

Utveckling och utvärdering av automation för drivare

JÄMFÖRANDE STUDIE I MASKINSIMULATOR

Development and evaluation of automation for harwarders
A comparative study in a machine simulator

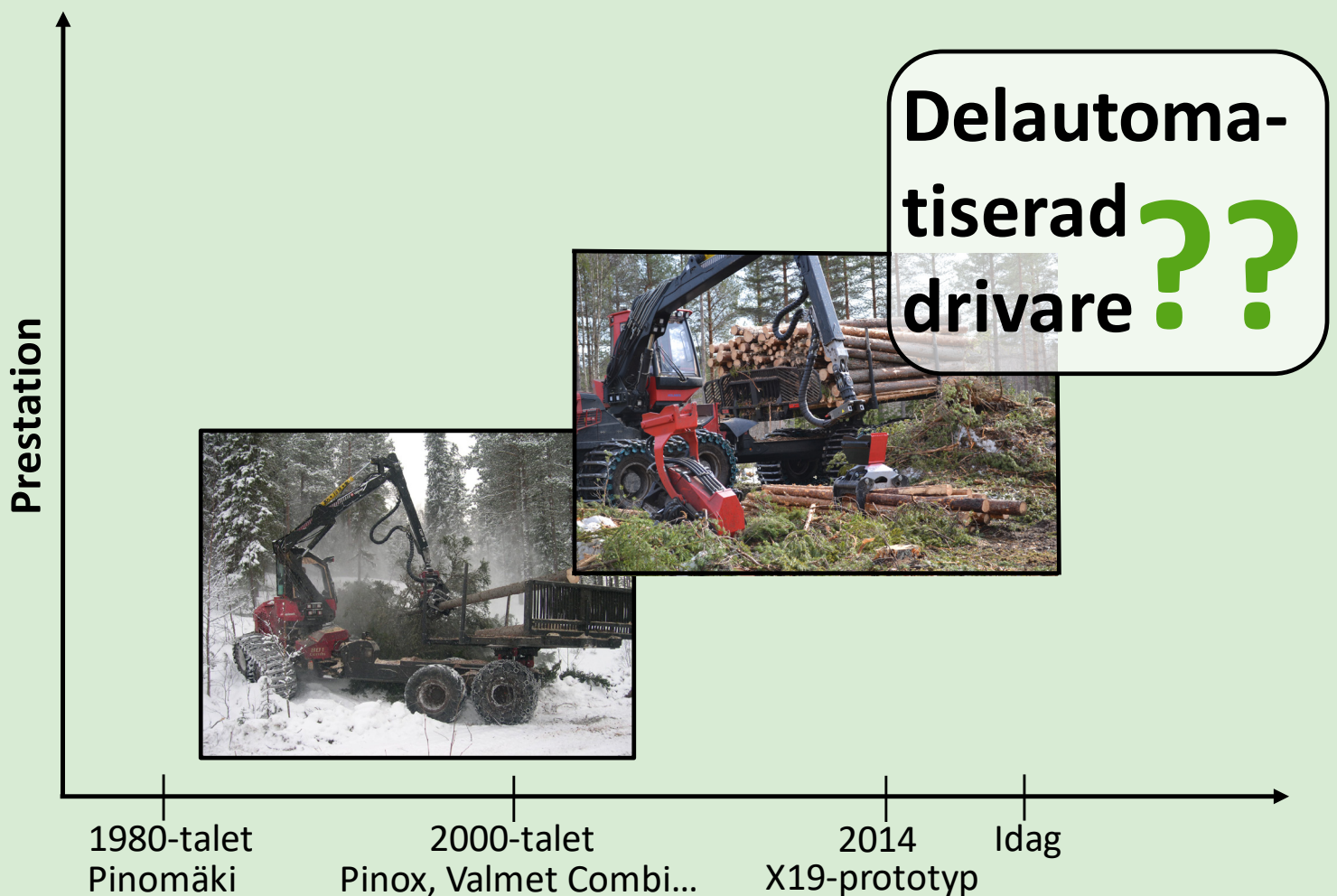


FOTO: SKOGFORSK

Summary

A harwarder is a machine that does the work of both a harvester and a forwarder. Consequently, the harwarder operator must perform more parallel work elements than the operator of a harvester or a forwarder, which makes harwarder work cognitively more demanding. Automation would reduce the number of machine functions the operator needs to control simultaneously, and possibly enable remaining tasks to be completed faster.

As with the need for automation, the technical conditions for automation are more favourable for the harwarder than for today's harvester-forwarder system. The harvester places cut logs on the ground, so the forwarder must pick up the logs again. If a forwarder is robotised, picking up the logs is a difficult and complex task. In contrast, the harwarder cuts the logs directly on the load space. This process avoids the problem of identifying the logs spatially to enable them to be picked up again at a later stage. These conditions for automation are unique for the harwarder.

A study was carried out in a machine simulator, comparing a manually controlled harwarder with one that was partly automated. The aim was to analyse whether harwarder productivity could be increased by automating certain work elements.

The results showed there was no general difference in productivity between a manually controlled harwarder and one equipped with automatic functions. However, statistically significant differences were found when the impact of the automation was analysed by work element. When harwarder operation was automated, the time taken for the work element felling of the tree increased. In contrast, time was saved by automation when felled stems were collected and the load space turned. Measured time differences were relatively small, and also varied somewhat between the two operators in the study. More significant time savings would require considerable development work, such as operator-specific machine settings.

Förord

Skogforsk utförde denna studie i samarbete med SCA Skog och Sveaskog. Initiering gjordes i samråd med Drivargruppen, som är en av Skogforsks samverkansgrupper. Drivargruppen bildades under 1990-talet som ett forum för brukare att diskutera specifikationer för nya maskinkoncept samt dela erfarenheter och studieresultat kring dessa. Arbetet med ett nytt drivarkoncept för slutavverkning började 2007. Drivargruppen bestod i maj 2018 av:

Företag	Namn
Billerud Korsnäs	Per Nordahl
Holmen	Jonas Eriksson
Holmen	Robert Johansson
Stora Enso	Mattias Bränngård
Sveaskog	Linnéa Carlsson
Södra	Patrik Anderchen
Södra	Magnus Petersson
Skogforsk	Rikard Jonsson (sammanställande)
Skogforsk	Petrus Jönsson
Skogforsk	Hagos Lundström
Skogforsk	Jussi Manner
Skogforsk	Anders Mörk

Vi tackar maskinförarna Erik Norrman (SCA Skog) och Per Andersson (Sveaskog) som deltog i studien samt maskininstruktör Per Lysebäck (Komatsu) för bra inspel och testkörning av den virtuella maskinen. Vi tackar också *Stiftelsen Nils och Dorthi Troëdssons forskningsfond* för finansiering av studien.

Studien utfördes i Skogforsks maskinsimulator, *Troëdsson Forest Technology Lab*, som har blivit ett allt viktigare hjälpmedel vid utveckling och utvärdering av ny teknik och nya metoder för skogsbruket. Simulatoren har givit oss en möjlighet att testa nya konceptuella maskinsystem samt tekniska lösningar i form av virtuella prototyper.

Författarna

Uppsala, 2019-11-18

Innehåll

Summary.....	2
Förord.....	3
Sammanfattning.....	5
Introduktion.....	6
Material och metoder.....	8
Utrustning och genomförande.....	8
Beskrivning av momoentindelning.....	9
Beskrivning av de automatiska sekvenserna.....	10
Konstruktion av den virtuella drivaren.....	10
Virtuell skog.....	11
Avgränsningar och begränsningar.....	12
Statistiska analyser.....	13
Resultat.....	14
Tidsstudie.....	14
Intervjuer.....	14
Diskussion.....	17
Referenser.....	18
Bilaga A. Körschema.....	19
Bilaga B. Arbetsmomentdefinitioner.....	20
Bilaga C. Beskrivning av automatiska funktioner.....	21
Bilaga D. ANCOVA- och ANOVA-resultat.....	27

Sammanfattning

Drivaren är en maskin som gör både skördarens och skotarens arbete. En drivarförare måste därför behärska fler parallella arbetsmoment än skördar- eller skotarförare. Detta gör drivararbetet kognitivt mer krävande. Med hjälp av automation skulle föraren inte behöva styra lika många maskinfunktioner parallellt och då möjligtvis kunna klara kvarvarande uppgifter snabbare.

Precis som behovet av automation är också de tekniska förutsättningarna för automation bättre för drivaren än för dagens skördar-skotarsystem. Att skördaren lägger kapade stockar på marken innebär att skotaren måste plocka upp stockarna igen. För en eventuell robotiserad skotare är det en svår och komplex uppgift. Stockarna måste identifieras spatialt för att senare kunna plockas upp igen. Det här problemet slipper drivaren, eftersom den kapar stockarna direkt på lastredet. Detta ger drivaren unika förutsättningar för automation.

En jämförande studie mellan manuellt styrd och delautomatiserad drivare utfördes i maskinsimulator. Studiens syfte var att analysera möjligheter att öka drivarens prestation genom att automatisera vissa arbetsmoment.

Resultaten visade att det inte fanns någon generell prestationsskillnad mellan en manuellt styrd drivare och en drivare utrustad med automatiska funktioner. Däremot fanns det statistiskt säkerställda skillnader då automatikens inverkan analyserades momentvis. Vid körningarna med automatik ökade tidsåtgången under arbetsmomentet fällning av trädet. Däremot sparade automatiken tid under intagning av fällda stammar och vridning av lastredet. De uppmätta tidsskillnaderna var dock relativt små och varierade dessutom något mellan de två förarna som deltog i studien. Mer betydande tidsbesparingar kräver en hel del utvecklingsarbete, till exempel förarspecifika maskininställningar.

Introduktion

Stagnerad utveckling – tvåmaskinsystemet dominerar

Tvåmaskinsystemet, bestående av skördare och skotare, dominerar totalt på den nordiska marknaden för avverkningsmaskiner (Malinen m.fl. 2016). Skördaren fäller, kvistar, upparbetar och sorterar virket på marken, varifrån skotaren lastar det för transport till bilväg.

Tvåmaskinsystemets överlägsna marknadsposition har dock utmanats upprepade gånger av bland annat drivaren (se omslagsbilden). Drivaren är ett *enmaskinsystem*, där alla moment i drivningen utförs med en maskin. Virket upparbetas direkt på ett lastrede. Detta kallas för *direktlastning*. Till skillnad från tvåmaskinsystemet hamnar då inget virke på marken förrän vid avlägget.

Drivarprototypen X19

Drivarprototypen X19 lanserades av Komatsu Forest 2014. De tidigare drivarmodellerna var utrustade med kombinationsaggregat som fyllde funktionerna av både skördaraggregat och grip. I kontrast är X19 utrustad med ett snabbfäste som möjliggör smidiga redskapsbyten, vilket innebär att ett konventionellt skördaraggregat och skotargrip kan användas. Prestationen ökar då skördaraggregat och skotargrip används i stället för kombinationsaggregat (Jonsson m.fl. 2016a). X19 är dimensionerad för slutavverkning, med 19 tons lastkapacitet.

Prototypen X19 har visat sig prestera bra och dess drivningskostnader (kr/m³) är ungefär på samma nivå som för det konventionella tvåmaskinsystemet (Jonsson m.fl. 2016b; Manner m.fl. 2016). Trots det krävs ytterligare utveckling innan drivaren är intressant för serietillverkning. För vidare läsning om drivare hänvisas till arbetsrapporter av Jonsson m.fl. (2016b) och Manner m.fl. (2016), där befintlig drivarlitteratur har sammanfattats och analyserats grundligt.

Möjligheter och utmaningar i automatisering av avverkningsarbetet

I tvåmaskinsystemet lägger skördaren kapade stockar på marken, som sedan skotaren plockar upp igen. För skotarförare innebär detta inga stora problem. De använder sin syn för att lokalisera och lasta rätt sortiment på ett lass. För en eventuell automatiserad skotare är detta däremot en svår och komplex uppgift. Variationer i markens ytstruktur, stubbar och stenar, svårigheter med spatial positionering med hög precision och flera andra faktorer gör att omfattande automatisering av skotarbete inte kommer att vara realistiskt i praktiskt skogsbruk inom en snar framtid.

Drivaren, däremot, kapar stockarna direkt på lastredet. Tack vare det undviks problemet att identifiera stockarna spatialt för att kunna plocka upp dem igen i ett senare skede. Detta innebär förutsättningar för automation som är unika för drivaren.

Stort behov av automation i drivarbetet

Precis som förutsättningarna är också behovet av automation större för drivaren än för tvåmaskinsystemet. Detta beror på att drivarförare måste behärska fler parallella arbetsmoment än skördar- eller skotarförare. Drivarens arbetscykel består av kran-ut-rörelse mot en stam, fällning av stammen, intagning av stammen mot lastredet, upparbetning, vridning och tiltning av lastredet samt körning mellan uppställningsplatser. Dessa arbetsmoment utförs delvis parallellt, och föraren måste också ständigt planera arbetet vidare.

Dessutom måste drivarföraren behärska terrängtransport med en fullastad maskin och avlastningsmomentet med allt vad det innebär av planering och uppbyggnad av vältor. På grund av dessa faktorer blir inlärningstiden längre för drivarförare än för skördar- eller skotarförare. Med automation kan denna tid möjligtvis förkortas samtidigt som den mentala belastningen för både nya och erfarna drivarförare kan minska.

Med automatik skulle drivarens prestation kunna förbättras – både direkt och indirekt. Den direkta inverkan innebär att föraren inte behöver styra lika många maskinfunktioner parallellt och då klarar av sina uppgifter fortare. Med den indirekta inverkan avses att föraren orkar hålla en högre prestationsnivå under längre tid då belastningen är lägre.

Syfte

Studiens syfte var att analysera möjligheter att öka drivarens prestation genom att automatisera vissa arbetsmoment.

Material och metoder

UTRUSTNING OCH GENOMFÖRANDE

Härefter kallas drivaren med avstängda automatiken för *manuellt styrd drivare*. Den manuellt styrda drivaren motsvarar dock inte direkt någon av de tidigare kommersiella drivarmodellerna såsom Valmet Combi 801 eller Pinox 828, inte ens prototypen Komatsu X19. Kranspetsstyrning användes genomgående, oavsett om övriga automatiska funktioner användes eller inte. Följaktligen är begreppet ”manuellt styrd” per definition lite felaktigt eftersom kranpetsstyrningen i sig är en typ av kranautomation. Utöver det var också dagens konventionella skördarautomatik (automatisk aptering och uppberedningssekvens) tillgänglig, trots att själva drivarautomatiken hade varit avstängd.

Vi bedömde att kranpetsstyrningen, som är användbar också för tvåmaskinsystemet, inte ökar drivarens relativa konkurrenskraft. Därför användes kranpetsstyrning både vid den manuella användningen av drivaren och med den utökade automationen. Anledningen till detta val var också att det finns goda skäl att tro att kranpetsstyrning mest sannolikt kommer att vara det dominerande styrsystemet redan inom en snar framtid (se Manner m.fl. 2019). Funktionaliteten har detaljerat beskrivits bland annat av Englund m.fl. (2018) och Manner m.fl. (2019).

Drivaren med påslagen automatik kallas för *automatdrivare*. Även denna benämning är, per definition, lite felaktig. Automatdrivaren är inte fullständigt automatisk (det vill säga förarlös) utan körs av föraren, men automationen ska minska arbetsbelastningen och öka prestationen.

En virtuell drivarprototyp byggdes, som kunde köras både med automationen påslagen och avstängd. Utöver det, konstruerades också en virtuell skog som kunde avverkas av den virtuella drivaren. Detta möjliggjorde en jämförande studie mellan automatdrivare och manuellt styrd drivare. Studien utfördes i Skogforsks maskinsimulator, Troëdsson Forest Technology Lab (Figur 1). Hela programmeringsarbetet köptes in av Oryx Simulations AB.

Två mycket produktiva förare deltog i studien. Förarna hade kört drivarprototypen X19 i tre månader var, tre respektive fyra år före denna studie. Den ena föraren hade totalt 17 års erfarenhet av skördare och 11 år av skotare. Den andra föraren hade tre års erfarenhet av skördare och 12 år av skotare. Båda förarna använde Virtual Reality (VR) -glasögon under studien. VR-glasögonen ger en realistisk djupkänsla, vilket är viktigt vid krankörning.

För att minska effekter av ökad inläring mellan upprepningarna i studien övade förarna före studien på körning både med och utan automatik tills de kände sig bekväma med båda varianterna. Dessutom blev eventuell kvarvarande inläringseffekt kontrollerad genom en specifik ordning på upprepningarna (Bilaga A). Denna specifika ordning tillämpades för att slumpa och därmed jämna ut effekter från störvariabler (både kända och okända störningar) och därmed kontrollerades deras inverkan på resultaten. Båda förarna körde 6 upprepningar med, respektive utan, automatik. Således blev det totalt 12 upprepningar per förare, och totalt 24 i studien. Studien utfördes som en konventionell tidsstudie med manuell tidtagning.

Arbetet med den virtuella drivaren filmades med en funktion i simulatormjukvaran. Det insamlade filmmaterialet möjliggör även mer kvalitativa analyser som kan bidra till tolkning och förståelse av resultat från tidsstudien. Förarna blev också intervjuade om hur de upplevde simulatormiljön, den virtuella drivaren samt de automatiserade funktionerna.



Figur 1. Drivararbete på gång i en virtuell skog. Som ett extra förarstöd markerades rekommenderat fällningsområde med en röd ram i rött på marken. Detta stöd var tillgängligt hela tiden, oavsett om automatiska sekvenser används eller inte.

BESKRIVNING AV MOMENTINDELNING

Automatdrivarens arbete delades upp i olika arbetsmoment enligt samma principer som tillämpades i fältstudierna av drivarprototypen X19 – oavsett om automationen var påslagen eller avstängd. En arbetscykel bestod av arbetsmomenten: *Kran ut*, *Fällning*, *Intagning* samt *Upparbetning*. Momentet *Upparbetning* delades upp i tre delmoment: *Kvistning-kapning*, *Vridning och tiltning av lastredet* och *Justering*.

I studien användes så kallad sekvensstyrning, vilket innebär att matning och kapning sker automatiskt så länge föraren håller inne "grip stäng" på höger joystick. Föraren kunde som vanligt ta över och mata och kapa manuellt vid behov. Sekvensstyrningen är standard hos dagens moderna skördare.

Mer detaljerad beskrivning om arbetsmomenten finns i Bilaga B.

BESKRIVNING AV DE AUTOMATISKA SEKVENSERNA

Automatisk fällriktning

Aggregatet fördes manuellt mot stammen som ska fällas. Därefter angav föraren genom att trycka "grip öppna" på höger joystick att aggregatet automatiskt vreds till fällriktningen, som innebar att stammen hamnade i en lämplig vinkel i förhållande till lastredet. Föraren aktiverade funktionen genom ett tryck på höger joystick's vippa, som också användes för att öppna och resa aggregatet. Det var dock upp till föraren att själv ansätta aggregatet runt stammen. Själva fällningskommandot utfördes alltid manuellt på vanligt sätt.

Automatisk intagning

Funktionen förde aggregatet med stammen till en position framför lastredet. Föraren aktiverade funktionen genom att trycka på vippan på vänster joystick. Rörelsen mot lastredet var aktiv så länge föraren höll inne vippan. Den automatiska funktionen siktade mot en position i mitten av lastredet och det var upp till föraren att själv justera aggregatets position så att stammen som skulle upparbetas hamnade i rätt fack och kapades från en lämplig höjd.

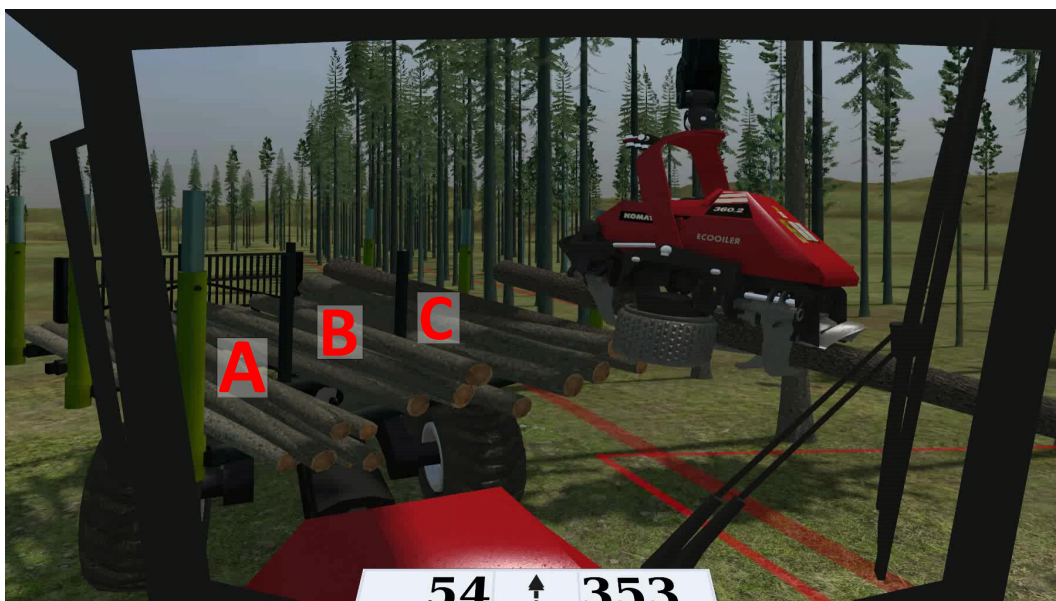
Automatisk vridning av lastredet

Funktionen vred lastredet automatiskt i linje med stammen under upparbetningen. Målet med funktionen var att stockarna ska hamna rakt på lastredet och att föraren inte ska behöva justera lastredets vinkel manuellt under upparbetningen. Det var dock fortfarande upp till föraren att manuellt flytta aggregatet för att sortera stockarna efter sortimentstillhörighet i de olika facken.

En mer uttömmande beskrivning av de automatiska funktionernas utformning finns i Bilaga C.

KONSTRUKTION AV DEN VIRTUELLA DRIVAREN

Befintliga virtuella komponenter, som redan fanns i simulatören från tidigare studier, användes då det var möjligt. Basmaskinen baserades på den tidigare serietillverkade drivaren Valmet 801 Combi, men med kran från Komatsu 941 och skördaraggregatet Komatsu 360.2. Den virtuella drivaren utrustades med ett lastrede som kunde vridas (runt den vertikala axeln) och tiltas (runt lastredets horisontella axel). Lastredet kunde styras manuellt genom en grupp av fyra knappar på paletten invid vänster joystick. Lastredet var utrustat med två par (det vill säga fyra stycken) skiljestöttor vars höjd var 70 procent av de ordinarie stöttornas höjd. Skiljestöttorna utformade tre sortimentfack (Figur 2). Storleken på facken var anpassade efter den virtuella skogens sortimentfördelning. Aptereringen manövrerades med systemet Dasa Forester.



Figur 2. En vy från hytten under pågående virtuellt drivararbete. Två par (4 st.) fasta skiljestöttar delar upp lastredet i tre fack (A, B och C). Massavedsfacket "A" utgör 30 procent, klentimmerfacket "B" utgör 30 procent, och timmerfacket "C" utgör 40 procent av lastredets totala volym. Skiljestöttornas höjd är 70 procent av sidostöttornas höjd.

VIRTUELL SKOG

För att kunna studera den konstruerade virtuella drivaren, behöver man en virtuell skog (Figur 1). I denna studie var skogen ett slutavverkningsbestånd med bara ett trädslag, tall. Stammarna apterades till tre sortiment: timmer, klentimmer och massaved.

Beståndet som skulle avverkas var markerat med två parallella röda linjer. De var framför allt för att undvika att föraren försöker sträcka sig efter träd som står för långt bort. Genom att de träd som skulle avverkas var tydligt avgränsade säkerställdes att föraren gjorde samma arbete varje gång. Vid sidan av maskinen fanns också ett område som markerade ett rekommenderat arbetsområde. Syftet med markeringen var att ge förarna stöd i att följa samma arbetsmetod vid varje upprepning. Området hade formen av en parallelogram och följde med maskinen vid förflyttningar.

Trots att den virtuella skogen generellt var väldigt homogen innebar den ändå en viss variation i form av spatial stamfördelning, trädhöjd, brösthöjddiameter, stamvolym och antal sortiment per stam. Alltså, precis som en riktig skog. Därför fanns det variation även mellan lassen i form av: medelstamvolym, medelbrösthöjddiameter, antal stockar och antal stammar per lass. Den "naturliga" variationen eliminerade risken att förarna skulle lära sig det virtuella beståndet "utantill"; och därmed ökade simulatormiljöns realism. Varierande förutsättningar kontrollerades efteråt statistiskt, se stycket [Statistiska analyser](#) för mer detaljerad beskrivning. Däremot fanns inga defekter såsom krokighet eller röta och lastspecifik sortimentfördelning hölls konstant genom hela studien.

AVGRÄNSNINGAR OCH BEGRÄNSNINGAR

Vi är inte säkra på om stockarnas sätt att samspela med varandra i simulatorn motsvarar verkligheten. Detta komplexa samspel omfattar bland annat:

- 1) Stockarnas tröghet mot varandra på grund av friktion och andra faktorer.
- 2) Hur tyngdacceleration och övriga accelerationer (lastredets rörelser och skakningar) påverkar enskilda stockar och stockarna tillsammans.

Det faktum att simulatorn (läs: datorn) måste räkna om läget på vardera stocken på lasset kontinuerligt innebär en risk för: orealistiskt beteende på stockarna, seg eller hackig körning av programmet (simulatormiljö) och även en risk för återkommande datorkraschar. Framförallt segheten hade varit en uppenbar felkälla eftersom tidtagningen skedde manuellt och det använda ”stoppuret” inte var synkroniserat med simulatorn.

För att avlasta datorn och minska risken för datorkraschar, byttes stockarna på lasset mot tre stycken lådor (Figur 3). Bytet gjordes då man hade nått ungefär en tredjedel av lasshöjden. För att minimera störningen för förarna, genomfördes bytet efter att uppbyggnaden av en stam var klar och aggregatet var på väg ut mot nästa stam. Efter bytet avverkade och lastade man några stammar upp till cirka två tredjedelar av lastredets maxkapacitet, vilket också utgjorde en komplett upprepning. Följaktligen var observationsenheten ett sådant lass.



Figur 3. Stockarna har bytts ut mot tre stycken violetta lådor, och föraren har redan börjat lasta nya stockar ovanpå lådorna. Avverkning ska pågå tills cirka två tredjedelar av lastredets maxkapacitet har nåtts. Den nivån bedömdes som ett fullt lass.

Lossningsarbetet inkluderades inte i studien. Det hade varit tekniskt svårt, eftersom stockarna efterhand ersattes av lådorna, men det bedömdes heller inte vara av intresse. Som redan konstaterats var antalet sortimentfack på lastredet lika med antalet avverkade sortiment och storleken på facken var anpassad efter skogens sortimentsfördelning. Det skulle ha inneburit så förenklat lossningsarbete att det inte hade funnits någon relevant anledning att anta att lossningstiden skulle ha varierat mellan lassen. Det fanns heller

ingen automatisk funktion som direkt påverkade lossningsarbetet. Även arbetsmomenten *körning utan* och *med lass* exkluderades från studien. Vid behov kan dock den relativa inverkan av de exkluderade arbetsmomenten beräknas med hjälp av befintlig litteratur, se exempelvis Jonsson m.fl. (2016b) och Manner m.fl. (2016).

STATISTISKA ANALYSER

Varians- och kovariansanalys (ANOVA, ANCOVA) användes för att analysera hur faktorerna *System* (automatik eller manuell) och *Förare* (förare 1 eller 2) påverkade tidsåtgång vid drivararbete. Tidsåtgången analyserades arbetsmomentvis per: *Kran ut, Fällning, In- tagning, Upparbetning* (vidare uppdelad i: *Kvistning-kapning, Vridning och tiltning av lastredet, Justering*) och *Körning* (mellan uppställningsplatser). Efter varje upprepning summerades arbetsmomenttiderna till en variabel *Total tid*.

Antingen *Antal stockar* per lass, *Antal stammar* per lass, lassets *Medelstamvolym* eller lassets *Medelbrösthöjddiameter (Medel-BHD)* användes som en kovariat beroende på vilken av dem förbättrade statistiska modellen effektivast. Kovariaten inkluderades dock enbart om den förbättrade modellen.

Virkesvolym anges genomgående i m³fub (fastmått under bark) och tidsåtgång anges i G₀-tid (effektiv tid utan avbrott). Alla medelvärden som redovisas i avsnittet "Resultat" är modellerade funktionsvärden (Estimated Marginal Means). ANOVA- och ANCOVA-modellerna analyserades genom en generell linjär modell, och skillnader mellan olika behandlingar analyserades med hjälp av Tukey-test. Modellerna inkluderade också samspelseffekten mellan faktorerna *System* och *Förare*. Som en gräns för statistiskt säkerställda skillnader har 5 procent använts ($p \leq 0,05$). Alla statistiska analyser genomfördes i programmet Enterprise guide 7.1 (SAS Institute Inc.).

Resultat

TIDSSTUDIE

Förarna hopslagna

Då förarna analyserades som en grupp sparade automatiken tid enbart under arbetsmomenten *Intagning* (9,3 procent) och *Vridning och tiltning av lastredet* (97,8 procent) (Tabell 1). I kontrast tog användning av automatiken mer tid än manuell styrning under arbetsmomentet *Fällning* (15,3 procent). I övriga arbetsmoment fanns inga statistiskt säkerställda skillnader mellan systemen (manuell eller automation). Det fanns inte heller någon statistiskt säkerställd skillnad i *Total tid* mellan systemen (Tabell 1). Anmärkningsvärt var att då *Upparbetning* analyserades som en summa av *Kvistning-kapning*, *Vridning och tiltning av lastredet* och *Justering*, fanns det inte längre någon statistiskt säkerställd skillnad mellan systemen (Tabell 1).

Förarvisa resultat

Båda förarna analyserades också var för sig (Tabell 2 och 3). Mestadels var förarnas respons på automatiken likadan; man varken sparade eller förlorade tid med automatiken. *Totala tider*, med eller utan automatiken, var i praktiken identiska. På arbetsmomentnivå var dock förarnas respons på automatiken i vissa fall annorlunda. Förare 2 konsumerade 26,5 procent mer tid med automatiken under arbetsmomentet *Fällning* men sparade 13,2 procent tid med automatiken under arbetsmomentet *Intagning* (Tabell 3). Förare 1, i kontrast, konsumerade ungefär lika mycket tid under arbetsmomenten *Fällning* och *Intagning* oavsett system; däremot konsumerade han 10,4 procent mer tid med automatiken under arbetsmomentet *Kvistning-kapning* (Tabell 2). Förare 2 konsumerade ungefär lika mycket tid under arbetsmomentet *Kvistning-kapning* oavsett system (Tabell 3). Båda förarna konsumerade mindre tid under arbetsmomenten *Vridning och tiltning av lastredet* då automationen var påslagen (Tabell 2 och 3).

ANOVA- och ANCOVA-resultat

Sammanfattningsvis kan konstateras att förarnas respons på automatiken var relativt lika då *Upparbetning* analyserades som en helhet, och oftast framkallades ingen samspeleffekt. Inverkan av automationen på tidsåtgång varierade dock mellan förarna under ett arbetsmoment, *Fällning*. Detta framkallade en statistiskt säkerställd samspeleffekt (Bilaga D, jämför Tabell 2 och 3). Inkludering av kovariaterna normaliserade och harmoniserade residualfördelningarna effektivt och följaktligen behövde inte data transformeras (Bilaga D). Förare och kovariat (*Antal stammar*, *Antal stockar*, *Medel-BHD* eller *Medel-stamvolym*) var typiskt de viktigaste faktorerna, medan användningen av automationen (manuell eller automation) hade mindre betydelse (Bilaga D).

INTERVJUER

Upplevelse av automationen

Förare 1 uppskattade den automatiska vridningen av lastredet. Han tyckte att det var den viktigaste nya automatiska funktionen och bedömde att den skulle vara till nytta i verklig användning av en drivare. Han önskade dock att vridningen skulle ha varit något snabbare. Den automatiska fällriktningen upplevde han vara till viss nytta, om än liten. Han använde den bara ibland. Hans erfarenhet från att kört drivare på riktigt var att han hade lätt för att hitta rätt fällriktning. Den automatiska intagningen upplevde han som

positiv och skattade att det vid längre tids användning skulle vara avlastande för nacke och axlar att slippa vrida på huvudet för att sikta mot lastredet. Han upplevde dock inte uppgiften som svår att genomföra manuellt.

Förare 2 uppskattade också den automatiska vridningen av lastredet. Den rankade han som den viktigaste funktionen och upplevde att körningen blev lite lättsammare. Han använde även funktionen för automatisk inställning av fällriktningen, men hade önskat att träden fälldes något mer längs med maskinen för att lättare kunna träffa rätt i facken vid upparbetningen. Den automatiska intagningen upplevde han fungerade bra och han tyckte att den tog stammen till en bra position.

Båda förarna upplevde att de reglage som användes för att aktivera aggregatets automatiska vridning till fällriktningen (höger vippa uppåt) och den automatiska intagningen (vänster vippa uppåt) fungerade bra.

Upplevelse av simulatören

Förare 1 upplevde ett visst obehag av att köra simulatören med VR-glasögon. Han tyckte att det efter en stunds körning kändes ansträngt för ögonen, vilket medförde att han inte ville köra mer än 20 minuter åt gången. Varken förare 1 eller 2 upplevde några symptom på "simulatorsjuka" som yrsel eller illamående. De upplevde också att bedömning av avstånd fungerade bra efter en kort inläringstid.

Tabell 1. Förarna hopslagna. Positiv besparing innebär att man konsumerade mindre tid med automatiken påslagen (Auto) än med automatiken avstängd (Manu). Negativ besparing innebär att man konsumerade mer tid med automatik än utan automatik. Tecknet "-" betyder att det inte fanns någon statistiskt säkerställd skillnad mellan systemen (Manu, Auto). Observationsenheten var ett drivarlass och totalt antal lass var 24.

Arbetsmoment	Sekunder/m ³ fub		Besparing		Kovariat
	Manu	Auto	%	p-värde	
Kran ut	5,6	5,6	-	0,896	Antal stockar
Fällning	3,3	3,8	-15,3	<0,001	Antal stammar
Intagning	6,0	5,5	9,3	0,003	Antal stammar
Upparbetning:					
Kvistning-kapning	18,2	19,0	-	0,057	Medel-BHD
Vridning och tiltning av lastredet	1,2	0,0	97,8	<0,001	(ingen)
Justering	0,3	0,3	-	0,859	(ingen)
Summa	19,7	19,3	-	0,438	Medel-BHD
Körning	1,9	2,1	-	0,465	(ingen)
Total tid	36,6	36,2	-	0,502	Medelstamvolym

Se Bilagor B och D för mer detaljerad information.

Tabell 2. Förare 1. Positiv besparing innebär att man konsumerade mindre tid med automatiken påslagen (Auto) än med automatiken avstängd (Manu). Negativ besparing innebär att man konsumerade mer tid med automatik än utan automatik. Tecknet "-." betyder att det inte fanns någon statistiskt säkerställd skillnad mellan systemen (Manu, Auto). Observationsenheten var ett drivarlass och totalt antal lass var 24.

Arbetsmoment	Sekunder/m ³ fub		Besparing		Kovariat
	Manu	Auto	%	p-värde	
Kran ut	6,5	6,5	-	>0,999	Antal stockar
Fällning	3,0	3,1	-	0,988	Antal stammar
Intagning	5,2	5,0	-	0,833	Antal stammar
Upparbetning:					
Kvistning-kapning	16,8	18,6	-10,4	0,023	Medel-BHD
Vridning och tiltning av lastredet	1,8	0,0	100	<0,001	(ingen)
Justering	0,3	0,2	-	0,985	(ingen)
Summa	19,0	18,8	-	0,996	Medel-BHD
Körning	2,6	2,9	-	0,832	(ingen)
Total tid	36,3	36,4	-	0,997	Medelstamvolym

Se Bilagor B och D för mer detaljerad information.

Tabell 3. Förare 2. Positiv besparing innebär att man konsumerade mindre tid med automatiken påslagen (Auto) än med automatiken avstängd (Manu). Negativ besparing innebär att man konsumerade mer tid med automatik än utan automatik. Tecknet "-." betyder att det inte fanns någon statistiskt säkerställd skillnad mellan systemen (Manu, Auto). Observationsenheten var ett drivarlass och totalt antal lass var 24.

Arbetsmoment	Sekunder/m ³ fub		Besparing		Kovariat
	Manu	Auto	%	p-värde	
Kran ut	4,8	4,8	-	>0,999	Antal stockar
Fällning	3,6	4,5	-26,5	<0,001	Antal stammar
Intagning	6,9	5,9	13,2	0,005	Antal stammar
Upparbetning:					
Kvistning-kapning	19,5	19,4	-	0,995	Medel-BHD
Vridning och tiltning av lastredet	0,6	0,1	90,5	0,001	(ingen)
Justering	0,3	0,3	-	>0,999	(ingen)
Summa	20,4	19,7	-	0,814	Medel-BHD
Körning	1,2	1,3	-	0,997	(ingen)
Total tid	36,9	35,9	-	0,661	Medelstamvolym

Se Bilagor B och D för mer detaljerad information.

Diskussion

Tolkning och sammanfattning av resultat

Generellt fanns det inte någon prestationsskillnad om automationen användes eller inte. Däremot fanns det statistiskt säkerställda skillnader då automatikens inverkan analyserades momentvis. Vid körningarna med automatik kunde aggregatets vinkel och därmed fällriktningen ställas in per automatik. Den automatiska rotationen av aggregatet till fällriktningen skedde under de successiva momenten *Kran ut* och *Fällning*. Tidsåtgången för *Kran ut* påverkades inte av automationen, men ökade för momentet *Fällning*. För det därefter följande momentet *Intagning* sparade automationen tid. En hypotes är att en del av arbetet i och med automationen har flyttats från momentet *Intagning* till *Fällning*. Eftersom den automatiska funktionen för rotation av aggregatet till fällriktningen kräver upprätt läge innebär det att inriktningen av aggregatet måste ske innan stammen skiljs från stubben. Om rotationen sker när aggregatet befinner sig nära trädet (inom 0,5 m) kommer eventuell extra tid det innebär att hamna i momentet *Fällning*. Vid manuell körning är det möjligt att en önskvärd fällriktning till viss del uppnås genom att vrida stammen medan den faller mot marken. Eventuell tid som det förfarandet tar kommer då att hamna i momentet *Intagning*.

Resultaten för momentet *Upparbetning* var tvetydigt. Automatisk vridning av lastredet innebar visserligen att förarna knappt lade någon tid på att manuellt vrida lastredet, men de förlorade istället tid under momentet *Kvistning-kapning*. Båda förarna upplevde den grundläggande funktionen hos det automatiska lastredet positivt, men en av förarna kommenterade i intervjun att lastredets automatiska rörelser var för långsamma. En hypotes är att förarna i någon mån fick vänta på att lastredet skulle "komma ikapp" en rörelse som de gjort med aggregatet.

Styrkor och svagheter

Antalet sortimentfack på lastredet var i studien lika med antalet avverkade sortiment, och storleken på facken var anpassad efter skogens sortimentsfördelning. I verkligheten är förutsättningarna sällan så enkla. Det är svårt att bedöma om studieupplägget har gynnat körning med eller utan automatik. Däremot kan det bedömas troligt att dessa relativt sett mycket drivna förare inte gynnats av automatiken lika mycket som mindre drivna förare skulle ha gjort. Det finns indikationer från tidigare studier i simulatorn, att de mest drivna förarna gynnas mindre av automatiska sekvenser jämfört med övriga förare (se Englund m.fl. 2017).

En fördel med att använda mycket drivna förare i studiesammanhang som dessa, är deras förmåga att på kort tid tillgodogöra sig nya tekniklösningar och att anpassa arbetsmetoden.

Trots att studien uppfyllde sitt huvudsyfte, återstår en del frågor att svara på. Förarna saknade möjligheter att justera olika maskininställningar såsom kranhastighet även vid automationssekvenserna. Exempelvis gillade Förare 1 funktionaliteten av det automatiskt vridande lastredet, men upplevde att det vreds för långsamt.

Eftersom automationen inte på något sätt ökar maskinens kapacitet i form av till exempel körhastighet, kranhastighet, matningshastighet eller kaphastighet, är de enda möjligheterna till direkta tidsvinster att förarna får bättre "flyt" i körningen eller genom att underlätta moment som är svåra att utföra. Förarna som deltog i studien upplevde inga direkta

svårigheter i den manuella körningen av drivaren, varför potentialen till direkta tidsvinster var begränsad. Automation kan möjligtvis ha en indirekt positiv inverkan på drivarens prestation. Med indirekt inverkan avses att föraren orkar hålla en bra prestationsnivå under en längre tid. Förarna kommenterade under intervjuerna att de automatiska funktionerna upplevdes som avlastande, vilket möjligtvis hade gett utslag på prestationen om den studerats under en längre sammanhängande tid.

Slutsatser – Delautomatdrivarens potential

Automationen kan innebära möjligheter för prestationsökningar. Dock krävs utvecklingsarbete av exempelvis förarspecifika maskininställningar.

Referenser

- Englund M., Mörk A., Andersson H. & Manner J. 2017. Delautomation av skotarkran – Utveckling och utvärdering i simulator. Skogforsk Arbetsrapport nr. 932.
- Englund M., Mörk A., Gelin O. & Eliasson L. 2018. Påverkan av kranspetsstyrning på nya skogsmaskinförarens utveckling. Skogforsk Arbetsrapport nr. 968.
- Jonsson R., Jönsson P. & Lundström H. 2016a. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 med snabbfäste. Skogforsk Arbetsrapport nr. 911.
- Jonsson R., Jönsson P., Manner J., Björheden R. & Lundström H. 2016b. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning. Skogforsk Arbetsrapport nr. 912.
- Malinen J., Laitila J., Väätäinen K. & Viitamäki K. 2016. Variation in age, annual usage and resale price of cut-to-length machinery in different regions of Europe. *International Journal of Forest Engineering* 27:95–102.
- Manner J., Jonsson R., Jönsson P., Björheden R. & Lundström H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. Skogforsk Arbetsrapport nr. 916.
- Manner J., Mörk A. & Englund M. 2019. Comparing forwarder boom-control systems based on an automatically recorded follow-up dataset. *Silva Fennica* vol. 53 no. 2 article id 10161. 15 p.

Bilaga A. Körschema

Tabell A.1. Förarna besökte Skogforsk var för sig, det vill säga simulatorn var reserverad för en förare åt gången. Båda förarna övade i två dagar i rad och under tredje dagen utfördes själva tidsstudien. Förarna körde schemat spegelvänt för att slumpa (jämma ut) effekter från eventuella störvariabler.

Notering	Upprepning	Styrsystem	
		Förare 1	Förare 2
Morgonpass	1	Automat	Manuell
	2	Automat	Manuell
	3	Manuell	Automat
	4	Manuell	Automat
	5	Automat	Manuell
	6	Automat	Manuell
Lunchrast cirka tolvtiden			
Eftermiddagspass	7	Manuell	Automat
	8	Manuell	Automat
	9	Automat	Manuell
	10	Automat	Manuell
	11	Manuell	Automat
	12	Manuell	Automat

Notera: förarna hade alltid en möjlighet att ta en paus mellan upprepningarna.

Bilaga B. Arbetsmomentdefinitioner

Tabell B.1. Arbetsmomenten definierades enligt samma principer som tillämpades i fältstudier med drivarprototypen X19 – oavsett om automationen var påslagen eller avstängd.

Moment	Beskrivning
Kran ut	Från att aggregatrörelsen mot nästa avverkningsstam påbörjas eller att sista virkesbiten kapas, till att aggregat är 0,5 meter från avverkningsstam.
Fällning	Börjar då aggregatet är 0,5 meter från avverkningsstam och slutar när avverkningsstammen lättar från stubben.
Intagning	Börjar då avverkningsstammen lättar från stubben och slutar när aggregatet börjar mata stammen.
Kvistning-kapning	Börjar då aggregatet börjar mata stammen och slutar när sista virkesbiten kapas.
Vridning av lastredet	Börjar när lastredet börjar röra sig och slutar då lastredet stannar.
Justering	Justering av virke på lastredet.
Körning	Börjar när hjulen börjar snurra inför flytt till ny uppställningsplats och slutar när hjulen stannar.

Moment med kran- och/eller aggregatrörelse (kran ut, fällning, intagning, kvistning-kapning och justering) är prioriterade över vridning av lastredet. Vridning är prioriterad över körning. I denna studie ingick eventuell förflyttning av nyss kapad topp i momentet "Kran ut".

Bilaga C.

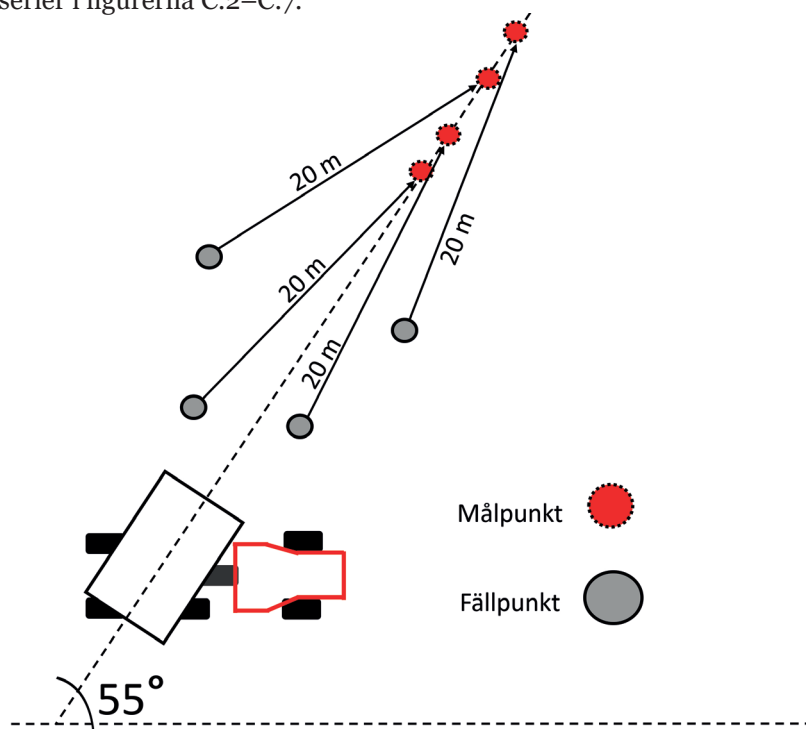
Beskrivning av automatiska funktioner

Automatisk fällriktning

Syftet med funktionen är att underlätta förarens arbete och minska risken för fällning i fel riktning. Att fälla i rätt vinkel innebär att den efterföljande upparbetningen underlättas. Funktionen vrider aggregatet till en föreslagen riktning för fällningen som innebär att stammen hamnar i en lämplig vinkel i förhållande till lastredet. Föraren aktiverar funktionen genom ett tryck på höger joystick's vipa som också används för att öppna och resa aggregatet. Funktionen kan bara användas när aggregatet är i upprätt läge. Det var dock upp till föraren att själv ansätta aggregatet runt stammen. Den föreslagna fällriktningen innebär att aggregatet siktar mot en "målpoint" som ligger på ett visst avstånd på en linje med utgångspunkt från lastredets centrum (Figur C.1). Eftersom lastredet vrids under sorteringen kommer dess vinkel i slutet av upparbetningen av stammen antagligen inte vara lämplig att utgå ifrån vid början av nästa stam. Därför räknar funktionen med en utgångsvinkel på 55 grader från vagnens centrumlinje.

"Målpointen" representerar en uppskattning av var på marken rotationscentrum kommer att vara för en stam som fälls från aggregatets aktuella position, "fällpointen". Stammen antas rotera kring en punkt några meter från toppen. Det innebär att när trädstammen dras mot lastredet kommer den att roteras så att den är parallell med lastredet när den nått fram. Eftersom trädets faktiska höjd inte är känd när aggregatet ansätts bygger aggregatets riktning och "målpointen" på beståndsinformation och ett antagande om att den fällda stammen kommer att vara av medelhöjd.

När funktionen aktiverats kompenserar den kontinuerligt för förarens förflyttning av kranspetsen och siktar ständigt mot en tänkt "målpoint". Den automatiska funktionen och vilka effekterna blir när träd avviker från den antagna målpointen illustreras i bildserier i figurerna C.2–C.7.



Figur C.1. Automatisk vridning av aggregat (automatisk fällriktning).

Automatisk kranrörelse mot lastrede (automatisk intagning)

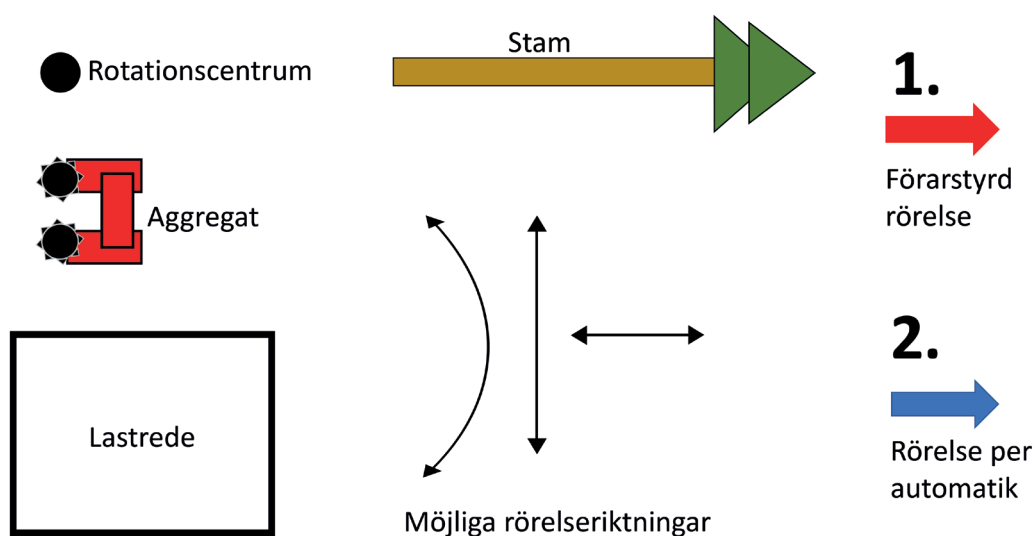
Syftet med funktionen är att underlätta förarens arbete genom att i intagningsmomentet ersätta den manuella kranstyrningen med en automatiskt beräknad kranbana som aktiveras med en knapp. Detta är möjligt eftersom positionen hos lastredet, som är målet för kranens rörelse, är känd.

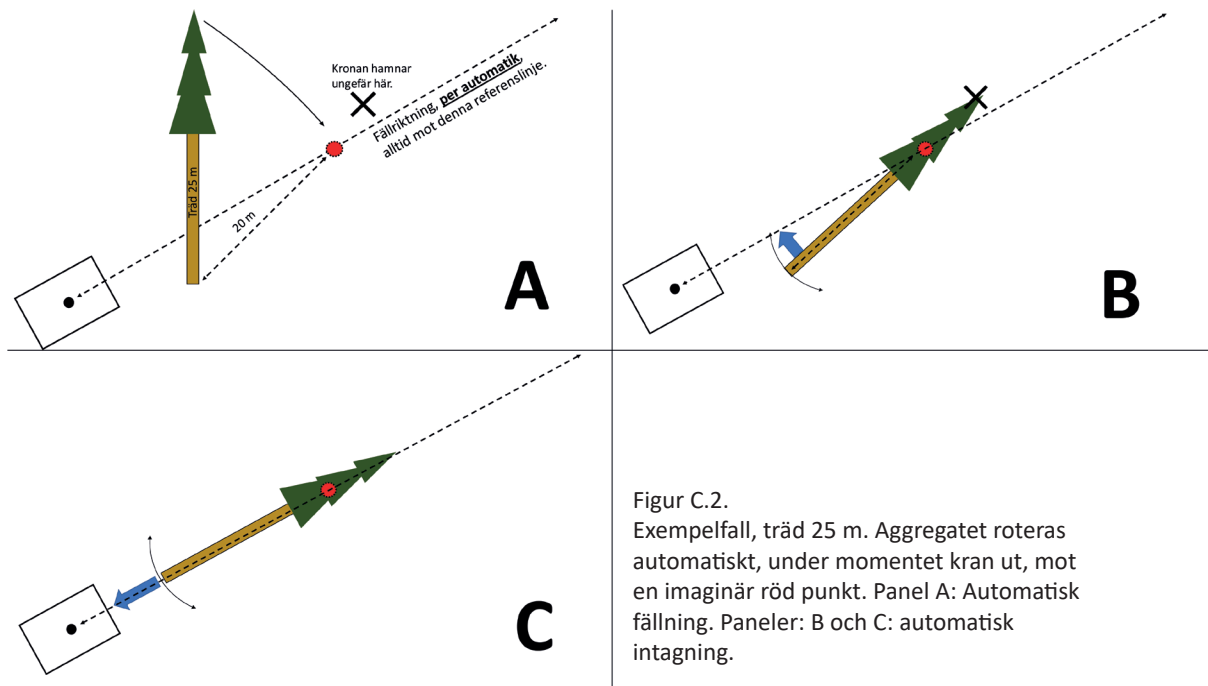
Den automatiska funktionen för aggregatet med stammen till en position framför lastredet. Kranspetsen rör sig i en rak linje mot lastredets centrum, bromsar in mjukt och stannar ca en meter från kanten på lastredet. Föraren aktiverar funktionen genom att trycka på vippan på vänster joystick. Rörelsen mot lastredet är aktiv så länge föraren håller inne vippan och stannar när den släpps. Funktionen kan därmed sägas ha ett "dödmansgrepp". Den automatiska funktionen siktar mot en position i mitten av lastredet och det är upp till föraren att själv justera aggregatets position så att stammen som upparbetas hamnar i rätt fack och kapas från en lämplig höjd.

Automatisk vridning av lastredet

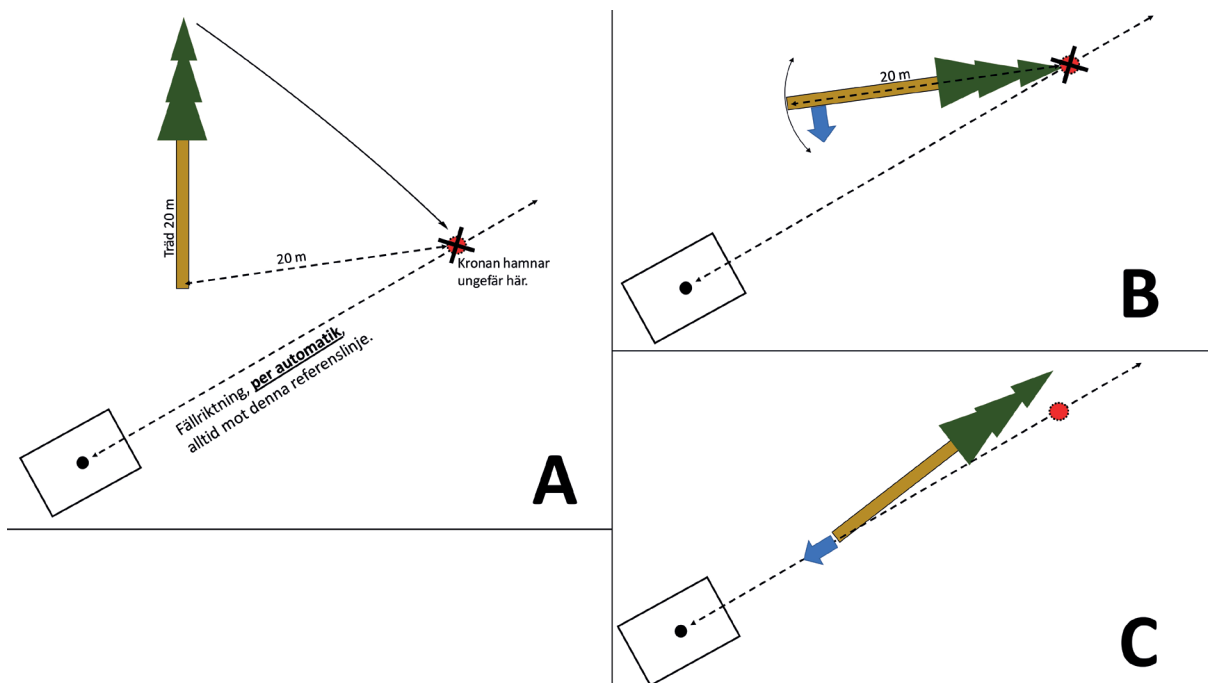
Syftet med den automatiska vridningen av lastredet är att förenkla förarens arbete genom att föraren inte behöver styra lastredet manuellt med knapparna på paletten. När föraren förflyttar aggregatet som håller i stammen för att upparbeta stockar till olika positioner på lastredet orsakas en vridning av stammen. Den automatiska funktionen vrider automatiskt lastredet så att det hålls parallellt med stammen under upparbetningen. Målet med funktionen är att stockarna ska hamna rakt på lastredet och att föraren inte ska behöva justera lastredets vinkel manuellt under upparbetningen. Det är dock fortfarande upp till föraren att manuellt flytta aggregatet för att sortera stockarna efter sortiments-tillhörighet i de olika facken. Lastredet följer rotatorns aktuella vridvinkel och ställer sig så att lastredet blir parallellt med (virke som matas ut ur) aggregatet. Den automatiska funktionen är begränsad till vridning av lastredet inom 30 och 90 grader från vagnens riktning. Principerna för den automatiska vridningen av lastredet är beskriven i en bildserie i Figurerna C.2–C.7.

Använda symboler i figurer C.2–C.7.

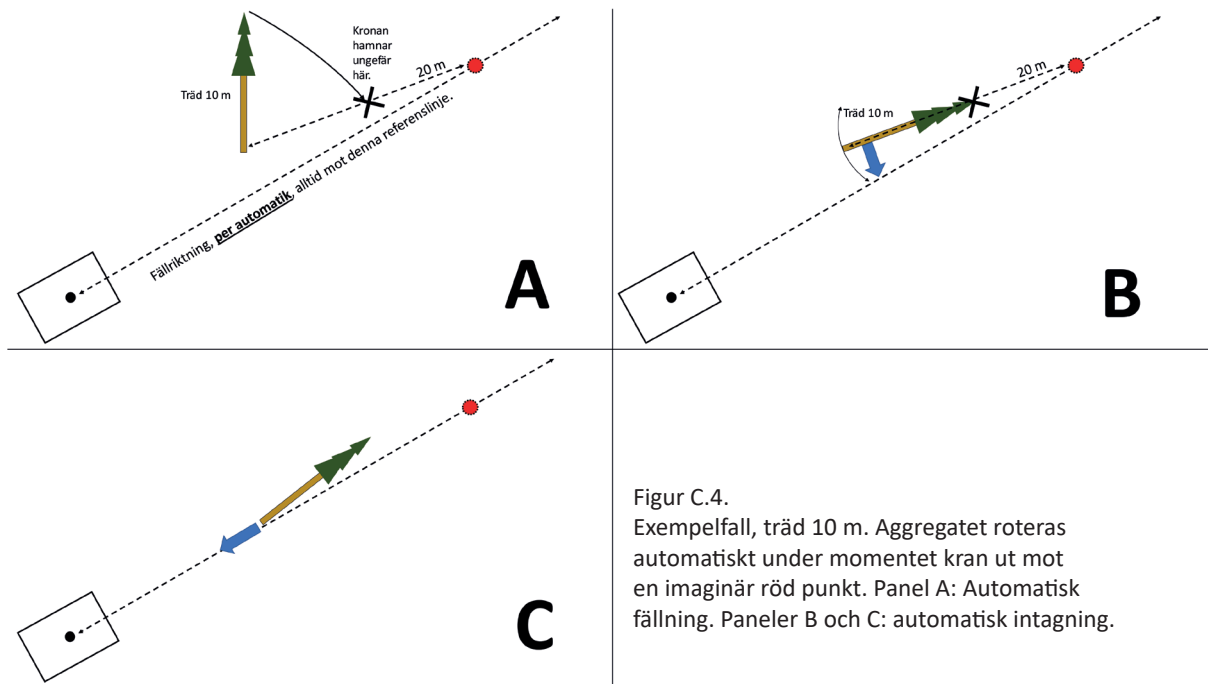




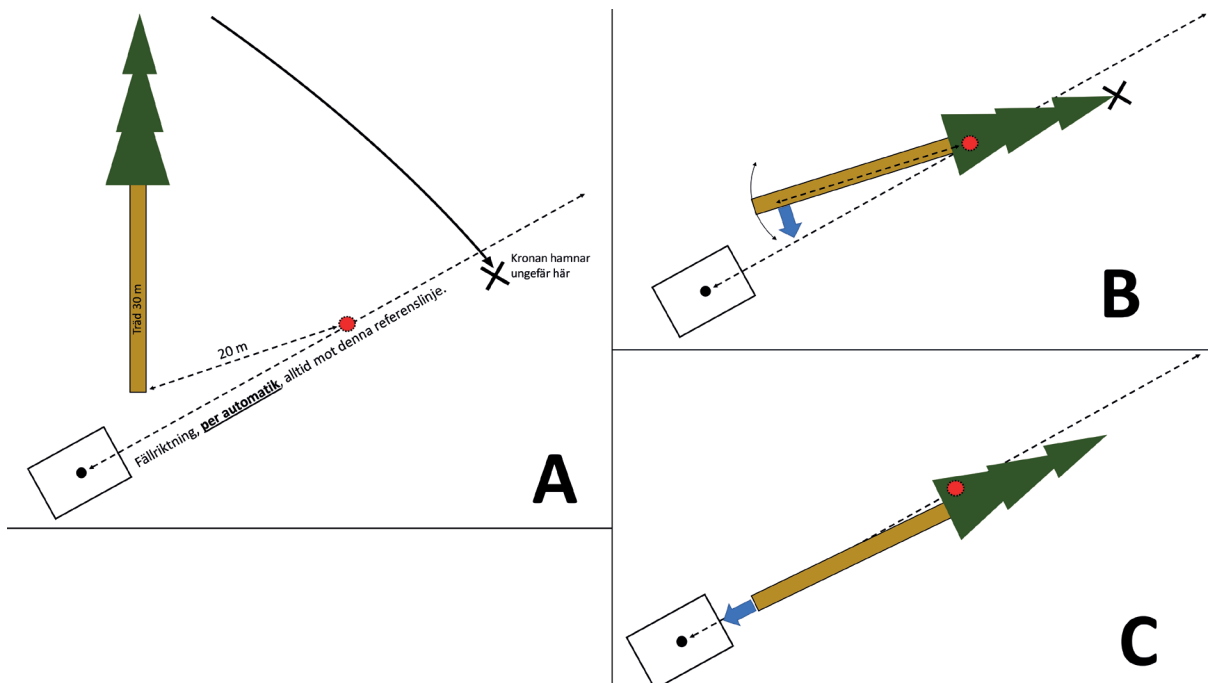
Figur C.2. Exempelfall, träd 25 m. Aggregatet roteras automatiskt, under momentet kran ut, mot en imaginär röd punkt. Panel A: Automatisk fällning. Paneler: B och C: automatisk intagning.



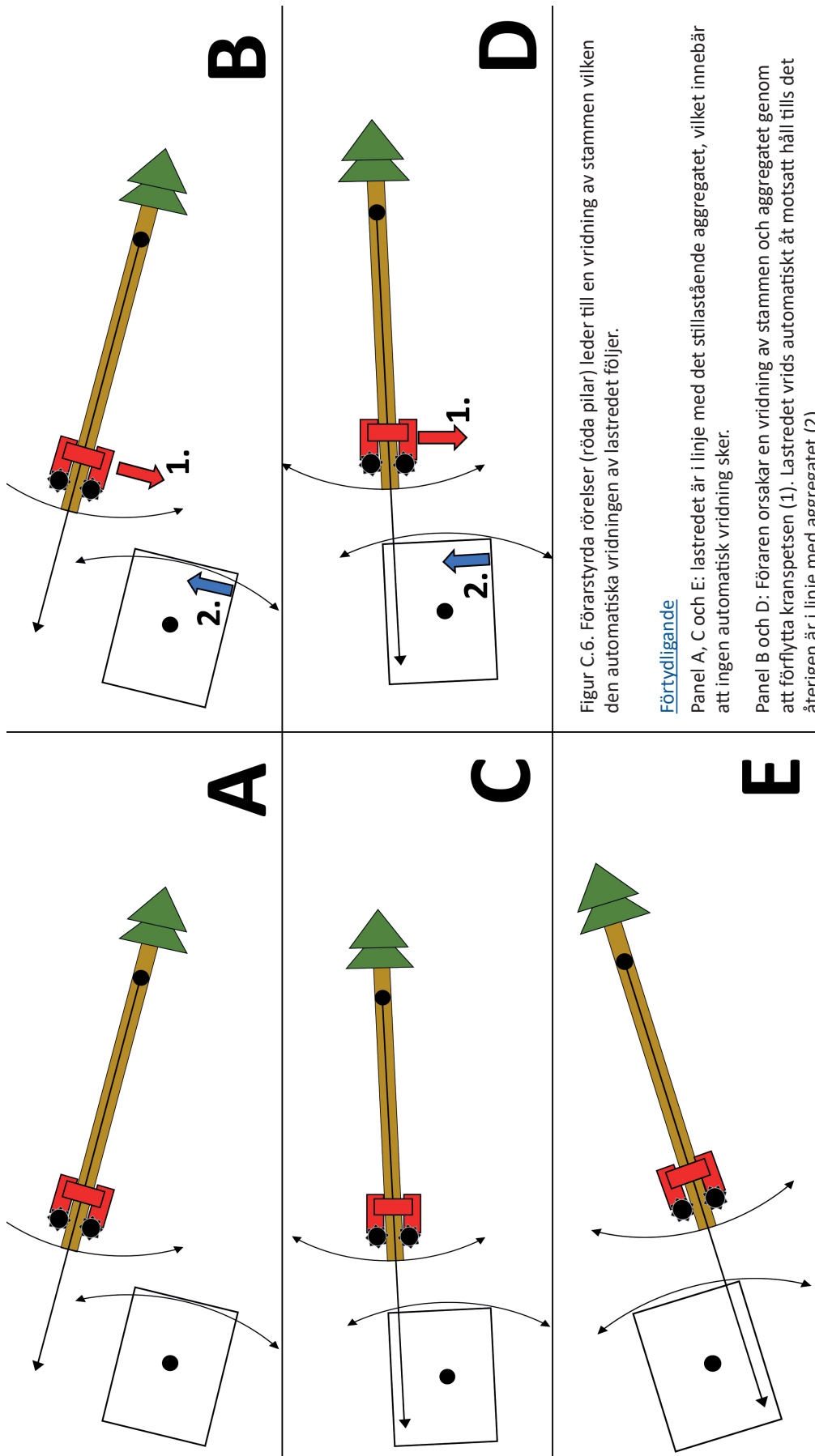
Figur C.3. Exempelfall, träd 20 m. Aggregatet roteras automatiskt under momentet kran ut mot en imaginär röd punkt. Panel A: Automatisk fällning. Paneler B och C: automatisk intagning.



Figur C.4.
Exempelfall, träd 10 m. Aggregatet roteras automatiskt under momentet kran ut mot en imaginär röd punkt. Panel A: Automatisk fällning. Paneler B och C: automatisk intagning.



Figur C.5. Exempelfall, träd 30 m. Aggregatet roteras automatiskt under momentet kran ut mot en imaginär röd punkt. Panel A: Automatisk fällning. Paneler B och C: automatisk intagning.

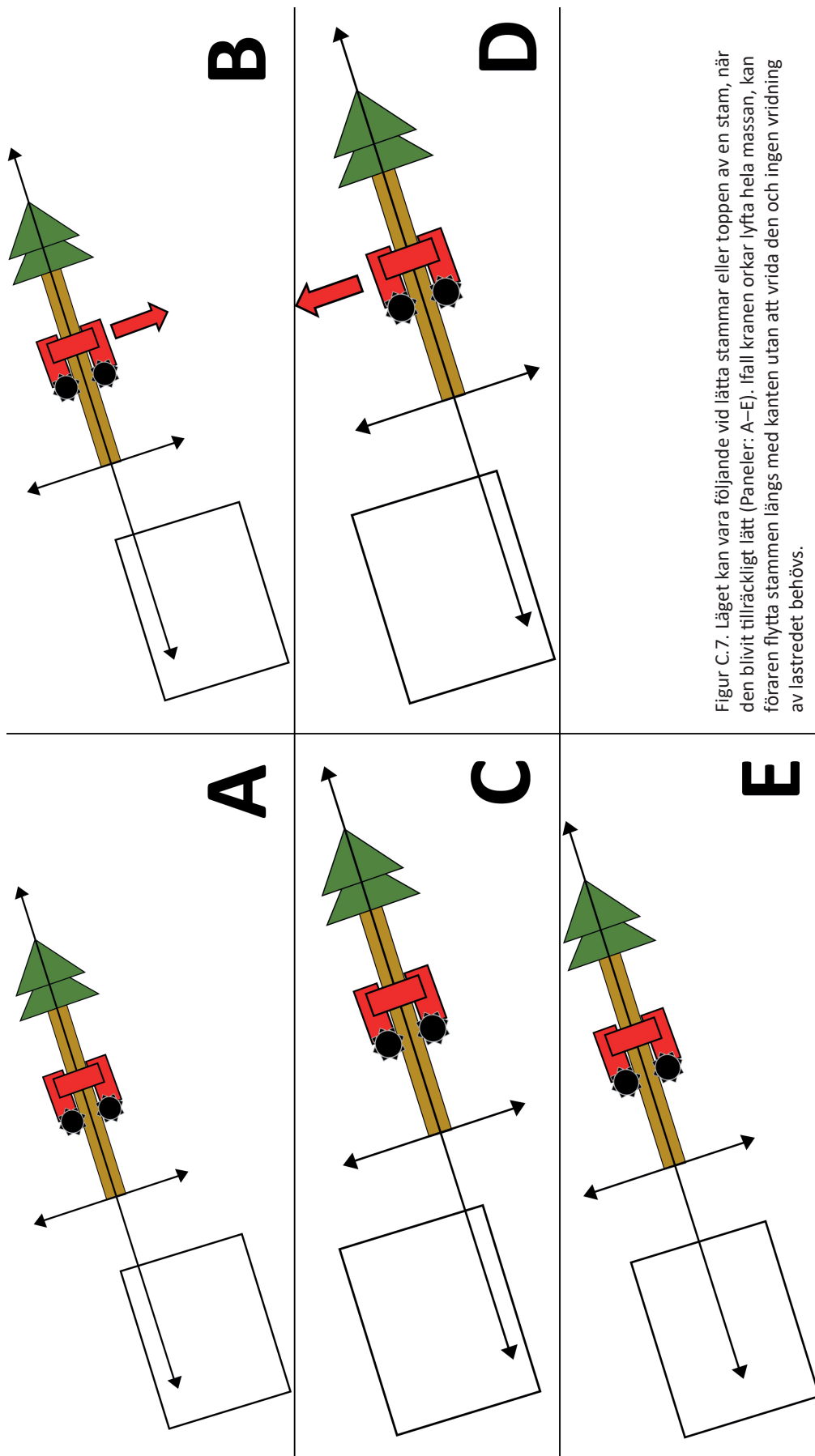


Figur C.6. Förarstyrda rörelser (röda pilar) leder till en vridning av stammen vilken den automatiska vridningen av lastredet följer.

Förtydligande

Panel A, C och E: Lastredet är i linje med det stillastående aggregatet, vilket innebär att ingen automatisk vridning sker.

Panel B och D: Föraren orsakar en vridning av stammen och aggregatet genom att förflytta kranspetsen (1). Lastredet vrids automatiskt åt motsatt håll tills det återigen är i linje med aggregatet (2).



Figur C.7. Läget kan vara följande vid lätta stammar eller toppen av en stam, när den blivit tillräckligt lätt (Paneller: A–E). Ifall kranen orkar lyfta hela massan, kan föraren flytta stammen längs med kanten utan att vrida den och ingen vridning av lastredet behövs.

Bilaga D. ANCOVA- och ANOVA-resultat

Observera att tiderna är i centiminuter.

Dependent Variable: Kran ut, cmin/m³

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	108.3069961	27.076749	23.43	<.0001
Error	43	49.7004782	1.1558251		
Corrected Total	47	158.0074743			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Kran ut, Mean
0.685455	11.4694	1.075093	9.373579

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
System	1	0.019956	0.019956	0.02	0.8961
Förare	1	94.410381	94.410381	81.68	<.0001
System*Förare	1	0.003621	0.003621	0	0.9556
Antal stockar	1	12.059121	12.059121	10.43	0.0024

Dependent Variable: Fällning, cmin/m³

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	59.76552545	14.94138136	24.84	<.0001
Error	43	25.86161461	0.60143290		
Corrected Total	47	85.62714005			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Fällning, Mean
0.697974	13.09719	0.775521	5.921276

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
System	1	8.47474532	8.47474532	14.09	0.0005
Förare	1	32.92829515	32.92829515	54.75	<.0001
System*Förare	1	6.56215291	6.56215291	10.91	0.0019
Antal stammar	1	12.07754898	12.07754898	20.08	<.0001

Dependent Variable: Intagning, cmin/m3

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	95.5961715	23.8990429	21.95	<.0001
Error	43	46.8268046	1.0889955		
Corrected Total	47	142.4229761			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Intagning, Mean
0.671213	10.89106	1.043549	9.581708

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
System	1	10.49537958	10.49537958	9.64	0.0034
Förare	1	56.58767910	56.58767910	51.96	<.0001
System*Förare	1	3.98817385	3.98817385	3.66	0.0623
Antal stammar	1	31.66138588	31.66138588	29.07	<.0001

Dependent Variable: Upparbetning, cmin/m3

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	295.8925766	73.9731441	9.22	<.0001
Error	43	344.9875368	8.022966		
Corrected Total	47	640.8801134			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Upparbetning, Mean
0.461697	8.724321	2.832484	32.46653

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
System	1	4.91622	4.9162216	0.61	0.438
Förare	1	43.82425	43.8242527	5.46	0.0242
System*Förare	1	1.67354	1.6735446	0.21	0.6502
DBH (mm)	1	245.67816	245.6781551	30.62	<.0001

Upparbetning är en summa av: Vridning av lastredet + KvistningKapning + Justering.

Dependent Variable: Körning, cmin/m3

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	80.3754216	26.7918072	13.02	<.0001
Error	44	90.5514842	2.0579883		
Corrected Total	47	170.9269057			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Körning, Mean
0.470233	43.29595	1.434569	3.313403

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
System	1	1.116702	1.1167020	0.54	0.4653
Förare	1	78.821038	78.8210383	38.3	<.0001
System*Förare	1	0.437681	0.4376813	0.21	0.647

Dependent Variable: Total tid, cmin/m3

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	1354.349796	338.587449	26.39	<.0001
Error	43	551.671912	12.829579		
Corrected Total	47	1906.021708			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Total tid, Mean
0.710564	5.905122	3.58184	60.65649

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
System	1	5.8901	5.890141	0.46	0.5017
Förare	1	0.2696	0.269554	0.02	0.8854
System*Förare	1	11.5424	11.542361	0.9	0.3482
Medelstamvolym	1	1347.0508	1347.050787	105	<.0001