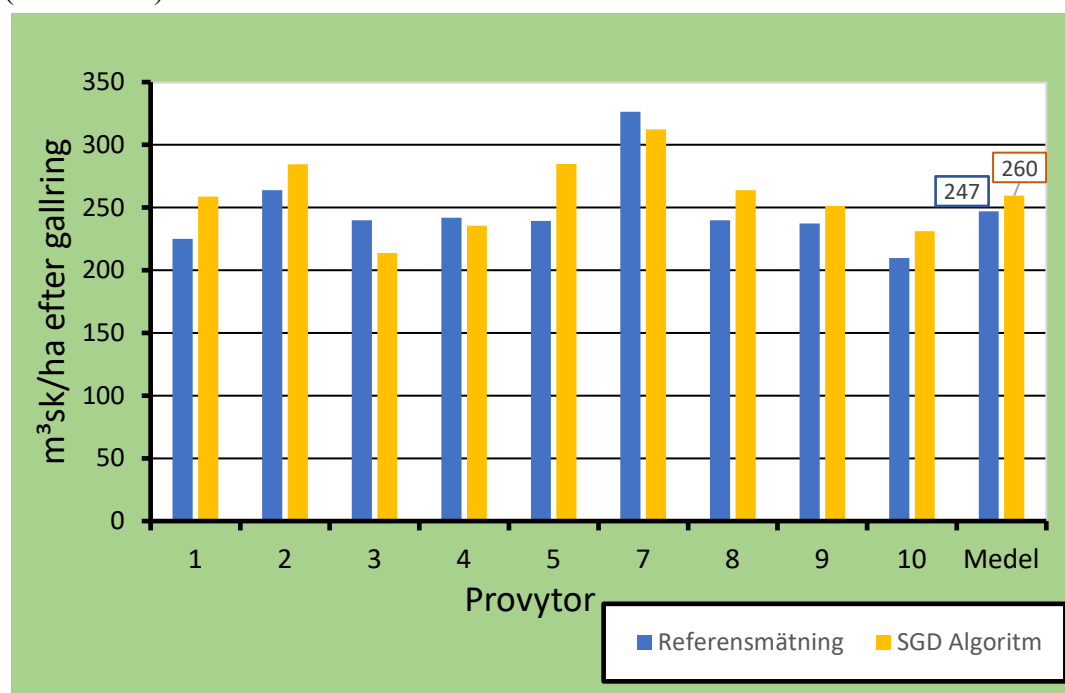
$$(\text{Resultat program}) / (\text{Verkliga}) - 1 = \text{avvikelse}$$

Med alla data införda utfördes även signifikanstest på båda metoderna för att se möjligheterna att bekräfta något med en statistisk säkerhet. Metoden som använts här är stickprov i par (se Bilaga 1).

3. Resultat

3.1 Kvarvarande beståndsvolym

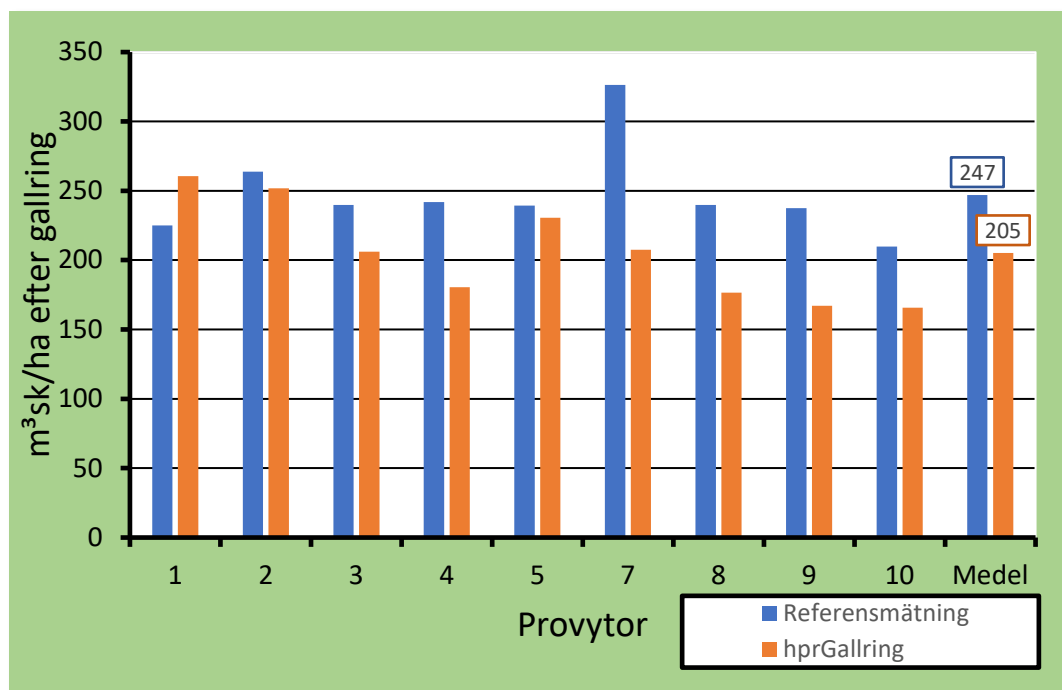
Volymberäkningarna med SGD-metoden resulterade i ett medelvärde av 260 m³sk/ha över studiens alla provytor. Detta är i medel en överskattning på 13 m³sk/ha emot den referensmätning som utfördes på provytorna och som betraktas som facit för studien (se Figur 11). Trakten med provytor ett – tre hade en medelavvikelse på nio m³sk/ha över facit. Två utav studiens traktors medelvärde beräknades till samma överskattning emot facit, vilket vart 20 m³sk/ha över facit. Detta var trakterna med provytor fyra – fem och åtta – tio inom sina områden. Trakten med provytor fyra – fem hade även de ytor som hade den högsta och den lägsta avvikelsen emot facit i volymberäkningarna, varav provyta fyras resultat var närmast facit med en underskattning på 6,3 m³sk/ha medan Provyta fem hade den största avvikelsen med en överskattning på 45 m³sk/ha. Trakten med endast en provyta, nummer sju, hade en underskattning på 14 m³sk/ha emot facit. SGD-metodens resultat fick ett procentuellt medelvärde på 6 procent över referensmätningarna, med ett spann på – 11 till + 19 i procentuell volymavvikelse (se Tabell 1).



Figur 11. Visar kvarvarande volym m³sk/ha på yta ett – fem och sju – tio från referensmätningen och SGD Algoritmen, den visar även medelvärdet för alla presenterade ytor.

Med hprGallrings algoritmen blev den kvarvarande medelvolymen för de beräknade provytorna 205 m³sk/ha, en underskattning på 42 m³sk/ha emot det referensmätta resultatet (Figur 12). Alla traktors volymberäkningar resulterade i ett underskott emot facit när det beräknades med hprGallring, varav trakten med provytor ett – tre var hade den lägsta medelavvikelsen med en underskattning på 3 m³sk/ha i sitt medelvärde. Bestånden med provytorna fyra – fem och åtta – tio underskattades volymberäkningarna med 15 m³sk/ha samt 59 m³sk/ha. Trakten med provyta sju hade den högsta avvikelsen ifrån facit utav alla provytor med en underskattning på

119 m³sk/ha. En stor skillnad mot resultatet med SGD-metoden som underskattade med 14 m³sk/ha i sin beräkning. Resultaten från hprGallrings beräkningars medelvärde en underskattning på 16 procent, med ett spann mellan – 36 procent till + 16 procent emot det referensmätta resultatet (se Tabell 1).



Figur 10. Visar kvarvarande volym m³sk/ha på yta ett – fem och sju – tio från referensmätningen och hprGallring, den visar även medelvärdet för alla presenterade ytor.

Vid signifikanstest av båda metoderna genom *stickprov i par* (se Bilaga 1) kunde endast hprGallrings resultat bekräftas med 95 procents säkerhet att den underskattar kvarvarande volymen efter gallring jämfört med referensmätningen ($p < 0,05$). Med SGD-metoden kunde ingen signifikans bekräftas då provytorna hade en för hög spridning mellan under- och överskattningar i sina resultat (se Bilaga 1).

Tabell 1. Visar procentuell volymberäkning från referensmätningen för provytorna med hprGallrings algoritm och SGD-metoden

Yta	SGD Algoritm	hprGallring
1	15 %	16 %
2	8 %	-5 %
3	-11 %	-14 %
4	-3 %	-25 %
5	19 %	-4 %
7	-4 %	-36 %
8	10 %	-26 %
9	6 %	-30 %
10	10 %	-21 %
medel	6 %	-16 %

3.2 Gallringsstyrka

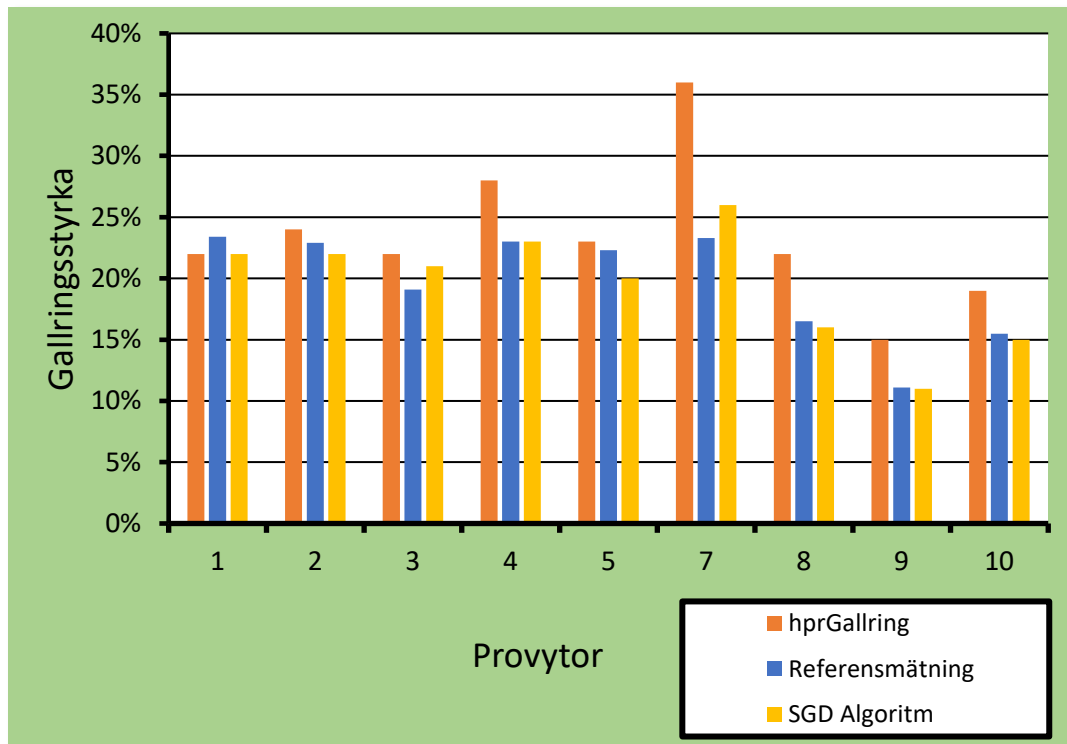
När det kom till beräkningarna av gallringsstyrkan i provytorna så uppstod inga större avvikelser med SGD-metoden mot det referensmätta facitet. I medelvärde hade SGD-metoden – 0,1 procentenhets avvikelse från facits resultat. hprGallrings resultat hade 3,8 procentenhets avvikelse i sitt medelvärde. Medelvärdet i gallringsstyrkan för både referensmätning och SGD-metoden blev 20 procent medan hprGallring har ett medeltal på 23 procent.

Den högsta avvikelsen i gallringsstyrkan enligt båda metoderna var på provyta sju. Där fick hprGallring en gallringsstyrka på 36 procent, en överskattning på 13 procentenheter emot referensmätningen. På samma provyta hade SGD-metoden tre procentenheter i avvikelse (se tabell 2).

På yta nio och fyra blev resultatet för SGD-metoden densamma som för referensmätningen. Skillnaden mellan referensmätningen och hprGallring blev som närmast en procentenhet och det är på yta ett och fem.

Tabell 2. Gallringsstyrkan på de olika provytorna enligt referensmätning samt de båda metoderna. Högst skillnad i beräkningarna var i provyta sju, grönmarkerad i tabellen.

Yta	Referensmätning	SGD Algoritm	hprGallring
1	23 %	22 %	22 %
2	23 %	22 %	24 %
3	19 %	21 %	22 %
4	23 %	23 %	28 %
5	22 %	20 %	23 %
7	23 %	26 %	36 %
8	17 %	16 %	22 %
9	11 %	11 %	15 %
10	16 %	15 %	19 %
Medel	19,7%	19,6%	23,4%



Figur 12. Visar beräkningarna på gallringsstyrkan för de enskilda provytorna med båda metoderna, hprGallring och SGD-metoden samt referensmätningen.

4. Diskussion

4.1 Resultaten gällande uppskattning av kvarvarande volym

Försöken med SGD-metoden fick till största del ett gott resultat. Det visade en låg procentuell avvikelse på de flesta ytorna med provyta fem som hade den högsta avvikelsen på 19 procent mot den verkliga volymen. Beräkningarna med SGD avvek i medel 6 procent mot det verkliga medelvärdet. hprGallring fick i jämförelse ett resultat som var förhållandevis långt från det referensmätta, då det blev en underskattning på 16 procent i volymberäkningarna. Trots den låga medelavvikelsen med SGD-metoden kunde ingenting bekräftas vid signifikanstest då resultaten har en stor variation i över- och underskattning mellan provytorna. Vid signifikanstest på hprGallrings resultat kunde det bekräftas att programmet underskattar sina volymberäkningar med 95 procents säkerhet (se Bilaga 1).

Det mest förvånande resultatet i studien var på provyta sju som har ett högt lövinslag och stor dimensionsspridning inom trakten. Detta innebär en förhöjd risk till att kunna ge missledande värden vid beräkningar med båda metoderna. Trots detta så underskattade SGD-metoden volymsberäkningen med enbart fyra procent. I samma yta avvek hprGallring som allra mest, med hela 36 procent lägre än den referensmätta volymen. Denna typ av blandskog är däremot också där hprGallrings algoritm har som svårast att beräkna beståndsvolymen, då algoritmerna bygger främst på homogena produktionsskogar av tall och gran. Men denna typ av gallringar är förhållandevis ovanliga då skötselhistoriken på denna skog inte hör till vanligheten, då skogen är gammal och volymen före gallring var ovanligt hög. Detta resultat är även positivt och lovande för SGD-metoden och tillämpning vid hyggesfria metoder i sig, då denna trakt har en gemensam karaktär med de blandskogar som kan brukas med hyggesfria metoder.

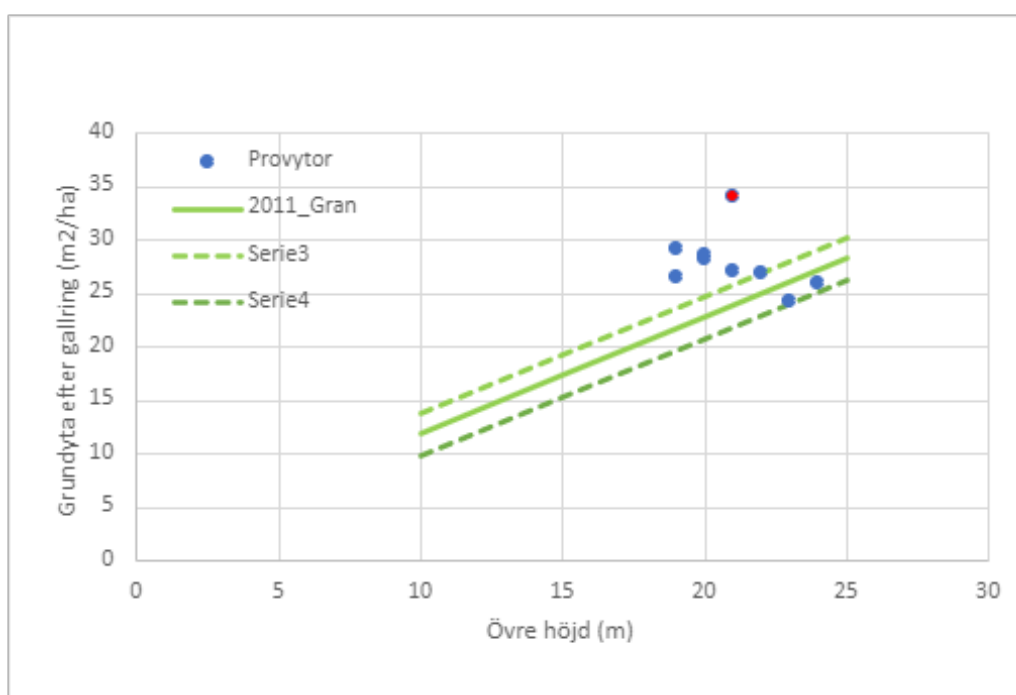
Yta fem som hade den största avvikelsen för SGD-metoden vid volymsberäkningen hade en utformning som var relativt unik mot de andra provytorna med en skoterled som korsade i sydöstra kanten och en befintlig grävd uppsamlingsväg i södra delen. Det var även en relativt brant slutning inom provytan. Detta kan vara en förklaring till varför SGD hade en högre avvikelse på just denna yta.

4.2 Resultaten gällande gallringsstyrka

Gällande gallringsstyrkan felade hprGallring snarlikt uppskattningen av kvarvarande virkesvolym. Provyta sju har den största avvikelsen från referensmätningen, där hprGallring redovisade en gallringsstyrka på 36 procent. Detta är en avvikelse på 13 procentenheter från referensmätningen. Där förvånar SGD-metoden med sitt resultat på gallringsstyrkan, som avvek med bara 3 procentenheter från referensmätningen. Eftersom denna provyta hade hög lövandel och var flerskiktad borde även SGD haft dåliga förutsättningar för gallringsstyrkan.

4.3 Förväntade resultat

På ytorna åtta – tio var avvikelsen stor mellan referensmätningen och hprGallring, detta kan bero på att det gjorts ett lågt uttag och kvarvarande volym efter gallring var hög. hprGallrings algoritmer för kvarvarande volym och grundyta bygger på en relation mellan övrehöjd och grundyta efter gallring baserad på ett stort material från skogsföretagen egna gallringsuppföljningar (Bhuiyan m.fl. 2011) (se erfarenhetskurvan Figur 13). Det visade sig enligt gallringsmallen som syns i hprGallring att uttaget var optimalt, men som visade sig ha en helt annan kvarvarande volym enligt referensmätningen. Resultatet från SGD-metoden stämde bättre överens med referensmätningen på dessa ytor, och vår tolkning av detta är att SGD-metoden bättre speglar verkliga värden även vid extremt låg gallringsstyrka.



Figur 13. Visar trendlinjen som används som underlag för beräknat uttag i hprGallrings algoritmen 2011 samt våra provytors värden. Rödmarkerade provytan är provyta sju.

Vid signifikanstest på SGD-metoden kunde inget bekräftas med vårt sampel, då det var för stor spridning mellan över- och underskattning i resultaten. Med hprGallrings resultat kunde signifikanstestet däremot konstatera med 95 procent säkerhet att det underskattar värdet med beräkningarna (se bilaga 1). Trots detta visar resultaten i studien att SGD-metoden skulle ge en bättre precision med en lägre medelavvikelse från det verkliga värdet än de algoritmer som används idag i hprGallring.

4.4 Studiens styrkor och svagheter

Då denna undersökning utfördes under förhållanden med mycket snö fanns en viss risk för att klavningsarbetet i brösthöjd skulle bli fel, men då vi tog hänsyn till snödjupet genom att med jämna mellanrum pröva snödjupet lyckades vi minimera risken för systematiskt fel. Snödjupet täckte även stubbarna, som hade under barmark kunna hjälpt oss att hitta ytterkanten på den gallrade ytan. Att fältarbetet

behövde utföras under januari – april försvårade och förlängde klavningsarbetet. Det krävdes att snöskor och skidor användes för att kunna förflytta sig i skogen. Det krävdes betydligt mer energi och tid för klavningsarbetet, och en av anledningarna till att vår sjätte provyta inte kunde kompletteras med tillräckligt data.

Vid val av provytor har mindre justeringar gjorts i fält, detta för att hänsyn tagits mot stickvägar och svåra hinder. Men justeringen har ingen påverkan på den yta som är jämförd, då referensytan är densamma som hpr-ytan då yttergränsen är stakad med GNSS-mottagare. Vi har inte gjort några stora förändringar på de ytor som var ritade som polygon från början, detta för att få in en variation som förekommer i daglig verksamhet. Ytorna åtta – tio blev dock för små vid första klavningen då hpr-programmen inte fick ut något resultat på grund av att för få träd hade avverkats inom de utmätta provytorna. Detta upptäcktes sent och behövde kompletteras med ytterligare fältarbete för att få ut värden vi kunde jämföra med referensmätningen. Detta extraarbete hade kunnat undvikas om en kontroll hade gjorts i hprGallring då man i förhand skulle kunna klippa ur hpr-filer och lagt in dem i programmet då man sett utfallet. Med den förändringen i förarbetet skulle risken för komplettering av fältarbetet minimeras om studien skulle utföras på nytt. Fältarbetet rekommenderas även om möjligt att utföras under barmarkssäsongen.

Denna studie var relativt liten när det kom till antalet ytor, framförallt vid signifikanstestet på studiens resultat. Detta begränsades främst av totalklavningen med dess tidsåtgång och åtkomlighet. Men för att vi ville ha ett så säkert referenssvar som möjligt i studiens beräkningar var detta den bästa mätningmetod att använda och medför en stor styrka i studiens resultat.

Det var svårt att hitta flera bestånd där andragallringar hade utförts i de områden som vi använde som traktbank. Därför vill vi understryka noggrannheten i förarbete inomhus.

4.5 Slutsats och rekommendationer

Uppföljningsarbetet i det dagliga skogsbruket är en viktig del av det kvalitativa arbetet. Man vill försäkra sig om att skogsåtgärderna utförs efter de gallringsmallar vi har samt efter skogsägarnas önskemål och vision. Detta uppföljningsarbete sker idag till största del av sommarjobbare, där bland annat en stor blandning av olika kompetens och den mänskliga faktorn spelar stor del i deras resultat. Att uppdatera de automatiska uppföljningsprogrammen och dess beräknings- och uppskattningsmetoder för att få bättre precision i andra- och senare gallringar på värden som kvarvarande volym och gallringsstyrka skulle minimera dessa risker. Då skulle det manuella uppföljningsarbetet fokus kunna vara på de delar som hpr-programmen inte kan beräkna, och som är minst lika viktiga att följa upp, som till exempel körskador, naturhänsyn, högstubbar och avläggsplatser.

hpr-program i kombination med SGD är en bit på vägen för denna möjlighet men mer forskning krävs innan det kommer ut i den skogliga vardagen. Bland annat

behövs mer data kring avvikelser i SGD:s beståndsvolymer för att förbättra precisionen i dessa beräkningar. SGD-metoden var i ett tidigt skede när denna studie utfördes och den metod som användes för att klippa ut SGD och lägga in i programmet var inte arbetsvänligt nog för att sättas in i det dagliga arbetet. Detta hade dock redan under studiens gång utvecklats vidare och hpr-programmen kommer med hjälp av API-system ha direkt tillgång till SGD vilket kommer leda till en lätt integrering och användning ute i arbetet. Detta skulle även leda till en större databank för ytterligare forskning och optimering av de automatiserade uppföljningsprogrammen i framtiden.

Referenser

Agestam, E. (2015). *Skogsskötselserien nr 7, Gallring* (2. uppl. ed.). Jönköping: Skogsstyrelsen.

Arlinger, J., Möller, J., Eriksson, I., och Bhuiyan, N. (2017). *Forestand – Skördardata Standardisering av: Skördardatabaserade beskrivningar av uttag och kvarvarande skog efter gallring*. Arbetsrapport 929. Skogforsk.

Bhuiyan, N., Möller, J., Hannrup, B., Alringer, J. (2016). *Automatisk gallringsuppföljning: Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot*. Arbetsrapport 899. Skogforsk.

Brethvad, T., Iversen, E.H., (2012). *Nyindelning av Bergvik Skog*. [Powerpoint] <https://geoforum.se/images/stories/seminarier/presentationer/2012/skogsgis2012/brethvadiversen.pdf> [2023-05-01]

Fridman, J., Holm, S., Nilsson, M., Nilsson P., Ringvall, A. H., Ståhl, G. (2014). *Anpassning av nationella skogstaxeringar till förändrade krav – fallet med Riksskogstaxeringen vid 20-talets början*. Silva Fennica, vol. 48, nr 3, artikel-id, 1095.

Jacobsson, S., Pettersson, F., Sikström, U., Nyström, K. & Övergaard, K. 2008. *INGVAR – gallringsmall och planeringsinstrument*. Resultat nr. 10, Skogforsk. 4 s.

Liziniwicz, M. (2014). *Influence of spacing and thinning on wood properties in conifers plantations. Doktorsavhandling. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp. 62 s. ISBN:978-91-576-7931-4*

Nilsson, M., Nordkvist, K., Jonzén, J., Lindgren, N., Axensten, P., Wallerman., Egberth, M., Larsson, S., Nilsson, L., Eriksson, J. & Olsson, H. 2017. *A nationwide forest attribute map of Sweden predicted using airborne laser scanning data and field data from the National Forest Inventory*. Remote Sensing of Environment (194): 447-454.

Norman, L., Larsson, B., (2022). *Kompendium i Skoglig planering*. Skinnskatteberg. 53 s.

Riksskogstaxeringen (2018). *Skogsdata 2018*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning.

Bilagor

Bilaga 1, Signifikansberäkning.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

$$1,617452 = \frac{\text{SGD-algoritm} \quad -41,8666666666667-0}{44,1680880274435/\text{rot}(9)}$$

$$-2,84368 = \frac{\text{hprGallring} \quad 12,5466666666667-0}{23,27116456/\text{rot}(9)}$$

5 % nivå, enkelsidigt test, 8 frihetsgrader $\rightarrow t = 1,860$

1 % nivå, enkelsidigt test, 8 frihetsgrader $\rightarrow t = 2,896$

Med 95 procents säkerhet underskattar kvarvarande volym i programmet hprGallrin. Däremot är inte undersökningen så säker att vi kan påstå detta med 99 procent säkerhet.

För resultatet med SGD-metoden går ingenting att bekräfta.

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.