

A photograph of a forest floor covered in moss and fallen logs. The logs are cut and stacked, showing the light-colored wood grain. In the background, a dense forest of tall, thin trees is visible.

VIRKESVÄRDESTEST 2016

Wood Value Trials 2016

INNEHÅLL

Förord	3	Delstudie 4: Kaptid och kedjehastighet.....	34
Sammanfattning.....	4	Syfte.....	34
Summary	6	Material och metod.....	34
Inledning.....	9	Resultat och diskussion.....	35
Bakgrund.....	9	Kaptidens utveckling över tid	37
Syfte.....	9	Koppling mellan kaptid och förekomsten av kapsprickor	37
Förutsättningar och studieupplägg.....	10	Delstudie 5: Avverkningsskador.....	39
Allmänna förutsättningar.....	10	Syfte.....	39
Datainsamling.....	10	Material och metoder.....	39
Testade system.....	11	Kapsprickor	39
Väderförhållanden under testperioden.....	12	Dubbskador.....	40
Delstudie 1: Mätning av längd och diameter	13	Barkskador.....	40
Syfte.....	13	Resultat och diskussion.....	41
Material och analyser	13	Dubbskador.....	41
Resultat och diskussion.....	13	Barkskador.....	42
Längdmätning	13	Kapsprickor	44
Diametermätning	15	Utveckling av förekomst av kapsprickor över tid.....	49
Delstudie 2: Styrning av produkttillredningen.....	17	Referenser	50
Syfte.....	17	Bilaga 1: Wood Value Trials 2016 – Experimental plan.....	51
Material och metoder.....	17	Bilaga 2: Swedish Translations – Version 120120.....	56
Datainsamling värdeapting.....	19	Bilaga 3: Swedish default spi files setting.....	58
Datainsamling fördelningsapting	19	Bilaga 4: Bucking settings	60
Utvärdering.....	19	Bilaga 5a: Styrning av massavedsapting.....	61
Resultat och diskussion.....	20	Bilaga 5b: Rekommendation för utformning av massavedsmatris	62
Allmänt.....	20	Bilaga 6: Identifierade brister och buggar i apting- och mätsystemen i testen.....	64
Värdeapting.....	21	Bilaga 7: Stamlängder och vrakhantering vid aptingssimulering.....	65
Automatisk apting tall.....	23	Bilaga 8: Timmerprismatriser och fördelnings- matris i testet	66
Produktfördelning.....	23		
Längdutfall vid värdeapting.....	24		
Fördelningsapting.....	26		
Utfall massaved.....	27		
Delstudie 3: Övriga centrala funktioner i StanForD 2010	30		
Syfte.....	30		
Resultat och diskussion.....	30		
Produktionsrapportering och kommunikation.....	30		
Kvalitetssäkring av maskinernas mätning	32		
Driftsuppföljning.....	32		





FÖRORD

Den skogsindustriella förädlingsprocessen börjar i skogen där beslut tas om hur trädet ska kapas till stockar som sedan ska bli till specifika produkter som motsvarar slutkundens förväntningar. En modern skördare måste därför kunna styras med hög precision utan att skada stammen. För att utvärdera hur dagens skördare lever upp till dessa krav har Skogforsk i nära samarbete med maskin- och styrsystemtillverkarna genomfört virkesvärdestester vid fyra tillfällen mellan 1995 och 2016. Dessa återkommande test bidrar med värdefull information om dagsläget samt gör det möjligt att följa den tekniska utvecklingen över tid.

Hösten 2016 genomfördes testet i samarbete med Ponsse, John Deere, Komatsu, Rottne samt Dasa. Stort tack för ert stora engagemang och alla ansträngningar för att vi skulle kunna genomföra testet! Ett särskilt tack till er som fanns på plats under testet. Ert tålamod, hjälpsamhet och intresse är mycket uppskattat!

Ett varmt tack även till markvärden Bergvik Skog samt försöksvärden BillerudKorsnäs. Ert generösa bidrag och engagemang är mycket värdefullt!

Vi skulle även vilja tacka Jonas Hemmingsson, VMF Syd för ett aldrig sinande tålamod med att manuellt kontrollmäta alla utvalda stockar, samt Hagos Lundström och Karin Ågren, båda Skogforsk, för att ni var behjälpliga vid datainsamlingen.

Uppsala i juli 2018

Maria Nordström, John Arlinger, Björn Hannrup, Rikard Jonsson,
Petrus Jönsson & Johan J. Möller.

SAMMANFATTNING

Väl fungerande apteringssystem och en skonsam virkesbehandling är nyckelfaktorer för att nå ett högt tillvaratagande av virkesvärdet. Vid tre tidigare tillfällen, 1995, 2001 och 2006 har Skogforsk genomfört tester av apteringssystem från de ledande tillverkarna. Det nu aktuella testet, Virkesvärdestest 2016, genomfördes med liknande upplägg som i de tidigare studierna och syftade till att under produktionsliknande förhållanden jämföra fyra maskinsystem med avseende på dimensionsmätning, aptering, kapning, systemfunktioner baserade på skogsstandarden (StanForD 2010) och virkesbehandling.

Studien genomfördes i ett grandominerat slutavverkningsbestånd i norra Uppland. Mark- och försöksvärd var Bergvik Skog och BillerudKorsnäs. Vid datainsamlingen gjordes inledningsvis en kontroll av kedjehastigheten vid kap samt mätningar av kaptid. Därefter avverkade respektive skördare 30 granar och 10 tallar och mätdata från dessa stammar utgjorde basen för huvuddelen av utvärderingarna för dimensionsmätning, avverkningskador och produktionsstyrning. I en sista del avverkade varje skördare några hundra granar för uppföljning av olika StanForD 2010-funktionaliteter som fördelningsaptering och kvalitetssäkring.

Resultat från uppföljningen av aggregatens längd- och diametermätning visade på väsentliga förbättringar sedan det senaste virkesvärdestestet 2006. Bäst resultat för mätning av längd 2016 uppnådde John Deere med 94 procent av längdmätningarna inom ± 2 cm från manuellt kontrollmätt längd. Standardavvikelsen för John Deeres längdmätning var 1,2 cm, räknat på alla stockar. För både Ponsse och Rottne/Dasa fanns potential att förbättra resultatet i längdmätningen genom en separat justering av kalibreringen för rotstockarna.

Även i diametermätningen var John Deere bäst i test med i genomsnitt 84 procent av mätningarna inom ± 4 mm från manuellt kontrollmätt. Övriga tillverkare låg mellan 76 och 79 procent, också det riktigt bra resultat. John Deeres aggregat utmärker sig dock som det enda med en standardavvikelse under 4 mm i samtliga diameterklasser, vilket närmar sig gränsen för det teoretiskt möjliga att uppnå med dagens berörande mätteknik.

Apteringsgraden vid värdeaptering var i genomsnitt 98,8 procent för de fyra produktionssystemen vid uppföljning baserat på skördarnas hpr-filer. Detta mått uttrycker optimeringsförmågan hos apteringsdatorn. Rottne med apteringsdatorn Dasa Forester nådde högst apteringsgrad (99,2 procent), men skillnaden mellan systemen var liten.

När uppföljningen istället baserades på manuellt uppmätta dimensionsmått var apteringsgraden i genomsnitt 97,3 procent. För de båda måtten på apteringsgrad är detta en ökning med 0,3 respektive 0,7 procentenheter sedan virkesvärdestestet 2016. Ökningen av apteringsgraden kan främst tillskrivas bättre diameter- och längdmätning.

Uppföljning av fördelningsgraden visade att fördelningsapatering fungerar generellt väl och alla system presterade i nivå med teoretisk simulering av fördelningsapatering.

Förbättringspotential identifierades dock när det gäller massavedsapteringen. Endast Komatsu hade en fungerande funktion för mindiametersök enligt StanForD 2010.

Sedan virkesvärdestestet 2006 har maskinerna bytt till den XML-baserade standardversionen StanForD 2010, vilket har inneburit ett antal viktiga förändringar som t.ex. flexibel styrning och detaljerad information om enskilda stockar. Unika identiteter för varje avverkad stock/träd ökar spårbarheten och minimerar risken för att data tappas bort eller blandas ihop. Alla maskinsystem lagrade dessa data enligt standardens scheman för olika meddelanden. Komatsu klarade alla testade funktioner för mer flexibel styrning. Även Rottne/Dasa och John Deere klarade de flesta funktioner medan Ponsse fortfarande saknade en hel del funktionalitet. StanForD 2010 gör det även möjligt att automatisk lagra produktions- och driftsdata, vilket är grunden för automatisk produktionsrapportering. Automatisk rapportering fungerade i alla maskiner med hjälp av SDC:s insändningsprogramvara Sender XC.

Komatsu låg även i front som enda tillverkare som implementerat stamkoder för att t.ex. registrera naturvårdsobjekt som högstubbar samt "user defined data" som möjliggör registrering av egendefinierade data. Dessutom var Komatsu ensam om att ha implementerat kranvinkelregistrering och traktinstruktioner enligt ogi-filer.

För samtliga maskinsystem låg kedjehastigheten vid kap under den maximalt tillåtna om 40 m/s. För tre av maskinsystemen var kedjehastigheten påfallande stabil under kapförloppet.

Resultat från mätningarna av kaptid visade att de fyra maskinsystemen delade sig i två grupper. Kortast kaptid hade Ponsse och Komatsu, medan kaptiden var längst för John Deere och Rottne Dasa. Skillnaden mellan de två grupperna var betydande och uppgick till cirka 20 procent. I jämförelse med virkesvärdestesten från 2001 har den genomsnittliga kaptiden minskat med 10 procent i årets test.

Uppföljning av skördarnas virkesbehandling visar en generell trend att andelen stockar med djupa dubbskador ökar över tid. För två av maskinsystemen, Ponsse och John Deere, låg andelen stockar med inträngningsdjup över 7 mm nära noll. För de två andra maskinsystemen, Komatsu och Rottne, var motsvarande värden 10, respektive 34 procent, det vill säga över det gränsvärde då virkesleveranserna enligt VMR:s inmättningsbestämmelser ska betraktas som dubb-skadade och erhålla ett reducerat värde.

Andelen barkskador varierade mellan 8,7 och 20,7 procent av stockarnas omkrets. Låga värden (< 10 procent) noterades för Komatsu, Ponsse och Rottne Dasa. Uttryckt som bränslevärdet av bark som skavts av från stockarna var skillnaden mellan aggregaten med lägst och högst skadenivå cirka 2,80 kr/m³fub.

I genomsnitt hade 48 och 17 procent av stockarna kapsprickor i rotända respektive toppända, vid kapning med fritt hängande stockar. Lägst andel kapsprickor noterades för stockar avverkade med Ponsse. Detta förklaras sannolikt av att Ponsse, i jämförelse med övriga skördare, kapade snabbare under den andra halvan av kapet, det vill säga den del av kapet då kapsprickor bildas.

I jämförelse med resultat från tidigare virkesvärdestester finns ingen tendens till att andelen kapsprickor minskar över tid. För att nå ett mål om sprickfri kapning är det därför angeläget att ny teknik utvecklas.

SUMMARY

Key factors in ensuring high timber value are effective bucking systems and careful handling of the timber. Skogforsk has tested bucking systems from the leading manufacturers on three earlier occasions, 1995, 2001 and 2006. The current test, Wood Value Trials 2016, involved a similar setup to the earlier studies. Carried out under conditions similar to production, the aim was to compare four machine systems in terms of dimension measurement, bucking, cutting, system functionality based on the forestry standard, StanForD 2010, and timber handling.

The study was carried out in a spruce-dominated final felling stand in northern Uppland. The hosts for the trials were Bergvik Skog and BillerudKorsnäs. The first part of data collection involved a check of chain speed in cutting and measurement of cutting time. Each harvester then felled 30 spruce trees and 10 pine trees. Measurement data from these stems formed the basis for most of the evaluations of dimension measurement precision, timber damages and production control functionality. In the final part of the test, each harvester felled several hundred spruce trees, to examine various StanForD 2010 functionalities, such as distribution bucking and quality assurance.

Harvester measurements of length and diameter indicated considerable improvements since the previous test in 2006. The best result for measurement of length in 2016 was attained by the John Deere, with 94% of length measurements within ± 2 cm of the control length measured manually. Standard deviation for the length measurement by the John Deere was 1.2 cm, calculated on all logs. For both the Ponsse and the Rottne/Dasa, length measurement could be improved if calibration was adjusted separately for butt logs.

The John Deere also produced the best results for diameter measurement, with an average of 84 % of the measurements within ± 4 mm of the control diameters measured manually. Measurements produced by the other manufacturers were between 76 and 79 %, also very good results. However, the John Deere distinguished itself with a standard deviation of less than 4 mm in all diameter classes, which is approaching the limit for what is theoretically possible with current measurement technology.

When bucking to value was assessed, based on the harvesters' hpr files, the bucking yield index averaged 98.8 % for the four production systems. Bucking yield index indicates the optimisation capability of the bucking computer. The Rottne, with the Dasa Forester bucking computer, attained highest bucking yield index (99.2 %), but the difference between the systems was small. When the follow-up was instead based on manually measured dimensions, the bucking yield index averaged 97.3 %. The two measurements of bucking yield index represented an increase of 0.3 and 0.7 percentage points respectively compared with the Wood Value Trials in 2006. The increase can mainly be attributed to better measurement of diameter and length.

Measurements of distribution yield showed that distribution bucking generally worked well, and all systems performed at a level in line with theoretical simulation of distribution bucking.

However, potential for improvement was identified for pulpwood bucking. Only the Komatsu had a successful function for finding minimum diameter according to StanForD 2010.

Since the Wood Value Trials in 2006, the machines have switched to the XML-based standard version of StanForD 2010, which has involved several important changes, i.e., flexible bucking control and detailed information on individual logs. Unique identities for every felled log/tree increases traceability and minimises the risk of losing or mixing data. All machine systems stored this data according to the standard's schedule for various messages. Functions for more flexible control were tested. The Komatsu managed all functions, the Rottne/Dasa and John Deere managed most of the functions, while the Ponsse still lacked much of the functionality. StanForD 2010 also makes it possible to automatically store production and operational data, which is the basis of automatic production reporting. Automatic reporting worked well in all machines, using the SDC reporting software, Sender XC.

The Komatsu was the only manufacturer that had implemented stem codes for functions such as recording conservation objects (e.g. high stumps) and user-defined data. In addition, the Komatsu was alone in implementing boom angle recording and site instructions according to the oxi files.

For all machine systems, chain speed when cutting was below the maximum permitted, 40 m/s. For three of the machine systems, chain speed was noticeably stable during the cutting process.

Results from the measurements of cutting time showed that the four machine systems divided into two groups. The Ponsse and the Komatsu had the shortest cutting time, while the longest times were recorded for the John Deere and the Rottne Dasa. The difference between the two groups was considerable, approximately 20%. In the 2016 test, average cutting time was 10% shorter than in the Wood Value Trials in 2001.

A general trend shown in the follow-up of the harvesters' timber handling was that the proportion of logs with deep stud damage has increased over time. For two of the machine systems, the Ponsse and the John Deere, the proportion of logs with a penetration depth exceeding 7 mm was close to zero. However, for the other two machine systems, the Komatsu and the Rottne, the corresponding figures were 10 and 34% respectively. These figures exceed the limit value stipulated in VMR measurement provisions at which the timber is to be regarded as stud-damaged, thereby reducing timber value.

The proportion of bark damage varied between 8.7 and 20.7 % of the log circumference. Low values (< 10 %) were recorded for the Komatsu, the Ponsse and the Rottne Dasa. Expressed as energy value of bark lost from the logs, the difference between the harvesters with the lowest and highest degrees of damage was approximately SEK 2.80/m³sub.

On average, 48 and 17 % of the logs showed bucking splits in the butt end and top end respectively when freely hanging logs were cut. The smallest proportion of bucking splits was recorded for logs cut by the Ponsse. The probable explanation is that the Ponsse, compared to the other harvesters, cut faster during the second half of the cut, which is the part of the cut in which bucking splits are formed.

Compared with the results from the earlier wood value trials, there was no tendency for the proportion of bucking splits to decrease over time. If we are to attain a goal of split-free cutting, new technology must be developed.





INLEDNING

Bakgrund

Väl fungerande apteringssystem är avgörande för ett högt tillvaratagande av virkesvärdet vid skördaravverkning.

Vid tre tidigare tillfällen, 1995, 2001 och 2006 har Skogforsk genomfört tester av apteringssystem från de ledande tillverkarna (Sondell & von Essen 1995, Möller m. fl. 2002, Möller m.fl. 2008). Testerna har genomförts med ett likartat upplägg och apteringssystemen utvärderades med avseende på dimensionsmätning, aptering, volymläsningsberäkning och allmän funktionalitet. Testerna 2001 och 2006 omfattade även en utvärdering av skördarnas virkesbehandling (Hallonborg & Granlund 2002, Möller m.fl. 2008). 2012 genomfördes ett mindre test med fokus på funktionalitet för aptering enligt StanForD 2010 (Möller m.fl. 2013).

Den nu aktuella testen, Virkesvärdestest 2016, genomfördes från 11 till 27 oktober i ett slutavverkningsbestånd nordost om Österbybruk i norra Uppland. Markvärd var Bergvik Skog AB och försöksvärd BillerudKorsnäs. Utvärderingen av apteringssystemen och skördarnas virkesbehandling gjordes på ett likartat sätt som i de föregående testerna.

Syfte

Syftet med testen var att under produktionsliknande förhållanden jämföra fyra maskinsystem med avseende på dimensionsmätning, aptering, systemfunktioner baserade på skogsstandarden (StanForD 2010) och avverkningsskador. De återkommande testerna speglar utvecklingen över tid.

Resultaten ska ge vägledning till maskintillverkarnas vidareutveckling av systemen och information till brukare och forskare. De faktorer som i första hand studerades var systemens precision vid längd- och diamettermätning, apteringsutfallet, allmän funktionalitet hos apteringsdatorerna och implementering av systemfunktioner i StanForD 2010. Vidare studerades maskinsystemens skadenivåer när det gäller kapsprickor samt bark- och dubbbskador. Nytt för 2016 års test var att även kaptiden studerades för de olika maskinsystemen.



Figur 1. Försöksområdet, ett grandominerat bestånd i norra Uppland.

FOTO: MARIA NORDSTRÖM/SKOGFORSK

FÖRUTSÄTTNINGAR OCH STUDIEUPPLÄGG

Allmänna förutsättningar

Testet genomfördes i ett grandominerat slutavverkningsobjekt i trakten av Österbybruk i norra Uppland under perioden 11 till 27 oktober 2016. De träd som ingick i testet hade en medelstam på 0,98 m³fub och den genomsnittliga brösthöjdsdiametern var 33,2 cm. Före testet fick deltagarna möjlighet att ställa in och kalibrera sina maskiner. Skördarna kördes av deltagarnas egna förare.

Datainsamling

Maskinsystemen testades i tre etapper. I en första etapp gjordes en kontroll att kedjehastigheten vid kap inte översteg den maximalt tillåtna om 40 m/s samt jämförande mätningar av maskinsystemens kaptid.

I en andra etapp utvärderades styrningsfunktioner (identiteter, aptering) baserat på upparbetning av 40 enskilt upparbetade träd per maskinsystem. 30 granar och 10 tallar valdes i samband med avverkning. Enbart träd som var relativt fria från skador, som dubbeltoppar och stora krökar, valdes. Trädens brösthöjdsdiametrar (DBH) varierade mellan ca 25 och 42 cm och diameterfördelningen var likartad för de

olika maskinsystemen. Utvärderingsmodellen följde upplägget från tidigare virkesvärdestester (Möller m.fl., 2002, 2008, 2012).

På de 30 granstammarna gjordes manuell kontrollmätning av längd och diameter samt uppföljning av värdeapting. Efter dessa mätningar mättes kapsprickor samt dubb- och barkskador. För de 10 tallstammarna testades automatisk aptering i form av stocktypsapting, d.v.s. rotstock eller övrig stock, med aktiverad funktion för friskkvistapting.

I en tredje etapp avverkade samtliga maskinsystem 200–300 granstammar i en angränsande del av beståndet. Baserat på dessa stammar utvärderades maskinsystemens fördelningsapting samt styrning av massavedsapting. Under denna etapp testades även maskinernas funktion för utslumpning av kontrollstammar (hqc-filer enligt StanForD 2010).

Under delstudierna lagrade maskinsystemen längd- och diametermätningarna för samtliga avverkade stammar i form av stamfiler (hpr och/eller stm). Vid analyserna användes dessa filer, tillsammans med en del andra StanForD-filer, som produktionsfiler (hpr), driftuppföljningsfiler (mom), kalibreringsfiler (hqc) och styrfiler (oin, pin, spi).

Testade system

Under Virkesvärdestest 2016 testades fyra olika system för slutavverkning (figur 2). Samtliga maskintillverkande medlemmar i StanForD inbjöds att delta i testet. Deltagarna valde själva vilka system de ville testa, enda riktlinjen var att de skulle vara avsedda för slutavverkning i Sverige och att styrsystemen skulle ha en version som skulle vara tillgänglig på marknaden under senast första kvartalet 2017. Fokus för

systemtesterna låg på funktionalitet enligt StanForD 2010. I tabell 1 redovisas maskinernas datorsystem och i tabell 2 hur apteringsdatorerna var inställda under testerna.

Vid testet fanns inte Ponsse Opti anpassad till StanForD 2010 i skarp drift på den svenska marknaden. Övriga system fanns vid studien i standardversion med stöd för StanForD 2010.



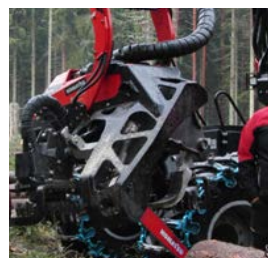
Rottne/Dasa

Basmaskin: Rottne H21
Aggregat: EGS 706
Apteringsdator: Dasa Forester H70
Diametermätning: Övre kvistknivar (3 punkter)
Längdmätning: Mäthjul



Komatsu

Basmaskin: Komatsu 931 XC
Aggregat: C144
Apteringsdator: MaxiXplorer
Diametermätning: Övre kvistknivar (3 punkter)
Längdmätning: Mäthjul



John Deere

Basmaskin: John Deere 1270 G
Aggregat: H415
Apteringsdator: Timbermatic H-12
Diametermätning: Övre kvistknivar (3 punkter)
Längdmätning: Mäthjul



Ponsse

Basmaskin: Ponsse Scorpion King
Aggregat: H7
Apteringsdator: Opti 4G
Diametermätning: Övre kvistknivar (3 punkter)
Längdmätning: Mäthjul



Figur 2: Testade system under Virkesvärdestest 2016 . Foton: John Arlinger, Skogforsk.

Tabell 1. Datorsystemen som deltog i virkesvärdestest 2016.

Apteringsdator	Programversion i test	Operativsystem
Dasa Forester H70	1.4.1	Windows 8.1 Embedded: Industry Pro
MaxiXplorer	3.10X.28740D	Windows 8.1 Embedded: OsMan 4.6
Ponsse Opti 4G	4.740	WES 7
Timbermatic H-12	1.24.99.27	Windows 7

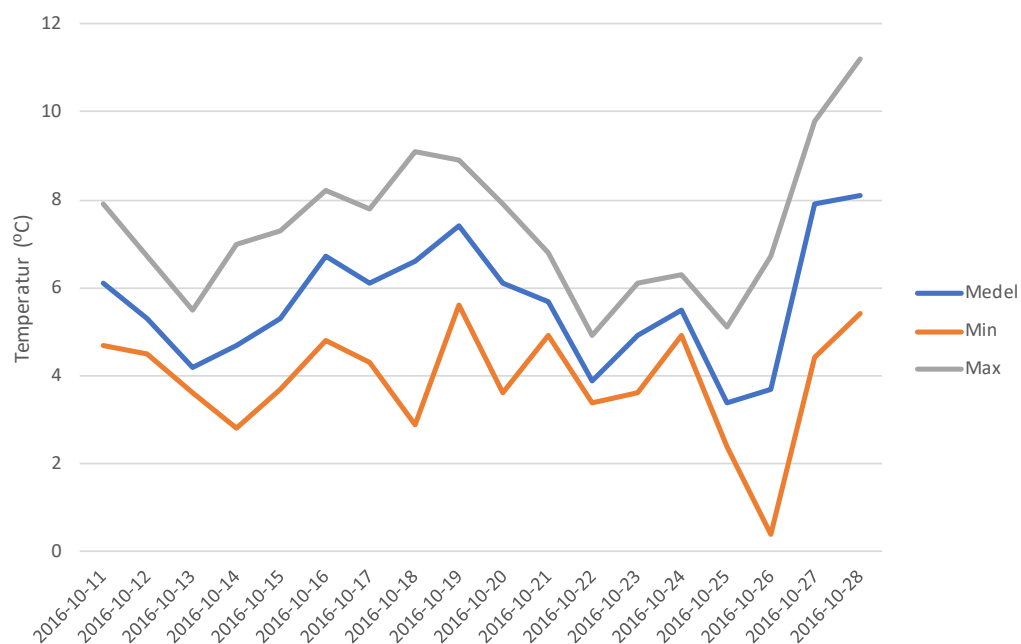
Tabell 2. Inställning av apteringsdatorerna i testet.

Apteringsdator	Beräkningsgrundande längd (m)	Prognosmetod	Omräkningsfrekvens	Kapfönster (cm)	Barkfunktion	Friskkvist- funktion
Dasa Forester H70	20	Adaptiv	6 ggr. per sekund	2-3	SF*	Ja
MaxiXplorer	11	Adaptiv	När mätning avviker mot prognos	2-3	SF*	Ja
Ponsse Opti 4G	Hela stammen	Adaptiv	1/25 ms.	2-3	SF*	Ja
Timbermatic H-12	Hela stammen	Adaptiv	När mätning avviker mot prognos	2-3	SF*	Ja

* SF - Skogforsks barkfunktion (Hannrup, B. 2004).

Väderförhållanden under testperioden

Vädret var stabilt under testperioden, uppehåll med en medeltemperatur omkring +5 grader (figur 3). Temperaturen gick aldrig under fryspunkten.



Figur 3. Temperaturen i testområdet under veckorna när testet genomfördes (källa SMHI, väderstation Films kyrkby (Österbybruk)).

Delstudie 1:

MÄTNING AV LÄNGD OCH DIAMETER

Syfte

Syftet med delstudien var att utvärdera och jämföra skördaraggregatens förmåga att mäta längd och diameter på en stam under upparbetning.

Material och analyser

Alla stockar från de 30 utvalda granstammarna kontrollmättes manuellt med ett stålmåttband och en kalibrerad dataklave för att bestämma längd och diameter på bark. Kontrollmätningen utfördes enligt rutinen för kvalitetssäkring av skördarens mätning (SDC, 2017b), vilket innebär att diameter mäts på bark genom korsklavning 10 cm in från stockens toppända samt vid varje meter mot roten med sista måttet i brösthöjd (120 cm). De fåtal toppstockar som var brutna i topp kontrollmättes inte. Resultaten från den manuella mätningen (M2) registrerades i hqc-filer, där även maskinens mätning (M1) finns registrerad.

De kontrollmätta värdena för längd och diameter jämfördes sedan med skördarens mätning genom beräkning av följande nyckeltal:

- Medelavvikelse: Aritmetiskt medelvärde för skillnaden M1-M2. En positiv medelavvikelse innebär att skördaraggregatet överskattar längd/diameter. En medelavvikelse nära noll innebär mätning med hög noggrannhet. Uttrycks i cm för längd och mm för diameter.
- Standardavvikelse: Standardavvikelsen M1-M2 för alla ingående mätpunkter. En hög standardavvikelse innebär stor spridning i mätningen medan en låg standardavvikelse innebär mätning med hög precision. Uttrycks i cm för längd och mm för diameter.
- Andel inom ± 2 cm (längd)/ ± 4 mm (diameter) från kontrollmått: Summerar både medelavvikelse och standardavvikelse. Nivån för godkänt (larmnivå) är minst 70 % för längdmätning och minst 55 % för diametermätning. För väl godkänt krävs minst 80 % för längdmätningen och minst 65 % för diametermätningen (SDC 2017b).

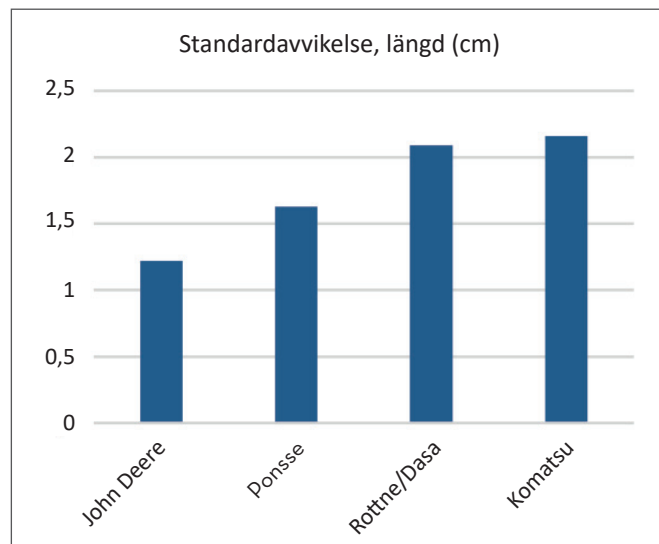
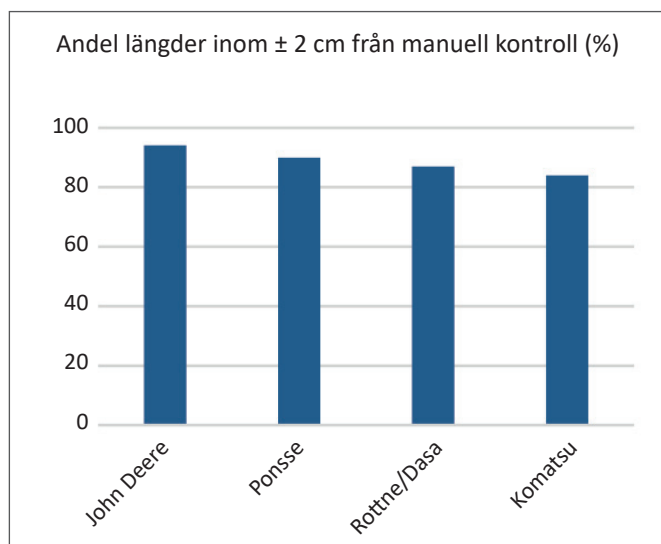
Resultat och diskussion

LÄNGDMÄTNING

Längdmätningen hos de testade maskinsystemen var generellt bra. Bäst presterade John Deere med i snitt 94 % av längdmätningarna inom ± 2 cm (figur 4, t.v.), följd av Ponsse med i snitt 90 %. Rottne/Dasa och Komatsu presterade i snitt 87 % respektive 84 %, vilket bör kunna förbättras ytterligare något.

John Deere hade en spridning i längdmätningen på endast 1,2 cm, vilket var i snitt nästan hälften av den hos Rottne/Dasa och Komatsu (figur 4, t.h.). Alla system var väl kalibrerade med mindre än 1 cm systematiskt fel (tabell 3).

Största potentialen till förbättring av längdmätningen är kopplat till mätningen av rotstockarna, som hos alla maskinsystem förutom Komatsu avvek negativt från mätningen av alla stockar sammanräknat (tabell 3). För Rottne/Dasa skulle en särskild kalibrering av mätningen för rotstocken sannolikt ha förbättrat resultatet väsentligt, då standardavvikelsen för rotstockar var i samma storleksordning som för alla stockar, medan medelavvikelsen var hela -2,37 cm.



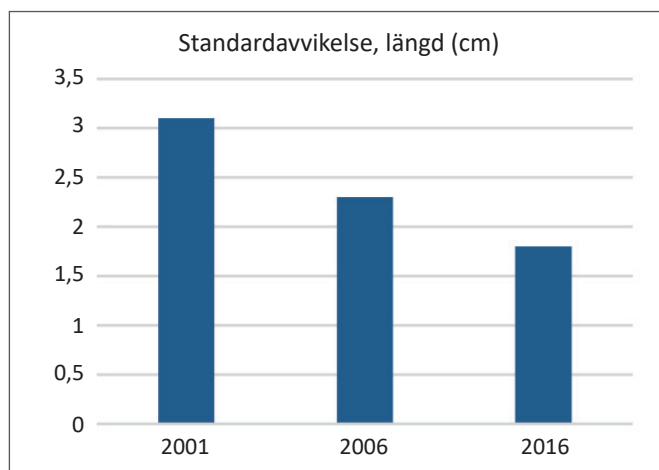
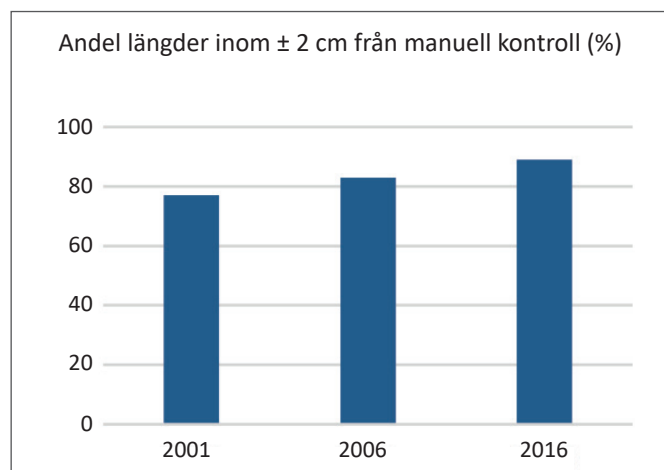
Figur 4. Resultat från utvärderingen av de testade maskinsystemens längdmätning 2016 i termer av andel längdmätningar inom ± 2 cm från kontrollmätt (t.v.) samt precision/standardavvikelse (t.h.).

Tabell 3. Resultat från utvärdering av längdmätningen 2016, per maskintillverkare.

John Deere			Ponsse		
	Alla stockar	Rotstockar		Alla stockar	Rotstockar
Medelavvikelse (cm)	0,25	0,40	Medelavvikelse (cm)	0,76	1,57
Standardavvikelse (cm)	1,22	1,96	Standardavvikelse (cm)	1,63	2,18
Andel längder inom ± 2 cm från manuell kontroll (%)	94,0	80,0	Andel längder inom ± 2 cm från manuell kontroll (%)	90,0	76,7
Rottne/Dasa			Komatsu		
	Alla stockar	Rotstockar		Alla stockar	Rotstockar
Medelavvikelse (cm)	-0,31	-2,37	Medelavvikelse (cm)	0,24	-0,20
Standardavvikelse (cm)	2,1	1,9	Standardavvikelse (cm)	2,2	1,8
Andel längder inom ± 2 cm från manuell kontroll (%)	86,8	60,0	Andel längder inom ± 2 cm från manuell kontroll (%)	84,2	86,7

Jämfört med resultaten från tidigare virkesvärdestester har längdmätningen förbättrats markant. Särskilt glädjande är att spridningen i mätningen har minskat, vilket borgar för en

hög precision i tillredningen. Den sammanlagda standardavvikelsen för alla testade system har minskat med ca 28 procent sedan testet 2006 (figur 5).

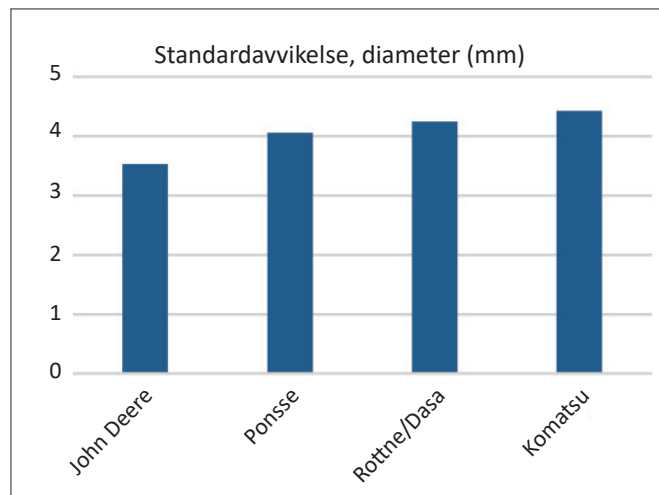
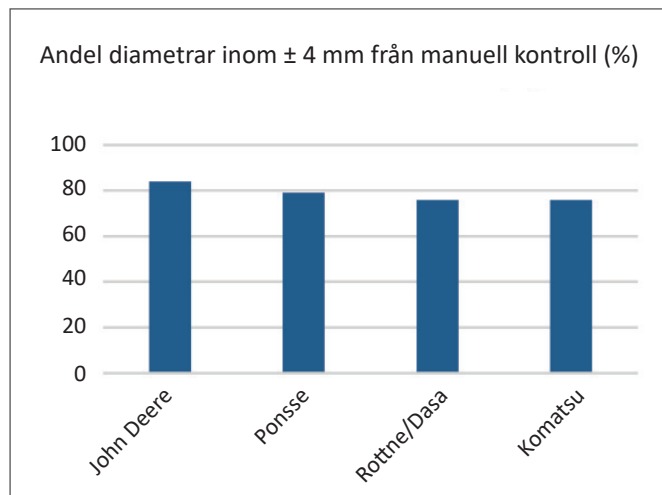


Figur 5. Resultat från utvärderingen av de testade maskinsystemens längdmätning vid Virkesvärdestest 2001, 2006 och 2016 i termer av andel längdmätningar inom ± 2 cm från kontrollmätt (t.v.) samt precision/standardavvikelse (t.h.).

DIAMETERMÄTNING

Även när det gäller mätning av diameter presterade John Deere bäst i 2016 års test med i snitt 84 procent av diametermätningarna inom ± 4 mm från den manuella kontrollen (figur 6). I termer av spridning motsvarade det i snitt 3,5 mm för alla diameterklasser, vilket närmar sig gränsen för den

precision ett berörande mätsystem med tre mätpunkter teoretiskt kan nå (Andersson 2004). Övriga tre system låg mellan 76 och 79 procent inom ± 4 mm från den manuella kontrollen, vilket också är en hög nivå.



Figur 6. Resultat från utvärderingen av de testade maskinsystemens diametermätning 2016 i termer av andel diametermätningar inom ± 4 mm från kontrollmätt (t.v.) samt precision/standardavvikelse (t.h.).

John Deeres diametermätning var även den enda som presterade på en hög och jämn nivå i alla diameterklasser (tabell 4). Rottne/Dasa och Komatsu tenderade tappa precision i de grövre diameterklasserna. Att de grövsta dimensionerna är svårast att mäta är i sig logiskt, då både stockens tyngd och den ofta grova barken försämrar förutsättningarna för en god mätning. Ponsse däremot hade lägst precision i de klenare diameterklasserna, vilket påverkade resultatet för Ponsse negativt på totalen. Detta kan bero på att Ponsses

aggregat inte riktigt är konstruerat för att ta de allra klenaste diametrarna.

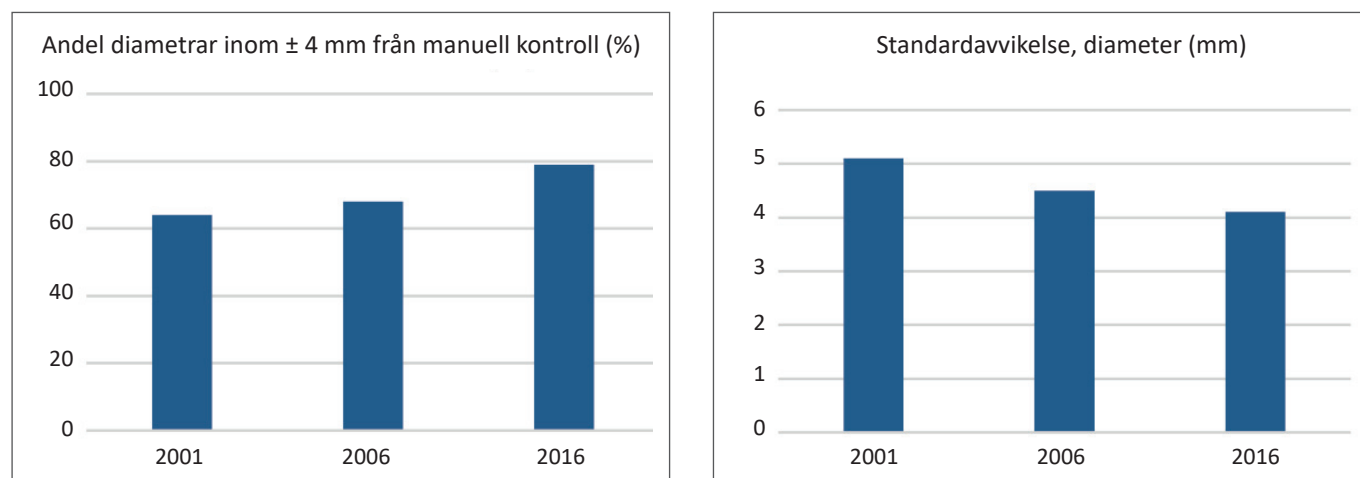
För att säkerställa att alla system hade samma förutsättningar för att mäta diametern beräknades ovaliteten hos de manuellt kontrollmätta stammarna som skillnaden mellan de båda mätvärdena för varje korsklavad diameter. Alla maskintillverkare hade i genomsnitt ca 2 procent ovalitet hos alla sina stockar, och inga stockar uppvisade mer än 10 procent ovalitet.

Tabell 4. Resultat från utvärdering av diametermätningen 2016, uppdelat per diameterklass.

John Deere					Ponsse				
	-100	100-200	200-300	300-400		-100	100-200	200-300	300-400
Medelavvikelse (mm)	1,84	1,76	0,09	3,67	Medelavvikelse (mm)	3,15	0,16	0,07	0,60
Standardavvikelse (mm)	3,2	2,9	3,1	3,9	Standardavvikelse (mm)	5,6	4,5	3,8	4,3
Andel diamentrar ± 4 mm från manuell kontroll (%)	78,1	83,3	88,5	74,0	Andel diamentrar ± 4 mm från manuell kontroll (%)	56,4	75,1	79,4	75,5
Rottne/Dasa					Komatsu				
	-100	100-200	200-300	300-400		-100	100-200	200-300	300-400
Medelavvikelse (mm)	0,76	0,20	0,08	-1,27	Medelavvikelse (mm)	0,28	0,74	-0,41	-1,67
Standardavvikelse (mm)	4,9	3,7	4,3	5,3	Standardavvikelse (mm)	3,4	3,4	3,5	5,8
Andel diamentrar ± 4 mm från manuell kontroll (%)	82,4	85,1	77,1	59,0	Andel diamentrar ± 4 mm från manuell kontroll (%)	80,7	85,3	82,3	54,5

Jämfört med tidigare virkesvärdestester har diametermätningen förbättrats väsentligt, från i snitt 68 procent av diametermätningarna inom ± 4 mm 2006 till 79 procent i 2016 års test (figur 7). I termer av standardavvikelse motsvarar detta en minskning från 4,5 mm till 4,1 mm på tio år.

Denna förbättring har skett utan några större förändringar av mättekniken. Ett ökat fokus i branschen på hög precision i mätning för en mer exakt aptering är istället en sannolik förklaring till den förbättrade mätnoggrannheten.



Figur 7. Resultat från utvärderingen av de testade maskinsystemens diametermätning vid Virkesvärdestest 2001, 2006 och 2016 i termer av andel diametermätningar inom ± 4 mm från kontrollmått (t.v.) samt precision/standardavvikelse (t.h.).

Delstudie 2:

STYRNING AV PRODUKTTILLREDNINGEN

Syfte

Huvudsyftet med delstudien var att testa olika styrningsmodeller, dels traditionell värdeaptering med prislisterstyrning mot olika längd- och diameterkombinationer per sortiment, dels test av specifika funktioner som kvalitetsaptering, fördelningsaptering, stocktypsaptering, friskkvist aptering, användning av begränsningsmatriser och mindiametersök på massaveden. Ett andra syfte var att testa de nya möjligheterna att styra produkterna genom byte av enskilda oin- och pin-filer mellan och under produktionskörning.

Material och metoder

Styrfiler och inställningar

Skogforsk tillhandahöll apteringsfiler (oin, spi och pin) baserade på BillerudKorsnäs normala apteringsinstruktion vid tidpunkten för studien.

Objektinstruktion (oin-filer)

Oin-filerna innehöll identitetsvariabler, referenser till spi- och pin-filer. I testet användes alla identitetsvariabler som är av central betydelse för SDC (Bilaga 2).

Trädslagsgupper (spi-filer)

I testen användes spi-filer enligt de svenska rekommendationerna, se Bilaga 3. Detta innebär bl.a. att följande inställningar användes: Skogforsks barkfunktioner, finska spp-funktioner för rotdelsberäkning (första 1,3 meter av stammen), SDCs trädslagsskoder, DBH-höjd över stubbe 110 cm, Startkvalitet 1 för gran och 3 för tall, Startkvalitet 5 vid flerträdshantering. I studien testades också automatisk friskkvistaptering på tall för de maskiner som stödjer den funktionen. Vid friskkvistaptering användes konstant "a" satt till 0,72 (se Bilaga 3). Funktionen aktiverades via spi-filen. Spi-filen innehöll även stamkoder för att kunna registrera speciella egenskaper för enskilda träd som högstubbe.

Produktinstruktioner (pin-filer)

I produktinstruktionerna definieras varje produkts (sortiments) tillåtna dimensioner (längd, diameter), tillåtna kvaliteter, priser, ev. begränsningar, restriktioner (stocktyper, förbjudna dimensioner), fördelningsönskemål, etc.

I värdeapteringstestet ingick följande produkter:

- För gran: normaltimmer (klass 1–2) med två prioriterade längder, en förbjuden längd, kubb-sortiment, barr- och granmassasortiment och bränsleved (se exempel i Bilaga 8). Timmerlistorna styrde mot varannan timmerlängd.
- För tall: normaltimmer (klass 1–4) alla med fyra prioriterade längder, en förbjuden längd och massavedssortiment. För klass 1 var endast rotstock tillåten.
- För löv fanns tre trädslag där endast massaved apterades: Björk, Asp och Övrigt löv.
- För massaved användes manuellt frikap och mindiametersök (TopLogFreeBuck). För massaved användes också fördelningsaptering och samma pris för alla massavedslängder.
- Alla system använde kapfönstret 2–3 cm för timmerprodukterna, vilket angavs i pin-filerna.

I samband med testet av styrning (aptering) testades även registrering av produktionsdata i samband med flerträds- hantering, fällning och flerträdsfällning.



Några olika typer av inställningar vad gäller oin- och pin-filer testades även enligt följande:

- 1) Allmän test StanForD 2010 styrning
 - a. Start av nytt objekt med komplett envelope-fil (env) inkluderande spi, pin och oin-filer. Ca 100-120 stammar avverkades och produktionsdata (hpr) skapades (inklusive diametervektor). Av dessa stammar användes 40 för värdeapteringstest.
 - b. En modifierad produktinstruktion (pin) skickades till skördaren under pågående avverkning med SenderXC (SDCs kommunikationsprogramvara) för test av automatisk uppdatering av pin-filen under pågående objekt. Produktionsdata (hpr) skapades och rapporterades med SenderXC.
- 2) Test av nya objekt (oin)
 - a. Ett nytt objekt med nytt trädslag och ny produkt skapades med separata filer för respektive instruktionstyp (oin, pin och spi). Filerna skickades till skördaren med SenderXC. Objektet startades främst med filer från skördarens databas. Dessutom skapades ett nytt delobjekt av föraren. För det nya delobjektet testades registrering med flerträdsupparbetade och fällda stammar. Under detta moment testades även möjligheten att registrera så kallade stamkoder. Produktionsdata (hpr) skapades och rapporterades med SenderXC.
- 3) Produktionskörning
 - a. Ett nytt objekt med modifierade produkter skapades med hjälp av instruktionsfiler (oin och pin). Produktionsdata (hpr) genererades automatiskt en gång per timme och skickades in automatiskt till SDC med SenderXC.
 - b. Under produktionskörningen testades maskinernas kvalitetssäkringsfunktioner genom utslumpning av kontrollstammar för längd- och diamettermätning. Både mätta och avvisade slumpstammar skickades till SDC som hqc-filer. Dessutom testades möjligheterna med den nya funktionaliteten användardefinierade data” (udi).

DATAINSAMLING VÄRDEAPTERING

30 medelstora granar och 10 tallar valdes ut. Vid avverkningen angavs kvalitetsgränser på granstammarna i samband med att kvistknivarna passerade kvalitetsgränsen enligt följande:

Gran

För 12-14 träd användes kvalitet 1 för hela stammen, för 12-14 träd angavs två olika kvaliteter (kvalitet 1 och 2) och för ett träd gjordes en manuell korrigering av kvaliteten. Två stammar apterades med en massavedbit i rot, varav en stam med hjälp av en massavedsknapp och en stam med hjälp av att kvalitet 6 eller 8 angavs för rot delen av stammen. För ett träd kortades en bit manuellt efter att maskinen hade matat ut optimal längd.

Tall

För de 10 tallarna som avverkades användes automatisk stocktyp- och friskkvistaptering.

Fem träd apterades med kvalitet 3 och 2, två träd med kvalitet 1 och 2, två träd med kvalitet 6, 3 och 2 och ett med kvalitet 4 och 2. Kvalitetsbytet till kvalitet 2 skedde automatiskt med friskkvistfunktionen. Startkvaliteten ändrades på vissa träd manuellt.

DATAINSAMLING FÖRDELNINGSAPTERING

I en andra etapp testades fördelningsaptering, varvid skördarna avverkade 200-300 granstammar motsvarande ca 500 granstockar som fördelningsapterades. I testet producerades endast en grantimmerprodukt. Maximal tillåten värdeavvikelse var 4 procent. Fördelningsönskemålet framgår av Bilaga 8. Alla maskiner använde näroptimalmetoden och fördelningen gjordes på stycketal per diameterklass (de metoder som StanForD 2010 stödjer). I samband med fördelningsapteringstesten slumpades stammar ut enligt principen för kvalitetssäkring av skördarnas längd- och diamettermätning.

UTVÄRDERING

I studien utvärderades hur de olika maskinerna gick att styra enligt StanForD 2010 version 3.0. Förutom test med nya typer av styrmeddelande utvärderades och jämfördes värdeapteringen i skördaren med värdeapteringen i Skogforsks simuleringsprogram Aptupp (apteringsgrad). Kvalitets- och tvångskapsgränser, som noterats av skördarföraren, definierades som sanna vid apteringsanalysen.

Vid analysen rensades stammar med grova toppbrott i timmerdelen bort, d.v.s. vid diametrar grövre än ca 140 mm. Detta gjordes då apteringsdatorn ej hade informationen om toppbrott.

Följande data togs fram efter analys och bearbetning av aptering:

- Tabeller med beskrivning av styrmöjligheter och funktioner.
- Apteringsgrad 1 baserat på skördarens stamprofiler inklusive stockarnas längd- och diametervärden (värde- och fördelningsaptering).
- Apteringsgrad 2 baserat på manuellt kontrollerade stamprofiler d.v.s. kontrollmätta längd- och diametervärden (värdeaptering).
- Kontroll av manuell kvalitets- och tvångskapsregistrering liksom automatisk registrering av friskkvistgränser i hpr-filer (test av apteringsdator).
- Fördelningsgrad och fördelningsgradens utveckling över tiden (fördelningsaptering).
- Längdutfall vid värdeaptering.
- Analys av massavedsaptering inklusive mindiameter-sök. Vidare studerades hur frikapsfunktionen, begränsningsmatriser och stocktypsaptering fungerade.

Apteringsgrad: Beräknades som värdet av apterade stockar enligt en prislista dividerat med värdet av den teoretiskt bästa stockkombinationen.

Fördelningsgrad: Beräknades som andel stockar som apterades i önskad längd- och diameterkombination i relation till önskad andel inom respektive längd- och diameterkombination.

Resultat och diskussion

ALLMÄNT

Generellt sett fungerade de nya instruktionerna väl. I tabell 5 och 6 presenteras en översikt där betoningen ligger på de viktigaste funktionerna. Samtliga instruktioner skapades med hjälp av Silvia7 (version 2016.3.0.1). Den mest påtagliga

bristen var att Ponsse inte kunde ta i bruk uppdaterade eller modifierade pin-filer under pågående avverkning. Dessutom bör alla tillverkare se till så att samtliga trädslagsinställningar läses in från spi-filen.

Tabell 5. Resultat från funktionstest av ett urval av styrningsinstruktioner enligt StanForD 2010. X indikerar att funktionaliteten fanns implementerad. - indikerar att funktionaliteten saknades. ? indikerar att funktionaliteten inte gått att fastställa.

	Dasa Forester H70	MaxiXplorer Komatsu	Opti 4G Ponsse	TimbermaticH John Deere
Starta nytt objekt med env-fil.	X	X	X	X
Läser (oin, pin, spi).	X	X	X	X
Kan uppdatera pin under pågående avverkning.	X	X	-	X
ModificationDate används vid uppdatering av pin för att ersätta aktuell fil.	X ³⁾	- ¹⁾	X ²⁾	X
Automatiskt meddelande på skärmen när nya pin-filer mottagits (Sender XC).	- ⁵⁾	X	- ⁴⁾	X
Manuellt GUI för att öppna pin-filer (Sener XC).	X	X	X	X
Starta ett objekt med endast oin. Återanvänder pin och spi från datorns databas.	X	X	X	X
Kan skapa nytt delobjekt under pågående produktion.	X	X	- ⁶⁾	X
Komplett spi-fil används av skördaren.	X ⁸⁾	X	X ⁷⁾	X ⁷⁾
Modifierad oin-fil kan hanteras av skördaren.	X	?	?	-
modificationRestricted implementerad.	X	X	-	-
ProductPresentationOrder implementerad.	X ⁹⁾	X	X	X

¹⁾ Föraren får alltid frågan om uppdatering oavsett modificationDate.

²⁾ Måste vara nyare än i skördaren.

³⁾ Ställbart i skördaren.

⁴⁾ Uppdateras automatiskt när arbetet på nytt objekt påbörjas

⁵⁾ Våren 2017?

⁶⁾ Delobjekt stöds inte.

⁷⁾ Rotavsmalning (ButtEndExtrapolition) måste aktiveras i skördaren, hämtas ej från spi-filen.

⁸⁾ SoundKnot måste aktiveras i skördaren.

⁹⁾ Föraren kan även sortera produkter i alfabetisk ordning.

Tabell 6. Resultat från test av ett urval av apteringsfunktioner.

	Dasa Forester H70	MaxiXplorer Komatsu	Opti 4G Ponsse	TimbermaticH John Deere
Värdeaptering alla funktioner	Ja	Ja	Ja	Ja
Fördelningsaptering	Ja	Ja	Ja	Ja
Friskkvistaptering	Ja ¹⁾	Ja	Ja	Ja
Rotavsmalningsfunktion	Ja	Ja	Ja ⁴⁾	Ja ⁴⁾
Top log free buck (frikap på topp, inkl. min-dia-sök)	Nja ²⁾	Ja	Nja ²⁾	Nja ²⁾
Manual free buck (frikap på övriga bitar)	Ja	Ja	Ja ³⁾	Ja
Skogforsks barkfunktioner	Ja	Ja	Ja	Ja
Svensk default för trädslag	Ja	Ja	Ja	Ja
Begränsningsmatris korrekt implementerad? (avser begränsningen total volym/produkt)	Ja	Ja	Nej	Ja
Registrering av grotanpassning	Ja	Ja	Ja	Ja

¹⁾ Friskkvistaptering lästes inte in från spi-filen utan bygger på separat maskininställning.

²⁾ Funktionen fungerar ej enligt specifikation.

³⁾ Samma funktion som frikap topp.

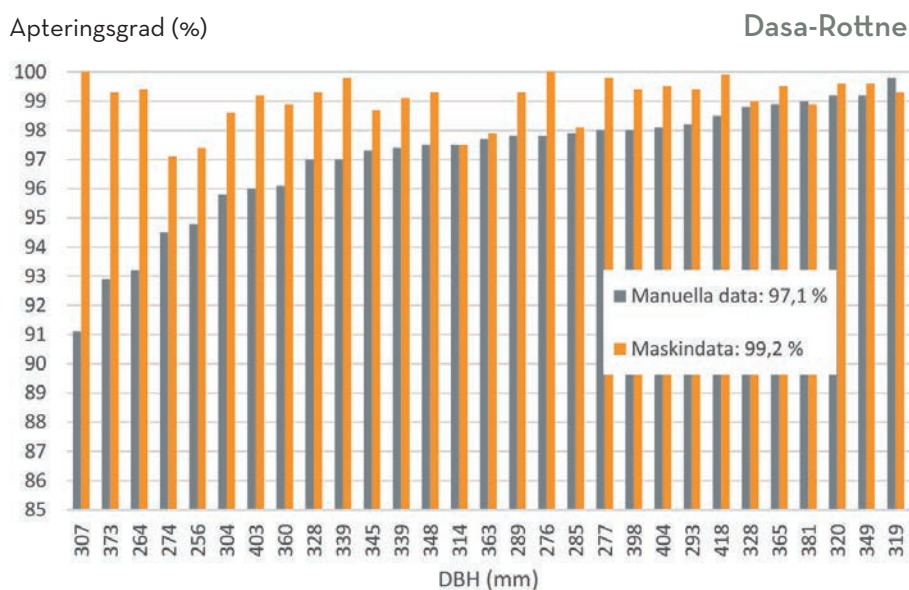
⁴⁾ Rotavsmalningsfunktionen lästes inte in från spi-filen utan bygger på separat maskininställning.

VÄRDEAPTERING

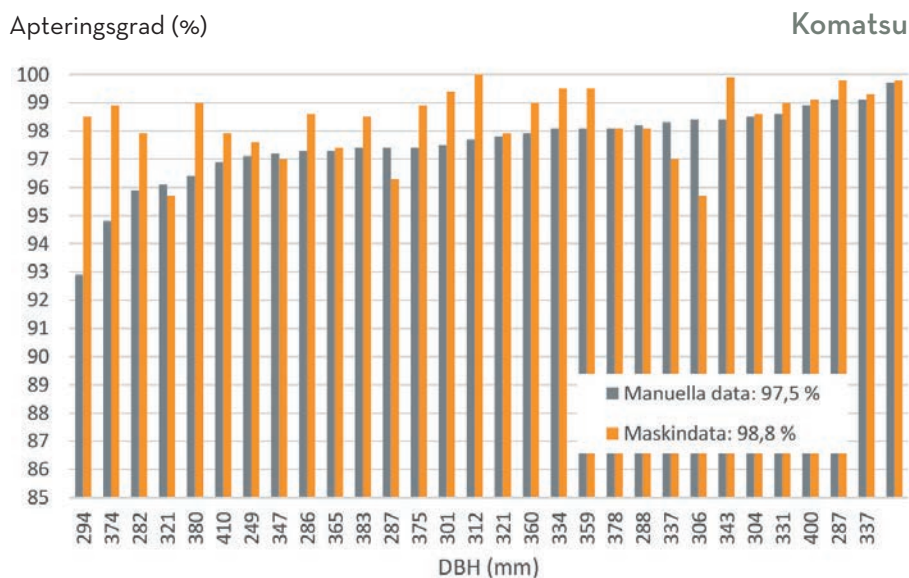
I Figur 8 a-d redovisas apteringsgraden per träd och maskin sorterat i stigande ordning avseende apteringsgrad beräknad med manuellt kontrollerade diameter- och längddata. Apteringsgraden redovisas både för faktiskt utfall, med manuellt kontrollerade data, och apteringsgraden beräknad på maskinernas insamlade längd- och diameterdata. Resultatet visar att apteringsgraden, vid användning av maskinens diameter- och längdvärden, varierade mellan 98,2 och 99,2 procent, i snitt 98,8 procent. Resultatet är 0,3 procentenheter högre än 2006. För individuella träd varierade apteringsgraden mellan 96 och 100 procent.

Apteringsgraden baserad på kontrollerade längd- och diametermått varierade mellan 96,8 och 97,8 procent, i snitt 97,3 procent. Det är 0,7 procentenheter högre än 2006. För enskilda träd varierade apteringsgraden mellan 91 och 99,5 procent. Apteringsgraden är lägre jämfört med maskinens mått, främst då vissa längd- och diametermått har blivit för korta eller klena. Totalt beror apteringsgrader för enskilda träd under 95 procent på att för låg diameter eller för korta stockar har sänkt värdet rejält. Lägsta värde för timmer har varit 300 kr per m³to, även om stocken blivit för klen.

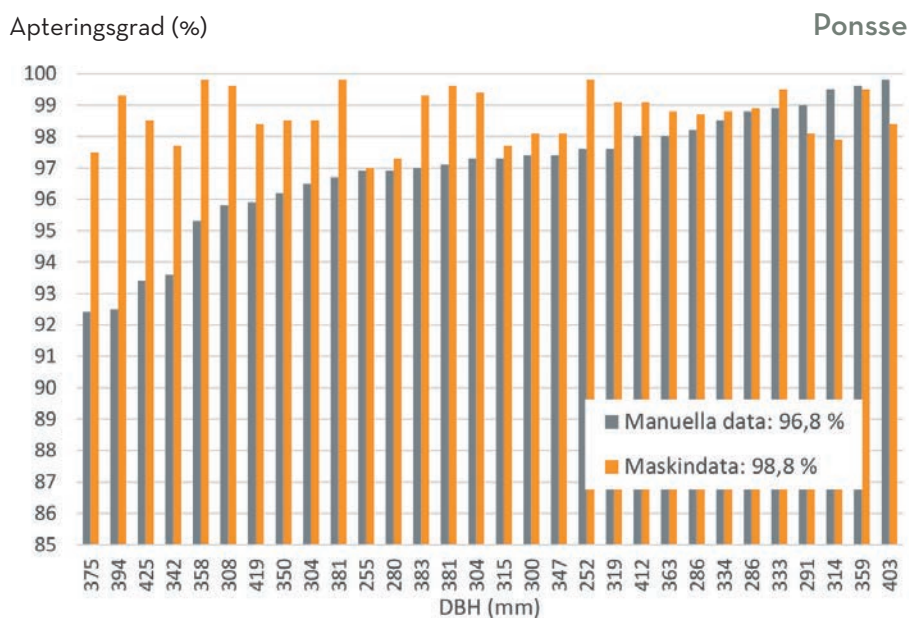
Figur 8a. Apteringsgrad för gran, Dasa Forester-Rottne. Redovisning i stigande ordning efter uppföljning baserat på ordinarie apteringsuppföljning av värdet baserat på manuella mått (grå staplar) respektive maskinens mätvärden (gula staplar). I figuren anges även aritmetiska medelvärden.



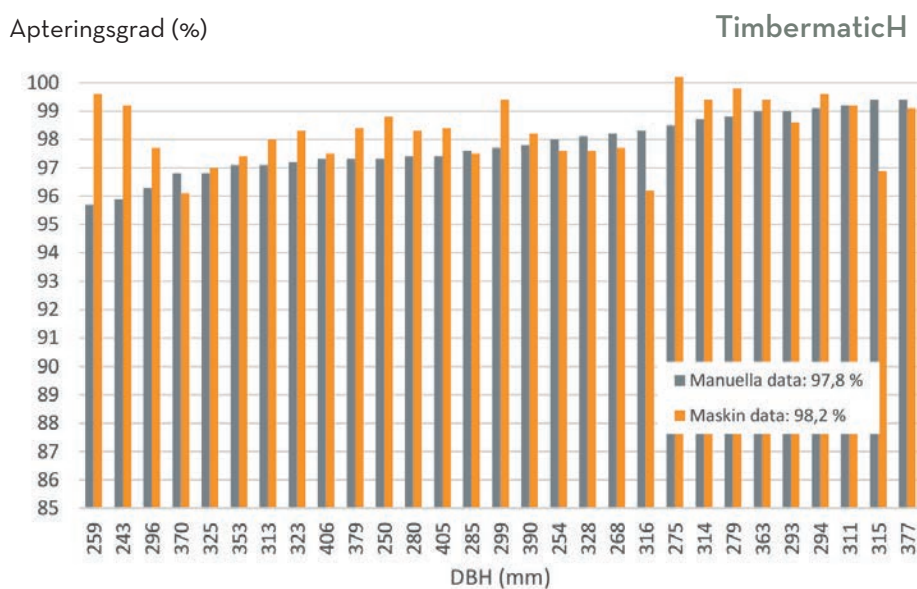
Figur 8b. Apteringsgrad för gran, MaxiXplorer-Komatsu. Redovisning i stigande ordning efter uppföljning baserat på ordinarie apteringsuppföljning av värdet baserat på manuella mått (grå staplar) respektive maskinens mätvärden (gula staplar). I figuren anges även aritmetiska medelvärden.



Figur 8c. Apteringsgrad för gran, Ponsse Opti 4G. Redovisning i stigande ordning efter uppföljning baserat på ordinarie apteringsuppföljning av värdet baserat på manuella mått (grå staplar) respektive maskinens mätvärden (gula staplar). I figuren anges även aritmetiska medelvärden.



Figur 8d. Apteringsgrad för gran, TimbermaticH John Deere. Redovisning i stigande ordning efter uppföljning baserat på ordinarie apteringsuppföljning av värdet baserat på manuella mått (grå staplar) respektive maskinens mätvärden (gula staplar). I figuren anges även aritmetiska medelvärden.



TimbermaticH hade högst apteringsgrad baserat på manuell kontroll, trots att man låg lägst på maskinens mått. Detta beror på att de inte hade någon längd eller diameter som var för klen eller för kort. I flera fall stannade man lite före minsta diameter vid aptering, detta innebär samtidigt att de aldrig gjorde för klena stockar i toppen. TimbermaticH hade därför lägst apteringsgrad på maskinens mått.

Ponsse hade lägst apteringsgrad vid manuell kontroll. Det beror på att systemet i 11 fall gjorde någon centimeter för korta stockar jämfört med prislistan. Även Komatsu och Rottne/Dasa hade i några fall någon centimeter för kort stock eller för klen timmerdiameter på sista stocken, vilket sänkt stockens värde rejält. Komatsu hade en stam som fått lågt värde, 95 procent, på grund av att Aptan och maskinens system avrundade barktjockleken olika; 11,46 mm till 11 mm (Aptan) respektive 12 mm (Komatsus system). Utan denna skillnad i avrundning hade apteringsgraden blivit 100 procent för denna stam. Detta exempel visar vilken stor effekt andra decimalen kan ha på värdet.

Beräkningsmässigt fungerar datorerna väl. Endast några enstaka stockar bedöms kunna ha apterats bättre, däremot påverkas resultatet av varierande prognoser, stamhack och dimensionsmätning. Allra bäst lyckades Rottne/Dasa med prognosen och därigenom hamnade deras apteringsgrad baserat på skördarens dimensionsmått på hela 99,2 procent. Apteringsgraden sjönk dock flera tiondelar när hänsyn togs till mätnoggrannheten genom uppföljning av apteringsgraden baserat på manuellt kontrollmätta längd- och diametermått. För ca 40 procent av stammarna registrerades en kvalitetsgräns manuellt under matning, vilket gör det svårt att nå högsta teoretiska värde, särskilt om det sker på andra eller tredje stocken.

Jämfört med 2006 års test (Möller m.fl. 2008) har apteringsgraden stigit med 0,3 procentenheter vid beräkning baserat på maskinens längd- och diametervärden. Om

apteringsgraden istället beräknas baserat på manuella mått (för att ta hänsyn till felet i aggregatets dimensionsmätning) blir apteringsgraden hela 0,7 procentenheter högre jämfört med 2006, vilket motsvarar en ökad intäkt på ca 4 kr/m³fub. Denna skillnad indikerar att mätningen av längd och diameter har blivit bättre sedan 2006, vilket också bekräftas vid jämförelse av resultaten för dimensionsmätningen. Det blir också tydligt att brister i mätningen kostar i apteringsgrad. I exemplen ovan kostar den sämre längdmätningen på rotstockar flera tiondelar i lägre apteringsgrad.

AUTOMATISK APTERING TALL

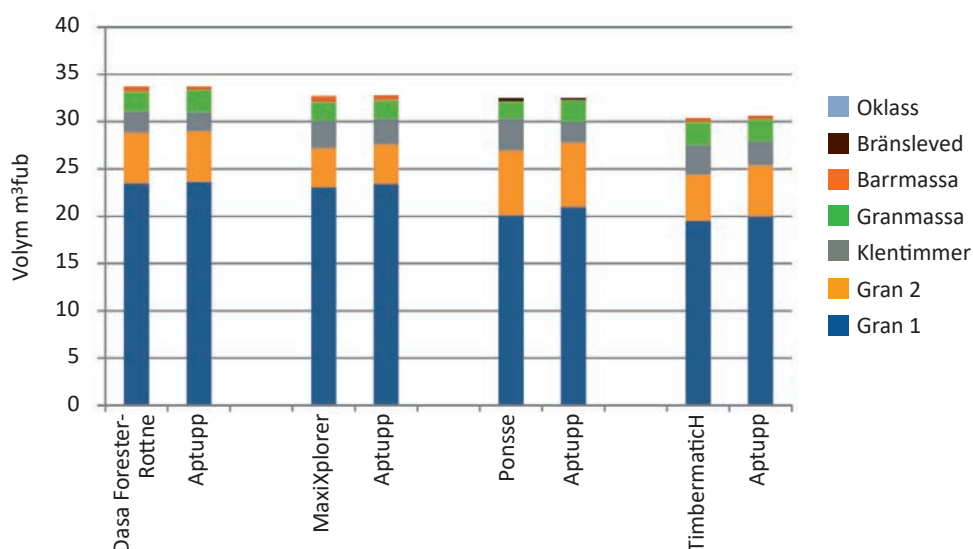
Automatisk stocktypsaptering fungerade på alla maskiner. I testen förbjöds rotstock i vissa produkter och i andra produkter tilläts endast rotstock.

Friskkvistfunktionen innebär att maskinen beräknar en maximal friskkvistcylinderdiameter. Alla stockar som har en toppdiameter som är klenare än denna ger friskkvistkvalitet medan stockar med grövre toppdiameter får den i programmet angivna startkvaliteten eller aktuell kvalitet. Vid manuell registrering av kvalitet blir den manuellt definierade kvaliteten överordnad den automatiska kvaliteten.

Beräkningslogiken fungerade korrekt i alla datorerna. Dock hade maskinerna lite olika logik gällande vilka kvaliteter som tilläts ändras med friskkvistgenerering, här bör regler följas enligt beslut inom StanForD (StanForD-protokoll 2012-11-14).

PRODUKTFÖRDELNING

Figur 9 visar skillnaden i produktutfall vid testen och simulering i Aptupp baserat på de 30 värdeapterade stammarna som kontrollmättes manuellt. Resultaten visar inte på några större skillnader. De skillnader som finns berodde främst på små prisskillnader mellan olika produkter och förmågan hos prognosen att träffa min-diametern för timmer.



Figur 9. Utfall per produkt ifrån aptering med maskinerna och simulering med Aptupp på samma stammar baserade på kontrollerade mått.

LÄNGDUTFALL VID VÄRDEAPTERING

I Figur 10 a-d redovisas längdutfallet vid värdeaptering för normaltimmer och kubb. I figuren redovisas även optimalt längdutfall enligt Aptupp. Motsvarande summerade värden per maskinsystem återfinns i tabell 7. Resultaten visar att maskinernas resultat och Aptupp överensstämmer i hög

grad. De skillnader som föreligger är små och beror främst på mindre olikheter i de olika apteringssystemns logik och prognosmodeller.

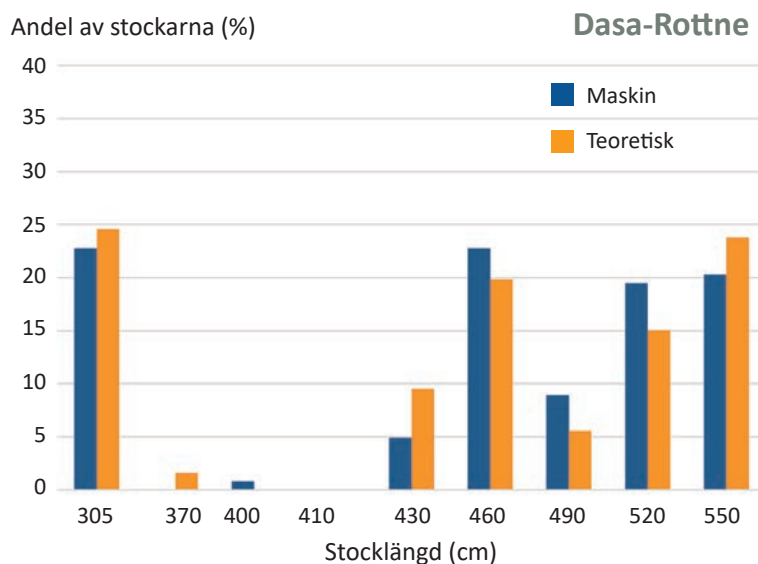
En tendens fanns att John Deere gjorde kortare längder medan Rottne/Dasa och Komatsu gjorde lite längre längder.

Tabell 7. Resultat från test av värdeaptering gran. Längdutfall för gran klass 1-2 och kubb. Redovisning av fördelningsgrad för maskinens aptering och simulering av fördelningsaptering i Aptan.

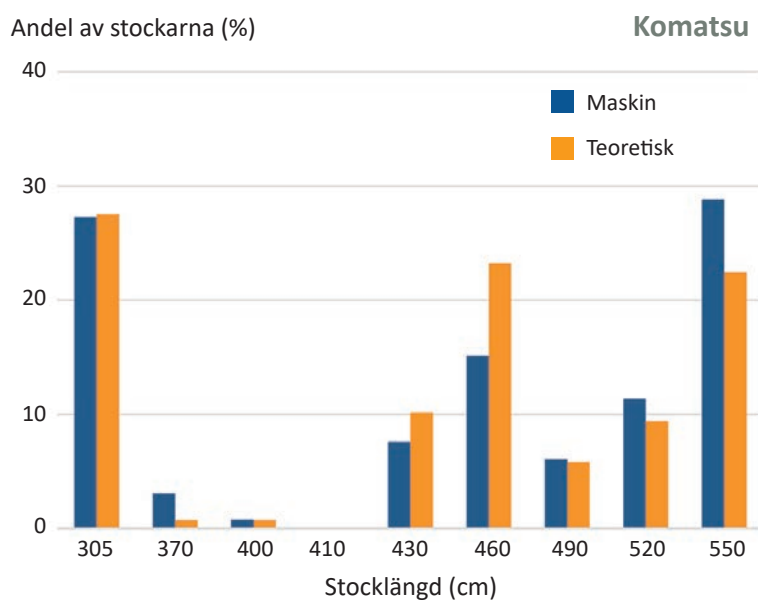
	Avverkade stockar	Medel Längd maskin	Medel Längd simulering	Andel långa stockar 490 cm + maskin	Andel långa stockar 490 cm + simulering
System	(st)	(cm)	(cm)	(%)	(%)
Dasa Forester H70*	123	456	450	49	44
Maxi Xplorer	132	448	441	46	37
Ponsse Opti	133	437	446	40	43
TimbermaticH	135	431	441	30	42
Medel	131	443	445	41	42

*Ej önskade längder var förbjudna i testet.

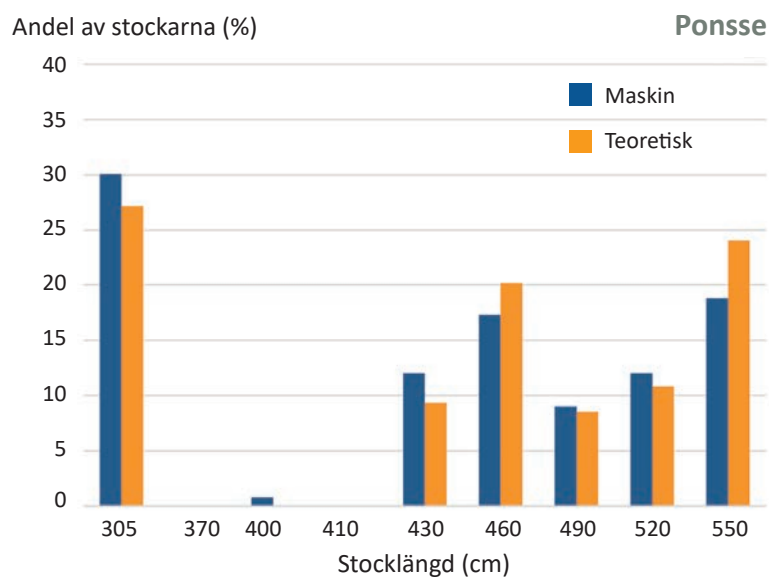
Figur 10a. Längdfördelning Rottne/Dasa vid värdeaptering av gran, blå stapel är maskinens utfall och orange stapel är Aptupps simulerade utfall.



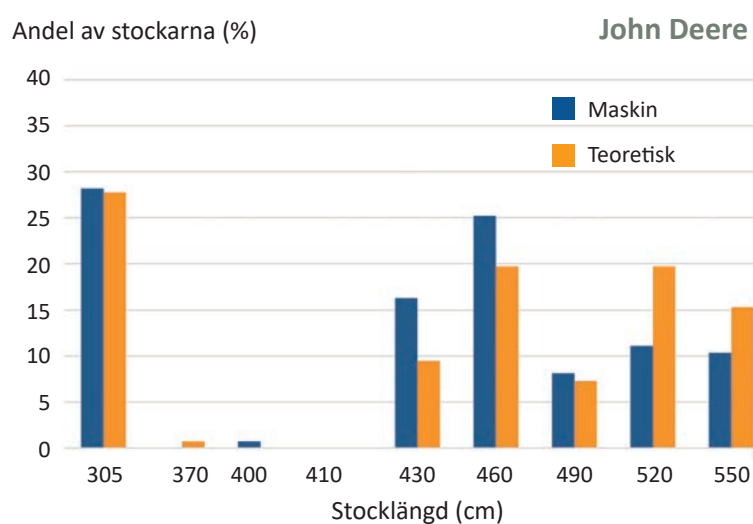
Figur 10b. Längdfördelning Komatsu vid värdeaptering av gran, blå stapel är maskinens utfall och orange stapel är Aptupps simulerade utfall.



Figur 10c. Längdfördelning Ponsse vid värdeap-
tering av gran, blå stapel är maskinens utfall
och orange stapel är Aptupps simulerade utfall.



Figur 10d. Längdfördelning John Deere vid
värdeapting av gran, blå stapel är maskinens
utfall och orange stapel är aptupps simulerade
utfall.



FÖRDELNINGSAPTERING

Fördelningsgraden hamnade mellan 92 och 96 procent efter ca 550 avverkade stockar, Ponsse så högt som 96,4 procent. Att fördelningsgraden blev så hög beror sannolikt på långa stammar med många kapmöjligheter i kombination med låg frekvens manuella kap.

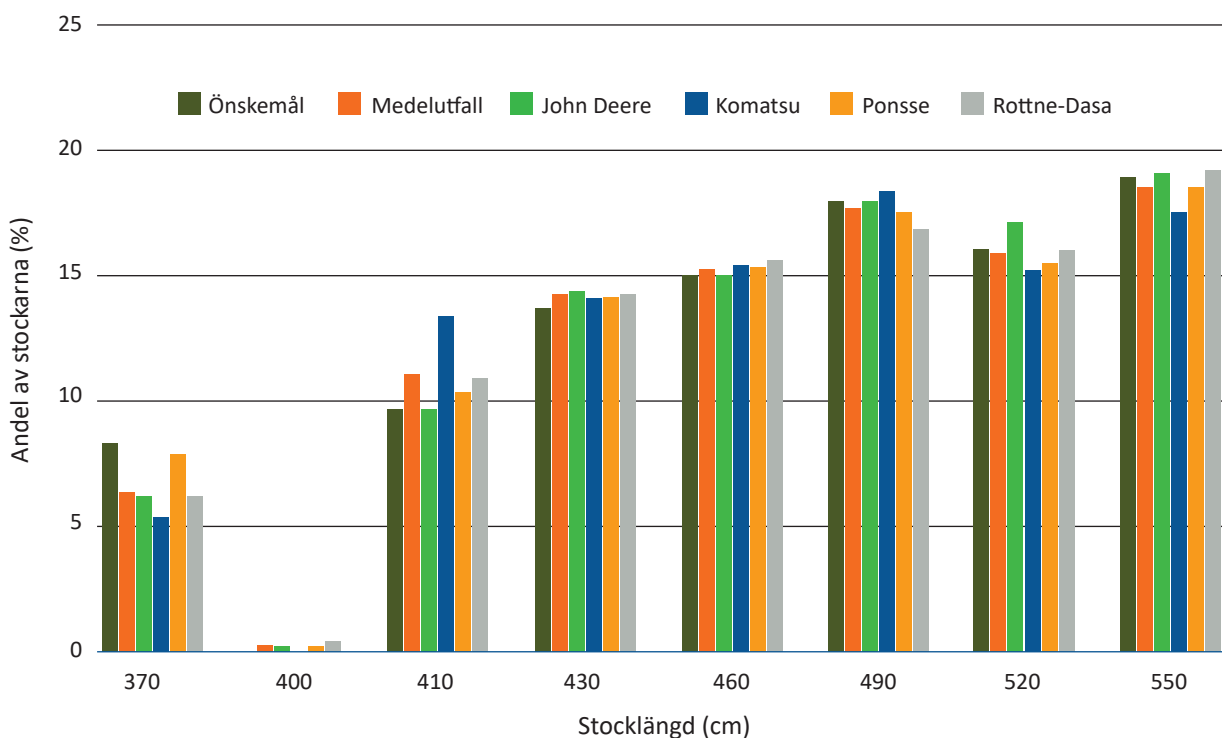
Simuleringen gav i snitt någon procentenhet lägre fördelningsgrad jämfört med maskinerna, se tabell 8.

Alla system följde Skogforsk specifikation (Möller m.fl. 2013) vad gäller beräkning av max tillåten avvikelse och val av stock för aptering med hänsyn till brist kontra överskott. I figur 11 nedan visas längdutfallet per maskin vid fördelningsapting. Resultatet visar att alla maskiner fungerade bra.

Tabell 8. Resultat från test av fördelningsapting gran. Bitvägd fördelningsgrad för klass 1-2, redovisning av fördelningsgrad för maskinens aptering och simulering av fördelningsapting i Aptan.

	Avverkade stockar	Medel stam	Manuella kap timmer	Timmerandel	Timmerandel simulerat	Bitvägd – fördelningsgrad	
System	(st)	(m ³ fub)	(%)	(%)	(%)	Maskin (%)	Simulering Aptan (%)
Dasa Forester H70*	502	0,85	6	74	75	91,9	93,6
Maxi Explorer	594	0,75	2	80	82	93,5	93,7
Ponsse opti	520	1,05	3	73	76	96,4	93,4
TimbermaticH	580	1,08	2	82	82	94,6	92,7
Medel	549	0,93	3,2	77	79	94,1	93,4

*Ej önskade längder var förbjudna i testet.



Figur 11. Längdutfall vid fördelningsapting. I figuren visas samtliga fyra maskiners längdutfall inklusive önskemål om längder baserat på den avverkade skogen och andel av stockarna inom olika diameterklasser.

Vid fördelningsapting kan man se hur väl längdönskemålen speglas i utfallen. En fördelningsgrad på i snitt 94 procent är historiskt väldigt högt. En orsak är att andelen manuella kap var låg, i snitt 3 procent i studien. De manuella

kapens betydelse för utfallet är något som skogsbruket fått insikt om de senaste åren och aktivt arbetar med. Detta har också i praktiken lett till högre apteringsgrad och betydligt bättre längdstyrning i samband med avverkning.

UTFALL MASSAVED

I studien testades att styra massavedsapteringen med fördelningsaptering och med mindiametersök (TopLogFreeBuck). För massaved var TopLogFreeBuck och FreeBuck aktiverade. Enligt våra intentioner ska, om mindiametersök är aktiverat, sista stocken dras ut till klenast tillåtna diameter inom tillåten max-min-längd för av apteringsdatorn valt sortiment. För den sista stocken bortses det då ifrån om olika längder har olika pris eller om det finns ett fördelningsönskemål för klassen.

I tabell 9 nedan framgår att i princip alla system tolkade mindiametersök på toppstocken olika. Hur de olika logikerna påverkar massavedsapteringen visas i figur 12.

Längder styrdes mot 450 cm med fördelningsönskemål om 50 procent av stockarna. Utfallen medellängd har som mest varit 17 cm under 450 cm. Alla system utom Rottne/Dasa hade en viss ansamling av stockar i 450 cm.

Tabell 9. Beskrivning av hur elementet "TopLogFreeBuck" tolkades under testet.

	Dasa Forester H70	Maxi Xplorer	Ponsse Opti	TimbermaticH
Mindiasök prioriteras före längdklasser i pin-filens massavedsmatris.	Ej ok	Ok	Ej ok	Ej ok
Mindiasök prioriteras före pris.	Ok	Ok	Ej ok	Ej ok
Mindiasök prioriteras före fördelningsönskemål.	Ok	Ok	Ej ok	Ej ok
"Forbidden to buck" är ej tillåten.	Ok	Ok	Ej ok	Ej ok
"Only allowed to cut manually" är ej tillåten för automatiskt kap.	Ej ok	Ok	Ej ok	Ej ok
Stock är klassad som massaved om den är inom tillåtna dimensioner, även utanför kapfönser.	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabell 10. Resultat av fördelningsaptering av granmassaved för stockar med toppdiameter mellan 90 och 150 mm.

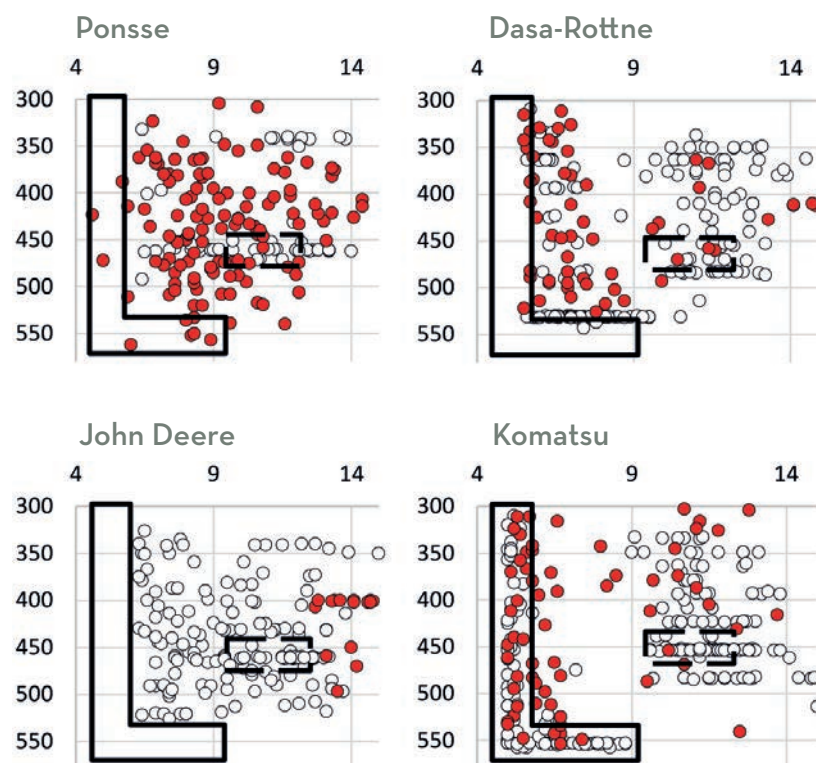
	Dasa Forester H70	Maxi Xplorer	Ponsse Opti	TimbermaticH	Önskemål 90-140 mm
Medellängd (cm)	443	448	436	433	
Andel manuellkap, %	32	22	72	0 ¹⁾	
Fördelningsgrad, %	61,4	75,7	75	78,3	
Medeltopp-diameter sista stock (mm)	72	64	84	109 ²⁾	
Andel 290	0	3,9	2	0	0
Andel 330	11,1	10,5	12,7	7,6	0
Andel 360	22,2	9,9	6,9	6,7	0
Andel 390	14,1	9,9	11,8	17,1	0
Andel 420	9,1	11,8	16,7	15,2	20
Andel 450	19,2	40,8	34,3	35,2	50
Andel 480	16,2	11,8	10,8	13,3	20
Andel 510	8,1	1,3	4,9	4,8	10

¹⁾ John Deeres registrering av manuella kap fungerar endast i timmerdimensioner. För klenare dimensioner saknas funktionalitet.

²⁾ Sista stocken kapades inte vid toppbrott, vilket innebar att stocken inte registrerades.

Med fullgod StanForD-funktionalitet ska styrsystem inte beakta mindiasök förrän vid sista kapet. Då sista kapet är aktuellt ska därför minsta tillåtna toppdiameter eller maximal längd väljas, jämför de med heldragna linjer markerade områdena i figur 12. Före sista kapet ska stocklängd om möjligt väljas utifrån fördelningsönskemål, med studiens valda styrinställningar med tyngdpunkt vid 450 cm, jämför de med streckade linjer markerade områdena i figur 12. Utfallet från testet med Ponsse var inte tillfredställande, det fanns en viss ansamling vid 450 cm, se figur 12, men ingen ansamling vid mindiameter eller maxlängd vid sista kapet. Resultatens säkerhet undermineras av en hög andel manuella kap. Utfallet från Rottne/Dasa var påtagligt bättre, framförallt med viss ansamling vid mindiameter och längre längder, dock

utnyttjades inte möjligheten att kapa maxlängd, styrsystemet valde istället längsta modullängd. Utfallet från John Deere är svårtolkat då registreringen av manuella och automatiska kap inte verkade fungera – alla kap är registrerade som automatkap, vilket är felaktigt. Oavsett registrering av kapen noteras ingen ansamling vid mindia eller maxlängd för sista stockarna. John Deere hade också en grov toppdiameter som troligtvis beror på att sista massaveden inte kapades i de fall då toppen var av. I dessa fall saknas sista toppbiten i hpr-filen och registrerad toppdiameter blir grov. Utfallet från Komatsu visar både på ansamling vid 450 cm för tidigare kap och ansamling vid mindia och maxlängd. Utfallet är som förväntat för ett system med fullgod funktionalitet.



Figur 12. Fördelning av massavedsstockars dimensioner. Diameter i cm på x-axeln och längd i cm på y-axeln. Vita prickar symboliserar automatiskt kapade stockar och röda symboliserar manuellt kapade stockar. Med funktionalitet enligt StanForD 2010-besluten ska sista massavedsstocken hamna i den L-formade boxen om stocken saknar defekter. Med studiens fördelningsönskemål ska en betydande andel av de näst sista stockarna hamna i den streckade rektangeln, där fördelningsönskemålet var 50 procent av stockarna.

Systemtillverkarnas funktionalitet i relation till StanForD 2010:s definition varierade mycket. Ponsses och John Deeres styrsystem saknade viktig funktionalitet för styrning av massaved medan Rottne/Dasa fungerade bättre. Komatsu stack ut med fullgod funktionalitet enligt StanForD 2010:s samtliga krav för massavedsaptering. Med fullgod funktionalitet ska mindiasök leta efter minsta tillåtna toppdiameter vid sista kapet, vilket i en granskog med förhållandevis låg andel skador ska generera många stockar kapade nära minsta tillåtna toppdiameter och maximalt tillåten längd (figur 12, Komatsu). Generellt ska näst sista massavedsstockens längd väljas utifrån fördelningsönskemål, medan den sista anpassas mot minsta tillåtna toppdiameter eller maximala längd.

Det kan konstateras att utvecklingsarbete återstår för samtliga tillverkare utom Komatsu, avseende funktionalitet i relation till StanForD 2010. Vid undersökning av systemens funktionalitet är det viktigt att systemen tillåts styra apteringen och att föraren tar så få manuella beslut som möjligt. Därför är det viktigt med låg andel manuella kap, där tolkningen försvåras för Ponsse, som hade anmärkningsvärt hög andel manuella kap, och John Deere, med felaktiga registreringar. Generellt rekommenderas strävan efter hög andel automatkap även i normal drift, för att erhålla önskat utfall och för att maskinföraren ska kunna fokusera på andra uppgifter som styrsystemet inte kan hantera. Yttre defekter, som toppbrott, krök och stora kvistar, kräver förarens övervakning och kan motivera manuella ingrepp i styrningen av massavedsapteringen.



Delstudie 3:

ÖVRIGA CENTRALA FUNKTIONER I STANFORD 2010

Syfte

Syftet med delstudien var att utvärdera apteringsdatorernas hantering av ett antal centrala funktioner i StanForD 2010.

Mer specifikt utvärderades:

- Produktionsrapportering och kommunikation.
- Kvalitetssäkring av maskinernas mätning
- Driftsuppföljning

Eftersom hpr-filen är det enda formatet som används i Sverige vid produktionsrapportering enligt StanForD 2010 var uppföljningen inriktad på detta filformat.

Resultat och diskussion

PRODUKTIONSRAPPORTERING OCH KOMMUNIKATION

Generellt sett fungerade den nya produktionsfilen (hpr) mycket väl. I tabell 11 presenteras en översikt där betoningen ligger på de viktigaste funktionerna. Den enda större svagheten är att manuella kap inte registrerades fullt ut enligt förväntningarna för två av skördarna (Ponsse och John Deere).

Tabell 11. Beskrivning av produktionsdata i hpr -filer.

	Dasa Forester H70	Komatsu	Ponsse	John Deere
Produktion lagras i hpr.	Ja	Ja	Ja	Ja
hpr inkl. diametervektor (en diameter per 10 cm utmed stammen)	Ja	Ja	Ja	Ja ³⁾
hpr inkl. manuella kap (CuttingCategory)	Ja	Ja	Ja ²⁾	Ja ¹⁾
Tidsstämpel i hpr för avverkning av stam (HarvestDate).	Ja	Ja	Ja	Ja ⁴⁾
Flerträdsupparbetning (MTP) registreras i hpr.	Ja	Ja	Ja	Ja
Flerträdsfällning (MTF) registreras i hpr.	Ja	Ja	Ja	Ja
Enkelträdsfällning (STF) registreras i hpr.	Ja	Ja	Ja ⁸⁾	Ja
Flagga för bränsleanpassning (BioEnergyAdaption)	Ja	Ja	Ja	Ja
StemCodes (t.ex. högstubbe & kulturstubbe etc)	-	Ja	-	-
Koordinater, maskinposition	Ja	Ja ⁵⁾	Ja	Ja
Kranvinkel vid fällning	- ⁷⁾	Ja	Ja	- ⁶⁾
GPS-splitter	Ja	Ja	Ja	Ja
Både del- och totalrapportering av hpr är möjligt.	Ja	Ja	Ja	Ja
Produktionsrapport kan genereras automatisk från 1 ggr per timme	Ja	Ja	Ja	Ja
Sender XC test och mottagning.	Ja	Ja	Ja	Ja

¹⁾ Fungerade ej korrekt för massaveden.

²⁾ Funktionen "Minus optimization" tolkas fortfarande som ett automatiskt kap. Skall korrigeras enligt tillverkaren.

³⁾ Särskild hpr-fil som genereras separat på samma sätt som de historiska stm-filerna.

⁴⁾ Konfigurationsfil (xml) måste modifieras av tekniker.

⁵⁾ Även fällningskoordinaten

⁶⁾ Nästa mjukvarurelease (Stanford-version 3.2)

⁷⁾ Kommer möjligen med version 2.0

⁸⁾ Cirka 10 stammar förlorades i aktuell delstudie varför det är okänt om denna funktion fungerar korrekt

Samtliga rapporterade hpr-filer kunde läsas in och analyseras i SDCs system utan störningar.

Hantering och registrering av identiteter fungerade mycket väl. Den enda väsentliga avvikelser som noterades

var att SpeciesGroupInfo var felregistrerad i John Deere. Denna identitet används dock inte av t.ex. SDC i nuläget, men den är kritisk vid t.ex. gallringsuppföljning baserad på skördardata.

Tabell 12. Sammanställning av identiteter i de nya produktionsfilerna enligt StanForD2010

	Dasa Forest H70	Komatsu	Ponsse	John Deere
ContractNo	X	X	X	X
RealEstateIdObject	X	X	X	X
LoggingForm	X	X	-1)	X
ForestOwner	X	X	-2)	X
ProductInfo	X	X	X	X
ProductVersion	X	X	X	X
ProductDestination.BusinessID	X	X	X	X
ProductBuyer.BusinessID	X	X	X	X
SpeciesGroupInfo	X	X	X	-2)
Operator.BusinessID	X	X	X	
Operator.BusinessName	X	X	X	

1) Anges i skördaren och inte via oin-filen

2) Fel

Tabell 13. Detaljer angående registrering av flerträdshanterade stammar.

	Dasa Forest H70	Komatsu	Ponsse	John Deere
Flerträdsfälda volymer	Ja	Ja	Ja	Ja
Enkelträdsfälda volymer	Ja	Ja	Ja ¹⁾	Ja
Flerträdsupparbetade volymer (estimated)	Ja	Ja	Ja	Ja
Produkt registrerad per stock (flerträdsupparbetning)	Ja	Ja	Ja	Ja
Produkt per stock anges av föraren, t.ex. genom kvalitet eller sortimentsknapp.	Ja	Ja	Nej ¹⁾	Ja ²⁾
Längd och toppdiameter (pb och ub) per stock.	Ja	Ja (bara pb) ³⁾	Ja ⁷⁾	Ja
Manuellt kap registrerat i CuttingCategory	Ja	Ja	Ja ⁴⁾	Ja

1) Cirka 10 stammar förlorades i denna delstudie varför det är okänt om denna funktion fungerar korrekt

2) Oklassade (Unclassified) produkter registreras, om beräknad längd och toppdiameter ligger utanför någon normal produkt (outside any classified product).

3) Mittdiameter grövre än DBH, felaktig toppdiameter troligtvis bunt-diameter registrerad.

4) Enbart koden "Automatic" är registrerad.

Samtliga id-element av typen Key (MachineKey, OperatorKey, SpeciesGroupKey, ObjectKey, SubObjectKey, ProductKey, StemKey, LogKey) hade implementerats på ett korrekt sätt.

StemKey är alltid helt unik i enlighet med standarden. I två av maskintyperna (John Deere och Komatsu) var detta inte en löpande numrering, vilket måste beaktas av mottagare av data.

KVALITETSSÄKRING AV MASKINERNAS MÄTNING

Under testet av fördelningsapting aktiverades slumpning av kontrollstammar med frekvensen en kontrollstam per 50 avverkade stammar. Föraren förväntades sedan kontrollmäta minst tre slumpade stammar och avvisa minst två. Samtliga tillverkare förutom Ponsse hade implementerat hqc-filen (tabell 14). De delar som kräver kompletteringar är registrering av historiska slumpstamsinställningar och registrering av accepterade men ej mätta stammar.

Samtliga rapporterade hqc-filer kunde läsas in och analyseras i SDCs system (figur 13) utan störningar.

DRIFTSUPPFÖLJNING

Under testet av fördelningsapting aktiverades driftuppföljningen och en mom-fil genererades med automatik (tabell 15). Dessutom testades den nya möjligheten med "egen-definerade data" (udi), där uppdragsgivaren kan specificera ett frågeformulär som föraren vid givna tillfällen ska fylla i. Det ifyllda formuläret inkluderas sedan i produktions- och/eller driftfilerna.

Generellt sett kan konstateras att driftuppföljningen var implementerad fullt ut för Komatsu, Dasa och John Deere medan Ponsse saknade möjligheten att fullt ut generera alla typer av rapporter (per valfritt tidsintervall).

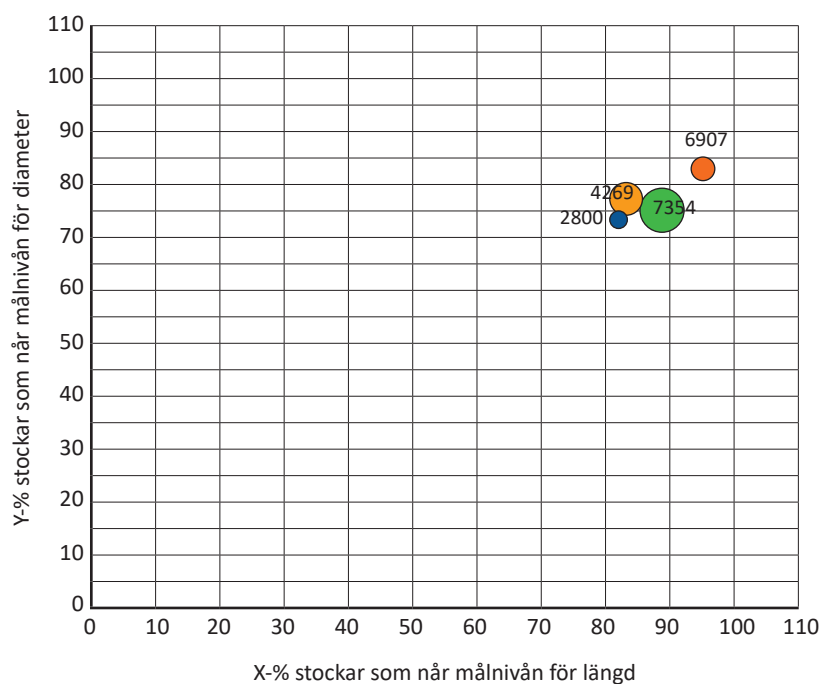
De förhållandevis nya filtyperna udi och ogi är idag enbart möjliga att använda i MaxiXplorer, dock kvarstår en del utveckling för att göra udi mer användarvänlig. Detta var förväntat, då det är okänt hur och i vilken omfattning dessa filtyper kommer att efterfrågas av maskinägare och uppdragsgivare.

Tabell 14. Översiktlig beskrivning av implementerad funktionalitet avseende kontroll och kalibrering.

	Rottne/Dasa	Komatsu	Ponsse	JohnDeere
Hqc implementerad	Ja	Ja	Nej	Ja
Slumpning baserad på frekvens (antal stammar).	Ja	Ja	Ja	Ja
Slumpning baserad på tid.	Ja	Ja	Ja	Ja
Slumpning baserad på volym.	Ja	Ja	Nej	Nej
Sista fem slumpstamsinställningar registreras per trädslag i hqc.	Ja	Ja ¹⁾	–	Ja ¹⁾
Avvisade stammar kan skickas i hqc till SDC.	Ja	Ja	–	Ja
Accepterade men ej mätta stammar (enbart M1-mätning) kan skickas i hqc till SDC.	Ja ²⁾	Ja ²⁾	–	–

¹⁾ Enbart senaste inställningen lagras i hqc-filen.

²⁾ Kräver att systemet är inställt på automatisk rapportering av hqc-filer till SDC eller annan tjänst för filöverföring.



Figur 13. Mätresultat enligt SDCs system "Kvalitetssäkrad skördare".

Tabell 15. Översiktlig beskrivning av implementerad funktionalitet avseende driftuppföljning.

	Rottne/Dasa	Komatsu	Ponsse	JohnDeere
Generering av mom-fil per objekt.	Ja	Ja	Ja	Ja
Generering av mom-fil per dag, vecka och månad.	Ja	Ja	-	Ja
Generering av mom-fil per skift.	Ja	Ja	-	Ja
Typ av tids-registrering. ³⁾	Individuella	Kombinerade	Individuella	Individuella
Udi (user-defined-data) implementerad.	-	Ja	-	-
- Udi trigger points	-	-	-	-
Ogi (traktdirektiv) implementerad.	-	Ja ¹⁾	- ²⁾	-

¹⁾ Hanterar ej ogipackad i env-fil.

²⁾ Delvis implementerad.

³⁾ Maskintider och korta avbrott kan antingen registreras var för sig (individuellt) eller som totala tider per förare och skift (kombinerade).

Delstudie 4:

KAPTID OCH KEDJEHASTIGHET

Syfte

Syftet med delstudien var att jämföra maskinsystemen med avseende på kaptid och att kontrollera att maskinerna var inställda så att kedjehastigheten inte överskred den maximalt tillåtna om 40 m/s.

Material och metod

Inför avverkning av de 30 granstammarna per maskinsystem mättes kaptiden för de olika maskinsystemen. För att eliminera inverkan av olika kedjemodeller på mätresultaten var samtliga maskinsystem under testerna utrustade med fabriksnya kedjor av modellen STIHL RMH. Innan mätningarna av kaptid inleddes kontrollerades att kedjehastigheten låg under det tillåtna maxvärdet 40 m/s.

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 pulsgivare som monterades på såglådan och anslöts med en flexkoppling monterad på kedjehjulets nav (figur 14). Pulsgivaren gav 100 pulser/varv. Data loggades på

en mät-PC via ett mätkort med samplingsfrekvensen 2000 Hz, för omvandling från frekvens till spänning användes en signalkonditionerare från DATAFORTH med modellbeteckning SCM5B45-08. Den höga samplingsfrekvensen medgav att varvtalet under kapförloppet kunde följas på en mycket detaljerad nivå. Omräkning från varvtal till kedjehastighet skedde enligt följande formel:

$$\text{Kedjehastighet(m/s)} = \text{sågmotorns varvtal (varv/minut)} \times \text{antalet kuggar på drivhjulet} \times \text{kedjedelningsfaktorn (0,00034)}.$$

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 4, (figur 15). Genom att på filmerna räkna antalet bildrutor från det att kedjan gick in i barken till dess att trissan var helt avskild från stocken kunde kaptiden mätas. I studien definierade vi kaptid som tiden från det att kedjan gick in i barken till dess att trissan var helt avskild från stocken. Vid filmningen användes en bildfrekvens på 240 bilder per sekund, tiden mellan två bildrutor var alltså 4,2 millisekunder.



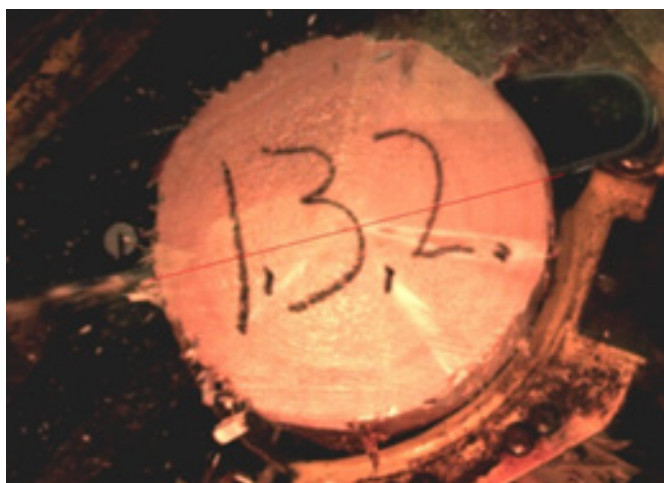
Figur 14. Pulsgivare ansluten till kedjehjulets nav för mätning av sågmotorns varvtal. Foto: Petrus Jönsson, Skogforsk.



Figur 15. GoPro kameran (inringad) uppställd för filmning av kapförloppet. Foto: Petrus Jönsson, Skogforsk.

Utifrån filmmaterialet från kameran gjordes också en ansats för att mäta tidsåtgången för den första respektive andra halvan av kapet. Detta gjordes genom att identifiera den bildruta då svärdet hade en position som motsvarade genomförd kapning av halva arean för den aktuella trissan. Som stöd för denna identifiering drogs en linje mellan sågtändernas nederkant på ömse sidor om trissan (figur 16). Kapet ansågs vara till hälften genomfört för den bildruta där linjen träffade trissans märg.

Vid mätningarna av kaptid kapades trissor från sju granstockar med diametrar inom intervallet 15 till 47 cm (figur 17, 18). Stockarna var utvalda för att representera ett



Figur 16. Bild som illustrerar metodiken som användes för att identifiera när halva kapet var genomfört. Foto: Björn Hannrup, Skogforsk.

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 14 kap per maskinsystem. Efter kapning bestämdes trissornas diameter med hjälp av korsklavning.

Efter 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, John Deere och Ponsse uteslöts kap från en trissa per maskinsystem medan två trissor uteslöts för Komatsu.



Figur 17. De sju stockar som användes för mätning av kaptid för maskinsystemen. Foto: Björn Hannrup, Skogforsk.



Figur 18. Trissor från de sju stockarna kapade av de fyra maskinsystemen. Foto: Björn Hannrup, Skogforsk.

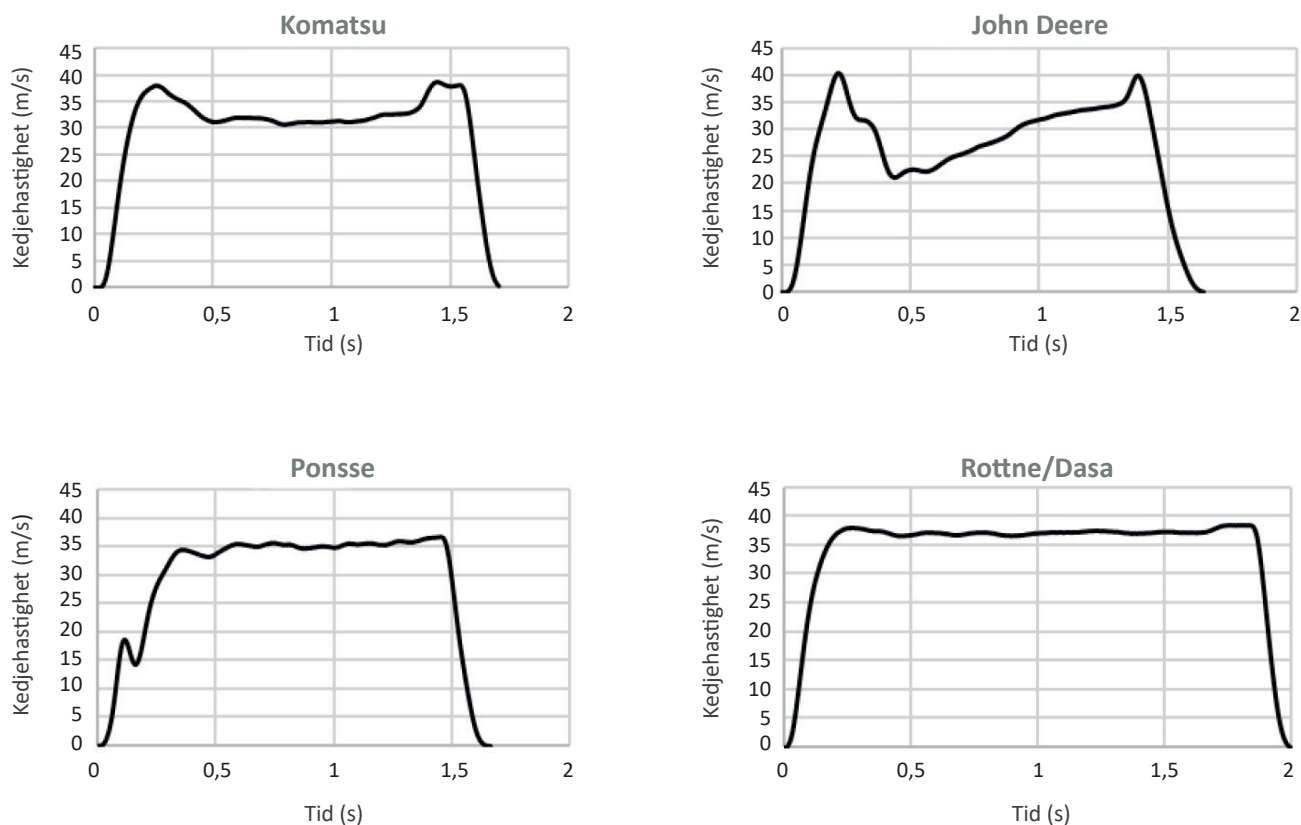
Resultat och diskussion

I figur 19 redovisas kedjehastigheten under kapförloppet för de fyra maskinsystemen. För samtliga maskinsystem låg kedjehastigheten under 40 m/s. För John Deere hade kedjehastigheten en initial topp följt av ett minvärde för att därefter successivt öka under återstående del av kapet. För övriga tre maskinsystem var kedjehastigheten påfallande stabil under hela kapet.

Maskinsystemen var utrustade med olika sågsystem (tabell 16). Både John Deere och Ponsse hade egenutvecklad elektronisk styrning av sågmotor och svärdsmatning. Komatsu och Rottne använde båda sågmotorn F11-iP från Parker Hannifin, som har en integrerad, hydraulisk styrning av sågmotor och svärdsmatning.

Tabell 16. Fabrikat och storlek på sågmotorn, styrning av sågmotor och svärdsmatning samt antal kuggar på drivhjulet för de utvärderade maskinsystemen.

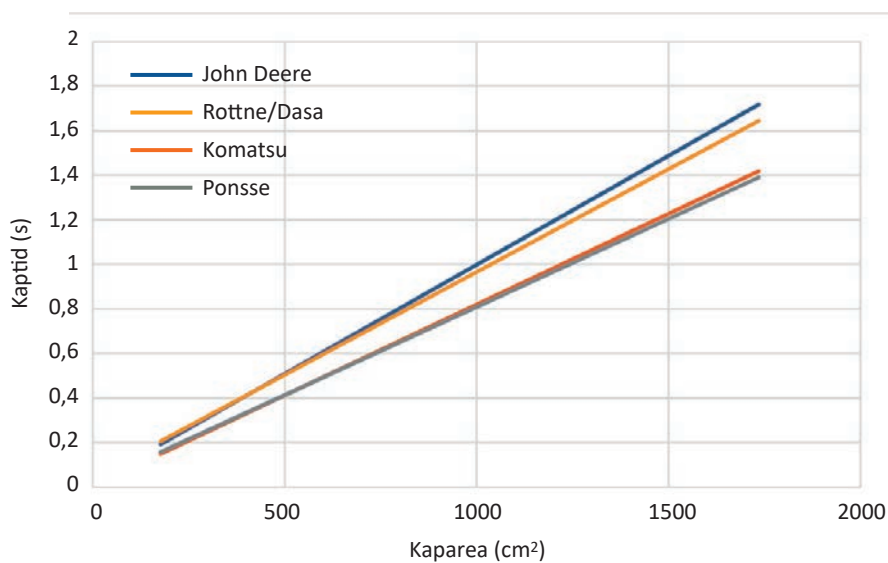
Maskin	Sågmotor	Storlek (cm ³)	Styrning	Kuggantal drivhjul
John Deere	Bucher	20	Elektronisk	12
Komatsu	Parker Hannifin F11-iP	19	Hydraulisk	14
Ponsse	Parker Hannifin	30	Elektronisk	16
Rottne/Dasa	Parker Hannifin F11-iP	19	Hydraulisk	12



Figur 19. Kedjehastighet under kapförloppet vid kapning i en grövre granstock för de fyra utvärderade maskinsystemen.

Regressionslinjerna för sambandet mellan kaparea och kaptid för hela kapet återges i figur 20 och tabell 17. De fyra maskinsystemen grupperade sig i två grupper. Kortast kaptid

hade Ponsse och Komatsu medan kaptiden var längst för John Deere och Rottne Dasa. Skillnaden mellan de två grupperna var betydande och uppgick till cirka 20 procent.



Figur 20. Sambandet mellan kaparea och kaptid för de utvärderade maskinsystemen.

Tabell 17. Ekvationer för regressionen av kaparea på kaptid samt modellens förklaringsgrad för de utvärderade maskinsystemen.

Maskin	Regressionsekvation ¹⁾	R ²)
John Deere	Kaptid = 0,0197 + 0,00098 x kaparea	0,992
Komatsu	Kaptid = 0,0054 + 0,00081 x kaparea	0,983
Ponsse	Kaptid = 0,0180 + 0,00079 x kaparea	0,999
Rottne Dasa	Kaptid = 0,0430 + 0,00092 x kaparea	0,995

2) Enheter för kaptid och kaparea är sekunder respektive cm².

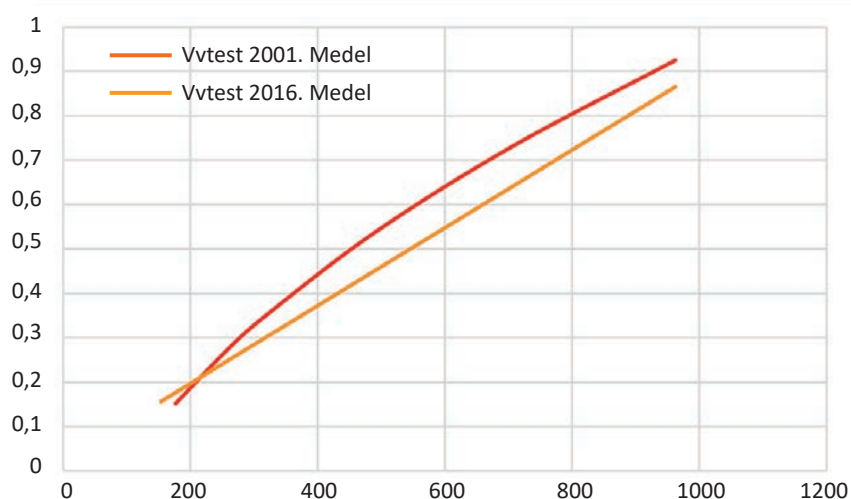
KAPTIDENS UTVECKLING ÖVER TID

I figur 21 redovisas den genomsnittliga kaptiden per kaparea för maskinsystemen som deltog i årets test samt för maskinsystemen som kapade i ofruset virke under virkesvärdestesten 2001. Resultaten indikerar att kaptiden minskat med i genomsnitt cirka 10 procent mellan 2001 och 2016. Vidare indikerar resultaten att maskinsystemet med kortast kaptid

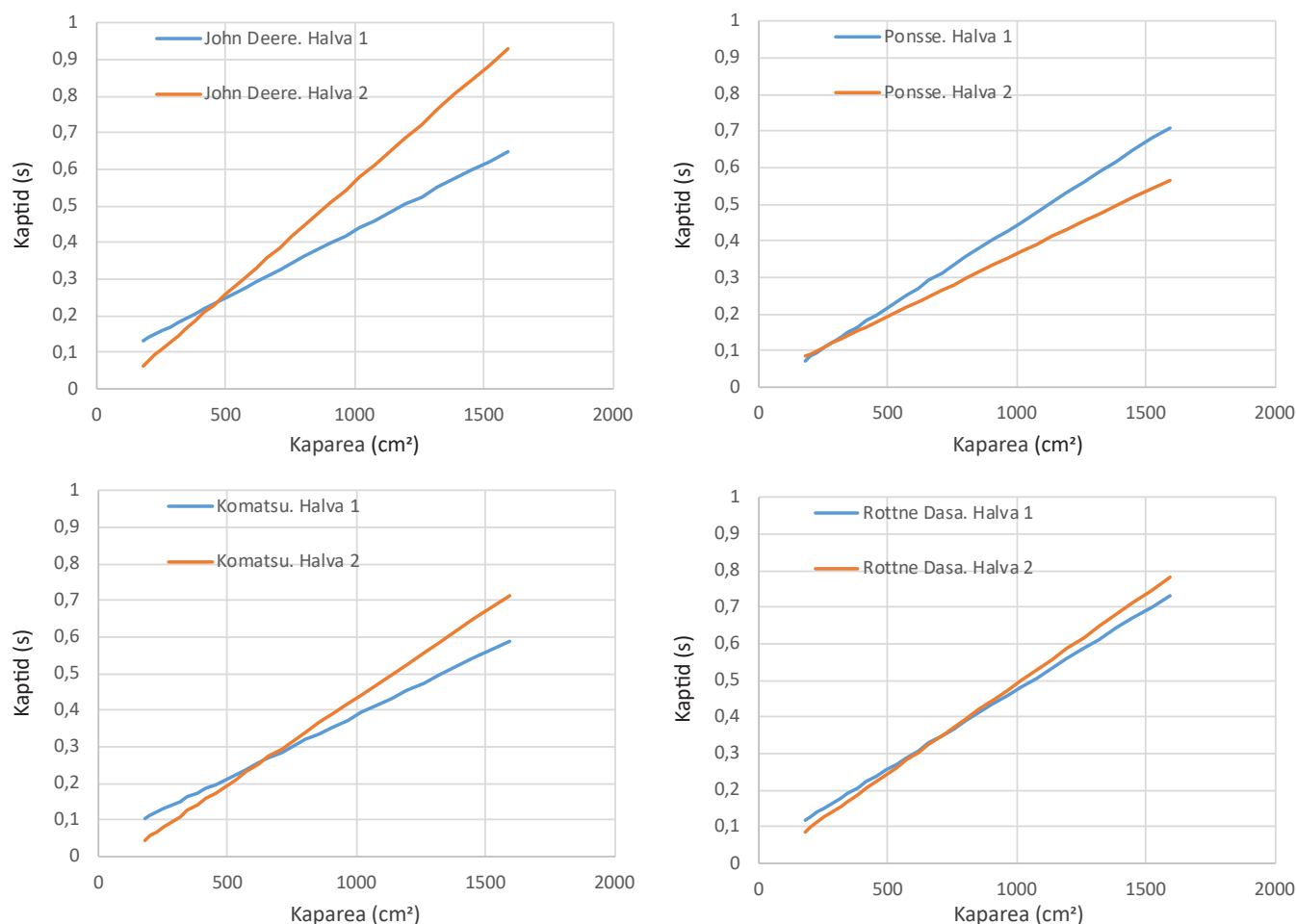
2016 hade drygt 20 procent kortare kaptid än maskinsystemet med kortast kaptid 2001, det vill säga att det skett en väsentlig ökning av sågsystemens maximala avverkningskapacitet.

KOPPLING MELLAN KAPTID OCH FÖREKOMSTEN AV KAPSPRICKOR

Kapsprickor bildas under den sista tredjedelen av kapet, framförallt vid kap i grövre stockar (Helgesson 1997). För att minska risken för kapsprickor är det därför angeläget med en hög kaphastighet under framförallt den senare delen av kapet. I studien gjordes ansträngningar för att beskriva maskinsystemens kaptider för första, respektive andra halvan av kapet. För tre av maskinsystemen, John Deere, Komatsu och Rottne/Dasa, var kaptiden i grövre stockar likvärdig eller längre för andra halvan av kapet i jämförelse med första halvan (figur 22). Ponsse uppvisade ett annat mönster, för detta maskinsystem var kaptiden genomgående kortare för andra halvan, utom för de klenaste stockarna.

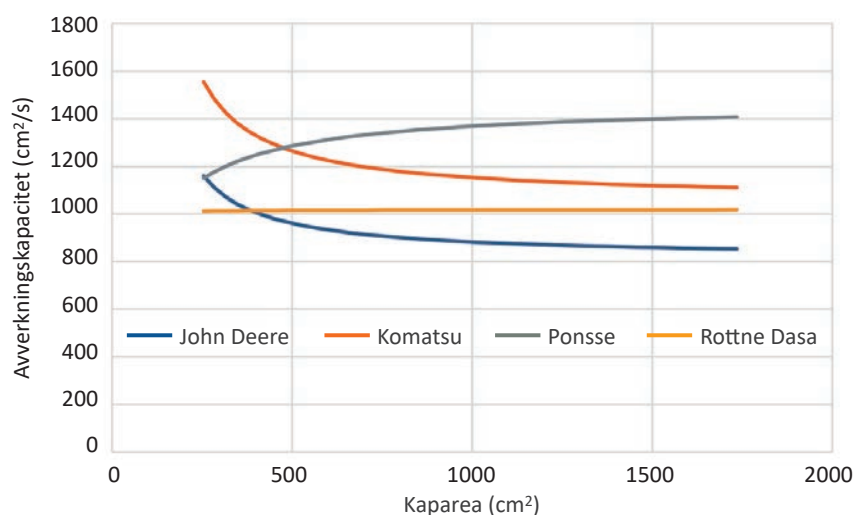


Figur 21. Sambanden mellan kaparea och kaptid för Virkesvärdestesten 2001 och 2016.



Figur 22. Sambandet mellan kaparea och kaptid för första, respektive andra halvan av kapet för de utvärderade maskinsystemen.

I figur 23 redovisas sambandet mellan kaparea och avverkningskapacitet för andra halvan av kapet. För kapareor över 500 cm² (motsvarar diameter på ~25 cm) hade Ponsse högst avverkningskapacitet och skillnaden mot övriga maskinsystem ökade med ökande kaparea. Våra data indikerar alltså att Ponsse's sågsystem har egenskaper som ger en hög avverkningskapacitet under den sista delen av kapet för kap i grövre stockar. Sågsystemet bör därmed vara väl lämpat för att minska risken för kapsprickor.



Figur 23. Sambandet mellan kaparea och avverkningskapacitet för andra halvan av kapet för de utvärderade maskinsystemen. Avverkningskapaciteten beräknades utifrån de maskinsystemvisa sambanden mellan kaparea och kaptid för andra halvan av kapet.

Delstudie 5:

AVVERKNINGSSKADOR

Syfte

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

Material och metoder

KAPSPRICKOR

Kapsprickor orsakas av det moment som den fritt hängande stocken skapar vid kapningsmomentet. Mätningarna av kapsprickor skedde på samma 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 toppdiameter från totalt 30 granstammar per maskinsystem. Båda stockändarna mättes, förutom rotstockar som enbart mättes i toppändan. Sprickor i rotstockens rotända 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 1979) enligt följande:

1. Spåret för längdhjulet identifierades och längs spåret sågades en tunn skåra med motorsåg.
2. Cirka tre centimeter tjocka vedtrissor kapades från stockändan och knackades därefter mot stockändan (figur 24). Trissor fortsatte att kapas tills den sista trissan inte längre sprack vid knackning. 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 ungefärligen vinkelrät mot spåret för längdhjulet) och position (nedre tredjedelen av diametern).

För stockändar med kapsprickor registrerades: 1) antal trissor med sprickor, 2) trissornas summerade tjocklek samt 3) avståndet från märg till kapspricka.

Utifrån mätningarna beräknades andelen stockar med kapsprickor, kapsprickornas längd, beräknad som triss-

ornas summerade tjocklek med tillägg för bredden av sågspåret (8 mm), samt kapsprickornas läge i tvärsnittet, uttryckt som andel av stockdiameter som återstod att kapa då kapsprickan bildades (figur 36). 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 stockdimensionskillnader 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:

$$y = d + l + m + e$$

där y är den analyserade kapspricksvariabeln, d stockens toppdiameter, l stocklängd, m det maskinsystem som utvärderades och e det slumpmässiga felet. I analysen beräknades minsta kvadratmedelvärden för maskinsystemen, det vill säga det genomsnittliga kapspricksvärdet för maskinsystemen efter kompensering för skillnader i stockdimensioner. Vidare signifikantestades effekterna av diameter, stocklängd och maskinsystem. Modelleffekter som inte var signifikanta togs bort från modellen i den slutliga analysen.



Figur 24. Illustration av trissmetoden. Trissorna är kapade ur samma stockände och genom att summerna trissornas tjocklek kan kapsprickans längd uppskattas. Foto: Björn Hannrup, Skogforsk.

DUBBSKADOR

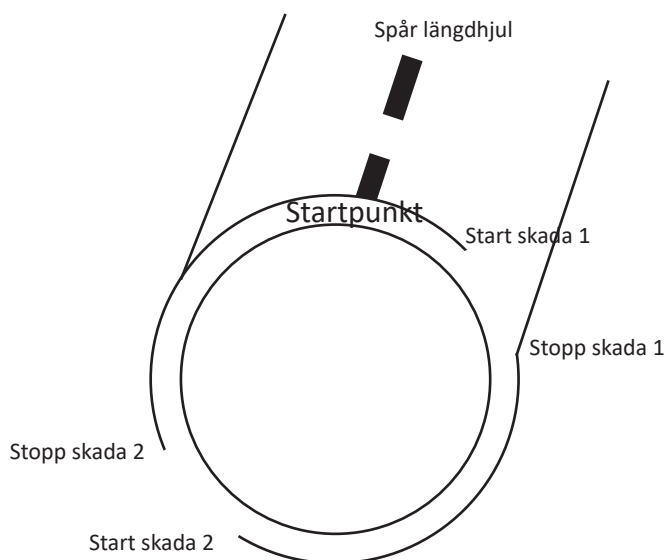
Dubbskador uppkommer då matarvalsarnas dubbar tränger in i veden vid matning av stammen. Mätningar av dubbskador gjordes i toppändan på samtliga timmerstockar ned till 14 cm toppdiameter från totalt 30 granstammar per maskinsystem. Mätningarna gjordes parallellt med mätningarna av kapsprickor med en modifierad variant av den så kallade yxmetoden. För den första trissan som kapades i toppändan på stockarna skars ett segment av veden loss med en kniv 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 25). 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 25. Illustration av mätningarna av inträngningsdjup för dubbskador. Foto: Maria Nordström, Skogforsk.

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 25 granstammar per maskinsystem. Vid mätningarna lades ett måttband ut runt stockens mantelyta. För varje barkskada noterades längden från skadans start- respektive stopppunkt på mantelytan (figur 26). Längden mättes på halv centimeter när. Två skadedjupsklasser användes: 50-procentig skada, dvs. skador där barken var skadad men inte så djupt som till vedytan, och 100-procentig skada, där skadan var så djup att veden blottats (figur 27). För varje stock beräknades andelen skadad bark (av omkretsen) uppdelat på de två skadedjupsklasserna. Motsvarande värden per maskinsystem beräknades som det aritmetiska medelvärde av stockarnas värden.



Figur 26. Illustration av mätningarna av barkavskav.



Figur 27. Exempel på stockar där barkskadan klassats som 100-procentig (vänstra bilden) respektive 50-procentig (högra bilden). Foton: Petrus Jönsson, Skogforsk.

Resultat och diskussion

DUBBSKADOR

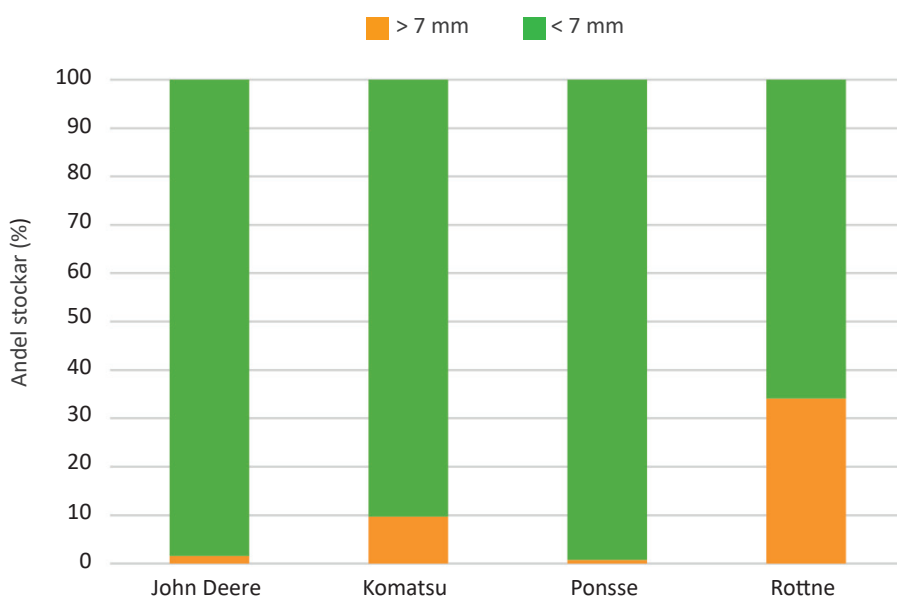
Det genomsnittliga inträngningsdjupet för matarvalsarnas dubbar för de studerade maskinsystemen var 4,6 mm (tabell 18), vilket var större än motsvarande nivå i en tidigare studie ($\bar{x}=3,3$ mm) där inträngningsdjupet studerades för 11 olika stålvalsar (Brunberg m.fl. 2006). Samtliga maskinsystem i vår studie var utrustade med stålvalsar. I 2016 års test uppvisade Ponsse och John Deere lägre genomsnittligt inträngningsdjup medan högre värden noterades för Komatsu och Rottne (tabell 18).

Tabell 18. Medelvärde, spridningsmått samt antal observationer för mätningar av inträngningsdjup för matarvalsarnas dubbar för de fyra maskinsystemen.

Maskin	Medel (mm)	Std. avv. (mm)	Min (mm)	Max (mm)	N
John Deere	3,8	1,45	0,8	8,7	129
Komatsu	5,1	1,9	0,7	10,9	124
Ponsse	3,3	1,6	0	8,45	127
Rottne	6,0	2,0	1,0	11,7	129
Totalt	4,6	1,8	0	11,7	509

Dubbskador i virkesmättningsbestämmelserna

Enligt instruktionen som används vid vederlagsmätning av sågtimmer (SDC 2017b) sker, om så avtalats, en klassning av sågtimmer med avseende på dubbskador. Vid klassningen betraktas en stock som dubbskadad om inträngningsdjupet i veden är djupare än 7 mm och överstiger andelen dubbskadade stockar 5 procent klassas leveransen som dubbskadad. I figur 28 redovisas andelen stockar med inträngningsdjup över respektive under 7 mm för matarvalsarnas dubbar. För två av maskinsystemen (Ponsse och John Deere) låg andelen stockar med inträngningsdjup över 7 mm nära noll. För de andra två maskinsystemen (Komatsu och Rottne) var andelen stockar med inträngningsdjup över 7 mm, 10 respektive 34 procent, det vill säga över det gränsvärde då virkesleveranserna ska betraktas som dubbskadade och erhålla ett reducerat värde.

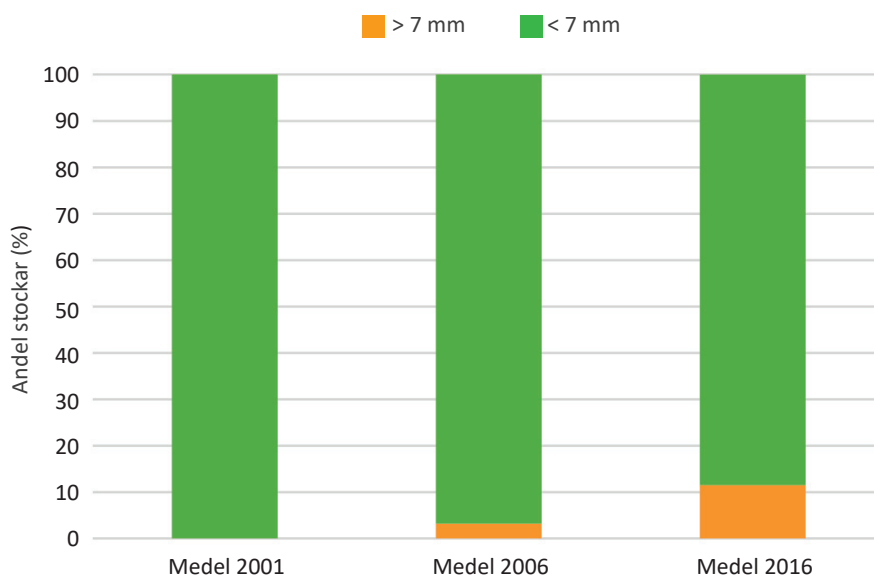


Figur 28. Andel stockar med inträngningsdjup över, respektive under 7 mm för matarvalsarnas dubbar för de fyra maskinsystemen

Utvecklingen av förekomsten av dubbskador över tid

Under virkesvärdestesten 2001 använde de testade maskinsystemen huvudsakligen kedjeförsedda gummihjul och då noterades inga djupa dubbskador (figur 29). 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. I årets test hade andelen djupa skador i genomsnitt för samtliga maskinsystem ökat till 11,5 procent.



Figur 29. Medelvärden från Virkesvärdestesterna 2001, 2006 och 2016 för andel stockar med inträngningsdjup över, respektive under 7 mm för matarvalsarnas dubbar. Värdena för 2006 avser de fem testade produktionsmaskinerna.

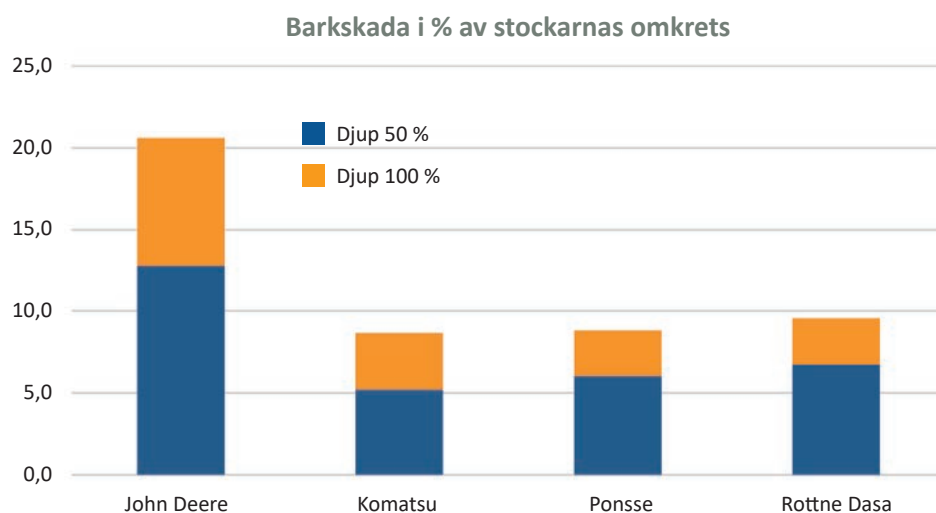
Utifrån ovanstående redovisade data drar vi följande slutsatser:

- Det finns en generell trend att andelen stockar med djupa dubbskador ökar över tid. 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.
- För två av maskinsystemen i årets test som använde stålvalsar var andelen djupa dubbskador försumbara. Det bör alltså vara möjligt att inom ramen för dagens teknik nå acceptabla nivåer på dubbskadorna, men för att åstadkomma detta krävs förmodligen ett ökat fokus på frågan i det dagliga arbetet.

BARKSKADOR

I figur 30 redovisas barkskadorna fördelat på de två skadedjupsklasserna. För tre av maskinsystemen (Komatsu, Ponsse och Rottne/Dasa) var den totala andelen skadad bark strax under tio procent. För det fjärde, John Deere, var motsvarande skadenivå väsentligt högre och uppgick till 21 procent. Det visuella intrycket av dessa två skadenivåer skiljer sig markant åt, vilket illustreras i figur 31.

Tidigare studier har visat att ökande mängd barkskador medför en sämre precision i diametermätningen (Möller m.fl. 2006). I 2016 års test existerade inget sådant samband, tvärtom visade maskinsystemet med högst mätprecision för diametermätningen (John Deere) också högst nivå på barkskadorna. Vad som orsakar detta förhållande har inte gått att förklara med hjälp av data från studien. En förklaring kan vara att barkskadorna i John Deere-aggregatet huvudsakligen uppkom från matarvalsar och nedre kvistknivar och därmed inte påverkade diametermätningen som skedde med hjälp av de övre kvistknivarna.



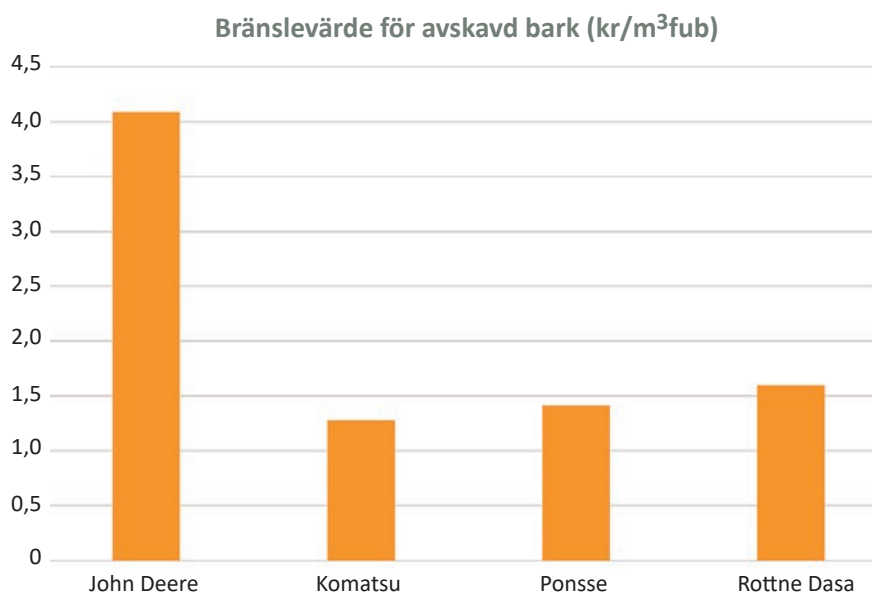
Figur 30. Barkskada i procent av stockarnas omkrets uppdelat på de två skadedjupsklasserna för de utvärderade maskinsystemen.



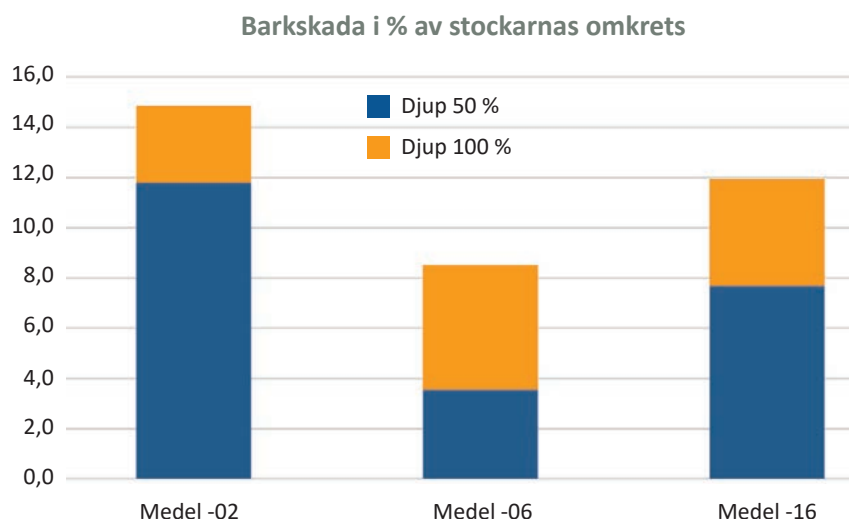
Figur 31. Virke upparbetat av Ponsse (vänster bild) och John Deere (höger bild) representerande total barkskadenivå på nio, respektive 21 procent. Foton: Maria Nordström, Skogforsk.

Den ekonomiska inverkan av barkskador är ökad risk för blånadsangrepp på virket och ett minskat bränslevärde för barken till följd av att den tillgängliga mängden bark vid industri minskas. Bränslevärdet för den bark som skavts bort från stockarna uttryckt som kr per avverkad m^3 fub virke varierade mellan 1,30 och 4,10 kr för maskinsystemen med lägst respektive högst skadenivå (figur 32). I årets test motsvarade alltså skillnaden mellan maskinsystemen 2,80 kr/ m^3 fub på grund av avskavd bark.

I jämförelse med tidigare virkesvärdestester fanns ingen tydlig trend när det gäller barkskadornas utveckling (figur 33). De genomsnittliga totala barkskadorna för samtliga maskinsystem var i årets test något högre än i testet 2006, men lägre än i testet 2002.



Figur 32. Bränslevärdet för avskavd barkvolym per avverkad m³ virke för de utvärderade maskinsystemen.



Figur 33. Genomsnittlig barkskada i procent av stockarnas omkrets uppdelat på de två skadedjupsklasserna för virkesvärdestesterna 2001, 2006 och 2016.

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.

KAPSPRICKOR

De ingående stockarnas genomsnittliga längd och diameter var likartad för de olika maskinsystemen (tabell 19). Skillnaden i längd och toppdiameter mellan maskinsystemen uppgick för samtliga stockar till maximalt 30 cm respektive 14 mm. Stockarnas längd och diameter påverkar momentet som den utmatade stocken utövar och i analyserna av kapspricksparametrarna har vi kompenserat för de skillnader som trots allt fanns i stockdimension mellan maskinsystemen.

Tabell 19. Genomsnittlig längd och toppdiameter per stocknummer och totalt för de utvärderade maskinsystemen.

John Deere

Stock nr.	Antal	Diam. (mm)	Längd (cm)
1	24	270	508
2	30	247	472
3	30	209	430
4	21	188	334
5	9	168	308
Totalt:	114	225	430

Komatsu

Stock nr.	Antal	Diam. (mm)	Längd (cm)
1	22	285	527
2	29	250	506
3	30	211	447
4	24	183	336
5	5	161	309
Totalt:	110	228	448

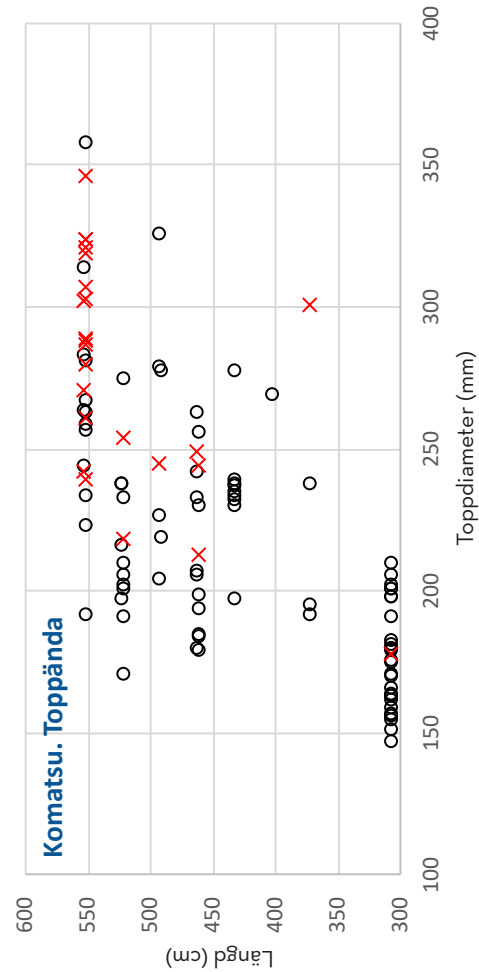
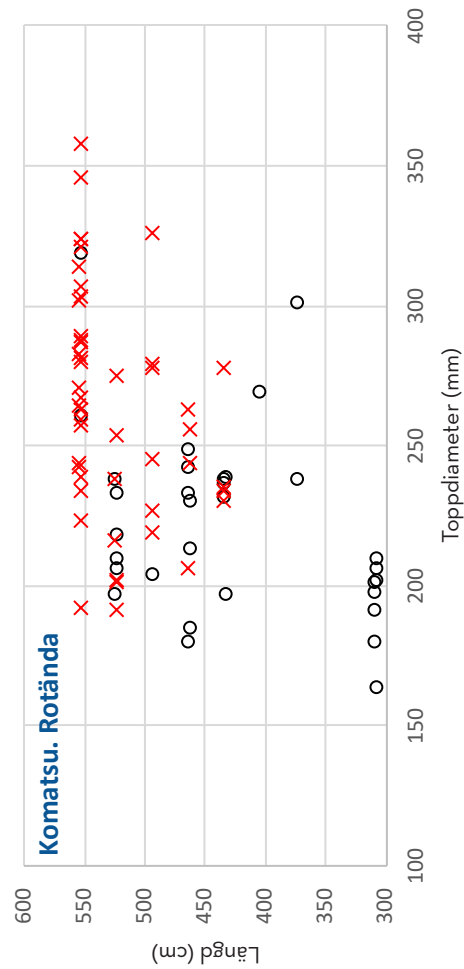
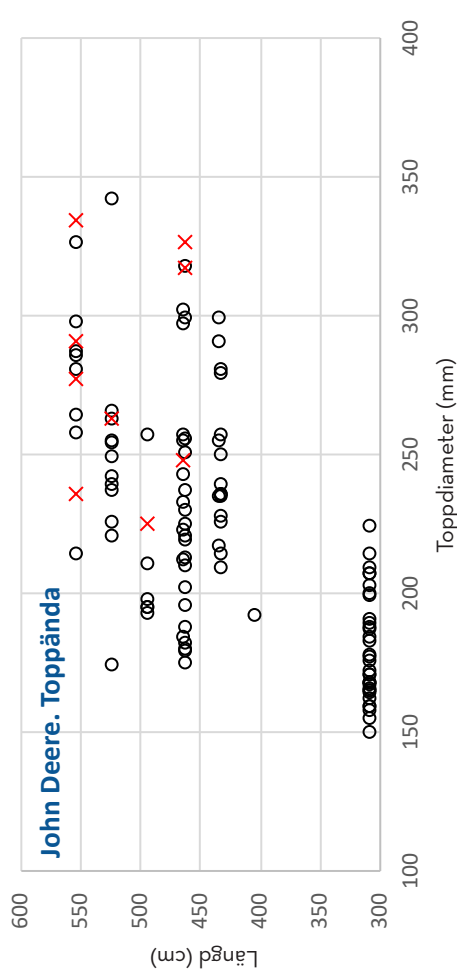
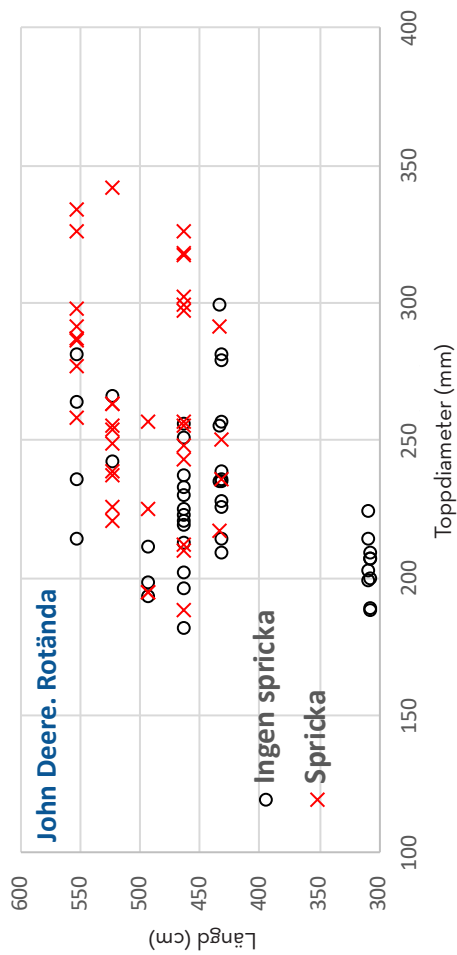
Ponsse

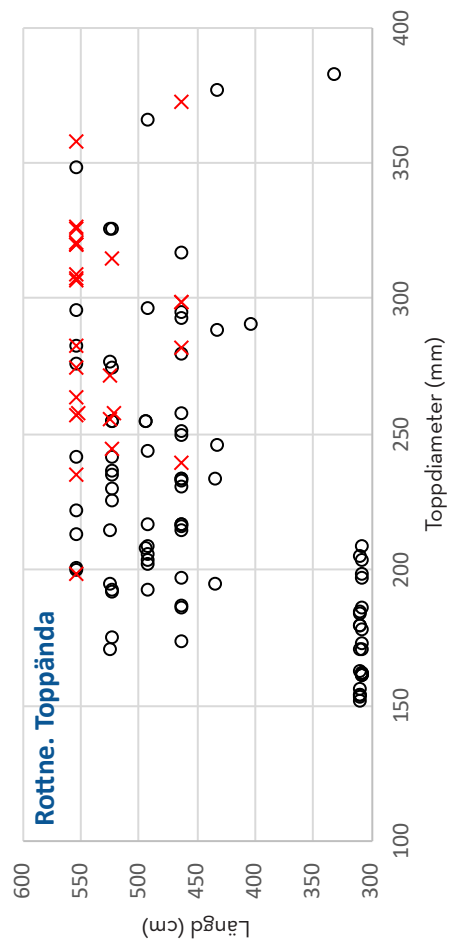
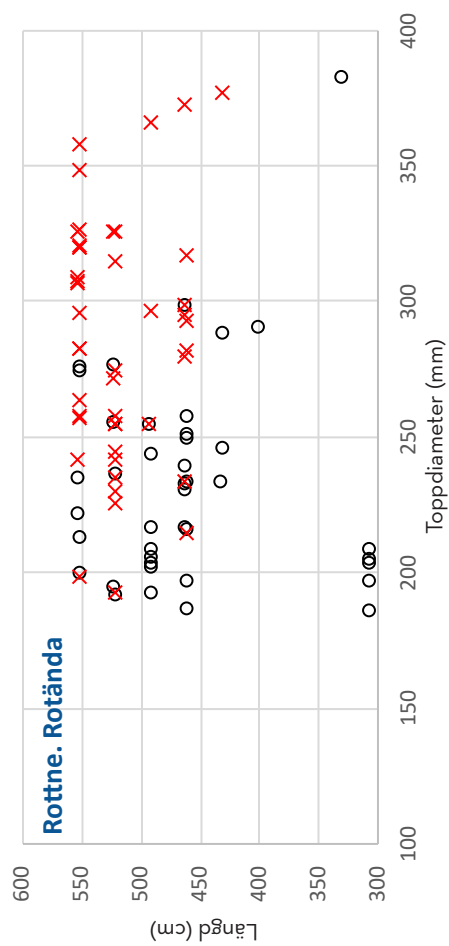
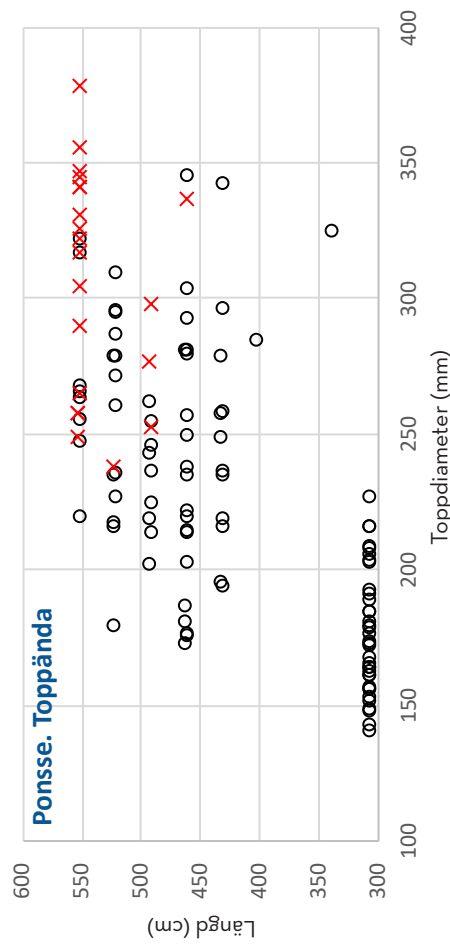
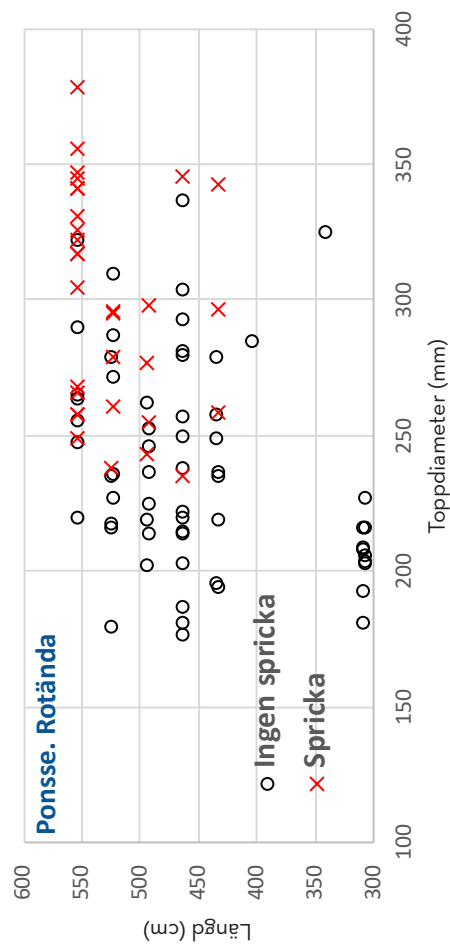
Stock nr.	Antal	Diam. (mm)	Längd (cm)
1	26	303	518
2	30	266	500
3	30	223	460
4	26	185	325
5	10	162	309
Totalt:	122	238	441

Rottne

Stock nr.	Antal	Diam. (mm)	Längd (cm)
1	28	295	504
2	30	258	512
3	30	218	459
4	23	187	370
5	5	172	309
Totalt:	116	239	460

I figur 34 illustreras förekomsten av kapsprickor för olika stockdimensioner på orsakande stock, det vill säga den stock som var fritt hängande vid kapet och som gav upphov till den eventuella kapspricka som mättes in i stockens toppända, alternativt i nästkommande stocks rotända. Det fanns, sett över samtliga maskinsystem, en tydlig trend att kapsprickor bildade i stockarnas toppändor var mer koncentrerade till de grövsta och framförallt längsta stockarna, i jämförelse med kapsprickorna i stockarnas rotändor. Kapsprickor i stockarnas rotändor var betydligt mer frekventa och förekom i betydligt högre utsträckning i hela det studerade längd- och diameterintervallet.

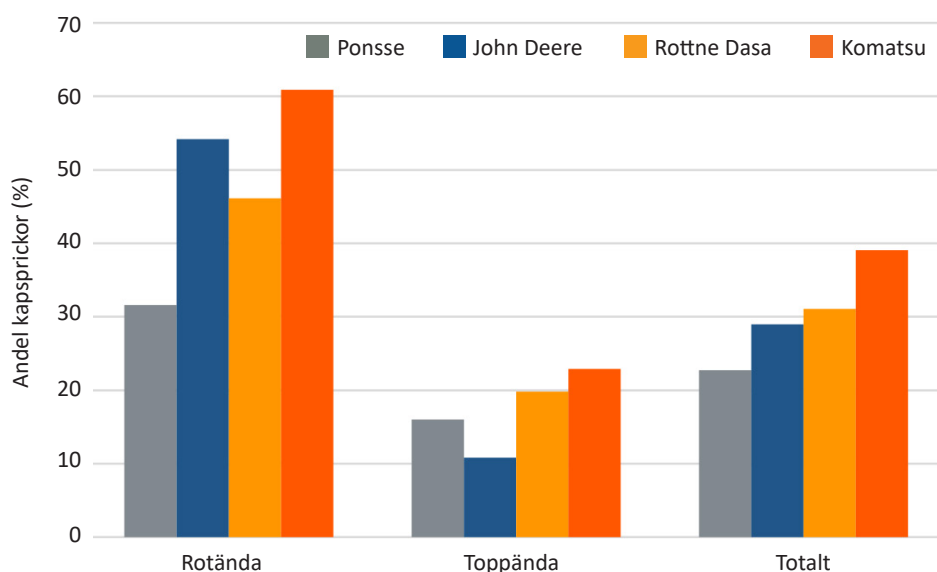




Figur 34. Förekomst av kapsprickor vid olika stockdimensioner för orsakande stock, se vidare texten.

I genomsnitt hade 48 och 17 procent av stockarna kapsprickor i rotända, respektive toppända (figur 35). Mellan maskinsystemen fanns en betydande variation och lägst total andel kapsprickor hade Ponsse. Detta förklarades av att maskinsystemet hade en väsentligt lägre andel kapsprickor i

stockarnas rotända än vad övriga maskinsystem uppvisade. I samtliga fall var skillnaderna i andelen kapsprickor i stockarnas rotändar gentemot övriga maskinsystem statistiskt säkerställda med en hög grad av säkerhet.



Figur 35. Genomsnittlig andel kapsprickor i stockarnas rotändar, toppändar samt totalt för de utvärderade maskinsystemen.

Det var små skillnader mellan maskinsystemen i genomsnittlig spricklängd (tabell 20). Den genomsnittliga spricklängden var genomgående kortare i toppändan på stockarna än i rotändan. För samtliga maskinsystem var 20 procent av sprickorna i toppändan kortare än 50 mm och 80 procent längre än 50 mm. Motsvarande värden för samtliga maskinsystems sprickor i rotändan var 29 procent och 71 procent.

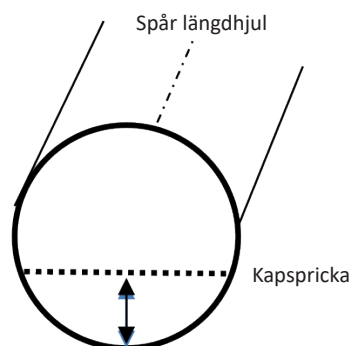
I tabell 21 redovisas kapsprickornas läge i stockarnas tvärsnitt för de fyra maskinsystemen (se illustration av det redovisade måttet i figur 36). I genomsnitt för samtliga maskinsystem bildades kapsprickorna då 24 % av diametern återstod att kapa vilket är i linje med resultat från tidigare studier (Hannrup & Jönsson 2010). För tre av maskinsystemen (John Deere, Komatsu och Ponsse) var det små skillnader när det gäller det genomsnittliga läge då kapsprickorna bildades medan kapsprickorna för Rottne bildades något tidigare i tvärsnittet, det vill säga då en högre andel av tvärsnittet återstod att kapa. Skillnaderna gentemot övriga maskinsystem (3 - 3,9 procentenheter) var i samtliga fall statistiskt säkerställda med en hög grad av säkerhet.

Tabell 20. Genomsnittlig spricklängd i stockarnas rot- och toppändor för de utvärderade maskinsystemen.

Maskin	Genomsnittlig spricklängd (mm)	
	Rotända	Toppända
John Deere	87	70
Komatsu	98	71
Ponsse	94	62
Rottne	91	81

Tabell 21. Genomsnittligt läge för kapsprickorna i procent av stockarnas diameter för de utvärderade maskinsystemen.

Maskin	Läge (% av tvärsnittets diameter)
John Deere	23,1
Komatsu	22,7
Ponsse	23,6
Rottne	26,6



Figur 36. Principfigur som illustrerar hur kapsprickornas läge i tvärsnittet redovisades i studien. Pilen i figuren indikerar hur stor andel av diametern som återstod att kapa då sprickan bildades.

UTVECKLING AV FÖREKOMST AV KAPSPRICKOR ÖVER TID

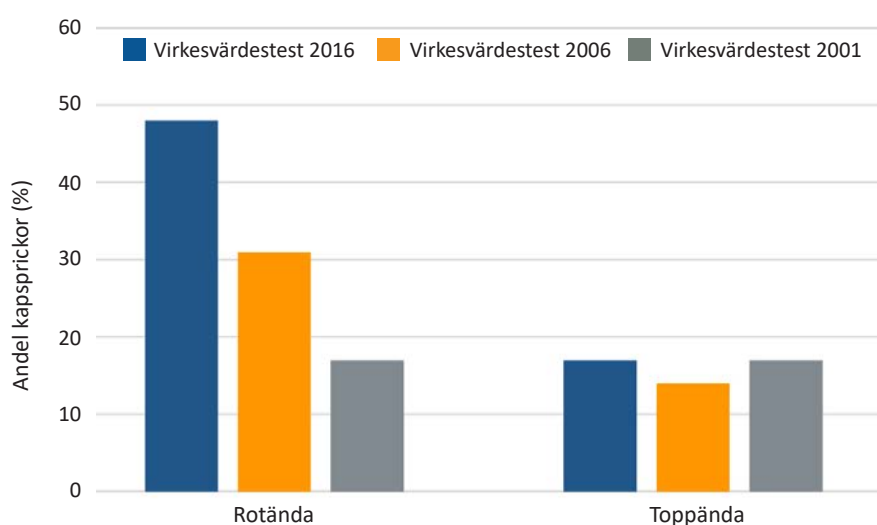
I jämförelse med resultat från tidigare virkesvärdestester finns ingen tendens att andelen kapsprickor vid kapning av fritt hängande stockar med nya skördare minskar över tid (figur 37). Tvärtom var andelen kapsprickor i stockarnas rotändar väsentligt högre i årets test jämfört med de två tidigare testerna. På samma sätt fanns ingen tendens till att den genomsnittliga spricklängden skulle minska över tid (figur 38).

Detta innebär att den nivå på förekomsten av kapsprickor som kan förväntas förekomma under den närmaste tiden framöver 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

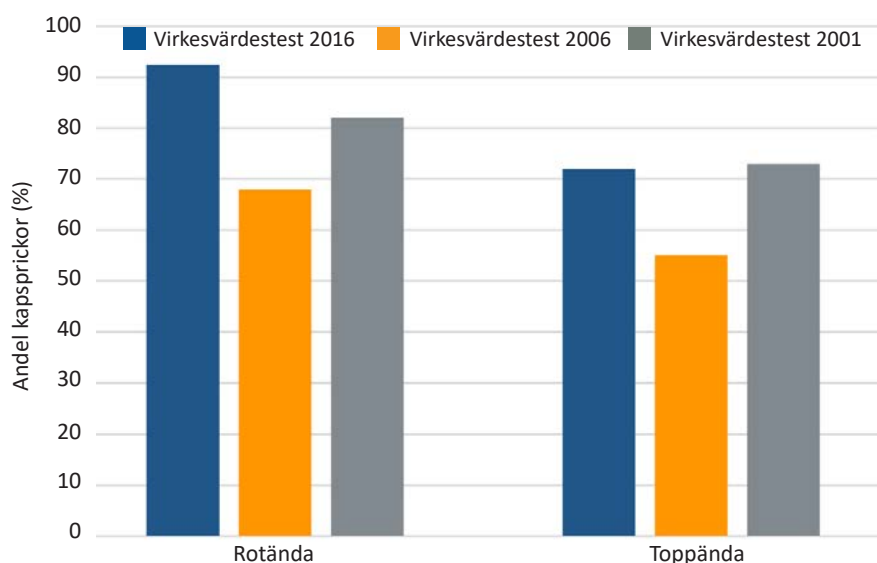
utsträckning stöd vid kapning, vilket reducerar risken för kapsprickor.

Utifrån ovanstående diskussion drar vi följande slutsatser:

- Det sågssystem som utvecklats av Ponsse hade högst avverkningskapacitet för den senare delen av kapet vid kapning av grövre stockar. Stockar kapade med detta sågssystem hade också såväl lägst andel kapsprickor i stockarnas rotändar, som lägst andel kapsprickor. Skillnaden gentemot övriga maskinsystem var statistiskt säkerställt.
- Andelen kapsprickor har inte minskat i jämförelse med tidigare virkesvärdestester. För att nå ett mål om sprickfri kapning är det därför angeläget att ny teknik utvecklas.



Figur 37. Genomsnittlig andel kapsprickor för maskinsystem som utvärderades under Virkesvärdestesterna 2001, 2006 och 2016. Värdena för testerna 2001 och 2006 avser maskinsystem som inte använde automatisk kransänkning.



Figur 38. Genomsnittlig spricklängd för stockar med kapsprickor för maskinsystem som utvärderades under Virkesvärdestesterna 2001, 2006 och 2016. Värdena för testerna 2001 och 2006 avser maskinsystem som inte använde automatisk kransänkning

REFERENSER

- Andersson, M. 2004. Simulering av dimensionsmätare för skördare. Arbetsrapport nr. 577. Skogforsk, 14 s.
- Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010. Modern kommunikation med skogsmaskiner. Arbetsrapport nr. 784. Skogforsk. 16 s.
- Brunberg, T. von Hofsten, H. & Jonsson, M. 2006. Kartläggning och värdering av dubbskador. Resultat från Skogforsk 4 s.
- Hallonborg, U. & Granlund, P. 2002. Virkesbehandling med engreppsskördare. Redogörelse nr. 3. Skogforsk. 47 s.
- Hannrup, B. 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport nr. 575. Skogforsk. 34 s.
- 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.
- Helgesson, T. 1997. Förekomst av kapsprickor hos sågtimmer upparbetat med skördare. Trätek Rapport nr. 9712100: 20 s.
- Möller, J.J., Sondell, J. & Arlinger, J. 2002. Virkesvärdestest 2001 – Apteringsfrågor. Redogörelse nr. 7. Skogforsk. 56 s.
- Möller, J.J., Arlinger, J., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Virkesvärdestest 2006. Redogörelse nr. 5. Skogforsk, Uppsala. 87 s.
- Möller, J.J., Arlinger, J., Nordström, M. 2013. Test av StanForD 2010 implementation i skördare. Arbetsrapport nr. 798. Skogforsk. 66 s.
- SDC. 2017a. Kvalitetsbestämning av sågtimmer av tall och gran. Nationella instruktioner för virkesmätning. 10 s.
- SDC. 2017b. Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diamettermätning med skördare, version 2017-08-11. Nationella instruktioner för virkesmätning. 18 s.
- Sondell, J. & von Essen, I. 1996. Apteringsdatortest 1995 – studier av sex apteringssystem. Redogörelse nr. 4. Skogforsk. 32 s.
- Skogforsk 1999. Gör din egen film om kapsprickor. Skogforsk Nytt nr. 1. 8 s.

Wood Value Trials 2016

– EXPERIMENTAL PLAN

Over the years, Skogforsk has performed recurrent trials of harvester functions, aiming at evaluating harvester measurements, cutting damages and system functionality related to StanForD. It has now been 10 years since the latest full-scale trials were performed. Therefore, the members of StanForD are invited to participate in new trials in October 2016. The trials will focus entirely on harvester systems operated with StanForD 2010, versions 2.x-3.x. The harvesting conditions will be final fellings.

Test site and overall setup

The harvester systems will be evaluated on the same harvesting site in order to offer comparable conditions for all participants. The test site will be located in the surroundings of Uppsala on a harvesting site supplied by BillerudKorsnäs, and tests will be performed during the month of October, 2016. Participating manufacturers will have access to the site prior to the tests in order to run and adjust their equipment on site. Testing and evaluating the harvesters will take two days per harvester system.

Specifications of what is required from participating manufacturers can be found in Appendix 4. Corresponding specifications regarding the host of the trials, Billerud-Korsnäs Skog are found in Appendix 5.

Included tests

The Wood value trials 2016 will include tests and evaluation of:

- Accuracy of harvester length and diameter measurements
- Functions for calibration of the measurement system
- Cutting damages (bucking splits, damages caused by studs, unwanted debarking)
- Cutting times
- Functions for production control and bucking to value
- Functions for apportionment bucking
- Functions for bucking of pulpwood
- Functions for handling of multi-tree-handled stems

The different parts of the test are described in more detail in the sections below.

Measurement accuracy and functions for calibration

The accuracy of harvester length and diameter measurements will be evaluated based on manual control measurements of 30 larger spruce stems. Stems will be randomly selected and the control measurement will follow the routine of the quality assurance system for harvester measurements. Stem profiles will be collected as stm/hpr. Machine settings and calibration cannot be changed during the test.

The following key performance indicators will be calculated:

- Share of length measurements within ± 2 cm of manual control (%)
- Standard deviation of length measurements (cm)
- Average deviation of length measurements (cm)
- Share of diameter measurements within ± 4 mm of manual control (%)
- Standard deviation of diameter measurements (mm)
- Average deviation of diameter measurements (mm)
- Share of flat areas in stem profiles (%)
- Share of cuts in flat areas (%)
- Number of sharp diameter drops in stem profiles (pcs.)

In addition, the following functions will be described for each evaluated harvester:

- Butt log functions applied
- Method for calculating log volume
- Method and functions for calibration of the measurement system

Table 1. Test protocol for evaluating measurement accuracy and functions for calibration.

Functions	Methods	Results
Harvester measurement accuracy		
	30 spruce stems (DBH 20-40 cm) will be randomly selected and manually measured using a caliper and tape. Measurements will be made according to the routine used within the system for quality assurance of harvester measurements. - Stem profiles (stm/hpr/hqc) will be collected for all control measured stems. - Description of technology for measuring length and diameter. Description of butt log functions. - Description of method for calculating log volume. - Description of method and functions for calibration of the measurement system.	- Accuracy of harvester measurements of length and diameter during processing - Analysis of stem profiles, in particular regarding flat areas and diameter drops - Description of functions for calibration of the measurement system - Description of method for calculating log volume
Restrictions: Machine settings may not be changed during the test. Additional calibration may not be performed during the test.		

Cutting damages and cutting times

The occurrence of cutting splits, damages caused by studs and unwanted debarking will be studied for the same 30 spruce stems as used for evaluating measurement accuracy. Before starting harvesting the 30 stems, cutting times will be measured in order to assure that all harvester systems operate under similar conditions. At harvesting, all logs will be cut hanging freely.

The following key performance indicators will be calculated:

- Share of logs with cutting splits (%)
- Average length of cutting splits (cm)
- Share of log diameter left to cut when the cutting split appears (%)
- Distribution of penetration depths of feeding rolls (mm)
- Proportion of bark damages (% of log perimeter)

Table 2. Test protocol for evaluating cutting times and cutting damages.

Functions	Methods	Results
Cutting damages		
	30 spruce <u>stem</u> i.e. the same stems as used for evaluating measurement accuracy. - The following log damages will be studied: damage caused by studs on feeding rolls, bucking splits and debarking..	- Distribution of penetration depths of feeding rolls. - Frequency, length and position of bucking splits. - Proportion of bark damages (% of log perimeter). - Description of method for calculating log volume
Restrictions: All cuts should be made with logs hanging freely		
Cutting times		
	Measurement of cutting time using camera technique. Measurement made for approx. 15 number of cuts from logs with diameters between 15 and 40 cm.	Relationship between cutting time and log diameter.
Restrictions: - The cutting unit should be adjusted in advance so that the average chain speed is not above 40 m/s. However, shorter periods with chain speeds up to 42 m/s during the cut are tolerated. The chain speed will be checked by Skogforsk before the final measurements are started. - During the test a saw bar with 2,0 mm gauge should be used. - During the test the harvester head should be equipped with a 2,0 mm Stihl RMH chain.		

Production control and bucking to value

Skogforsk creates production control messages (oin, pin, spi) that will be used during the test.

In the **object instruction (oin)** we will use the most important identity variables for the Swedish market. The **species instruction (spi)** will be Swedish default including sound knot bucking for pine (Appendix 3). For the bucking to value test random selection will be used so we approximately one of three trees.

Product instruction (pin):

- Spruce products will be: two saw log products with two qualities and with two prioritized lengths, one forbidden length, short log product (kubb), pulp wood product, burning wood.
- Pine products will be: four saw log products with four qualities and with four prioritized lengths, one forbidden length and pulp wood product.
- For birch, aspen and other broad leaves, we will use just one pulpwood product for each species.
- We will also test to import a new pin for one spruce product after 30 felled spruce stems and then cut 5 more spruce trees without starting a new object, if this feature (flexible bucking) has been implemented.

We will, if implemented, test some **special bucking functions**:

- For pine, automatic SoundKnotFunction (ConstantA = 0.72)) and log type bucking (ProductionCondition (log type, butt log...)) will be used. If these functions are not implemented, we will use manual quality settings.
- For pulpwood products we will use ManualFreeBuck and TopLogFreeBuck. For spruce pulpwood we will also use apportionment bucking for producing demanded lengths and the same price for all diameter and lengths (if the manufacturer does not recommend any other solutions).

The **production** in the Bucking to value test will be stored in hpr-files including **log diameter values for every 10 cm** (if possible). From the test we also want to store the **mom** file. If it is possible to test to use an **apt** file we also want to test this by storing data in a separate hpr message.

Apportionment bucking, random sampling and operational monitoring

After the bucking to value test we would like the harvester to produce logs for 5-6 hours to allow of testing apportionment bucking, random sampling of control stems and storing of operational monitoring data. During this test we will store harvester production data (hpr). If automatic storing of hpr has been implemented, production will be stored in the short test time interval.

During the “normal production test” randomly selected stems will be sampled at a frequency of 1 per 50/1 per hour harvested stems. We would like the driver to manually control measure at least 3 and reject at least 2 of these stems. We will also test Skogforsk Software “Virkesvärde” in the harvester during the test. The program read hpr and hqc message in a defined folder.

Caliper communication

Haglöfs has adapted their caliper to use hqc. Before the bucking test we will test to send an hqc to the caliper and then send it back to the machine. We will cut at least 2-3 trees and send to the caliper for control measuring, measuring the stems and then send them back to the harvester. During the test, Haglöf DP2 calipers will be used.

Table 3. Test protocol for evaluating system functions according to StanForD 2010.

Functions	Methods	Results
Bucking to value, test of control and production		
	- Total of 45 single trees harvested under normal production speed and 10 MTH trees. - Start a new object, use oin, pin and spi. - Cut 30-33 spruce stems (same as for evaluating measurement accuracy and cutting damages), of which approximately 15 stems with 1 quality, 10 stems with 2 qualities, 5 stems with forced cut, 2 stems with pulp quality (quality 6 or 7) in butt end and one stem with manual correction of automatically selected length. - Cut 10 pine stems: (dbh 20-40 cm, at least 2 saw timber logs per trees) with automatic bucking using butt log function and sound knot function if implemented, otherwise manual bucking of sound knot wood. - If the harvester support storing MTH data we will collect relevant data for MTH. - Cut 5 to 10 MTH bunches, - Cut 5 multi/single felling trees - New pin After cutting 40 single and 10 MTH trees add a new pin message with new saw timber price for spruce. Cut 5 more spruce trees. Save all relevant StanForD 2010 messages. - Start new object and add new products - Add a new pin for aspen pulpwood - After that start a new object using only an oin message. Same product as last object but use the new saw timber price matrix, add one new product (aspen) and take one product away (contorta pulp). - Cut 5 trees then start a new subobject, cut 5 more trees (if the system support subobjects). - If SenderXC (SDC) is supported and in use it will be tested for point 4 above.	- Store production in hpr, stems in hpr (diameter each 10 cm) and timestamps. - Bucking index¹⁾ ("apteringsgrad", calculated based on hpr-files generated by harvester and manually measured tree top). - Analysis storing of logs per stem - Analysis storing of MTH and multi tree felling. - Production in hpr schema validation according to StanForD 2010 v 2.x or 3.x - Evaluate test of SDC Sender 1.07... if implemented.
Apportionment bucking, random sampling and operational monitoring		
	Total cut of 200-400 spruce trees (500-800 saw logs bucked), one quality. - Apportionment bucking - Use length neutral price matrix with a maximum allowed deviation of 4 %. - Bucking criteria with the following codes/ enumeration: No limit (0), Forbidden to buck the log (-1) and Only logs bucked manually allowed (-3), if implemented in harvester. - Store data automatic each 1 hour if that function is implemented. - Use Bio-adaptation (1/0). - Use Stem codes if implemented and register high stumps/ culture stumps and eternity trees. - Random sampling of 5-7 control stems, reject 2, control measure 3-5 trees. - Random frequency 1/50 stems, smallest DBH 18 cm, signal at 1st cut. - Store operational monitoring data (mom), test different type of stops/ reasons for stops. - Test a User defined data instruction (UDI) and register some following up data and store the user define data in hpr message. - If ogr is supported it will be tested. Then also an ogi will be tested with an instruction.	- Store production in hpr, stems in hpr (diameter each 10 cm), store operational monitoring in mom and random sampling data in hqc files. - Dimension-apportionment index²⁾ ("fördelningsgrad"), Bucking index ("apteringsgrad"). - Description of random sampling functions and test. - Validation of hpr, hqc and mom according to StanForD 2010 v 2.x or 3.x - Analysis of hpr, hqc and mom data. - Evaluation of User defined data instruction and report. - Evaluate use of stem codes if implemented.

¹⁾ Bucking index (BI) = the value obtained by the bucking computer divided by the theoretical optimum timber value, expressed as a percentage.

²⁾ Dimension-apportionment index (DAI) = length distribution obtained by the bucking computer divided by demanded length distribution, shows how well the output agrees with the specified demand, 100% denoting full agreement.

Functions	Methods	Results
Communication with caliper and SDC		
	Before the bucking test we will cut and send 2-3 stems to the caliper for control measuring, measuring the stems and then send them back to the harvester. 1. Calibration/control of calibration of the harvester together with representatives from manufacturer 2-3 stems before bucking to value test. 2. Control of available functions (settings, randomization methods, etc.), testing the connection of a caliper etc. We will test the functions to store production and send data to SDC (depending of their new sending program Sender XC). 1. Object identities, nomenclature according to Swedish nomenclature, check user interface in harvester. 2. Communication with e-mail etc. 3. Sending and receiving data to/from office. If possible, use automatic sending of StanForD 2010 files for a specific time interval.	6. Store hqc to the caliper, from caliper and from machine. • Validation of hqc according to StanForD 2010 v 2.X or 3.X • Description of routines for storing, sending and making back-up copies of crucial data. • Description of used nomenclature. • Description of standard communication solutions. • Test automatic sending/ receiving using Sender XC.
Geographical functions		
	If ogi and/or ogr are implemented, we will test that function. 1. Test of ogi, and generation of ogr in map program.	• Description of GPS functions (splitters, etc.). • Control of coordinates in hpr- and hqc-files according to StanForD 2010. • Potential validation of ogi and/or ogr according to StanForD 2010 v 2.0
Other functions		
	1. If there are other interesting functions implemented, we would like to test them.	Description of potential new functions.

BILAGA 2

Swedish Translations

- VERSION 120120

Below is a table with Skogforsk and SDC recommendations regarding Swedish translations of certain important elements. This nomenclature is recommended for use in harvester computers and other Software for StanForD 2010 data.

Table 1. Description of recommended Swedish default GUI name according to StanForD 2010. For use in forest machines and in administration software.

Structure (Def	New element	Swedish GUI name	Comments
MachineDefinition	MachineKey	Maskinnyckel	
MachineDefinition	MachineOwnerId	Maskin-Id, maskinägare	Id defined by machine owner
MachineDefinition	MachineUserId	Maskin-Id, skogsföretag	Id defined by logging organization
MachineDefinition	MachineCategory	Maskintyp	
MachineDefinition	MachineBase-Manufacturer	Basmaskin, märke	
MachineDefinition	MachineBase-Model	Basmaskin, modell	
MachineDefinition	MachineHead-Manufacturer	Aggregat, märke	
MachineDefinition	MachineHeadModel	Aggregat, modell	
MessageHeader	ApplicationVersion-Creation	Mjukvaruversion (när fil skapades)	
MessageHeader	ApplicationVersion-Modification	Mjukvaruversion (när fil ändrades)	
MessageHeader	CountryCode	Landskod	
MessageHeader	CreationDate	Fil skapad:	
ProductDefinition	ProductCreationDate	Produkt ändrad:	
ObjectDefinition	StartDate	Startdatum	
ObjectDefinition	EndDate	Slutdatum	
ObjectDefinition	ObjectName	Objektnamn	
ObjectDefinition	ObjectUserId	Objekt-Id	Id defined by logging organization
ObjectDefinition	RealEstateIdObject	Fastighets-nr	
SubObjectDef	SubObjectName	Del-objektnamn	
SubObjectDef	SubObjectUserId	Del-objekt-Id	Id defined by logging organization
SubObjectDef	RealEstateIdSubObject	Del-objekt, Fastighets-nr	
ObjectDefinition	ForestCertification	Skogs-certifiering	
ObjectDefinition	LoggingFormCode	Avverkningstyp	
ObjectDefinition	LoggingFormDescr.	Avverkningstyp, beskrivning	
ObjectDefinition	ObjectArea	Objekt-areal	
ObjectDefinition	LoggingOrganization. BusinessId	Organisation/skogsföretag, Id företag	
ObjectDefinition	LoggingOrganization. BusinessName	Organisation/skogsföretag, Företagsnamn	
ObjectDefinition	LoggingOrganization. District	Organisation/skogsföretag, Region	
ObjectDefinition	LoggingOrganization. Team	Organisation/skogsföretag, Distrikt	
ObjectDefinition	LoggingOrganization. LastName	Organisation/skogsföretag, Efternamn	
ObjectDefinition	LoggingOrganization. Address	Organisation/skogsföretag, Adress	
ObjectDefinition	LoggingOrganization. Email	Organisation/skogsföretag, E-post /Mejl	1.

Structure (Def	New element	Swedish GUI name	Comments
ObjectDefinition	LoggingOrganization. Phone	Organisation/skogsföretag, Tele	
ProductDefinition	ProductBuyer. BusinessId	Köpare, Kod	Used by SDC
ProductDefinition	ProductDestination. BusinessId	Mottagningsplats, Kod	Used by SDC
ObjectDefinition	ForestOwner. BusinessName	Skogsägare, Företagsnamn	
ObjectDefinition	ForestOwner. BusinessId	Skogsägare, Kod	
MachineDefinition	MachineOwner. BusinessName	Maskinägare, företagsnamn	
MachineDefinition	LoggingContractor. BusinessName	Skogsentreprenör, företagsnamn	
MachineDefinition	MachineOwner. BusinessId	Maskinägare, Företagskod	
MachineDefinition	LoggingContractor. BusinessId	Skogsentreprenör, Företagskod	
ObjectDefinition	ContractNo	Virkesordernr	Today normally virkesorder nummer in Sweden, used by SDC
ObjectDefinition	ContractCategory	Kontraktstyp	
SpeciesGroupDefinition	SpeciesGroupUserId	Trädslag-Id	Id defined by logging organisation
SpeciesGroupDefinition	SpeciesGroupName	Trädslag, namn	
SpeciesGroupDefinition	SpeciesGroupVersion	Trädslag, version	
SpeciesGroupDefinition	SpeciesGroupInfo	Trädslagskod	
ProductDefinition	ProductName	Produktnamn	
ProductDefinition	ProductUserId	Produkt-Id	Id defined by logging organisation
ProductDefinition	ProductVersion	Produktversion	Used by SDC.
ProductDefinition	ProductInfo	Produktkod (SSTE)	Used by SDC. Today normally assortment code (SSTE)
ProductDefinition	ProductCreationDate.	Produkt, skapad:	
ProductDefinition	ProductGroupName	Produktgruppsnamn	
OperatorDefinition	OperatorUserId	Förar-id	Id defined by machine owner

BILAGA 3

Swedish default spi files setting

Table 1. Description of recommended Swedish default for spi files according to StanForD 2010.

SpeciesGroupUserID	SpeciesGroupName	SpeciesGroupInfo	DBHHeight (locked)	StartGrade	BarkFunction (locked)	ButtEndProfileExtrapolation (locked)	SpeciesGroupPresentationOrder
SE1_Tall	Tall	1*	110**	3	SF_Tall	Spp tall	1
SE1_Gran	Gran	2	110	1	SF_Gran	Spp gran	2
SE1_Bjork	Björk	4	110	1	SF_Tall	Spp björk	3
SE1_OvrLov	Övr_Löv	3	110	1	SF_Gran	Spp björk	4
SE1_Asp	Asp	5	110	1	SF_Gran	Spp björk	5
SE1_Bok	Bok	6	110	1	SF_Gran	Spp björk	6
SE1_Al	Al	7	110	1	SF_Gran	Spp björk	7
SE1_Ek	Ek	8	110	1	SF_Tall	Spp björk	8
SE1_Contorta	Contorta	M	110	1	SF_Gran	Spp tall	9
SE1_Lark	Lärk	A	110	1	SF_Tall	Spp tall	10
SE1_OvrBarr	Övr_Barr	0	110	1	SF_Gran	Spp gran	11

*SpeciesGroupInfo is codes used by SDC in Sweden.

**Please observe that DBHHeight is locked to 110 cm to match the Swedish definition of DBH as 130 cm above ground. Trees in final fellings are normally 20-25 meter high and stump height is estimated to 1 % of tree height.

Table 2. Description of recommended Swedish default for spi files according to StanForD 2010. Recommended grade name for use in harvester for interface presentation.

= modificationRes...	false
() StartGrade	1
▲ Grade (12)	
	() GradeNumber () GradeName
1	1 Kv1
2	2 Kv2
3	3 Kv3
4	4 Kv4
5	5 Kv5
6	6 Kv6
7	7 Kv7
8	8 Kv8
9	9 Kv9
10	10 Kv10
11	11 Kv11
12	12 Kv12

Table 3. Description of SoundKnotFunction for use in StanForD 2010 test for pine, SE_Tall1 in spi files.

SoundKnotFunction		
	modificationRes...	true
	ConstantA	0.72
	FactorB	0
	FactorC	0
	ToleranceD	1
	SoundKnotFunc...	2

Table 4. StemCodes used for recording of conservation objects. Same settings used for all species .

StemCode (3)		
	modificationRes...	fibc Text
1	true	Högstubbe
2	true	Kulturstubbe
3	true	Evighetsträd

Bucking settings

Table 1. Bucking logic and pin settings in various systems.

	Dasa Forester H70	Maxi Xplorer	Ponsse Opti	Timbermatic H
Pin and spi settings				
Max number of tree species	10	Unlimited	8	16
Max number of products per species	Unlimited	Unlimited	16	Unlimited
Max number of diameter classes per matrix/ total	Unlimited	Unlimited	30	Unlimited
Max number of length classes per matrix/ total	Unlimited	Unlimited	20	Unlimited
Max number of qualities	Unlimited	16	16	16
Log type bucking	Yes	Yes	Yes	Yes
Automatic sound-knot bucking	Yes	Yes	Yes	Yes
Pulp wood requirement	No	No	No ¹⁾	No
Length margin	Yes	Yes	Yes	Yes

¹⁾ PMP-codes needed in element StemTypeCode

Table 2. Setting options for activating distribution bucking in various harvester computers.

	Dasa Forester H70	Maxi Xplorer	Ponsse Opti	Timbermatic H
Distribution model	Near-optimal	Near-optimal	Near-optimal	Near-optimal
Calculation model for value deviation.	Calculated on 1 bit according to value bucking.	Calculated on 1 bit according to value bucking.	Calculated on 1 bit according to value bucking.	Calculated on 1 bit according to value bucking.
Selection of log for bucking	Greatest deficit	Greatest deficit	Greatest deficit	Greatest deficit
Distribution within or across product limit .	Within	Within	Within	Within
What limitation matrices are there?	Completely forbidden. Only manual cutting. No distribution bucking.	Completely forbidden. Only manual cutting. No distribution bucking.	Completely forbidden. Only manual cutting. No distribution bucking.	Completely forbidden. Only manual cutting. No distribution bucking.
Distribution requirements, proportion of stems per diameter class.	Yes	Yes	Yes	Yes
Distribution requirements, proportion of volume per diameter class.	Yes	Yes	Yes	Yes
Limitation on number of logs per product.	Yes	Yes	Yes	Yes
Limitation on number of logs per diameter class.	Yes	Yes	Yes	Yes
Limitation on number of logs per diameter-/length class.	Yes	Yes	Yes	Yes
Limitation on volume per product.	Yes	Yes	Yes	Yes
Limitation on volume per diameter class.	Yes	Yes	Yes	Yes
Limitation on volume per diameter-/length class.	Yes	Yes	Yes	Yes
Possibility to restart using old log tally on new object.	No	No	Yes	Yes

BILAGA 5a

Styrning av massavedsapteringing

Testmatriserna (pin-filerna) ställdes in enligt rekommendationens principer, enligt figur 1-3

Minimalt tillåten längd var kapfönstret för den kortaste längden, alltså 291 cm, och maximalt tillåten längd var 560 cm. Utformning enligt figur 2A och 3A rekommenderas, och testades med John Deere och Komatsu. Vid testet med Rottne/Dasa fungerade inte vald matris då Rottnes aggregat hade svårt att aptera ut toppen till 50 mm ub och därför korrigerades matrisen enligt 2B och 3B till mindiameter 55 mm för Dasa/Rottne. Likaså fungerade inte testet med Ponsse då logiken inte tog hänsyn till förbjuden eller endast manuellt kapade klasser och därför korrigerades matrisen enligt 2C och 3C där klassen 30 togs bort helt.

Tyngdpunkt lades vid 450 cm med fördelningsönskemål om 50 procent av stockarna.

The screenshot shows a software interface for logging and diameter measurement. It includes sections for 'Måttslag' (Measurement type) set to 'Fastvolym', 'Diametermätning under bark' (checked), 'Diameterinställningar' (Diameter settings) with 'Minsta tillåtna diameter' at 30 and 'Max diameter i rotända' at 700, 'Frikapsinställningar' (Release settings) with 'Manuella frikap' and 'Frikap på sista stocken' (both checked), and 'Toleranser' (Tolerances) with 'Tolerans vid kvalitetsgräns, topp' at 50 and 'Tolerans vid kvalitetsgräns, rot' at 50. On the right, 'Längdinställningar' (Length settings) show 'Kapfönster lägre' at 1 and 'Kapfönster övre' at 21.

Figur 1. Matrisinställningar, gällde för samtliga testade system.

A	30	50	60	150	B	30	55	60	150	C	50	60	150
290	20	20	245	245	290	20	20	245	245	290	20	245	245
330	20	20	245	245	330	20	20	245	245	300	20	245	245
360	20	20	245	245	360	20	20	245	245	330	20	245	245
390	20	20	245	245	390	20	20	245	245	360	20	245	245
420	20	20	245	245	420	20	20	245	245	390	20	245	245
450	20	20	245	245	450	20	20	245	245	420	20	245	245
480	20	20	245	245	480	20	20	245	245	450	20	245	245
510	20	20	245	245	510	20	20	245	245	480	20	245	245
										510	20	245	245

Figur 2. Pris. A: John Deere, Komatsu. B: Rottne/Dasa. C: Ponsse. Gula fält innebär dimensioner där endast värdeapatering är tillåten, turkosa fält innebär att dimensionen endast är tillåten vid manuella kap och röda fält är förbjudna dimensioner.

A	30	50	60	150	B	30	55	60	150	C	50	60	150
290	0	0	0	0	290	0	0	0	0	290	0	0	0
330	0	0	0	0	330	0	0	0	0	300	0	0	0
360	0	0	0	0	360	0	0	0	0	330	0	0	0
390	10	10	10	0	390	10	10	10	100	360	0	0	0
420	15	15	15	0	420	15	15	15	0	390	10	10	0
450	50	50	50	0	450	50	50	50	0	420	15	15	0
480	15	15	15	0	480	15	15	15	0	450	50	50	0
510	10	10	10	0	510	10	10	10	0	480	15	15	0
										510	10	10	0

Figur 3. Fördelningsönskemål, angivet i önskad procentfördelning av stockar. A: John Deere, Komatsu. B: Rottne/Dasa. C: Ponsse.

Rekommendation för utformning av massavedsmatris

Denna rekommendation innehåller beskrivningar av hur man bör konstruera en prismatris för massavedsaptering, utifrån givna förutsättningar och önskemål. Instruktionen utgår från några enkla principer och förutsätter fullvärdig funktionalitet enligt beslut i StanForD2010.

Generellt för gallring och slutavverkning

Generellt styr längdfördelningen mha. fördelningsönskemål. Vid slutavverkning och gallring rekommenderar vi längdstyrning enligt två alternativ. Båda alternativen avser fördelningsapting. Alternativens styrkor och svagheter är inte testade fullt ut och här rekommenderas därför att testa och återkoppla till Skogforsk med erfarenheter. Följande exempel baseras på minsta tillåtna diameter vid 50 mm, minsta leveransgilla diameter 30 mm och priset 245 kr per m³fub.

Alternativ 1: Styrning mot önskad medellängd, med lägre önskemål vid intilliggande klasser. Syftet med olika längder är att styra mot en "relativt" bra, när inte önskad längd fungerar. Risken utan alternativa längder kan vara att kortaste längden produceras vilket oftast ej är önskat (figur 1 del 2 och figur 2 del 2).

Alternativ 2: Stark styrning mot önskad medellängd, inga önskemål för andra klasser. Enkelt att ändra önskemål om en annan medellängd är lämplig i efterföljande objekt (figur 1 del 3 och figur 2 del 3).

Gallring

DIAMETERKLASSER

Diaklass A: Vid mindiametern med massavedspris. Detta möjliggör sökning av mindia och lär fungera med en gallringsskördarens mindre aggregat.

Diaklass B: Diameter ca 10 mm under mindia men med ett lågt pris för att systemet inte ska räkna med dimensionen förrän vid sista kapet. Diameterklassen ska vara tillgänglig för automatkap.

Diaklass C: Till sist, lägg in en klass för lägsta leveransgilla diameter. Här sätts ett lågt pris och den tillåts endast att apteras manuellt. Syftet med klassen är att fånga upp stockar som blir för klena och för korta för ersatt massaved, de kan då apteras i denna klass utan att registreras som oklass.

LÄNGDKLASSER

Ställ in vanliga timmermoduler, inom tillåten min- och maxlängd. För att undvika många korta stockar bör dock kortaste längdklassen/-klasserna i diaklass A och B, låsas för manuellkap (only allowed to cut manually), då använder inte systemet den/de aktuella längden/längderna vid sin optimering. Vidare bör längsta längdklassen låsas för att hindra stor andel stockar vid maxlängd, om det inte bedöms vara motiverat. Denna låsning gör också att klena stockar som matats för långt för att aggregatet ska kunna backa, kan registreras som massaved istället för Oklass.

	30	40	50
290	20	20	245
330	20	20	245
360	20	20	245
390	20	20	245
420	20	20	245
450	20	20	245
480	20	20	245
510	20	20	245

	30	40	50
290	0	0	0
330	0	0	0
360	0	0	0
390	10	10	10
420	15	15	15
450	50	50	50
480	15	15	15
510	10	10	10

	30	40	50
290	0	0	0
330	0	0	0
360	0	0	0
390	0	0	0
420	0	0	0
450	100	100	100
480	0	0	0
510	0	0	0

Figur 1 del 1. Pris för massaved i gallring. Turkos färg indikerar lösning för manuellkap ("only allowed to cut manually").

Figur 1 del 2. Alternativ 1: Fördelningsönskemål för massaved med spridd styrning mot önskad längd.

Figur 1 del 3. Alternativ 2: Fördelningsönskemål för massaved med hård styrning mot en specifik längd.

Slutavverkning

DIAMETERKLASSER

Diaklass A: Vid slutavverkning har topparna ofta snabb avsmalning i toppen vilket i kombination med ett stort aggregat gör det svårt att hantera toppar. Välj därför först en klass ca 10 mm grövre än mindia för att minska konsekvenserna av prognosfel och hanteringssvårigheter. Sätt korrekt massavedspris..

Diaklass B: Välj därefter en klass vid lägsta betalade diametern. I denna klass bör ett lågt massavedspris användas för att systemet inte ska sikta på denna dimension förrän vid sista kapet.

Diaklass C: samma som gallring.

Äldre tallar har ofta snabb avsmalning nära toppen och äldre granars kvistar är ofta svårkvistade i toppen och följer med i aggregatet under kvistning. Dessa problem med tall och gran gör det tyvärr svårt att helt lita på automation i apteringen i slutavverkning. Förutsättningarna i gallring är bättre.

LÄNGDKLASSER

Samma som gallring.

	30	50	60
290	20	20	245
330	20	20	245
360	20	20	245
390	20	20	245
420	20	20	245
450	20	20	245
480	20	20	245
510	20	20	245

	30	50	60
290	0	0	0
330	0	0	0
360	0	0	0
390	10	10	10
420	15	15	15
450	50	50	50
480	15	15	15
510	10	10	10

	30	50	60
290	0	0	0
330	0	0	0
360	0	0	0
390	0	0	0
420	0	0	0
450	100	100	100
480	0	0	0
510	0	0	0

Figur 2 del 1. Pris för massaved i slutavverkning. Turkos färg indikerar lösning för manuellkap ("only allowed to cut manually").

Figur 2 del 2. Alternativ 1: Fördelningsönskemål för massaved med spridd styrning mot önskad längd.

Figur 2 del 3. Alternativ 2: Fördelningsönskemål för massaved med hård styrning mot en specifik längd.

BILAGA 6

Identifierade brister och buggar i apterings- och mätsystemen i testen

Timbermatic H-12 (John Deere)

1. Ej manuellt mätta slumpstammar kan ej rapporteras i form av en hqc-fil.
2. De fem senaste slumpstamsinställningarna loggas ej korrekt i hqc-filen (enbart den sista inställningen).
3. Manuella kap ej helt korrekt implementerade.
4. Kvalitetsvektorn höjder registrerade i dm istället för cm.
5. Identitets-elementet SpeciesGroupInfo i hpr-filen registreras fel vid jämförelse med spi-filen.
6. Friskkvist- och rotavsmalningsfunktionerna (spp) läses inte in från spi utan är en maskininställning.
7. Hantering av ej tillåtna kvaliteter vid friskkvist fungerar ej korrekt, se stam 44. Kvalitet 5 överapteras.
8. Top log freebuck fungerar ej enligt specifikation

Maxi Explorer (Komatsu)

1. De fem senaste slumpstamsinställningarna loggas ej korrekt (enbart den sista inställningen).
2. Friskkvist, kvalitet 4 överapteras, ej korrekt enligt instruktion.
3. User define data, fråga kommer upp vid varje insändning, irriterande. Data lagras i alla del-rapporteringar, ackumulerade.

Opti 4G (Ponsse)

1. Vissa stockdiametrar felregistrerade vid flerträds-upparbetning.
2. Stammar försvann vid flerträds-hanteringen (del-studie 2). Totalt försvann en STP, tre MTP och en MTF från hpr-filen vilka dock registrerades i pri-filen.
3. DBH-höjd och rotavsmalningsfunktion skall vara enligt spi och inte en maskininställning.
4. Manuella kap inte korrekt registrerade vid "automatisk backning" (Minus optimization)

5. Åtgärda mom-filen avseende saknade element och tidsorientering. Saknade element är OperatorLoginTimes, OperatorShiftDefinitions, ShortDownTimes och OtherMachineData (ej inkluderat för TerrainTravel and OtherWork).
6. Top log freebuck fungerar ej enligt specifikation.
7. Friskkvist stam 11 och 35 fungerar ej, orsak okänd.
8. MTH stam 119 toppdiameter större än DBH, stam 124 rotdiameter större än DBH. Ca 10 MTH-stammar bort, ej lagrade.

Dasa Forester H70 (Rottne)

1. Automatiskt gränssnitt när ny pin-fil tas emot i skördaren saknades.
2. DBH skall ha samma värde som återfinns i diametervektorn för den enligt spi-filen specificerade höjden.
3. Friskkvist avviker från Aptan å grund av tolkning av DBH olika (pb/ub) för stam nummer 12 och 38 (se föregående punkt).
4. Friskkvistfunktionsparametrar för gran i hpr-filen måste validera.
5. Massaved och timmer kapad utanför kaplucka blir registrerad som vrak. (Sista biten på StemKey 1548, 1561, 1613 är registrerade som brännved och inte som förväntat massaved).
6. Top log freebuck fungerar ej enligt specifikation
7. Manuell aktivering av friskkvistfunktion krävs, det är inte tillräckligt att aktivera denna funktion via spi-filen.

Stamlängder och vrakhantering vid apteringssimulering

PROBLEM

Vid apteringsuppföljning har stamlängden som jämförs betydelse för vilken apteringsgrad som erhålls. Vid prov med stamprofiler (hpr med stamvektor) kommer en stam som innehåller värden efter sista kapstället troligen att få något lägre apteringsgrad än en som bara har värden fram till kapstället. (Om man vill använda filerna i olika plane-rings-/analyssammanhang är det givetvis bäst om så många värden som möjligt registreras av apteringsdatorn.)

Vid manuell uppföljning registrerar man lämpligen hela gagnvirkesdelen av trädet. Ett stort problem uppstår då om stammen är toppbruten. Hur långt ska man då samla in värden?

I enlighet med testet 2001 och 2006 (Möller 2002, 2008) så har reglerna enligt nedan använts.

REGLER FÖR REGISTRERING AV STAMLÄNGD

Stamdata från skördare

Stamlängden används fram till sista kapställe. Övriga diametervärden tas bort i stamfilen vid analys i Aptupp. I apt-filen tillåts, för att inte uppföljningsprogrammet ska vara låst av redan registrerade kapningsdata, att Aptupp apterar ned till 0,5 m långa massavedsbitar till fullt volympris. Kortbitarna är tillåtna från minimidiameter för massaved upp till minimidiameter för timmer och/eller kubb (140 mm i studien).

Manuell stamdatainsamling - oskadade träd

Stamdiametrar registreras fram till gagnvirkesgränsen, som i regel är 50 mm ub och detta mått återfinns oftast på den outnyttjade toppdelen. Aptupp lägger ut bitar av tillåtna längder längs stammen. På så sätt kan man också följa upp hur väl massaveden tillvaratas i toppdelen på trädet.

Manuell stamdatainsamling - toppbrutna träd

Vid toppbrott registreras stammen fram till toppbrottet. I studien förkastades de träd där toppbrottet var grövre än mindiametern för timmer ca 140 mm.

Aptupp apterar tillåtna längder fram till toppbrottet. I Aptupp tillåts även massaved ned till 0,5 meter i diametrar klenare än 140 mm för att inte styras till skördarens sista toppdiameter.

VRAKPRIS

Vrakade timmerstockar har fått priset 300 kr/m³ vilket motsvarar ungefärligt massavedspris. För massaved så har priset för barrmassaved använts för vrakade bitar om massavedsbiten är minst 2,8 m lång. Motivet är att i de flesta fall så kommer de att mätas in med normalt pris och vara fullt leveransgilla.

BILAGA 8

Timmerprismatriser och fördelningsmatris i testet

Figur 1. Prismatris för kvalitet 1 gran som användes i värdeapteringstesten. Längden 41 dm var förbjuden och fick inte apteras i skördaren. I klassen 160 mm så var endast längderna 460 cm och 520 cm tillåtna. Priset är angivet i kronor/m· topp mätt under bark.

Prismatris	Fördelningsmatris				Begränsningsmatris				Övrigt			
Längd\Dia	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
370	300	300	430	455	480	495	515	530	545	560	565	465
400	300	300	410	435	460	480	500	515	530	545	550	450
410	300	300	410	435	460	480	500	515	530	545	550	450
430	300	440	485	510	535	560	580	595	610	625	630	530
460	300	455	503	528	553	573	593	608	623	638	643	543
490	300	440	508	533	558	578	598	613	628	643	648	448
520	300	455	520	545	570	590	610	625	640	655	660	560
550	300	300	525	550	575	600	620	635	650	665	670	570

Figur 2. Prismatris för kvalitet 2 gran som användes i värdeapteringstesten. Längden 41 dm var förbjuden och fick inte apteras i skördaren. I klassen 160 mm så var endast längderna 460 cm och 520 cm tillåtna. Priset är angivet i kronor/m· topp mätt under bark.

Prismatris	Fördelningsmatris				Begränsningsmatris				Övrigt			
Längd\Dia	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
370	300	300	330	350	370	380	395	410	420	435	435	355
400	300	300	310	330	350	365	380	395	405	420	420	340
410	300	300	310	330	350	365	380	395	405	420	420	340
430	300	345	395	415	435	448	463	478	488	503	503	423
460	300	365	403	423	443	458	473	488	498	513	513	433
490	300	345	408	428	448	463	478	493	503	518	518	438
520	300	365	420	440	460	475	490	505	515	530	530	450
550	300	300	425	445	465	485	500	515	525	540	540	460

Figur 3. Prismatris för kubb gran som användes i värdeapterings-testen. Priset är angivet i kronor/m³ fub. Kvalitet 1 och 2 var tillåtna i grankubben.

Prismatris	Fördelningsmatris										Begränsningsmatris	Övrigt
Längd\Dia	130	140	150	160	170	180	190	200	210			
305	235	270	280	315	325	350	360	330	320			

Figur 4. Prismatris vid fördelningsapteringstest. Gemensam matris för gran klass 1-2. Längden 400, 430 och 520 cm helt förbjudna i diameterintervallet 140-160 mm.

Prismatris	Fördelningsmatris												Begränsningsmatris	Övrigt
Längd\Dia	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360		
370	300	300	330	350	370	380	395	410	420	435	435	355		
400	300	300	310	330	350	365	380	395	405	420	420	340		
410	300	300	310	330	350	365	380	395	405	420	420	340		
430	300	345	395	415	435	448	463	478	488	503	503	423		
460	300	365	403	423	443	458	473	488	498	513	513	433		
490	300	345	408	428	448	463	478	493	503	518	518	438		
520	300	365	420	440	460	475	490	505	515	530	530	450		
550	300	300	425	445	465	485	500	515	525	540	540	460		







skogforsk

skogforsk.se