

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 922–2017

## **Gallringspunkter från fjärranalys**

Identification of thinning needs  
using remote sensing

Jon Söderberg, Erik Willén och Jonas Bohlin

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 922-2017

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

## Titel:

Gallringspunkter  
från fjärranalys.

Identification of thinning  
needs using remote sensing.

## Bildtext:

Exempel på gallringspunkter  
draperat på ett ortofoto.

## Foto:

Copyright Lantmäteriet,

## Ämnesord:

Gallring, fjärranalys,  
laserdata, flygbilder.

Thinning, remote sensing,  
laser data, photogrammetry,  
aerial photos.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

ISSN 1404-305X



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Jon Söderberg**, Jägmästare. Arbetar med digitaliserings- och planeringsfrågor, med fokus på fjärranalys, utbytesprognoser och användning av skördardata.



**Erik Willén**, är jägmästare med mer än 18 års erfarenhet av skoglig fjärranalys. På Skogforsk är Eriks expertområden geodata och fjärranalys för skoglig planering.



**Jonas Bohlin**, är lärare och doktorand vid SLU sen 12 år och jobbar med skattning av skogliga variabler med hjälp av fotogrammetri.

## Abstract

Forest estimates of tree height and basal area, based on remote sensing, may be used to map the need for forest thinning. Thinning templates are based on basal area, tree height and site productivity (site index) from forest stand databases. This project studied how forest estimates based on photogrammetry (aerial photos) may be used to map the need for forest thinning. These estimates were compared with forest estimates based on older LIDAR data updated with forest growth functions, using 75 field plots as reference.

The results show that mean height and tree diameter are estimated accurately from aerial photos, but basal area is underestimated by 17 percent. Operational use in forestry planning indicates that identifying the need for thinning based on updated LIDAR estimates is useful, but using newer aerial photos is not.

To improve mapping of thinning needs, new LIDAR data would be required.

## Förord

Denna rapport sammanfattar ett projekt som genomförts under 2016 i ett samarbete mellan Skogforsk, Bergvik Skog och BillerudKorsnäs. Projektet har finansierats via Skogforsk särskilda satsning för ökad produktivitet och skonsamhet. De fjärranalysskattningar som användes som bas är producerade av Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) inom ett FORMAS-finansierat projekt om dataassimilering för skogsbruket.

Täcksidan visar ett exempel på gallringspunkter draperat på ett ortofoto. Större punkter indikerar ett högre gallringsbehov. Notera stickvägarna från utförda gallringar i skogsområden utan indikation av gallringsbehov.

Uppsala 2017-01-20

Jon Söderberg, Erik Willén och Jonas Bohlin

# Innehåll

Förord .....	1
Sammanfattning.....	3
Bakgrund .....	4
Syfte och mål.....	4
Material och metoder.....	5
Studieområde.....	5
Skogliga skattningar från fotogrammetri.....	5
Framställning av gallringspunkter .....	6
Fältmätningar .....	7
Stratifiering/Klassificering.....	7
Inventering.....	9
Analys av resultaten.....	9
Resultat och diskussion .....	9
Gallringspunkter .....	9
Analys med fältdata .....	10
Rekommendationer för nyttjande .....	13

## Sammanfattning

Skogliga fjärranalysskattningar i form av laserskanning och fotogrammetri (stereofoton) av medelhöjd och grundyta kan användas för att kartera gallringsbehov. Tillsammans med ståndortsindex från skogliga register över beståndsdata produceras en gallringbehovskarta via traditionella gallringssmallar som bygger på övre höjd och grundyta.

Detta projekt syftade till att studera hur gallringsplaneringen blir mer effektiv med uppdaterade gallringspunkter producerade ur fjärranalysskattningar via fotogrammetri. Gallringspunkterna som i dag används bygger på laserdata som i huvudsak samlats in under åren 2009–2014. Över stora delar av landet börjar skattningarna bli gamla och en uppdatering behövs. Inga konkreta planer finns i dag för en ny nationell laserskanning. Nya skogliga skattningar kan tas fram genom bildmatchning av flygbilder, s.k. fotogrammetri, och genom Lantmäteriets bildförsörjningsprogram ska Sverige fotograferas med ett intervall på 2–4 år beroende på plats i landet. Studiens hypotes var att detta fotoomdrev skulle kunna bilda underlag för skogliga skattningar, även om kvaliteten inte är lika hög som för laserdata.

Målet med projektet är att utvärdera gallringspunkter producerade av flygbildsskattningar från 2015 mot gallringspunkter producerade via ajourhållna laserskattningar samt fältmätningar.

Gallringspunkter framställda ur flygbilder och fotogrammetriska metoder jämfördes med framräknade laserskattningar och fältdata. 75 punkter inventerades i fält och jämfördes med fjärranalysskattningar.

Resultaten visade att trädhöjd och medeldiameter skattas väl, medan skogens täthet inte fångas tillräckligt bra ur flygbilder. Grundytan underskattades med 17 procent mot 7 procent i framräknade laserskattningar.

Praktiska utvärderingar visade att framräknade laserskattningar fortfarande var användbara medan nya fotogrammetriskattningar inte bedömdes tillföra något värde.

För uppdatering av gallringspunkter på längre sikt bedöms att en ny laserskanning krävs.

## Bakgrund

Skogliga fjärranalysskattningar av medelhöjd och grundyta kan användas för att kartera gallringsbehov. Tillsammans med ståndortsindex från beståndsdata produceras en gallringbehovskarta via gallringsmallar som bygger på övre höjd och grundyta. Metoden är implementerad vid Bergvik Skog, men liknande funktioner används av flera skogsföretag. Användningen av gallringspunkter har kraftigt effektiviserat gallringsplaneringen och då främst i urvalet av bestånd att gallra. Med användningen av gallringspunkter försäkras planeraren att fältbesök fokuseras till områden med behov av gallring och mycket få ”bomträffar”, d.v.s. bestånd utan gallringsbehov. Dessutom kan behov på närliggande bestånd enklare identifieras.

Gallringspunkterna bygger på laserdata som i huvudsak samlats in under åren 2009–2014. Över stora delar av landet börjar skattningarna bli gamla och en uppdatering krävs. För en nationell laserskanning finns i dag inga konkreta planer på omdrev. Nya skogliga skattningar kan även tas fram genom bildmatchning av flygbilder, s.k. fotogrammetri, och genom Lantmäteriets bildförsörjningsprogram ska Sverige fotograferas med ett omdrev på 2–4 år. Det skulle kunna ge skogliga skattningar lika ofta som omdreven genomförs, även om kvaliteten inte skulle vara lika hög som om laserdata använts.

Med hjälp av flygbilder skattades skogshöjder och i ett gemensamt formasfinansierat projekt mellan Skogforsk och SLU producerades uppdaterade skattningar av skogsdata (medelhöjd, virkesvolym, medeldiameter och grundyta) med färsk flygbilder från 2015.

Skattningarna ställdes till förfogande av SLU under våren 2016 varefter de kunde användas av skogsbruket i olika tillämpningar. Gallringspunkter bedömdes som ett värdefullt användningsområde för att prioritera gallringsbehov i urvalet av bestånd inom Bergviks skogsinnehav.

## Syfte och mål

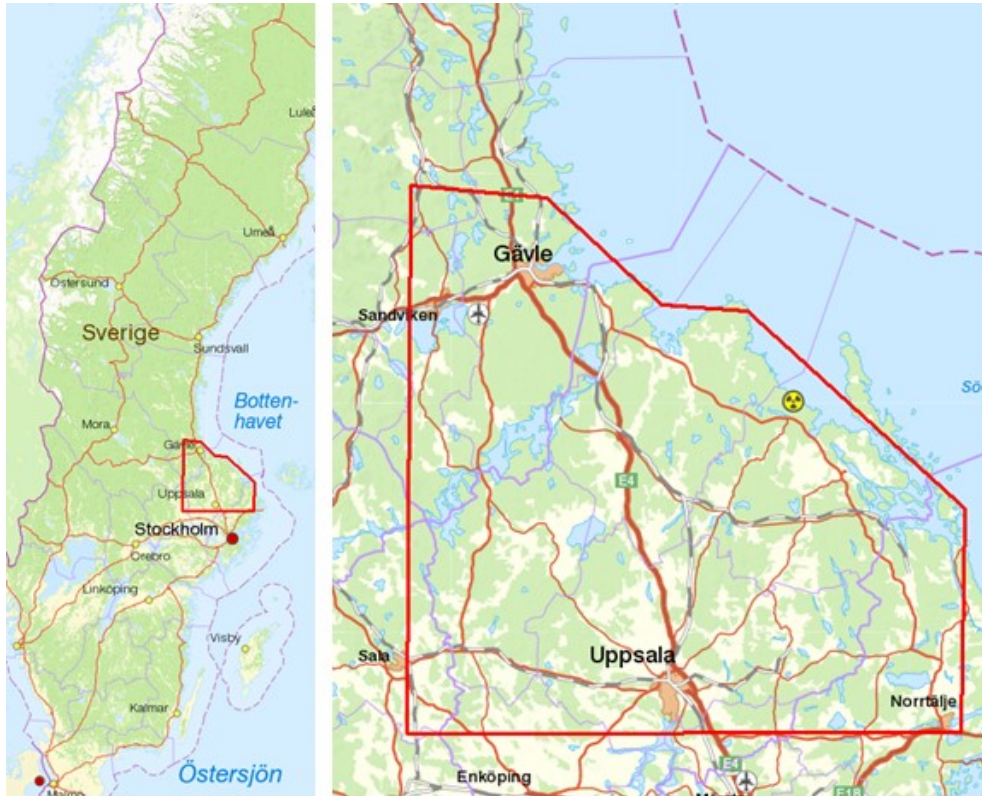
Projektet syftade till att studera om gallringsplaneringen kan bli lika effektiv med uppdaterade gallringspunkter producerade ur fjärranalysskattningar via fotogrammetri som dagens skattningar baserade på laserskanning.

Målet med projektet var att utvärdera gallringspunkter producerade av flygbildsskattningar från 2015 mot gallringspunkter producerade via ajourhållna laserskattningar samt fältmätningar.

# Material och metoder

## STUDIEOMRÅDE

Studieområdet begränsades till delar av markinnehavet för Bergvik Skogs innehav i Uppland och Gästrikland. Heltäckande fjärranalysskattningar av volym, grundyta och medeldiameter gjordes över området i Figur 1 medan gallringspunkter framställdes över Bergviks innehav inom området.



Figur 1.  
Karta över studieområdet, avgränsat med röd linje. © Lantmäteriet.

## SKOGLIGA SKATTNINGAR FRÅN FOTOGRAMMETRI

Området flygfotograferades sommaren 2015 på en flyghöjd av 3 700 meter över marken. Detta medför en pixelupplösning på ca 25 centimeter på marken samt med ett stereoöverlapp på 60 procent inom flygstråket och 30 procent mellan stråk. Flygfotograferingen utfördes av Lantmäteriet som en del av deras ordinarie omdrevsfotografering och bilderna levererades med orienteringsdata. Fotogrammetrisk processning av bilderna gjordes med verktyget *SURE*<sup>1)</sup> och punktmoln med maximal punkttäthet skapades (i princip varje pixel fick ett höjdvärde). Dessa punktmoln räknades om från höjd över havet till höjd över marken med hjälp av den nationella höjdmodellen skapad från laserskanning. 233 provtytor från Riksskogstaxeringen användes för att skapa regressionsmodeller som beskrev sambandet mellan inventerade skogliga variablerna och metriker (olika mått som exempelvis höjpercentiler och vegetationskvot) beräknade ur punktmolnen. Dessa regressionsmodeller användes tillsammans

<sup>1)</sup> Photogrammetric Surface Reconstruction from Imagery, utvecklat vid universitetet vid Stuttgart.

med det heltäckande punktmolnet från fotograferingen för att skatta de skogliga variablerna grundyta, grundytavägd medelhöjd, grundytavägd medeldiameter och virkesvolym för hela testområdet.

Vid utvärdering mot kontrolltaxerade bestånd nåddes medelfel på 7,7 – 10,5 procent för medelhöjd, 12,0 – 17,8 procent för medeldiameter 21,8 – 22,8 procent för volym och 17,7 – 21,1 procent för grundyta. Kontrolltaxerade bestånd inkluderar både gallrings- och slutavverkningsobjekt.

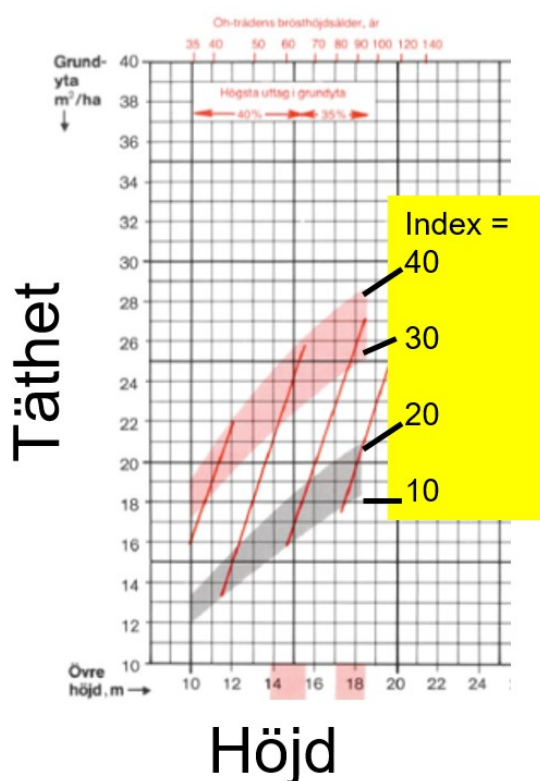
## FRAMSTÄLLNING AV GALLRINGSPUNKTER

Två olika typer av gallringspunkter producerades baserade på:

1. Fjärranalysskattning från laserdata (2010–2012) där de skogliga skattningarna framräknats med tillväxtfunktioner till 2015.
2. Fotogrammetriskattningar utförda 2015.

Gallringspunkterna producerades av Bergvik Skog med samma metod som användes för fjärranalysskattningar från laserdata. Metoden bygger på att skattningar av övre höjd och grundyta i rutor (pixlar) om 12–15 meter i kvadrat kombineras med ståndortsindex (SIH) från beståndsdata. Sedan användes vanliga gallringsmallar för att kvantifieras gallringsbehov med ett index, se Figur 2. Det resulterade i ett bedömt gallringsbehov per pixel.

Skattningar av övre höjd från fjärranalys beräknades med funktioner baserat från medelhöjd.



Figur 2.  
Indexering av gallringspunkter beroende av gallringsbehov.



Ett exempel från tidigare produktion av gallringspunkter på Bergvik Skog baserade på laserskanning återfinns i Figur 3. Gallringsbehovet visas baserat på trädhöjd och gallringsindex. Variationen inom bestånden fångas detaljerat och kan användas under drivningsplaneringen. Åtgärdsbehoven kan styras effektivare och eventuella gallringsbehov i närliggande bestånd identifieras.

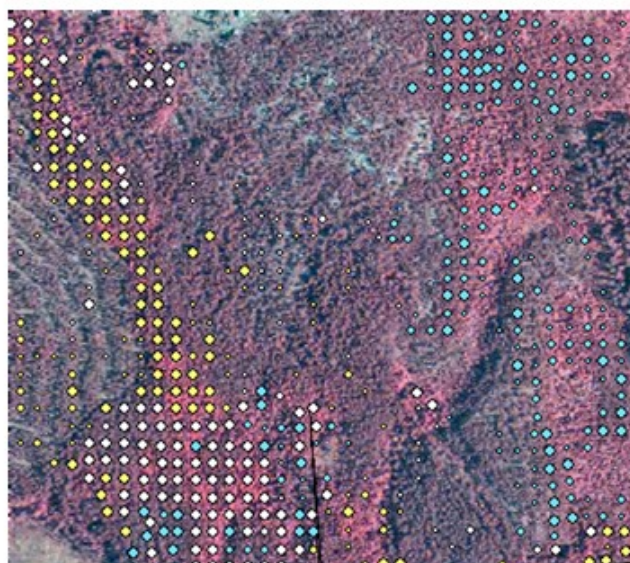
Erfarenheterna från användningen av gallringspunkter från flera olika skogsföretag visar att det även med gallringspunkter av god kvalitet finns ett behov av fältbesök. Vissa bestånd kan ha övergått från gallringsbehov till möjlighet att förnygringsavverkas, i andra fall identifieras gödslingsbehov inför en kommande avverkning.

### Teckenförklaring

#### Övre höjd, Gallringsindex

##### SYMBOL

○	>15 m, 31-40
●	>15 m, 26-30
•	>15 m, 21-25
·	>15 m, 20
○	13-15 m, 31-40
●	13-15 m, 26-30
•	13-15 m, 21-25
·	13-15 m, 20
○	<13 m, 31-40
●	<13 m, 26-30
•	<13 m, 21-30
·	<13 m, 20



Figur 3.

Exempel på gallringspunkter från Bergvik Skog med högre behov vid större ringar och färgerna indikerar trädhöjd.

## FÄLTMÄTNINGAR

### Stratifiering/Klassificering

För att identifiera områden för fältinventering, delades gallringspunkterna i olika klasser (stratifierades).

Tre klasser (strata) definierades:

- 1) Gallringsbehov i yngre gallringsskog (<15 meters medelhöjd),
- 2) Litet gallringsbehov i äldre gallringsskog (15–22 meters medelhöjd)
- 3) Stort gallringsbehov i äldre gallringsskog (15–22 meters medelhöjd).

Gallringsbehov i yngre skog definierades som gallringspunkter med ett gallringsindex över 20. Litet gallringsbehov i äldre skog definierades som gallringspunkter med ett gallringsindex mellan 20 och 25 och stort gallringsbehov i äldre skog med ett gallringsindex över 35.

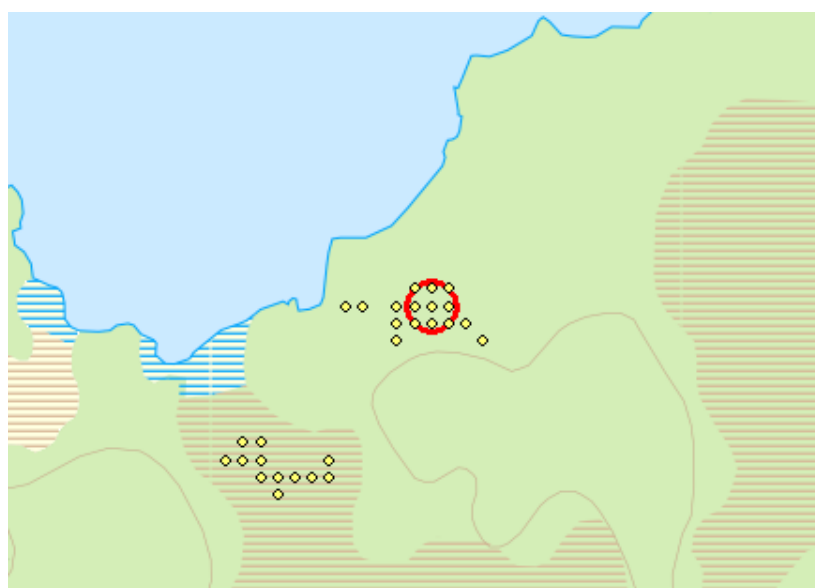
I varje klass jämfördes resultaten från skattningar av gallringspunkter med laserdata respektive fotogrammetri.

Totalt nio underklasser togs fram för inventering och analys, se Tabell 1.

Tabell 1.  
Sammanställning av klassificering av gallringspunkter för inventering.

Källa	Klassnamn	Beskrivning	Antal gallringspunkter	Andel, %
Laser	las u15	Gallringsbehov under 15 meter	74 368	74
Foto	foto u15	Gallringsbehov under 15 meter	1 280	1
Laser + foto	gem u15	Gallringsbehov under 15 meter	24 815	25
Laser	las låg	Litet gallringsbehov	49 124	36
Foto	foto låg	Litet gallringsbehov	21 918	16
Laser + foto	gem låg	Litet gallringsbehov	63 981	47
Laser	las hög	Stort gallringsbehov	17 175	20
Foto	foto hög	Stort gallringsbehov	6 928	8
Laser + foto	gem hög	Stort gallringsbehov	61 880	72

Ur varje ovan definierad klass utsöktes större områden som lämpade sig för inventering, d.v.s. kluster av gallringspunkter i en specifik klass. Målet var att hitta punkter omgivna av åtta punkter i samma klass (motsvarande en yta av knappt 3 000 m<sup>2</sup>), se Figur 4. Detta gjordes för att minska krav på precision vid GPS-navigering i tät skog samt att få med något större sammanhängande områden och inte enskilda punkter. För vissa klasser var det svårt att hitta en tillfredställande mängd kluster och kravet på åtta omgivande punkter fick sänkas till sju. Detta för att kunna fylla ambitionen att inventera åtta till tio ytor per klass.



Figur 4.  
Gallringspunkter (gula) i klassen "foto hög", den röda cirkeln markerar en potentiell inventeringsyta, där fotogrammetriskattningen påvisar ett kluster av punkter (3x3 punkter) med gallringsbehov medan laser-skattningen inte hittat något gallringsbehov. © Lantmäteriet.

## Inventering

Sammanlagt 75 provytor inventerades, enligt följande metod:

- För att hitta provytorna, navigerades med georefererade kartor och en Ipad med inbyggd GPS till provytan (låg precision).
- Provytecentrum registrerades med TopCon GRS 1 utan läsning av koordinater då detta var svårt att uppnå p.g.a. trädskronorna.
- Alla träd inom en tio meters radie klavades in, trädslag och brösthöjdsdiameter registrerades och höjden på två överhöjdsträd mättes.

## ANALYS AV RESULTATEN

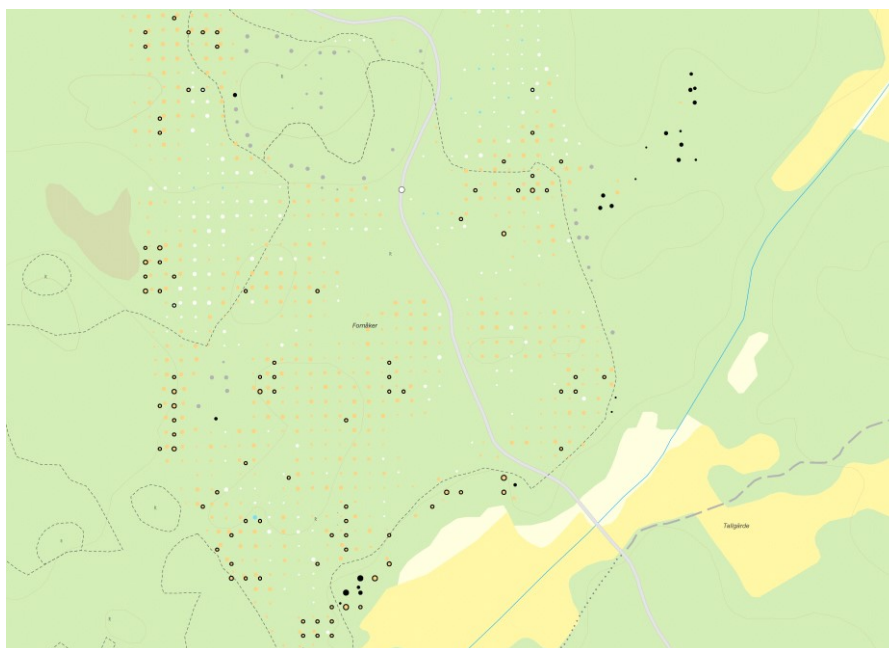
Analyser av resultaten gjorde både mot insamlade fältdata, men även i operativ drivningsplanering av Axel Eriksson, planeringsledare vid BillerudKorsnäs. Axel använde gallringspunkterna under förtolkningen till gallringsplaneringen och besökte sedan utvalda objekt i fält.

Insamlade fältdata sammanställdes över grunddyta, höjd (hgv) och medeldiameter (dgv) för respektive klassificering och analyserades i statistikpaketet R (R Core Team, 2016).

## Resultat och diskussion

### GALLRINGSPUNKTER

Figur 5 visar producerade gallringspunkter över ett område söder om Gimo. Inringade punkter är baserade på fotogrammetriskattningar medan övriga punkter är framräknade laserskattningar. Av figuren framgår att gallringspunkter baserade på laserskattningar täcker ett större område och är mer homogent fördelade jämfört med de färre och mer utspridda gallringspunkterna från fotogrammetriskattningar.



Figur 5. Gallringspunkter från framräknade laserskattningar (utan ring) och fotogrammetriskattningar (med ring). Gallringspunkter baserade på laserskattningar täcker ett större område och är mer homogent fördelade jämfört med de färre och mer utspridda gallringspunkterna från fotogrammetriskattningar. © Lantmäteriet.

Totalt identifieras betydligt större areal av gallringsbehov med framräknade laserskattningar än med fotogrammetri. Enbart 9 procent av punkterna identifierades med enbart fotogrammetri mot 47 procent gemensamma och 44 procent enbart framräknade laserskattningar. Det gäller i samtliga höjdklasser, men främst i skogen under 15 meter.

## ANALYS MED FÄLTDATA

Fördelningen av de 75 inventerade provytorna uppdelat på klasser ses i Tabell 2.

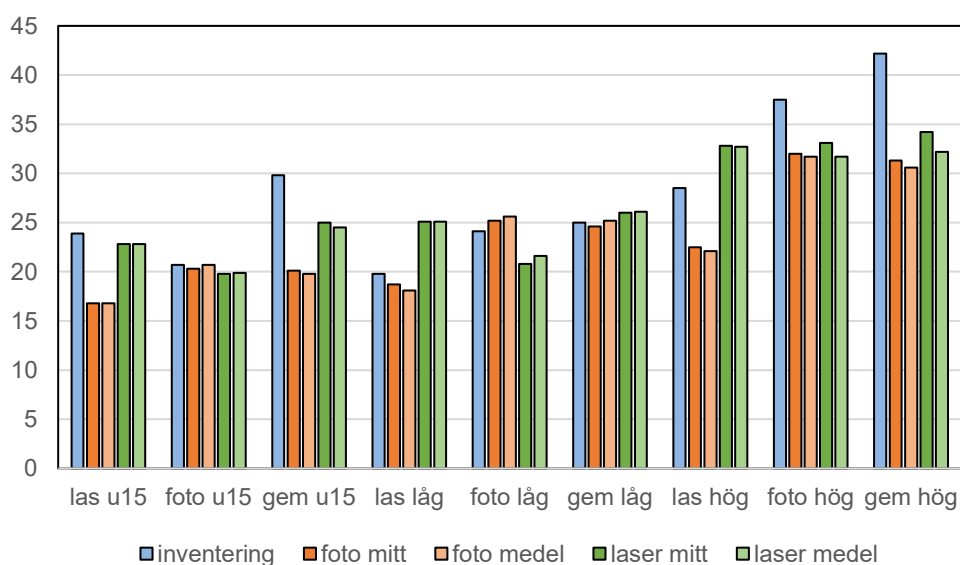
Tabell 2.

Antal inventerade provytor fördelat på klassificering.

	Las u15	Foto u15	Gem u15	Las låg	Foto låg	Gem låg	Las hög	Foto hög	Gem hög
Antal ytor	8	8	10	6	10	8	8	8	9

Fältdata sammanställdes per klass och för grundyta studerades skillnaden mellan underklasserna genom att medelvärdet från skattningarna för enbart mittpunkten (mitt) jämfördes med medelvärdet av nio punkter (medel), Figur 6. Skillnaderna mellan mitt och medel bedömdes små jämfört med skillnaderna mellan fältinventering (blå), fotogrammetriskattning (röd) och framräknad laserskattning (grön).

Grundyta ( $m^2 ha^{-1}$ )



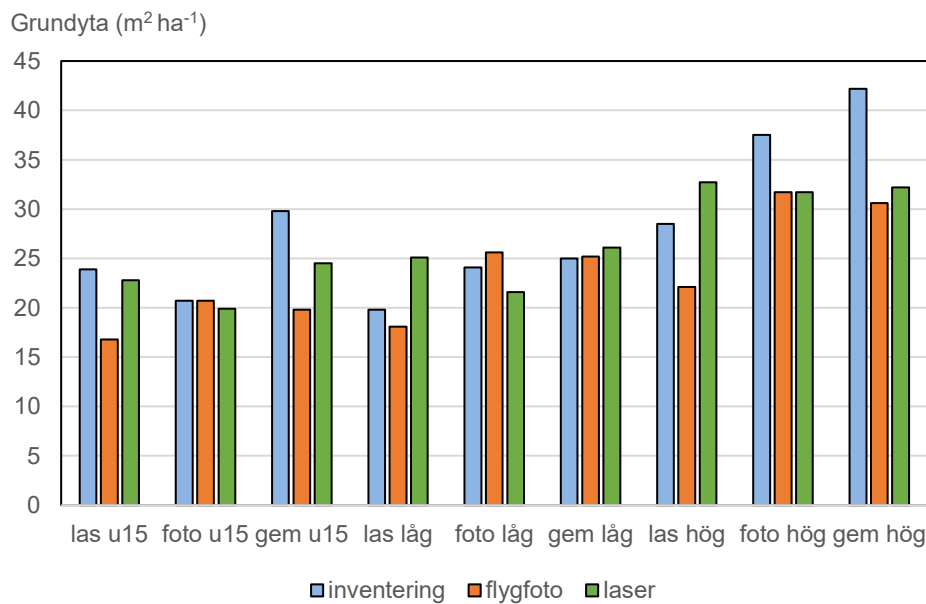
Figur 6.

Fältinventerad grundyta samt skattningar från en punkt (mitt) och medel av nio punkter (medel).

Figur 7 summerar observerad och skattad grundyta (mitt) och visar att grundytan generellt underskattas för bägge skattningarna. Grundytan underskattas med 7 procent med laserskattningar och 17 procent för fotogrammetriskattningarna.

Skillnaden mellan fältinventering och skattningarna förklaras av:

- Det skiljer en tillväxtsäsong mellan skattningarna 2015 och fältinventeringen sommaren 2016.
- Svårighet för fotogrammetri och laser att tränga ner under krontaket och bedöma skogens täthet. Laserdata har en större förmåga än fotogrammetri att tränga igenom trädkronan och kan därför bättre användas för täthetsmått.
- Tillväxtfunktionerna för grundyta, som användes för laserskattningen, kan eventuellt bidra till den underskattning som visas i resultatet.

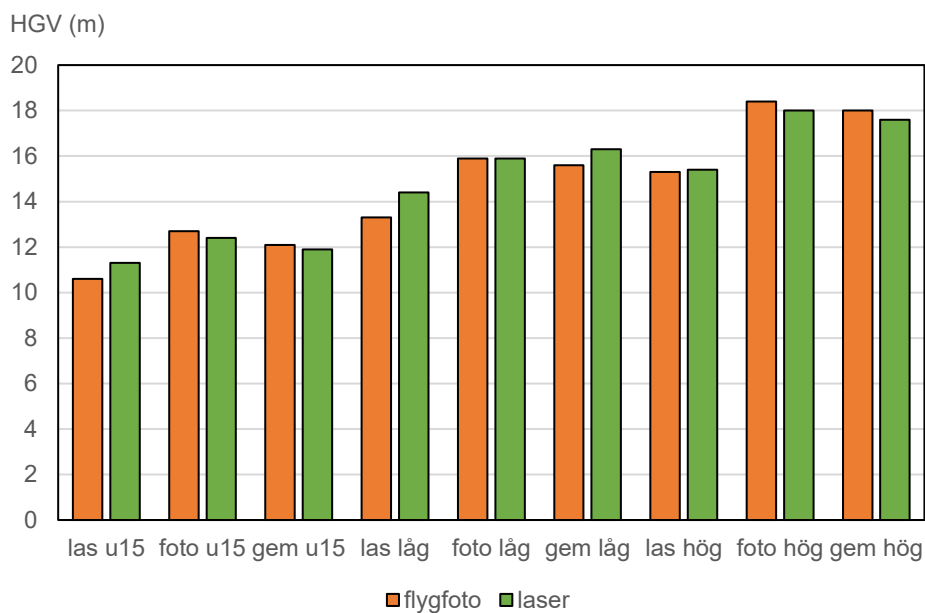


Figur 7.

Observerad och skattad grundyta visas som medelvärden för varje klass, inventerad grundyta (blå), skattning från fotogrammetri (röd) och framräknad skattning från laserskanning (grön).

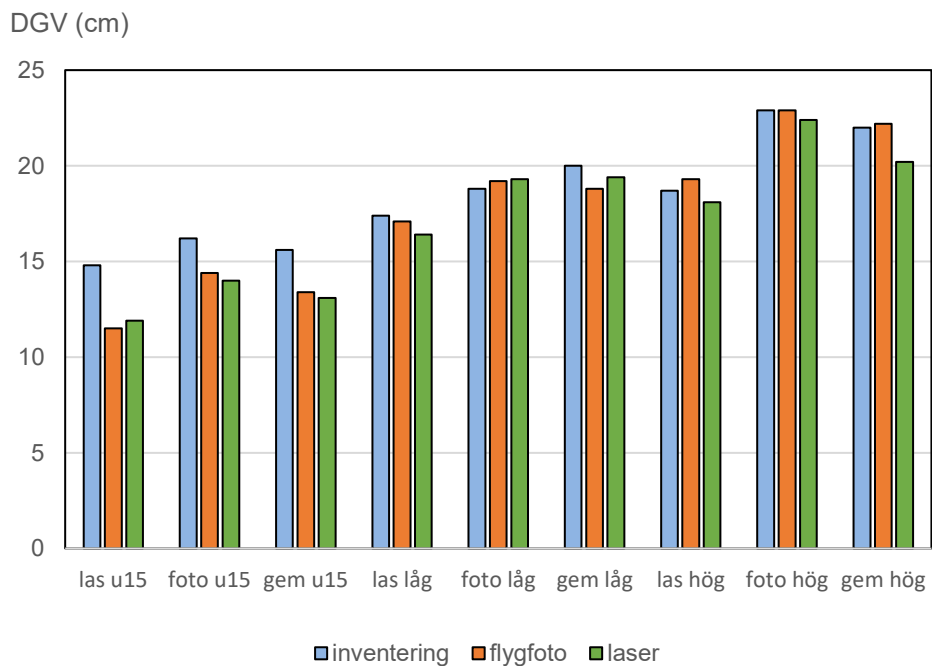
Den grundyt vägda medelhöjden, Figur 8, skiljer sig inte nämnvärt åt mellan framräknad laser- eller fotogrammetriskattning. Trädhöjden mäts bra med såväl laser som fotogrammetri<sup>2)</sup> och kan med fördel användas för vidare analyser.

<sup>2)</sup> Bohlin, J., Wallerman, J. and Fransson, J.E.S. 2014. A comparison of forest inventories based on aerial image matching and Airborne Laser Scanning data. Proc. Forest SAT 2014, A Bridge Between Forest Sciences, Remote Sensing and Geo-Spatial Applications, Riva del Garda, Italy, 4-7 November, 2014.



Figur 8.  
Klassvisa aritmetiska medelvärden för grundtyevägd medelhöjd för fotogrammetriskattning (röd) och framskrivnen laserskattning (grön).

När det gäller grundtyevägd diameter noterades en viss underskattning för bägge skattningarna, speciellt för den lägre skogen (under 15 meter), Figur 9. Differensen försvann sedan i högre skog och skillnader mellan skattningarna är inte statistiskt säkerställda.



Figur 9.  
Inventerad och skattad grundtyevägd medeldiameter som aritmetiska medelvärden grupperade per klass. Staplarna visar inventerad grundtyta (blå), skattning från fotogrammetri (röd) och framräknad skattning från laserskanning (grön).

Den praktiska utvärdering som utfördes av Axel Eriksson stärkte de resultat som analysen av fältdata visade. Betydligt färre områden identifierades med gallringsbehov från fotogrammetriskattningen och de bedömdes inte vara användbara operativt. Gallringspunkterna från framräknade laserskattningar bedömdes än så länge användbara även om felen i dessa ökar över tiden från laserskanningstidpunkten.

## REKOMMENDATIONER FÖR NYTTJANDE

- **Gallringspunkterna från flygbilder ger sämre resultat än framskrivna laserskattningar:**

Studien visar att det är bättre att integrera laserskattningarna med beståndsdata och skriva fram trädhöjd och grundyta än att basera dessa på nya fotogrammetriskattningar. Detta givet att inte andra större förändringar som storm- eller insektsskador påverkat skogen. Flygbildsskattning gav jämfört med fältinventerad grundyta en systematisk underskattning på 17 procent jämfört med 7 procent för laserskattning, jämfört med inventerad grundyta.

- **Medelhöjd jämförbar mellan flygbildsskattning och framskrivna laserskattningar:**

Medelhöjd från flygbildsskattningar kan användas som beslutsstöd för att bestämma när det kan vara aktuellt med förstagallring och för att inte gå in med gallring om skogen blivit så hög att risken för vindskador blir för stor.

- **Kvalitetssäkring av tillväxtfunktioner med nya trädhöjder från flygbildsskattningar:**

Då höjds-kattningar från flygbilder blir bra kan de fungera som kvalitetssäkring över tillväxtfunktionerna från äldre laserskattningar. I denna studie gav skattningarna från flygbilder och laserdata liknande resultat, men det kan lokalt finnas större avvikelser.

- **På sikt krävs ny laserskanning för uppdatering av gallringspunkter:**

Gallringspunkter har visat sig effektivisera gallringsplaneringen högst avsevärt och är ett starkt argument för en återkommande laserskanning med tillhörande skogliga skattningar av höjd, grundyta, medeldiameter och virkesvolym.





## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2015

### År 2015

- Nr 856 Widinghoff, J. 2015. Logistiklösning för delkvistat sortiment – Lätta skyddsplåtar på virkesbilar för transport av träddeklar och delkvistade sortiment. – Lightweight side-shields on timber trucks transporting partly delimbed energy wood. 15 s.
- Nr 857 Hannrup B, Bhuiyan N. Möller J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. – Nationwide evaluation of a system for automated follow-up of thinning. 56 s.
- Nr 858 Frisk, M., Rönnqvist, M. & Flisberg, P. 2015. Vägrust – Projektrapport. 2015. – Vägrust – Project Report. 48 s.
- Nr 859 Asmoarp, V. & Jonsson, R. 2015. Fokusveckor 2014. Bränsleuppföljning för tre fordon inom ETT-projektet, ST-RME, ETT1 och ETT2. – Monitoring fuel consumption of three rigs in the ETT project: ST-RME, ETT1 and ETT2 42 s.
- Nr 860 Johannesson, T. 2015. Ny teknik för askåterföring i skogsmark. – New technology for ash recycling on forest floor. 14 s.
- Nr 861 Asmoarp, V., Nordström, M. & Westlund, K. 2015. Stämmer väglagervolymer? – En fallstudie inom projektet "Skogsbrukets digitala kedja". – Are roadside stock volumes correct? – A case study in the Digital Chains in Forestry project. 17 s.
- Nr 862 Möller, J.J., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2015. Utveckling och test av beslutsstöd vid automatiserad gallringsuppföljning. – Development and test of decision-support tool for automated monitoring of thinning 38 s.
- Nr 863 Jonsson, R. 2015. Prestation och kvalitet i blädning med skördare och skotare. – Performance and costs in selective harvesting with harvester and forwarder. 27 s.
- Nr 864 Englund, M., Adolfsson, Niklas, Mörk, A., & Jönsson, P. 2015. Distribuerad arbetsbelysning – LED öppnar nya möjligheter för belysning hos arbetsmaskiner. – Distributed work lighting – LED lamps improve lighting on forest and agricultural machines. 20 s.
- Nr 865 Hofsten von, H. & Funck, J. 2015. Utveckling av HCT-fordon i Sverige. – HCT, heavier vehicle, truck design, ST, ETT. 28 s.
- Nr 866 Fridh, L. 2015. Utvärdering av fukthaltsmätare PREDIKTOR Spektron Biomass. – Evaluation of the Prediktor Spektron Biomass moisture content analyser. 10 s.
- Nr 867 Fridh, L. & Öhgren, J. 2015. Förstudie Automatisk skäppmätning av flis med laser. 20 s.
- Nr 868 Eriksson, A., Hofsten von, H. & Eliasson, L. 2015. Systemkostnader, logistik och kvalitetsaspekter för sju försörjningskedjor för stubbränslen. – System costs, logistics and quality aspects relating to seven supply chains for stump fuel. 29 s.
- Nr 869 Englund, M., Lundström, H., Brunberg T. och Löfgren, B. Utvärdering av Head up-display för visning av apteringsinformation i slutavverkning. 15 s.
- Nr 870 Löfroth, C. 2015. ETTaero – En förstudie av aerodynamisk utformning av skogsfordon. – A pilot study of aerodynamic design of forest vehicles 32 s.
- Nr 871 Grönlund, Ö., Iwarsson Wide, M., Hjerpe, T. och Sonesson, J. 2015. Skadeförekomst efter tidig gallring. – Damage after early thinning. 14 s.

- Nr 872 Fogdestam, N. & Löfroth, C. 2015 ETTdemo, demonstration av ETT- och ST-fordon. – ETTdemo, demonstration of ETT- and ST-vehicles. 34 s.
- Nr 873 Fridh, L. 2015. Produkttegenskaper för skogsbränsle. – Förslag till indelning, struktur och definitioner. – Forest fuel product characteristics- proposal for categories, structure and definitions. 46 s.
- Nr 874 Enström, J. 2015. Möjligheter till inrikes sjötransporter av skogsbränsle. – Possibilities for coastal maritime transport of forest fuel in Sweden. 22 s.
- Nr 875 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2015. Uttag av skogsbränsle vid avveckling av låg skärmar av björk. – Harvest of forest fuel when birch shelterwoods are removed. 15 s.
- Nr 876 Jacobson, S. 2015. Lågskärm av björk på granmark – Modellering av beståndsutveckling och ekonomisk analys. – The use of birch as a shelter in young Norway spruce stands – Modelling stand development and economic outcome. 39 s.
- Nr 877 Grönlund, Ö., Iwarsson Wide, M., Englund, M. & Ekelund, F. 2015. Sektionsgallring en arbetmetod för täta kläna gallringar. – Thinning in Sections – a work method for small-tree harvest. 17 s.
- Nr 878 Eliasson, L. & Nilsson, B. 2015. Skotning av GROT direkt efter avverkning eller efter hyggeslagring. – Forwarding of logging residue immediately after felling or after stor age on the clear-cut. – Effects on nutrient extraction, needle shedding, and moisture content. 10 s.
- Nr 879 Eriksson, B., Widinghoff, J., Norin K. & Eliasson, L. 2015. Processkartläggning – Ett verktyg för att förbättra försörjningskedjor. – Process mapping – a tool for improving supply chains. 46 s.
- Nr 880 Möller, J.J., Nordström, M. & Arlinger, J. 2015. Förbättrade utbytesprognoser. – En förstudie genomförd hos SCA, Sveaskog och Södra. – Improved yield forecasts – a pilot study by SCA, Sveaskog and Södra. 14 s.
- Nr 881 von Hofsten, H. 2015. Vägning med hjälp av inbyggda vågar i fjädringen på lastbilar. – Payload weighing using onboard scales connected to the air suspension of trucks. 10 s.
- Nr 882 Rosvall, O., Kroon, J. & Mullin, T.J. 2015. Optimized breeding strategies at equivalent levels of population diversity. 61 s.
- Nr 883 Högbom, L. & Rytter, R.-M. 2015. Markkemi och fastläggning av C och N i bestånd med snabbväxande trädslag - Etapp 2. – Slutrapport till Energimyndigheten 2015. – Soil chemistry and C and N sequestration in plantations with fast-growing tree species – Phase 2. – Final report to The Swedish Energy Agency 2015. 17 s.
- Nr 884 Hannrup, B., Andersson, M., Henriksen, F., Högdahl, A., Jönsson, P. & Löfgren, B. 2015. Utvärdering av V-Cut – en innovation med potential att minska förekomsten av kapsprickor. – Evaluation of V-Cut – an innovative saw bar with potential to reduce the occurrence of bucking splits. 32 s.
- Nr 885 Willén E. & Andersson, G. 2015. Drivningsplanering. En jämförelse mellan sju skogsföretag – A comparison of seven forest companies 2015. 31 s. + Bilaga 2-8.
- Nr 886 Johansson, F. 2015. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon 2014. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT and ST vehicles 21 s.
- Nr 887 Högberg, K.A. 2015. Selektionseffekter vid förökning av gran med somatisk embryogenes. – Selection effects of somatic embryogenesis in propagation of Norway spruce. 11 s.

- Nr 888 Enström, J. & von Hofsten, H. 2015. ETT-Chips 74-tonne trucks – Three 74-tonne chip trucks monitored in operation over one year. 23 s.
- Nr 889 Rytter, L., Stener, L.G. 2015. Gråal och hybridal.-En potential för ökad energiinriktad produktion i Sverige. – Grey alder and hybrid alder-Potentials for increased biomass production for energy in Sweden. 28 s.
- Nr 888 Enström, J. & von Hofsten, H. 2015. ETT-Chips 74-tonne trucks – Three 74-tonne chip trucks monitored in operation over one year. 23 s.
- Nr 889 Rytter, L., Stener, L.G. 2015. Gråal och hybridal.-En potential för ökad energiinriktad produktion i Sverige. – Grey alder and hybrid alder-Potentials for increased biomass production for energy in Sweden. 28 s.
- Nr 890 Asmoarp, V. & Enström, J. 2015. Fokusveckor 2015-Bränsleuppföljning för ETT 74 tons flisfordon inom projektet ETT-Flis. – Focus Weeks 2015 Monitoring fuel consumption of a 74-tonne chip truck in the ETT project. 25 s.
- Nr 891 Johannesson, T., Enström J. & Ohls, J. 2015. Test av paraffinolja för att motverka fastfrysning av flis i containrar. – Test of paraffin oil to prevent wood chips freezing onto surfaces in steel containers. 5 s.

#### År 2016

- Nr 892 Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.
- Nr 893 Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.
- Nr 894 Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost (*Thekopsora areolata*) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection (*Thekopsora areolata*) by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.
- Nr 895 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.
- Nr 896 Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.
- Nr 897 von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.
- Nr 898 Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.
- Nr 899 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 – Automatic follow-up of thinning.- Stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient.. 47 s.

- Nr 900 Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.
- Nr 901 Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flissystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.
- Nr 902 Enström, J., Asmomar, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.
- Nr 903 Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.
- Nr 904 Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.
- Nr 905 Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.
- Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförers travmätning – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.
- Nr 907 Björheden, R. 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd - en litteraturstudie. – Mechanised harvesting of large-size hardwood trees – a literature study. 26 s.
- Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd.– Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.
- Nr 909 Brunberg, T. & Lundström, H. 2016. Tidsåtgång och bränsleåtgång vid användning av sortimentsgripen 2014-Evaluation of assortment grapple 2014 in terms of processing time and fuel consumption. 19 s.
- Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.
- Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundström, H. 2016. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.
- Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner J. 2016. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in heavy-timber final felling. 38 s.
- Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.
- Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potentialer till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.

- Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie. – Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.
- Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.
- Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & Eliasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar. – Effect of compaction on forest roads. 24 s.
- Nr 918 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, B., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Cutting capacity of saw chains – a comparative study. – Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. Ss. 38.
- Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk, M., Flisberg, Patrik & Rönnqvist Mikael. VägRust på SCA. En analys av vägupprustningsbehov på SCA Skog AB:s tre sydliga förvaltningar. – Decreased cost of logistics with RoadOpt. An analysis of road upgrading needs on three southern holdings at SCA Skog AB. 35 s.

#### År 2017

- Nr 920 Bergqvist, M., Bradley, A., Björheden, R. & Eliasson, L. 2017. Validering av STP (Surfacing Thickness Program) för svenska förhållanden – Validation of the Surfacing Thickness Program (STP) in Swedish conditions. 40 s.
- Nr 921 Eriksson, B. & Sääf, M. 2017. Branschanalys-Ekonomiska prestationer i entreprenadskogsbruket. – Sector analysis: economic performance in contractor forestry. 31 s.
- Nr 922 Söderberg, J., Willén, E. & Bohlin, J. 2017. Gallringspunkter från fjärranalys. – Identification of thinning needs using remote sensing. 14 s.

## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

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

### FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Förädling
- Skogsskötsel
- Driftsystem
- Värdekedjor

### UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### KUNSKAPSFÖRMEDLING

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

Från Skogforsk nr. 922–2017



[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)