

ARBETSRAPPORT 1272-2026

Virkesvärdestest 2025

Wood Value Trials 2025

Björn Hannrup, Astrid Bygge, Emil Edin, Lovisa Engberg Sundström,
Johan J. Möller, Mats Richardson, Anders Rowell & John Arlinger



Mätning av kaptid under en frostig fältdag.

Innehåll

Förord	5
Summary	6
Sammanfattning	9
Bakgrund	12
Syfte	12
Förutsättningar och studieupplägg	12
Allmänna förutsättningar	12
Datainsamling.....	13
Testade system.....	15
Väderförhållanden under testperioden	15
Delstudie 1: Mätning av längd och diameter	17
Syfte	17
Material och metoder	17
Resultat och diskussion	19
Längdmätning	19
Diametermätning	22
Beräkning av volym under bark	25
Stamhållning	26
Delstudie 2: Styrning av produkttillredning	29
Syfte	29
Material och metoder	29
Produktinstruktioner.....	29
Trädslagsinstruktioner	31
Objektinstruktioner.....	31
Urval av stammar och stamkvaliteter	31
Metoder för utvärdering.....	32
Resultat och diskussion	33
Stöd för och efterlevnad av apteringsfunktioner.....	33
Apteringskvalitet – Värdeaptering	34
Apteringskvalitet – Fördelningsaptering.....	36
Apteringskvalitet – Hantering av toppar	39
Möjlighet att uppdatera styrning.....	43
Delstudie 3: Övriga centrala funktioner i StanForD 2010	45

Syfte	45
Material och metoder	45
Frågeformulär	45
Resultat och diskussion	46
StanForD version 4.1	46
Produktionsrapportering	46
Kvalitetssäkring av maskinernas mätning	51
Driftuppföljning.....	52
Geografisk kartinstruktion	53
Delstudie 4: Kaptid och kedjehastighet.....	54
Syfte	54
Material och metoder	54
Resultat och diskussion	57
Kedjehastighet	57
Kaptid	58
Kaptidens utveckling över tid.....	59
Koppling mellan kaptid och förekomsten av kapsprickor	60
Delstudie 5: Avverkningskador.....	62
Syfte	62
Material och metoder	62
Kapsprickor	62
Dubbskador.....	64
Barkskador	65
Resultat och diskussion	65
Kapsprickor	65
Utveckling av förekomst av kapsprickor över tid.....	69
Dubbskador.....	70
Dubbskador i virkesmättningsbestämmelser	70
Utveckling av förekomsten av dubbskador över tid	71
Barkskador	72
Delstudie 6: Positionering	75
Syfte	75
Material och metoder	75
Resultat och diskussion	76
Stampositionering.....	76
Stockpositionering	78

Referenser	80
Bilaga 1	82
Längdmätningar	82
Hypotestestning för längdmätningar	84
Diametermätningar	85
Hypotestestning för diametermätningar	88
Korrigerade standardavvikelser för diametermätningar	89
Historiska resultat	90
Ovalitet	91
Bilaga 2	95
Produktmatriser använda under test	95
Timmer för värdeapatering	95
Timmer för fördelningsapatering	95
Kubb	96
Massaved	96
Bilaga 3	97
Stamprofiler och massavedslängder vid beräkning av apteringsgrad	97
Stamprofil från skördarmätning	97
Stamprofil från kontrollmätning	97
Stamprofil från kontrollmätning vid toppbrott	97
Bilaga 4	98
Stöd för övriga apteringsinställningar	98
Bilaga 5	99
Stockdimension per stocknummer	99
Bilaga 6	100
Energivärde för avskavd bark	100



skogforsk

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts maj månad 2026 av Maria Iwarsson Wide, programchef Värdeskapande ekosystemtjänster och Petrus Jönsson, programchef Produktions- och försörjningssystem. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 17 juni 2026.

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se

©Skogforsk 2026 ISSN 1404-305X

Förord

Under Skogforsks Virkesvärdestester studeras hur skördare från de ledande maskintillverkarna tillvaratar virkesvärdet vid föryngringsavverkning. Sådana tester har genomförts med ett liknande försöksupplägg vid fyra tidigare tillfällen sedan 1995. Denna rapport beskriver genomförande och resultat från Virkesvärdestestet som genomfördes under hösten 2025. Syftet med studien har varit att ge en nulägesbeskrivning av hur olika skördare presterar inom centrala områden, att relatera resultaten till utvecklingen över tid och därigenom bidra till att den tekniska utvecklingen drivs framåt. Studien har finansierats av medel från Skogforsks ramprogram samt genom medlemsavgifter från medlemmarna i StanForD-gruppen.

Det aktuella virkesvärdestestet genomfördes under hösten 2025 i norra Uppland med Stora Enso som markvärd. Kontaktpersoner från Stora Enso var Anna Femling, Jenny Medén och Martin Whillans.

Under testet i skogen medverkade ett stort antal personer från de maskin- och styrsystemtillverkande företag som deltog i testet:

Eco Log

Thomas Lindström
Roger Vahlberg (förare)

SP Maskiner

Magnus Hansson
Anders Johansson
Anders Svensson

Dasa

Hampus Alfengård

John Deere

Erik Kindlund
Antti Korkiakoski
Niclas Malmberg (förare)
Heikki Pyykkö
Frans Sjölander
Thomas Åström

Komatsu

Daniel Linder
Per Lysebäck (förare)
Marcus Persson
Johannes Svegbo
Fredrik Tjernberg
Tobias Värnlund

Log Max

Gustav Leonardsson
Erik Palm
Dennis Peil
Henrik Persson
Roger Nylén (förare):
Boda Skogstjänst AB

Logset

Andreas From
Tom Knipström
Nicklas Nygård
Magnus Pedersen
Dan Österåker
Daniel Dahlström (förare):
ELK Skogsentreprenad AB

Ponsse

Esko Havimäki
Marko Savolainen
Peter Sundlöf
Edwin Andersson (förare):
Håkan Andersson Skogsvård AB

Rottne

Fredrik Carlsson
Mathias Paulsson (förare)

I studien utförde Jonas Hemmingsson och Maria Östlund från Biometria de manuella referensmätningarna av stockarnas längd och diameter. All övrig referensmätning utfördes av personal från Skogforsk.

Studieupplägg, kontakter med deltagande företag och analys av data har skett av en arbetsgrupp bestående av Astrid Bygge, Emil Edin, Lovisa Engberg Sundström, Björn Hannrup, Johan J. Möller, Mats Richardson och Anders Rowell, samtliga från Skogforsk, samt av John Arlinger från JDA Forest.

Ett varmt Tack till alla som bidragit till studien!

Björn Hannrup (Projektledare)

Summary

In cut-to-length harvesting, the bucking systems of harvesters and their wood handling are key factors in achieving a high recovery of timber value. On four previous occasions, in 1995, 2001, 2006, and 2016, Skogforsk has conducted tests of bucking systems from leading manufacturers. The current test, *Wood Value Trials 2025*, was carried out using a similar setup as in the previous tests and aimed, under production-like conditions, to compare seven machine systems in terms of dimension measurement, bucking, cross-cutting, log processing, and compliance with central requirements and rules in the StanForD2010 standard. New for the latest test was an evaluation of the harvesters' accuracy in positioning stems and logs.

Wood Value Trials 2025 were carried out in northern Uppland, Sweden, with Stora Enso as the host. The machine systems were tested in three stages. In the first stage, chain speed during cutting and cutting time were measured. In a second stage, 30 spruce stems and 10 pine stems per machine system were harvested. Measurement data from these stems formed the basis for evaluation of control functions, dimension measurement, value bucking, harvest damage, and positioning. In the final stage, all machine systems harvested stems corresponding to approximately 500 sawlogs. Based on these stems, the machine systems' length distribution bucking and control of pulpwood bucking were evaluated.

The machine systems' dimension measurement was evaluated by comparing the machines' measurements with manual control measurements of length and diameter. The manual control measurements were performed by quality technicians from Biometria. In the analysis, the proportion of measurements within ± 2 cm of the control measurements for lengths and within ± 4 mm for diameters was calculated. The analysis also included calculation of the standard deviation between the machines' measurements and the control measurements.

The results for length measurements showed that the average proportion of measurements within ± 2 cm for all machine systems was 91.6 percent for sawlog products, and that the standard deviation was 1.4 cm. For the two harvesters that showed the best length measurement performance, the corresponding values were 99 percent and 0.9 cm, respectively. The differences noted between harvesters, except for one harvester that had a calibration error, were not statistically significant. Compared with the results from the previous wood value trials (2016), however, a statistically significant improvement in length measurement accuracy was observed. The favourable development noted since 1995 has thereby continued.

For diameter measurements, the average proportion of measurements within ± 4 mm of manual control measurements for all machine systems was 79.1 percent, and the standard deviation was 3.78 mm. For six of the harvesters, the differences in the proportion of measurements within ± 4 mm were small, ranging from 78 to 82 percent. Larger differences were noted in standard deviation, ranging from 3.0 to 4.1 mm. Compared with previous wood value trials, no improvement was noted for the proportion of measurements within ± 4 mm, but a statistically significant improvement in standard deviation was observed. This indicates that the limiting factor for diameter measurement is primarily the calibration procedure rather than measurement capability.

The manual control measurements of length and diameter of the logs from the 30 spruce stems were also used to evaluate the accuracy of the harvesters' volume determination. For six of the seven machine systems, the deviations between total under-bark volume calculated in the harvesters and that calculated from manual control measurements were within ± 2 percent. For one of the machine systems, a larger deviation was noted due to the use of an incorrectly configured bark function.

The bucking yield (value recovery) indicates how well the harvester's bucking utilises the theoretical maximum timber value. In the test, the bucking yield, based on harvester-measured length and diameter data, varied between 98.8 and 99.3 percent for the participating machine systems. On average, the bucking yield was 99.1 percent, which is 0.3 percentage points higher than in 2016. The high bucking yields show that value bucking performs well in all machine systems, thanks to accurate stem predictions and well-functioning value optimisation. The bucking yield based on control-measured length and diameter data varied between 96.1 and 98.4 percent, with an average of 97.8 percent. This is 0.5 percentage points higher than in 2016. When the evaluation is based on control measurements instead of harvester measurements, the bucking yield decreases, which is caused by measurement errors in the harvesters' length and diameter measurement.

Follow-up of the harvesters' length distribution showed that length distribution bucking generally worked well. Except for one machine system, the measured length distribution degrees were in line with reference values from simulations of bucking of the same stems. Six of the seven machine systems supported minimum diameter search according to StanForD 2010, but the evaluation of functionality indicated potential for improvement in the harvesters' handling of stem tops. A proposed target for final felling of spruce is that both the mean and median values for diameter at the last cut should be below 60 mm.

For all machine systems, chain speed during cutting in wood was below the maximum allowed value of 40 m/s. A novelty in this year's test was that three of the machine systems were equipped with rotational speed sensors in the saw motor, resulting in improved initial calibration of chain speed. Results from measurements of cutting time showed an even spread between machine systems. The system with the shortest cutting time was approximately 16 percent faster than the system with the longest cutting time. Differences were greatest at smaller log diameters and generally decreased with increasing size. Compared with the Wood Value Trials 2016, no clear change in average cutting time could be observed.

Follow-up of the harvesters' wood handling showed that the proportion of logs with deep spike damage was unchanged compared with the 2016 test. For three of the machine systems (John Deere, Rottne and Komatsu), no logs had spike penetration exceeding 7 mm. For the remaining four machine systems, the proportion of logs with penetration exceeding 7 mm exceeded the limit in timber measurement regulations of 5 percent.

On average, 48 percent of the logs had bucking splits at the butt end and 23 percent at the top end, when cut without support. The splits were on average 67 mm long at the butt end and 53 percent at the top end. The results for split proportion were almost identical to those from the Wood Value Trials 2016, but there was a tendency for slightly shorter splits. The lowest proportion and shortest splits were noted for the John Deere system in this year's test.

Follow-up of bark damage showed that, on average for all machine systems, 4.1 percent of the log circumference had bark damage down to the wood surface and 6.2 percent down to the inner bark, respectively. The energy value of the removed bark was estimated to average 3 SEK per m³ of harvested timber. The extent of bark damage was similar to that observed in the timber value trials 2016.

For all tested control systems, reading of instruction files according to StanForD 2010 (oin, pin and spi) worked well, and for six of the seven machine systems, these could also be updated during ongoing production. However, it was noted that although species instruction files (spi) can be updated during production in most control systems, the workflow could be simplified. Production reporting is now established, with many functions implemented, such as tracking of logs and stem codes. Two control systems (three machine manufacturers) had implemented StanForD 2010 version 4.1 during the test, which is the latest version. This includes new functions for operational follow-up, positioning, such as highly accurate crane tip positioning, simplified interruption recording, and new bark functions (e.g. for birch).

Positioning of stems (stump position) had been implemented by Ponsse, John Deere and Komatsu. Due to a technical fault, Ponsse did not use RTK correction during the test and showed an average error of 1.38 m with a combined standard deviation of 0.98 m. John Deere and Komatsu both used RTK correction; John Deere showed an average error of 0.23 m (combined standard deviation 0.25 m) and Komatsu an average error of 0.16 m (combined standard deviation 0.19 m). These results are very good, as they indicate the possibility of clearly distinguishing individual trees during harvesting.

Only Komatsu had implemented log positioning in this test and reported both the centre point and orientation of the logs. The centre point had an average error of 0.42 m and a combined standard deviation of 0.52 m. The average error for orientation was 7.4 degrees with a standard deviation of 4.2 degrees. Given the additional challenges involved in positioning logs compared with stems, these results can be considered very good.

The results from the positioning tests show that both stems and logs can be positioned with very high precision. This information will very likely lead to valuable applications in the near future. All manufacturers should work towards implementing positioning solutions for stems and logs.

In summary, the results from Wood Value Trials 2025 show that the participating machine systems, with reservations for the remarks highlighted in this report, have: (i) a very high ability to utilise timber value in final felling, and (ii) good compliance with central requirements and rules according to StanForD 2010. The steady increase in harvesters' capability to utilise timber value observed since 1995 has continued in this year's test, but there are signs of a slowdown. To prevent this favourable development from stagnating, it is important that technical development of harvesters continues, with a focus on timber value. One possible approach is to develop technology that improves handling of value-affecting factors, such as stem curvature and rot in the wood.

Sammanfattning

Vid avverkning med kortvirkesmetoden är skördarnas apteringssystem och deras virkesbehandling nyckelfaktorer för att nå ett högt tillvaratagande av virkesvärdet. Vid fyra tidigare tillfällen, 1995, 2001, 2006 och 2016 har Skogforsk genomfört tester av apteringssystem från de ledande tillverkarna. Det nu aktuella testet, Virkesvärdestest 2025, genomfördes med liknande upplägg som i de tidigare testerna och syftade till att under produktionsliknande förhållanden jämföra sju maskinsystem med avseende på dimensionsmätning, aptering, kapning, virkestillredning och efterlevnad av centrala krav och regler i standarden StanForD2010. Nytt för årets test var en utvärdering av skördarnas noggrannhet i positionsbestämningen av stammar och stockar.

Virkesvärdestest 2025 genomfördes i norra Uppland med Stora Enso som markvärd. Maskinsystemen testades i tre etapper. I en första etapp gjordes en kontroll av kedjehastigheten vid kap samt mätning av kaptid. I en andra etapp avverkades 30 granstammar och 10 tallstammar per maskinsystem. Mätdata från dessa stammar utgjorde basen för utvärdering av styrningsfunktioner, dimensionsmätning, värde-aptering, avverknings-skador och positionering. I den avslutande etappen avverkade samtliga maskinsystem stammar motsvarande ca 500 timmerstockar. Baserat på dessa stammar utvärderades maskinsystemens fördelningsaptering och styrning av massavedsaptering.

Utvärderingen av maskinsystemens dimensionsmätning gjordes genom jämförelse mellan maskinernas mätningar och manuella kontrollmätningar av längd och diameter. De manuella kontrollmätningarna utfördes av kvalitetstekniker från Biometria. I analysen beräknades andelen mätningar inom ± 2 cm från kontrollmätningarna för längderna samt andelen mätningar inom ± 4 mm för diametrarna. Analysen innefattade även beräkning av standardavvikelsen mellan maskinernas mätningar och kontrollmätningarna.

Resultatet avseende längdmätningarna visade att den genomsnittliga andelen mätningar inom ± 2 cm för samtliga maskinsystem var 91,6 procent för timmersortimenten, och att standardavvikelsen var 1,4 cm. För de två skördare som uppvisade bäst längdmätning uppgick motsvarande värden till 99 procent respektive 0,9 cm. De skillnader som noterades mellan skördare var, med undantag för en skördare som misslyckats med kalibreringen, inte statistiskt säkerställda. I jämförelse med resultaten från föregående virkesvärdestest (2016) noterades dock en statistiskt säkerställd förbättring av längdmätningen. Den gynnsamma utvecklingen som noterats sedan 1995 har alltså fortsatt.

För diametermätningarna var den genomsnittliga andelen mätningar inom ± 4 mm från manuell kontrollmätning för samtliga maskinsystem 79,1 procent, och standardavvikelsen 3,78 mm. För sex av skördarna var det små skillnader mellan andelen mätningar inom ± 4 mm, med en spännvidd från 78 till 82 procent. För standardavvikelsen noterades större skillnader mellan skördarna med en spännvidd från 3,0 till 4,1 mm. I jämförelse med tidigare virkesvärdestester noterades ingen förbättring för andelen mätningar inom ± 4 mm, men en statistiskt säkerställd förbättring av standardavvikelsen. Detta indikerar att den begränsande faktorn för diametermätningen i högre grad är kalibreringsförfarandet och inte skördarnas mätförmåga.

De manuella kontrollmätningarna av längd och diameter på stockarna från de 30 granstammarna användes även för en utvärdering av noggrannheten i skördarnas volymbestämning. För sex av de sju maskinsystemen låg avvikelserna mellan total volym

under bark beräknad i skördarna, respektive från den manuella kontrollmätningen, inom ± 2 procent. För ett av maskinsystemen noterades en större avvikelse orsakad av att en felaktig barkfunktion använts.

Apteringsgraden anger hur väl skördarens aptering tillvaratar det teoretiskt maximala virkesvärdet. I testet varierade apteringsgraden, baserad på *skördarmätta* längd- och diameterdata, mellan 98,8 och 99,3 procent för de deltagande maskinsystemen. I genomsnitt uppgick apteringsgraden till 99,1 procent vilket är 0,3 procentenheter högre än 2016. De höga apteringsgraderna visar att värdeapteringen hos samtliga maskinsystem fungerar väl, tack vare träffsäkra stamprognoser och välfungerande värdeoptimering. Apteringsgraden baserad på *kontrollmätta* längd- och diameterdata varierade mellan 96,1 och 98,4 procent, i snitt 97,8 procent. Det är 0,5 procentenheter högre än 2016. När utvärderingen görs baserat på kontrollmätning i stället för skördarmätning sjunker apteringsgraden, vilket orsakas av de mätfel som finns i skördarnas längd- och diametermätning.

Uppföljning av skördarnas fördelningsgrad visade att fördelningsapteringen fungerade generellt väl. Med undantag från ett maskinsystem låg systemens uppmätta fördelningsgrader i nivå med referensvärden från apteringssimulering av samma stammar. Sex av de sju maskinsystemen stödde mindiametersök enligt StanForD 2010 men utvärderingen av funktionaliteten indikerade förbättringspotential när det gäller skördarnas hantering av toppar. En föreslagen målsättning vid föryngringsavverkning av gran är att både medel- och medianvärdena för diametern vid sista kap ska ligga under 60 mm.

För samtliga maskinsystem låg kedjehastigheten vid kap i ved under den maximalt tillåtna om 40 m/s. En nyhet i årets test var att tre av maskinsystemen var utrustade med varvtalsgivare i sågmotorn, vilket medförde en förbättrad initial kalibrering av kedjehastigheten. Resultat från mätningarna av kaptid visade på en jämn spridning mellan maskinsystemen. Tidsåtgången för maskinsystemet med kortast kaptid var cirka 16 procent lägre än för maskinsystemet med längst kaptid. Skillnaderna var störst vid mindre stockdiametrar och minskade generellt med ökande grovlek. I jämförelse med virkesvärdestestet 2016 kunde ingen tydlig förändring av den genomsnittliga kaptiden observeras.

Uppföljning av skördarnas virkesbehandling visade att andelen stockar med djupa dubbskador var oförändrad i jämförelse med virkesvärdestestet 2016. För tre av maskinsystemen (John Deere, Rottne och Komatsu) förekom inte några stockar med djupa dubbskador överstigande 7 mm inträngningsdjup. För övriga fyra maskinsystem översteg andelen stockar med inträngningsdjup över 7 mm virkesmättningsbestämmelesernas gränsvärde på 5 procent.

I genomsnitt hade 48 och 23 procent av stockarna kapsprickor i rotända respektive toppända vid kapning utan stöd. Sprickorna var i genomsnitt 67 respektive 53 mm långa i rot- och toppända. Resultatet för andelen sprickor var närmast identiskt med resultatet från virkesvärdestestet 2016, men det fanns en tendens att sprickorna blivit något kortare. Lägst andel sprickor och kortast sprickor noterades för John Deere i årets test.

Uppföljning av barkskador visade att i genomsnitt för samtliga maskinsystem hade 4,1 och 6,2 procent av stockarnas omkrets barkskador ned till vedytan respektive till innerbarken. Energivärdet för den avskavda barken beräknades uppgå till i genomsnitt 3 kr per m³ avverkat virke. Barkskadornas omfattning var likartad som under virkesvärdestestet 2016.

För samtliga testade styrsystem fungerade det väl att läsa in instruktionsfiler enligt StanForD 2010 (oin, pin och spi), samt för sex av sju maskinsystem att uppdatera dessa under pågående produktion. I studien noterades dock att även om trädslagsinstruktionerna (spi) går att uppdatera under produktion i nästan alla styrsystem, kan arbetsgången förenklas. Produktionsrapporteringen är numera etablerad och det finns rikligt med funktioner implementerade, till exempel spårlogg och stamkoder. Två styrsystem (tre maskintillverkare) hade under testet implementerat StanForD 2010 version 4.1 som är den senaste StanForD 2010-versionen. Bland annat hade därmed nya funktioner för driftuppföljning, positionering och barkfunktioner implementerats. Exempel på sådana funktioner är kranspetspositionering med hög noggrannhet, ny förenklad avbrottsregistrering och möjligheten till nya barkfunktioner (till exempel för björk).

Positionsbestämning av stammar (stubbens position) hade implementerats av Ponsse, John Deere och Komatsu. Ponsse använde på grund av ett tekniskt fel ingen RTK-korrigerig under testet och uppvisade ett genomsnittligt fel på 1,38 m med en sammantagen standardavvikelse på 0,98 m. John Deere och Komatsu använde båda RTK-korrigerig och uppvisade genomsnittliga fel på 0,23 m respektive 0,16 m med sammantagna standardavvikelser på 0,25 m respektive 0,19 m. Resultaten från John Deere och Komatsu är mycket bra då de visar på möjlighet att entydigt särskilja enskilda träd vid avverkning.

Det var endast Komatsu som implementerat stockpositionering under detta test och de angav både stockens centrumpunkt samt dess riktning. Centrumpunkten angavs med ett genomsnittligt fel på 0,42 m och en sammantagen standardavvikelse på 0,52 m. Det genomsnittliga felet för riktningen var 7,4 grader med en standardavvikelse på 4,2 grader. Givet de extra svårigheter som föreligger vid positionering av stockar i förhållande till stammar kan dessa resultat anses vara mycket bra.

Resultaten från positioneringstesterna visar att det är möjligt att med mycket hög precision positionera både stammar och stockar. Denna information kommer med stor sannolikhet att leda till värdefulla tillämpningar inom en snar framtid. Samtliga tillverkare bör verka för att implementera positioneringslösningar för stammar och stockar.

Sammanfattningsvis visar resultaten från Virkesvärdestest 2025 att de deltagande maskinsystemen, med reservation för påpekanden som lyfts fram i denna rapport, har: *i*) en mycket hög förmåga att tillvarata virkesvärdet vid föryngringsavverkning, och *ii*) en god efterlevnad av centrala krav och regler enligt StanForD 2010. Resultaten visar vidare att den kontinuerliga ökning av skördarnas förmåga att tillvarata virkesvärdet som noterats sedan 1995 har fortsatt även i årets test. Dock syns tecken på en avmattning. För att denna gynnsamma utveckling inte ska stanna av är det angeläget att teknisk utveckling av skördarna, med fokus på virkesvärde, fortsätter. En möjlighet kan vara att utveckla teknik som medför förbättrad hantering av värdepåverkande faktorer, såsom krökar på stammarna och röta i veden.

Bakgrund

Väl fungerande apteringsystem är avgörande för ett högt tillvaratagande av virkesvärdet. Vid fyra tidigare tillfällen, 1995, 2001, 2006 och 2016, har Skogforsk genomfört tester av maskinsystem från de ledande tillverkarna ([Sondell & von Essen 1996](#), [Möller m.fl. 2002](#), [Möller m.fl. 2008](#) och [Nordström m.fl. 2018](#)). Testerna har genomförts med ett likartat försöksupplägg och maskinsystemen har utvärderats med avseende på dimensionsmätning, aptering, volymberäkning och allmän funktionalitet. I de tre senare testerna ingick även en utvärdering av skördarnas virkesbehandling. Under 2012 genomfördes ett mindre test med fokus på funktionalitet för apteringen enligt StanForD 2010 ([Möller m.fl. 2013](#)).

Det nu aktuella testet, Virkesvärdetest 2025, genomfördes mellan den 22:a oktober och den 28:e november 2025 i ett slutavverkningsbestånd norr om Söderfors i norra Uppland. Markvärd var Stora Enso. Utvärderingen av maskinsystemen och skördarnas virkesbehandling gjordes på ett likartat sätt som i de föregående testerna. I det aktuella testet utvärderades dessutom noggrannheten i skördarnas positionering av enskilda träd och stockar.

Syfte

Syftet med testet var att under produktionsliknande förhållanden jämföra stora slutavverknings-skördare och deras styrsystem från de ledande tillverkarna. Försöksupplägget var likartat som i tidigare tester, i syfte att möjliggöra en beskrivning av utvecklingen över tid.

Resultaten ska ge vägledning till tillverkarnas vidareutveckling av maskinsystemen, samt information till brukare och forskare. De faktorer som i första hand studerades var systemens precision vid längd- och diametermätning, apteringsutfall, allmän funktionalitet hos apteringsdatorerna och implementering av systemfunktioner i StanForD 2010. Vidare studerades maskinsystemens effektivitet vid kapning av stockar och deras skadenivåer när det gäller kapsprickor samt bark- och dubbskador. Nytt för det aktuella testet var en utvärdering av noggrannheten i maskinsystemens positionering av enskilda träd och stockar.

Förutsättningar och studieupplägg

Allmänna förutsättningar

Testet genomfördes i ett grandominerat slutavverkningsbestånd norr om Söderfors i norra Uppland under perioden 22:a oktober till 28:e november 2025. De träd som ingick i huvudtestet hade en medelstamsvolym på 0,86 m³fub/stam, motsvarande en brösthöjdsdiameter på 32 cm. Före testet fick deltagarna möjlighet att ställa in och kalibrera sina maskinsystem. Skördarna kördes av deltagarnas egna förare.

Datainsamling

Maskinsystemen testades i tre etapper. I en första etapp gjordes en kontroll att kedjehastigheten vid kapning i ved inte överskred den maximalt tillåtna om 40 m/s samt mätning av maskinsystemens kaptid vid kapning av trissor från stockar av olika dimension.

I en andra etapp (huvudtestet) utvärderades styrningsfunktioner, värdeaptering, dimensionsmätning, avverkningskador och positionering baserat på enkelträdsupp-arbetning av 30 granstammar och 10 tallstammar per maskinsystem. Enbart träd som var relativt fria från skador, som dubbeltoppar och stora krökar, valdes. Diameterfördelningen var likartad för de olika maskinsystemen (Tabell 1). Utvärderingen följde upplägget från tidigare virkesvärdestester.

Tabell 1. Min-, medel- och maxvärden för brösthöjdsdiametern hos de 30 granstammarna.

DBH (mm)	Min.	Medel	Max.
Log Max	240	308	435
Ponsse	214	313	397
Logset	257	319	418
John Deere	213	321	406
Eco Log	198	320	415
Rottne	229	315	431
Komatsu	257	319	393

På de 30 granstammarna gjordes manuell kontrollmätning av längd och diameter, uppföljning av värdeaptering samt kontrollmätning av stubbens position. Efter dessa mätningar mättes kapsprickor samt dubb- och barkskador. För de tio tallstammarna testades automatisk stocktypsaptering, det vill säga rotstock eller övrig stock, med aktiverad funktion för friskkvistaptering. För den första och andra stocken från tallstammarna gjordes manuell kontrollmätning av stockarnas position och riktning.

I en tredje etapp avverkade samtliga maskinsystem stammar motsvarande ca 500 timmerstockar av gran i en angränsande del av beståndet. Baserat på dessa stammar utvärderades maskinsystemens fördelningsaptering samt styrning av massavedsaptering.

Under delstudierna lagrade maskinsystemen längd- och diametermätningarna för samtliga avverkade stammar i hpr-filer. Maskinsystemen var inställda för lagring av diametervärdena var tionde cm längs stammarna. Vid analyserna användes hpr-filerna tillsammans med andra StanForD-filer, såsom driftuppföljningsfiler (mom), kalibreringsfiler (hqc) och styrfiler (oin, pin, spi).



Eco Log

Basmaskin: Eco Log 590G
 Aggregat: EC 661 LF
 Apteringsdator: Forester H70 1.11
 Matarvalsar: SP Skelett soft
 Diametermätning: Övre kvistknivar
 Längdmätning: Måthjul



John Deere

Basmaskin: John Deere 1470H
 Aggregat: H425
 Apteringsdator: TimberMatic H 1.2
 Matarvalsar: JK Ribrollers
 Diametermätning: Övre kvistknivar
 Längdmätning: Måthjul



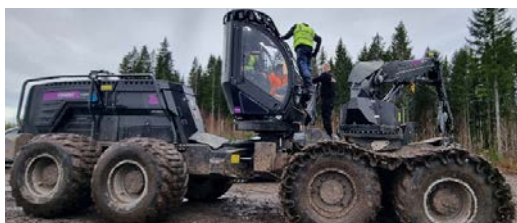
Komatsu

Basmaskin: Komatsu 951
 Aggregat: C144 MY23
 Apteringsdator: Maxi XT 1.24.0.55885 D
 Matarvalsar: Ribbhjul/fingervals
 Diametermätning: Övre kvistknivar
 Längdmätning: Måthjul



Log Max

Basmaskin: Tigercat 1165
 Aggregat: Log Max 5000V
 Apteringsdator: Log Mate 510 2.5.13
 Matarvalsar: Casted Light Weight
 Diametermätning: Matarvalsar och nedre kvistkniv
 Längdmätning: Måthjul



Logset

Basmaskin: Logset 12H
 Aggregat: Logset TH80
 Apteringsdator: TOC-MD v 5.3
 Matarvalsar: Mense V-Tec
 Diametermätning: Övre kvistknivar
 Längdmätning: Måthjul



Ponsse

Basmaskin: Ponsse Scorpion Giant
 Aggregat: New Ponsse H7
 Apteringsdator: Opti 5G 3.2.12
 Matarvalsar: Plate spike
 Diametermätning: Övre kvistknivar
 Längdmätning: Måthjul



Rottne

Basmaskin: Rottne H21E
 Aggregat: EGS706
 Apteringsdator: Forester H70 1.11
 Matarvalsar: Finnskogsvalsen
 Diametermätning: Övre kvistknivar
 Längdmätning: Måthjul

Figur 1. Testade system under Virkesvärdestest 2025.

Testade system

I Virkesvärdestest 2025 testades slutavverkningskördare från sju olika tillverkare med totalt sex olika styrsystem (Figur 1). Deltagarna valde själva vilket maskinsystem (skördarmodell och styrsystem) de ville testa; enda riktlinjen var att skördaren skulle vara avsedd för slutavverkning i Sverige och att styrsystemet skulle vara tillgängligt på marknaden senast under 2026. Fokus för testet av styrsystemen låg på ny funktionalitet enligt StanForD 2010 med ett önskemål om att så många styrsystem som möjligt skulle använda den senaste versionen 4.1. I Tabell 2 redovisas testade styrsystem.

Tabell 2. De testade styrsystemens modell av apteringsdator, programversion och operativsystem. Tabellen visar också vilken schemaversion av StanForD2010 styrsystemet rapporterade och läste instruktioner samt information om lansering och möjligheter till 4.1-uppdatering.

	ROTTNE, ECO LOG (DASA)	PONSSE	JOHN DEERE	KOMATSU	LOG MAX	LOGSET
Apteringsdator	D7	Opti8+	HPC21	MHC-2	Log Mate 510	Logset TOC-MD
Programversion	Forester H70 1.11	Opti 5G 3.2.12	TimberMatic H 1.2.draft	MaxiXT 1.24.0.55885 D	2.5.13	TOC-MD v5.3
Operativsystem	Win 10	Win 10	Win 10	Win 10	Win 10	Linux/ Win 10
StanForD 2010- version	4.1*	3.6	4.1*	3.6	3.5	3.1
Trolig tidpunkt för lansering av version 4.1	2026	2027	2026	2026	2026	2027
Äldsta styrsystem som kan uppdateras till version 4.1	Alla Forester- system	Opti 5G**	G- och H- serierna	MaxiXT	Log Mate 510	–

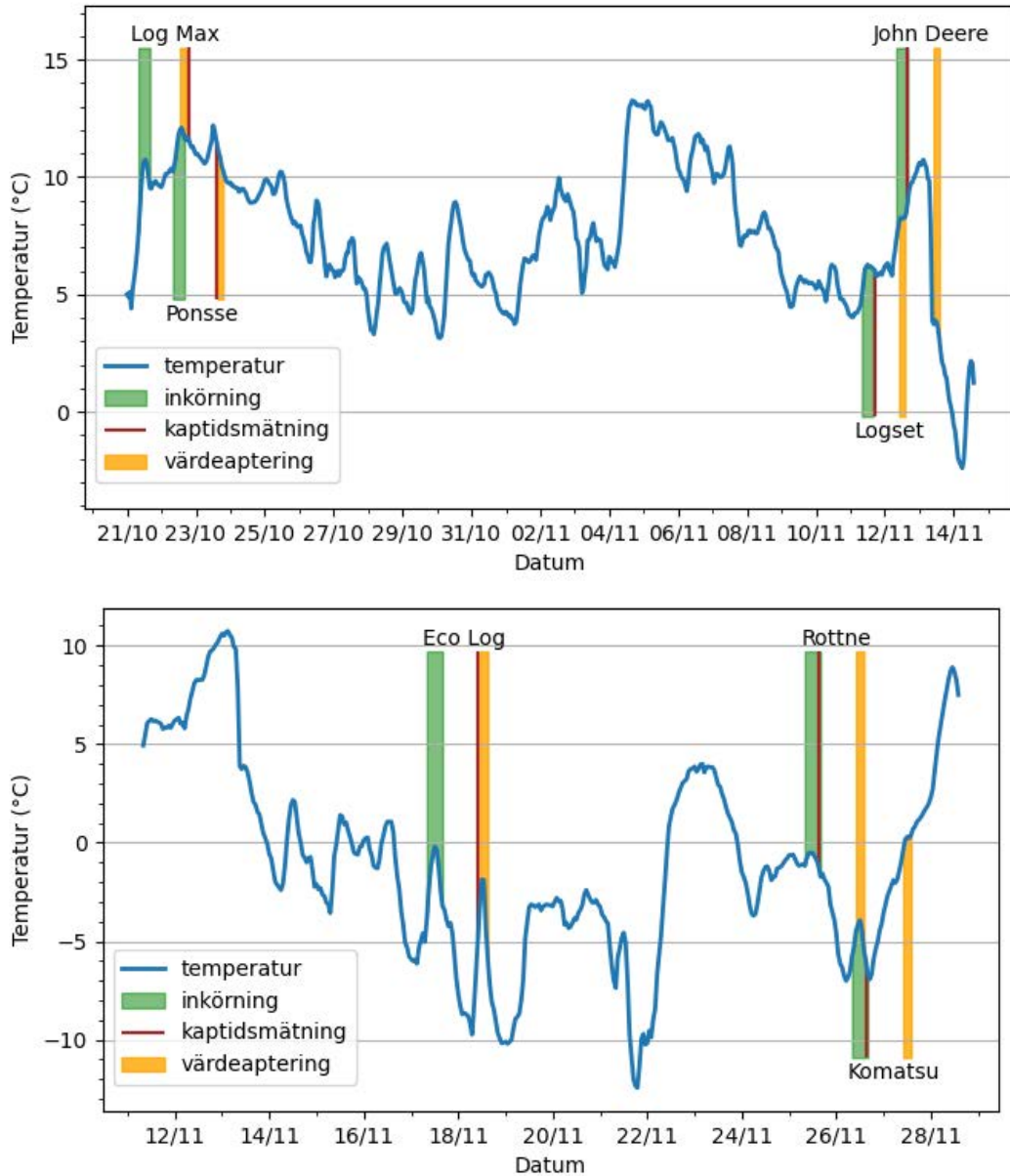
*Vid tidpunkten för testet fanns inte Forester H70 1.11 och TimberMatic H anpassat till StanForD 2010 version 4.1 på marknaden.

**Även Opti 4G tillverkade från 2021 eller senare.

Väderförhållanden under testperioden

Temperaturvariationen under Virkesvärdestest 2025 var högre jämfört med variationen i temperatur under de närmast föregående virkesvärdestesterna. Under den första delen av testperioden, då testerna för Log Max, Ponsse, Logset och John Deere genomfördes, låg temperaturen genomgående över noll grader (Figur 2, övre). Därefter sjönk temperaturen och under den senare delen av testperioden, då testerna för Eco Log, Rottne och Komatsu genomfördes, låg temperaturen omväxlande under och över noll grader (Figur 2, nedre).

Temperaturvariation runt noll grader påverkar kalibreringen av skördarnas längdmätning eftersom inträngningsdjupet för det berörande mätjulet är annorlunda för frusen ved jämfört med ofrusen. Att kalibrera längdmätningen var därför mer utmanande för de tillverkare som genomförde testet under den senare delen av testperioden. För Rottne var temperaturförhållandena speciellt utmanande. Dagen då skördaren trimmades in var temperaturen runt noll grader. Under natten sjönk temperaturen och den efterföljande dagen då testet genomfördes var temperaturen runt minus fem grader.



Figur 2. Variationen i temperatur under testperioden. Temperaturen redovisas per timme som genomsnittligt värde från mätningar vid tre av SMHI:s närliggande väderstationer.

Delstudie 1: Mätning av längd och diameter



Foto: Emeli Ekblad, Eco Log

Syfte

Syftet med deltesterna för längd- och diametermätningarna var att utvärdera hur väl skördarna klarade av att mäta korrekta längder och diametrar på de stockar som upparbetades.

Material och metoder

Samtliga skördare i studien använde ett längdhjul monterat i aggregatets bröst för mätning av stockarnas längd. För bestämning av stockarnas diameter förekom två huvudsakliga mätmetoder:

1. Mätning med givare i matarvalsarmarna där mätvärdena kombinerades med värden från mätning med givare i den nedre kvistkniven i kombination med en fast referenspunkt i aggregatets ram. Denna metod användes av Log Max.
2. Mätning med givare i de övre kvistknivarna. För John Deere, Komatsu, Logset, Ponsse och Rottne användes givare i de två rörliga kvistknivarna medan den tredje kvistkniven, toppkniven i aggregatets bröst, betraktades som en fast referenspunkt. För Eco Log var toppkniven i aggregatets bröst rörlig och utrustad med givare. Mätning av diameter för Eco Log skedde följaktligen med givare monterade i samtliga tre övre kvistknivar.

Utvärderingen av längd- och diametermätningarna utfördes på de 30 granstammar som avverkades under värdeapteringstestet. Av dessa stammar kontrollmättes längd och diametrar för samtliga stockar, undantaget de med defekter som till exempel toppbrott. Kontrollmätningarna utfördes enligt rutinerna för kvalitetssäkring av skördarnas mätning

([Biometria 2026](#)) av två av Biometrias mättekniker. Förfarandet innebär längdmätning samt korsklavning av diametrar på bark med en mätpunkt varje meter. På rotstocken tas en första mätning vid brösthöjd och i toppen på varje stock tas en mätning 10 cm in från änden. Skördarmätningarna (M1) och de manuella kontrollmätningarna (M2) rapporterades i hqc-filer och analyserades enligt följande för både längd och diametrar:

- Medelvärde av avvikelserna mellan skördarmätningarna och kontrollmätningarna, M1–M2. Ett positivt värde visar att maskinen mätt för högt och ett negativt värde visar att maskinen mätt för lågt värde. Medelavvikelsen visar det systematiska fel som finns mellan skördaren och kontrollmätningen och påverkas av hur maskinen kalibrerats.
- Standardavvikelsen i skillnaderna mellan kontrollmätningarna och skördarmätningarna. En liten standardavvikelse visar att upprepade mätningar hos skördaren har en liten spridning och att mätfunktionen är av hög kvalitet.
- Empirisk träffbild för skördarnas mätning av längd, respektive diameter, i förhållande till kontrollmätningar. För längd är detta definierat som andelen mätningar inom ± 2 cm av motsvarande kontrollmätning och för diametrar är det definierat som ± 4 mm av motsvarande kontrollmätning. Detta mått ger en tydlig bild av hur väl skördarens mätningar överensstämmer med verkligheten och ger en empirisk sammanvägning av medelfel och standardavvikelse samt visar på vad utomstående aktörer kan förvänta sig för noggrannhet av skördarmätningar.

Analyserna utfördes separat på stockar tillhörande samtliga sortiment, och på delmängden av stockar tillhörande sortimenten timmer och kubb. Vid samtliga analyser utelämnades stockar med mätfel överstigande ± 10 cm avseende längd och ± 20 mm avseende diameter. Vidare utelämnades även diametermätningar på stockar vars längder uppvisade mätfel på mer än ± 10 cm eftersom detta leder till för stora osäkerheter i positionsangivelserna för diametermätningarna. En sammanställning av det totala antalet registrerade mätpunkter samt antalet använda mätpunkter för både diametermätningarna och längdmätningarna kan ses för samtliga tillverkare i Tabell 3.

Tabell 3. Totala antalet registrerade mätpunkter samt antalet mätpunkter som inkluderats i resultatberäkningar i enlighet med de ovan angivna kriterierna.

Tillverkare	Diametermätningar			Längdmätningar		
	Totalt	Inkluderade	Andel (%)	Totalt	Inkluderade	Andel (%)
Log Max	631	630	99,8	146	141	96,6
Ponsse	660	660	100,0	147	147	100,0
Logset	761	761	100,0	149	145	97,3
John Deere	660	660	100,0	147	142	96,6
Eco Log	704	697	99,0	149	148	99,3
Rottne	697	694	99,6	154	147	95,5
Komatsu	701	701	100,0	158	152	96,2
Samtliga	4 814	4 803	99,8	1 050	1 022	97,3

En separat analys gjordes av skördarnas stamhållning. Analysen utfördes med den modell som utvecklats vid Skogforsk ([Hannrup m.fl. 2020](#) & [Hannrup m.fl. 2023](#)) och implementerats i programvaran hprStamhållning ([Skogforsk, hprStamhållning](#)). Indata till Skogforsks modell utgörs av skördarnas högupplösta diametervektor innehållande diametervärden varje decimeter längs de avverkade stammarna. Utdata från modellen

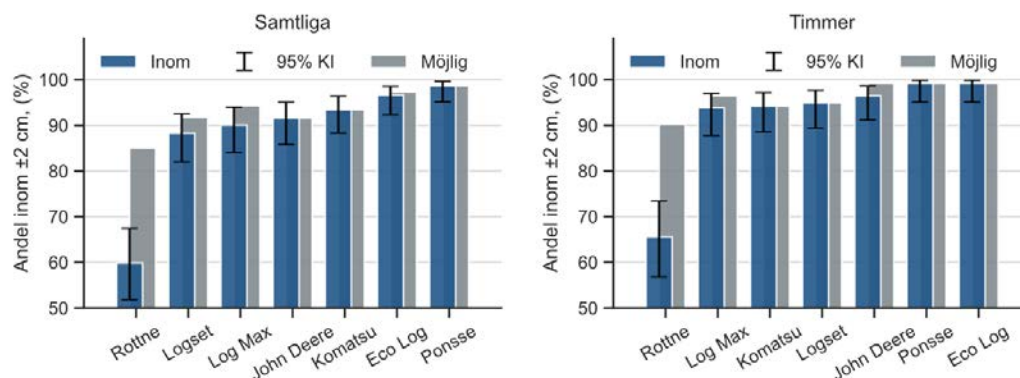
utgörs av en stamvis skattning av mätprecisionen i diametermätningen. Mätprecisionen uttrycks som spridningen för maskinens mätning när det gäller avvikelserna mellan maskinens mätning och en simulerad referensmätning utförd av kvalitetstekniker från Biometria. Spridningsmåttet som används är den predikterade standardavvikelsen per stam (i mm) för avvikelserna mellan referensmätning av kvalitetstekniker och skördarens diametermätning.

I analysen av skördarnas stamhållning användes granstammarna från testerna med värdeaptering, respektive fördelningsaptering. Sambandet mellan skördarnas stamhållning under fördelningsapteringen och värdeapteringen analyserades. De predikterade standardavvikelse från fördelningsapteringen togs fram genom att beräkna respektive skördarens generella samband mellan brösthöjdsdiameter och predikterad standardavvikelse och utifrån sambanden beräkna predikterade standardavvikelse motsvarande respektive skördarens genomsnittliga brösthöjdsdiameter från värdeapteringen. Denna anpassning av fördelningsapteringens predikterade standardavvikelse innebär att resultaten från värdeaptering och fördelningsaptering blir jämförbara.

Resultat och diskussion

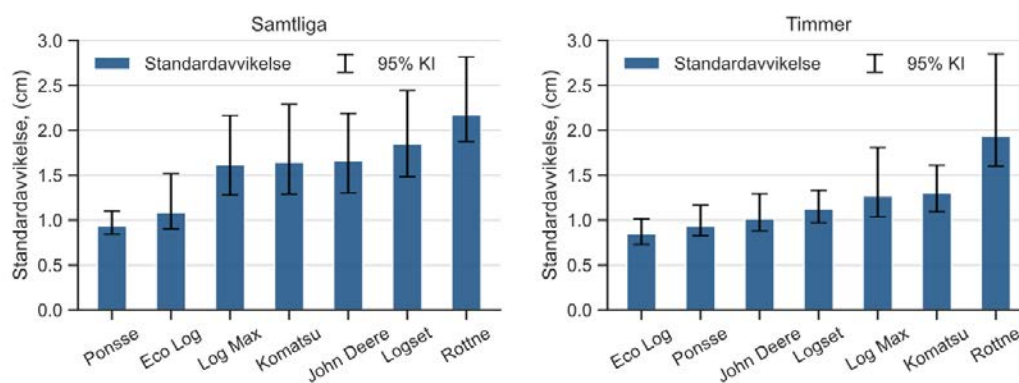
Längdmätning

I Figur 3 visas resultaten för andelen stockar inom ± 2 cm för samtliga tillverkare. Resultaten visas för samtliga sortiment samt för timmersortimentet enbart. De blå staplarna visar de faktiska resultaten och de gråa staplarna visar vad som skulle kunnat uppnås med en optimal kalibrering. Felangivelsen visar 95-procentiga konfidensintervall. För ytterligare information, se Bilaga 1 (Hypotestestning för längdmätningar). Samtliga tillverkare uppvisade mycket bra resultat, undantaget Rottne. I Rottnes fall påverkades resultatet starkt av en felkalibrering till följd av svåra förhållanden vid kalibreringen (Figur 2). Denna felkalibrering kan ses i den stora skillnaden mellan det möjliga resultatet givet i efterhand optimal kalibrering och det faktiska resultatet i Figur 3.



Figur 3. Andel stockar inom ± 2 cm. Blåa staplar visar faktiska värden och de gråa staplarna visar vad som kan uppnås med en perfekt kalibrering. Samtliga sortiment till vänster och timmersortimenten till höger. Notera att y-axeln är bruten.

I Figur 4 visas standardavvikelserna för samtliga sortiment samt timmersortimentet enskilt. Felangivelserna visar även här ett 95-procentigt konfidensintervall. Ytterligare detaljer kring detta ges i Bilaga 1 (Hypotestestning för längdmätningar).



Figur 4. Standardavvikelserna för längdmätningarna för samtliga tillverkare. Samtliga sortiment till vänster och timmersortimenten till höger.

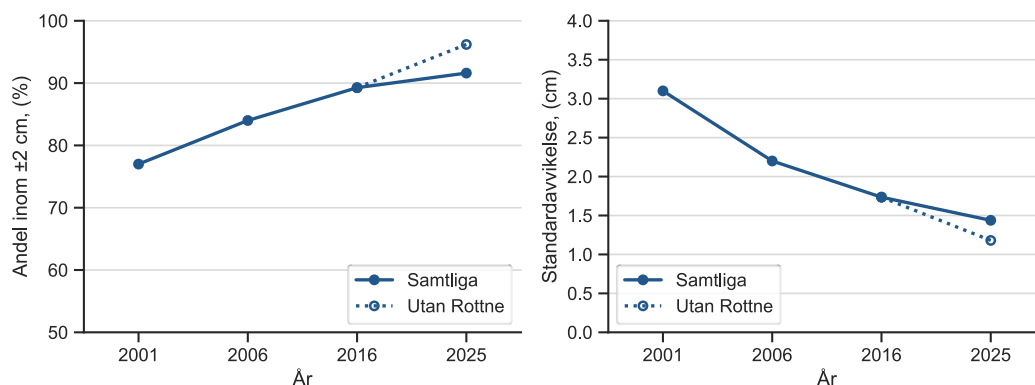
I Tabell 4 visas en sammanställning av resultaten där underlaget delats upp i rotstockar och övriga. Samtliga längdmätningar för alla tillverkare kan även ses i Bilaga 1 (Längdmätningar).

Tabell 4. Medelvärde, standardavvikelse och andel inom ± 2 cm. Resultaten visas för samtliga sortiment samt endast timmersortimenten, i båda fallen uppdelade på rotstockar, övriga och totalt.

Log Max	Samtliga			Timmer		
	Rotstockar	Övriga	Totalt	Rotstockar	Övriga	Totalt
Medelvärde (cm)	0,90	0,86	0,87	1,04	0,73	0,80
Standardavvikelse (cm)	1,51	1,64	1,62	1,46	1,20	1,27
Andel inom ± 2 cm (%)	83,3	91,9	90,1	84,0	96,6	93,8
Ponsse	Samtliga			Timmer		
	Rotstockar	Övriga	Totalt	Rotstockar	Övriga	Totalt
Medelvärde (cm)	0,17	0,39	0,35	0,14	0,21	0,20
Standardavvikelse (cm)	0,86	0,95	0,94	0,87	0,95	0,93
Andel inom ± 2 cm (%)	100,0	98,3	98,6	100,0	98,8	99,1
Logset	Samtliga			Timmer		
	Rotstockar	Övriga	Totalt	Rotstockar	Övriga	Totalt
Medelvärde (cm)	-0,34	0,99	0,72	-0,39	0,43	0,24
Standardavvikelse (cm)	1,12	1,90	1,85	1,11	1,05	1,13
Andel inom ± 2 cm (%)	96,6	86,2	88,3	96,4	94,4	94,9
John Deere	Samtliga			Timmer		
	Rotstockar	Övriga	Totalt	Rotstockar	Övriga	Totalt
Medelvärde (cm)	-1,50	0,06	-0,27	-1,46	-0,37	-0,64
Standardavvikelse (cm)	1,12	1,63	1,66	1,12	0,81	1,02
Andel inom ± 2 cm (%)	83,3	93,8	91,5	85,7	100,0	96,4
Eco Log	Samtliga			Timmer		
	Rotstockar	Övriga	Totalt	Rotstockar	Övriga	Totalt
Medelvärde (cm)	0,02	0,23	0,19	0,02	0,01	0,01
Standardavvikelse (cm)	1,17	1,06	1,08	1,18	0,72	0,85
Andel inom ± 2 cm (%)	96,7	96,6	96,6	96,2	100,0	99,1
Rottne	Samtliga			Timmer		
	Rotstockar	Övriga	Totalt	Rotstockar	Övriga	Totalt
Medelvärde (cm)	-0,32	-1,78	-1,48	-0,19	-1,92	-1,51
Standardavvikelse (cm)	2,68	1,92	2,18	2,63	1,43	1,94
Andel inom ± 2 cm (%)	70,0	57,3	59,9	72,4	63,4	65,6
Komatsu	Samtliga			Timmer		
	Rotstockar	Övriga	Totalt	Rotstockar	Övriga	Totalt
Medelvärde (cm)	-0,73	0,34	0,13	-0,68	0,05	-0,12
Standardavvikelse (cm)	1,93	1,50	1,65	1,98	0,94	1,30
Andel inom ± 2 cm (%)	80,0	96,7	93,4	78,6	98,9	94,2

Bäst resultat för längdmätningarna med hänsyn till både andel inom ± 2 cm och standardavvikelse fick Ponsse och Eco Log som båda hade 99 procent av mätningarna inom ± 2 cm för timmersortimentet. Det är dock svårt att påvisa signifikanta skillnader mellan majoriteten av tillverkarna. Detta beror inte nödvändigtvis på att skillnader inte finns, men det kräver ett stort statistiskt underlag för att kunna påvisa skillnader, när hänsyn tas till att sju tillverkare ska jämföras mot varandra. I Bilaga 1 (Hypotestestning för längdmätningar) beskrivs hypotestestningen ytterligare. Om man korrigerar för Rottnes problem med kalibreringen mäter samtliga system längder mycket bra.

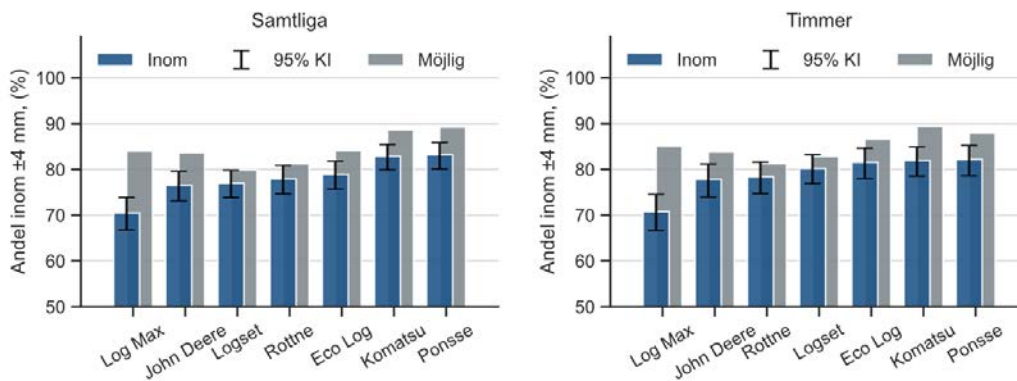
Jämförelser mot resultat från tidigare år kan ses i Figur 5. Här är det resultaten för timmersortimenten som visas i likhet med tidigare år. De gynnsamma trenderna för både andelen inom ± 2 cm och standardavvikelsen håller i sig, även om de visar tecken på att börja plana ut. Vid hypotestestning mot resultat från tidigare år är båda resultaten signifikanta. I detta test var andelen inom ± 2 cm 91,6 procent och standardavvikelsen 1,44 cm sammantaget för samtliga tillverkare. Eftersom resultaten för Rottne kraftigt påverkades av deras kalibrering visas även resultaten med deras värden exkluderade som de streckade datapunkterna, vilket tydligt förbättrar totalresultaten. I Bilaga 1 (Historiska resultat) finns en tabell med dessa värden.



Figur 5. Jämförelse med resultat från tidigare år. Andelen inom ± 2 cm till vänster och standardavvikelsen till höger.

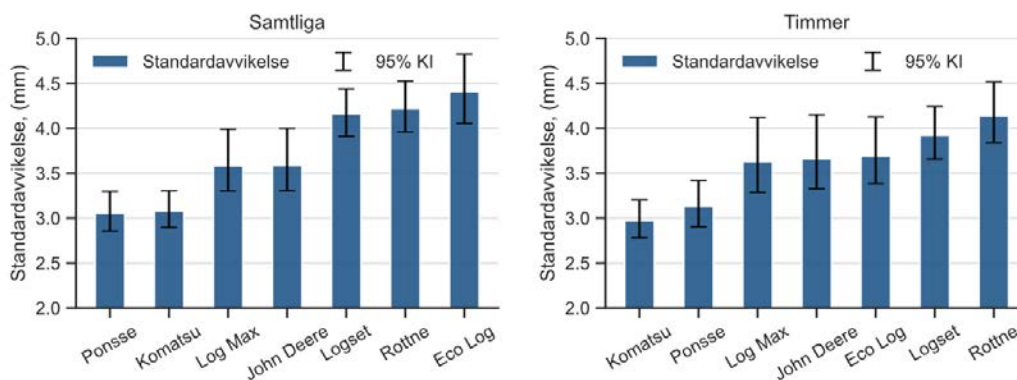
Diametermätning

I Figur 6 visas andelen av diametrarna som hamnade inom ± 4 mm. Resultaten är uppdelade i samtliga sortiment och endast timmersortimenten. Felangivelserna visar 95-procentiga konfidensintervallen på samma sätt som för längdmätningarna. De grå staplarna visar vad som skulle vara möjligt att uppnå med en perfekt kalibrering.



Figur 6. Andel diametermätningar inom ±4 mm med faktiska värden i blått och möjliga värden med optimal kalibrering i grått. Samtliga sortiment till vänster och timmersortimenten till höger. Notera att y-axeln är bruten.

Standardavvikelseerna för diametermätningarna kan ses i Figur 7, där sortimenten återigen är uppdelade på samtliga sortiment och endast timmersortimenten. Felangivelserna visar 95-procentiga konfidensintervall. Mer information ges i Bilaga 1 (Hypotestestning för diametermätningar).



Figur 7. Standardavvikelse för diametermätningarna. Samtliga sortiment till vänster och timmersortimenten till höger. Notera att y-axeln är bruten.

Standardavvikelsen som rapporteras här är den totala standardavvikelsen för samtliga mätpunkter under testet över samtliga diameterklasser. Denna standardavvikelse påverkas av kalibreringen av maskinerna. Detta eftersom sektionskalibrering skiftar medelvärdena för de olika diameterklasserna individuellt och därigenom påverkar spridningen av det totala dataunderlaget. Standardavvikelsen representerar därför vad varje maskinsystem uppnådde under testet givet de kalibreringsinställningar som gjorts. Resultaten av standardavvikelseerna korrigerade för kalibrering kan ses i [Bilaga 1](#) (Korrigerade standardavvikelse för diametermätningar). Effekten är att i snitt sänks standardavvikelsen med 0,23 mm för samtliga sortiment och 0,18 mm för timmersortimenten.

I Tabell 5 visas resultaten för diametermätningarna för samtliga sortiment uppdelade per diameterklass samt aggregerade värden för samtliga sortiment och timmersortimenten enskilt. Samtliga diametermätningar kan även ses i Bilaga 1 (Diametermätningar) för alla tillverkare.

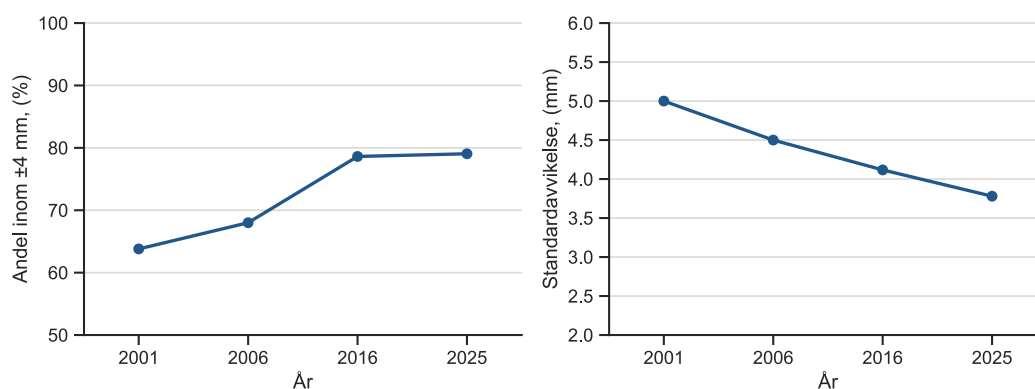
Tabell 5. Medelvärde, standardavvikelse och andel inom ± 4 mm för samtliga sortiment uppdelade på diameterklasser, samt totala värden för samtliga sortiment och timmersortimenten.

Log Max	-100	-200	-300	-400	-500	Samtliga	Timmer
Medelvärde (mm)	-3,43	-2,64	-2,93	0,74	-	-2,48	-2,41
Standardavvikelse (mm)	3,60	3,07	3,06	5,21	-	3,58	3,63
Andel inom ± 4 mm (%)	65,7	71,8	68,5	79,7	-	70,5	70,8
Ponsse	-100	-200	-300	-400	-500	Samtliga	Timmer
Medelvärde (mm)	-0,13	-1,93	-1,42	-2,47	-	-1,67	-1,88
Standardavvikelse (mm)	2,03	2,64	2,79	4,41	-	3,06	3,13
Andel inom ± 4 mm (%)	93,5	84,7	87,2	60,2	-	83,2	82,2
Logset	-100	-200	-300	-400	-500	Samtliga	Timmer
Medelvärde (mm)	-3,13	-0,39	0,88	2,48	-3,00	0,39	0,71
Standardavvikelse (mm)	4,53	4,00	3,71	4,35	5,72	4,16	3,92
Andel inom ± 4 mm (%)	55,8	77,4	81,5	69,7	66,7	77,0	80,2
John Deere	-100	-200	-300	-400	-500	Samtliga	Timmer
Medelvärde (mm)	-1,98	-2,40	-1,66	-0,46	-	-1,73	-1,53
Standardavvikelse (mm)	3,90	2,88	3,27	5,17	-	3,59	3,66
Andel inom ± 4 mm (%)	67,4	77,8	78,9	69,2	-	76,5	77,8
Eco Log	-100	-200	-300	-400	-500	Samtliga	Timmer
Medelvärde (mm)	5,09	0,06	-1,62	0,73	-	-0,22	-0,92
Standardavvikelse (mm)	5,92	3,28	3,35	5,67	-	4,41	3,69
Andel inom ± 4 mm (%)	51,5	87,1	80,0	75,3	-	78,9	81,6
Rottne	-100	-200	-300	-400	-500	Samtliga	Timmer
Medelvärde (mm)	1,79	2,56	-0,52	-0,83	-6,50	0,48	-0,02
Standardavvikelse (mm)	4,34	3,96	3,90	3,75	1,80	4,22	4,14
Andel inom ± 4 mm (%)	71,2	78,9	79,5	76,0	25,0	77,9	78,4
Komatsu	-100	-200	-300	-400	-500	Samtliga	Timmer
Medelvärde (mm)	0,23	-0,64	-2,13	-3,41	-	-1,78	-2,06
Standardavvikelse (mm)	3,07	2,86	2,68	3,55	-	3,08	2,97
Andel inom ± 4 mm (%)	87,5	89,2	83,1	69,2	-	82,9	81,9

För diametermätningarna presterade Komatsu och Ponsse bäst, men i likhet med längdmätningarna var det svårt att påvisa signifikanta skillnader. För andelen inom ± 4 mm var det endast Log Max som stack ut och det var även den enda tillverkare där signifikanta skillnader kunde påvisas mot övriga. Detta kan till stor del förklaras av en miss i kalibreringen. För standardavvikelsena visade både Ponsse och Komatsu signifikanta skillnader mot de tillverkare som presterade sämst, men i övrigt var tillverkarna relativt lika. Resultaten av hypotestestningen kan ses i Bilaga 1 (Hypotestestning för diametermätningar).

Ovaliteterna hos stammarna, uppskattade som skillnaden mellan de korsklavade diametermätningarna för de olika tillverkarna, varierade mellan 5,2–7,2 mm i medeltal under testet med ett medelvärde för samtliga stammar på 6,2 mm, vilket kan jämföras med en genomsnittlig ovalitet på 4,7 mm 2016. Vid analys av ovalitetens påverkan på mätfele vid diametermätningarna kunde dock inget tydligt samband påvisas för någon tillverkare under detta test. Data för samtliga tillverkare kan ses i Bilaga 1 (Ovalitet).

I Figur 8 jämförs resultaten från detta test med resultaten från tidigare tester. I detta fall är det timmersortimenten som jämförs i likhet med tidigare år. För andelen inom ± 4 mm har den positiva trenden stannat av och ligger här på 79,1 procent. Här kan ingen signifikant skillnad påvisas mot testet 2016. För standardavvikelserna fortsätter den gynnsamma trenden och skillnaden mot 2016 är signifikant. I detta test var standardavvikelsen för samtliga tillverkare 3,78 mm. Dessa resultat pekar på att den begränsande faktorn för diametermätningarna i dagsläget är kalibreringen och inte maskinernas mätförmåga. I Bilaga 1 (Historiska resultat) finns en tabell med dessa värden.



Figur 8. Jämförelse med resultat från tidigare år. Andelen inom ± 4 mm till vänster och standardavvikelsen till höger. Notera att y-axeln inte startar vid 0.

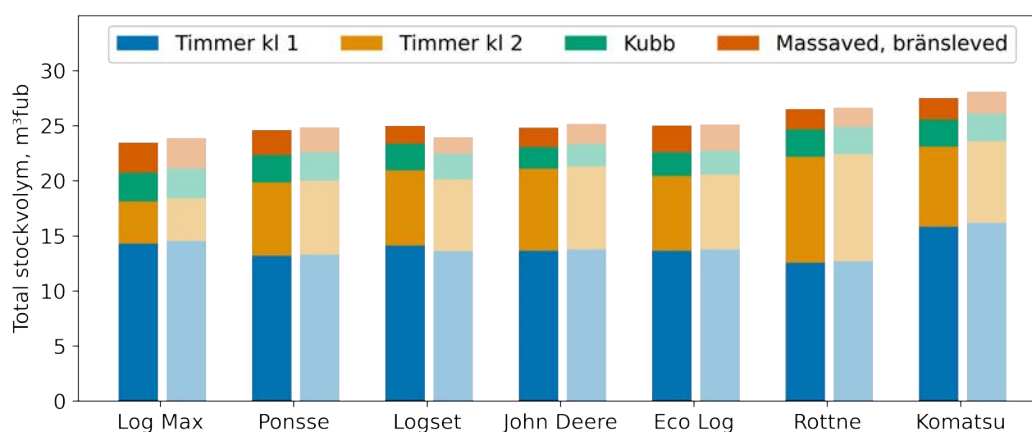
Beräkning av volym under bark

Skördarnas beräkning av stockvolym baseras på mätningen av diameter och längd. Noggrannheten i volymbereäkningen beror därför av noggrannheten i diameter- och längdmätningen. Vad gäller beräkningen av volymen *under bark* är det också avgörande att korrekt barkfunktionen används, så att barkens tjocklek blir korrekt beräknad. Därutöver påverkar rotavsmalningsfunktionen, som extrapolerar diametervektorn från första diametermätningen ned till fällskäret, volymbestämmningen av rotstockarna.

För att utvärdera volymbereäkningen har volymen under bark för samtliga stockar från de 30 granarna kontrollräknats. I kontrollräkningen användes den kontrollmätta diametervektorn (diameter på bark), korrekt barkfunktion och korrekt rotavsmalningsfunktion. Eventuella avvikelser mellan skördarens rapporterade volym och den kontrollräknade volymen kan med andra ord påverkas av både mätnoggrannhet, barkfunktion och rotavsmalningsfunktion. I Tabell 6 och Figur 9 redovisas resultatet av kontrollräkningen.

Tabell 6. Total stockvolym under bark för stockar från de 30 granarna enligt skördarens rapportering respektive enligt kontrollräkning, samt procentuell avvikelse.

	Volym enligt skördare (m ³ fub)	Volym enligt kontrollräkning (m ³ fub)	Avvikelse (%)
Log Max	23,481	23,893	-1,72
Ponsse	24,620	24,863	-0,98
Logset	25,002	23,979	4,27
John Deere	24,846	25,174	-1,30
Eco Log	25,026	25,129	-0,41
Rottne	26,534	26,667	-0,50
Komatsu	27,540	28,116	-2,05



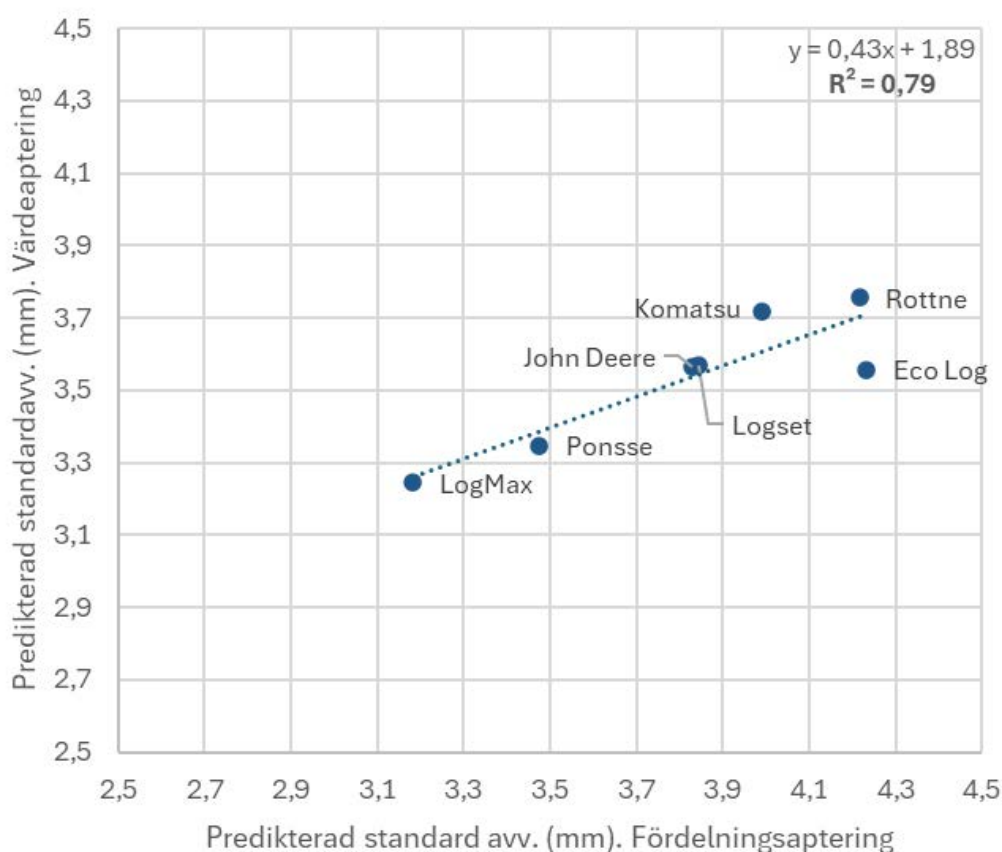
Figur 9. Total stockvolym under bark per sortiment enligt skördarens rapportering (staplar till vänster) och enligt kontrollräkning (staplar till höger).

Störst avvikelse uppmättes för Logset, och därefter Komatsu och Log Max. Logsets avvikelse beror på att en felaktig barkfunktion användes, som innebar att barktjockleken systematiskt underskattades. Log Max och Komatsus avvikelser beror sannolikt på deras underskattningar i diametermätningen: för Log Max en större underskattning om 2,48 mm sett över alla stockar, och för Komatsu en visserligen mindre underskattning sett över alla stockar men med tyngdpunkten bland stockar i de grövre dimensionerna (se Tabell 5). Att en diameteravvikelse hos grövre stockar ger en större totalvolymavvikelse än om samma diameteravvikelse endast förekommer hos klenare stockar, följer av geometrin.

Stamhållning

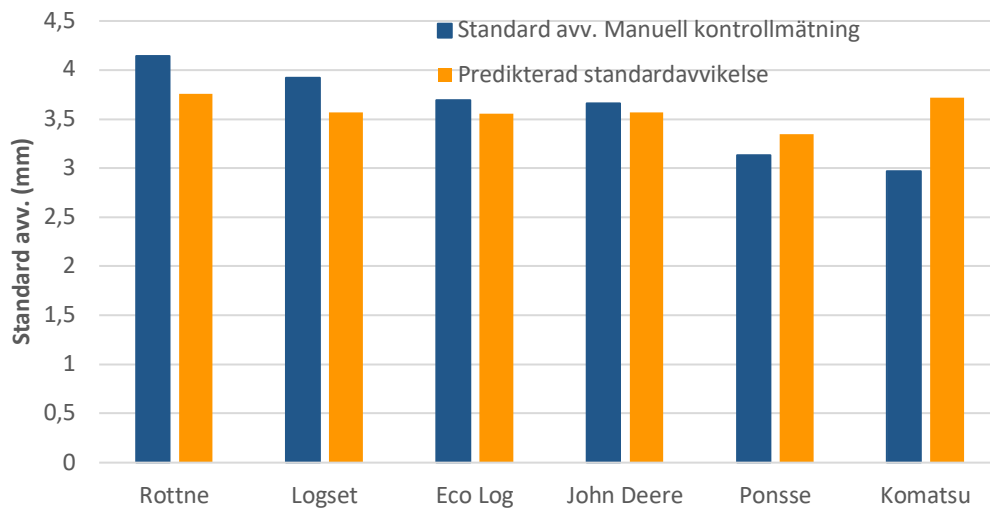
Det var ett starkt samband mellan skördarnas predikterade standardavvikelse i fördelningsaptringen och värdeaptringen (Figur 10). Detta innebär att skördarna rangordnade sig mycket likartat med avseende på stamhållning vid upparbetning av stammarna under fördelningsaptringen som under upparbetning av stammarna från

värdeaptingen. Undantaget utgjordes av Eco Log som tenderade att ha en sämre stamhållning relativt de andra tillverkarna under fördelningsaptingen jämfört med stamhållningen under värdeaptingen. Sambandet för stamhållningen under fördelnings- och värdeaptingen indikerade vidare att, givet samma trädstorlek, var den predikterade standardavvikelsen något lägre under värdeaptingen än under fördelningsaptingen. Detta beror sannolikt på att hastigheten i upparbetningen var lägre under värdeaptingen än under fördelningsaptingen som genomfördes i normal produktionstakt. Skillnaden var dock liten och uppgick till 0,3 mm sett över samtliga tillverkare.



Figur 10. Sambandet mellan predikterad standardavvikelse vid upparbetning av stammarna från fördelningsapting och värdeapting.

I Figur 11 redovisas en jämförelse mellan skördarnas predikterade standardavvikelse vid upparbetning av stammarna från värdeaptingen och standardavvikelsen från den manuella kontrollmätningen av motsvarande stammar. De två måtten på skördarnas mätprecision i diametermätningen gav en identisk rangordning av skördarna för Rottne, Logset, Eco Log, John Deere och Ponsse. Undantaget utgjordes av Komatsu, där den predikterade standardavvikelsen indikerade en högre standardavvikelse än den som faktiskt uppmättes vid den manuella kontrollmätningen. I jämförelsen exkluderades data för Log Max, eftersom modellen för stamhållning är utvecklad för skördaraggregat med mätning i de övre kvistknivarna.



Figur 11. Jämförelse mellan predikterad standardavvikelse för stammar upparbetade i värdeappteringen och standardavvikelsen från den manuella kontrollmätningen av motsvarande stammar.

Delstudie 2: Styrning av produkttillredning

Syfte

Denna delstudie syftade till att utvärdera maskinsystemens styrning av produkttillredning med avseende på

- apteringskvalitet, främst uppnått virkesvärde vid värdeaptering, uppnådd fördelningsgrad vid fördelningsaptering och uppnådda toppdiametrar vid sista kapställe;
- efterlevnad av grundläggande och särskilda apteringsinstruktioner, bland annat gällande stamkvalitets- och stocktypbegränsningar, begränsningsmatriser och friskkvistaptering; samt
- möjlighet att uppdatera styrningen under pågående produktion.

Material och metoder

Delstudien genomfördes i tre steg enligt Tabell 7. Skogforsk tillhandahöll apteringsinstruktioner (oin-, spi- och pin-filer) som lästes in via USB i maskinsystemen inför och under varje steg. Programmet Timan 5.0 (Skogforsk, Timan) användes för att ta fram apteringsinstruktioner, och programmet SilviA (CGI, betaversion 2025.3.0) användes för att skapa inläsningsbara filer med specifik version av StanForD 2010.

Tabell 7. Delstudiens upplägg i fält.

Steg		Genomförande
Steg 1	Värdeaptering och efterlevnad av apteringsinstruktioner	Värdeaptering av 30 granar och 10 tallar med manuell registrering av stamkvalitet enligt anvisning. Efter avverkning gjordes manuell kontrollmätning av samtliga granar inklusive manuell mätning av topparnas längd upp till diametern 50 mm.
Steg 2	Uppdatering av styrning	Upparbetning av ett antal stammar i syfte att testa om successiva uppdateringar av pin, oin och spi haft genomslag. Dessutom enkel- och flerträdsfällning och flerträdsupparbetning av ett antal stammar/buntar samt registrering av stamkoder för Delstudie 3.
Steg 3	Fördelningsaptering och hantering av toppar	Fördelningsaptering av 500 timmerstockar av gran. Dessutom registrering av kvalitetssäkring genom kontrollmätning av slumpstammar (även avvisning av slumpstammar), registrering av stamkoder och registrering av avbrottsorsak vid driftstopp enligt praxis/anvisning för Delstudie 3.

Produktinstruktioner

De produktinstruktioner (pin) som användes baserades på Stora Ensos normala produktinstruktioner. Kompletteringar och modifieringar gjordes för att säkerställa att önskade aspekter av produkttillredningen skulle gå att utvärdera. Framför allt innebar detta att antalet längder för normaltimmer utökades. En sammanställning av produkter som användes ges i Tabell 8 och Tabell 9, och detaljer i produktinstruktionerna återfinns i Bilaga 2.

För värdeaptingen (Steg 1) togs prismatriser för timmerprodukterna fram med hjälp av Timans verktyg Autopris ([Engberg Sundström m.fl. 2025](#)) som automatiskt genererar prismatriser baserat på en önskad längdfördelning. För fördelningsaptingen (Steg 3) användes i stället prismatriser med samma pris i varje cell. För samtliga timmerprodukter användes kapfönstret 2–3 cm.

Under Steg 2 testades att läsa in en uppdaterad produktinstruktion. Uppdateringen innehöll en ny prismatris för en av produkterna i Steg 1.

Tabell 8. Produktinstruktioner som användes under testet av värdeapting (Steg 1). För varje produkt redovisas huvudsaklig utformning av produktmatriserna, tillåtna stamkvaliteter och eventuella krav på stocktyp.

Trädslag	Produkt	Matriser	Kvalitet	Stocktyp
Gran	Timmer kl 1	Sex längder varav en förbjuden. Prismatris som prioriterar tre längder.	1	
	Timmer kl 2	Sex längder varav en förbjuden. Prismatris som prioriterar tre längder.	1-2	
	Kubb		1-2	
	Granmassa	Se Massaved i Tabell 9.	1-6	
	Barrmassa	Se Massaved i Tabell 9.	1-7	
	Bränsleved		1-8	
Tall	Timmer kl 1		1	Endast rotstock
	Timmer kl 2		2	Ej rotstock
	Timmer kl 3		1-3	
	Timmer kl 4		1-4	
	Kubb		1-4	
	Barrmassa		1-7	

Tabell 9. Produktinstruktioner som användes under testet av fördelningsapting (Steg 3).

Trädslag	Produkt	Matriser
Gran	Timmer kl 1-2	Sex längder varav en förbjuden. Homogen prismatris. Volymbaserad längdfördelning som prioriterar tre längder. Max. tillåten värdeavvikelse 6 %. Klenaste diameterklass 180 mm.
	Kubb	En längd. Klenaste diameterklass 130 mm.
	Massaved	Mindiametersök aktiverad. Fallande längder. Volymbaserad längdfördelning som prioriterar tre längder varav en längd högt. Max. tillåten värdeavvikelse 5 %. Klenaste diameterklass 30 mm. Klenaste diameterklass tillåten för automatiska kap 50 mm. Homogen prismatris med betydligt lägre pris i klenaste diameterklasserna (för utvärdering av mindiametersök).
	Bränsleved	

Trädslagsinstruktioner

De trädslagsinstruktioner (spi) som användes var enligt den svenska rekommendationen (StanForD, Skogforsk). Detta innebär bland annat att Skogforsks barkfunktioner användes. För gran angavs startkvalitet 1 och för tall angavs startkvalitet 3. För tall inkluderades även en instruktion att använda automatisk beräkning av friskkvistkvalitet (kvalitet 2).

Under Steg 2 testades att uppdatera en trädslagsinstruktion. Uppdateringen innehöll nya stamkoder för ett av trädslagen.

Objektinstruktioner

En objektinstruktion (oin) innehåller produktidentiteter för de produkter som ska tillredas på ett aktuellt objekt, och därutöver inte någon avgörande information för testets genomförande (främst objektidentiteter, såsom avtalsobjektskod). Varje steg i Tabell 7 behandlades som enskilt objekt och hade därmed en egen objektinstruktion.

Under Steg 2 testades att uppdatera objektinstruktionen. I uppdateringen hade nya produkter lagts till.

Urval av stammar och stamkvaliteter

För att förenkla jämförelse mellan maskinsystemens prestation eftersträvades en likartad uppsättning 30 granar till värdeapteringen i Steg 1. Dessa granar skulle inte bara utgöra underlag för Delstudie 2, utan även för delstudierna av längd- och diametermätning och avverkningskador. Under avverkningen gjordes därför ett urval av granar. Kriterierna var att granarna skulle vara skadefria (fria från krök, sprötkvist mm) och ha en DBH-fördelning enligt Tabell 10.

Utöver för de 30 granarna gjordes inget detaljerat urval av stammar.

Tabell 10. Eftersträvat DBH-fördelning vid urvalet av 30 granar, samt utfallet.

DBH (cm)	< 25	25–30	30–35	> 35
Eftersträvat antal granar	2	9	12	7
Log Max	3	11	13	3
Ponsse	2	10	11	7
Logset	0	8	18	4
John Deere	1	8	14	7
Eco Log	1	10	11	8
Rottne	1	9	15	5
Komatsu	0	9	14	7

Under värdeapteringen instruerades maskinföraren att göra manuella registreringar av stamkvalitet enligt nedan, i syfte att testa maskinsystemens kvalitetsberoende apteringsfunktionalitet. Maskinsystemen ställdes in så att kvalitetsgränser registrerades vid kvistknivarnas aktuella position (det vill säga inte vid senaste eller påföljande

kapställe, som annars är vanligt). I samtliga fall där två kvaliteter användes, gjordes ändringen efter ca 2 meters matning från fällskäret.

För ca 15 granar gjordes ingen manuell registrering, varvid startkvalitet enligt trädslagsinstruktionen (kvalitet 1) förväntades registreras för hela stammen. För ca fem granar registrerades kvalitet 2 för hela stammen. För ca fem granar registrerades två kvaliteter: en sämre kvalitet i rot (kvalitet 2, 6, 7 och 8) och därefter kvalitet 1. Dessutom instruerades maskinföraren att göra manuella kortningar av en timmerstock för ett par granar.

För fyra tallar gjordes ingen manuell registrering, varvid startkvalitet enligt trädslagsinstruktionen (kvalitet 3) förväntades registreras för hela stammen eller, om maskinsystemet hade stöd för detta, automatiskt byte till friskkvistkvalitet (kvalitet 2) vid beräknad diameter. För övriga fem tallar registrerades startkvaliteter 1 och 4 (även då med förväntat automatiskt byte till friskkvistkvalitet vid beräknad diameter). För maskinsystem utan automatisk registrering av friskkvistkvalitet registrerades startkvalitet 2 för en tall.

Under fördelningsaptringen gjordes ingen manuell registrering av stamkvalitet.

Metoder för utvärdering

Analyser i delstudien utgick framför allt från produktionsdata (hpr) och kvalitetskontrolldata (hqc).

Stöd för aptringsfunktioner rapporterades av maskintillverkare via frågeformulär, och för att bedöma efterlevnaden av dessa analyserades produktionsdata. Förutom kommersiella visningsprogram för xml-filer är programmen Timan, hprAnalys och Virkesvärde behjälpliga vid sådana analyser.

För att utvärdera uppnått virkesvärde användes Timans uppföljningsverktyg Aptupp. Aptupp beräknar det faktiska virkesvärdet som uppnåtts med skördarens aptring, men gör även en aptringssimulering av samma stammar och redovisar det simulerade virkesvärdet. Eftersom aptringssimuleringen görs på stammarna när deras stamprofiler är kända betraktas det simulerade virkesvärdet som det teoretiskt maximala. Genom att dividera det faktiska virkesvärdet med det teoretiskt maximala fås den så kallade *aptringsgraden* som indikerar hur väl skördarens aptring tillvaratar virkesvärde. Analysen i Aptupp gjordes baserat på både skördarmätning (hqc-M1) och manuell kontrollmätning (hqc-M2) inklusive topp. I Bilaga 3 ges en beskrivning av hur maskinsystemens varierande registrering av stamprofiler och förekomst av toppbrott har hanterats i analysen.

För att utvärdera uppnådd fördelningsgrad användes programmet hprAnalys. Som referens vid utvärderingen användes den fördelningsgrad som uppnåddes vid aptringssimulering av samma stammar med Timans simuleringsverktyg Aptan. Beroende på skogens beskaffenhet, särskilt hur grov skogen är, kan höga fördelningsgrader vara mer eller mindre möjliga att uppnå. I utvärderingen är det därför hur fördelningsgraden förhåller sig till referensen som är intressant.

För att analysera toppdiametrar vid sista-kap användes produktionsdata.

Möjligheten att uppdatera styrningen under pågående avverkning noterades i protokoll vid testtillfället.

Resultat och diskussion

Stöd för och efterlevnad av apteringsfunktioner

I Tabell 11 redovisas maskinsystemens efterlevnad av grundläggande och specifika apteringsfunktioner under testet, enligt analys av produktionsdata.

Tabell 11. Efterlevnad av apteringsfunktioner under testet. I tabellen anges om funktionen bedöms följa reglerna inom StanForD 2010 eller fungera enligt förväntan (Ok), om brister finns (Ej ok) eller om funktionen inte stöds (-).

	Rottne, Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
Värdeaptering	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Fördelningsaptering	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ej ok
Fri-kap på toppbit inkl. mindiametersök	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	-
Fri-kap på övriga bitar	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Stamkvalitetsbegränsning	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Stocktypsbegränsning	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Begränsningsmatris med förbjudna längder	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Friskkvistaptering	Ok*	-	Ok*	Ok*	-	-
Skogforsks barkfunktioner	Ok*	Ok	Ok	Ok	Ok	Ej ok
Rotavsmalningsfunktion	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok*

*Se kommentarer i löptext.

Aptering med stamkvalitets- och stocktypsbegränsning samt begränsningsmatris med förbjudna längder bedömdes vara korrekt implementerat hos samtliga maskinsystem. För Log Max och Logset förekom dock enstaka automatiskt kapade stockar av förbjudna längder där endast manuella kap var tillåtna. Eftersom det endast gällde ett fåtal stockar (1–3 massavedsstockar under fördelningsapteringen) bedöms det inte som allvarligt.

Friskkvistaptering finns implementerad hos Rottne, Eco Log, John Deere och Komatsu. Den aktiveras dock inte automatiskt genom instruktionen i spi utan bygger delvis på manuell inställning i maskinen. Det är i synnerhet inställningen för vilka kvaliteter från vilka automatiskt byte till friskkvistkvalitet är tillåtet, som kräver manuell inmatning.

Rotavsmalningsfunktioner har implementerats i samtliga maskinsystem. Funktionen innebär att diametern under stamlängden 130 cm extrapoleras på ett standardiserat sätt (enligt instruktionen ButtEndProfileExtrapolation i spi-fil). Samtliga maskinsystem förutom Logset registrerar vilken rotavsmalningsfunktion som använts i både hpr- och hqc-filerna.

Skogforsks barkfunktioner ([Hannrup 2004](#)) för tall och gran är implementerade hos samtliga maskinsystem. För de styrsystem som stödjer StanForD 2010 version 4.1 –

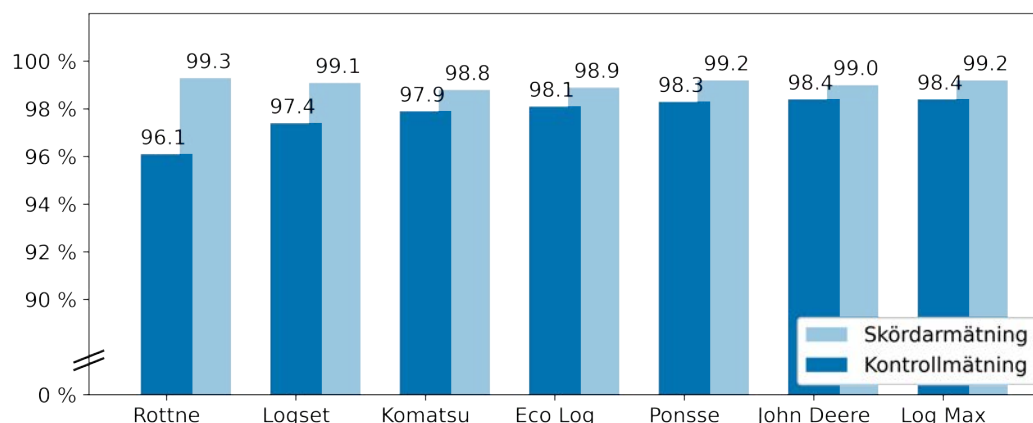
Rottne, Eco Log och John Deere – innehåller spi-filen flera barkfunktioner per trädslag, och valet av barkfunktion styrs av oin-filen. Även detta bedöms korrekt implementerat. Rottne och Eco Log stödjer även Skogforsks nya barkfunktion för björk ([Hannrup m.fl. 2020](#), [Hannrup m.fl. 2022](#)) som också möjliggjorts i StanForD 2010 version 4.1.

Vid kontrollräkning av barktjockleken konstaterades för Logset att granens barktjocklek underskattades med ca 4,5 mm. Denna avvikelse har inte kunnat förklaras av Logset. För Ponsse konstaterades att barktjockleken underskattades med ca 0,5 mm, vilket visade sig orsakas av trunkering av barktjockleken till hela millimeter i stället för normal avrundning. Felet är noterat av Ponsse och kommer att åtgärdas.

Apteringskvalitet – Värdeaptering

I Figur 12 redovisas apteringsgrader baserade på skördarmätta och manuell kontrollmätta längd- och diameterdata från värdeapteringen av 30 granar. Apteringsgraden anger hur väl skördarens aptering tillvaratar det teoretiskt maximala virkesvärdet (100 procent i figur) som ges av Aptupps apteringssimulering av samma stammar.

Viss avvikelse från det teoretiskt maximala virkesvärdet är förväntat och har framför allt två orsaker. En orsak är att skördaren apterar en stam baserat på en prognos för stammens avsmalning – stamprofilen är bara känd för skördaren från fällskäret och fram till aggregatets aktuella position – vilket gör att skördarens apteringsdator kan fatta ett annat beslut om apteringen av stammen än det teoretiskt optimala. En annan orsak är att skördaren har ett visst mätfel i längd- och diametermätningen, vilket påverkar apteringsgraden när den baseras på kontrollmätta data. Det är i synnerhet timmerstockar som efter kontrollmätning visar sig vara för klena eller korta och måste vrakas (det vill säga tilldelas ett vrakpris som är betydligt lägre än timmerpris; här har massavedspris använts som vrakpris) som då sänker apteringsgraden.

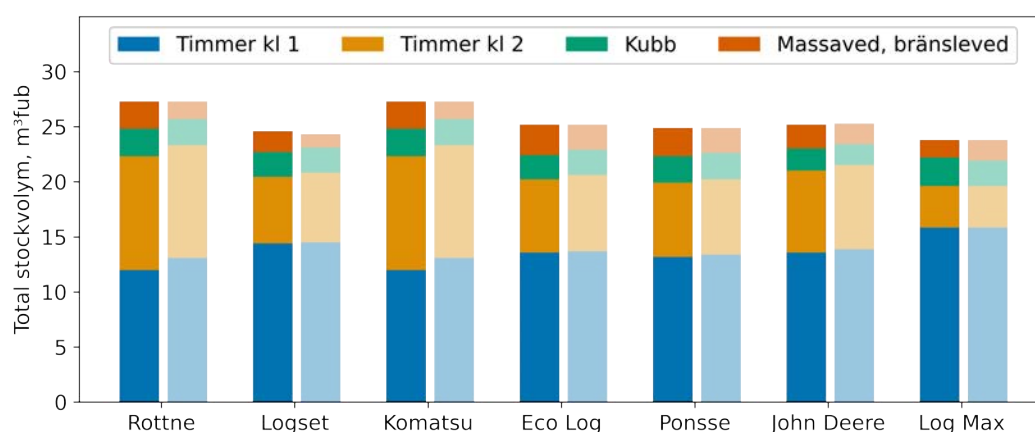


Figur 12. Apteringsgrader baserade på skördarmätta och manuell kontrollmätta längd- och diameterdata från värdeapteringen av 30 granar. 100 procent motsvarar det teoretiskt maximala virkesvärdet som uppnås när stamprofilerna är helt kända. Notera att y-axeln är bruten.

Apteringsgraden baserad på skördarmätta längd- och diameterdata varierade mellan 98,8 och 99,3 procent, i snitt 99,1 procent. Det är 0,3 procentenheter högre än 2016. De höga apteringsgraderna visar att apteringen hos samtliga maskinsystem fungerar väl, tack vare träffsäkra stamprognoser och välfungerande värdeoptimering.

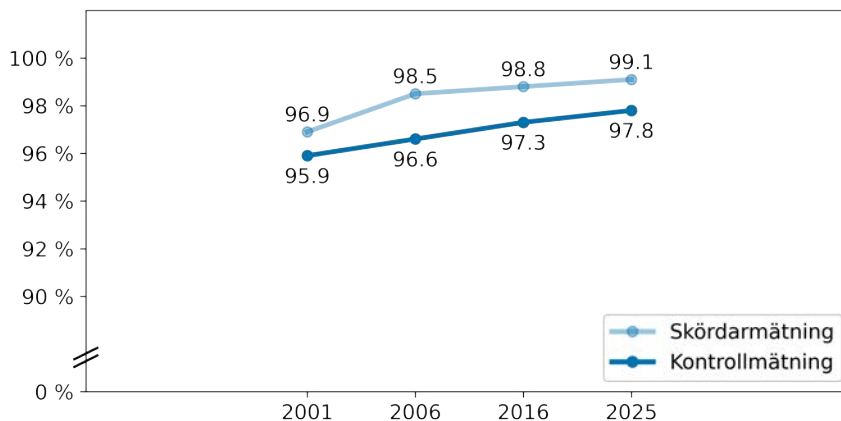
Apteringsgraden baserad på kontrollmätta längd- och diameterdata varierade mellan 96,1 och 98,4 procent, i snitt 97,8 procent. Det är 0,5 procentenheter högre än 2016. När utvärderingen görs baserad på kontrollmätning i stället för skördarmätning sjunker i allmänhet apteringsgraden, eftersom det då kan förekomma att stockar måste vrakas på grund av oönskad längd eller diameter. Rottne presterar här sämre än övriga, vilket är en direkt konsekvens av Rottnes relativt stora mätfel som i sig till viss del berodde på olycklig kalibrering (se Delstudie 1). Det blir tydligt att skördarens dimensionsmätning – och kalibreringen av denna – är viktig för att tillvarata virkesvärde. Gällande Logset har kvalitetsgränser vid byte av stamkvalitet inte registrerats som förväntat, vilket försvårar analysen och gör den något osäker. Av samma anledning har två av de 30 granarna uteslutits i underlaget för Logset vid utvärderingen av apteringsgrad. Gällande Logset har även den tidigare nämnda felaktiga barkfunktionen kompenseras för i denna analys, så att apteringsgraden inte påverkas av underskattad barktjocklek.

I Figur 13 redovisas total stockvolym per sortiment enligt kontrollmätning av skördarens aptering och enligt den teoretiskt optimala apteringen från Aptupps apteringssimulering av samma stammar. För Rottne och Komatsu är den kontrollmätta timmervolymen synligt mindre än den teoretiskt optimala, till följd av vrak. Detta förklarar de något lägre apteringsgraderna som dessa maskiner uppnådde (Figur 12).



Figur 13. Total stockvolym under bark per sortiment enligt kontrollmätning från värdeapteringen av 30 granar (staplar till vänster) och enligt Aptupps apteringssimulering av samma stammar (staplar till höger).

I Figur 14 redovisas medelvärdet för apteringsgrader från aktuellt och tidigare års virkesvärdestester. Vid jämförelse med tidigare resultat bör det tas i beaktning att apteringsgraden kan påverkas av vilka produktinstruktioner som använts. Det är framför allt värderingen av sortiment i förhållande till varandra som kan försvåra jämförelsen eftersom den i virkesvärdestesterna har följt marknadspriset, som varierar över tid.



Figur 14. Apteringsgrader (medel för samtliga maskinsystem) från aktuellt och tidigare års virkesvärdestester; i samtliga tester från värdeaptering av 30 granar. Notera bruten y-axel.

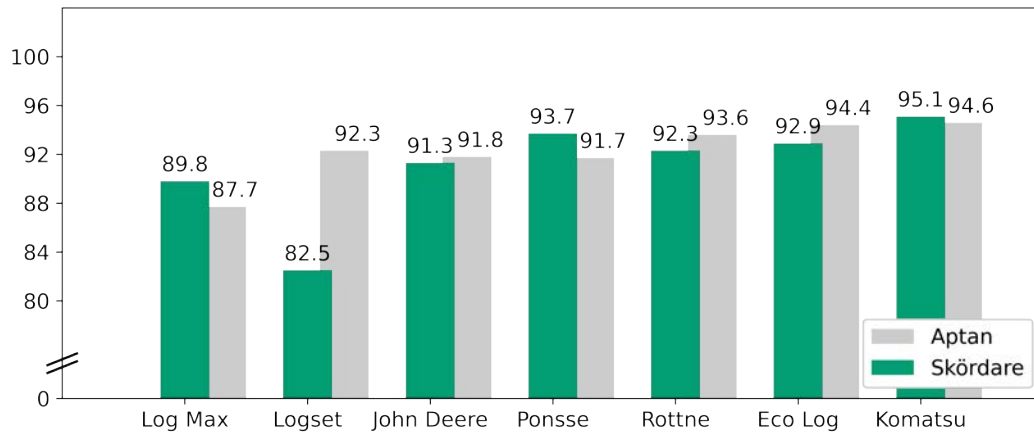
I Tabell 12 framgår vilken metod som används av apteringsdatorerna för att göra en stamprognos. Samtliga apteringsdatorer förutom Logsets använder så kallad adaptiv stamprognos, vilket innebär att kännedom om avsmalningen hos redan avverkade träd utnyttjas (prognosen anpassar sig till skogen). Adaptiva stamprognoser förväntas vara mer träffsäkra, liksom en stamprognos med hög uppdateringsfrekvens.

Tabell 12. Metod för apteringsdatorns stamprognos enligt uppgift från respektive maskintillverkare.

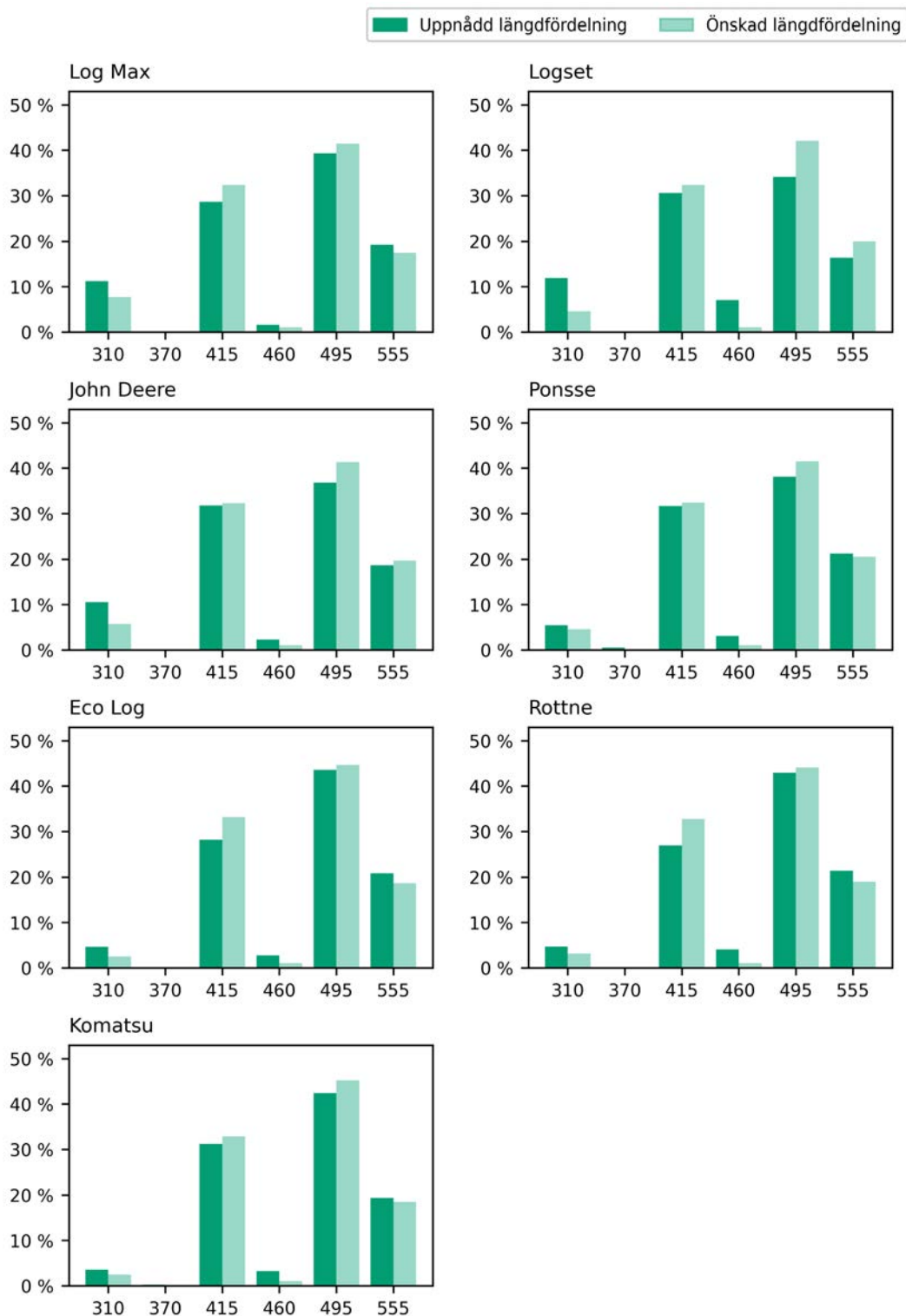
	Rottne Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
Metod för stamprognos	Adaptiv	Adaptiv	Adaptiv	Adaptiv	Adaptiv	Ej adaptiv
Stamprognosens längd	Min. 20 m	Hel stam	Hel stam	Hel stam	Hel stam	12 m
Uppdateringsfrekvens	6 Hz	10 Hz	När mätning och prognos skiljer sig	När mätning och prognos skiljer sig samt för varje stockkap	10 Hz	När mätning och prognos skiljer sig

Apteringskvalitet – Fördelningsaptering

I Figur 15 redovisas fördelningsgrader för grantimmer uppnådda med skördare efter fördelningsapteringen av 500 timmerstockar, samt ett referensvärde. Fördelningsgraden mäter hur väl utfallet av stocklängder stämmer överens med det önskade längdutfallet, där värdet 100 innebär exakt överensstämmelse. Referensvärdet är den fördelningsgrad som uppnåddes med Aptan vid apteringssimulering av samma stammar. I jämförelsen mellan maskinsystem är det fördelningsgraden i förhållande till referensvärdet som är intressant, eftersom vad som är möjligt att uppnå delvis avgörs av skogens beskaffenhet. I allmänhet gäller att högre fördelningsgrader kan uppnås i grövre skog. I Figur 16 redovisas det uppnådda och önskade längdutfallet.



Figur 15. Fördelningsgrad uppnådd med skördare under fördelningsaptingen av 500 timmerstockar och, för referens, fördelningsgrad uppnådd med apteringssimulatore Aptan vid simulering av samma stammar. Vid jämförelse mellan maskinsystem är det differensen till referensvärdet som är intressant, eftersom vad som är möjligt att uppnå delvis avgörs av beskaffenheten hos den specifika skog som avverkas. Notera bruten y-axel.



Figur 16. Uppnådda och önskade andelar av volym (y-axel) per längdklass för grantimmer (x-axel, cm) under fördelningsappteringen av 500 timmerstockar.

I Tabell 13 redovisas övriga nyckeltal från fördelningsaptingen, bland annat medelstam (medelvärde för stamvolym) som indikerar hur grov skogen är. Den i särklass klenaste skogen avverkades av Log Max, vilket förklarar varför Log Max uppnådde en lägre fördelningsgrad jämfört med övriga system (dock i nivå med referensvärdet). I tabellen anges även timmerandel (andel timmer av total avverkad volym). Vid styrning mot en viss längdfördelning är det önskvärt att timmerandelen inte påverkas mer än nödvändigt, och även här är det timmerandelen i förhållande till ett referensvärde som är intressant. Referensvärdet är den timmerandel som uppnåddes med Aptan.

Fördelningsgrader och timmerandelar hamnar på en likvärdig nivå som referensvärdet för samtliga maskinsystem förutom Logset, vars fördelningsgrad avviker. Logset bedöms därmed kunna förbättra sin fördelningsapting. För övriga maskinsystem är bedömningen att fördelningsaptingen fungerar väl.

Andelen manuella kap av timmerstockar under fördelningsaptingen är historiskt lågt för ett virkesvärdestest. Generellt gäller att färre manuella kap ger ett bättre längdutfall – andelen manuella kap kan alltså vara avgörande för fördelningsgraden. Här har skogsbruket arbetat aktivt för att minska de manuella kapen och därigenom öka fördelningsgraden (även aptringsgraden), vilket resultaten från aktuellt test sannolikt speglar.

Tabell 13. Resultat av fördelningsaptingen av 500 timmerstockar. Med timmer avses endast normaltimmer av gran, ej kubb.

	Log Max	Logset	John Deere	Ponsse	Rottne	Eco Log	Komatsu
Antal avverkade stammar (st)	435	208	283	211	173	161	165
Medelstam (m ³ fub)	0,361	0,658	0,504	0,669	0,885	1,007	0,998
Antal timmerstockar (st)	501	505	509	505	500	501	510
Andel manuella kap av timmer (%)	0,0	3,6	0,2	0,0	0,2	0,2	0,4
Timmerandel (%)	58,6	78,3	70,8	79,8	85,8	88,1	89,6
Timmerandel, differens till Aptan (%-enhet)	-1,4	1,6	-2,0	-1,2	0,6	0,1	0,7
Fördelningsgrad	89,8	82,5	91,3	93,7	92,3	92,9	95,1
Fördelningsgrad, differens till Aptan	2,1	-9,8	-0,5	2,0	-1,3	-1,5	0,5

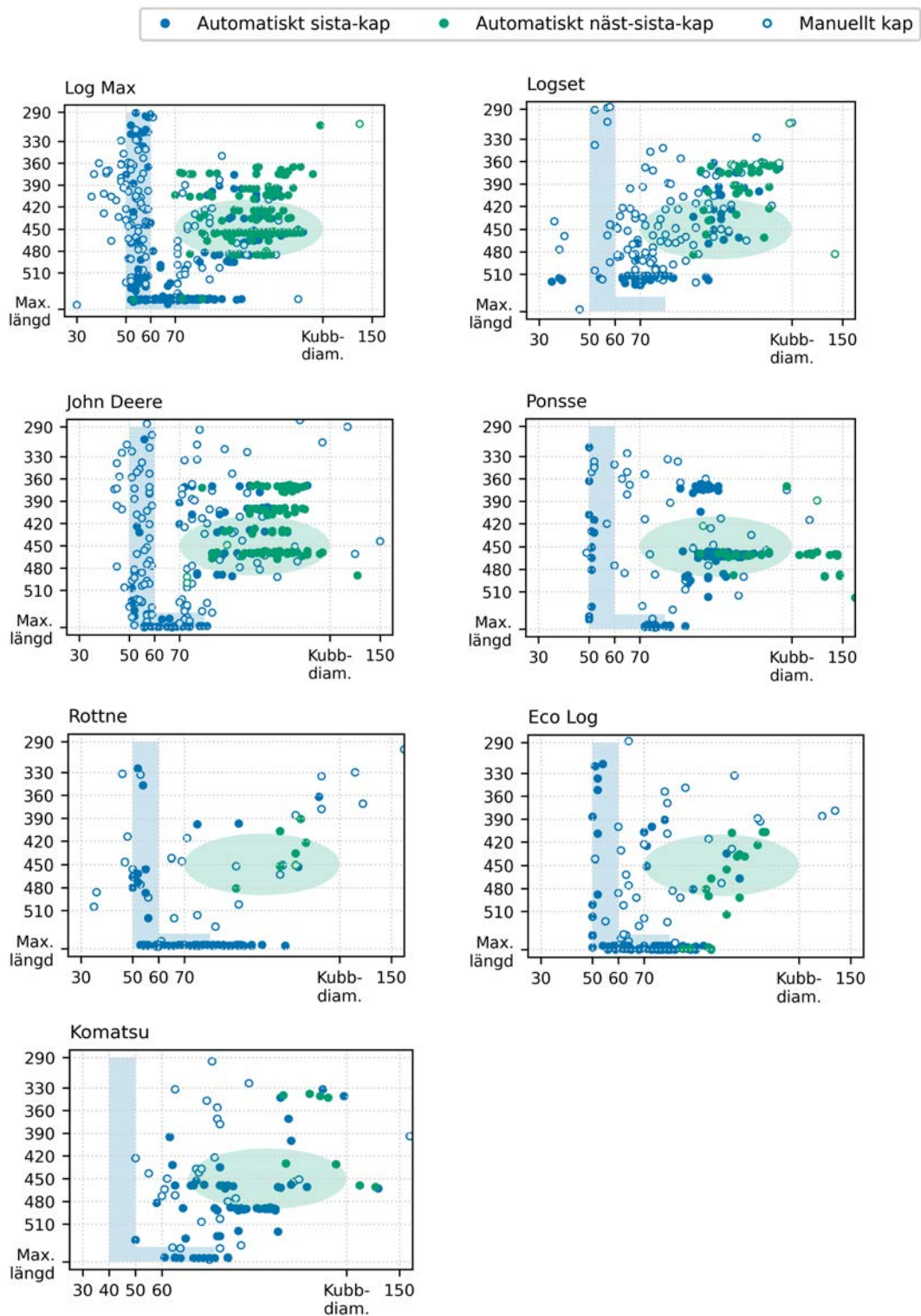
Apteringskvalitet – Hantering av toppar

En god topphantering har endast marginell inverkan på aptringsgraden. Detta eftersom toppstockarnas volym är relativt liten, och därtill tillhör ett sortiment som har ett relativt lågt pris (i normalfallet massaved). Samtidigt finns en vilja i skogsbruket att tillvarata virkesvolymen i topparna. Det handlar framför allt om att se till att den sista stocken kapas vid så klen diameter som möjligt. Detta har underlättats genom aptringsfunktionen för mindiametersök (TopLogFreeBuck).

Enligt StanForD 2010 är intentionen för mindiametersök att sista kapet på en stam per automatik ska göras vid klenast tillåtna diameter, eller längsta tillåtna längd för aktuell produkt. Det sista kapet ska därmed inte styras av vad som vore optimalt enligt värde-

eller fördelningsaptingen. En viktig aspekt är också att tidigare kap inte ska påverkas av aktiverad mindiametersök.

I Figur 17 ges grafer över stockdimensionerna hos massaved som kapades i samband med fördelningsaptingen av 500 timmerstockar. Vid fungerande mindiametersök förväntas det förekomma automatiska sista-kap i den klenaste diameterklassen 50 mm (diameterklassen 30 mm var endast tillåten för manuella kap), medan de något grövre automatiska sista-kapen förväntas ha gjorts vid den längsta tillåtna stocklängden 560 cm. Övriga kap ska enligt aptringsinstruktionen ha styrts mot den önskade längdfördelningen för massaved, som under testet prioriterade längderna 420, 450 och 480 cm. Sammantaget innebär detta att automatiska sista-kap förväntas synas i det blå, L-formade området i graferna medan övriga kap förväntas vara koncentrerade i det gröna området.



Figur 17. Stockdimensioner hos massaved avverkad i samband med fördelningsaptingen av 500 timmerstockar. Markeringar på x- och y-axlarna anger diameter- och längdklasser*, samt därutöver klenaste kubbdiameter (130 mm) och längsta tillåtna längd (560 cm). Mindiametersök förväntas ge automatiska sista-kap i det blå L-formade området, medan fördelningsaptingen förväntas ge näst-sista-kap i framför allt det gröna området.

*För Komatsu användes diameterklasser som avvek från övriga. Detta bedöms inte ha påverkat resultaten.

För samtliga maskinsystem som stödjer mindiametersök (samtliga förutom Logset) syns spår av funktionen i graferna. Funktionen har dock i huvudsak lett till sista-kap vid längsta tillåtna längd (det L-formade områdets vågräta del) i stället för i den klenaste diameterklassen (det L-formade områdets lodräta del). För Log Max, John Deere, Ponsse, Rottne och Eco Log förekommer automatiska sista-kap i den klenaste diameterklassen, men för Komatsu saknas sista-kap i den klenaste diameterklassen helt. Komatsu har dock tidigare visat att mindiametersök fungerar väl i deras styrsystem (Nordström m.fl. 2018). Värt att notera är att för Log Max och John Deere följer även de manuella kapen det förväntade mönstret från mindiametersök, vilket kan antyda att automatik ändå i någon utsträckning ligger bakom dessa kap.

I Tabell 14 ges nyckeltal över hanteringen av toppar. Vad gäller mindiametersök presterar Rottne bäst med en andel automatiska sista-kap klenare än 60 mm om 37,1 procent, och därefter Log Max och Eco Log med andelar runt 30 procent; samtliga med ett medelvärde för toppdiametern om runt 70 mm. För framför allt Ponsse och Komatsu har en stor mängd stockar med diametrar som förväntas hos ett näst-sista-kap (runt 100 mm) registrerats som sista stock, vilket lett till höga medelvärden för toppdiameter. Det går inte att utesluta att detta till viss del beror på yttre omständigheter, exempelvis toppbrott.

I Tabell 14 ges även fördelningsgraden för massavedsstockar i diameterklassen 70 mm (både automatiskt och manuellt kapade, dock exkluderat stockar kring längsta tillåtna längd). Bäst presterar Ponsse med en fördelningsgrad om 82,3 och därefter Log Max med en fördelningsgrad om 74,8. Rottne och Eco Log har låga fördelningsgrader vilket sannolikt är en effekt av ett mycket litet underlag för fördelningsaptering av massaved (endast 19 respektive 38 massavedsstockar) – i sig en följd av den grova skog som avverkades av dessa maskinsystem.

Både mindiametersök och fördelningsaptering av massaved förbättras av en träffsäker prognos av topparnas avsmalning. Den kraftigt varierande grovleken på den avverkade skogen (se medelstam i Tabell 13) kan ha inneburit olika förutsättningar för maskinsystemen att göra en träffsäker prognos. I allmänhet gäller att grova stammar har en snabbare och därför mer svårfångad avsmalning i toppen än klena stammar. Dessutom har de grova stammarna oftare grövre grenar i kronan som kan försämra stamhållningen och mätningen. Under testet avverkades den grövsta skogen av Rottne, Eco Log och Komatsu medan Log Max avverkade den i särklass klenaste skogen.

Sammanfattningsvis konstateras att samtliga maskinsystem har förbättringspotential vad gäller hantering av toppar. En tänkbar målsättning för skogsbruket är att både medel- och medianvärdena för diametern vid sista-kap ska ligga under 60 mm, och för att uppnå detta krävs sannolikt såväl förbättrad logik som förbättrad stamhållning och mätning. En slutsats är att frågan om hantering av toppar bör ges fortsatt uppmärksamhet.

Tabell 14. Resultat av hanteringen av toppar under fördelningsaptingen av 500 timmerstockar.

	Log Max	Logset	John Deere	Ponsse	Rottne	Eco Log	Komatsu
Antal avverkade massavedsstockar* (st)	574	221	357	219	141	157	115
<i>varav andel manuella kap (%)</i>	27,8	59,7	51,3	23,0	32,1	28,8	25,7
Antal automatiska sista-kap av massaved* (st)	252	67	81	136	89	94	76
<i>varav andel klenare än 60 mm (%)</i>	32,9	6,0	21,0	9,6	37,1	29,8	2,6
Toppdiameter för automatiska sista-kap av massaved*, medelvärde (mm)	68,1	78,5	70,9	88,3	70,6	70,2	82,4
Antal stockar i diameterklass 70 mm** (st)	254	135	162	131	19	38	78
Fördelningsgrad för stockar i diameterklass 70 mm**	74,8	38,4	59,0	82,3	35,9	44,7	60,7

*Även brännved.

**Endast granmassaved. Endast stockar kortare än 520 cm. Både automatiskt och manuellt kapade.

Möjlighet att uppdatera styrning

I Tabell 15 redovisas maskinsystemens möjligheter att läsa in och uppdatera apteringsinstruktioner under pågående produktion. Möjligheten att enkelt uppdatera apteringsinstruktionen var en av grundpelarna vid utvecklingen av StanForD 2010, då detta endast varit möjligt via en komplex procedur i den äldre versionen av StanForD.

Behovet av att kunna uppdatera objektinstruktionen (oin) handlar om att kunna byta produkter som apteras under avverkningen på ett objekt. Ett exempel kan vara när den totala volymen sågtimmer avverkad för ett visst sågverk överstiger behovet, så att man därför vill avverka sågtimmer mot ett annat sågverk i stället. Behovet av att uppdatera en produktinstruktion (pin) uppstår när förändringar sker i beställningen av en produkt, till exempel dess längdfördelning. Genom möjligheten att uppdatera under pågående avverkning fås ett snabbare genomslag av förändringen. Vad gäller trädslagsinstruktionen (spi) har behovet av att enkelt kunna uppdatera hittills varit begränsat. Ofta har uppdateringar sällan eller aldrig gjorts efter att en spi-fil har lästs in i samband med den första uppstarten av maskinen. När användningen av stamkoder nu har tagit fart växer dock behovet av att enkelt kunna uppdatera även trädslagsinstruktionen.

Tabell 15. Möjlighet att läsa och uppdatera apteringsinstruktioner inför och under produktion. I tabellen indikeras om funktionen stöds och fungerar enligt förväntan (Ok) eller om den inte stöds (-).

	Rottne, Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
Läsa oin, pin, spi	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Starta objekt med env-paket med oin, pin, spi	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Starta objekt med endast oin (pin och spi hämtas från databas)	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Uppdatera pin under produktion	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Uppdatera oin under produktion	Ok	Ok*	Ok*	Ok	Ok	-
Uppdatera spi under produktion	Ok	Ok*	Ok*	Ok	Ok	-
Behålla kvalitetsinställning efter uppdaterad pin	-	Ok	Ok	Ok	Ok	-
Behålla färginställning efter uppdaterad pin	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	-
<i>modificationRestricted</i> implementerad	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

*Ej fungerande under tester i fält, men funktion därefter bekräftad i simulerad miljö och/eller på andra sätt intygad av maskintillverkaren.

För samtliga maskinsystem förutom Logset gick det att uppdatera pin, oin och spi under pågående produktion. För Logset var det möjligt att uppdatera pin, men uppdateringar av oin och spi skulle kräva uppstart av nytt objekt. Flertalet maskinsystem skulle dock behöva förenkla för användare att ta en uppdaterad spi-fil i bruk. Användargränssnitten upplevs inte anpassade för enkel uppdatering av spi på samma sätt som för pin och oin.

Delstudie 3: Övriga centrala funktioner i StanForD 2010



Syfte

Syftet med delstudien var att utvärdera och kartlägga apteringsdatorernas hantering av ett antal centrala funktioner i standarden för kommunikation med skogsmaskiner, StanForD2010, som inte direkt testades under Delstudie 2.

Material och metoder

Frågeformulär

Utöver funktioner som testades i fält fick alla tillverkare ett frågeformulär med kompletterande frågor om funktionalitet i deras system. Efter att dessa frågeformulär besvarats gick ansvariga på Skogforsk igenom svaren först enskilt, sedan tillsammans med varje tillverkares arbetsgrupp för testerna så att vi tolkat frågor och svar lika. Svaren sammanställdes sedan i de tabeller som finns i rapporten och kommentarer noterades i mån av behov för förtydligande.

Resultat och diskussion

StanForD version 4.1

I testet deltog tre olika skördare med stöd för version 4.1: Rottne, Eco Log och John Deere. De flesta styrsystem planerar att introducera stöd för 4.1 under 2026, förutom Logset och Ponsse som planerar för 2027. Dasa kommer att stödja alla Forester-system, John Deere G- och H-serierna, Ponsse system tillverkade efter 2022 (5G och nyare 4G), Log Max system Logmate tillverkade efter 2017 (510), Komatsu MaxiXT medan Logset inte tagit något beslut i frågan (Tabell 2).

Produktionsrapportering

Produktion kan lagras i hpr-formatet av alla systemen. I Tabell 16 presenteras en sammanställning av möjlig produktionsrapportering i hpr. Samtliga system kan även inkludera diametervektorn, där diametern rapporteras per 10 cm och är det minsta registrerade värdet. Vid en jämförelse mellan den rapporterade stockvolymen och en volym beräknad utifrån diametervektorn översteg aldrig det systematiska felet +/-0,5 procent.

Samtliga system hade implementerat möjligheten att registrera kaporsak (CuttingReason). Dasa, John Deere, Komatsu och Logset har implementerat en lista med kaporsaker, medan Ponsse och Log Max endast skiljer på manuella och automatiska kap.

Flerträdsfällning och flerträdsupparbetning kan registreras i samtliga system.

Registrering av fällda stammar kräver aktivering i alla system förutom Log Max. De flesta kunde även registrera enkelträdsfällning, däremot registrerade Logset enkelfällda stammar som flerträdsfällda med en stam per bunt.

Alla system förutom Logset kan registrera ett element för bränsleanpassning per stam.

Samtliga system kan registrera stamkoder, men under de praktiska testerna rapporterade inte Log Max och Logset stamkoder. Många av systemen stödjer även den "klistriga" stamkodsfunctjonen. Klistrig stamkodsfunctjon innebär att man kan registrera samma stamkod på flera stammar i rad utan ny knapptryckning. Klistriga stamkoder kan bland annat underlätta för maskinföraren vid avverkning i exempelvis stormskadad skog. Komatsu hade inte denna functjon under testet men har i efterhand implementerat den i sitt system och functjonen kommer finnas tillgänglig från 1 juni 2026. Log Max stödde inte heller denna functjon under testet men har under våren 2026 implementerat den för praktiska tester och functjonen kommer att ingå i alla uppdateringar från och med hösten 2026. Logset stödjer inte denna functjon.

Tabell 16. Sammanställning av produktionsrapportering i hpr.

	Rottne, Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
Produktion lagras i hpr	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
hpr kan genereras automatiskt (exempelvis med visst tidsintervall, vid skiftbyte, vid objektsslut)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
Diametervektor kan registreras i hpr	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Manuella kap registreras i hpr	Ja	Ja*	Ja*	Ja	Ja*	Ja
Flerträdsupparbetning registreras i hpr	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Flerträdsfällning registreras i hpr	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Enkelträdsfällning registreras i hpr	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej*
Kräver registrering av fällning aktivering i maskinen?	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja
Flagga för bränsleanpassning (BioEnergyAdaption)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
Stamkoder (exempelvis högstubbe, kulturstubbe) registreras i hpr	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja*	Ja*
Kan samma stamkod registreras på flera stammar i rad utan ny knapptryckning ("klistrig stamkod")?	Ja	Ja	Ja	Ja*	Ja*	Nej

*Se kommentarer i löptext.

Endast Log Max stödjer registrering av backning under matning av stam (Tabell 17). Loggning av backningar kan vara användbart i kvalitetsuppföljning, då längdmätningen kan förväntas vara påverkad negativt av backningar.

Samtliga utom John Deere stödjer registrering av stubbehandling per stam. Registreringen möjliggör storskalig uppföljning av stubbehandling på trädnivå. Stubbehandling på svenska marknaden innebär rotrötebehandling på stubben, men på andra marknader kan det även innebära andra typer av behandling.

Samtliga stödjer registrering av om toppsåg har använts, men eftersom toppsågning inte förekommer på den svenska marknaden har det inte testats praktiskt i detta test.

Samtliga förutom Ponsse och Logset stödjer registrering av om automatik för att backa till rotkap har använts. Automatisk backning till rotkap används när längdmätningen behöver nollställas för en stock.

Tabell 17. Stöd för nytilkomna stam- och stock-parametrar i hpr-filer.

	Rottne, Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
Stöds elementet Reversing (registrering av backning vid upparbetning)?	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej
Stöds elementet StumpTreatment (registrering av rötbehandling av stam)?	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja
Stöds elementet TopSawing (registrering av användning av toppsåg)?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Stöds elementet FindButtEnd (registrering av användning av automatik för att backa till rotkap)?	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej

Alla tillverkare kan rapportera en tidstämpel per stam, men de registreras på olika sätt (Tabell 18). Vanligast är att registrera HarvestDate när aggregatet tillas upp efter att ha upparbetat en stam, därefter att aggregatet öppnas efter att stammen upparbetats. Komatsu dokumenterar HarvestDate vid fällkapet av stammen, och Logset vid kapet av den första stocken. Vid analyser på trädnivå och med olika maskiner rekommenderar vi att man är uppmärksam på denna variation.

Stamkoordinaten registreras många gånger vid ett annat tillfälle än HarvestDate. Dasas system i Rottne registrerar vid fällkap och i Dasas system i Eco Log vid "reset stem". Vi tolkar detta som att stamkoordinat och datum (HarvestDate) kan registreras olika beroende på hur styrsystemet är implementerat. Ponsse och Komatsu registrerar vid fällkap. John Deere kan dokumentera positionen antingen vid fällkap eller när aggregatet öppnas, detta är en inställning, men de har meddelat att alla deras maskiner på svenska marknaden registrerar vid fällkap. Logset registrerar positionen vid fällkap om de registrerar stamkoordinat för aggregatet (Logset har inte visat exempel på att de implementerat detta under testet) och vid första stockkap om det är basmaskinens position. Skogforsk har i testet inte validerat uppgifterna i detta stycke, informationen bygger på tillverkarnas egna uppgifter.

Samtliga koordinater i standarden kan bära en tidsstämpel (CoordinateDate). Det har noterats att denna tid för många av systemen avviker från den tid som finns registrerad i HarvestDate. Orsaken tycks vara att Dasa och Ponsse lagrar den senaste relevanta koordinaten som GNSS-mottagaren genererat. Om maskinen är stillastående kan detta innebära att den inte har uppdaterats och att CoordinateDate därför inträffar ett antal minuter före HarvestDate. Vi ser därför att flera träd kan ha samma CoordinateDate om maskinen varit helt stillastående. Troligtvis kopplar denna problematik till att man i vissa system filtrerar koordinaterna på så sätt att de enbart uppdateras vid förflyttning eller med ett visst tidsintervall.

Endast Komatsu kan rapportera stockens position och tid för stockkap. I testet lagrades denna information med hjälp av ett Extension-element, det vill säga inte i standardens element eftersom dessa inte var införda i version 3.6.

Kranpositioneringen (BoomPositioning) kan enligt standarden registreras vid fällning eller vid sista kap av stammen (BoomPositioningCategory). Detta innebär att kranens

vinkel, kranpetsens avstånd från maskinen och eventuellt maskinens kompassriktning rapporteras. Kranpositionering kopplat till varje stam är något som kan lagras i de flesta av de testade systemen, men inte av Log Max eller Logset. De som har implementerat kranpositionering har gjort det för fällningstillfället, därtill har Komatsu, Ponsse och Dasa även implementerat utsträckt kranlängd vid samma tillfälle. Endast Dasa och John Deere har även implementerat kranpositionering vid sista kap. Detta betyder att de kan registrera kranvinkel och utsträckt kranlängd vid både fällning och sista kap. Att kranpositioneringen även registreras vid sista kap är positivt ur ett användarperspektiv. Det möjliggör att stickvägar kan särskiljas från så kallade slingerstråk, vilket är viktigt vid användning av Automatiserad gallringsuppföljning. Det noterades en egenhet i Dasas system. De rapporterade värdena för utsträckt kranlängd var ett maxvärde för utsträckt kranlängd som inte bör användas, detta eftersom sensorn i skördaren för att beräkna den utsträckta kranlängden saknades. John Deere rapporterade bara värdet 1000 i utsträckt kranlängd. Troligen saknade även den rätt sensor.

Alla system utom Logset kan rapportera en spårlogg, utöver de andra koordinaterna som rapporteras. Däremot rapporterar John Deeres system bara tidstämpel på spårloggens koordinater om de rapporteras i mom och inte i hpr.

Ponsse, John Deere och Komatsu kan rapportera koordinater med hög GNSS-precision (RTK-korrektion). Som standard för dessa tre system, samt för Dasa, levereras maskinen alltid med en installerad GNSS-splitter. GNSS-splitter syftar på att positioneringssystemet kan användas av fler än ett system i maskinen samtidigt. Observera att RTK-korrektionen inte fungerade korrekt för Ponsses del under testet. Anledningen till detta är okänd.

Tabell 18. Produktionsrapportering i hpr av positioneringsdata.

	Rottne, Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
Tidsstämpel för avverkning av stam (HarvestDate)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
HarvestDate registreras vid?	Tilt upp	Tilt upp/ Aggregat öppnas	Aggregat öppnas	Fällkap	Tilt upp	Toppkap rotstock
Koordinater vid fällning, maskinposition	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Koordinater vid fällning, trädposition	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
Koordinater vid kap, stockposition	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej
Tid för stockkoordinat registreras vid?	-	-	-	Stock- kap	-	-
Kranvinkel vid fällning	Ja*	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
Kranvinkel vid kap av sista stocken?	Ja*	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej
Utsträckt kranlängd	Ja*	Ja	Ja*	Ja	Nej	Nej
Spårlogg i hpr-filen?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
Spårlogg med tid i hpr-filen?	Ja	Ja	Nej*	Ja	Ja	Nej
GNSS med högprecision (RTK- korrektin)?	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
GNSS-splitter som standard?	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej

*Se kommentarer i löptext.

Hantering och registrering av centrala identiteter fungerade generellt mycket väl (Tabell 19). För Log Max saknades attributet ContractCategory som ligger under elementet ContractNo och elementet LoggingForm. För Logset noterades lite större brister:

- attributet ContractCategory saknades,
- elementet RealEstateIDObject saknades,
- i elementet ForestOwner rapporterades endast efternamn (LastName),
- i elementet LoggingOrganization rapporterades endast BusinessName och BusinessID,
- elementet ProductBuyer saknades helt.

Tabell 19. Sammanställning av identiteter i produktionsfiler enligt StanForD 2010.

	Rottne, Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
ContractNo	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja*	Ja*
RealEstateIDObject	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
LoggingForm	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja
ForestOwner, LoggingOrganization	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja*
ProductInfo	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
ProductVersion	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
ProductDestination.BusinessID	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
ProductBuyer.BusinessID	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej

*Se kommentarer i löptext.

Flerträdshanteringen fungerar bra, Logsets styrsystem har dock viss utvecklingspotential (Tabell 20). Logset rapporterar inte flerträdsfällda volymer, enkelfällda träd registreras som flerträdsfällda, enheten "m³sob/sub" används i stället för "m³sub/sob Estimated" vid flerträdsupparbetning. Enbart toppdiameter på bark registreras för dessa flerträdsupparbetade stockar. I fallet med Logset registrerades alla flerträdsupparbetade stockar med produkten "oklass" och inte till exempel massaved. Det är därför okänt om stockar kan registreras som till exempel massaved vid flerträdsupparbetning.

Tabell 20. Detaljer angående registrering av flerträdshanterade stammar.

	Rottne, Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
Flerträdsfällda volymer	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
Enkelträdsfällda volymer	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
Flerträdsupparbetade volymer (estimerad)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Produkt registrerad per stock (flerträdsupparbetning)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	?
Längd och toppdiameter (pb och ub) per stock	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja*

*Se kommentarer i löptext.

Kvalitetssäkring av maskinernas mätning

Funktionalitet avseende kontroll och kalibrering har i stor utsträckning implementerats i samtliga tillverkares system och hqc-meddelandet kan genereras i samtliga system (Tabell 21). Slumpning av stammar kan göras baserad på frekvens av antal stammar, tid

eller volym. Alla system kan slumpa ut kontrollstammar baserat på tid, däremot kan inte Logset slumpa på antal stammar eller volym. Log Max och John Deere kan inte slumpa stammar baserat på volym. Det bör observeras att slumpning på tid och volym inte testades i praktiken och att det är känt att dessa slumpningsalgoritmer kan skilja sig väsentligt åt mellan olika system.

Alla tillverkare stödjer användningen av Haglöfs och Massers dataklavar. Utöver dem stödjer även Ponsse sin egen klave, Caliper 3_3, som var den klave som användes vid kalibrering av skördaren för testet. Vid kontrollmätningen användes genomgående Haglöfs klave DpII+.

Att accepterade men ej mätta stammar kan skickas i hqc till Biometria avser vad som händer om en stam skickas till klaven, men klaven sedan töms innan någon hqc skickats till maskinen. Detta är ett sätt att få slumpade stammar att helt försvinna. John Deere och Log Max saknar denna funktion.

Tabell 21. Översiktlig beskrivning av implementerad funktionalitet avseende kontroll och kalibrering.

	Rottne, Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
hqc implementerad	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Slumpning baserad på frekvens (antal stammar)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
Slumpning baserad på tid	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Slumpning baserad på volym	Ja	Ja	Nej	Ja	Nej	Nej
Sista fem slumpstamsinställningar registreras per trädslag i hqc	Ja	Ja	Senaste	Senaste	Ja	Senaste
Avvisade stammar lagras som hqc	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Accepterade men ej mätta stammar (enbart M1-mätning) kan skickas i hqc till Biometria	Ja	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja

Driftuppföljning

Alla system kan generera mom-formatet för att rapportera driftuppföljningsdata (Tabell 22). I samtliga fall har en jämförelse gjorts mellan produktionsdata i hpr och mom, vilket inte indikerar några skillnader i stamantal och total volym.

I och med att Dasas styrsystem stödjer version 4.1 har de även kunnat nyttja den hårdkodade avbrottsorsaken "ControllerDefault", vilket innebär att föraren kan välja att inte manuellt registrera specifika avbrottsorsaker.

LogMax kan endast automatiskt produktionsrapportera per tidsintervall.

Loggspår med tidsstämplar (Tracking) kan lagras i samtliga mom-filer förutom i Eco Log, Rottne och Logset. Däremot ska det förtydligas att loggspår går att spara i mom-filen för skotaren för Rottne och Eco Log. Parametern "DrivenDistance" saknades i mom-filerna från Rottne och Eco Log, men ska enligt Dasa kunna aktiveras.

Tabell 22. Beskrivning av funktionalitet kopplat till driftuppföljning.

	Rottne, Eco Log (Dasa)	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
Generering av mom-fil per objekt	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Typ av tidsregistrering (I=individuella, C=kombinerade)	I	I	I	C	I	I
Är både del- och totalrapportering av hpr möjlig?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Kan produktionsrapport genereras automatiskt per timme eller skift?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja*	Nej
Kan produktionsdata och driftdata rapporteras automatiskt vid olika tillfällen?	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Nej
Loggspår med tidsstämplar	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

*Se kommentarer i löptext.

Geografisk kartinstruktion

StanForD-standarden innehåller ett format som kan användas för att kommunicera geografisk information till skogsmaskinens GIS-applikation (ogi). Bland testfilerna fanns en sådan instruktion. Dock hade vid testtillfället ingen maskintillverkare implementerat stöd för detta format varför det aldrig kunde testas i praktiken.

Delstudie 4: Kaptid och kedjehastighet

Syfte

Syftet med delstudien var att jämföra maskinsystemens kaptid och kontrollera att maskinerna var inställda så att kedjehastigheten inte överskred den maximalt tillåtna gränsen.

Material och metoder

Inför avverkning av de 30 granstammarna per maskinsystem samt efterföljande fördelningsaptering mättes kedjehastigheten för de olika maskinsystemen. För att eliminera inverkan av olika kedjemodeller på mätresultaten var samtliga maskinsystem under testerna utrustade med fabriksnya kedjor av modellen CARLTON B8HC. Innan mätningarna av kaptid inleddes kontrollerades att kedjehastigheten låg under det tillåtna maxvärdet, vilket är 40 m/s under själva kapet och 42 m/s vid dess start och slut då sågkedjans kontakt med stocken påbörjas respektive avslutas. Skälet till den högre gränsen vid kapets start och slut är att de överslängar som ofta uppstår då utgör en mycket begränsad del av hela kapförloppet. För kontrollen av kedjehastighet mättes sågmotorns varvtal för samtliga maskinsystem vid kapning i en grövre granstock (diameter cirka 40 cm). Mätningarna gjordes med en mekanisk rotationsgivare som monterades på såglådan och anslöts via en flexkoppling till kedjehjulets nav (Figur 18). Givaren gav 1 puls/varv vilket motsvarade en upplösning på ca 110–150 Hz vid en kedjehastighet på 40 m/s, beroende på kedjehjulets storlek, som hade mellan 13 och 18 kuggar för de olika aggregaten. Tidsstämplarna för pulserna registrerades via ett mikrokontrollerkort av typen Arduino Nano Every. Tiden mellan två pulser kunde sedan räknas om till momentant varvtal. Omräkning från varvtal (*RPM*, varv/minut) till kedjehastighet (v , m/s) skedde enligt följande formel:

$$v = RPM \times 0,00034 \times n$$

där n är antalet kuggar på drivhjulet och 0,00034 är kedjedelningsfaktorn för kedjan som användes (Oregon, 2012). Ett rullande medelvärde över tio observationer användes sedan för att minska inverkan av eventuella artefakter eller momentana spikar, och i stället framhäva den övergripande trenden.



Figur 18. Pulsgivare ansluten till kedjehjulets nav för mätning av sågmotorns varvtal. Pulsarna samt deras tidpunkter loggades lokalt och streamades via bluetooth till en mobiltelefon, som också kontrollerade start- och stopptid för datainsamlingen. Foto: Björn Hannrup, Skogforsk.

Mätningarna av kaptid genomfördes med hjälp av filmning enligt en metodik som tidigare utvecklats vid Skogforsk (Skogforsk 1999). Under kapning filmades kapförloppet med en GoPro-kamera med modellbeteckningen Hero 10 (Figur 19). I studien definierades kaptid som tiden från det att kedjan gick in i barken tills dess att trissan var helt avskild från stocken. Genom att på filmerna räkna antalet bildrutor mellan dessa moment kunde kaptiden mätas. Vid filmningen användes en bildfrekvens på 240 bilder per sekund, tiden mellan två bildrutor var alltså 4,2 millisekunder.

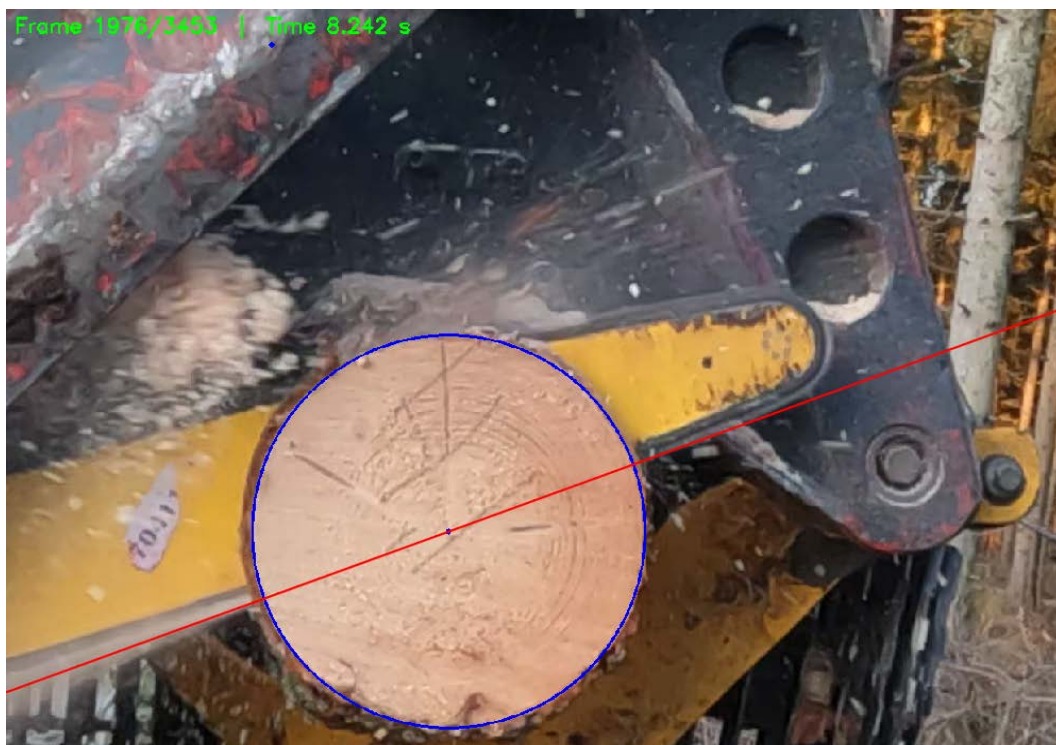


Figur 19. GoPro-kameran i samband med filmning av kapförloppet. Foto: Astrid Bygge, Skogforsk.

Utifrån filmmaterialet från kameran gjordes också en ansats att mäta tidsåtgången för den första respektive andra halvan av kapet. Detta gjordes genom att identifiera den bildruta då skärlinjen passerar geometriska mittpunkten av den aktuella trissan (Figur 20), vilket då representerar övergången från första till andra halvan av kapet.

Vid mätningarna av kaptid kapades trissor från sex granstockar med diametrar inom intervallet 20 till 40 cm (Figur 21). Stockarna var utvalda för att representera ett brett

diameterintervall så att maskinsystemens generella samband mellan kaptid och kaparea skulle kunna upprättas. Från varje stock registrerades mätvärden från två kap per maskinsystem, vilket totalt resulterade i 12 kap per maskinsystem. Efter kapning bestämdes trissornas diameter med hjälp av korsklavning. Vid en inledande analys och kontroll av data uteslöts kap från ett antal trissor där kaptiden var kraftigt förhöjd på grund av ved med större/flera kvistar. För Rottne, Ecolog, Komatsu och Ponsse uteslöts kap från en trissa per maskinsystem.



Figur 20. Illustration av metodiken som användes för att identifiera när halva kapet var genomfört. Linjen som avgränsar de två halvorna går genom trissans geometriska mittpunkt snarare än stockens märke. Foto: Mats Richardson, Skogforsk.

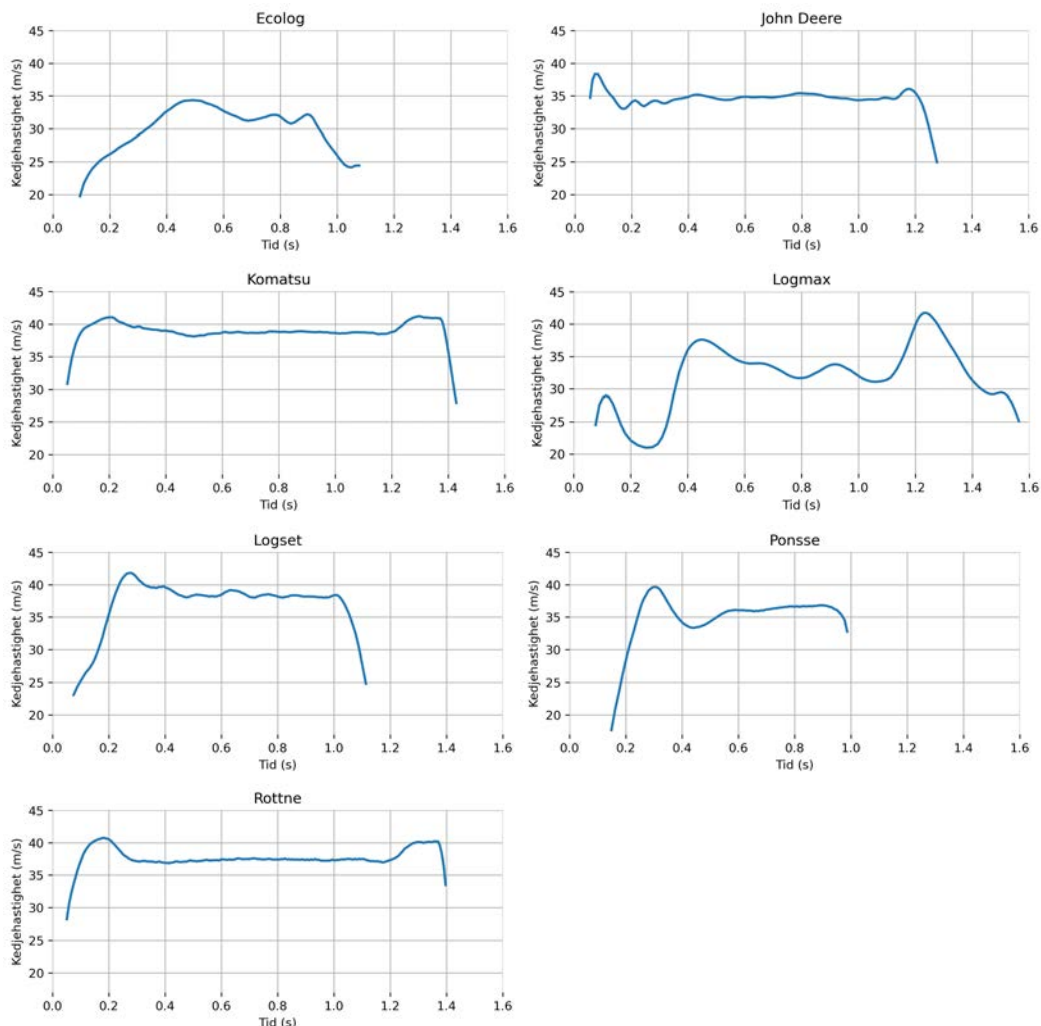


Figur 21. Bild på de sex stockar som användes för kaptidsmätningen. Foto: Björn Hannrup, Skogforsk.

Resultat och diskussion

Kedjehastighet

I Figur 22 redovisas kedjehastigheten under kapförloppet för de sju maskinsystemen. Efter kontroll hade samtliga maskinsystem en kedjehastighet på under 40 m/s under själva kapet. En initial topp följd av en minskning av kedjehastigheten kan observeras för samtliga maskinsystem förutom Eco Log, som i stället har en längre och mer gradvis ökning av kedjehastigheten. För Log Max påbörjades kapet när kedjehastigheten fortfarande var relativt låg. Den initiala toppen är därför lägre än kedjehastigheten under återstående del av kapet men kan fortfarande observeras. En motsvarande topp vid kapets slut är synlig i varierande utsträckning för John Deere, Komatsu, Log Max samt Rottne, och uppstår när motståndet från stocken försvinner.



Figur 22. Kedjehastighet under kapförloppet vid kapning i en grövre granstock för de sju utvärderade maskinsystemen. Observera att stockarna som kapades kunde ha olika diameter och att skillnaden i kapens tidsåtgång inte är justerad för detta.

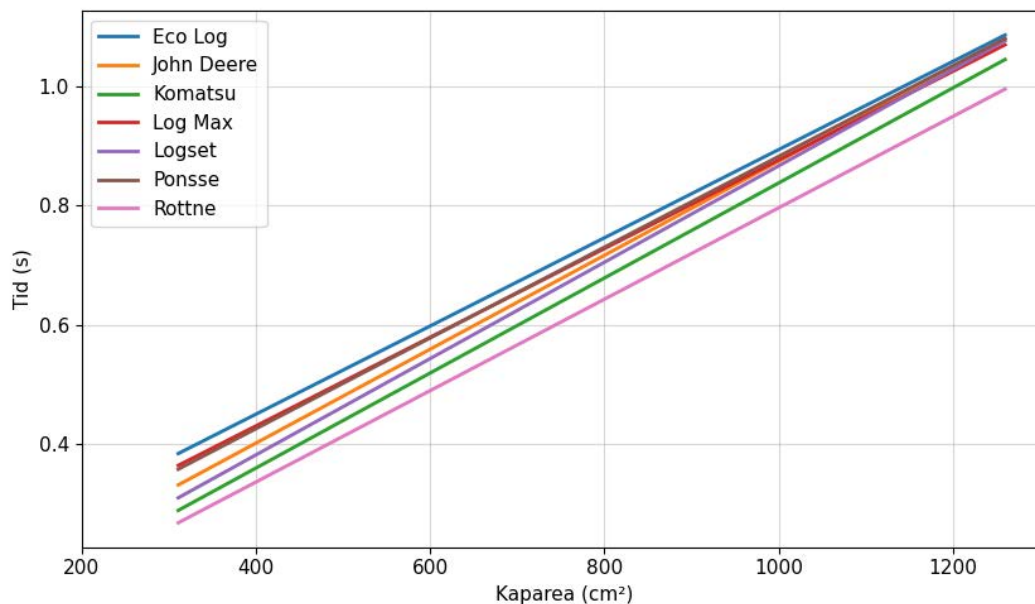
I Tabell 23 redovisas information om de olika sågsystem som maskinsystemen var utrustade med under testet. Även styrningen av sågmotorns varvtal samt svärdmatningsstrycket skiljde sig åt mellan systemen. Komatsu och Rottne använde båda sågmotorn F11-IP från Parker Hannifin, som har en integrerad, hydraulisk styrning av sågmotor och svärdmatning. Likheten i deras kurvor för kedjehastighet återspeglar detta. Log Max och Logset reglerade varvtalet via en hydraulisk kompensator och svärdmatningen med proportionalventil. Även John Deere och Eco Log hade denna typ av reglering, men som kompletterades av mjukvarubaserade lösningar. John Deere har sedan förra testet implementerat en adaptiv funktion med återkoppling från den inbyggda varvtalsgivaren, som ska underlätta att motverka momentana varvtalsspikar. Eco Log använde en patenterad metod för att hålla sågmotorns hydraultryck och därmed också varvtal på en jämn nivå, genom att justera svärdmatningstrycket baserat på återkoppling från en trycksensor mellan pumpen och sågmotorn. Även Ponsse hade en egenutvecklad adaptiv lösning, som stegvis reglerade svärdmatningstrycket baserat på stockens diameter och svärdets progression i kapet. Utöver John Deere hade Eco Log och Komatsu också inbyggda varvtalsgivare i sågmotorerna, men använde dessa för att kalibrera kedjehastigheten snarare än reglera den under kapets gång. Kontrollen av kedjehastighet för dessa tillverkare skedde snabbt och eventuella justeringar som gjordes var enbart finjusteringar. De maskinsystem som inte hade en inbyggd varvtalsgivare och i stället kalibrerat under luftkap utan monterad kedja hade initialt en för hög kedjehastighet och fick justera ned den.

Tabell 23. Fabrikat och storlek på sågmotorn, antal kuggar på drivhjulet, samt om inbyggd varvtalsmätning användes i de utvärderade maskinsystemen.

Maskin	Sågmotor	Storlek (cm ³)	Kuggantal, drivhjul	Inbyggd varvtalsmätning
Eco Log	Bucher QXM42-032	32	17	Ja
John Deere	Bucher	32	18	Ja
Komatsu	Parker F11-019 IP	19	14	Ja
Log Max	Parker F12-030	30	18	Nej
Logset	Bucher QXM42-032	32	17	Nej
Ponsse	Parker F12-030	30	16	Nej
Rottne	Parker F11-019 IP	19	13	Nej

Kaptid

Regressionslinjerna samt tillhörande ekvationer för sambandet mellan kaparea och kaptid för hela kapet återges i Figur 23 och Tabell 24. Rottne hade kortast uppmätt kaptid och Eco Log längst – i genomsnitt 19 procent längre än Rottne. Den relativa skillnaden i tidsåtgång är störst för stockar med mindre diameter, och avtar i samband med ökande grovlek, förutom för Komatsu och Rottne som även då fortsätter vara snabbare. Kaptidsmätningen för Eco Log, Rottne och Komatsu skedde under väderförhållanden med minusgrader, se Figur 2.



Figur 23. Sambandet mellan kaparea och kaptid för de utvärderade maskinsystemen. En stock med tvärsnittsarean (kaparea) 400 cm² har en diameter på ca 23 cm, och en kaparea på 1200 cm², vilket motsvarar ca 39 cm i diameter.

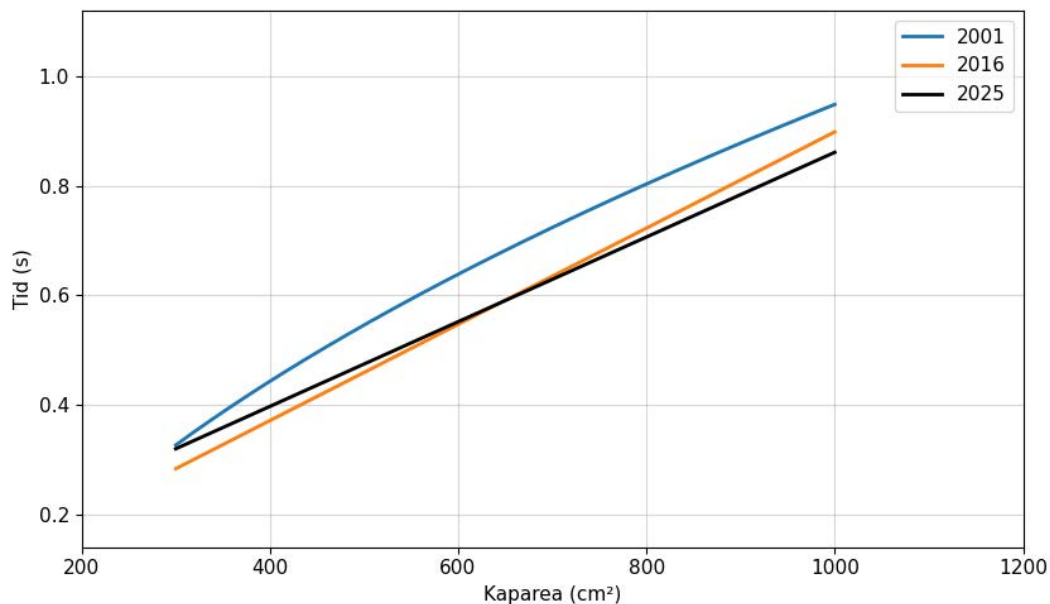
Tabell 24. Ekvationer för det modellerade linjära sambandet mellan kaparea och kaptid samt modellernas förklaringsgrad för de utvärderade maskinsystemen.

Maskin	Regressionsekvation*	R ²
Eco Log	Kaptid = 0.1528 + 0.00074 x kaparea	0,963
John Deere	Kaptid = 0.085 + 0.00079 x kaparea	0,970
Komatsu	Kaptid = 0.0394 + 0.0008 x kaparea	0,961
Log Max	Kaptid = 0.1316 + 0.00075 x kaparea	0,988
Logset	Kaptid = 0.0571 + 0.00081 x kaparea	0,969
Ponsse	Kaptid = 0.1198 + 0.00076 x kaparea	0,997
Rottne	Kaptid = 0.0281 + 0.00077 x kaparea	0,991

*Enheter för kaptid och kaparea är sekunder respektive cm².

Kaptidens utveckling över tid

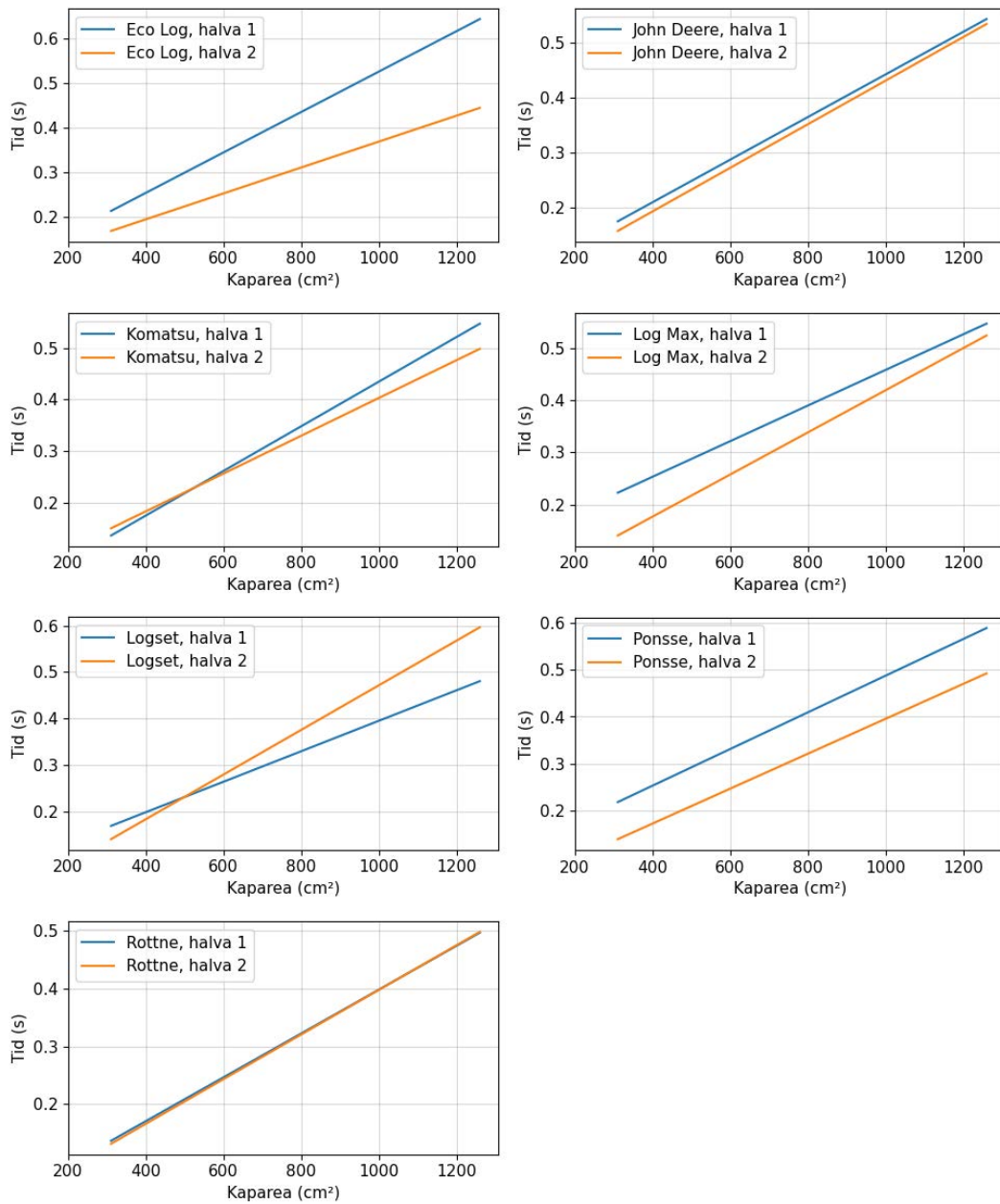
I Figur 24 redovisas den genomsnittliga kaptiden för maskinsystemen som deltog i årets test samt motsvarande genomsnitt för testerna som genomfördes 2001 och 2016. Resultaten indikerar att kaptiden inte har förändrats markant sedan 2016, till skillnad från den genomsnittliga minskning på 10 procent i kaptid som observerades mellan 2001 och 2016 (Nordström m.fl. 2018).



Figur 24. Sambanden mellan kaparea och kaptid för virkesvärdestesten 2001, 2016 och 2026.

Koppling mellan kaptid och förekomsten av kapsprickor

Kapsprickor uppkommer under den sista tredjedelen av kapet, framför allt vid kap i grövre stockar ([Helgesson 1997](#)). För att minska risken för kapsprickor är det därför angeläget med en hög kaphastighet, främst under den senare delen av kapet. I Figur 25 redovisas tidsåtgången vid första och andra halvan av kapet för de sju undersökta maskinsystemen. Störst skillnad i tid mellan första och andra halvan hade Ponsse och Eco Log. Detta kan bero på den stegvisa styrning som Ponsse använde, vilken kan justeras beroende på var i kapförloppet svärdet befinner sig. Dock noterades i vissa av filmerna från kaptidsmätningen att Ponsses sågkedja saktade ned kraftigt vid första kontakt med stocken, vilket också kan förklara den längre tidsåtgången under första halvan av kapet. Efter testets genomförande har Eco Log meddelat att de körde med en inställning som gjorde att uppdateringen av svärdmatningstrycket skedde med en frekvens på 10 ms i stället för standardvärdet 2 ms, vilken enligt tillverkaren kan ha bidragit till en långsammare första hälft av kapet. John Deere, Komatsu och Rottne hade liknande tidsåtgång mellan första och andra halvan av kapet. Av alla undersökta maskinsystem var det endast Logset som uppvisade en längre tidsåtgång under andra halvan av kapet. I en kommentar efter testets genomförande angav tillverkaren ett för högt ställt svärdmatningsstryck som möjlig orsak, med otillräcklig spånevakuering som följd och längre kaptid under andra halvan.



Figur 25. Sambandet mellan kaparea och kaptid för första respektive andra halvan av kapet för de utvärderade maskinsystemen.

Delstudie 5: Avverknings-skador



Syfte

Syftet med delstudien var att jämföra maskinsystemen med avseende på kapsprickor, bark- och dubbskador, samt att jämföra dagens system med tidigare tester.

Material och metoder

Här redovisas mätmetod och analysmetod för kapsprickor, dubbskador och barkskador.

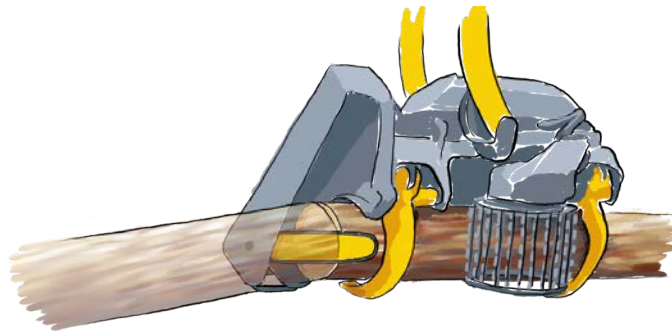
Kapsprickor

Kapsprickor orsakas av det moment som den fritt hängande stocken skapar vid kapningsmomentet. Mätningarna av kapsprickor skedde på samma 30 stammar som användes för utvärdering av skördarnas dimensionsmätning. All kapning skedde *utan stöd, det vill säga med den utmatade stocken fritt hängande*. Detta är centralt för att kunna jämföra maskinsystemen.

Mätningar av kapsprickor gjordes på samtliga timmerstockar ned till 14 cm i toppdiameter från totalt 30 granstammar per maskinsystem. Båda stockändarna mättes, förutom rotstockar som enbart mättes i toppändan. Sprickor i rotstockens rotände mättes inte, eftersom de vanligtvis uppkommer vid fällning och är starkt förarberoende. För stockändar där det förekom röta gjordes inga mätningar.

Mätningar av kapsprickor gjordes med den så kallade trissmetoden (Helgesson 1997, s. 20) enligt följande:

1. Spåret för längdhjulet identifierades och längs spåret sågades en tunn skåra med motorsåg.
2. Cirka fyra centimeter tjocka vedtrissor kapades från stockändan (Figur 26) och knackades därefter mot stockändan för att se om de sprack där en kapspricka förväntades. Med vägledning av skåran som sågats längs spåret för längdhjulet säkerställdes att potentiella sprickor hade en förväntad riktning (i form av en korda tvärs över årsringarna ungefär vinkelrät mot spåret för längdhjulet) och position (nedre tredjedelen av diametern).
3. Trissor fortsatte att kapas tills den sista trissan inte längre visade en kapspricka vid knackning.



Figur 26. Kapsprickor uppstår i den nedre tredjedelen av kapet. Trädets rotände är till vänster i bild. Aggregatet har matat ut och kapat den orsakande stocken. Den längsta sprickan hamnar generellt i rotänden på stocken i aggregatet. Illustration: Mats Richardson, Skogforsk.

Kapsprickor kännetecknas av att fibrerna är avslitna på ett taggigt sätt tvärs årsringarna. För stockändar med kapsprickor registrerades: *i*) antal trissor med sprickor, *ii*) trissorernas summerade tjocklek samt *iii*) avståndet från märke till kapsprickan.

Utifrån mätningarna beräknades andelen stockar med kapsprickor, kapsprickornas längd beräknad som trissorernas summerade tjocklek med tillägg för bredden av sågspåret (8 mm) (Figur 27), samt kapsprickornas läge i tvärsnittet, uttryckt som andel av stockdiametern som återstod att kapa då kapsprickan bildades. Stockarnas diameter och längd har en uppenbar effekt på förekomsten av kapsprickor. För att testa om skillnaderna i de mätta kapspricksvariablerna (andel, läge och längd) för maskinsystemen var statistiskt säkerställda, med hänsyn taget till de stockdimensionsskillnader som fanns, gjordes en variansanalys. Stocklängd och diameter användes då som kovariater för att kompensera för skillnader i stockdimensioner mellan maskinsystemen. Det var stockdimensionerna för den orsakande stocken som användes, det vill säga den utmatade stock som var fritt hängande vid kapet. Följande modell anpassades:

$$y = m + v + e$$

där y är den analyserade kapspricksvariabeln i den drabbade stocken, m är maskinsystemet, v den orsakande stockens volym och e det slumpmässiga felet. Eftersom skördardatorn styr stockens längd efter dess diameter användes den orsakande stockens totala volym som förklaringsvariabel. I analysen beräknades minsta kvadratmedelvärden för maskinsystemen, det vill säga det genomsnittliga kapspricksvärdet för maskinsystemen efter kompensering för skillnader i stockdimensioner. Vidare signifikantstestades effekterna av de olika parametrarna.



Figur 27. Illustration av trissmetoden. Trissorna är kapade ur samma stockände, och genom att summera trissornas tjocklek kan kapsprickans längd uppskattas. Foto: Björn Hannrup, Skogforsk.

Dubbskador

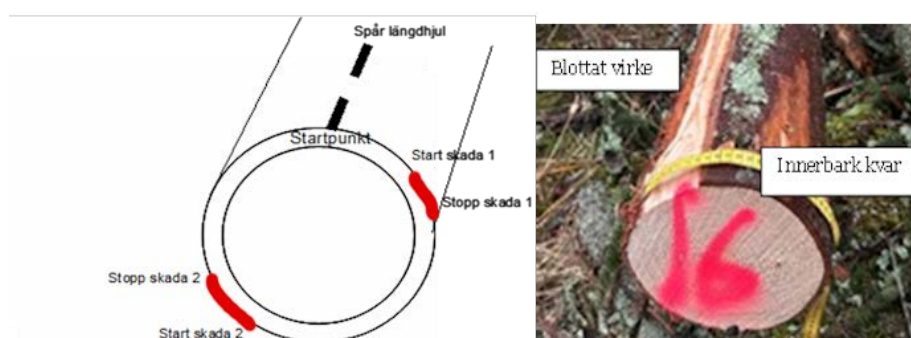
Dubbskador uppkommer då matarvalsarnas dubbar tränger in i veden vid matning av stammen. Mätningar av dubbskador gjordes i toppänden på samtliga timmerstockar ned till 14 cm toppdiameter från totalt 30 granstammar per maskinsystem. Mätningarna gjordes parallellt med mätningarna av kapsprickor med den så kallade yxmetoden. För den första trissan som kapades i toppänden på stockarna skars ett segment av veden loss med en kniv eller en yxa från ett område på stocken där de yttre matarvalsarna legat an. Vedsegmentet delades i fiberriktningen och djupet ned till den innersta avslitna vedfibern mättes med ett skjutmått (Figur 28). Mätningarna var avgränsade till skador orsakade av matarvalsarna under normal matning av stammen framåt. Skador som uppstått vid slirning eller backning av stammen mättes inte in.



Figur 28. Mätning av inträngningsdjup för dubbskador.

Barkskador

Skador på barken orsakas av kvistknivar och matarvalsar då stammen matas genom skördaraggregatet. Mätningar av barkskador gjordes i toppändan på samtliga stockar, inklusive massavedsstockar, från totalt 30 granstammar per maskinsystem. Vid mätningarna lades ett måttband ut runt stockens mantelyta. För varje barkskada noterades längden från skadans start- respektive stoppunkt på mantelytan (Figur 29, vänster). Längden mättes på halv centimeter när. Två skadedjupsklasser användes: halv skada, det vill säga skador där barken var skadad men inte så djupt som till vedytan, och hel skada, där skadan var så djup att veden blottats (Figur 29, höger). För varje stock beräknades andelen skadad bark (av omkretsen) uppdelat på de två skadedjupsklasserna. Motsvarande värden per maskinsystem beräknades som det aritmetiska medelvärdet av stockarnas värden.



Figur 29. Illustration av definition av barkavskav samt hur detta mättes i praktiken. Barkavskav mättes i två klasser: blottad ved och innerbark kvar.

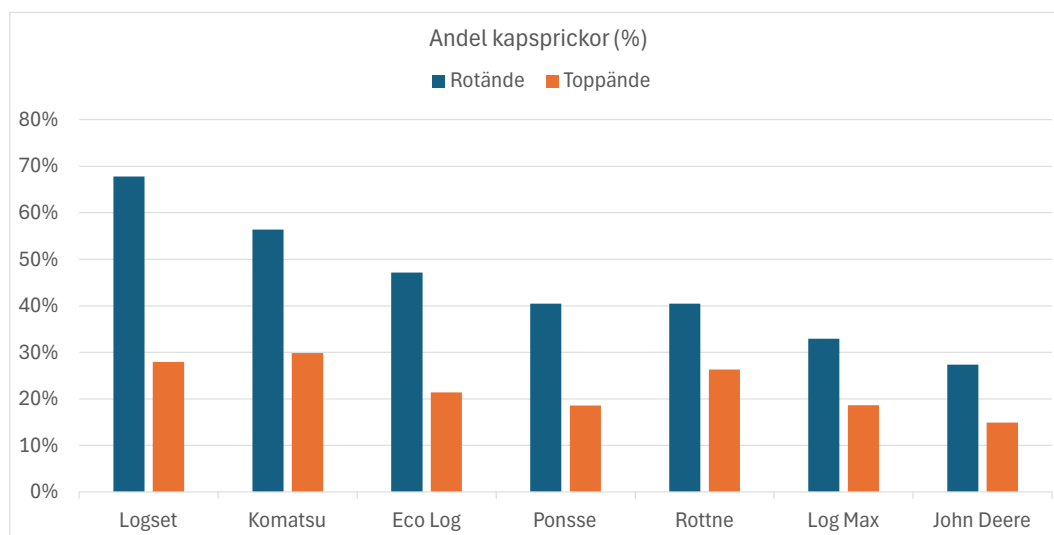
Resultat och diskussion

Kapsprickor

De ingående stockarnas genomsnittliga diameter och längd var likartad för de olika maskinsystemen (se Tabell 34, Tabell 35 och Tabell 36 i Bilaga 5). Stockarnas längd och diameter påverkar momentet som den utmatade stocken utövar och i analyserna av kapspricksparametrarna (andel sprickor, spricklängd och placering av sprickorna) har vi kompenserat för de skillnader som trots allt fanns i stockdimensioner mellan maskinsystemen.

Totalt hade 48 procent av stockarna kapsprickor i rotänden, och 23 procent av stockarna hade sprickor i toppänden (Figur 30). Mellan maskinsystemen fanns en betydande variation och lägst total andel kapsprickor hade John Deere och Log Max. Skillnaderna mellan maskinsystem testades med statistisk modellering, som visade signifikanta resultat. Andelen sprickor 2025 är mycket lik andelen 2016, då var det totalt 48 procent sprickor i rotändar och 17 procent sprickor i toppändar.

Det fanns skillnader i genomsnittlig spricklängd (Tabell 25). Den genomsnittliga spricklängden var genomgående kortare i toppänden av stocken än i rotänden. För samtliga maskinsystem redovisas även andelen sprickor som var längre än 50 mm. Både den genomsnittliga spricklängden och andelen sprickor över 50 mm är en förbättring från testet 2016. Då var snittlängden 93 mm i rotänden (71 procent över 50 mm) och 71 mm i toppänden (80 procent över 50 mm). Det innebär att 2025 års resultat är nästan 2 cm kortare kapsprickor i båda ändarna av stocken än vad det var i förra testet.



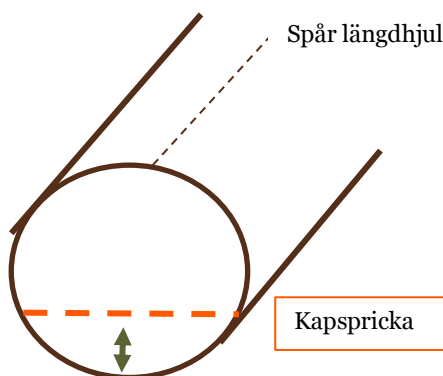
Figur 30. Andel kapsprickor i rotände och toppände för de sju tillverkarna. Staplarna är sorterade i storleksordning efter andel sprickor i rotände.

Tabell 25. Genomsnittlig spricklängd (mm) i de drabbade stockarnas rot- och toppändar för de utvärderade maskinsystemen. Även andelen sprickor som var längre än 50 mm redovisas per ände. Maskinsystemens ordning följer andelen kapsprickor i **Fel! Hittar inte referensälla..**

Maskin	Sprickor i rotände		Sprickor i toppände	
	Medellängd (mm)	Andel över 50 mm (%)	Medellängd (mm)	Andel över 50 mm (%)
Logset	82	54	52	43
Komatsu	64	45	48	36
Eco Log	61	29	51	24
Ponsse	90	82	71	78
Rottne	64	56	53	52
Log Max	59	39	46	32
John Deere	51	26	53	30
Medel	67	47	53	42

Fördelningen av kapsprickor var inte jämn över kapen i samma stam. Det första kapet, mellan toppänden på första stocken och rotänden på andra stocken, genererade mest sprickor. Högst andel kapsprickor fanns i rotänden på andra stocken (58 procent) och många av de första kapen genererade dessutom sprickor i toppen av rotstocken. Andelen kapsprickor avtog högre upp i stammen, men det förekom kapsprickor även i kubbsortiment.

I Tabell 26 redovisas kapsprickornas läge i stockarnas tvärsnitt för de sju maskinsystemen (se illustration av det redovisade måttet i figur 31). I genomsnitt för samtliga maskinsystem bildades kapsprickorna då 27 procent av stockens diameter återstod att kapa, vilket är i linje med resultat från tidigare studier (Hannrup & Jönsson 2010). Likheten mellan maskinerna testades statistiskt, och inga skillnader hittades. I virkesvärdestestet 2016 befanns kapsprickorna när 24 procent av stocken återstod. Det innebär att den genomsnittliga sprickan satt något högre under 2025 års test.



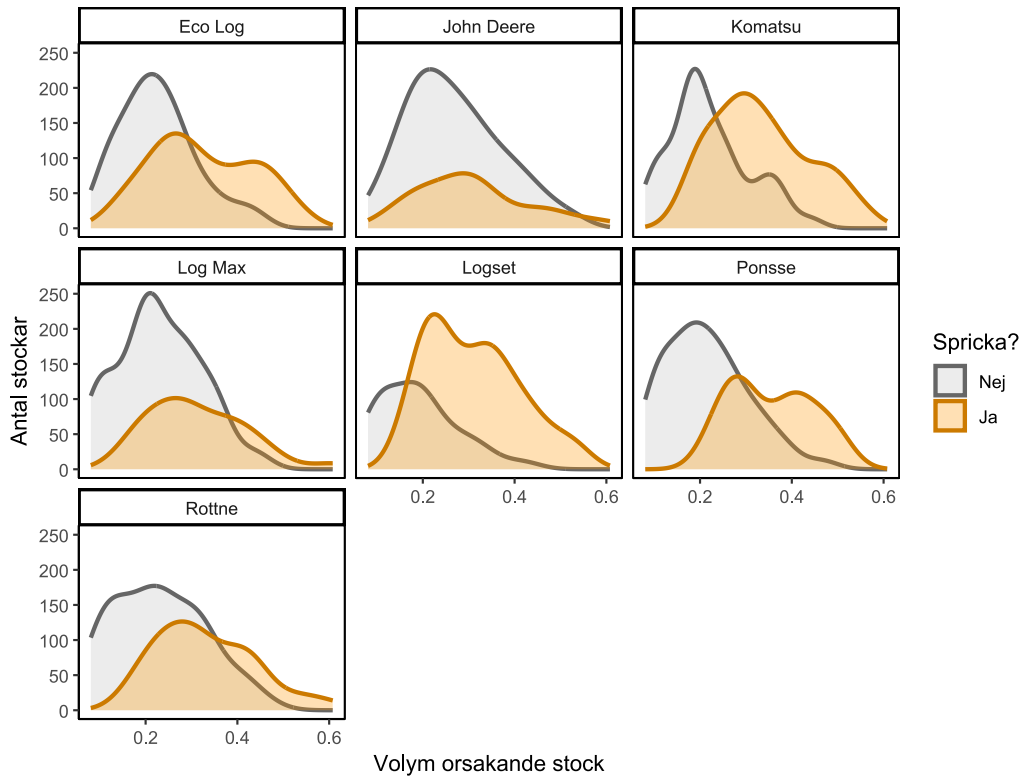
Figur 31. Principfigur som illustrerar hur kapsprickornas läge i tvärsnittet redovisas i studien. Pilen i figuren indikerar hur stor andel av diametern som återstår att kapa då sprickan bildades.

Tabell 26. Genomsnittligt läge för kapsprickorna i procent av stockens diameter som återstår att kapa. En högre siffra innebär att en högre andel återstår att kapa, och att sprickan alltså sitter högre upp.

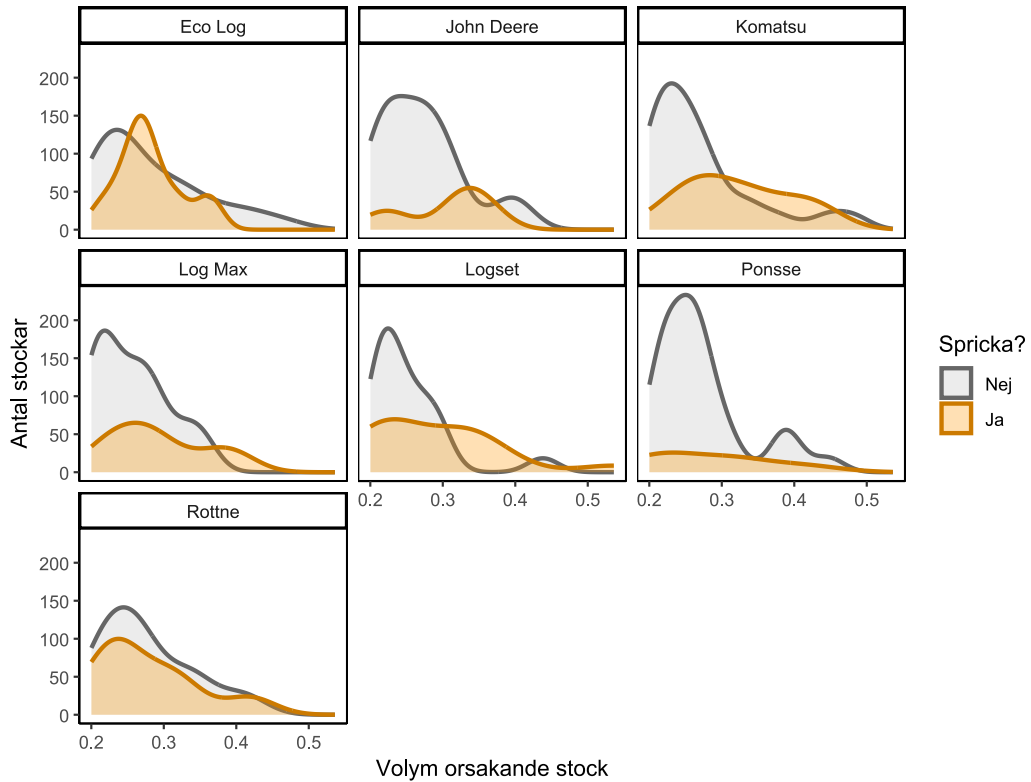
Maskin	Andel av tvärsnittets diameter som återstår att kapa (%)
Logset	27
Komatsu	24
Eco Log	28
Ponsse	27
Rottne	26
Log Max	28
John Deere	30
Medel	27

I figur 32 på nästa sida illustreras förekomsten av kapsprickor för olika stockvolymer på orsakande stock. Den orsakande stocken var alltså den stock som var fritt hängande vid kapet och som gav upphov till kapsprickan, antingen i sin egen toppände, eller i nästkommande stocks rotände (Figur 26).

Rotändar, volym orsakande stock



Toppändar, volym orsakande stock



Figur 32. Förekomst av kapsprickor i rotändar och toppändar för olika volymer på orsakande stock (m³fub). För toppändarna är stockvolymer under 0,2 m³fub bortfiltrerade, för läsbarhetens skull.

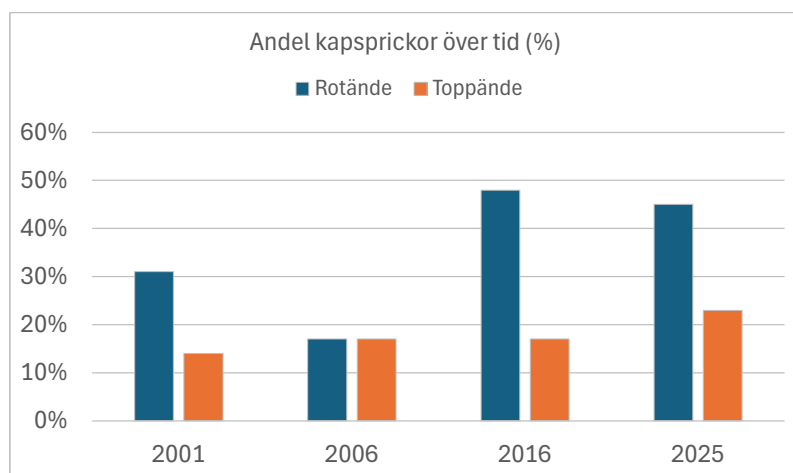
Utveckling av förekomst av kapsprickor över tid

I jämförelse med resultat från tidigare virkesvärdestester finns ingen tendens att andelen kapsprickor vid kapning av fritt hängande stockar med nya skördare minskar över tid. Snarare har den ökat i toppändarna. Däremot har den genomsnittliga spricklängden minskat sedan förra testet 2016 (Figur 33 och 34).

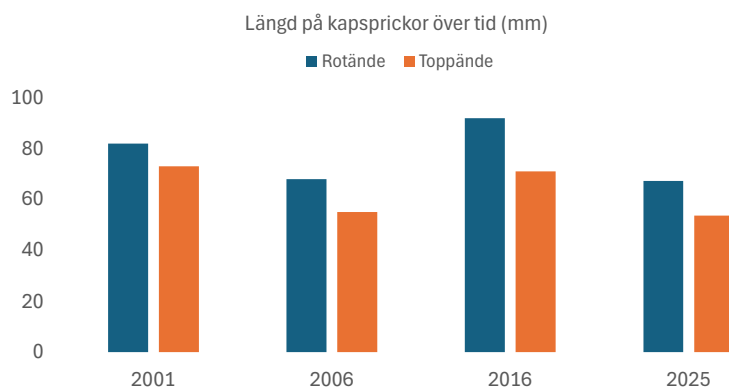
Den nivå på förekomsten av kapsprickor som kan förväntas förekomma under den närmaste tiden i skogsbruket är liktydig med den nivå som förekommer idag. Det bör dock poängteras att de uppmätta nivåerna i denna studie relaterar till kapning av fritt hängande stockar. Vid produktionskörning tar förarna i varierande utsträckning stöd vid kapning, vilket reducerar risken för kapsprickor.

Utifrån ovanstående diskussion drar vi följande slutsatser:

- Andelen kapsprickor har inte minskat över tid, däremot har den genomsnittliga spricklängden minskat med ca två centimeter per ände sedan förra testet. Teknikutveckling påverkar resultatet, varför det är viktigt att fortsätta utveckla ny teknik för att nå målet om sprickfri kapning.
- Flest kapsprickor fanns när den orsakande stocken hade stor volym. Samtliga stockar kapades fritt hängande, varför extra försiktighet bör tas vid avverkning i grova bestånd.



Figur 33. Genomsnittlig andel kapsprickor över de olika virkesvärdestesterna.



Figur 34. Genomsnittlig spricklängd över de olika virkesvärdestesterna.

Dubbskador

Det genomsnittliga inträngningsdjupet för matarvalsarnas dubbar för de studerade maskinsystemen var 4,8 mm (Tabell 27), vilket var ungefär samma nivå som vid virkesvärdestestet 2016 (4,6 mm).

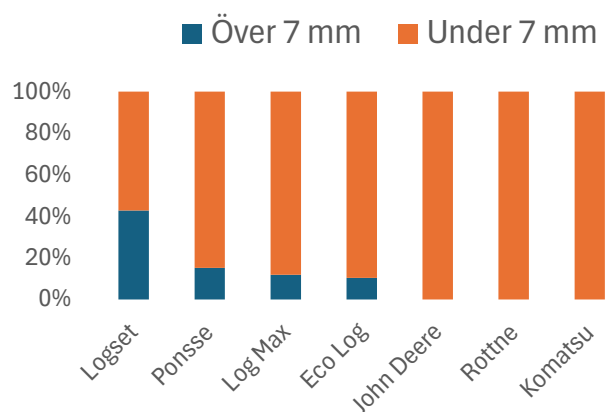
Tabell 27. Medelvärde, spridningsmått samt antal observationer för mätningar av inträngningsdjup för matarvalsarnas dubbar för de sju maskinsystemen.

Maskin	Medel (mm)	Std.avv. (mm)	Min (mm)	Max (mm)	N
Logset	6,8	2,3	2	13	116
Ponsse	5,2	1,6	2	10	112
Log Max	5,0	1,8	1	10	116
Eco Log	4,7	1,8	1	8	113
John Deere	4,2	1,4	1	7	114
Komatsu	4,1	1,1	1	7	124
Rottne	3,2	1,0	1	6	114
Totalt	4,8	1,9	1	13	809

Dubbskador i virkesmätningsbestämmelser

Enligt instruktionen som används vid vederlagsmätning av sågtimmer ([Biometria 2026](#)) sker, om så avtalat, en klassning av sågtimmer med avseende på dubbskador. Vid klassningen betraktas en stock som dubbskadad om inträngningsdjupet i veden är djupare än 7 mm. Överstiger andelen dubbskadade stockar 5 procent klassas leveransen som dubbskadad.

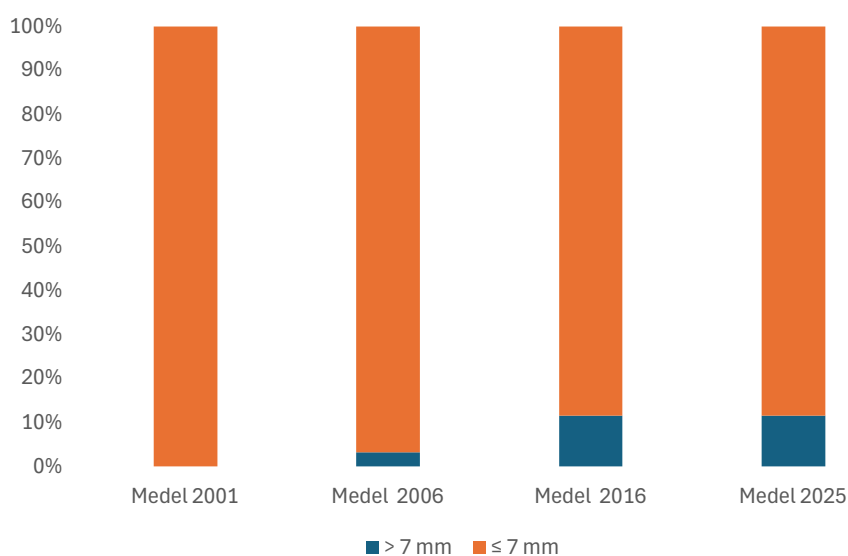
I figur 35 redovisas andelen stockar med inträngningsdjup över, respektive under, 7 mm för matarvalsarnas dubbar. För tre av maskinsystemen (John Deere, Komatsu och Rottne) mättes inga dubbdjup över 7 mm. För fyra av maskinsystemen (Eco Log, Log Max, Ponsse och Logset) låg andelen stockar med inträngningsdjup över 7 mm på 10, 12, 15 respektive 42 procent, det vill säga över det gränsvärde då virkesleveranserna ska betraktas som dubbskadade och erhålla ett reducerat värde.



Figur 35. Andelen stockar (%) med inträngningsdjup från matarvalsarnas dubbar över, respektive under, gränsvärdet på 7 mm. Tre tillverkare hade inga uppmätta dubbdjup över 7 mm.

Utveckling av förekomsten av dubbskador över tid

Under virkesvärdestesten 2001 använde de testade maskinsystemen huvudsakligen kedjeförsedda gummihjul och då noterades inga djupa dubbskador (Figur 36). Under 2006 var samtliga produktionsmaskiner utrustade med stålvalsar. Då hade i genomsnitt 3 procent av stockarna djupa dubbskador och samtliga testade maskinsystem klarade gränsvärdet om maximalt 5 procent djupa skador. Under 2016 års test hade andelen djupa skador i genomsnitt för samtliga fyra då deltagande maskinsystem, som alla använde stålvalsar, ökat till 11,5 procent. Den andelen var precis densamma i årets test med sju deltagande maskinsystem. Samtliga använde stålvalsar. Om Logset, som hade en signifikant högre andel djupa dubbskador än de andra, utesluts från analysen minskar medeltalet från 11,5 till 6,3 procent djupa dubbskador.



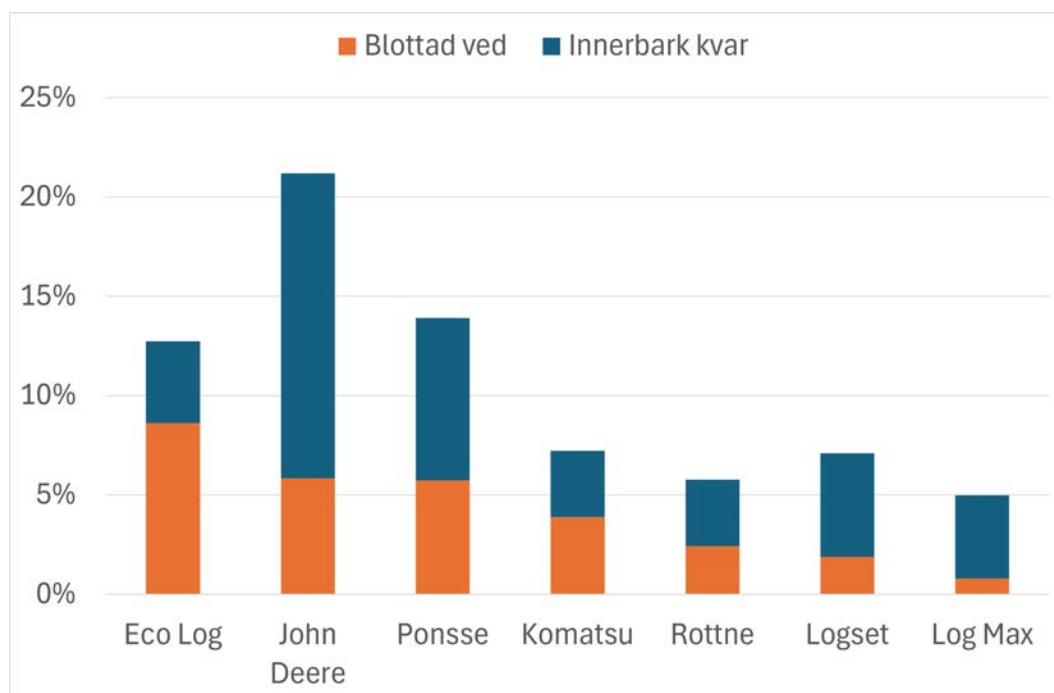
Figur 36. Utvecklingen av medelvärde för andelen djupa dubbskador. I testet 2016 deltog fyra maskinsystem och i testet år 2025 deltog sju maskinsystem.

Utifrån ovanstående redovisade data drar vi följande slutsatser:

- Kan dessa nivåer på dubbskadorna betraktas som representativa för de som erhålls vid normal produktion innebär det att en betydande andel av dagens producerade virke har dubbskador på en nivå då det enligt virkesmätningsbestämmelserna ska betraktas som dubbskadat och därmed erhålla ett reducerat värde.
- Tre av maskinsystemen i årets test använde stålvalsar och hade inga dubbskador. Alltså bör det vara möjligt att inom ramen för dagens teknik nå acceptabla nivåer på dubbskadorna. För att åstadkomma detta krävs ett ökat fokus på frågan i det dagliga arbetet.

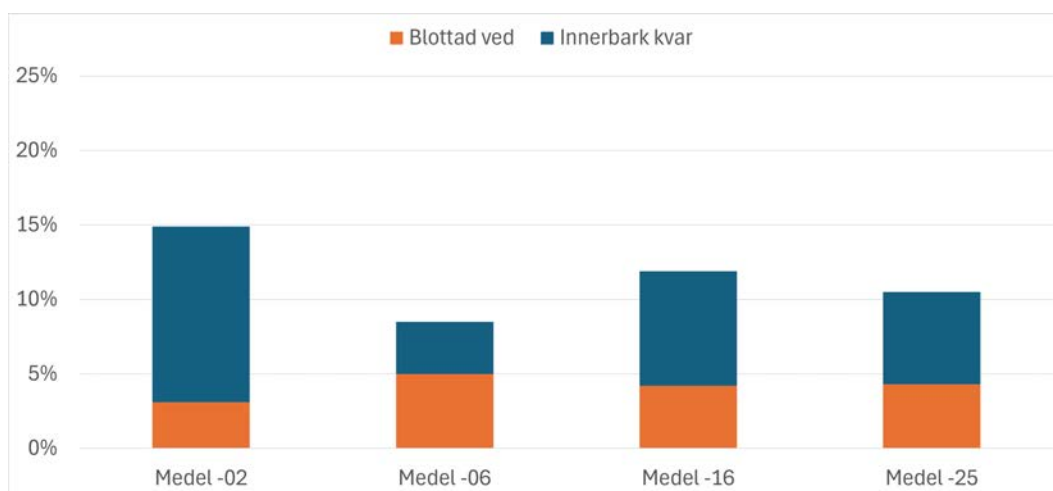
Barkskador

I figur 37 redovisas barkskadorna fördelat på de två skadedjupsklasserna. För fyra av maskinsystemen (Komatsu, Rottne, Logset och Log Max) var den totala andelen skadad bark under tio procent. För tre av maskinsystemen (Eco Log, John Deere och Ponsse), var motsvarande skadenivå högre. I medel var det 4,3 procent av stockarnas omkrets som hade skador ned till blottad ved och 6,2 procent ned till innerbarken. Den högsta mängden skador ned till ved fanns hos Eco Log. Deras matarvalsar fläkte i testet igenom innerbarken och blottlade veden under, varför det klassades som barkskador. På resterande maskinsystem bedömdes barkskadorna komma från kvistknivarna.



Figur 37. Andelen avskavd bark av stockarnas omkrets (%) sorterad i två skadeklasser. Blottad ved: hel avskavning ned till blottad vedyta. Innerbark kvar: halv avskavning ned till innerbarken. Staplarna är sorterade i storleksordning på blottad vedyta.

Tidigare studier har visat att ökande mängd barkskador medför en sämre precision i diametermätningen (Möller m.fl. 2008). Varken i testet 2016 eller i årets test 2025 existerade något sådant samband. De tre maskinsystemen (Eco Log, John Deere och Ponsse) som hade mest barkskador presterade bra på både diameter- och längdmätning. En förklaring kan vara att barkskadorna i aggregaten huvudsakligen uppkom från matarvalsar och nedre kvistknivar, och därmed inte påverkade diametermätningen som skedde med hjälp av de övre kvistknivarna. I jämförelse med tidigare virkesvärdestester fanns ingen tydlig trend när det gäller barkskadornas utveckling (Figur 38).



Figur 38. Genomsnittlig barkskada i procent av stockarnas omkrets uppdelat på de två skadedjupsklasserna för tidigare virkesvärdestest.

Den ekonomiska påverkan från barkskador (se exempel på barkskador i figur 39) är ökad risk av blånadsangrepp på virket och ett minskat bränslevärde för barken till följd av att den tillgängliga mängden bark minskas. Energivärdet för den avskavda barken beräknades till att vara i snitt 3 kr per m³ fub avverkat virke. Det är ungefär den dubbla nivån mot testet 2016, och förklaras av att bränslepriset var ungefär dubbelt så högt år 2025. Se Bilaga 6 för prisantaganden och uträkningar.

Sammanfattningsvis indikerar våra resultat att det finns en potential att öka virkesvärdet genom att hålla nere barkskadorna. För att åstadkomma detta krävs förmodligen någon form av standardiserad uppföljning i kombination med etablerade toleransnivåer för barkskadorna. Utifrån data från denna och tidigare virkesvärdestester föreslår vi att maximalt 10 procent total barkskada kan användas som en preliminär toleransnivå för barkskadorna under större delen av året.



Figur 39. Två bilder som visar tre typer av barkskador. Den vänstra bilden visar en hög nivå av barkskador orsakade av kvistknivarna, men där det mesta av innerbarken är intakt. Den högra bilden visar två typer av skador bredvid varandra. Den helt uppfläkta delen visar hur det ser ut när en barkskada påverkar veden. Ovanför det syns spår av matarvalsarna, som har trängt in och blottat veden. Detta förekom endast hos Eco Log. Värt att notera är att även om matarvalsarnas inträngning ser aggressiv ut på bilden, så var de flesta av inträngningsdjupen inte större än 7 mm. Läs mer i avsnittet om dubbskador.

Delstudie 6: Positionering



Syfte

Denna delstudie syftade till att utvärdera skördarnas stöd för, och förmåga att, korrekt ange positioner för avverkade stockar och upparbetade stammar. Funktionalitet för att kunna positionera stockar och stammar är relativt ny för skördare och detta test är nytillkommet sedan det senaste virkesvärdestestet 2016. Ett ytterligare syfte med detta deltest var därför att ge en översikt av hur implementeringen av positioneringsfunktionalitet ser ut inom branschen.

Material och metoder

Två typer av skördarpositionering utvärderades inom detta deltest:

- Positionering av stammar.
- Positionering av stockar.

Utvärdering av positionering för stammar skedde på de 30 utvalda granstammar som avverkades under värdeadapteringstestet. Utvärderingen av stockpositioner skedde på de två första stockarna för var och en av de tio tallar som avverkades under värdeadapteringstestet. Stammarnas positioner kontrollmättes med en punkt i centrum av stubben efter avverkning. Stockarna från de avverkade tallarna kontrollmättes i roten och toppen

varefter centrum räknades ut som en medelpunkt av dessa. Samtliga kontrollmätningar utfördes med en GNSS-mottagare med RTK där positionskorrigering från SWEPOS användes och endast positioner med precision av typ "Fix" tilläts vilket gav en indikerad noggrannhet på ca 2 cm.

Utvärderingarna utfördes på de system som hade en standardimplementering av en eller båda funktionerna som innebar att resultaten skrevs ut till skördarens hpr-fil.

Stampositioneringen analyserades genom att jämföra kontrollmätta koordinater mot de koordinater som angavs i skördarnas hpr-filer. Jämförelserna gjordes efter projicering av koordinaterna till SWEREF99 TM (EPSG:3006). De parametrar som analyserats är följande:

- Medelavvikelsen mellan kontrollmätningarna och skördarmätningarna beräknade som medelvärdet av avståndet mellan varje kontrollpunkt och motsvarande punkt angiven enligt skördaren. Eftersom detta mått beskriver ett avstånd är samtliga värden positiva.
- Spridningen av skillnaderna mellan kontrollmätningarna och skördarmätningarna. Denna spridning anges som standardavvikelserna i de båda principiella riktningarna som spridningen av punkter i x och y ger upphov till samt den sammantagna standardavvikelsen som normen av dessa.

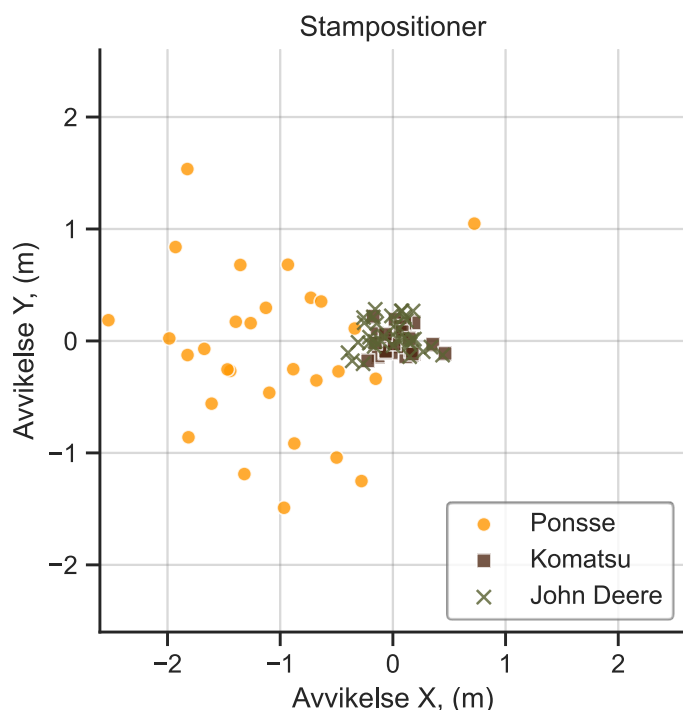
Stockpositionerna anges i skördarnas hpr-filer med sina respektive centrumpunkter. Dessa punkter jämfördes med de framräknade centrumpunkterna från kontrollmätningarna. I likhet med stampositioneringen jämfördes koordinaterna efter projicering till SWEREF99 TM (EPSG:3006). För stampositioneringen analyserades följande parametrar:

- Medelavvikelsen mellan kontrollmätningarna och skördarmätningarna för stockarnas centrumpunkter beräknade som ett medelvärde av avståndet mellan dessa punkter i likhet med stampositioneringen.
- Spridningen av skillnaderna mellan kontrollmätningarna och skördarmätningarna i form av standardavvikelsen i de principiella riktningarna samt den sammantagna standardavvikelsen som normen av dessa i likhet med stampositioneringen.
- Medelavvikelsen i stockriktning mellan kontrollmätningarna och skördarmätningarna.
- Standardavvikelsen för skillnaderna i stockriktning mellan kontrollmätningarna och skördarmätningarna.

Resultat och diskussion

Stampositionering

Stöd för stampositionering fanns endast implementerat hos tillverkarna Ponsse, John Deere och Komatsu. Resultaten för stampositioneringen kan ses i figur 40 som visar skillnaderna mellan de kontrollmätningar som utfördes och de positionsangivelser som skördaren registrerat.



Figur 40. Avvikelser mellan kontrollmätningar och skördarnas stampositionering.

Positioneringen i allmänhet fungerar bra, även om John Deere och Komatsu uppnådde bättre resultat än Ponsse. En stor anledning till detta var att Ponsse inte använde sig av precis positionering via RTK. De har stöd för detta men funktionaliteten var inte tillgänglig under testet och har därför inte utvärderats. Ponsses resultat beskriver i stället ett typfall där en standard GNSS-mottagare använts för stampositioneringen, vilket tydligt minskar upplösningen i förhållande till fallen med positionering via RTK. Värden för medelavvikelsen, det vill säga den genomsnittliga distansen mellan referensmätningarna och skördarmätningarna, och standardavvikelsen för dessa tre tillverkare kan ses i Tabell 28. Standardavvikelsena är angivna för de båda principiella riktningarna som spänns upp i x- och y-planet, men de representerar inte de geografiska riktningarna x och y, då dessa inte har någon speciell betydelse för mätningarna. I stället är det riktningarna för den största spridningen och den riktning som är ortogonal mot denna som anges som 1 respektive 2. Sammantaget anges även den totala standardavvikelsen som normen av dessa. För Komatsu har en mätpunkt exkluderats, då den uppvisade en avvikelse på ca 3 meter från dess referensmätning. Då detta är en extrem avvikelse i förhållande till samtliga övriga mätningar kommer den mest troligt från en felaktig kontrollmätning och har därför exkluderats.

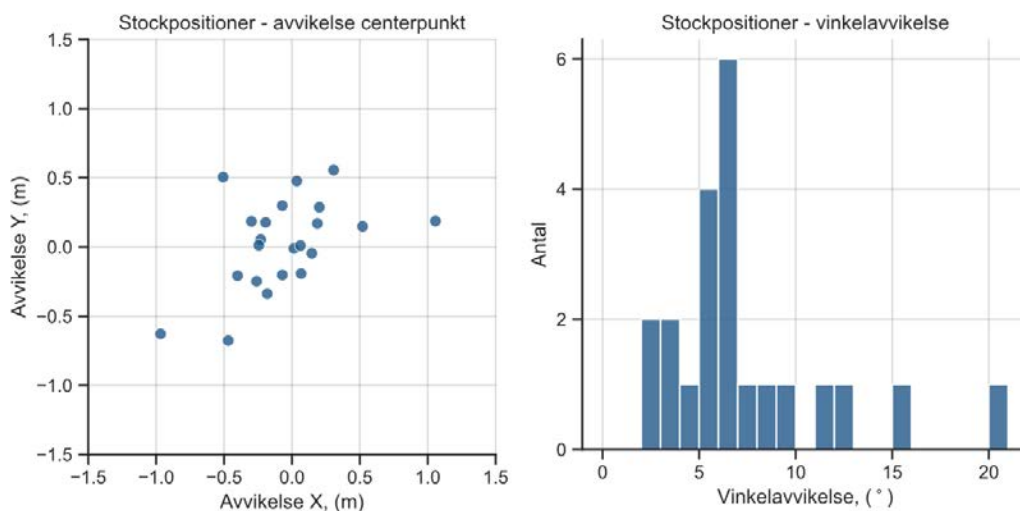
Tabell 28. Resultat av stampositioneringen. Medelavvikelse, standardavvikelse i den första och andra principiella riktningen samt den sammantagna standardavvikelsen.

	Ponsse	John Deere	Komatsu
Medelavvikelse (m)	1,38	0,23	0,16
Standardavvikelse 1 (m)	0,73	0,21	0,15
Standardavvikelse 2 (m)	0,66	0,14	0,11
Standardavvikelse sammantagen (m)	0,98	0,25	0,19

Positionering med en precision på 2,5 dm eller mindre som uppvisas av John Deere och Komatsu är mycket bra. Målet med stampositionering bör i grunden vara att entydigt kunna särskilja varje enskilt träd, och med denna precision är detta möjligt. Detta kommer att kunna möjliggöra nya intressanta tillämpningar, och samtliga tillverkare bör verka för att implementera stampositionering.

Stockpositionering

Under detta test var det endast Komatsu som hade implementerat stockpositionering. En stock, till skillnad från en stående stam, har inte bara en centrumkoordinat utan också en riktning. Komatsu anger båda dessa i sina hpr-filer och Figur 41 visar resultat av detta i förhållande till utförda kontrollmätningar. För centrumpositionerna visas avvikelserna i x- och y-led och för vinkelavvikelsena visas ett histogram över vinkelavvikelsena.



Figur 41. Stockpositionering, till vänster visas avvikelser för centrumkoordinater och till höger visas avvikelser i vinkelangivelser.

För stockpositioneringen räknas centrumkoordinaten för stocken ut med hjälp av positionen för skördaraggregatet tillsammans med en uppskattning om aggregatets vinkel och stockens längd. Detta medför ytterligare moment i beräkningskedjan i förhållande till stampositioneringen. Fel i vinkeluppskattningen kommer dessutom att förstärka eventuella avvikelser för aggregatets position. Ytterligare en aspekt är att stockar kan rulla på marken efter att de kapats, vilket också är en källa till fel. På grund av detta bör man räkna med att positionering av stockar fungerar mindre bra än positionering av stammar. I Tabell 29 ges en sammanställning av resultaten där den genomsnittliga avvikelsen och standardavvikelsena i de principiella riktningarna likt de som anges för stampositioneringen anges, samt medelfel och standardavvikelse för vinkelavvikelsena.

Tabell 29. Medelavvikelse och standardavvikelser för centrumkoordinaterna av stockpositionerna samt medelavvikelse och standardavvikelse för stockriktningarna.

Komatsu	
Medelavvikelse (m)	0,42
Standardavvikelse 1 (m)	0,45
Standardavvikelse 2 (m)	0,26
Standardavvikelse sammantagen (m)	0,52
Medelavvikelse vinkel, (grader)	7,41
Standardavvikelse vinkel (grader)	4,19

Resultaten visar att positioneringen av stockar fungerar bra. Att avvikelserna är större än för stampositioneringen är väntat, givet de ytterligare komplikationer som föreligger vid beräkningen. Målet bör i likhet med stampositioneringen vara att entydigt kunna identifiera enskilda stockar, men omständigheterna för detta gör att det är svårare att uppnå än motsvarande funktionalitet för stammar. Stockar som kapats kan många gånger ligga mycket nära varandra, vilket skapar en betydligt svårare situation för identifiering av enskilda stockar om man jämför med växande stammar. Men resultaten visar att positioneringen fungerar så pass bra att majoriteten av stockarna grovt skulle återfinnas inom en öppen grip från en skotare. Detta är ett mycket bra resultat givet hur ny denna teknik är. Stockpositionering kommer likt stampositionering med största sannolikhet att leda till många nya tillämpningar, och samtliga tillverkare bör implementera detta.

Referenser

- Agresti, A. 2002. *Categorical Data Analysis*. John Wiley & Sons.
- Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J. J. 2021. StanForD 2010 – Modern kommunikation med skogsmaskiner. Arbetsrapport 784-2021. Skogforsk.
- Biometria, 2026. Kvalitetsbestämning av sågtimmer av tall och gran. Nationella bestämmelser för virkesmätning.
- Biometria, 2026. Kvalitetssäkrad mätning med skördare.
- Brown, M. & Forsythe, A. 1974. Robust Tests for the Equality of Variances. *Journal of the American Statistical Association*, pp. 364–367.
- Efron, B. 1987. Better Bootstrap Confidence Intervals. *Journal of the American Statistical Association*, pp. 171–185.
- Engberg Sundström, L., Ene, L., Möller, J. J. & Arlinger, J. 2025. Automatgenererade styrprislistor för skördare. Skogforsk.
- Hannrup, B. & Jönsson, P. 2010. Utvärdering av sågmotorn F11-iP med avseende på förekomsten av kapsprickor – en jämförande studie. Arbetsrapport nr. 708. Skogforsk, 21 s.
- Hannrup, B. 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport 575-2004. Skogforsk.
- Hannrup, B., m.fl. 2020. Utveckling av ny barkfunktion och utvärdering av mätprecision för björk i södra och mellersta Sverige. Arbetsrapport 1035-2020. Skogforsk.
- Hannrup, B., m.fl.. 2022. Utveckling av rikstäckande barkfunktion för björk för användning i skördare. Arbetsrapport 1122-2022. Skogforsk.
- Hannrup, B., Nordström, M., Arlinger, J. & Carlsson, F. 2023. Förbättrat uppföljningsverktyg för diamettermätning i skördare – erfarenheter från praktiska tester. Arbetsrapport 1152-2023. Skogforsk.
- Hannrup, B., Nordström, M., Arlinger, J. & Andersson, M. 2020. Nya uppföljningsverktyg för förbättrad diamettermätning i skördare. Arbetsrapport 1055-2020. Skogforsk.
- Helgesson, T. 1997. Förekomst av kapsprickor hos sågtimmer upparbetat med skördare. Trätek Rapport nr. 9712100.
- Holm, S. 1979. A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, pp. 65–70.
- Möller, J. J., Arlinger, J., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Virkesvärdestest 2006. Redogörelse 5-2008. Skogforsk.
- Möller, J. J., Arlinger, J. & Nordström, M. 2013. Test av StanForD 2010 – Implementation i skördare. Arbetsrapport 798–2013. Skogforsk.
- Möller, J. J., Sondell, J. & Arlinger, J. 2002. Virkesvärdestest 2001 – Apteringsfrågor. Redogörelse 7-2002. Skogforsk.
- Nordström, M., m.fl. 2018. Virkesvärdestest 2016. Skogforsk.
- Oregon. 2012. Saw Chain Information. In: *Mechanical Timber Harvesting Handbook*.

Skogforsk, 1999. Gör din egen film om kapsprickor. Skogforsk Nytt nr 1.

Skogforsk. Timan 5.0 – verktyg för virkesanalyser. [Online]

Available at: <https://www.skogforsk.se/rad--stod/beslutsstod--verktyg/timan-5.0>

[Accessed 2026].

Skogforsk. Verktyg för analys av skördardata – hprStamhållning. [Online]

Available at: <https://www.skogforsk.se/rad--stod/beslutsstod--verktyg/verktyg-for-analys-av-skordardata2/>

[Accessed 2026].

Sondell, J. & von Essen, I. 1996. Apteringsdatortest 1995 – studier av sex apterings-system. Redogörelse 4-1996. Skogforsk.

StanForD, Skogforsk. StanForD - Default species group instructions. [Online]

Available at: <https://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/>

[Accessed 2026].

Wilson, E. 1927. Probable Inference, the Law of Succession, and Statistical Inference. Journal of American Statistical Association, pp. 209–212.

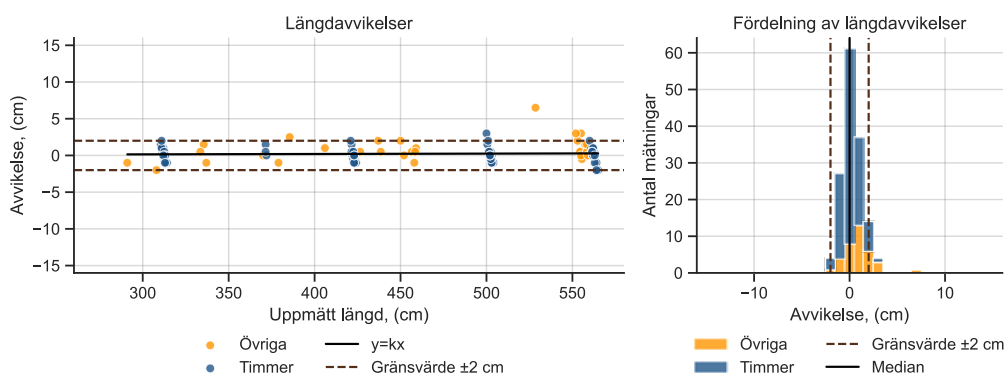
Bilaga 1

Denna bilaga innehåller kompletterande information till Delstudie 1. Här finns översiktliga figurer av samtliga längd- och diametermätningar, resultat av hypotes-testning av skillnader mellan tillverkare och information om standardavvikelse för diametermätningar korrigerade för kalibrering.

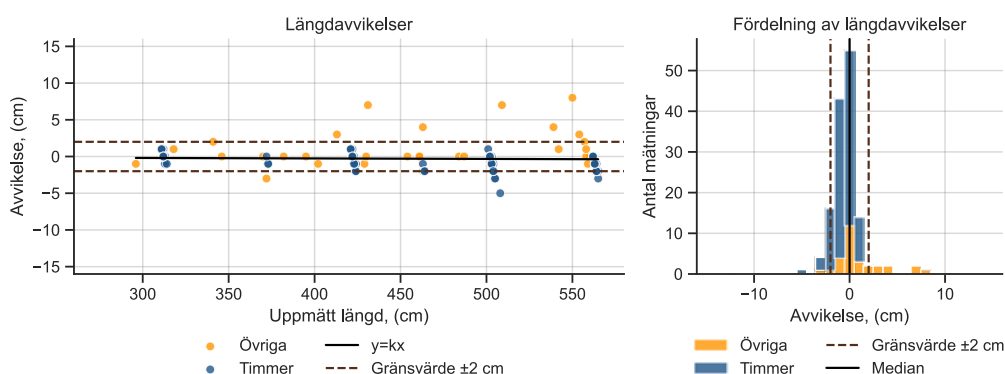
Längdmätningar

Här visas samtliga längdmätningar för alla tillverkare. Resultaten är uppdelade på timmersortimenten och övriga sortiment. Varje figur visar längdavvikelsen mellan skördarmätningarna och kontrollmätningarna till vänster som funktion av uppmätt längd, tillsammans med en linjär kalibreringskurva utan offset samt gränsvärdena ± 2 cm. Till höger visas ett histogram av samma avvikelser med medianvärdet samt samma gränsvärden angivna.

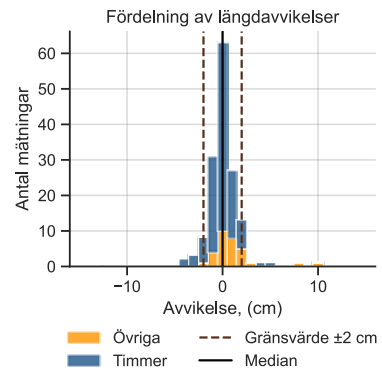
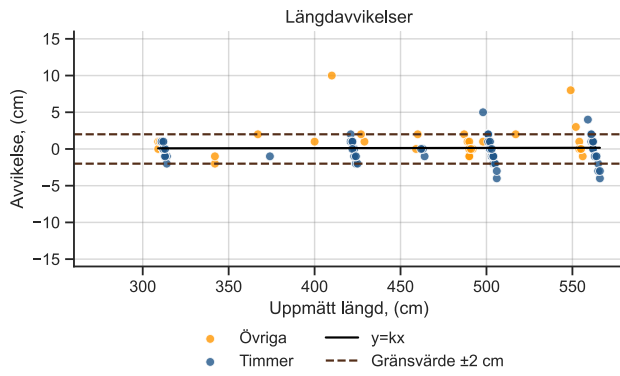
Eco Log



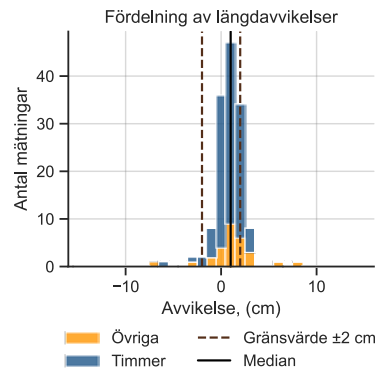
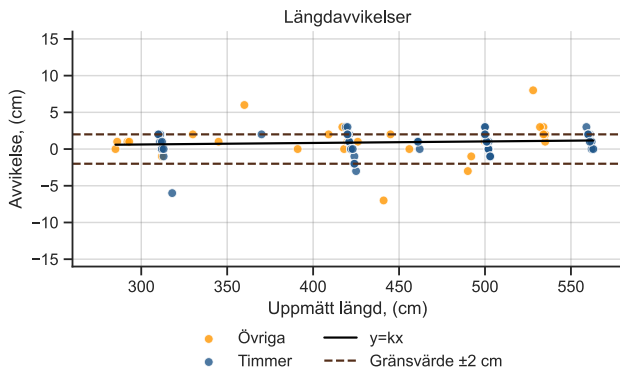
John Deere



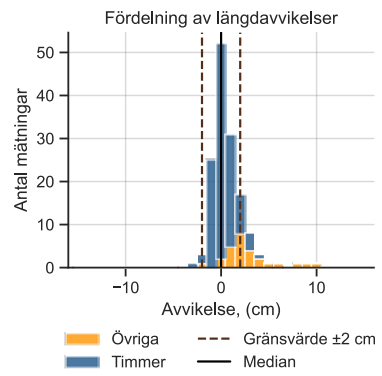
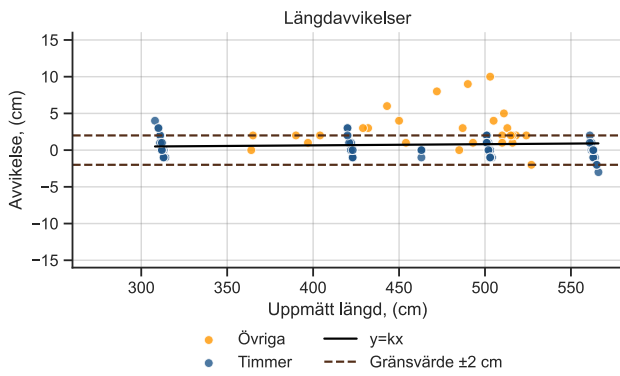
Komatsu



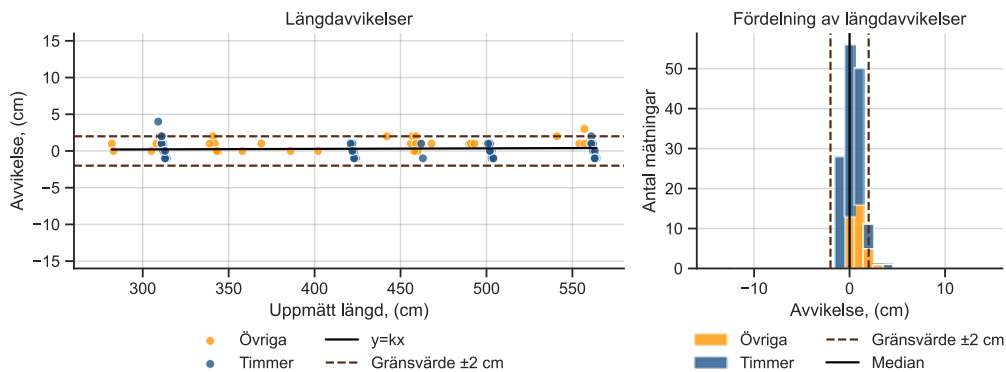
Log Max



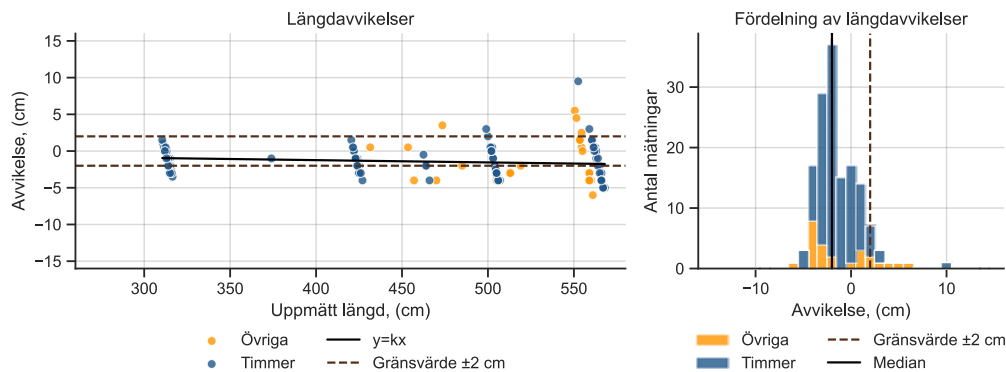
Logset



Ponsse



Rottne

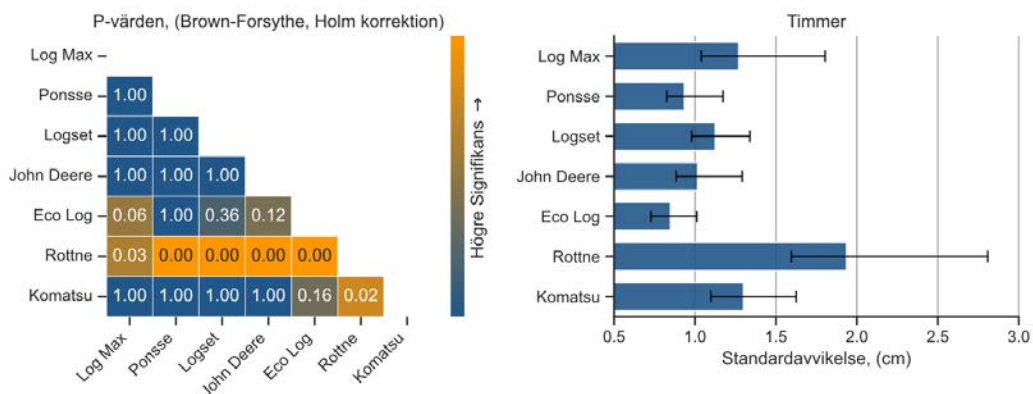


Hypotestestning för längdmätningar

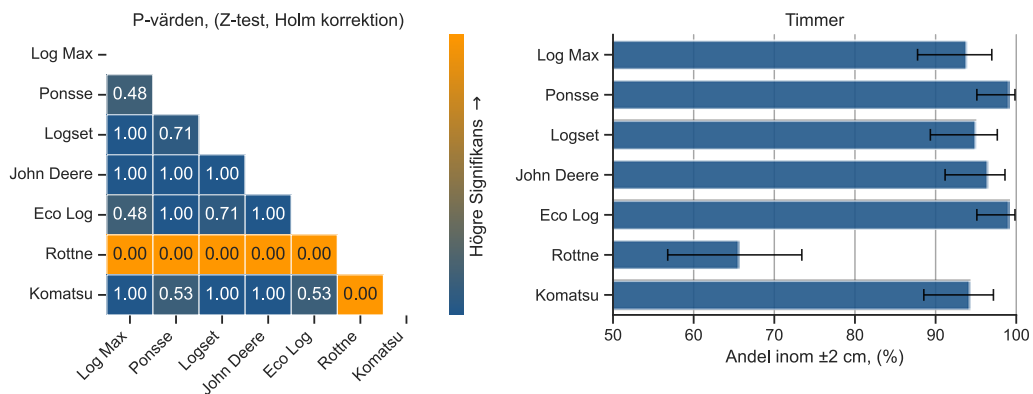
Nedan visas resultat från hypotestestning av skillnaderna i standardavvikelse mellan samtliga tillverkare och skillnaderna i andelen inom ± 2 cm. För standardavvikelserna är utvärderingen gjord med inbördes Brown-Forsythe test för att jämföra variansen mellan samtliga tillverkare (Brown & Forsythe 1974). Anledningen till att Brown-Forsythe användes är att detta test är mer robust för icke-normala fördelningar. För att korrigera för det stora antalet deltest, samtliga tillverkare mot varandra, det vill säga 21, har en Holmkorrektion (Holm 1979) använts för att inte överskatta skillnader mellan tillverkarna. Det Holmkorrekturen gör är att sortera samtliga p-värden från lägst till högst och sedan korrigera varje värde genom att multiplicera det med $m-i$ där m är antal deltest som utförts (21) och i är ett index som är 0 för det första p-värdet och sedan ökas med 1 för varje efterföljande p-värde. För hypotestestning av andelen inom ± 2 cm användes ett standard Z-test (Agresti 2002) och även i detta fall användes en Holmkorrektion för att korrigera för antalet test.

Testen nedan är utförd på alla stockar från timmersortimentet. Siffrorna i bildmatriserna anger korrigerade p-värden där ett värde under ett givet toleransvärde visar på signifikans (vanligen 0.05). Betydelsen av detta är att de skillnader som kan ses i stapeldiagrammen mellan tillverkare är signifikanta om p-värdet för motsvarande tillverkarkombination är under 0.05. Konfidensintervallen i stapeldiagrammen för variansen är uppskattade med bootstrapping och visar 95 %-intervallet. Metoden är en resampling-metod som går ut på att dra N slumpmässigt utvalda värden med återläggning från de insamlade mätvärdena, där N motsvarar antalet mätvärden i ursprungliga data. För den nya uppsättningen data beräknas sedan parametern av intresse, här standardavvikelsen. Detta upprepas sedan ett

stort antal gånger, här har det gjorts 9999 gånger. Detta ger upphov till en fördelning av standardavvikelser från vilken man sedan kan plocka ut ett konfidensintervall. BCa-varianten av denna metod gör den mer robust genom att korrigera för systematiska fel i uppskattningen och hantera skevhet i den underliggande fördelningen, (Efron 1987). Konfidensintervallen för andelen inom gränsvärdena ± 2 cm anger även de 95 procentigt intervall och är beräknade med Wilsons metod (Wilson 1927). Eftersom varje test endast kan ge 1 av 2 resultat (innanför eller utanför intervallet) kan standardavvikelsen och konfidensintervallet räknas fram endast från andelen utförda test och andelen innanför gränsvärdena. Wilsons metod används här i stället för Walds metod, eftersom sannolikheten för ett lyckat test ligger relativt nära 100 procent och därför lämpar sig bättre.



Figur 31. Hypotestestning av skillnader i varians mellan samtliga tillverkare baserat på ett Brown-Forsythe test med Holmkorrektion. P-värden till vänster, faktiska värden på standardavvikelsen till höger.

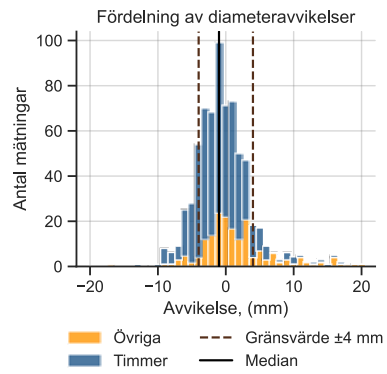
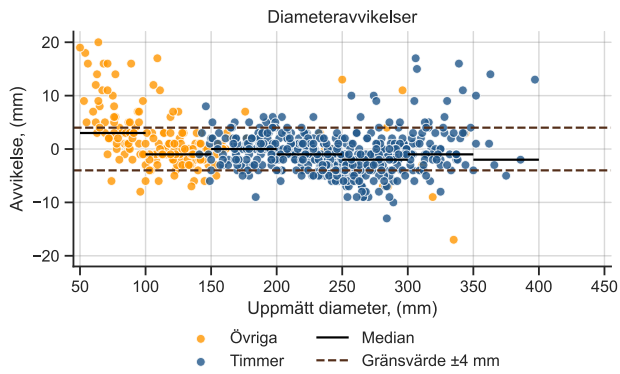


Figur 32. Hypotestestning av skillnader i andel inom ± 2 cm mellan samtliga tillverkare baserat på ett Z-test med Holmkorrektion. P-värden till vänster, faktiska värden för andel inom ± 2 cm till höger.

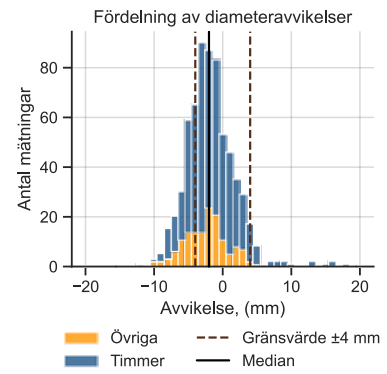
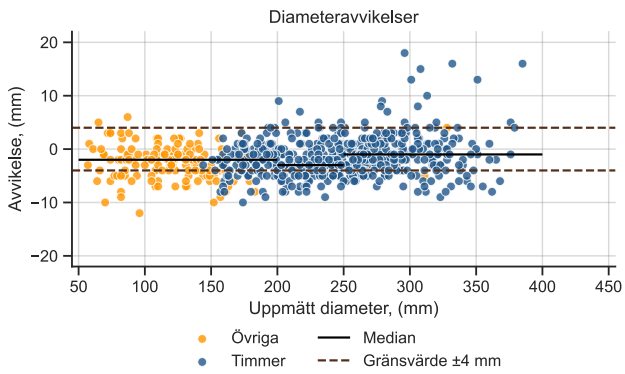
Diametermätningar

Här visas samtliga diametermätningar för alla tillverkare. Resultaten är uppdelade på timmersortimentet och övrigt sortiment. Avvikelserna mellan skördarmätningarna och kontrollmätningarna visas till vänster som funktion av uppmätt diameter tillsammans med medianvärden för varje 50 cm intervall och gränsvärdena ± 4 mm. Till höger visas ett histogram av samma avvikelser tillsammans med medianvärde och samma gränsvärden.

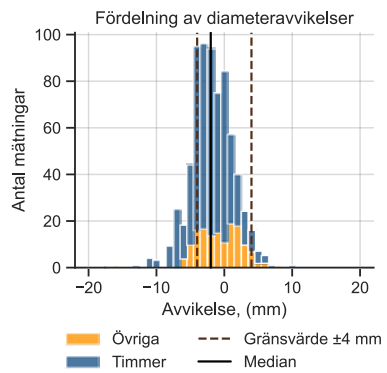
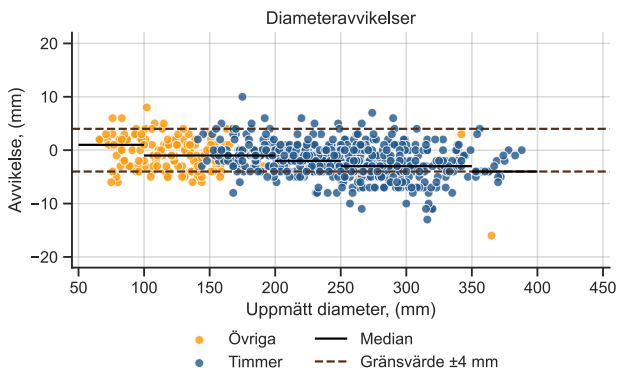
Eco Log



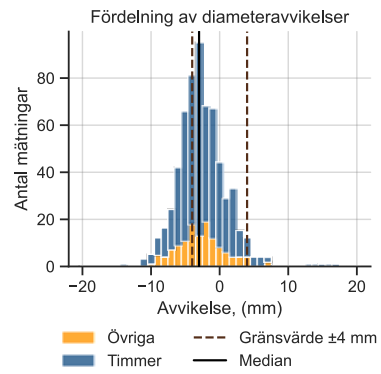
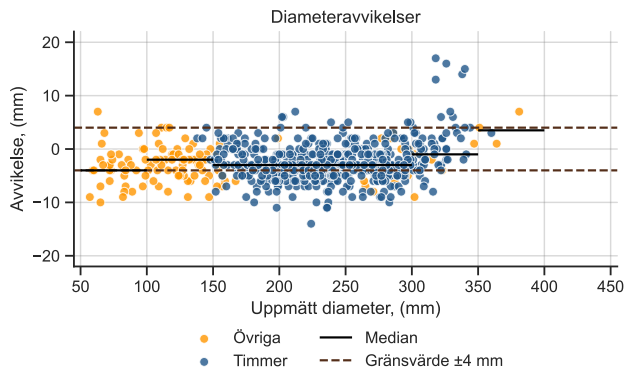
John Deere



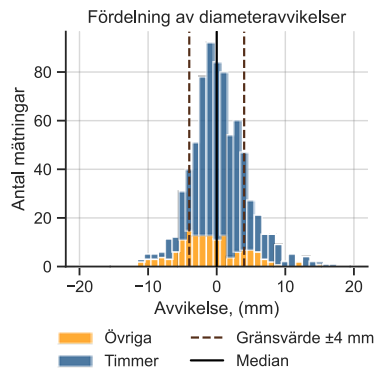
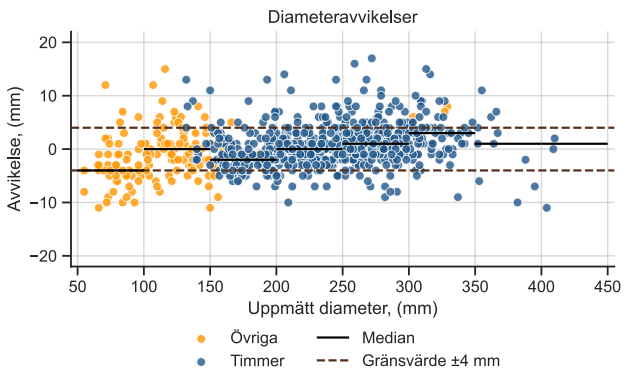
Komatsu



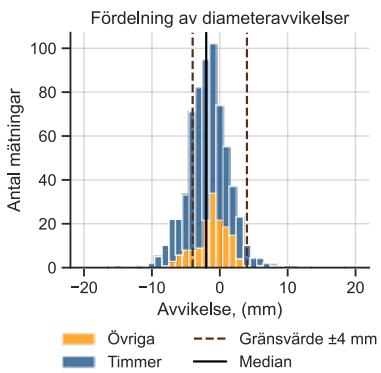
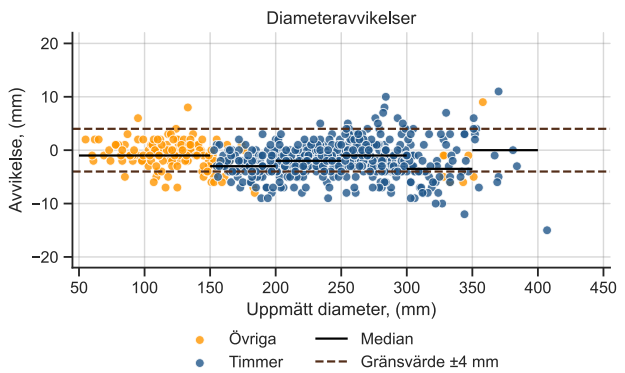
Log Max

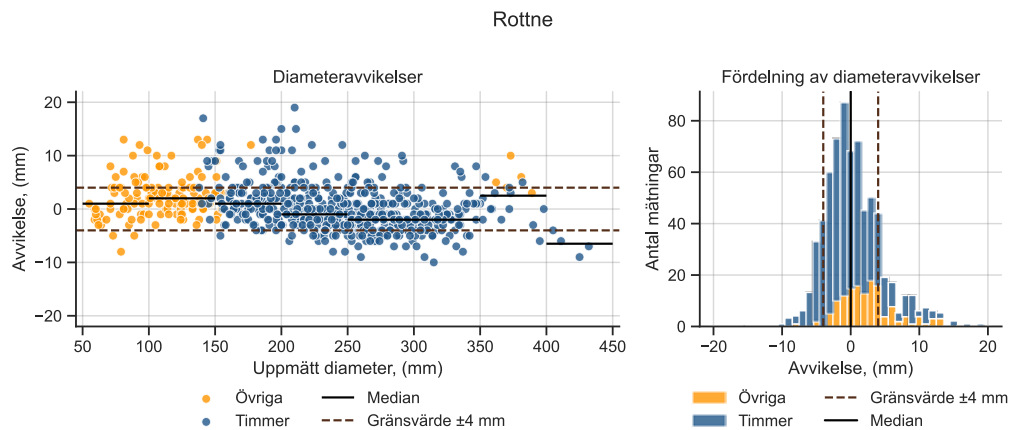


Logset



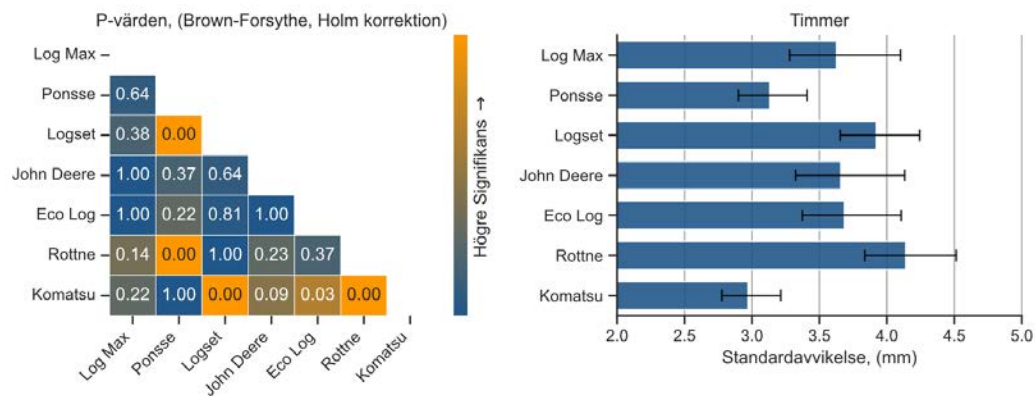
Ponsse



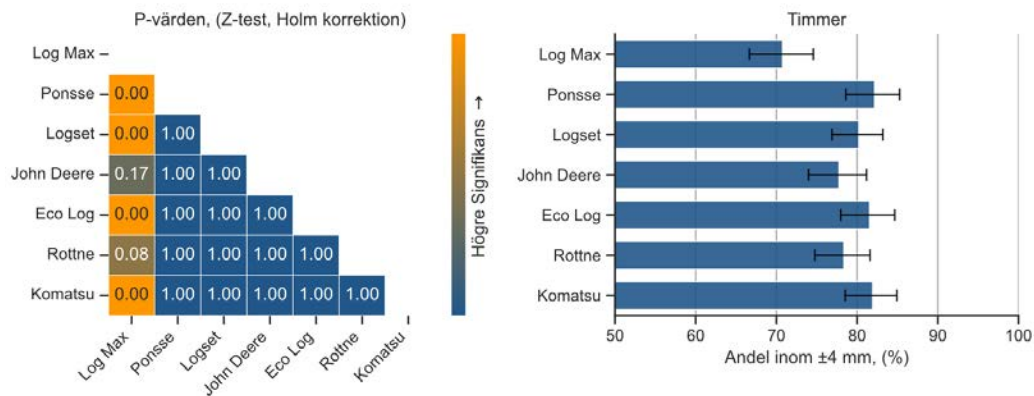


Hypotestestning för diametermätningar

Här visas resultaten från hypotestestning för diametermätningarna av andelen inom ± 4 mm samt variansen i mätningarna. Resultaten här avser timmersortimentet. Tillvägagångssättet följer det som använts för längdmätningarna och en utförligare beskrivning av metoderna ges där.



Figur 334. Hypotestestning av skillnader i varians mellan samtliga tillverkare baserat på ett Brown-Forsythe test med Holmkorrektion. P-värden till vänster, faktiska värden på standardavvikelsen till höger.



Figur 34. Hypotestestning av skillnader i andel inom ± 4 mm mellan samtliga tillverkare baserat på ett Z-test med Holmkorrektion. P-värden till vänster, faktiska värden för andel inom ± 4 mm till höger.

Korrigerade standardavvikelser för diametermätningar

Standardavvikelser för samtliga tillverkare efter korrigering av medelvärden inom diameterklasser. Detta visar standardavvikelsen för maskinerna utan påverkan av kalibrering. Effekter av kalibrering kan fortfarande vara kvar om den ursprungliga kalibreringen inte gjordes i jämna intervall om 50 cm eller multiplar därav. För timmersortimentet är skillnaderna relativt konsekventa för samtliga tillverkare. På marginalen påverkas John Deere lite mindre och Rottne lite mer i förhållande till standardavvikelserna för maskinerna som de var inställda under testet. Den genomsnittliga skillnaden för samtliga sortiment är 0,23 mm och för timmersortimenten är den 0,18 mm.

Tabell 30. Sammanställning av standardavvikelse för skillnaderna mellan skördarmätningarna och kontrollmätningarna för samtliga sortiment och timmersortimenten. Här anges standardavvikelse som de uppmätts under testet (icke kalibrerat) och resultatet efter korrigering av diameterklasserna (kalibrerat) för att plocka bort systematiska skillnader mellan dessa.

	Icke kalibrerat		Kalibrerat		Skillnader	
	Samtliga	Timmer	Samtliga	Timmer	Samtliga	Timmer
Log Max						
Medelvärde (mm)	-2,48	-2,41	0,00	0,00	-	-
Standardavvikelse (mm)	3,58	3,63	3,38	3,39	0,20	0,24
Ponsse						
Medelvärde (mm)	-1,67	-1,88	0,00	0,00	-	-
Standardavvikelse (mm)	3,06	3,13	2,84	2,94	0,21	0,19
Logset						
Medelvärde (mm)	0,39	0,71	0,00	0,00	-	-
Standardavvikelse (mm)	4,16	3,92	3,89	3,75	0,27	0,17
John Deere						
Medelvärde (mm)	-1,73	-1,53	0,00	0,00	-	-
Standardavvikelse (mm)	3,59	3,66	3,50	3,58	0,09	0,08
Eco Log						
Medelvärde (mm)	-0,22	-0,92	0,00	0,00	-	-
Standardavvikelse (mm)	4,41	3,69	3,93	3,47	0,48	0,22
Rottne						
Medelvärde (mm)	0,48	-0,02	0,00	0,00	-	-
Standardavvikelse (mm)	4,22	4,14	3,86	3,83	0,35	0,31
Komatsu						
Medelvärde (mm)	-1,78	-2,06	0,00	0,00	-	-
Standardavvikelse (mm)	3,08	2,97	2,90	2,83	0,18	0,14

Historiska resultat

I Tabell 31 visas de historiska resultaten från tidigare virkesvärdestester. Tabellen avser timmersortimenten och visar andelen inom respektive toleranser för längd- och diametermätningarna samt standardavvikelse.

Tabell 31. Historiska resultat av andelen inom toleranser samt standardavvikelse för längd- och diametermätningar. Samtliga mätningar avser timmersortimenten.

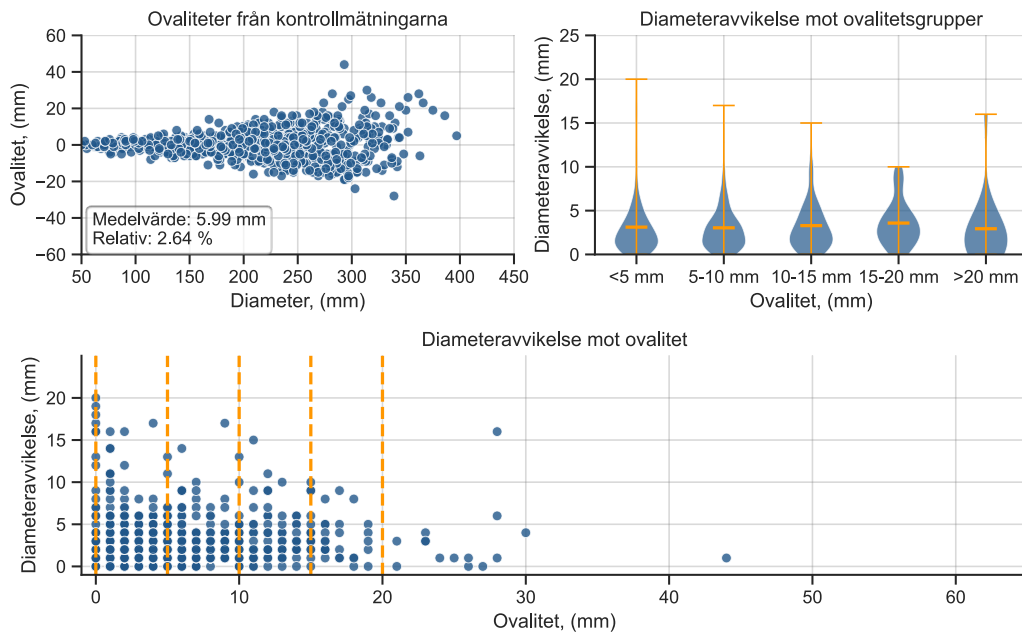
År	2001	2006	2016	2025
Längd inom ± 2 cm (%)	77,0	84,0	89,3	91,6
Längd standardavvikelse (cm)	3,10	2,20	1,74	1,44
Diameter inom ± 4 mm (%)	63,8	68,0	78,6	79,1
Diameter Standardavvikelse (mm)	5,00	4,50	4,12	3,78

Om 2025 års värden korrigeras genom att plocka bort Rottne på grund av deras problem med kalibreringen blir värdena för längdmätningarna 96,2 procent inom ± 2 cm och en standardavvikelse på 1,18 cm.

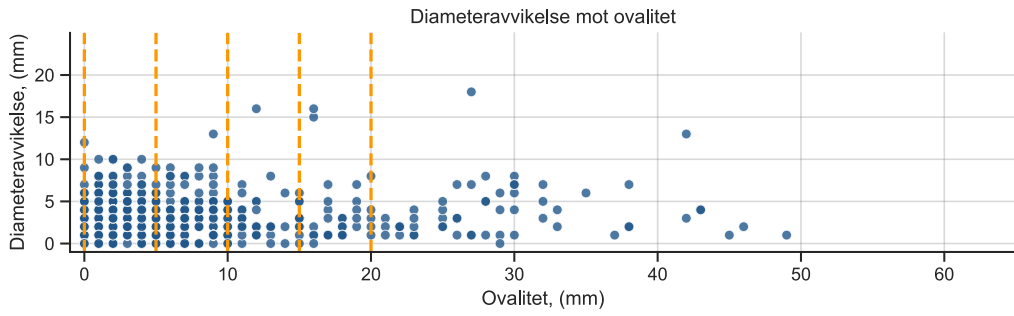
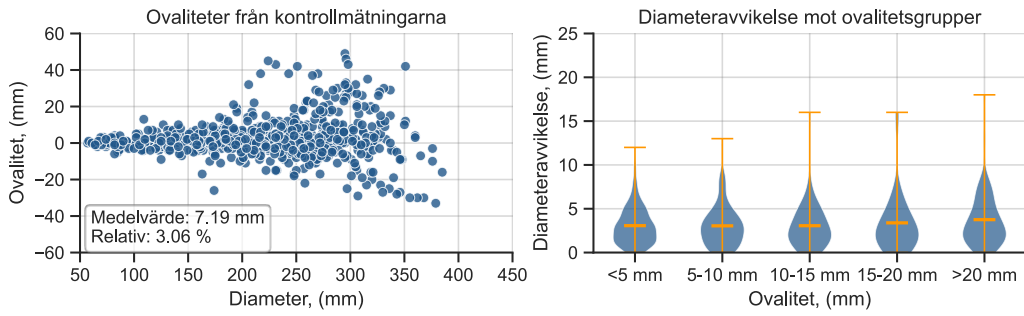
Ovalitet

Nedan visas ovaliteten från samtliga diametermätningar uppskattat som skillnaden mellan de två korsklavade diametrarna från kontrollmätningarna för alla tillverkare. Uppe till vänster visas den uppskattade ovaliteten i förhållande till den uppmätta diametern. Här anges även medelvärdet för den absoluta ovaliteten samt medelvärdet av den relativa ovaliteten. Uppe till höger visas hur diameteravvikelse varierar beroende på den uppskattade ovaliteten, där ovaliteten har grupperats i sektioner om 5 mm för att göra den mer balanserad och robust. Nedanför dessa visas samtliga ovalitetsuppskattningar mot diameteravvikelse med gruppintervallen angivna för enklare matchning mot den övre högra figuren. Baserat på de kontrollmätningar som gjorts under detta test kan inget tydligt samband mellan ökad ovalitet och sämre mätprestationer urskiljas för någon tillverkare.

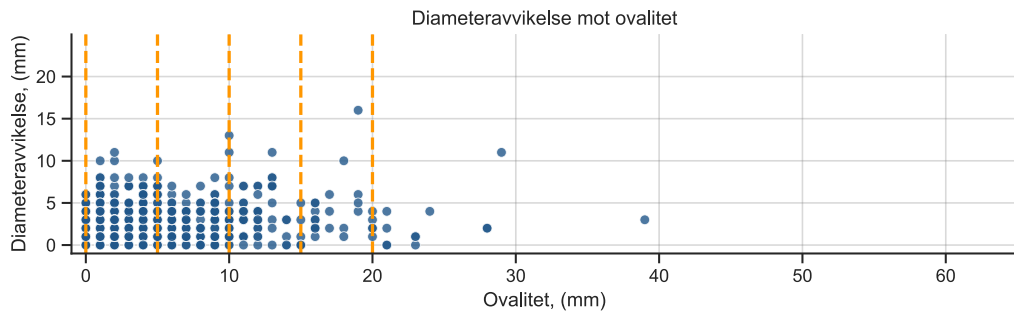
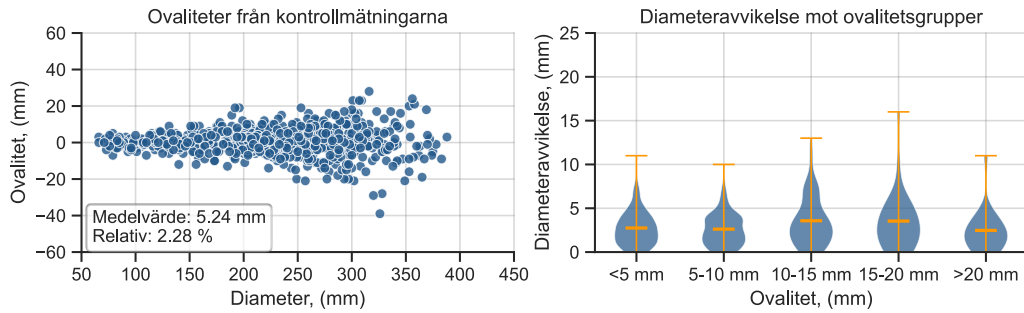
Eco Log



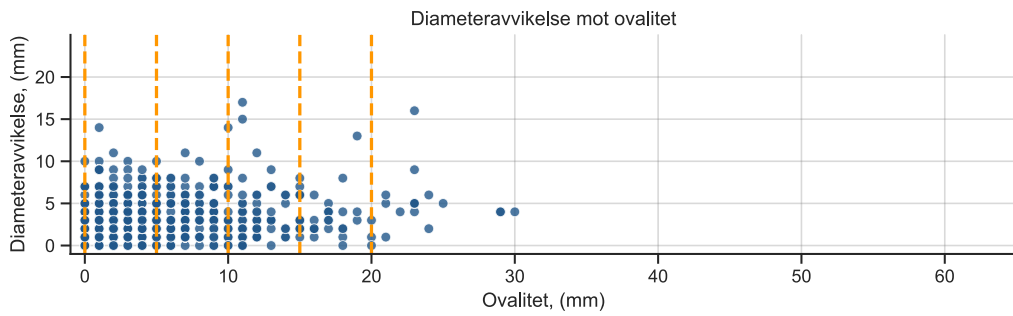
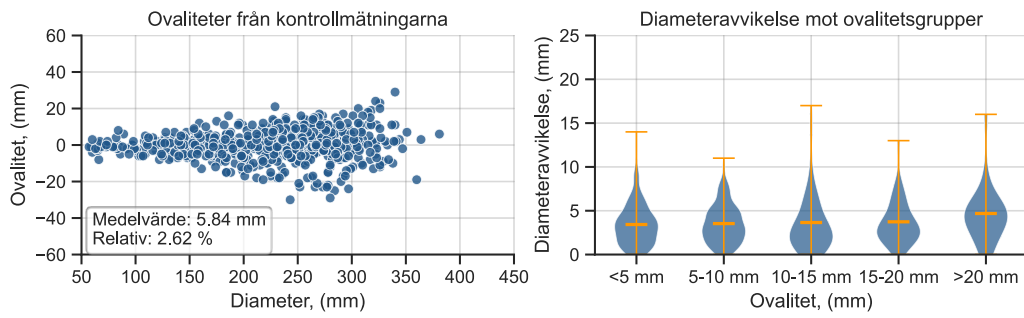
John Deere



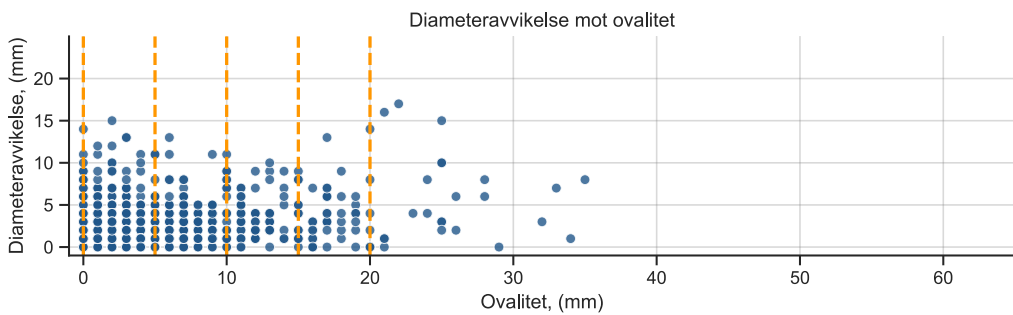
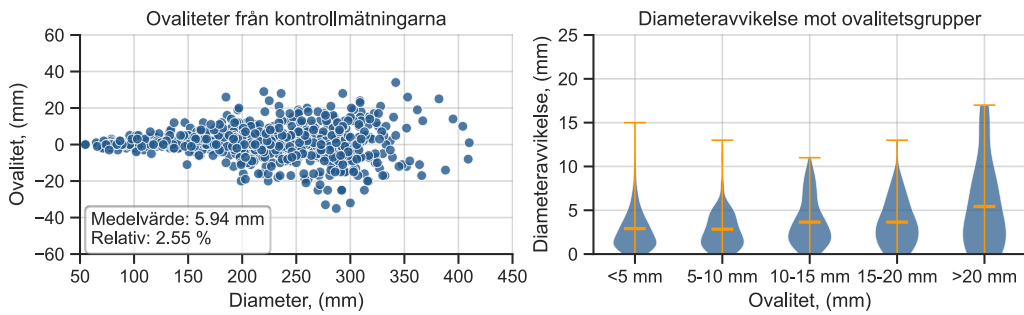
Komatsu



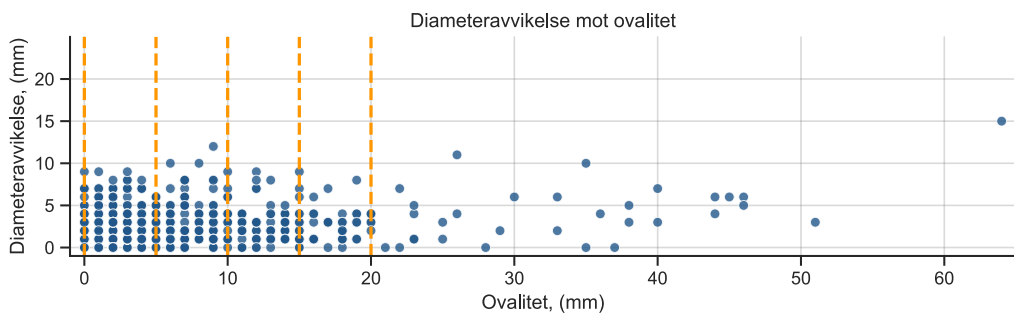
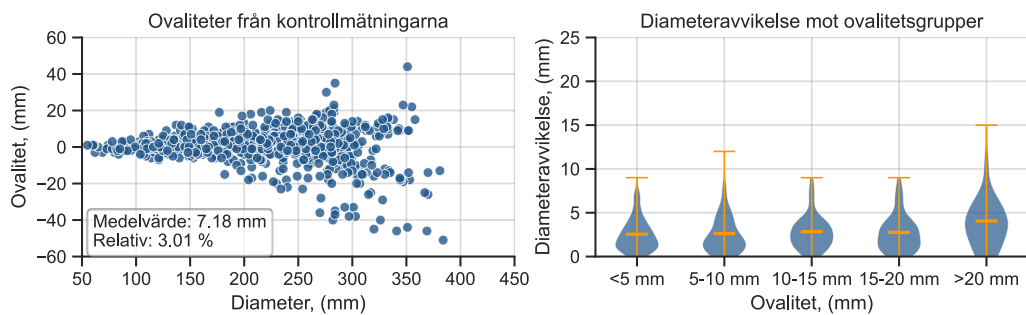
Log Max



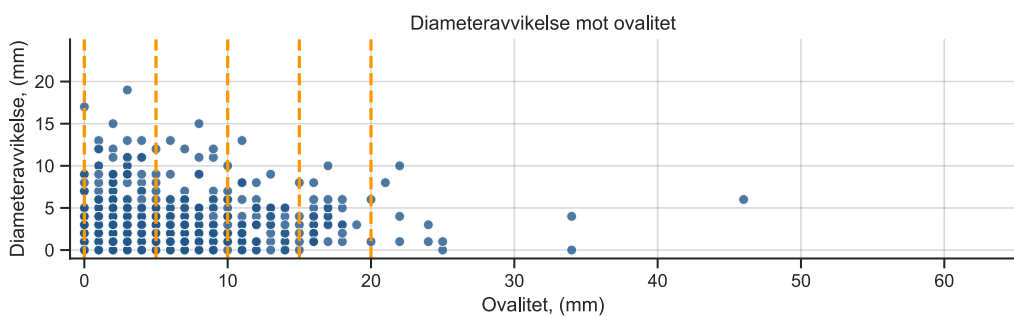
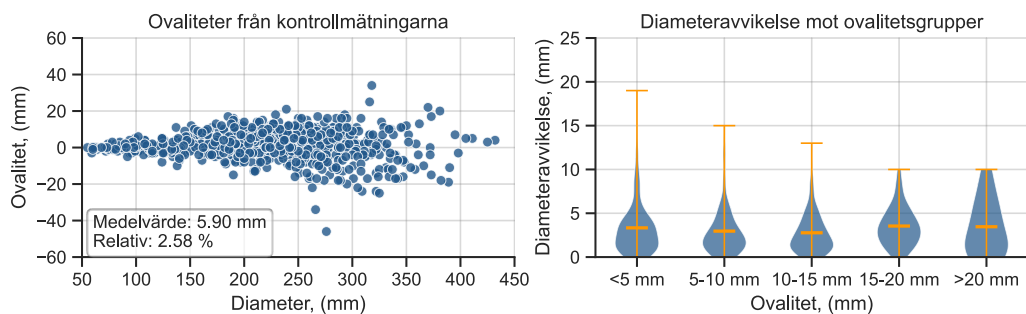
Logset



Ponsse



Rottné



Bilaga 2

Produktmatriser använda under test

Timmer för värdeapting

Pris- (överst) och fördelningsmatris (underst) inklusive längd- (cm) och diameterklasser (mm) för grantimmer kl 1 som användes för värdeapting. Blåmarkerade klasser endast tillåtna för manuella kap. Rödmarkerade klasser helt förbjudna. Pris i kr/m³to och fördelning i andelar av volym (diameterklassvis). Prismatrisen utformades med hjälp av Skogforsks verktyg Autopris baserat på fördelningsmatrisen; fördelningsmatrisen användes således inte för fördelningsapting. Matriserna för grantimmer kl 2 hade samma utformning, men prismatrisen sänktes med 150 kr i varje cell.

L\D	180	190	200	220	230	240	260	280	300	320	340	370	400
310	1071	1124	1131	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550
370	1071	1124	1137	1179	1224	1243	1248	1261	1273	1276	1257	995	1132
420	1304	1326	1338	1346	1402	1403	1433	1452	1454	1472	1443	1204	1275
460	1247	1242	1330	1332	1385	1398	1426	1433	1444	1451	1430	1189	1258
500	1382	1369	1396	1414	1443	1472	1498	1505	1503	1496	1467	1254	1293
560	1259	1397	1447	1458	1461	1498	1528	1520	1524	1499	1478	1100	1100

L\D	180	190	200	220	230	240	260	280	300	320	340	370	400
310	20	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
370	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
420	30	30	30	40	40	25	25	25	25	40	40	40	40
460	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
500	34	25	30	30	30	40	40	40	40	35	35	50	50
560	10	20	25	25	25	30	30	30	30	20	20	5	5

Timmer för fördelningsapting

Pris- (överst) och fördelningsmatriser (underst) inklusive längd- (cm) och diameterklasser (mm) för grantimmer kl 1–2 som användes för fördelningsapting. Rödmarkerade klasser var helt förbjudna. Pris i kr/m³fub och fördelning i andelar av volym (diameterklassvis).

L\D	180	190	200	220	230	240	260	280	300	320	340	370	400
310	1000	1000	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
370	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850
415	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
460	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
495	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
555	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

L\D	180	190	200	220	230	240	260	280	300	320	340	370	400
310	20	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
415	35	30	30	35	31	31	31	35	35	35	35	31	31
460	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
495	43	34	44	44	38	38	38	49	49	49	49	67	67
555	1	20	20	20	30	30	30	15	15	15	15	1	1

Kubb

Prismatris inklusive längd- (cm) och diameterklasser (mm) för kubb. Pris i kr/m³fub.

L\D	130	140	150	160	170	180	190
310	680	680	680	680	680	830	830

Massaved

Pris- (vänster) och fördelningsmatris (höger) inklusive längd- (cm) och diameterklasser (mm) för grannmassa. Matriserna utformades enligt Rekommendation för utformning av massavedsmatriser (se Bilaga 5b, [Nordström m.fl. 2018](#)). Blåmarkerade klasser endast tillåtna för manuella kap. Gulmarkerade klasser endast tillåtna för värdeaptering. Pris i kr/m³fub och fördelning i andelar av volym (diameterklassvis). Matriserna för barrmassa hade samma utformning men gavs ett något lägre pris i alla celler.

L\D	30	50	60	70	150
290	30	60	110	600	600
330	30	60	110	600	600
360	30	60	110	600	600
390	30	60	110	600	600
420	30	60	110	600	600
450	30	60	110	600	600
480	30	60	110	600	600
510	30	60	110	600	600

L\D	30	50	60	70	150
290	0	0	0	0	0
330	0	0	0	0	0
360	0	0	0	0	0
390	0	0	0	0	0
420	0	0	15	15	0
450	0	0	70	70	0
480	0	0	15	15	0
510	0	0	0	0	0

Bilaga 3

Stamprofiler och massavedslängder vid beräkning av apteringsgrad

Vid apteringsuppföljning med Aptupp har stamprofilens registrering (diametervektorer i hpr och hqc) betydelse för vilken apteringsgrad som erhålls. Om stamprofilen endast innehåller diametervärden fram till sista kapställe erhålls en högre apteringsgrad än om diametervärden efter sista kapställe inkluderas (idealt fram till klenast tillåtna diameter). Detta eftersom en stamprofil som slutar vid sista kapställe indirekt tvingar Aptupps apteringssimulering att lägga sista kapställe på samma stamhöjd som skördaren, när det i teorin kanske var möjligt att göra sista kapet högre upp i stammen och därigenom uppnå ett högre virkesvärde.

Den skördarmätta stamprofilens registrering (hpr eller hqc-M1) varierar mellan maskinsystem: för vissa registreras stamprofilen endast fram till sista kapställe, och för andra fortsätter registreringen så långt aggregatet matar innan toppen släpps. Detta bör beaktas vid uppföljning, baserat på den skördarmätta stamprofilen.

Vid uppföljning baserat på den kontrollmätta stamprofilen (hqc-M2) bör hela gagnvirkesdelen av trädet registreras vid kontrollmätningen, vilket ofta innebär att även den outnyttjade toppen behöver mätas. Under virkesvärdestestet mäts topparnas längd från sista kapställe (toppens rotände) upp till diametern 50 mm. Ett problem uppstår dock om stammen är toppbruten. Hur långt ska man då samla in värden?

I enlighet med tidigare virkesvärdestester användes reglerna nedan.

Stamprofil från skördarmätning

Endast stamprofilen fram till sista kapställe användes och eventuella övriga diametervärden togs bort. Detta tvingar dock indirekt Aptupps apteringssimulering till en aptering som liknar skördarens. För att göra apteringssimuleringen mer oberoende av skördarens aptering tilläts 100 cm långa massavedsbitar i diameterklasser klenare än klenaste diameterklass för timmer och kubb.

Stamprofil från kontrollmätning

Stamprofilen från manuell kontrollmätning (hqc-M2) innehåller diametervärden fram till sista kapställe. Denna stamprofil kompletterades med data från den separata mätningen av topparnas längd upp till diametern 50 mm.

Stamprofil från kontrollmätning vid toppbrott

Stamprofilen från manuell kontrollmätning innehåller diametervärden fram till toppbrottet. Vid toppbrott saknas toppens längd, vilket ger en stamprofil som slutar vid sista kapställe och indirekt tvingar apteringssimuleringen till en aptering som liknar skördarens. I likhet med vid uppföljningen baserad på stamprofiler från skördarmätning tilläts därför 100 cm långa massavedsbitar i diameterklasser klenare än klenaste diameterklass för timmer och kubb.

Stammar med toppbrott grövre än tillåtna timmerdimensioner tilläts inte ingå bland huvudtestets 30 granstammar.

Bilaga 4

Stöd för övriga apteringsinställningar

Tabell 32. Bucking logic and pin and spi settings.

	Dasa	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log Max	Logset
Max no. of tree species	10	12	16	No limit	16	10
Max no. of products per species	No limit	16	No limit	No limit	No limit	No limit
Max no. of diameter classes per matrix/total	No limit	No limit	No limit	No limit	No limit	No limit
Max no. of length classes per matrix/total	No limit	No limit	No limit	No limit	No limit	No limit
Max no. of qualities	No limit	16	No limit	No limit	No limit	No limit
Pulpwood requirement	No	No	No	No	No	No
ButtLogMAX-StartHeight	No	Yes (defaults to 150 cm)	No	No	No	No
Length margin	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Tabell 33. Distribution bucking logic.

	Dasa	Ponsse	John Deere	Komatsu	Log max	Logset
Distribution model	Near-optimal	Near-optimal*	Near-optimal	Near-optimal	Near-optimal	Unknown
Calculation model for value deviation	Max value of 1st log	Max value of 1st log	Max value of 1st log	Max value of 1st log	Max value of 1st log	Unknown
Selection of log to be cut	Greatest deficit	Greatest deficit	Greatest deficit	Greatest deficit	Greatest deficit	Unknown
New object using old log tally in distribution bucking	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Unknown
Use distribution bucking based on "volume" and "no. of logs" at the same object	Yes	Yes	No	Yes	Yes	-
Warning when cutting unclassified log	No	Enter + forced cut	Special command	Special command	No	Yes

*Ponsse also supports the "adaptive price list" method.

Bilaga 5

Stockdimension per stocknummer

Varje skördare apterade 30 granstammar. Av dessa utvärderades timmer- och klintimmerstockar. Nedan redovisas antalet stockar per tillverkare och respektive dimensioner. Exempelvis ser vi att upp till tredjestock hade alla tillverkare ungefär lika många stockar. Än viktigare är att vi ser att toppdiametrarna är relativt jämna.

Tabell 34. Antal stockar per stocknummer och totalt för de utvärderade maskinsystemen.

Tillverkare	Antal per stocknummer (N)					Totalt (N)
	1	2	3	4	5	
Eco Log	30	30	29	26	2	117
John Deere	30	30	30	21	3	114
Komatsu	30	30	30	29	5	124
Log Max	30	30	30	24	4	118
Logset	30	30	30	27	1	118
Ponsse	30	30	30	23	0	113
Rottne	29	29	29	26	5	118

Tabell 35. Genomsnittlig toppdiameter (mm) per stocknummer och totalt för de utvärderade maskinsystemen.

Tillverkare	Toppdiameter per stocknummer (mm)					Medel (mm)
	1	2	3	4	5	
Eco Log	277	242	204	164	150	215
John Deere	279	242	200	169	150	217
Komatsu	287	254	210	172	158	220
Log Max	273	240	200	167	152	212
Logset	282	246	201	164	141	216
Ponsse	277	242	202	168		217
Rottne	277	244	205	170	164	215

Tabell 36. Genomsnittlig längd (cm) per stocknummer och totalt för de utvärderade maskinsystemen.

Tillverkare	Längd per stocknummer (cm)					Medel (cm)
	1	2	3	4	5	
Eco Log	461	492	438	325	312	426
John Deere	483	488	411	337	312	427
Komatsu	496	492	466	327	312	433
Log Max	485	480	415	317	313	417
Logset	491	474	413	316	312	416
Ponsse	499	483	387	317		417
Rottne	517	500	414	332	334	428

Bilaga 6

Energivärde för avskavd bark

Pris för bark är antaget utifrån Energimyndighetens kvartalsstatistik för trädbränsle, torv- och avfallspriser (2026). Vid beräkningarna har vi använt priset för sortimentet ”Biprodukter vid leverans till Värmeverk”. Vi har använt det genomsnittliga priset för tidsperioden 2020–2025, vilket uppgick till 225 kr/MWh. Priset för ”Biprodukter och andra trädbränslen” har generellt ökat kraftigt sedan 2022.

Följande omvandlingstal och antaganden har använts vid beräkningarna:

- Antaget energiinnehåll: 0,65 MWh/m³s vilket motsvarar 1,54 m³s/MWh
- Omvandling: 2,5 m³s/m³fub motsvarar 0,62 m³fub/MWh vilket motsvarar 1,6 MWh/m³f
- Energivärde bark: 1,6 MWh/m³f * 225 kr/MWh = 360 kr/m³f
- Antagen barkandel: 12 % bark per m³fub virke
- Totalvärdet för bark per m³fub virke: 0,12 * 360 = 43,2 kr/m³fub

Energivärdet för varje procent bark som skavs av, uttryckt som värdet per m³fub virke, uppgår alltså till 43,2 * 0,01 = 0,43 kr

I genomsnitt för samtliga skördare uppgick andelen avskavd bark av totala barkvolymen till 7 procent. Energivärdet av den avskavda barken uppgick alltså i genomsnitt för samtliga skördare till 7 * 0,43 = 3 kr per m³f avverkat virke. Respektive skördares andel avskavd bark av totala barkvolymen redovisas i tabellen nedan.

Tillverkare	Total andel av barkvolymen som skadats (%)
John Deere	14
Eco Log	11
Ponsse	10
Komatsu	6
Logset	4
Rottne	4
Log Max	3
Medel	7

Referens: Energimyndigheten 2026. Trädbränsle-, torv- och avfallspriser (Hämtad 2026-04-07).