



Precision i automatisk gallringsuppföljning

-En jämförande studie av effekter av beståndsfaktorer samt skillnader mellan nordliga och sydliga bestånd i Sverige.

The precision of automatic follow-up of thinning

-A comparative study of the impact of stand variables as well as the differences between northern and southern stands in Sweden.



Foto: Mattias Larsson

Mattias Larsson

Arbetsrapport 12 2017
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet

Handledare:
Ola Lindroos

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Precision i automatisk gallringsuppföljning

-En jämförande studie av effekter av beståndsfaktorer samt skillnader mellan nordliga och sydliga bestånd i Sverige.

The precision of automatic follow-up of thinning

-A comparative study of the impact of stand variables as well as the differences between northern and southern stands in Sweden.

Mattias Larsson

Nyckelord: hprGallring, gallring, uppföljning, skördardata

Arbetsrapport 12 2017

Jägmästarprogrammet

EX0772, A2E

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30hp

Handledare: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Examinator: Tomas Nordfjell, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2017

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Förord

Denna studie har genomförts som ett examensarbete på 30 högskolepoäng och har utförts på institutionen för Skogens biomaterial och teknologi vid Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.

Arbetet har utförts på uppdrag av Sveaskog och jag vill rikta ett stort tack till Sveaskog som gett mig möjligheten att skriva detta examensarbete.

Jag vill tacka min handledare Ola Lindroos på Sveriges Lantbruksuniversitet för all hjälp jag fått under studien. Jag vill också tacka Sveaskog, och särskilt Johan Ekenstedt som möjliggjort detta arbete och gett svar på de frågor jag haft. Jag vill också tacka Hilda Edlund på SLU som hjälpt mig med de statistiska analyserna.

Umeå 2017-05-12

Mattias Larsson

Sammanfattning

För att utvärdera och kunna förbättra gallringsarbetet så görs det vanligtvis manuella uppföljningar av utförda gallringar. Dessa uppföljningar görs främst av maskinförarna i samband med gallringen, vilket orsakar avbrott i arbetet, fördyrar gallringen och drar ner takten på virkesproduktionen. För komma till bukt med de negativa sidorna av den manuella uppföljningen har Skogforsk utvecklat ett datorprogram som heter Automatisk gallringsuppföljning, men kallas oftast hprGallring. HprGallring använder information från gallringsuttaget tillsammans med statistik från företagsvisa gallringsuppföljningar för att räkna ut vad som står kvar efter gallring.

Syftet med denna studie var att undersöka precisionen i hprGallrings prognos av beståndsegenskaperna efter gallring, samt att undersöka om det finns skillnader i precisionsutfall mellan klena och grova gallringar respektive mellan södra och norra Sverige.

En manuell referensmätning av 41 bestånd genomfördes och jämfördes mot prognoserna från hprGallring. Resultaten visade på små skillnader mellan den manuella referensmätningen och hprGallrings prognos. Minst avvikelser hade grundytan och den grundtyevägda medeldiametern, medan stamantalet hade störst avvikelse. Inga skillnader fanns mellan södra och norra Sverige. Däremot var avvikelsen större för stamantal och grundtyevägd medeldiameter för klena än för grova gallringar i norra Sverige.

Slutsatserna av studien är att hprGallring har god precision i sina prognoser av beståndsegenskaper efter gallring men att stamantalet är den faktor som är svårast att skatta. Förutsättningar för att få en god prognos är gallringsuttaget ska vara representativt för utgångsbeståndet.

Utifrån denna studie så tror jag att hprGallring kommer att användas allt mer och kan i framtiden konkurrera undan de manuella uppföljningarna.

Nyckelord: hprGallring, gallring, uppföljning, skördardata.

Summary

In order to evaluate and improve the thinning work that is done, manual monitoring of the stand is done after thinning. Today the manual monitoring is done mainly by the harvester operator during thinning, which causes interruption in the thinning and make the thinning more expensive and decreases the harvesting productivity. In order to overcome the negative side of the manual monitoring, Skogforsk developed a software that automatically estimate what is left after thinning. This software is called Automatic thinning monitoring, but is often called hprGallring. HprGallring use information from the thinning together with statistic from companywide thinning follow ups to calculate what is left after thinning.

The aim with this study was to investigate the precision of hprGallring's forecast of stand variables after thinning, and to investigate whether there are differences in the precision outcome between smaller diameter and large diameter and between southern and northern Sweden.

Manual reference measurements of 41 stands were carried out and compared to the forecasts from hprGallring. The results showed small differences between the manual reference measurements and the forecasts from hprGallring. Least deviation has the basal area and the basal area-weighted mean diameter, while the number of stems differed the most. No differences in deviations were found between northern and southern Sweden. On the other hand, the deviation was greater for the number of stems and for the basal area-weighted mean diameter in the smaller diameter classes than in the large diameters in northern Sweden.

The conclusion from this study is that hprGallring has a generally good precision in the forecast of the stand variables after thinning, with the number of stems being the factor that is most difficult to estimate. Requirements for successful prognosis is that the thinning removal should be representative to the forest prior to the thinning.

Based on this study, I think hprGallring will be used more and more, and may in the future replace the manual monitoring of thinning.

Keyword: hprGallring, thinning, follow up, harvester data.

Innehållsförteckning

1. Inledning	5
1.1 Gallring	5
1.2 Uppföljning av gallring.....	6
1.3 Automatisk gallringsuppföljning	7
1.4 Mål och syfte	11
2. Material och metod	12
2.1 Studiedesign.....	12
2.2. Materialet	13
2.3. Inventeringsteknik	14
2.4. Utrustning	14
2.5. Statistiska analyser.....	15
3. Resultat.....	17
3.1 Material översikt.....	17
3.2. Grundyta efter gallring.....	17
3.3. Bestånds volym efter gallring	19
3.4. Stamantal efter gallring.....	20
3.5. Grundytevägd medeldiameter efter gallring	21
3.6. Grundytevägd medelhöjd efter gallring	22
3.7. Trädslagsfördelning	23
4. Diskussion	24
4.1. Materialöversikt.....	24
4.2. Resultat	24
4.2.1. Grundyta.....	24
4.2.2. Volym.....	25
4.2.3. Stamantal	25
4.2.4. Grundytevägd medeldiameter.....	26
4.2.5. Grundytevägd medelhöjd	27
4.2.6. Trädslagsfördelning.....	27
4.3 Förutsättningar att lyckas med hprGallring	27
4.4. Styrkor och svagheter med studien.....	28
4.5. Framtida utveckling av hprGallring.....	28
4.6. Slutsats	29
4.7. Praktiska tillämpningar	30
Referenslista.....	31
Personlig kommunikation	33
Bilagor.....	34
Bilaga 1-Spridningsdiagram	34
Bilaga 2-Resultatdiagram.....	37

1. Inledning

1.1 Gallring

Med gallring menas ”beståndsvårdande utglesning av skog under tillvaratagande av virke” (Agestam, 2009). Gallring är tillsammans med röjning och slutavverkning en av de vanligaste skogsbruksåtgärderna i Sverige. De allra flesta produktionsskogar gallras en eller två gånger under sin omloppstid. Gallring utförs främst för att styra hur beståndet skall utvecklas, och åtgärden ökar i normalfallet avkastningen från bestånden.

Genom att ta bort de träd som inte har de egenskaper som efterfrågas gynnas de kvarvarande träden. Gallring förebygger också självgallring, som skulle innebära att träd självdör utan att virket tas tillvara. Genom gallring regleras också trädslagsblandningen, och åtgärden minskar risken för skador som exempelvis snöbrott. Sammantaget ger gallring en bättre diametertillväxt på de kvarvarande träden när avstånden mellan enskilda träd ökar och det blir en bättre ståndortsanpassning och produktionsriktning för de kvarvarande träden (Kunskap direkt, 2012; Mäkinen & Isomäki, 2004). Man får dock akta sig för att inte gallra för hårt eller dra stickvägarna fel. Gallrar man för hårt så sänks tillväxten och dras stickvägarna fel så kan det bildas öppningar där stormen får fäste (Nordberg, 1987).

Arealen gallrade skogar har varierat under åren, störst var uttagen före 1960 då det vissa år kunde gallras mer än 800 000 hektar. Men skillnaden är att uttagen var mindre och man gallrade bestånden oftare än idag, då det idag gallras 316 000 hektar årligen med en total volym på 24,8 miljoner kubikmeter skog. Den nuvarande omfattningen gör gallring till den största skogsbruksåtgärden i Sverige (Agestam, 2009; Riksskogstaxeringen, 2016).

De huvudsakliga gallringsformerna i dagens skogsbruk är låggallring, likformig gallring och höggallring. De skiljer sig bland annat åt av gallringskvoten som definieras som medeldiametern i uttaget dividerat med medeldiametern i det kvarvarande beståndet (Agestam, 2009; Albrektson m. fl. 2012).

Med låggallring menas att de klenare träden tas ut och de grövre lämnas kvar. En låggallring ska ha en gallringskvot som är mindre än 1,0. Vid likformig gallring gallras träd ur alla storleksklasser ut. Likformig gallring ska ha en gallringskvot kring 1,0. Vid höggallringen tas de största träden ut och kvar lämnas de medhärskande och behärskande träden vilket ger en gallringskvot som är högre än 1,1 (Agestam, 2009; Bergkvist & Staland, 2003; Albrektson m. fl. 2012).

Den första gallringen utförs oftast när skogen har uppnått en höjd mellan 10–15 meters övre höjd. Tall gallras oftast tidigare än gran eftersom granen, som är ett sekundärt trädslag, oftast växer långsammare i början sin omloppstid vilket gör att tallen uppnår gallringsbar höjd fortare än granen (Agestam, 2009; Albrektson m. fl. 2012).

1.2 Uppföljning av gallring

Eftersom gallringen är en viktig skötselåtgärd för att få fram skogar av hög kvalitet är skogsägarna noggranna med att gallringen görs på ett bra sätt. Det utförs därför återkommande uppföljningar för att se hur gallringarna har blivit.

Den huvudsakliga anledningen till att gallringsuppföljning blev en vanlig åtgärd för skogsbruket är på grund av den ökade mekaniseringen av gallringsarbetet som skedde i början av 1980-talet (Freij & Tosterud, 1989). När maskinerna tog över det arbete som förr gjordes för hand ledde det till allt fler skador på de träd som lämnades kvar. Den ökande andelen skadade träd gjorde att skogsbolagen började utveckla olika åtgärder för att minska andelen skador på kvarvarande träd (Bylund, 2008). Gallringsuppföljning är främst till för att företagen ska kunna undersöka om gallringen utförs på rätt sätt utifrån deras gallringsriktlinjer och gallringsmallar (Åneklint, 1999).

Idag görs gallringsuppföljningarna i huvudsak av maskinförarna efter utförd gallring och man kontrollerar då dagligen faktorerna; skador, gallringsuttag, gallringskvoten, grundyta, stamantal och kvarvarande volym (Bergkvist & Staland, 2003; Lindström & Olbers, 2009). Enligt Sveaskogs instruktioner ska maskinlagen lägga ut provytor på representativa platser i beståndet med centrum 4 meter från stickvägskant. I provytan mäts grundyta, medeldiameter och medelhöjd för varje trädslag samt ange andel skador, stickvägsbredd och stickvägsavstånd (Ekenstedt, 2016).

Ett problem med att maskinförarna utför gallringsuppföljningar är att det orsakar avbrott i gallringsarbetet och fördyrar därmed produktionen och drar ned takten på virkesproduktionen. Att många maskinförare upplever att uppdragsgivarna inte gör regelbundna kontroller av och återkopplingar på deras gallringsuppföljning gör att nyttan av gallringsuppföljningen kan ifrågasättas. Kvalitén på gallringen kan bli lidande då förarna saknar positiv feedback från produktionsledarna, vilket gör att de får minskad motivation för att göra ett bra arbete (Bylund, 2008).

För att göra förarna mer motiverade är det viktigt att deras gallringsuppföljning blir effektiv gjorda. Det är också viktigt att man från företagets håll får återkoppling på hur gallringsuppföljningen gick för att kunna utföra ett bra arbete. Får inte maskinförarna detta kan vissa egenuppföljningar utebli, vilket gör att det utförda arbetet riskerar att försämrans. Utan uppföljning saknas information om hur arbetet utförs, och det blir svårare att styra gallringsarbetet mot de mål som företagen satt i form av exempelvis kvarlämnad grundyta efter gallring (Lindström & Olbers, 2009; Åneklint, 1999).

Vid avverkning registreras det automatiskt produktionsdata i skördardatorn, i form av bland annat information om stockdimension, trädslag och sortiment samt GPS koordinater för varje enskilt avverkat träd. Stendahl & Dahlin (2002) fann att informationen kunde användas till att få fram medeldiameter och medelhöjd efter gallring, men stamantalet och grundytan var svårare att uppskatta. Genom att använda skördarnas automatiskt registrerade produktionsdata är möjligheterna för en automatisk gallringsuppföljning stor. I framtiden kan det här leda till att de manuella uppföljningarna i fält kan sparas in på grund

av att man kan använda informationen från skördarna för att se hur beståndet blev efter gallring (Nordström, m.fl. 2009).

1.3 Automatisk gallringsuppföljning

Skogforsk har utvecklat ett datorprogram som heter automatisk gallringsuppföljning (men som oftast kallas hprGallring) för att ge information om beståndsfaktorer efter gallring både i realtid i skördarna och för att göra gallringsuppföljning på kontoret.

HprGallring använder statistik från skogsföretagens gallringsuppföljningar som används tillsammans med informationen från gallringsuttaget. Utifrån gallringsuttaget räknar hprGallring ut vad som bör finnas kvar efter gallring. I styckena nedan beskrivs det mer i detalj hur hprGallring fungerar.

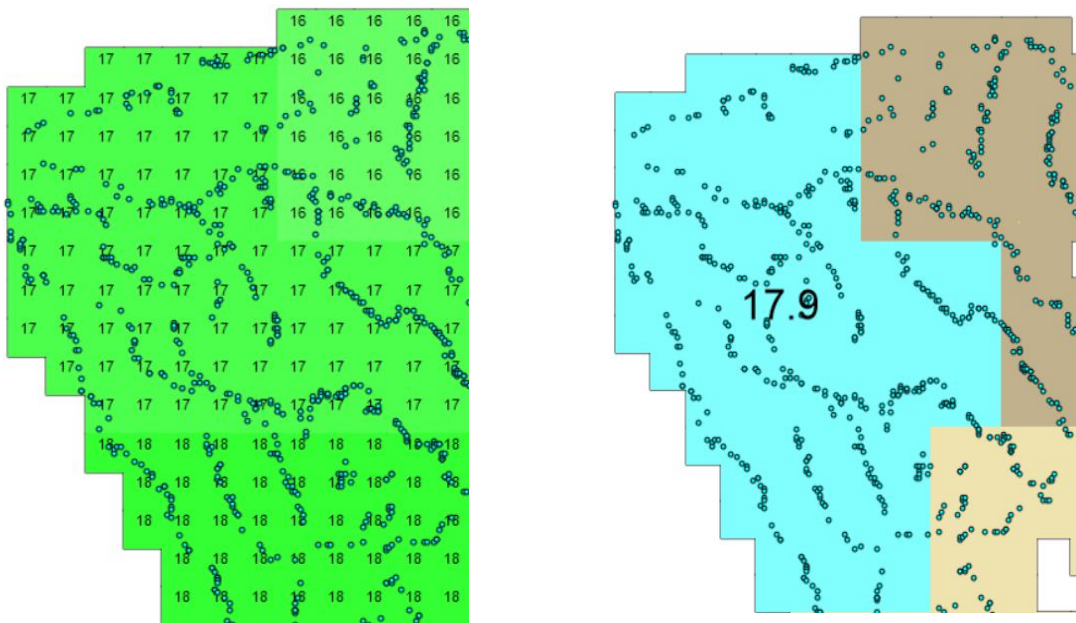
Skördaren registrerar under avverkning data för varje avverkat träd och med hjälp av GPS-mottagaren registreras koordinater för var maskinen stod när trädet avverkades. Den skogliga standarden för skogsmaskiner (StanFordD) används för lagring och registrering av data. Denna information lagras i produktionsfiler som skickas till SDC, Skogsnäringsens datacentral (Hannrup m. fl. 2011). HprGallring använder i huvudsak hpr-filer som ingångsdata men pri-filer används också och då omvandlar programmet pri-filerna till hpr-filer.

I steg ett hämtar hprGallring hem filerna från SDC, och därefter bearbetas den inhämtade informationen i hprCM (hpr calculation modul). I modulen rekonstrueras de avverkade stockarna till stammar och för varje avverkat träd beräknas höjden, volym och diameter (Möller m. fl. 2015a; Möller m. fl. 2011).

Då flera av uppföljningsvariablerna är arealbaserade görs i steg nummer två en arealberäkning där arealen för de gallrade områdena beräknas.

Arean beräknas utifrån ett rutnät som läggs över aktuellt gallringsområde, varje ruta där ett träd har avverkats tilldelas en areal. Även tomma rutor och rutor som gränsar till avverkade rutor tilldelas areal. Dock tilldelas inte alla rutor hela den areal de upptar utan tilldelas ibland en reducerad areal. Det görs för att kompensera för osäkerheter som kan finnas kring gränser/kanter och glesa partier (Möller m. fl. 2015b).

Eftersom det i de flesta fall förekommer avvikelser gällande ståndort och övrehöjd i varje gallringsområde så vill programmet dela upp gallringsområdet i flera mindre områden, så kallade beräkningsytor. Anledningen är för att få så enhetliga ytor som möjligt att göra analyser på. Indelningen görs genom att gallringsområden med liknande höjd slås samman (Figur 1). För att kunna dela upp gallringsområden i beräkningsytor måste ytan bestå av minst 100 stammar och ha en areal på minst 0,5 hektar och beräkningsytorna måste vara sammanhängande (Möller m. fl. 2015b).



Figur 1. Beskrivning av hur indelningen i beräkningsytor sker. I vänstra bilden beräknas höjden för ytor om minst 100 stammar utifrån data från de avvergade träden. I högra bilden slås närliggande ytor med samma höjd ihop till beräkningsytor med en areal på minst 0,5 hektar. Punkterna visar var basmaskinen stod vid avverkning av ett träd. Siffrorna i vänster bild anger höjden och siffran i höger bild anger grundytan efter gallring.

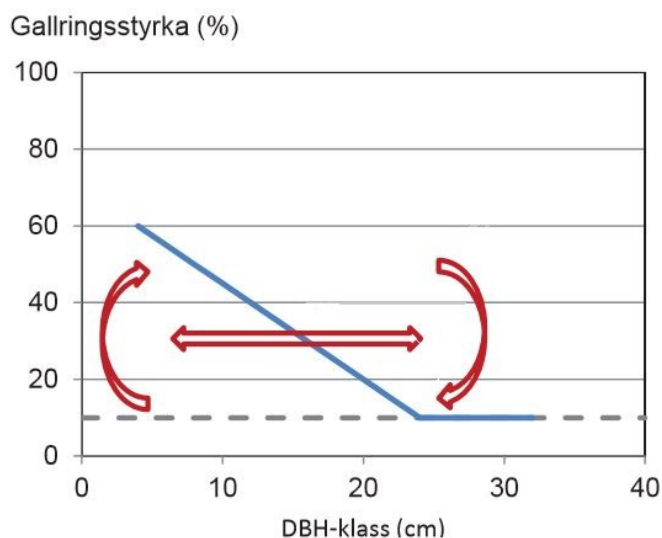
Figure 1. Description of how the division in beräkningsytor occur. In the left image, the height is estimate for areas that have at least 100 stems by the information from the harvested tree. In the right image, areas with the same height merge together to form beräkningsytor with an area of at least 0,5 hectares. The dots show where the harvester was when a tree was harvested. The numbers in the left image shows the height and the number in the right image shows the basal area after thinning.

I det tredje steget så beräknar man uttaget genom att datan på de avvergade träden sammanställs. Man tar och beräknar för varje enskild beräkningsyta samt även totalt för hela gallringsområdet: volym (m^3sk), stammar, grundyta (m^2), trädslagsblandningen, övre höjd (ÖH), grundytavägd medeldiameter (D_{gv}) och grundytavägd medelhöjd (H_{gv}).

I det fjärde steget görs en prognos på kvarvarande skog. Den prognosen baseras på dels en beräkningsalgorithm för arealberäkning (se steg 2) och dels på en algorithm för beräkning av kvarstående skog. För beskrivning av kvarvarande skog använder algoritmen data om de avvergade träden, som används tillsammans med statistisk från gallringsuppföljningar från företag som Södra och Bergvik skog (Möller m. fl. 2011).

I det fjärde steget använder programmet också statistiken från företagens manuella gallringsuppföljning som styrdata för att prognostisera kvarvarande bestånd. De styrdata man använder är medelvärden för gallringsstyrka och gallringskvot samt sambandet mellan grundyta efter gallring och övrehöjd. Man ställer in i datorn en önskad gallringskvot och gallringsstyrka. Algoritmen kommer sen att försöka matcha den satta gallringskvoten och gallringsstyrkan. För att matcha den önskade gallringskvoten och gallringsstyrkan kommer hprGallring att sammanföra data klassvis i diameterklasser på 2 cm (Hannrup m. fl. 2011). Utgångspunkten är att uttagsandelen i varje diameterklass ska vara likadan som den

gallringsstyrka som ska uppnås. Om man har en gallringskvot på 1 så blir det ett jämt uttag av alla diameterklasser. Om det istället är en gallringskvot större eller mindre än 1 så kommer uttaget i varje diameterklass att behöva justeras antagligen upp eller ner. Detta görs genom att man stegvis ändrar lutning på och förskjuter en stel linjär uttagskurva över de uttagna diameterklasserna (Hannrup m. fl. 2011). Om gallringskvoten är mindre än 1 kommer det att tas ut en större andel mindre klenare diameterklasser och vice versa om gallringskvoten är större än 1. HprGallring prioriterar i första hand att ändra lutningen och vid behov förskjuta uttagskurvan (Figur 2).



Figur 2. Figuren visar hur de klassvisa uttagsandelarna roterar för att möta den önskade gallringsstyrkan. Pilarna visar hur uttagsandelarna varierar för att möta önskad gallringsstyrka. Kurvan är linjär förutom vid brytningen för lägsta gallringsstyrka på 10 % (Bild: Hannrup m. fl. 2011).

Figure 2. The figure illustrates how the class show terminal shares rotates to meet the desired thinning strength. The arrows show how terminal shares vary to meet the desired thinning strength. The curve is linear expect at the break for the lowest thinning strength of 10 % (Picture: Hannrup m. fl. 2011).

Prognosen på kvarvarande skog görs när ett gallringsområde är större än 0,5 hektar och har fler än 100 stammar. Denna prognos presenteras även för varje enskild beräkningsyta och totalt för gallringsområdet. I princip så presenteras samma data som för uttaget (se steg 3) det som tillkommer är gallringsstyrka och gallringskvot (Möller m. fl. 2015a).

En förbättring av hprGallring är under utveckling, i vilken kranvinkeldata används för att få fram stickvägarna. Träd som avverkas ± 30 grader från körriktningen antas vara stickvägsträd, vilket generellt fångar upp 83 % av stickvägsträden (Bhuiyan m. fl. 2016). Stickvägarna fungerar då som stora provytor, vilket gör att man får ut ett representativt stickprov av det aktuella beståndet. Stickprovet förbättrar prognostiseringen av bl. a grundtyevägd medeldiameter och gallringskvoten (Bhuiyan m. fl. 2016).

HprGallring utvärderades 2014 i fält på 60 bestånd spridda från Småland till Norrbotten. Studien genomfördes som totalklavning av kvarvarande stammar för att sen jämföras mot de värden som hprGallring fick ut (Möller m. fl. 2015a).

Resultaten från studien visade att värdena från hprGallring stämde bra in med vad den manuella referensmätningen fick fram. Standardavvikelserna mellan hprGallring och referensmätningen låg på 2,8 % (Möller m. fl. 2015b).

Lägst avvikelser fick beståndsvariablerna grundyta, volym, grundtevägd medeldiameter, stamantal och övre höjd, vilka hade en avvikelse på <2,2 %. Standardavvikelsen för övre höjd blev 8 %, för grundtevägd medeldiameter 4 % och 12–13 % för grundyta och volym efter gallring (Möller m. fl. 2015b).

Störst standardavvikelse (16–20 %) hade man för beståndsvariabeln stamantal. För trädslagsfördelningen så överensstämde det bra mot den referensmätta trädslagsfördelningen i de flesta fallen. Dock var avvikelserna större där man gallrade mot ett specifikt trädslag, där kunde det skilja 40 % mellan referensmätningen och hprGallring (Möller m. fl. 2015b).

Man såg också att om man jämförde hprGallring med andra inventeringsmetoder så som laserskanning av gallringsbestånd och slutavverkningsbestånd var det generellt små skillnader mellan de olika beståndsvariablerna (Möller m. fl. 2015b).

Vidare studier av Burström (2016) på 12 bestånd i Västerbottens kustland visade att hprGallring hade god överensstämmelse med den manuella referensmätningen. Lägst avvikelse fick övre höjden som fick en avvikelse på 1,3 %. Vidare blev avvikelserna för grundtevägd medeldiameter 3,2 %, grundtevägd medelhöjd 2 %, gallringskvot 2,5 %, gallringsstyrka 2,7 %, grundyta 4 % och volym 7,1 %. Det fanns tendens att grundytan som togs fram från hprGallring underskattades. Den beståndsvariabel som hade högst avvikelse var stammantalet som hade en avvikelse på 18,3 %. När det gällde trädslagsfördelning var avvikelsen mellan 3 till 9 %.

Vidare visade resultatet att skördarförarna följde gallringmallarna bättre när dom fick löpande information om kvarvarande skog under gallringen.

I studien av Burström (2016) intervjuades också skördarförare om vad de tyckte om hprGallring och resultaten därifrån var övervägande positiva. En av de största fördelarna med hprGallring var att skördarförarna fick information om uttag och kvarvarande skog direkt i datorn och löpande under gallringen, vilket gjorde att förarna lättare kunde se om de gallrade för hårt eller för lätt (Burström, 2016).

Pettersson (2016) gjorde en studie i södra Sverige på hprGallring och kunde inte se några signifikanta skillnader mellan hprGallring och manuella uppföljningar gällande medelvärden för stamantal och volym. Studien visade att volymen överskattades när andelen gran var under 84 % samt att volymen underskattades vid en gran andel över 84 %. När det gällde grundytan fanns det en signifikant skillnad där grundytan var $1,6 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ större för hprGallring än för den manuella mätningen.

Resultaten från (Burström, 2016; Pettersson, 2016) visar att hprGallring är ett program som i de flesta fall går att lita på och kan utvecklas mer. Båda dessa studier är dock gjorda på geografiska små områden och med hjälp av cirkelyteinventering. Detta gör att deras resultat inte kan sägas vara facit på vad som i verkligheten har tagits ut och vad som är kvar inom bestånden.

1.4 Mål och syfte

Huvudsyftet med detta examensarbete var att undersöka hur bra precision hprGallring har i att prognostisera kvarvarande skog efter gallring. Hypotesen var att hprGallring har en god överensstämmelse med manuell inventering.

De beståndsvariabler som skattades med både gallringsuppföljningen utförd med hprGallring och med referensmätningen var grundyta (m^2/ha), kvarvarande volym (m^3sk/ha), stamantal efter gallring (stammar/ha), trädslagsfördelning (% av volymen), grundtyevägd medeldiameter (D_{gv}) och grundtyevägd medelhöjd (H_{gv}).

Tidigare studier har inte undersökt om hprGallring prognostiserar kvarvarande skog bättre i norra eller södra Sverige samt i grova eller klena gallringar. De olika delsyften som ska besvaras var därför att undersöka om det fanns skillnader i precisionen för hprGallrings skattningar mellan:

- Norra och södra Sverige
- Grov och klen gallring

Hypotesen var att skillnaderna är försumbara. Studien avgränsades till att inte gå in på hur bra gallringarna är gjorda utifrån gallringsmallar utan fokuserade på noggrannheten för hprGallring.

2.2. Materialet

Studien genomfördes på beräkningsytor belägna på Sveaskogs marker i Norrbotten, Västerbotten och Götaland. Beräkningsytorna totalinventerades eftersom det är den säkraste metoden för att mäta det sanna värdet av skogstillståndet (Nyström & Wilhelmsson, 2013). Beräkningsytorna i Götaland inventerades av en inventerare anställd av Sveaskog och då inventerade man bara grundytan, Dgv och Stamantalet.

De inventerade beräkningsytorna som togs låg alla i egna bestånd. Sammanlagt så inventerades 16 beräkningsytor i Västerbotten och Norrbotten, fördelat på 8 beräkningsytor med klena gallringar och 8 beräkningsytor med grova gallringar. För Götaland så inventerade Sveaskog 25 beräkningsytor, där 11 beräkningsytor var klena. 3 beräkningsytor var grova gallringar och 11 beräkningsytor var vare sig klena eller grova gallringar. Totalt inventerades det 41 beräkningsytor för hela Sverige. Ursprungligen inventerades det två beräkningsytor till i södra Sverige, men då hprGallring inte lyckades ta fram prognos på deras kvarvarande skog undantogs de från studien.

Urvalet av beräkningsytorna gjordes genom att Sveaskog slumpade fram 50 beräkningsytor i förstagallring för norra respektive södra Sverige. Kriterierna för att inkluderas i urvalsramen var att beräkningsytans area skulle vara mellan 0,5 till 1 hektar. De beräkningsytor som blev inventerade valdes främst ut genom närheten till den ort inventeraren var stationerad vid.

Varje gallrad beräkningsyta hade resulterat i en eller flera hpr-filer. Dessa filer hämtades hem från SDC och analyserades av Sveaskog i hprGallring (version v.1.1.1.0) för att få fram de beståndsvariabler som analyserades. I den använda hprGallringsversionen användes inte kranvinkel för identifiering av stickvägsträd. Beståndsvariablerna exporterades till ett Excel dokument med beståndsvariabler per beräkningsyta.

Kriteriet för att en beräkningsyta skulle klassas som klen respektive grov gallring var:

- Klen gallring, aritmetisk medeldiameter i uttaget lika med eller mindre än 145 millimeter
- Grov gallring, aritmetisk medeldiameter i uttaget lika med eller större än 180 millimeter

De beräkningsytor som användes i studien hade gallrats under 2015 och de maskiner som hade använts var Valmet/Komatsu, John Deere och Ponnse (tabell 1).

Tabell 1: Lista över vilka skördare samt apteringsdatorer som använts i studien
Table 1: List of harvesters and bucking computers used in the studies

Basmaskin	Apteringsdator
Komatsu 931	Maxi Xplorer
Valmet 901	Maxi
Ponnse scorpion	Ponnse Optiwin 4G
John Deere 1170 E	Timbermatic H09

2.3. Inventeringsteknik

Arbetsgången för totalinventeringen var enligt följande:

Beräkningsytans gränser märktes upp. I de fall där naturliga gränser kunde användas t, ex hyggeskant och väg, användes dessa för gränsmarkering.

I dataklaven ställdes en provträdfrekvens in på 5 %. Dessutom behövde också uppskattad medeldiameter anges för varje beräkningsyta. Den uppgiften hämtades från traktdirektivet. När trädets diameter var högre än medeldiametern ökade sannolikheten att bli provträd, och sannolikheten minskade när diametern var mindre än den uppskattade medeldiametern (Haglöf Sweden AB, u.d.).

På beräkningsytan enkelklavades varje träd som hade en brösthöjdsdiameter över 6 cm. Döda träd klavades inte. Varje klavat träd färgmarkerades för att undvika dubbelmätning eller att träd missades. För träd som stod vid beräkningsytans gräns gjordes bedömningen att om trädets märg tillhör beräkningsytan så klavas trädet, i annat fall inte. Under klavningen slumpade klaven ut provträd och för varje provträd mättes höjden.

Efter varje slutförd inventeringsdag överfördes materialet som fanns i dataklaven till en dator. I datorn överfördes sedan de beståndsvariabler som ska undersökas till ett Excelark för vidare bearbetning.

2.4. Utrustning

Följande utrustning använde under inventeringsdelen.

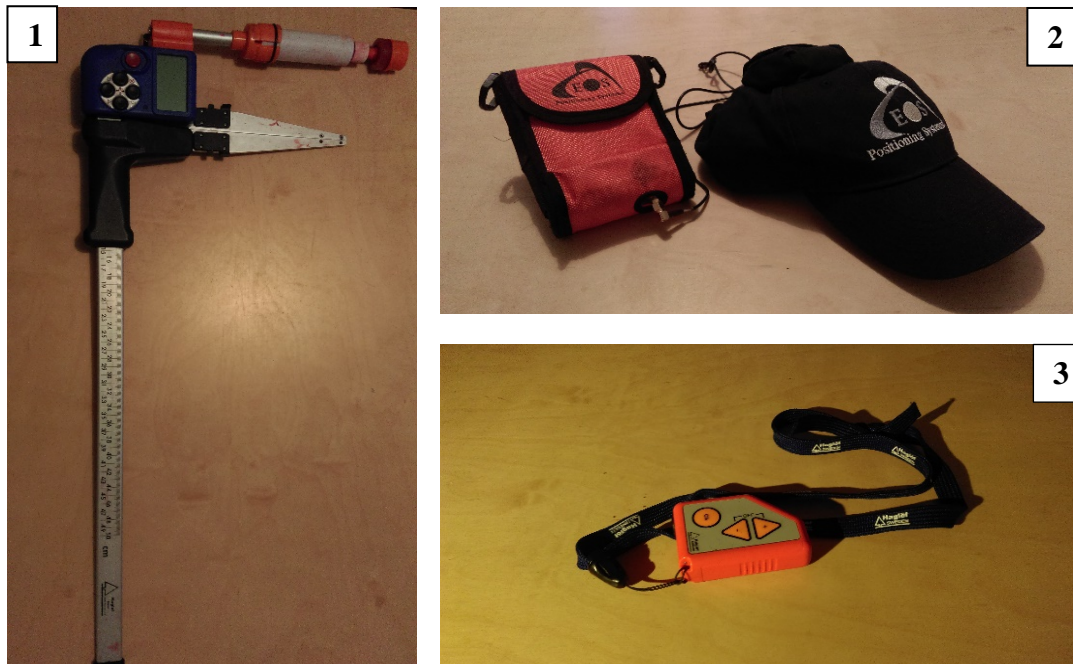
Haglöfs dataklave Digitech Professionell[®], (Haglöf Sweden AB, Långsele) användes vid klavning av trädets diameter och för att ange trädslag (Figur 4).

Dator med programmet WinDP[®] för att föra över resultaten från klaven till datorn.

IPad med applikationen Collector for arcGis[®]. Användes för att se var objekten var lokaliserade.

DGPS av märket EOS arrow 100[®] som kopplas till Ipaden med hjälp av Bluetooth för att få ut så exakta koordinater som möjligt för att positionera ut var beräkningsytornas gränser går (Figur 4).

Höjdmätare Haglöfs EC II användes för att mäta höjden på provträd (Figur 4).



Figur 4: Den utrustning som användes under fältarbetet. 1. Haglöfs dataklave Digitech professionals® 2. DGPS Arrow 100® 3. Höjdmätare Haglöfs EC II.
Figure 4: Equipment that was use during the field work. 1. Haglöf Digitech professional® calliper 2. DGPS EOS Arrow 100® 3. Haglöfs EC II elektroniskt clinometer.

2.5. Statistiska analyser

HprGallrings prognosticerade värden jämfördes med värdena från referensmätningen. För att få ut den systematiska avvikelserna mellan hprGallring och referensmätningen dividerades värdena från hprGallring med värdena från den manuella referensmätningen. Systematiska avvikelser togs fram för både enskilda beräkningsytor och för norra, södra och hela Sverige samt för klena och grova gallringar. Standardavvikelsen (SD) beräknades också för den manuella referensmätningen och för hprGallring (Ekvation 1) där n är antal områden, D är sampelvärdet för beräkningsyta i , och \bar{D} är sampelmedelvärdet.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(D_i - \bar{D})^2}{n - 1}} \quad (1)$$

Parade t-test gjordes för att undersöka de statistiska skillnaderna mellan värdena från hprGallring och från den manuella referensmätningen. Signifikansnivån sattes till 95 % ($p < 0,05$) och för att göra analyserna användes programmet Minitab 17. Diagram togs också fram för att visualisera spridningen av differenserna mellan referensvärde och de skattade värdena från hprGallring (Bilaga 1, figur B1-B3)

För att analysera eventuella skillnader mellan norra och södra Sverige samt mellan klen och grov gallring användes variansanalys (ANOVA). För ANOVA testet så sattes differensen mellan referensmätningen och hprGallring som responsvariabel, gallringsgrovleken sattes som fix faktor och beräkningsytans medelstamsvolym som kovariat.

Root mean square error (RMSE) användes för att få skillnaden mellan värdena från hprGallring och värdena från referensmätningen. RMSE beräknades genom att differenserna mellan referensmätning och hprGallring (v) upphöjdes till 2 och summerades. Summan delades med antalet observationer och sedan togs kvadratroten ur kvoten (Ekvation 2).

$$RMSE = \pm \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n}} \quad (2)$$

3. Resultat

3.1 Materialöversikt

För de 16 inventerade beräkningsytorna i norra Sverige var den genomsnittliga medelstamsvolymen totalt 0,161 m³sk, med 0,215 m³sk för grov gallring och 0,108 m³sk för klen gallring. För de 25 inventerade beräkningsytorna i södra Sverige var den genomsnittliga medelstamsvolymen totalt 0,157 m³sk, med 0,328 m³sk för grov gallring och 0,133 m³sk för klen gallring.

Medelarean för beräkningsytorna i norra Sverige var 0,8 hektar. För 12 beräkningsytor var tall det dominerade (>69%) trädslaget och de fyra återstående beräkningsytorna var blandskogar (inget trädslag större än 69 %). För södra Sverige var medelarean 0,95 hektar. För 9 beräkningsytor var tall det dominerande trädslaget, för 6 beräkningsytor var gran det dominerande trädslaget och de 10 återstående beräkningsytorna var blandskogar.

3.2 Grundyta efter gallring

För hela materialet underskattade hprGallring i medel grundytan med 5 % och det fanns en signifikant skillnad mellan referensmätning och hprGallring ($P=0,032$). Däremot påverkades inte utfallet av de två metodernas skattning av gallringsgrovleken eller geografiskt läge ($P \geq 0,266$).

HprGallring underskattade i medel grundytan i norra Sverige med 4 %. Mellan beräkningsytorna varierade avvikelserna mellan underskattning på 22 % och överskattning på 9 % (Tabell 2) (Bilaga 2). Det parade t-testet visade inga signifikanta skillnader i grundytan mellan referensmätning och hprGallring för norra Sverige ($P=0,339$).

När det gäller grova gallringar för norra Sverige underskattade hprGallring i medel grundytan med 2 %. För klena gallringarna i norra Sverige underskattade hprGallring i medel grundytan med 6 % (Tabell 2). Dock fanns ingen signifikant skillnad mellan gallringsgrovlekarna ($P=0,663$).

För södra Sverige underskattade hprGallring i medel grundytan med 6 %. Det parade t-testet visade på signifikanta skillnader mellan referensmätning och hprGallring ($P=0,025$). Mellan beräkningsytorna varierade avvikelserna mellan underskattning på 23 % och en överskattning på 25 % (Tabell 2) (Bilaga 2).

För grova gallringar i södra Sverige underskattade hprGallring i medel grundytan med 6,1 %. För klena gallringarna i södra Sverige underskattade hprGallring i medel grundytan med 11 % (Tabell 2). Dock fanns ingen signifikant skillnad mellan gallringsgrovlekarna ($P=0,234$).

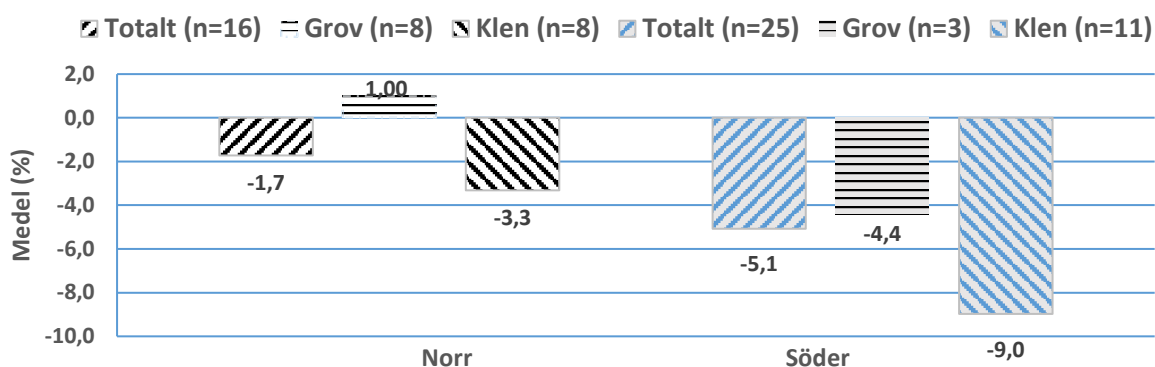
Tabell 2. Medelvärde visar medelvärdet för alla mätta provvytors beståndsvariabler för hprGallrings (Hpr) prognos respektive för den manuella referensmätningen (Ref) och standardavvikelsen visas i parantes. Skillnad (%) visar den procentuella skillnaden mellan de två inventeringsmetoderna. **Avvikelse för skattning inom beräkningsytorna** visar medelvärdet (Medel) för de procentuella avvikelserna för varje enskild beräkningsyta och standardavvikelsen visas i parantes. Max och Min visar den beräkningsyta som har störst respektive minst procentuella avvikelse. RMSE visar skillnaderna mellan värdena från hprGallring och värdena från den manuella referensmätningen.

Table 2. Medelvärde shows the average values for all inventoried stocks variable for hprGallrings (Hpr) prognosis and for the manual reference measurements (Ref). Skillnad (%) shows the percentage difference between the two inventoried methods. **Avvikelse för skattning inom beräkningsytorna (%)** shows the average values (Medel) for the percentage deviation for each individual stand and the standard deviation shows in parenthesis. Max and Min shows the inventoried stand that have the largest respective least percentage deviation. RMSE shows the different between values from hprGallring and the values from the reference measurements

Variabel	Medelvärde			Avvikelse för skattning inom beräkningsytorna				
	Hpr	Ref	Skillnad (%)	Medel (%)	Max (%)	Min (%)	RMSE	RMSE (%)
Grunddyta (m²/ha)								
Sverige	17,3 (1,98)	18,2 (3,10)	-5	-3,7 (13,7)	-23	0	2,72	15
Grov	18,9 (1,37)	19,5 (3,53)	-3	-1,3 (13,2)	21	0	1,38	7
Klen	15,9 (1,31)	17,4 (3,15)	-8	-6,6 (15,6)	-23	1	2,14	13
Norr	16,9 (1,7)	17,6 (3,2)	-4	-1,7 (14,6)	-22	-5	2,65	15
Grov	18,4 (0,94)	18,7 (3,12)	-2	1 (13,4)	21	-5	2,48	13
Klen	15,5 (0,65)	16,4 (2,94)	-6	-3,3 (16,5)	-22	9	2,8	17
Syd	17,6 (2,13)	18,8 (3,02)	-6	-5,1 (13,2)	25	0	2,77	15
Grov	20,4 (1,06)	21,7 (3,83)	-6	-4,4 (15)	-20	-3	3,13	14
Klen	16,3 (1,57)	18,3 (3,24)	-11	-9 (15,3)	-23	1	3,37	18
Volym (m³sk/ha)								
Norr	114 (27)	122 (31,4)	7	9,3 (17)	39	0	18,97	17
Grov	130 (17,89)	145 (32)	11	14 (15)	39	0	21,98	17
Klen	98 (8,99)	100 (22,4)	1	4,5 (17)	25	-6	15,39	16
Stammar (st/ha)								
Sverige	871 (257)	800 (190)	22	5,7 (23,7)	86	-1	194	23
Grov	536 (93)	589 (90)	-9	-8,8 (17,9)	-36	-9	64	11
Klen	1058 (152)	933 (149)	13	12,4 (24,8)	86	4	158	16
Norr	763 (265)	790 (187)	4	2,7 (20,1)	47	-3	149	20
Grov	612 (91)	555 (91)	-9	-8,1 (16,5)	-27	-9	114	19
Klen	914 (129)	1025 (121)	12	13 (18,3)	47	4	178	19
Syd	923 (243)	871 (202)	6	7,5 (26)	86	-1	217	25
Grov	485 (73)	559 (78)	-13	-11 (25,3)	-36	14	144	26
Klen	1083 (169)	1001 (182)	8	11,7 (29,5)	86	5	264	26
D_{gv} (mm)								
Sverige	194 (30,63)	186 (25,76)	-4	-4,2 (8,8)	-24	0	19,29	10
Grov	226 (21,82)	227 (21,58)	1	0,9 (8)	-16	±1	9,72	4
Klen	175 (8,65)	161 (10,48)	-8	-7,7 (7,5)	-24	0	13,34	8
Norr	191 (33,3)	196 (26,4)	-2	-2,5 (5,9)	±1	-14	11,27	6
Grov	221 (17,74)	218 (16,59)	1	1,3 (2,6)	4	±1	6,23	3

Klen	162 (6,08)	173 (6,67)	-6	-6,3 (5,7)	-14	-1	14,67	8
Syd	182 (28,91)	193 (25,81)	-5	-5,2 (10,3)	-24	0	3,25	1,7
Grov	244 (22,74)	247 (20,21)	-1	-0,2 (17,1)	-16	-2	1,63	0,7
Klen	160 (10,98)	176 (12,69)	-9	-8,7 (8,7)	-24	0	4,01	2,3
H_{gv} (m)								
Norr	14,1 (2)	13,1 (1,6)	8	8,1 (10,5)	39	0	1,58	12
Grov	15,9 (1,13)	14 (1,72)	14	14,6 (10,4)	39	5	2,14	15
Klen	12,4 (0,74)	12,2 (0,89)	1	1,6 (5,7)	8	0	0,66	5

Medelvärdet för de inventerade beräkningsytornas avvikelser låg för norra Sverige på -1,7 %, för grova gallringar i norra Sverige 1 % och för klena gallringar i norra Sverige -3,3 %. För södra Sverige var medelvärdet -5,1 %, för grova gallringar -4,4 % och för klena gallringar -9 % (Figur 5) (Tabell 2).



Figur 5. Medelvärdet för beräkningsytornas procentuella avvikelse när grundytan skattad med HprGallring jämfört med manuell referensmätning. Medelvärdet presenteras totalt samt uppdelat på grova respektive klena gallringar i norra Sverige (Norr) och på motsvarande sätt för södra Sverige (Söder).

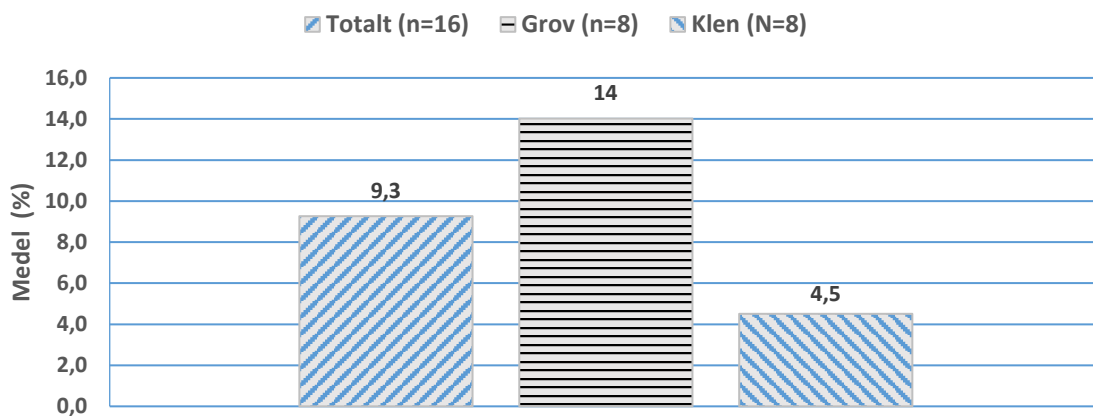
Figure 5. The mean value for the inventoried stands percentage deviation when basal area estimated with HprGallring compared to manual reference measurements. The mean value is presented total for northern Sweden, a total of coarse and thin thinning in northern Sweden (Norr) and similarly for southern Sweden (Söder).

3.3. Beståndsvolym efter gallring

HprGallring överskattade i medel volymen för norra Sverige med 7 % (Tabell 2), medan tendens till signifikanta skillnader finns mellan referensmätning och hprGallring ($P=0,094$). Medelvärdet för de inventerade beräkningsytornas avvikelser var för norra Sverige 9,3 %, för grova gallringarna 14 % och för klena gallringarna 4,5 % (Figur 6) (Tabell 2).

För de grova gallringarna i norra Sverige överskattade hprGallring i medel volymen med 11 % (Tabell 2). HprGallring överskattade i medel volymen för de klena gallringarna i norra Sverige med 1%. Det fanns dock ingen signifikant skillnad mellan gallringsgrovleken ($P=0,138$).

Mellan beräkningsytorna varierade avvikelserna mellan överskattning på 39 % och underskattning på 6 % (Tabell 2) (Bilaga 2).



Figur 6. Medelvärden för beräkningsytornas procentuella avvikelser när volym skattades med HprGallring jämfört med manuell referensmätning. Medelvärdet presenteras totalt för norra Sverige och för grova och klena gallringar.

Figure 6. The mean value for the inventoried stands percentage deviation when volume estimated with HprGallring compared to manual reference measurements. The mean value is presented total for northern Sweden and a total of coarse and thin thinning in northern Sweden.

3.4. Stamantal efter gallring

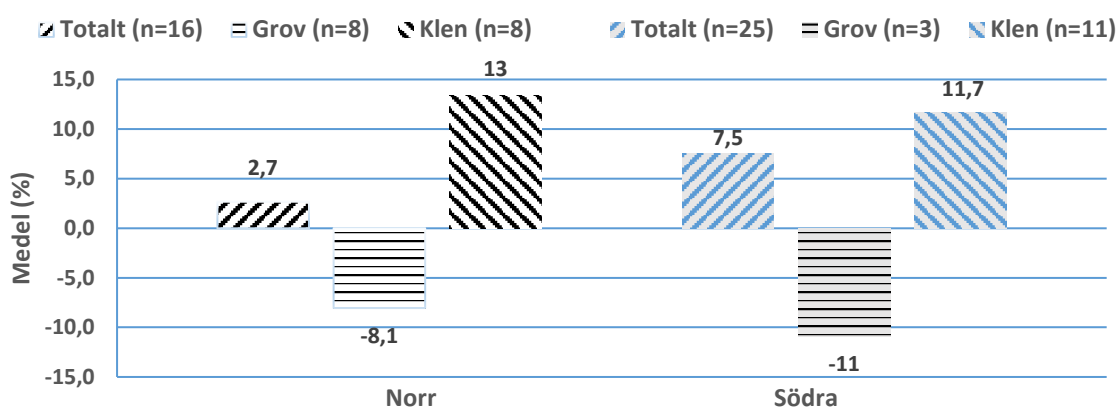
HprGallring överskattade i medel stamantalet med 22 % för hela materialet. För alla grova gallringar underskattade hprGallring i medel stamantalet med 9 %. För alla klena gallringar överskattade hprGallring i medel stamantalet med 13 % (Tabell 2).

Det parade t -testet visade på signifikanta skillnader mellan referensmätning och hprGallring ($P=0,002$). HprGallrings prognostisering av stamantalet påverkades av gallringsgrovlaken ($P=0,003$). Däremot påverkades inte hprGallrings prognostisering av stamantalet av det geografiska läget ($P=0,334$).

För norra Sverige överskattade hprGallring i medel stamantalet med 4 % (Tabell 2). Mellan beräkningsytorna varierade avvikelserna mellan överskattning på 47 % och underskattning på 27 % (Tabell 2) (Bilaga 2). Inga signifikanta skillnader fanns mellan referensmätning och hprGallring ($P=0,485$).

För grova gallringar i norra Sverige underskattade hprGallring i medel stamantalet med 9 %. För de klena gallringarna i norra Sverige överskattade hprGallring i medel stamantalet med 12 % (Tabell 2). Signifikanta skillnader finns mellan gallringsgrovlakarna ($P=0,021$).

Medelvärdet för de inventerade beräkningsytornas avvikelse låg för norra Sverige på 2,7 %, för grova gallringar i norra Sverige -8,1 % och för klena gallringar i norra Sverige på 13 %. För södra Sverige var medelvärdet 7,5 %, för grova gallringar -11 % och för klena gallringar 11,7 % (Figur 7) (Tabell 2).



Figur 7. Medelvärdet för beräkningsytornas procentuella avvikelser när stamantalet skattades med HprGallring jämfört med manuell referensmätning. Medelvärdet presenteras totalt samt uppdelat på grova respektive klena gallringar i norra Sverige (Norr) och på motsvarande sätt för södra Sverige (Söder).

Figure 7. The mean value for the inventoried stands percentage deviation when stem number estimated with HprGallring compared to manual reference measurements. The mean value is presented total for northern Sweden, a total of coarse and thin thinning in northern Sweden (Norr) and similarly for southern Sweden (Söder).

För södra Sverige överskattade hprGallring i medel stamantalet med 6 % och mellan beräkningsytorna varierade avvikelserna mellan överskattning på 86 % och underskattning på 36 % (Tabell 2). Det fanns heller inga signifikanta skillnader mellan referensmätning och hprGallring ($P=0,242$).

För de grova gallringarna i södra Sverige underskattade hprGallring i medel stamantalet med 13 %. För de klena gallringarna överskattade hprGallring i medel stamantalet med 8 % (Tabell 2). Det saknades signifikanta skillnader mellan gallringsgrovlekarna för södra Sverige ($P=0,354$).

3.5. Grundtyevägd medeldiameter efter gallring

För den grundtyevägda medeldiametern underskattade hprGallring i medel med 4 % för hela Sverige och signifikanta skillnader finns mellan referensmätning och hprGallring ($P=0,006$). För alla grova gallringar överskattade hprGallring i medel D_{gv} med 1 % och för alla klena gallringar underskattade hprGallring i medel D_{gv} med 8 % (Tabell 2). Utfallet av de två metodernas skattning påverkades av gallringsgrovleken ($P=0,037$). Däremot påverkades inte utfallet av de två metodernas skattning av det geografiska läget ($P=0,565$).

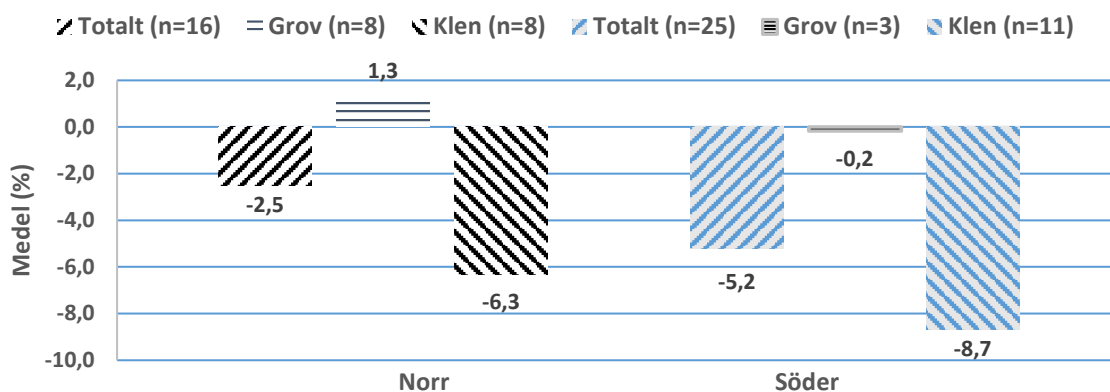
För den grundtyevägda medeldiametern i norra Sverige så underskattade hprGallring i medel med 2 % och det fanns en tendens till signifikanta skillnader mellan referensmätning och hprGallring ($P=0,142$). Mellan beräkningsytorna varierade avvikelserna mellan underskattning på 14 % och överskattning på 1 % (Tabell 2) (Bilaga 2).

För grova gallringar i norra Sverige överskattade hprGallring i medel D_{gv} med 1 % och för de klena gallringarna i norra Sverige underskattade hprGallring i medel D_{gv} med 6 % (Tabell 2). Gallringsgrovleken påverkade skattningen av D_{gv} ($P=0,004$).

För södra Sverige underskattade hprGallring grundtyvägd medeldiameter i medel med 5 %. Skillnaderna mellan referensmätningen och hprGallring är signifikant ($P=0,018$). Mellan beräkningsytorna varierade avvikelserna mellan underskattning på 24 % och avvikelse på 0 % (Tabell 2) (Bilaga 2).

För de grova gallringarna i södra Sverige underskattade hprGallring D_{gv} i medel med 1 % (Tabell 2). När det gäller de klena gallringarna i södra Sverige underskattade hprGallring i medel D_{gv} med 9 %, (Tabell 2). Däremot påverkades inte utfallet av de två metodernas skattning av gallringsgrovleken ($P=0,385$).

Medelvärdet för de inventerade beräkningsytornas avvikelse låg för norra Sverige på -2,5 %, för grova gallringar i norra Sverige 1,3 % och för klena gallringar i norra Sverige på -6,3 %. För södra Sverige var medelvärdet -5,2 %, för grova gallringar -0,2 % och för klena gallringar -8,7 % (Figur 8) (Tabell 2).



Figur 8. Medelvärdet för beräkningsytornas procentuella avvikelser när D_{gv} skattades med HprGallring jämfört med manuell referensmätning. Medelvärdet presenteras totalt samt uppdelat på grova respektive klena gallringar i norra Sverige (Norr) och på motsvarande sätt för södra Sverige (Söder).

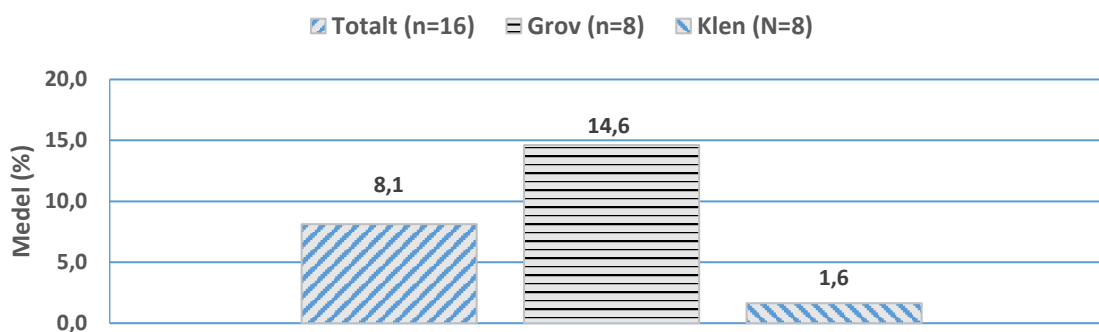
Figure 8. The mean value for the inventoried stands percentage deviation when D_{gv} estimated with HprGallring compared to manual reference measurements. The mean value is presented total for northern Sweden, a total of coarse and thin thinning in northern Sweden (Norr) and similarly for southern Sweden (Söder).

3.6. Grundtyvägd medelhöjd efter gallring

För den grundtyvägda medelhöjden överskattade hprGallring i medel med 8 % för norra Sverige (Tabell 2). Mellan beräkningsytorna varierade avvikelserna mellan överskattning på 39 % och avvikelse på 0 % (tabell 2) (Bilaga 2). Med ett lågt P-värde ($p>0,001$) var det signifikanta skillnader mellan referensmätning och hprGallring.

För de grova gallringarna i norra Sverige överskattade hprGallring i medel H_{gv} med 14 % och för de klena gallringarna i norra Sverige överskattade hprGallring i medel H_{gv} med 1 % (Tabell 2). Gallringsgrovleken hade en påverkan på utfallet av de två metodernas skattning ($P=0,001$).

Medelvärdet för de inventerade beräkningsytornas avvikelse var för norra Sverige 8,1 %, för grova gallringarna 14,6 % och för klena gallringarna 1,6 % (Figur 9) (Tabell 2).



Figur 9. Medelvärdet för beräkningsytornas procentuella avvikelser när H_{gv} skattades med HprGallring jämfört med manuell referensmätning. Medelvärdet presenteras totalt för norra Sverige och för grova och klena gallringar.

Figure 9. The mean value for the inventoried stands percentage deviation when H_{gv} estimated with HprGallring compared to manual reference measurements. The mean value is presented total for northern Sweden and a total of coarse and thin thinning in northern Sweden.

3.7. Trädslagsfördelning

De fyra redovisade trädslagen för norra Sverige hade en procentuell avvikelse från ett till två procentenheter (Tabell 3). För de enskilda beräkningsytorna förekom däremot större variationer. För 13 av 16 beräkningsytor var det små avvikelser mellan referensmätning och hprGallring där avvikelsen för enskilda trädslag låg under $\pm 10\%$.

För en beräkningsyta överskattade hprGallring tallandelen med 19 % och underskattade granandelen med 16 %. För en annan beräkningsyta hade hprGallring beräknat övrigt lövandelen till 0 % medan den manuella referensmätningen satte övrigt lövandelen till 23 %. Inga skillnader kunde ses mellan referensmätning och hprGallring gällande prognostiserande av trädslagsfördelningen ($P \geq 0,05$). Ett ANOVA test visade att det inte finns signifikanta skillnader mellan gallringsgrovlek och trädslagsblandningen ($P > 0,05$)

Tabell 3. Trädslagsfördelning uträknat med hprGallring (Hpr) och från den manuella referensmätningen (Ref). Differensen (Diff) mellan hprGallring och den manuella referensmätningen visas också. Trädslagsfördelningen visar den genomsnittliga procentuella andelen av total volym för de 16 beräkningsytorna och för grova-klena gallringar.

Table 3. Species composition estimate from hprGallring (hpr) and manually measured value in the field (Ref). The difference (Diff) between hprGallring and manual measurement is also shown. The species distribution shows the average percentage of the total volume of the 16 stands and for coarse and thin thinning.

	Generellt (%)			Tall (%)		Gran (%)		Löv (%)	
	Tall	Gran	Löv	Grova	Klena	Grova	Klena	Grova	Klena
Hpr	83	10	7	88	76	6	16	4	3
Ref	82	10	8	78	54	5	12	4	3
Diff	1	0	-1	10	22	1	4	0	0

4. Diskussion

4.1. Materialöversikt

I denna studie har 41 beräkningsytor inventerats och som främst har berört Norrbottens, Västerbottens och Götalands inland. Det här ger en bra geografisk spridning av beräkningsytorna och gör att man får med gallringsskogar från både norra och södra Sverige. De 41 inventerade beräkningsytorna ligger antalsmässigt i nivå med de 50 bestånd som Möller m. fl. (2015a) inventerade vid sin utvärdering av hprGallring.

4.2. Resultat

4.2.1. Grundyta

HprGallring underskattade generellt grundytan med upp till 10 % för norra, södra och hela Sverige. Standardavvikelsen för hprGallrings avvikelser från referensvärdena var mellan 1,7–2,13 m²/ha, vilket var något bättre än de 2,3 m²/ha som Möller, m.fl. (2015a) och i nivå med de 1,9 m²/ha som Burström (2016) fick i sina utvärderingar.

Det var för norra Sverige och för de grova gallringarna som hprGallring prognostiserade grundytan bäst. Att de grova gallringarna prognostiseras bättre än de klena kan ha att göra med att det är lättare få fram ett träds grundyta från grövre träd än från klena. Eftersom hprGallrings prognos baseras på gallringsuttaget och gallringsstyrkan är det viktigt att man från de träd som avverkas får ut rätt uttagen grundyta och gallringsstyrka. Är det svårare att mäta diametern på klenare träd blir det en påverkan på uttagen grundyta samt på gallringsstyrkan. Detta kan påverka prognosen på kvarvarande skog och förklarar de stora avvikelserna på klena gallringar (Hofsten & Sondell, 2005).

Möller m.fl. (2015a) såg att för provytor med lägst referensmätt grundyta hade hprGallring en benägenhet att överskatta grundytan. För provytor med hög referensmätt grundyta fanns tendens att hprGallring underskattade grundytan. I denna studie kan samma samband mellan den referensmätta grundytan och chansen för över- eller underskattning av hprGallring ses. Möller m. fl. (2015a) kom fram till att det var en nära koppling till gallringsstyrkan. Möller m. fl. (2015a) såg att för provytor med lägst grundyta så var den av hprGallring antagna gallringsstyrkan högre än den faktiska, referensmätta gallringsstyrkan. För provytor med hög grundyta var den antagna gallringsstyrkan istället lägre än den faktiska, referensmätta gallringsstyrkan. Den slutsats som Möller m. fl. (2015a) drog var att gallringar med lägst grundyta kommer vara svårare att prognostisera av hprGallring. I denna studie har gallringsstyrkan inte undersökts. Men eftersom samma samband kan ses när det gäller sambandet med låg eller hög grundyta, bör man vara uppmärksam på att ovanligt höga eller låga gallringsstyrkor kan innebära att hprGallrings prognos av det kvarvarande beståndet ger en underskattning eller överskattning av grundytan.

En slutsats när det gäller grundytan är att hprGallring i medel prognostiserar den med hög noggrannhet men att större avvikelser kan förekomma för enskilda beräkningsytor.

4.2.2. Volym

HprGallring överskattade generellt volymen vilket stämmer överens med Burström (2016) och Möller m. fl. (2015a) där volymen i deras studier också överskattades. De kunde också se att områden med låg referensmät volym ($\leq 90 \text{ m}^3\text{sk/ha}$) gjorde att hprGallring överskattade volymen. I denna studie kunde det inte ses något större samband mellan låg referensmät volym och hprGallring. Ett fåtal beräkningsytor i denna studie uppvisade samma samband men de var för få för att man ska kunna dra några slutsatser.

Möller m. fl. (2015a) drog som slutsats att anledningen till att låga volymer överskattades var även här för att den faktiska gallringsstyrkan konsekvent underskattades. Eftersom gallringstyrkan används i hprGallrings beräkning för kvarvarande volym kommer volymen påverkas om gallringstyrkan överskattas eller underskattas. Även arealbestämningen kan ligga bakom de större avvikelserna. I en beräkningsyta fanns det partier som inte blivit gallrade vilket har gjort att gallringsstyrkan förmodligen har underskattats och volymen överskattades. I denna studie har gallringsstyrkan inte undersökts så vad den faktiska gallringsstyrkan är vet man inte. Möller m fl. (2015a) studie hade flera bestånd där arealbestämningen och underskattning av gallringsstyrkan låg bakom överskattning av volymen så det är en möjlig faktor till avvikelserna av låga volymer.

Till skillnad från grundytan prognostiserar hprGallring volymen bäst på kläna gallringar istället för på grova gallringar. Eftersom volymen sällan används som målbild vid gallring är den praktiska användningen för skördarföraren begränsad. Förutom när det finns risk att volymen kan undergå miniminivåerna i skogsvårdslagen gällande gallringar (Skogsvårdslagen, 1979).

Den största användningen av volymkattningen bör vara vid komplettering av skogsbruksplaner. Eftersom hprGallring har en överskattning i medel på 7 % på populationsnivå. Kan man om man vill få ett snitt på volymen över hela fastigheten använda hprGallring som hjälpmedel vid komplettering av skogsbruksplaner eller företagens traktbanker. Ska man använda hprGallring vid komplettering av enskilda bestånd bör man se till att gallringsuttaget är representativt för utgångsbeståndet och att kranvinkeldata finns tillgängligt för att få så precisa prognoser som möjligt.

Jämför man med luftburen laserskanning på populationsnivå av volymen för gallrings- och slutavverkningsskogar får vi liknade resultat som Naesset (2007) och Barth m. fl. (2008) där de fick en standardavvikelse på 18,7–25,1 m^3/ha .

En slutsats gällande volymen är att det går att skatta volymen genom hprGallring och som Möller m. fl. (2015a) kom fram till kommer volymen i svenska gallringsskogar att ligga inom ett spann på $\pm 20 \text{ m}^3/\text{ha}$. Det gäller dock att vara uppmärksam på objekt med låg volym efter gallring eftersom flera studier visar att hprGallring har en tendens att överskatta volymen vid volymer under $90 \text{ m}^3\text{sk/ha}$ (Burström 2016, Möller m. fl. 2015a).

4.2.3. Stamantal

För stamantalet var det en generell överskattning av hprGallring för norra, södra och hela Sverige. Standardavvikelsen för hprGallrings avvikelser från referensvärdena var mellan 243–265 stammar/ha vilket är något sämre än de 182 stammar som Möller m. fl. (2015a) fick i sin studie.

Skillnader finns mellan gallringsgrovlekarna där grova gallringar i norra Sverige ger en överskattning medan det för de klena gallringarna istället blir en underskattning av hprGallring för stamantalet. När man studerar gallringsgrovleken för södra Sverige får vi ett resultat som är tvärtemot resultatet för norra Sverige. För de grova gallringarna får vi en underskattning av stamantalet och för de klena en överskattning av stamantalet. Möller m. fl. (2015a) spekulerade i att de stora avvikelserna för stamantalet är kopplade till felaktiga skattningar av klene diameterklasser. I denna studie är det de klene gallringarna som har de största avvikelserna så vidare studier på vad som orsakar detta är att föreslå.

Burström (2016) kom fram till att det är stamantalet som har de största avvikelserna för enskilda bestånd. För ett bestånd i vår studie var det en överskattning av stamantalet med 86 % vilket gör att precisionen i programmet bör förbättras för att få en jämnare avvikelse för de enskilda bestånden. En anledning till den stora överskattningen kan vara att den grundtyvägda medeldiametern underskattades rejält och förmodligen överskattades gallringskvoten också. I studien från Möller m. fl. (2015a) hade man ett bestånd där stamantalet kraftigt överskattades. Anledningen till det var att gallringskvoten kraftigt överskattades samt så underskattades den grundtyvägda medeldiametern kraftigt.

I beräkningen av stamantal så bestäms stamantalet av bland annat den beräknade gallringskvoten och gallringsstyrkan (Hannrup m. fl. 2011). I denna studie så vet vi inte gallringskvoten och gallringsstyrkan men vi vet att den grundtyvägda medeldiametern underskattades så det är möjligt att gallringskvoten har överskattats för denna beräkningsyta. Ett samband kan ses i denna studie där de beräkningsytor som har haft små avvikelser av hprGallring även har haft små avvikelser av grundtyvägd medeldiameter. Där avvikelserna för grundtyvägd medeldiameter har varit stor (underskattning) har även avvikelserna för stamantalet varit stor (överskattning).

4.2.4. Grundtyvägd medeldiameter

Den grundtyvägda medeldiametern har en av de lägsta avvikelserna för de beståndsfaktorer som har studerats. Resultatet stämmer överens med tidigare studier där grundtyvägd medeldiameter var den faktor som hade lägst avvikelse (Burström, 2016, Möller m. fl. 2015a).

Skillnader kunde ses för gallringsgrovlekarna där de klene gallringarna har större avvikelser än de grova gallringarna. Varför det är just de klene gallringarna som hprGallring har störst avvikelser på, kan vara på grund av att det är svårare att mäta diametern på klene träd. Som det nämns i stycket om grundtyta är det viktigt att ingångsdatan blir så korrekt som möjligt annars kan utfallet bli felaktigt.

Klenare stockar omsluts inte lika lätt av kvistningsknivar eller matarvalsar vilket kan innebära att diametermätningen blir sämre. En annan faktor som kan spela in är att skördaren kan vara felkalibrerad så att den mäter diametern fel. Hofsten & Sondell (2005) såg att mindre diameterklasser hade större avvikelser när de gjorde en studie om kalibrering av apteringsystem där avvikelserna låg på ± 20 mm. Men eftersom de flesta skogsbolag i Sverige har krav på regelbunden kontroll av skördarna där avvikelsen för diametern får vara ± 4 mm (Nordström & Hemmingsson, 2015). Kan inte felkalibrering antas vara ett stort problem. Slutsatser gällande grundtyvägd medeldiameter är att hprGallring har hög noggrannhet i att prognostisera den.

4.2.5. Grundytevägd medelhöjd

För den grundytevägda medelhöjden var avvikelserna större än vad Burström (2016) och Möller m. fl. (2015a) fick fram. Deras studier fick en standardavvikelse på <2 meter, medan denna studie visar på en standardavvikelse på 2 meter. För de grova gallringarna gav denna studie en större överskattning än för de klena gallringarna. H_{gv} var i medel 13,1 m utifrån referensmätningen och hprGallring prognostiserade i medel H_{gv} till 14,1 m. Eftersom trädhöjden i skogen bör kunna prognostiseras med hög noggrannhet med hprGallring tack vare att höjden beräknas från alla träd som avverkats, kan möjliga orsaker till den höga avvikelsen vara det som diskuteras nedan.

Varför detta resultat skiljer sig åt från Burström, (2016) och Möller m. fl. (2015a) studier kan bero på att skördaren är felkalibrerad och mäter höjden fel. Men som det nämns i stycket om D_{gv} ska inte felkalibrering vara ett stort problem. Även olika yttre faktorer som temperatur och beståndsegenskaper kan påverka höjdmätningen (Nordström & Hemmingsson, 2015). Det kan också ha varit ett enormt gallringsuttag där man har tagit ut lägre träd än normalt respektive högre träd, vilket har gjort att hprGallring tror att höjden är lägre eller högre än vad den faktiskt är.

4.2.6. Trädslagsfördelning

Trädslagsfördelningen visade på en god överensstämmelse för de flesta beräkningsytorna. Även lövandelen prognostiserades med högre noggrannhet än Burström (2016). Resultatet från studien stämmer också överens med Möller m. fl. (2015a) studie som fick liknade avvikelser gällande trädslagsfördelningen.

För de klena gallringarna och för tallandelen skiljer det över 20 % mellan referensmätning och hprGallring. Denna stora avvikelse kan härledas till två beräkningsytor som avvek med 9 % och en beräkningsyta som avvek med 19 %, medan resten av beräkningsytorna avvek med ≤ 3 %. I dessa tre beräkningsytorna har man haft en heterogen fördelning gran och tall och där man i två beräkningsytor har gallrat ut mer tall än gran vilket gör att hprGallring tror det finns mer tall är det faktiskt gör. I den tredje beräkningsytan har man istället gallrat mer gran än tall vilket gör att granandelen blir större än vad den faktiskt är.

För en beräkningsyta hade hprGallring inte prognostiserat övriga lövandelen medan referensmätningen hade fått en stor övrig lövandel. Anledningen till det var att det under gallringen inte togs ut övrigt löv och därför har hprGallring inte registrerat att det fanns övriga lövträd i beståndet. Det här visar på det som Burström (2016) och Möller m. fl. (2015a) också har kommit fram till. För att få en bra trädslagsfördelning i hprGallrings prognoser över kvarvarande bestånd måste trädslagsfördelningen i gallringsuttaget vara representativt för trädslagsfördelningen före gallring. Man måste också vara aktsam när det gäller trädslagsfördelningen i riktade gallringar. Om exempelvis bara gran gallras ut i ett tallbestånd har det visats ge kraftiga överskattningar av granandelen (Burström 2016, Möller m. fl. 2015a).

4.3 Förutsättningar för bra prognoser av hprGallring

För att hprGallring ska kunna göra så precisa prognoser av kvarvarande skog så krävs det att man gallrar på samma sätt som vanligt, eftersom information från tidigare

gallringsuppföljningar inom företaget eller regionen används i algoritmen som beräknar hur den kvarvarande skogen troligtvis ser ut (Hannrup m. fl. 2011). Det här gör att det blir felaktiga prognoser om man gallrar på ett sätt som inte är vanligt och särskilt när uttaget inte är representativt för utgångsbeståndet. Om man exempelvis gallrar ut främst lövträd i ett barrbestånd kommer hprGallring tro att det finns kvar mer lövträd än vad det faktiskt finns. Samma slutsats framgår tydligt i denna studie och även i studier av Möller m.fl. (2015a) och Burström (2016). Om man istället gör en vanlig låggallring och gallrar på det sätt man vanligtvis gallrar kommer avvikelserna i prognosen från hprGallring vara små.

4.4. Styrkor och svagheter med studien

Styrkor med den här studien är att insamlingen av referensdata gjordes i form av totalinventering, vilket är en de noggrannaste inventeringsmetoderna som finns (Nyström & Wilhelmsson, 2013). Studien har genomförts på områden från både södra och norra Sverige vilket ger en bra fördelning rent geografiskt. Till skillnad från andra studier om hprGallring undersöktes i denna studie vilken påverkan gallringsgrovleken och det geografiska läget har på hprGallring prognos för kvarvarande skog. För studien har maskiner från tre olika fabriker samt apteringsdatorer från respektive maskintillverkare används.

Svagheter är att för södra Sverige inventerades det bara 3 grova gallringar vilket gör att det är svårt att dra några slutsatser om grovleken påverkan i södra Sverige. Detta på grund av för få beräkningsytor. I denna studie har det inte undersökts hur stora avvikelser gallringsstyrkan och gallringskvoten har och eftersom gallringsstyrkan och gallringskvoten har en stor roll i beräkningen av kvarvarande skog. Det skulle därför vara av intresse att se om det finns samband mellan de höga avvikelserna som vissa beräkningsytor har och hur stora avvikelser gallringsstyrkan och gallringskvoten är för dessa beräkningsytor. De beräkningsytor som inventerades var i stor grad representativa för vanliga gallringsskogar. I den här studien fanns det inga konfliktbestånd eller bestånd där onormala gallringsuttag har genomförts. Det gör att studien inte har utmanat hprGallring vid svåra förhållanden.

Det förekommer också försumbara fel och det är att den manuella referensmätningen kan innehålla felkällor som dubbelklavning, missade träd och fel vid knapptryckning i klaven. Informationen från klaven ser rimlig ut och inga fel vid klavningen upptäcktes. Det har inte heller inventerats några områden i mellersta Sverige och södra Norrland vilket gör att dessa delar av landet inte blir representerade i denna studie.

4.5. Framtida utveckling av hprGallring

Liksom Burström (2016) och Möller m.fl. (2015a) visar denna studie att hprGallring har en svaghet när gallringen inte utförs som vanligt och när uttaget inte är representativt för utgångsbeståndet. De svagheter kan motverkas om det finns tillräckligt detaljerad information om det enskilda utgångsbeståndet. Att använda fjärranalysdata är ett alternativ, och ett annat är att med skördaren samla in representativt data. I förstagallring är uttaget av stickvägsträden ett representativt sampel, eftersom stickvägarna i princip tas upp schematiskt. Svårigheten är bara att veta vilka av de avverkade träden som är stickvägsträd. I nya versioner av hprGallring identifieras stickvägsträd genom data om

kranens vinkel i förhållande till maskinens körriktning. Skattningen av stickvägsträden kan då användas som stora provytor, vilket förbättrar precisionen eftersom man då får ett representativt sampel ur det aktuella beståndet. Den studerade ”blinda”, normal-baserade gissningen kan då ersättas med representativt och beståndsspecifikt data, vilket avsevärt borde förbättra prognosernas precision. I nuläget är det dock få maskiner som ger fungerande kranvinkeldata men som inom några år bör finnas i de flesta maskiner. Dessutom kvarstår problematiken i gallringar där inte stickvägar tas upp.

I dagsläget finns GPS sändaren på hytten till skördaren och inte på skördaraggregatet. Det här gör så att man bara får själva skördarens position när ett träd fälls. Det finns olika sätt och nyttor av att i framtiden kunna veta skördaraggregatets position vid fällningen (Lindroos m. fl. 2015). En av dessa skulle vara förbättrad arealbestämning i hprGallring. . Genom att veta de avverkade träden position kan man lättare få fram den gallrade arealen vilket förbättrar prognosen på kvarvarande skog eftersom flera av beståndsvariablerna beräknas från arealen. I den nuvarande versionen av hprGallring går det inte att få fram stickvägsavstånd/bredd eller stamskador, vilket är områden som vidare forskning bör bedrivs på, om ambitionen är att helt ersätta den manuella gallringsuppföljningen.

4.6. Slutsats

Följande slutsatser kan dras från denna studie:

- Prognosen från hprGallring var på populationsnivå i genomsnitt förhållandevis god, men större avvikelser förekommer mellan enskilda bestånd.
- Stamantalet var den variabel som hprGallring hade svårast att skatta.
- För bestånd där trädslagsfördelningen i gallringsuttaget inte representerade trädslagsfördelningen före gallring blir trädslagsfördelningen felaktigt prognostiserad.
- För att få en precis prognos från hprGallring var det viktigt att man inte hade riktade trädslagsuttag eller gallrade (onormalt mycket) mot vissa diametrar.
- Inga skillnader kunde ses mellan norra och södra Sverige när det gällde att prognostisera bestånds faktorer efter gallring.
- HprGallring hade större systematiska avvikelser för klena än för grova gallringar i norra Sverige, och då främst för stamantalet och grundyttevägd medeldiameter.

4.7. Praktiska tillämpningar

Framtiden för hprGallring ser bra ut, eftersom studieresultatet visar att programmet har förhållandevis god precision. Precisionen i skattningen måste vägas mot inventeringseffektiviseringen. Gissningsvis kommer hprGallring med all sannolikhet att användas allt mer i framtiden. Dock bör man fortsätta med manuella uppföljningar på bestånd där riktade trädslagsuttag görs eftersom precisionen måste förbättras på det området. HprGallring kan i nuläget inte registrera stickvägsbredd, stickvägsavstånd och skador varav dessa faktorer måste inventeras manuellt.

Referenslista

- Agestam, E. (2009) Skogsskötselserien - Gallring. Tillgänglig [Online]: <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/07-Gallring.pdf> [2016-09-07]. 83 s
- Albrektson, A. Elfving, B. Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012) Skogsskötselserien – Skogsskötselns grunder och samband. Tillgänglig [Online]: <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/01-skogsskotselns%20grunder%20och%20samband%20121204.pdf>. 88 s.
- Barth, A. Hannrup, B. Möller, J.J. & Wilhelmsson, L. (2008) Validering av FORAN SingleTree® Method. Arbetsrapport 666, Skogforsk. 49 s. ISSN 1404-305X
- Bergkvist, I. & Staland, F. (2003) Gallra med kvalitet.Handledning. Skogforsk. Uppsala. 32 s. ISBN: 91-7614-104-7
- Bhuiyan, N. Möller, J. J. Hannrup, B. & Arlinger, J. (2016) Automatisk gallringsuppföljning - Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot. Arbetsrapport 899, Skogforsk. 60 s. ISSN: 1404-305X
- Burström, O. (2016) Rätt gallringskvalitet med automatisk gallringsuppföljning, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, Umeå 39 s. Arbetsrapport 4 2016
- Bylund, A. (2008) En analys av SCA skogs AB:s metod för egenuppföljning av gallringar. Sveriges lantbruks universitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Umeå. 58 s
- Esri Sverige AB. ©Lantmäteriet (2015) Översiktskarta. Tillgänglig: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=92d7a2c62f004739a3781976494d632b> [2016-11-10].
- Freij, J. Tosterud, A (1989) Det storskaliga skogsbrukets system och metoder-Drivning, skogsvård och vägar 1987–1992. Forskningsstiftelsen skogsarbeten, Uppsala
- Hannrup, B. Möller, J. J. & Bhuiyan, N. (2011) Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 757, Skogforsk. 77 s. ISSN 1404-305X
- Haglöf Sweden AB. (u.å). Användarmanual Estimate Pro DP 2.0 Haglöf Sweden AB, Långsele
- Hofsten, v, H. & Sondell, J. (2005) Kalibrering av apteringssystem i skördare. Arbetsrapport 608, Skogforsk. Uppsala. 20 s. ISBN: 1404-305X

Kunskap direkt (2012-11-23) Gallra. Tillgänglig:
[http://www.kunskapdirekt.se/sv/KunskapDirekt/Gallra/Gallringens-grunder/Varfor-gallra/\[2016-09-07\]](http://www.kunskapdirekt.se/sv/KunskapDirekt/Gallra/Gallringens-grunder/Varfor-gallra/[2016-09-07])

Lindroos, O. Ringdahl, O. La Hera, P. Hohnloser, P & Hellström, T. (2015) Estimating the Position of the Harvester Head – a Key Step towards the Precision Forestry of the Future. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36, 147–164

Lindström, F. & Olbers A (2009) Analys av linjetaxering i samband med gallringsinventering med avseende på kvalitet, tillförlitlighet och framtida utformning. Examensarbete vid skogsmästarprogrammet. Sveriges lantbruksuniversitet. Skinnskatteberg. 41 s

Mäkninen, H & Isomäki, A. (2004) Thinning intensity and growth of scots pine stands in Finland. *Forest ecology and management*. 201, 311–325 DOI:10.1016/j.foreco.2004.07.016

Möller, J.J. Arlinger, J. Bart, A. Hannrup, B & Bhuiyan, N. (2011) Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register- och planeringssystem. Arbetsrapport 756, Skogforsk. 61 s. ISSN: 1404-305X

Möller, J.J. Hannrup, B. & Bhuiyan, N. (2015a) Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. Arbetsrapport 857, Skogforsk. 48 s. ISSN 1404-305X

Möller, J.J. Hannrup, B. & Bhuiyan, N. (2015b) Utveckling och test av beslutstöd vid automatiserad gallringsuppföljning. Arbetsrapport 862, Skogforsk 42 s. ISSN 1404-305X

Naasset, E. (2007) Airborne laser scanning as a method in operational forest inventory: Status of accuracy assessments accomplished in Scandinavia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22: 433–442. DOI:10.1080/02827580701672147

Nordberg, M. (1987) Uppföljning av gallring.Handledning. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Oskarshamn. 20 s. ISBN: 91-7614-054-7

Nordbrandt, A. (2002) Analyser med Indelningspaketet av privata skogsfastigheter inom Norra Skogsägarnas verksamhetsområden. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Umeå 65 s. Arbetsrapport 101 2002

Nordström, M. Hemmingsson, J. (2015) Håll måttet, en handledning från Skogforsk. Skogforsk. Uppsala. 24 s. ISBN: 978-91-979694-9-9

Nordström, M. Möller, J.J. Larsson, W & Arlinger, J. (2009) Skördardata ger värdefull information om skogen. Skogforsk. Resultat nr 10. 4 s. ISSN: 1103–4173

Nyström, K. & Wilhelmsson, E. (2013) Introduktion till mätning av träd och bestånd. Institutionen för skoglig resurshushållning. Undervisningskompendium. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. 76 s.

Stendahl, J. Dahlin, J. (2002) Possibilities for Harvester-based Forest Inventory in Thinning. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17 (6):548–555.

Pettersson, K. (2016). Tillförlitligheten i den automatiserade gallringsuppföljningen- en jämförande studie. Linneuniversitetet. Examensarbete

Riksskogstaxeringen. (2016) Skogsdata. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. Uppsala. 2015. ISSN: 0280 – 0543.

Skogsvårdslagen. (1979). Jönköping. SKSFS (1979:429)

Åneklint, A. (1999) Kvalitetssäkring i gallringen praktisk metod för att kontrollera resultatet av gallringsarbete. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan, Skinnskatteberg. Examensarbete 1999:3

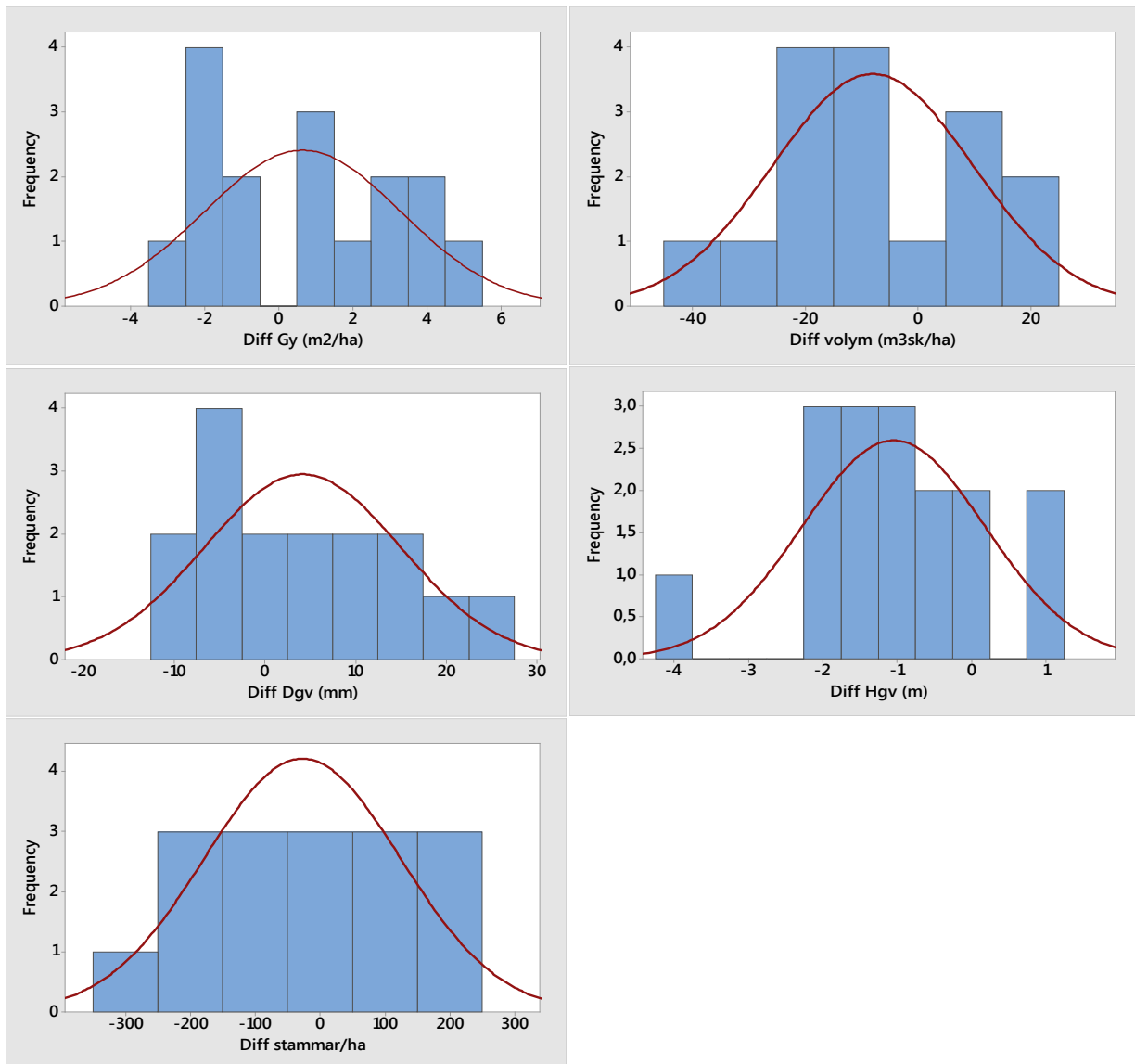
Personlig kommunikation

Ekenstedt, Johan. Verksamhets utvecklare-planering. Umeå, Sveaskog förvaltning AB
2016-09-13

Bilagor

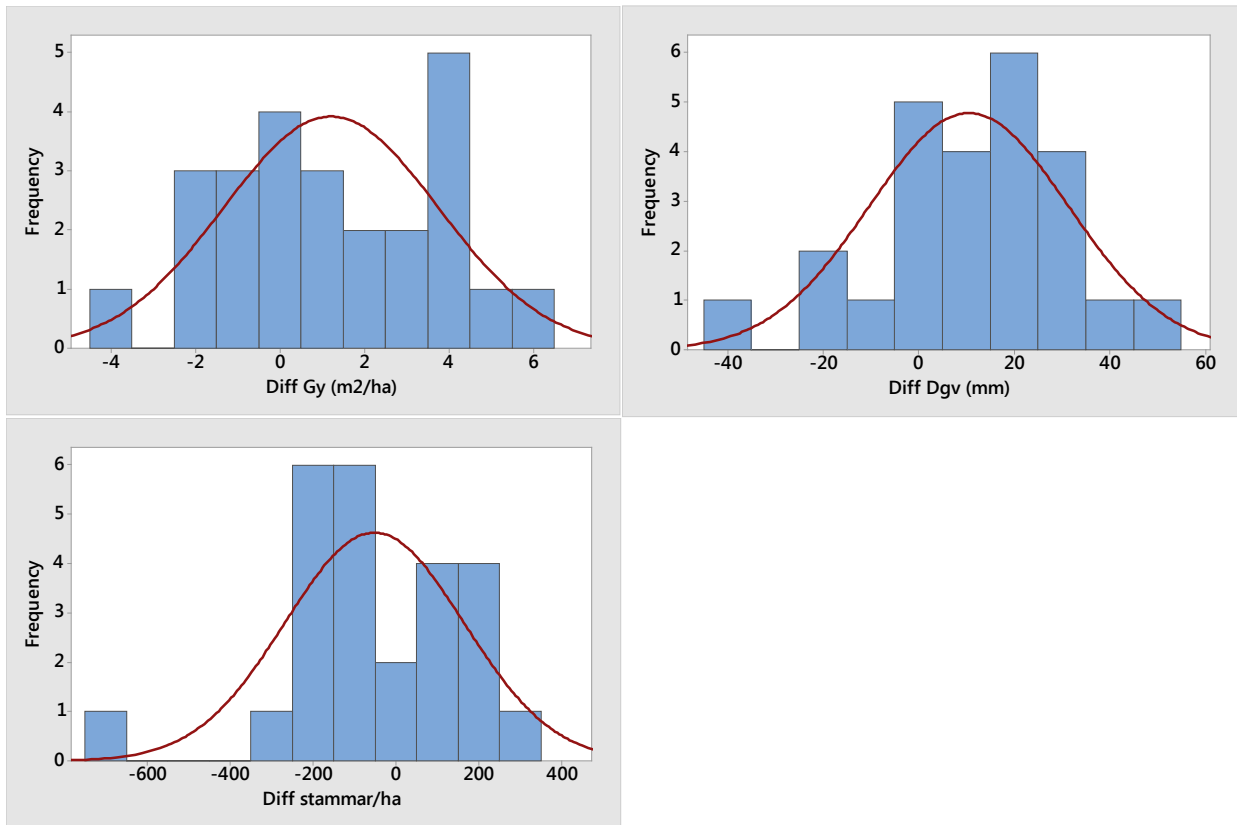
Bilaga 1-Spridningsdiagram

Figur B1-B3 visar hur stor spridningen är mellan nollvärdet för differensen av manuella referensmätningen och hprGallring. De negativa värdena innebär en överskattning av hprGallring och de positiva värdena innebär en underskattning av hprGallring.



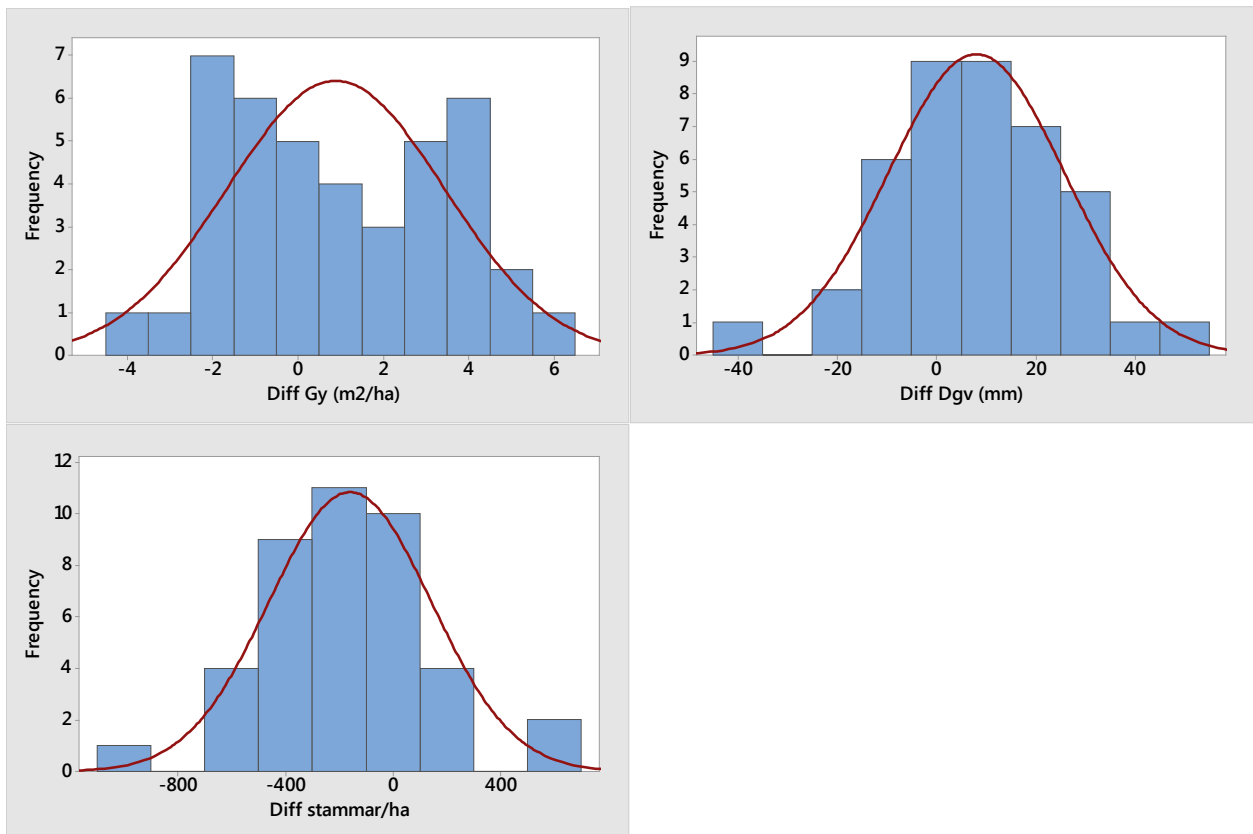
Figur B1: Diagrammen visar spridningen för differensen mellan manuella referensmätningen och hprGallring för norra Sverige. Negativa värden innebär överskattning och positiva värden innebär underskattning av hprGallring.

Figure B2: The graphs show the spread of the difference between manual reference measurements and hprGallring for the northern Sweden. Negative values mean overestimate and positive values means underestimate of hprGallring.



Figur B2: Diagrammen visar spridningen för differensen mellan manuella referensmätningen och hprGallring för södra Sverige. Negativa värden innebär överskattning och positiva värden innebär underskattning av hprGallring.

Figure B2: The graphs show the spread of the difference between manual reference measurements and hprGallring for the southern Sweden. Negative values mean overestimate and positive values means underestimate of hprGallring.

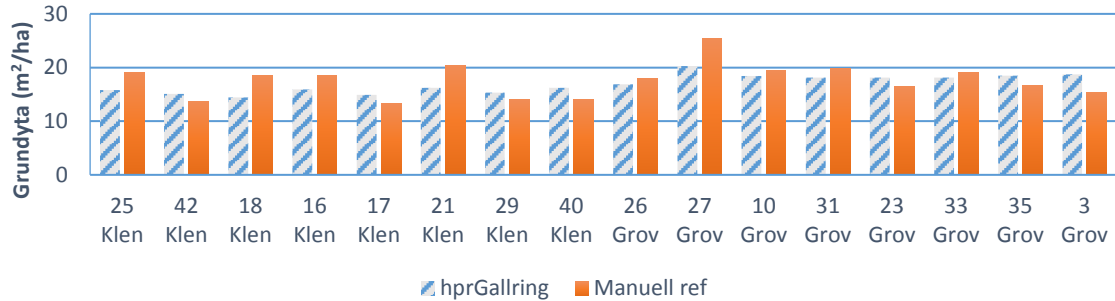


Figur B3: Diagrammen visar spridningen för differensen mellan manuella referensmätningen och hprGallring för hela Sverige. Negativa värden innebär överskattning och positiva värden innebär underskattning av hprGallring.

Figure B3: The graphs show the spread of the difference between manual reference measurements and hprGallring for all of Sweden. Negative values mean overestimate and positive values means underestimate of hprGallring.

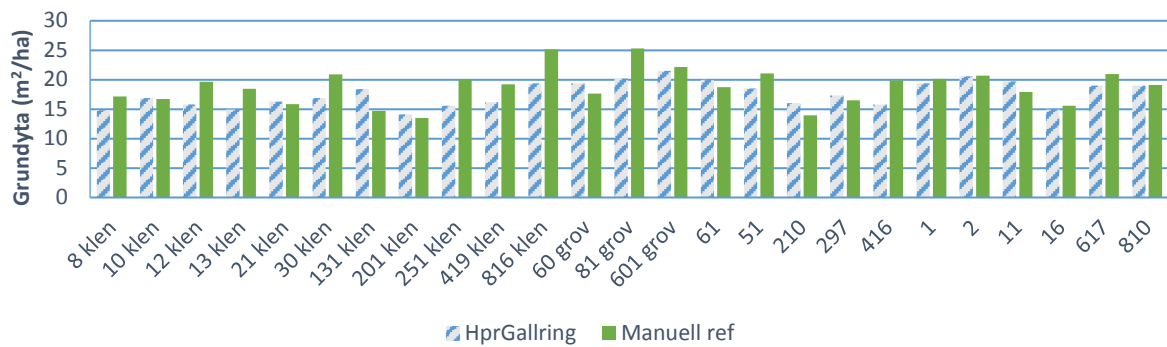
Bilaga 2-Resultatdiagram

Jämförelse mellan hprGallring och referens mätningen på enskilda beräkningsytor.



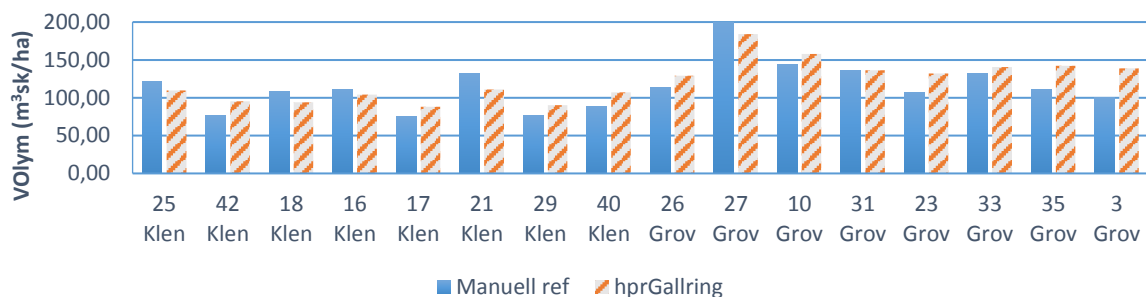
Figur B4: Jämförelse i grunddyta (m²/ha) för norra Sverige mellan referensmätning (Manuell ref) och värden för hprGallring för grunddytan i m²/ha för varje enskild beräkningsyta och grovlek.

Figure B4: Comparison for northern Sweden between reference measurement (Ref) and values for hprGallring of the basal area in m² / ha for individual stands and thickness.



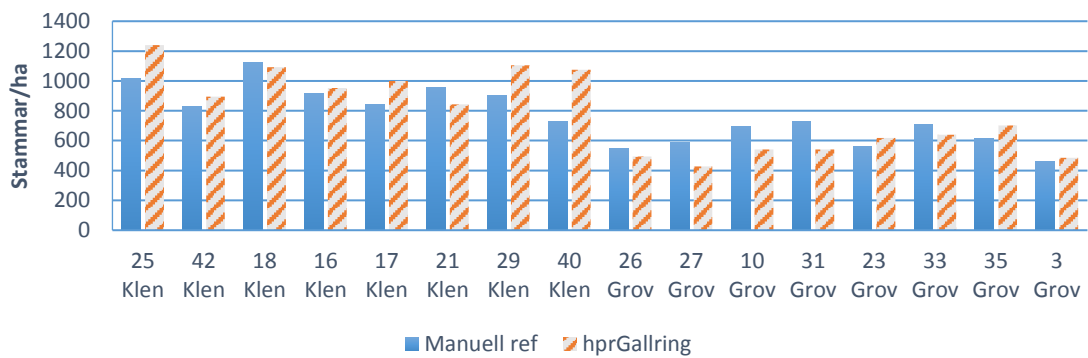
Figur B5: Jämförelse i grunddyta (m²/ha) mellan referensmätning (Manuell ref) och hprGallring för södra Sverige och för varje enskild beräkningsyta och grovlek.

Figure B5: Comparison in basal area (m²/ha) of reference measurement (Manuell ref) and values for hprGallring for southern Sweden and for individual stands and thickness



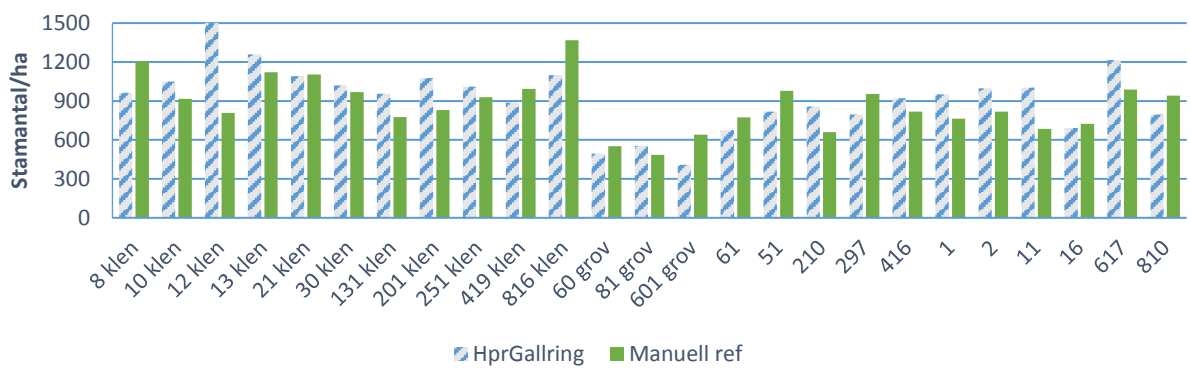
Figur B6: Jämförelse mellan hprGallring och referensmätning (Manuell ref) för kvarvarande volym (m³sk/ha) för norra Sverige och för enskilda beräkningsytor och grovlek.

Figure B6: Comparison between hprGallring and reference measurement (Manuell ref) for volume (m³sk/ha) for northern Sweden and for individual stands and thickness.



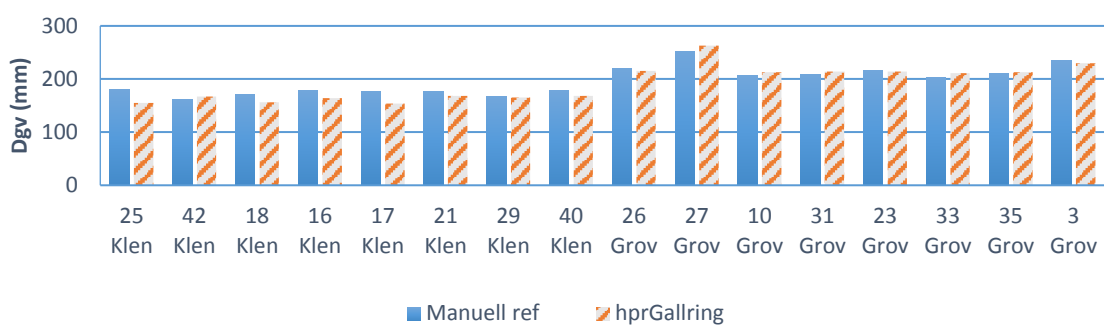
Figur B7: Jämförelse mellan referensmätning (Manuell ref) och hprGallring för stamantal/ha samt för enskilda beräkningsytor och grovlek.

Figure B7: Comparison between reference measurement (Manuell ref) and hprGallring for the number of stems/ha for individual stand and thickness.



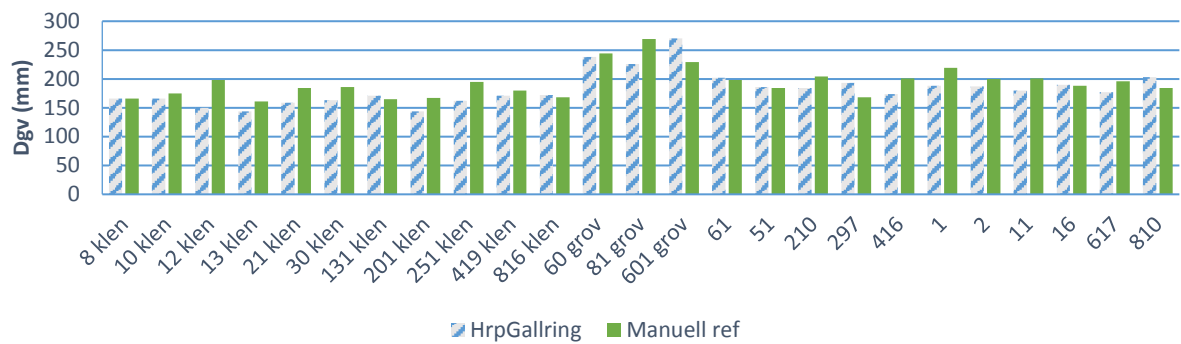
Figur B8: Skillnad i stamantal/ha mellan referensmätning (Manuell ref) och hprGallring för södra Sverige, enskilda beräkningsytor och grovlek.

Figure B8: Comparison in number of stems/ha between reference measurement (Manuell ref) and hprGallring for southern Sweden, individual stands and thickness.

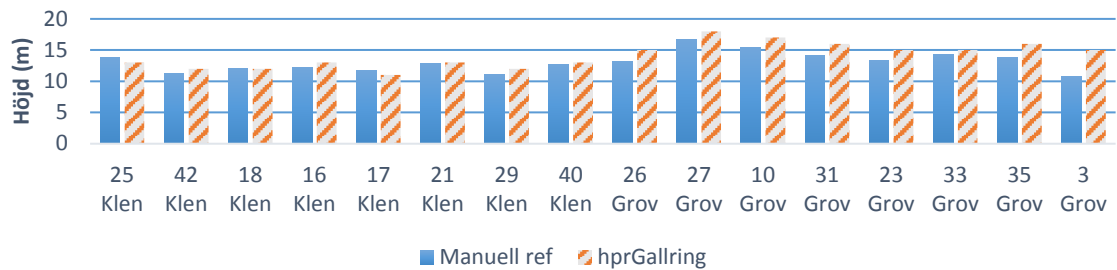


Figur B9: Jämförelse mellan referensmätning (Manuell ref) och hprGallring för grundtyevägd medeldiameter (Dgv mm) för norra Sverige, för enskilda beräkningsytor och grovlek.

Figure B9: Comparison between the reference measurement (Manuell ref) and hprGallring for basal area median diameter (Dgv mm) for northern Sweden, for individual stand and thicknesses.



Figur B10: Jämförelse mellan referensmätning (Manuell ref) och hprGallring för grundtytvägd medeldiameter (Dgv mm) för södra Sverige och för enskilda beräkningsytor och grovlek.
Figure B10: Comparison between the reference measurement (Manuell ref) and hprGallring for basal area median diameter (Dgv mm) for southern Sweden and for individual stand and thickness.



Figur B11: Jämförelse mellan referensmätning (Manuell ref) och hprGallring för grundtytvägd medelhöjd (Höjd m) för norra Sverige och för enskilda beräkningsytor och grovlek.
Figure B11: Comparison between reference measurement (Manuell ref) and hprGallring for the basal area weighted mean height (Höjd m) for northern Sweden and for individual stocks and thicknesses.