



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 932–2017

Delautomation av skotarkran

– Utveckling och utvärdering i simulator

Semi-automated forwarder crane

– Development and evaluation in a simulator

Martin Englund, Anders Mörk, Helena Andersson och Jussi Manner

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 932–2017

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

Titel:

Delautomation av skotarkran.
– Utveckling och utvärdering i simulator.

Semi-automated forwarder crane.

– Development and evaluation in a simulator.

Bildtext:

Skotaren i början av testbanan som användes i studien.

Ämnesord:

Automation, kranautomation, skotare, simulator.

Automation, crane automation, forwarder, simulator.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

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

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Martin Englund, civ.ing. har arbetat på Skogforsk inom programmet Teknik sedan 2009. Han forskar kring fysik ergonomi och människa-maskin-interaktion i skogsmaskiner.



Anders Mörk, skogstekniker. Har bakgrund som maskinförare. Jobbar främst med utbildning/fortbildning av maskinförare samt utveckling av metoder/teknik och arbetsorganisation.



Helena W. Andersson, farm. mag. samt fil. kand. skogs- och träteknik. Arbetar inom programmet Driftsystem och forskar kring fysisk och mental arbetsbelastning hos skogsmaskinförare.



Jussi Manner, filosofie doktor och forskare i FoU-programmet Teknik och Virke på Skogforsk. Arbetar med frågor kring datainsamling och analys samt utveckling av drivningsarbete.

Abstract

Recent technological developments in crane boom control have enabled automatic crane movements on forest machines. Cranes are fitted with sensors to indicate the position of the crane parts. In the forest machine simulator, Troedsson Forest Technology Lab, Skogforsk has developed a semi-automated forwarder crane. Most of the crane movements involved in loading piles of wood from the ground to the load-space in the forwarder are automatic, when initiated by the operator. The semi-automated crane has been designed within the framework of available technology and with consideration for safety.

The semi-automated forwarder crane was evaluated after four professional forwarder operators had been trained to use the automation. They performed a task in the simulator where they loaded a forwarder using the automation, with a manually controlled crane as a reference system. The task involved driving the forwarder along a straight road, picking up and loading the logs placed on the roadside.

Time studies were carried out, based on a film recording made during the study. The crane cycle was divided into two stages, 'crane out' and 'crane in'. After each driver had carried out the study using both the automatic and the manual crane, they were interviewed. The interviews focused on how the operators experienced using automation compared with manual operation, the implementation of the task, and their experiences of using the simulator.

The effect of automation on crane cycle times varied between operators. In addition, the response of the operators to the automation varied between the 'crane in' and 'crane out' stages.

The overall trend is that semi-automation can reduce crane operation time for an operator who is less skilled at operating a crane manually, and that this effect declines as level of skills increases. For operators who were most skilled at operating cranes manually, automation increased the time for the task.

The results from the interviews showed that the design of the automation used in the study was reasonable, and that the operators found the work less of a strain. This indicates that semi-automation could be positive for the wellbeing of forest machine operators. Semi-automation could also increase productivity, measured over a longer period than one working day, as fatigue becomes a more significant factor than was the case in this study.

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Syfte.....	3
Bakgrund	3
Metod.....	3
Utveckling.....	4
Automationens funktion.....	5
Utvärdering.....	7
Tidsstudie	8
Statistisk analys	8
Intervjuer.....	9
Resultat	9
Variansanalys.....	9
Intervju.....	10
Slutsatser.....	10
Diskussion.....	11
Förarvana.....	11
Utformning av automationen.....	11
Utformningen av uppgiften.....	11
Förutsättningar i simulatorn	11
Fortsatta studier.....	12
Referenser.....	12
Bilaga 1 Schema Skotarautomation	14
Bilaga 2 Skotarautomation – Instruktion.....	16
Bilaga 3 Skotarautomation – Instruktion.....	18
Bilaga 4 Delautomatiserad skotarkran – Intervjufrågor	20
Bilaga 5 Tidsåtgång	22
Bilaga 6 Tidsåtgång	24
Bilaga 7 Intervjuresultat.....	26

Sammanfattning

Automatiska kranrörelser hos skogsmaskiner har möjliggjorts av de senaste årens tekniska utveckling inom kranstyrning vilket innebär att kranarna utrustats med sensorer för krandelarnas position. Skogforsk har i skogsmaskin-simulatorens Troedsson Forest Technology Lab utvecklat en delautomatiserad skotarkran. Med automationen utförs största delen av de kranrörelser som utförs under lastningen automatiskt, mellan virkeshögar på marken och maskinens lastutrymme, efter ett kommando från föraren. Den delautomatiserade kranen har utformats på ett sätt som rymmer inom ramen för tillgänglig teknik och med hänsyn till säkerhetsaspekter.

Den delautomatiserade skotarkranen utvärderades genom att fyra professionella skotarförare fick lära sig använda automatiken. De genomförde en uppgift i simulatorens där de lastade en skotare både med hjälp av automatiken och med en helt manuellt styrd kran som referenssystem. Uppgiften gick ut på att köra skotaren längs en rak väg och lasta de stockar som var placerade vid sidan av den.

Tidsstudien genomfördes i efterhand baserat på en filminspelning som gjordes under studien. Krancykeln delades upp i de två momenten ”kran ut” och ”kran in”. Varje förare intervjuades efter att de hade genomfört studien med både automatik och manuell kran. Intervjun behandlade förarnas upplevelser av att använda automationen jämfört med att köra kranen manuellt, genomförandet av uppgiften, och upplevelsen av att använda simulatorens.

Inverkan av automationen på krancykeltider varierade mellan förarna. Utöver detta varierade förarnas respons på automatiken mellan delmomenten ”kran in” och ”kran ut”.

Överlag är trenden att delautomationen kan innebära en minskad tidsåtgång i krankörningen för en förare med lägre förmåga att köra kran manuellt och att effekten avtar med högre förmåga. För de som hade högst förmåga att köra kran manuellt innebär automationen högre tidsåtgång.

Intervjuresultaten visade att den utformning av automationen som användes i studien var rimlig och att förarna upplevde minskad belastning. Det indikerar att delautomation skulle kunna vara positivt för skogsmaskinförarens välmående. Det innebär också att det skulle kunna finnas en positiv effekt på produktiviteten mätt över en längre period som en arbetsdag, då trötthet blir en mer betydande faktor än det var under studien.

Bakgrund

Skogsmaskinföraren utsätts för en hög arbetsbelastning såväl fysiskt som mentalt. Statiska och repetitiva arbetsmoment utförs under samtidig påverkan av vibrationer, vilket leder till fysisk belastning. Ett högt arbetstempo med manuellt kranarbete förenat med ett stort informationsflöde och krav på att fatta många kvalificerade beslut på kort tid leder till mental belastning för maskinföraren (Attebrant m.fl., 1998; Toomingas m.fl., 2008).

De senaste årens tekniska utveckling har möjliggjort att maskinernas olika funktioner i allt högre utsträckning kan automatiseras och utföra moment som tidigare utförts manuellt. Maskinföraren kan på så sätt befrias från monotona och ensidigt belastande uppgifter och rollerna mellan förare och maskin kan fördelas så att människans och maskinens fördelar tillvaratas på bästa sätt (Alm, 1998). Ett viktigt steg i denna riktning inom skogsbruket är utvecklingen av kranpetsstyrning. Det innebär att krankörningen fortfarande utförs manuellt, men i stället för att föraren direkt styr varje led i kranen, påverkar spakrörelserna i stället kranpetsens rörelseriktning. John Deere är i dagsläget den enda tillverkaren av skogsmaskiner som implementerat kranpetsstyrning. Det utgör grunden i systemet som kallas ”Intelligent Boom Control” (IBC). Förutsättningarna för kranpetsstyrning är sensorer i hydraulcylindrarna eller i kranens olika leder som används av styrsystemet för att avgöra läget på varje enskild krandel och därmed kranpetsens läge. Styrsystemets medvetenhet om kranens läge möjliggör även programmering av helt automatiska rörelser.

Skogforsk har i skogsmaskinsimulatorens Troëdsson Forest Technology Lab utvecklat en delautomatiserad skotarkran. De stora och relativt komplicerade kranrörelser som utförs i skotningsarbetet, mellan virkeshögar på marken och maskinens lastutrymme, utförs automatiskt efter ett kommando från föraren. Den delautomatiserade kranen har utformats på ett sätt som ryms inom ramen för tillgänglig teknik och med hänsyn till säkerhetsaspekter.

Syfte

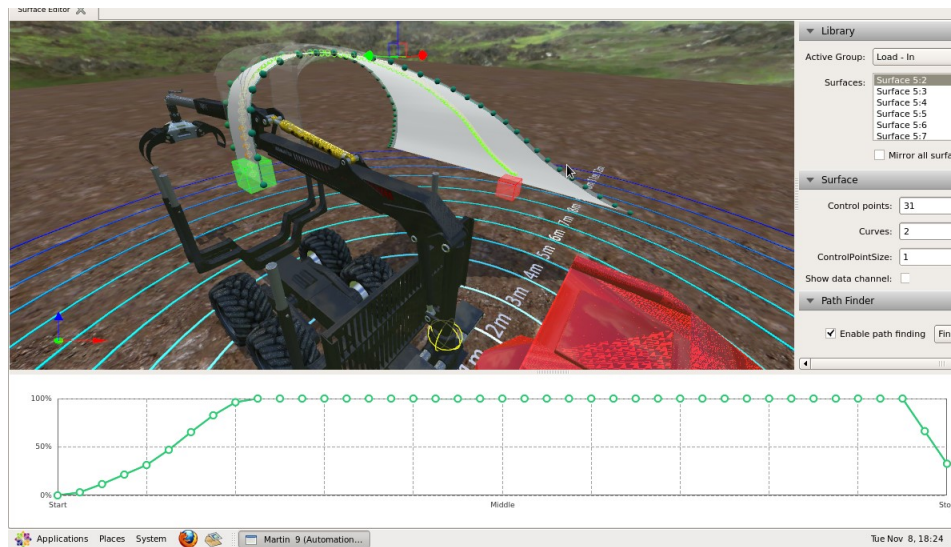
Studiens syfte var att utveckla ett exempel på delautomatiserad kran för skotare och att undersöka hur det påverkar produktivitet och hur förare upplever användningen.

Metod

UTVECKLING

Automationen utvecklades av Skogforsk för att kunna användas i maskinsimulatore. För detta ändamål utvecklade Oryx simulations ett verktyg där användaren kan definiera ytor som bestämmer kranens rörelse. När automationen aktiveras beräknas en kurva på en sådan yta, som kranspetsen följer för att röra sig från startpositionen till målpositionen (Figur 1). Ytorna utformades för att styra kranen så att den genomförde rörelserna på ett rationellt sätt. Till exempel skapades ytor i form av en båge över stöttorna för de rörelser då en stock är i gripen. För de rörelser då ingen stock finns i gripen följer den i stället en lägre bana där den styrs mellan stöttorna. En mängd ytor fick definieras för att automationen skulle fungera från olika start- och slutpunkter som påverkades av virkets höjd i lastutrymmet.

Till varje yta knöts en kurva som bestämmer kranens hastighet längs med ytan. På samma sätt angavs var på ytan som avvikelser från ytan var tillåtet och hur användningen av olika kranfunktioner skulle prioriteras längs med ytan.



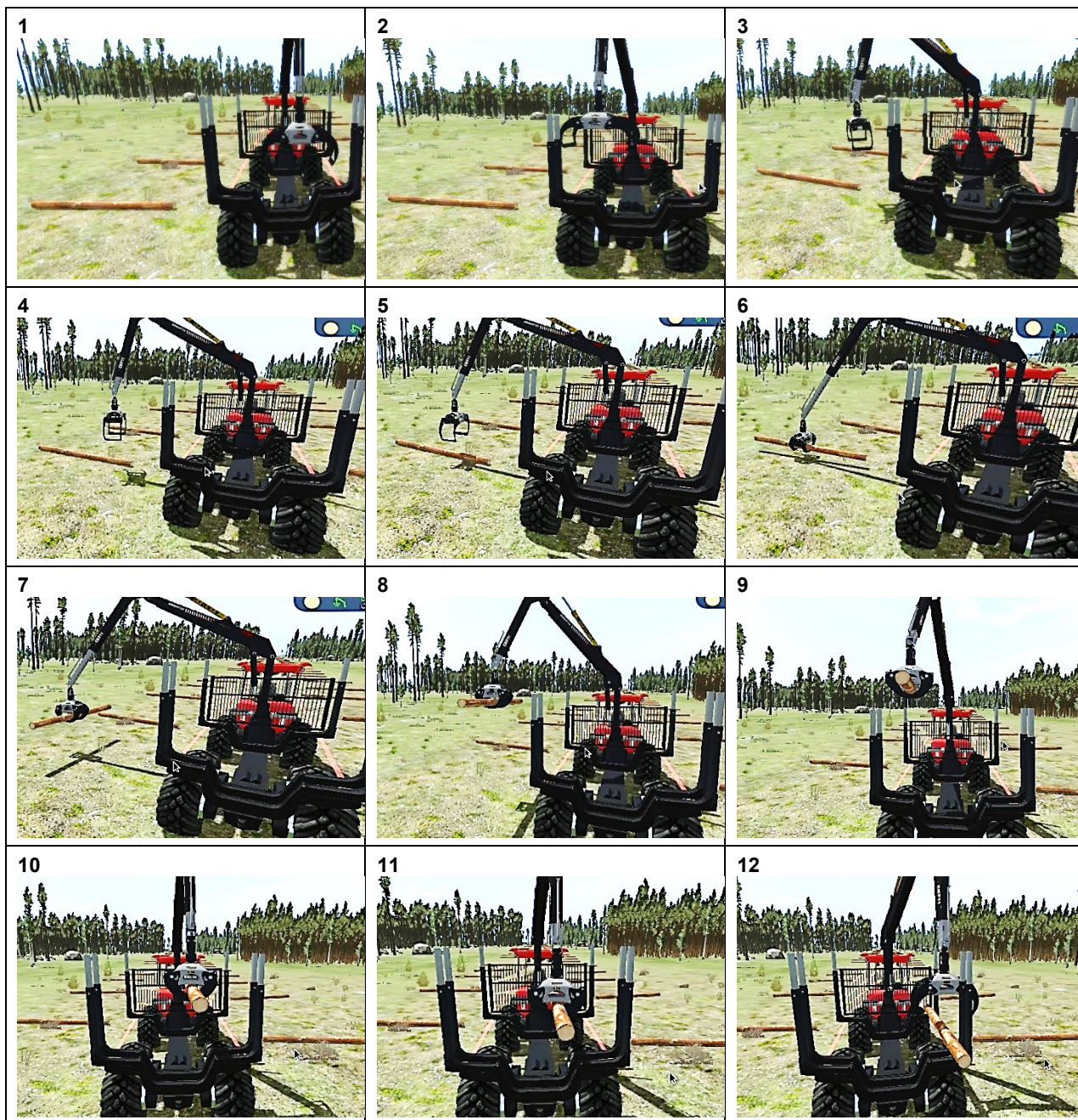
Figur 1.

Verktöget för utformning av automationen. Det stora fönstret visar formen på en yta och hur en kurva beräknats på den. I nederkant syns den kurva som bestämmer kranspetsens hastighet längs med kurvan.

Utvecklingen var en iterativ process där förändringar hos automationen utvärderades i simulatore.

AUTOMATIONENS FUNKTION

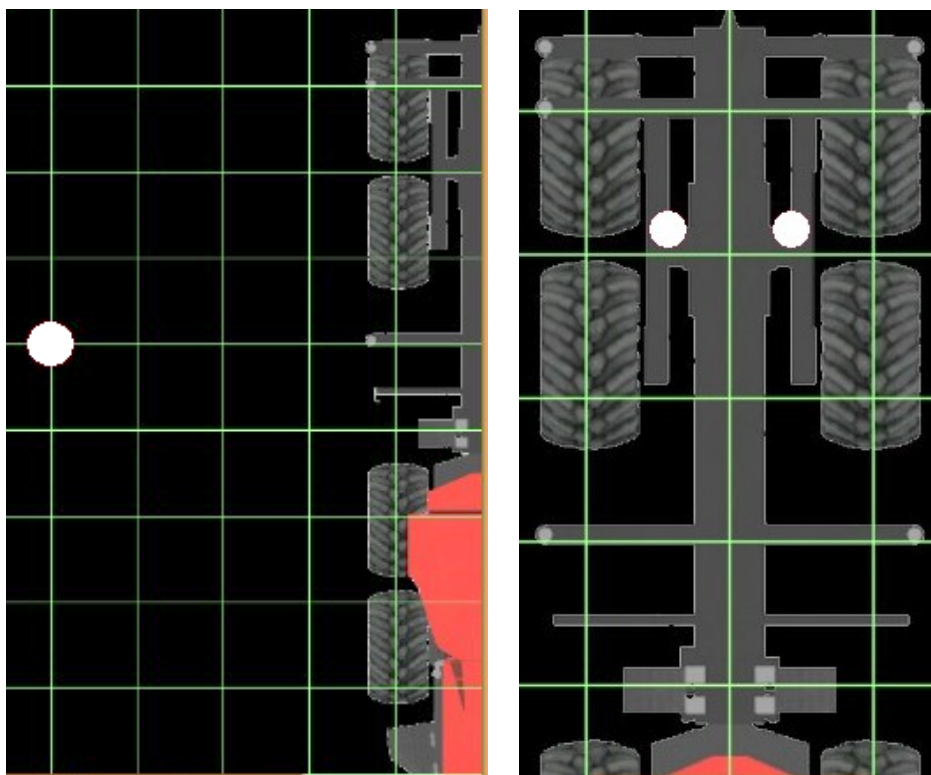
Automationen styrde gripen från lastutrymmet till en förutbestämd position vid sidan av maskinen där rörelsen avslutades strax ovanför en förutbestämd målposition på marken (Figur 2, Bild 1–5). Rörelsen motsvarade vad som i tidsstudiesammanhang kallas ”kran ut” vid en lastningscykel. På liknande sätt utfördes ”kran in” när det fanns virke i gripen. Virket lyftes då över stöttorna, roterades för att hamna parallellt med lastutrymmet och stannade vid en förutbestämd målposition strax ovanför bankarna, eller ovanför virket som redan låg i lastutrymmet (Figur 2, Bild 6–12).



Figur 2.

Illustration av en lastningskrancykel. Kranrörelsen från Bild 1 till 5 utförs av automatiken. Föraren utför manuell kranrörelsen mellan Bild 5 och 6 och greppar stocken. Kranrörelsen från Bild 6 till 11 utförs av automatiken. Föraren utför manuell kranrörelsen mellan Bild 11 och 12 och släpper stocken.

Det fanns en målposition för den automatiska rörelsen ”kran ut” på båda sidor om maskinen, rakt ut (cirka 4 meter) från grinden (Figur 3: Bild till vänster). För ”kran in” fanns två målpositioner på lastutrymmet på avståndet 2,2 meter från grinden och med cirka 0,8 meters avstånd i sidled (Figur 3: Bild till höger).



Figur 3.
De vita prickarna representerar målpositionerna. Avståndet mellan linjerna i rutnätet är 1 meter.
Observera att bilderna har olika skalor.

När gripen närmade sig en målposition bromsade kranen ned till en lägre hastighet under den sista sträckan innan gripen stannade på ett kontrollerat sätt. Föraren kunde medan rörelsen bromsade in ge utslag med styrspakarna för att rörelsen skulle fortsätta utan stopp fram till dess att gripen befann sig i position för att stängas runt virket. Föraren styrde alltså manuellt kranen den korta sträckan från den automatiska rörelsens avslut och greppade virket efter ”kran ut” (Figur 2, Bild 5–6), eller lade virket på önskad plats i lastutrymmet efter ”kran in” (Figur 2, Bild 11–12). Den manuella krankörningen i automatikläget gjordes med kranpetsstyrning.

Automatiken aktiverades antingen med vippan (Z-funktionen) på vänster spak eller med knappar på ”baksidan” av spakarna. För vippan innebar intryckning av den övre delen ”vänster” och den nedre delen ”höger”. Om gripen befanns över lastutrymmet innebar kommandona att kranen genomförde rörelsen mot målpositionen på vänster respektive höger sida om föraren. Om gripen fanns utanför lastutrymmet innebar samma kommando att kranen genomförde rörelsen mot målpositionen på vänster respektive höger sida av lastutrymmet från föraren sett.

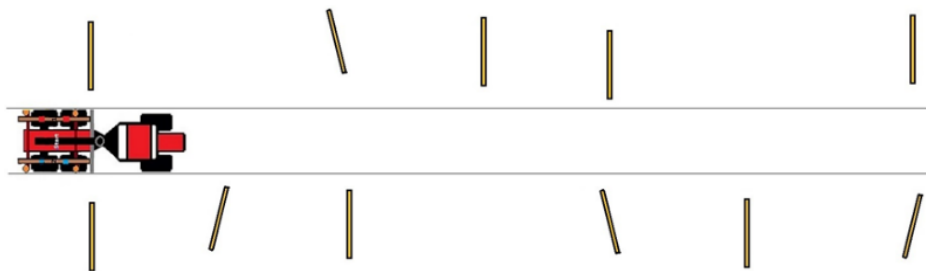
Föraren kunde när som helst avbryta en automatisk rörelse genom att ge ett utslag med vänster spak i vilken riktning som helst eller med höger spak i riktningen framåt-bakåt. Rotation, öppning och stängning av gripen kontrollerades av föraren under den automatiska rörelsen vid ”kran ut”, för att kunna förbereda för att greppa virket. Vid ”kran in” stängdes gripen automatiskt runt virket, och rotatorn användes för att vrida virket så att det hamnade parallellt med lastutrymmet.

När automationen aktiverats var griplänken hårt bromsad för att hålla virket så horisontellt som möjligt för att det inte skulle riskera att slå i när det lyftes över stöttorna.

UTVÄRDERING

Den delautomatiserade skotarkranen utvärderades genom att fyra professionella skotarförare (A,B,C och D) fick lära sig använda automatiken. Förarna genomförde en uppgift i simulatorn där de lastade en skotare både med hjälp av automatiken och med en helt manuellt styrd kran som referenssystem. Referenssystemet innebar ett helt konventionellt styrsystem, dvs. ej kranspetsstyrning.

Uppgiften gick ut på att köra skotaren längs en rak väg och lasta de stockar som var placerade vid sidan av den (Figur 4). En bana var utformad för uppgiften där stockarna var placerade en och en istället för i högar. Det var för att undvika tillfälligheter som skulle skapa slumpmässiga irrelevanta variationer av krancykeltiderna, t.ex. svårighet att greppa alla stockarna i en hög. Längs med banan fanns stömlinjer utritade för att hjälpa förarna att hålla riktningen på maskinen under körning. Banan och stömlinjerna kunde föraren observera via backkamera.



Figur 4.
Schematisk bild av en sektion av banan.

Studien genomfördes med två förare åt gången under en dag. Under större delen av dagen fick de genomföra kortare körningar för att öva på genomförandet av uppgiften, växelvis med automation och manuellt styrd kran. Varje förare körde totalt sex övningspass om 10 minuter med varje kranstyrningssystem.

Förarna fick en instruktion i genomförandet av uppgiften (Bilaga 2) och en instruktion i hur automationen används på ett effektivt sätt (Bilaga 3).

Studietiden var 30 minuter. Eftersom det under den tiden var möjligt att lasta betydligt fler stockar än vad som fanns plats för på lastutrymmet, tömdes det genom att alla stockar försvann när lasten kommit upp till en höjd av cirka 75 procent av stöttorna. Tömningen gjordes när gripen var ute vid sidan av maskinen för att inte störa föraren.

Tidsstudie

Tidsstudien genomfördes i efterhand baserat på den filminspelning som gjordes under studien. Krancykeln delades upp i de två momenten ”kran ut” och ”kran in”. Starten på momentet ”kran ut” var då kranen påbörjade rörelsen från lastutrymmet ut mot en stock vid sidan av maskinen (Figur 2, Bild 1) och momentet avslutades då gripskänklarna omslutit stocken (Figur 2, Bild 6). Samma tidpunkt som avslutade föregående moment påbörjades momentet ”kran in”, som avslutades när stocken var släppt ur gripen (Figur 2, Bild 12). Tid då ingen krankörning förekom sorterades under ”övrigt”.

Tidsstudien genomfördes i programmet Vegas Pro 13.0, Sony creative software corporation.

Statistisk analys

Variationsanalys (ANOVA) användes för att jämföra effekterna från faktorerna: förare (A, B, C, D), delmoment (kran ut, kran in) och system (manuell, automatisk). De använda 2- och 3-vägs ANOVA-analyserna inkluderade också alla möjliga samspelseffekter (fullfaktoriell design). ANOVA-modellerna analyserades genom en generell linjär modell och skillnader mellan olika observationsgrupper analyserades med hjälp av Tukey-Kramer-test. Som gräns för signifikanta skillnader har 5 procent använts ($p \leq 0,05$).

ANOVA-analyser förutsätter att data ska vara normalfördelade. Insamlade data var lognormalfördelade och därmed transformerades data för att statistiska tester skulle kunna genomföras på ett korrekt sätt. Lognormalfördelning innebär att man har fler observationer som är lägre än medelvärdet, än sådana som är högre än medelvärdet. Detta beror på att ett antal extrema observationer drar medelvärdet åt höger (åt positivt håll). Lognormalfördelning är vanlig i både natur- och arbetsvetenskap.

Genomgång av ANOVA-analyserna i resultatdelen görs enbart på en generell nivå. För detaljerade numeriska analyserna hänvisas till Bilagorna 5 och 6.

Alla statistiska analyserna genomfördes i programmet Enterprise guide 6.1 (SAS Institute Inc.).

Intervjuer

Efter att varje förare hade genomfört studien med både automatik och manuell kran intervjuades de enskilt. Intervjun behandlade förarnas upplevelser av att använda automationen jämfört med att köra kranen manuellt, genomförandet av uppgiften, och upplevelsen av att använda simulatoren. Intervjuerna följde ett semistrukturerat format. Förarna fick prata fritt i den mån de önskade men intervjuaren hade förberedda frågor (Bilaga 4) som användes efter behov för att säkerställa att samtliga aspekter berördes.

Resultat

VARIANSANALYS

Analys av alla observationer sammanslagna

Både för hela kranarbetet (krancykeln) och momentet ”Kran ut” innebar användningen av automatik en något högre tidsåtgång (Bilaga 5). Däremot fanns det för momentet ”Kran in” ingen statistisk skillnad mellan manuell och automatisk kranstyrning. Därutöver kan det konstateras att automatisering generellt minskar spridningen i tidsåtgången mellan observationerna (Bilaga 5).

Analys på förarnivå

Förarna B och C som hade lägst tidsåtgång vid manuell körning fick högre tidsåtgång för kranarbetet som helhet med automationen, men körde fortfarande jämförelsevis snabbt. För förare B var ökningen likvärdig för båda momenten ”Kran in” och ”Kran ut”. För förare C var ökningen mest betydelsefull för momentet ”kran in” (Tabell 1, Bilaga 6).

För Förare D som hade en något högre tidsåtgång än B och C vid manuell körning innebar automationen oförändrad tidsåtgång för kranarbetet som helhet och ingen statistiskt signifikant förändring mellan delmomenten heller (Tabell 1, Bilaga 6).













För förare A som hade högst tidsåtgång vid manuell körning innebar användningen av automationen mindre tidsåtgång för krancykeln som helhet (Tabell 1, Bilaga 6). Hela minskningen uppstod under momentet ”Kran in” medan ”Kran ut” var statistiskt oförändrad.

Sammanfattningsvis, inverkan av automationen på krancykeltider varierade mellan förarna vilket framkallade ett statistiskt signifikant tvåvägssamspel (hela krancykeln, Tabell 1). Utöver detta varierade förarnas respons på automatiken beroende på delmoment, vilket framkallade ett statistiskt signifikant tvåvägssamspel (delmoment, Tabell 1).

I den totala datamängden minskade spridningen generellt med automation (Bilagor 5). Däremot kan inte motsvarande trend upptäckas i förarspecifika data (Bilaga 6). Vid momentet ”Kran ut” ökade spridningen av observationerna för tre av förarna och minskade för en av dem. Vid ”Kran in” minskade spridningen för samtliga förare om än för en av dem endast marginellt (Bilaga 6).

Tabell 1.

Illustrerad sammanfattning av variansanalys (ANOVA). Röd pil: statistiskt säkerställd ökning av tidsåtgången med automationen. Blå pil: ingen statistiskt säkerställd skillnad mellan systemen (manuell vs. automatisk). Grön pil: statistiskt säkerställd minskning av tidsåtgången med automationen.

Förare	Delmoment		Hela krancykeln
	Ut	In	
B			
C			
D			
A			

¹⁾ Förarna har sorterats, statistiskt säkerställt, efter tidsåtgång för den manuella krancykeln, med lägst tid överst. Det fanns inga statistiskt säkerställda skillnader mellan B och C. Numeriska resultat redovisas detaljerat i Bilaga 6.

INTERVJU

Det varierade mellan förarna vilket reglage de föredrog för att styra automationen. Två av förarna använde vippreglaget på vänster spak och upplevde att det kändes rätt som det var utformat när uppåt betydde vänster och nedåt betydde höger. De som i stället valde att använda knapparna uttryckte att det ofta blev fel riktning med vippan och att knapparna upplevdes lättare att använda.

Vid användning av automationen nyttjade förarna tiden då de inte behövde köra kranen till att göra annat. De rapporterade att de planerade nästa steg och att de förflyttade maskinen.

Det upplevdes som tryggt av förarna att kunna avbryta den automatiska kranrörelsen genom att röra på någon av spakarna.

Det upplevdes som mindre ansträngande att köra med automationen jämfört med att köra kranen manuellt. Förarna uttryckte också att de under riktiga arbetsförhållanden upplever en nedgång i sin egen produktivitet under slutet av dagen och att objekt där det finns mycket virke nära avlastningsplatsen vilket innebär mycket krankörning i förhållande till transport, upplevs som jobbiga.

Diskussion

Förarvana

Förarna som deltog i studien hade kort tid på sig att öva med automationen, men hade mångårig erfarenhet av att köra kran manuellt. Även om de upplevde att de lärde sig använda automationen på ett bra sätt är det troligt att de hade kunnat prestera bättre om de fått längre tid för inläring.

Utformning av automationen

Funktionen hos automationen begränsades något av behovet att hålla den enkel för att det skulle gå snabbt för förarna att lära sig använda den. Den utveckling av automationen som låg närmast till hands var att ha flera målpunkter vid sidan av maskinen. Förarna hade då kunnat välja antingen mellan olika positioner längs med maskinen eller på olika avstånd från kranpelaren. Det hade komplicerat användningen av automationen, men hade samtidigt inneburit större flexibilitet i placeringen av maskinen relativt stockarna på marken.

Utformningen av uppgiften

Studieuppgiftens enkla utformning innebar att det var möjligt för dem med stor förmåga att köra kran att nyttja kranen med nära maximal fart med tillräcklig precision.

Den högre belastning som förarna upplevde med den manuellt styrda kranen fick antagligen inte genomslag på tidsåtgången. Under den korta tid som uppgiften pågick kunde de antagligen hålla upp prestationen med viljestyrd ansträngning. Det går därför inte att dra några slutsatser om vilken påverkan automation av denna typ skulle ha över en längre tidsperiod.

Förutsättningar i simulatören

Den egenskap hos simulatören som uppfattades ha störst negativ påverkan på studierna var bristen på djupseende. På de tvådimensionella projektorskärmarna i simulatören kan det vara svårt att bedöma olika objekts position i förhållande till varandra. Det verkar innebära störst problem över lastutrymmet där det blir svårt att bedöma avståndet mellan stockändarna och grinden. När stockarna skulle gripas vid sidan av maskinen verkar det inte ha inneburit några större problem. Där hade förarna större nytta av den skugga som fanns rakt under gripen för att bedöma dess position.

Fortsatta studier

Studier av arbetsbelastningen vid användning av den delautomatiserade skotarkranen är redan planerade. De kommer att genomföras i samarbete med en forskargrupp vid Högskolan i Gävle. Olika metoder för att mäta indikatorer på mental och fysisk belastning kommer att användas då föraren utför en liknande uppgift som i denna studie.

Det finns många tänkbara tillämpningar av automation och stöd i krankörningen till skogsmaskiner som det är lämpligt att utveckla och utvärdera i simulator. Ett stort steg i utvecklingen inom automation av skogsmaskiner skulle kunna vara möjligt om systemen fick tillgång till detaljerad information om miljön runt om maskinen. Till exempel skulle markburen laserscanning kunna generera information som möjliggör för skördarens system att agera efter de individuella trädens position och egenskaper. Skotarens system i sin tur skulle kunna agera på information från skördaren om virkeshögarnas exakta position och innehåll. Utveckling inom dessa områden är trolig då den bakomliggande tekniken finns tillgänglig men ännu inte har implementerats för dessa syften.

Slutsatser

De statistiska analyserna av tidsstudien visar att förarna påverkas av automationen på olika sätt. Automationens påverkan varierade inte enbart mellan förarna utan också förarvis mellan de båda momenten ”Kran in” och ”Kran ut”. Det är därför inte meningsfullt att analysera all data sammanslaget som om förarna vore en homogen grupp. Överlag är trenden att delautomationen kan innebära en minskad tidsåtgång i krankörningen för de med lägre förmåga att köra kran manuellt och att effekten avtar med högre förmåga. För de som hade störst förmåga att köra kran manuellt innebar automationen högre tidsåtgång.

Intervjuresultaten visade att den utformning av automationen som användes i studien upplevdes rimlig av förarna. Kommentarer om upplevt minskad belastning indikerar att delautomation skulle kunna vara positivt för skogsmaskinförarens välmående. Det innebär också att det kan finnas en positiv effekt på produktiviteten mätt över en längre period som en arbetsdag, då trötthet blir en mer betydande faktor än det var under studien.

Referenser

- Alm, H. 1998. Information och kommunikation. Ur: Winkel, J. Attebrant, M. & Wikström, B-O. (red.) Konsensusrapporter rörande kunskapsläget om arbetsmiljön i skogsmaskiner. Arbete och hälsa. 1998:10. Arbetslivsinstitutet. ISBN 91-7045-470-1.
- Attebrant, M., Mathiassen, S.E. & Winkel, J. 1998. Belastningsergonomi och rationalisering. Ur: Winkel, J. Attebrant, M. & Wikström, B-O. (red.) Konsensusrapporter rörande kunskapsläget om arbetsmiljön i skogsmaskiner. Arbete och hälsa. 1998:10. Arbetslivsinstitutet. ISBN 91-7045-470-1.
- Toomingas, A. Mathiassen, S.E. & Wigaeus Tornqvist, E. 2008. Arbete, arbetsliv, arbetsfysiologi. Arbetslivsfysiologi. Lund: Studentlitteratur. ISBN 978-91-44-04626-6. s. 19–38.

Schema Skotarautomation

Klockan 09.00

Introduktion

Klockan 09.30

Övning

Övning 1 (16 x 10 min)	
Manuellt förare	Automation förare
A	
B	
A	
B	
	A
	B
	A
	B
A	
B	
A	
B	
	A
	B
	A
	B

Klockan 12.00

Lunch

Klockan 13.00

Övning

Klockan 18.00 Slut

Subjektiv utvärdering/Intervju

Övning 2 (4 x 10 min)	
Manuellt förare	Automation förare
A	
	B
A	
	B

Test 1 (2 x 30min)	
Manuellt förare	Automation förare
A	
	B

Övning 2 (4 x 10 min)	
Manuellt förare	Automation förare
	A
B	
	A
B	

Test 2 (2 x 30 min)	
Manuellt förare	Automation förare
	A
B	

Skotarautomation – Instruktion

Uppgifterna

Lastning

Uppgiften går ut på att lasta på alla stockarna som ligger på båda sidor av de röda linjerna.

Stockarna ska lastas en i taget. Uppgiften tar slut när det inte finns några stockar kvar. Stockarna kommer att ta slut innan lastutrymmet är fullt.

De röda linjerna är till för att hjälpa dig att hålla rätt riktning på maskinen. För att undvika att maskinen kommer mycket ur kurs är det lättast att kontrollera körriktningen i backspeglarna ofta och använda endast mycket små styrutslag.

Genomför uppgiften så snabbt du kan med god kontroll.

Skotarautomation – Instruktion

Användning av automationen

När du använder automationen måste du anpassa ditt körsätt till hur den fungerar. Det är inte säkert att du kan göra på samma sätt som du är van vid sedan tidigare.

Lastning

Automationen sätts igång med vippan som normalt används för utskjutet. När gripen befinner sig över lastutrymmet och du sätter igång automationen kommer den att gå ut mellan stöttorna till en given position vid sidan av maskinen och stanna en bit från marken.

Att använda automationen effektivt handlar bland annat om att du lär dig var maskinen ska stå för att gripen ska hamna ovanför den stock du ska lasta. Du tar över och kör kranen manuellt och greppar stocken vid jämviktspunkten.

När du nu aktiverar automationen med utskjutsvippan kommer automationen lyfta stocken över stöttorna till lastutrymmet och stanna strax ovanför stockarna som redan ligger på lasset.

Du väljer om gripen ska gå ut till höger eller vänster sida av maskinen genom vilken riktning du trycker vippan åt. Trycker du in den övre delen av vippan går gripen åt vänster och trycker du in den nedre går den åt höger. På samma sätt kan du välja om du vill att gripen ska till höger eller vänster sida av lastutrymmet när du lastar en stock.

Automationen avbryts om du rör på spakarna som kontrollerar kransväng, huvudarm eller vipparm. Du kan antingen låta automationen genomföra hela sin rörelse, eller ta över manuellt när du tycker att det är dags. Den automatiska rörelsen saktar in när den närmar sig sin målpunkt. Om du tar över automationen innan den stannat helt kommer krancykeln gå snabbare. Men du kan också låta automationen gå till slut och t.ex. flytta maskinen under tiden. När du kör kranen manuellt är kranhastigheten låg för att du ska få bra precision. Du kan därför behöva göra större spakutslag än du är van vid.

När du ska greppa en stock från marken, se till att den omsluts av gripskänkarna innan du sätter igång automationen. Sen kommer automationen att fortsätta stänga gripen så att stocken sitter i ett säkert grepp. Greppa stockarna på mitten. Då hänger de horisontellt och sticker inte ut för mycket i någon riktning.

När du lägger ifrån dig en stock på lastutrymmet se då till att gripen släppt stocken helt och hållet och att det inte ligger någon stock i vägen innan du kör ut kranen med automationen igen.

Delautomatiserad skotarkran – Intervjufrågor

Hur kändes den manuella krankörningen?

- Fungerade det som du var van vid?
- Skulle du velat ändra på någonting?

Hur fungerade automatiken med det arbetssätt som du normalt använder?

- Var det svårt att anpassa dig till att köra efter hur automatiken fungerar?
- Vilka anpassningar gjorde du?

Hur väl tycker du att du lyckades du lära dig att använda automatiken?

- Att göra rätt med höger/vänster vid sidan av maskinen och över lastutrymmet.
- Att få flyt i körningen när du tar över med spakarna.

Hur påverkade simulatorns begränsningar din körning? Till exempel bristen på djupseende och känsla från kranen.

- Var det något du hade svårt för?
- Tycker du att du vände dig?

Hur upplevde du det att släppa den direkta kontrollen över kranen?

- Kändes det otryggt?
- Släppte du kranen med blicken när den gick automatiskt?

Påverkade automationen hur du planerade för nästa moment och stock?

- När tittade du efter nya stockar på marken?
- När förflyttar du maskinen? Var det någon skillnad mellan den manuella och automationen?

Hur upplevde du arbetsbelastningen? Fanns det någon skillnad mellan att köra manuellt och med automationen.

- Kände du någon fysisk skillnad?
- Någon mental skillnad?

Hur bra tycker du att du presterade i uppgiften som helhet? Var det någon skillnad mellan den manuella körningen och med automatik?

- Vad kunde du gjort bättre?

Var det något som var svårt med att köra med automatiken?

- Vad skulle du vilja förändra?

Tidsåtgång

Tabell 1

Tidsåtgången (median per observationsgrupp) i sekunder per hel krancykel och delmoment. Alla förare sammanslagna. Femte (5 procent) och 95:e (95 procent) percentiler (perc.) angivna i hakparenteser.

	System, mediantid (sek)		Antal
	Manuell, perc.	Automatisk, perc.	Observation
Krancykeln	9,8 [7,7:15,9] ¹⁾	10,8 [8,8:14,7] ¹⁾	561/548
Kran ut	4,5 [3,5:6,6] ²⁾	4,9 [3,7:7,5] ²⁾	561/548
Kran in	5,3 [3,9:10,0] ²⁾	5,7 [4,7:7,9] ²⁾	561/548

¹⁾ Dessa två observationsgrupper (medianer 9,8 och 10,8) skiljer sig statistiskt åt.

²⁾ Dessa fyra observationsgrupper skiljer sig statistiskt säkerställt från varandra. Dock med ett undantag; grupperna med medianer 5,3 och 5,7 skiljer sig inte statistiskt från varandra.

Metodik: Variansanalys med Tukey-Kramer adj. ($p \leq 0,05$).

Förtydligande: Med observationsgrupp menar man exempelvis alla 548 stycken automatiskt utförda krancykler.

Variansanalys har gjorts med (natur) logaritmer av observationer. Därmed kan exempelvis grupper med samma median skilja sig statistiskt åt.

Tidsåtgång

Tabell 2

Tidsåtgången (median per observationsgrupp) i sekunder per hel krancykel och delmoment (kran in eller ut). Femte (5 procent) och 95:e (95 procent) percentiler (perc.) angivna i hakparenteser. Resultaten av statistiska analyser (stat.) har angivits strax efter percentiler. Observationsgrupper som har någon samma bokstav skiljer sig inte statistiskt säkerställt åt av varandra. Medan, exempelvis en grupp helt utan någon bokstav skiljer sig från alla andra grupper i jämförelsen.

Förare	System	Delmoment ¹⁾ , mediantid (sek)		Krancykel ²⁾ , median	Antal
		Ut, perc., stat.	In, perc. stat.	Td (sek) perc., stat.	Observation
A	Manu	5,5 [4,3:7,9] klm	8,7 [6,9:11,5]	14,6 [11,7:18,2]	104
A	Auto	5,7 [4,3:8,5] jk	6,7 [5,7:8,9] h	12,6 [10,6:15,9]	123
B	Manu	4,2 [3,5:6,3] q	4,4 [3,9:5,7] op	8,8 [7,7:11,4] R	168
B	Auto	4,9 [3,7:7,4] no	5,1 [4,4:6,4] mn	10,1 [8,5:13,0] S	144
C	Manu	4,2 [3,4:5,9] q	4,7 [3,7:6,5] op	9,0 [7,4:11,4] R	158
C	Auto	4,4 [3,6:6,9] op	5,3 [4,7:6,6] lm	9,9 [8,7:12,4] S	152
D	Manu	4,6 [3,3:6,2] pq	6,1 [4,9:8,6] ij	10,8 [8,9:13,6] T	131
D	Auto	4,7 [3,6:6,3] op	6,1 [5,3:8,1] hi	10,9 [9,2:13,9] T	128

¹⁾ Jämförelsen omfattar 16 observationsgrupper (små bokstäver). ²⁾ Jämförelsen omfattar 8 observationsgrupper (stora bokstäver).

Metodik: Variansanalys med Tukey-Kramer adj. ($p \leq 0,05$).

Förtydligande: Med observationsgrupp menar man exempelvis alla 104 stycken *krant-ut-rörelser* som görs *manuellt* av Förare A.

Variansanalys har gjorts med (natur) logaritmer av observationer. Därmed kan exempelvis grupper med samma median skilja sig statistiskt åt.

Intervjuresultat

Hur kändes den manuella krankörningen?

Samtliga förare upplevde att kranen kändes bra att köra med i det manuella läget. En av förarna använde normalt John Deere:s kranstyrningssystem Intelligent Boom Control (IBC) med kranpetsstyrning, men hade mycket erfarenhet av att använda även ett konventionellt system och upplevde det inte som något problem.

Hur fungerade automatiken med det arbetssätt som du normalt använder?

Flera av förarna reagerade på att det med automationen blev väldigt viktigt att placera maskinen på rätt ställe i förhållande till stocken. Bromsen i griplänken höll virket horisontellt, vilket hindrade en förare från att som hen brukar luta virket ned mot grinden när det läggs på lasset.

Hur väl tycker du att du lyckades du lära dig att använda automatiken?

Alla förarna tyckte att de överlag lyckades bra med att lära sig använda automatiken. Två av förarna använde sig av vippan på vänster spak för att aktivera automatiken och de upplevde kopplingen av tryck på vippans övre och under del till vänster respektive höger som naturlig. De andra två förarna upplevde att det var svårt att lära sig riktningarna på vippan och föredrog därför att använda knapparna.

Hur påverkade simulatorns begränsningar din körning? Till exempel bristen på djupseende och känsla från kranen.

Avsaknaden av djupseende besvärade alla förare till en början men blev bättre efter hand. Efterhand lyckades de bättre med att anpassa sig till detta. De mest specifika problem som uppstod var att förarna misstolkade avståndet från stockkändan till grinden så att stockar föll mellan bankarna och att gripen slog i den närmaste av de bakre stöttorna.

Hur upplevde du det att släppa den direkta kontrollen över kranen?

Ingen av förarna tyckte att det kändes obehagligt att släppa kontrollen över kranen till automatiken. De upplevde det som tryggt att kunna avbryta automatiken genom att röra på spakarna.

Påverkade automationen hur du planerade för nästa moment och stock?

Alla förarna berättade att de ibland tittade på andra saker än gripen när automationen utförde en rörelse. De undersökte på vilken sida om maskinen som nästa stock låg för att efter det kunna välja till vilken målposition på lastutrymmet som "kran in" skulle gå till. Några uppgav att de använde tiden när automationen var aktiv till att styra maskinen och upplevde att det var enklare att hålla rak kurs än när de körde kranen på konventionellt sätt.

Hur upplevde du arbetsbelastningen? Fanns det någon skillnad mellan att köra manuellt och med automationen.

Förarna upplevde överlag att det var mer mentalt avslappnat att köra med automationen. En av förarna upplevde också att hen kunde slappna av i kroppen när det inte fanns behov av att hålla i spakarna hela tiden.

Hur bra tycker du att du presterade i uppgiften som helhet? Var det någon skillnad mellan den manuella körningen och med automatik?

Tre av förarna upplevde att de presterade bra vid båda studietillfällena. Förare A upplevde att hen överlag presterade något bättre vid körningen med automationen.

Var det något som var svårt med att köra med automatiken? Hur skulle du vilja förändra funktionen?

En förare skulle vilja ha möjlighet att under ”kran in” byta målposition på lastutrymmet, t.ex. med ett extra tryck på vippan. Det skulle också kunna finnas flera val av målpositioner vid sidan av maskinen. Flera förare upplevde inte att det var någon nytta med att kranen gick långsammare än normalt när de tog över från automatiken.

År 2016 Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2016

- Nr 892 Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.
- Nr 893 Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.
- Nr 894 Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost (*Thekopsora areolata*) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection (*Thekopsora areolata*) by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.
- Nr 895 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.
- Nr 896 Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.
- Nr 897 von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.
- Nr 898 Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.
- Nr 899 Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning – Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot – Automatic follow-up of thinning- Stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient.. 47 s.
- Nr 900 Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.
- Nr 901 Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flisssystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.
- Nr 902 Enström, J., Asmomarp, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.
- Nr 903 Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.
- Nr 904 Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.
- Nr 905 Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.

- Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförers travmätning. – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.
- Nr 907 Björheden, R. 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd - en litteraturstudie. – Mechanised harvesting of large-size hardwood trees – a literature study. 26 s.
- Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd.– Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.
- Nr 909 Brunberg, T. & Lundström, H. 2016. Tidsåtgång och bränsleåtgång vid användning av sortimentsgripen 2014-Evaluation of assortment grapple 2014 in terms of processing time and fuel consumption. 19 s.
- Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.
- Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundström, H. 2016. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.
- Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner J. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in heavy-timber final felling. 38 s.
- Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.
- Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potentialer till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.
- Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie. – Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.
- Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.
- Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & Eliasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar. – Effect of compaction on forest roads. 24 s.
- Nr 918 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, B., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Cutting capacity of saw chains – a comparative study. – Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. Ss. 38.
- Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk, M., Flisberg, Patrik & Rönnqvist Mikael. VägRust på SCA. En analys av vägupprustningsbehov på SCA Skog AB:s tre sydliga förvaltningar. – Decreased cost of logistics with RoadOpt. An analysis of road upgrading needs on three southern holdings at SCA Skog AB. 35 s.

År 2017

- Nr 920 Bergqvist, M., Bradley, A., Björheden, R. & Eliasson, L. 2017. Validering av STP (Surfacing Thickness Program) för svenska förhållanden – Validation of the Surfacing Thickness Program (STP) in Swedish conditions. 40 s.
- Nr 921 Eriksson, B. & Sääf, M. 2017. Branschanalys-Ekonomiska prestationer i entreprenadskogsbruket. – Sector analysis: economic performance in contractor forestry. 31 s.
- Nr 922 Söderberg, J., Willén, E. & Bohlin, J. 2017. Gallringspunkter från fjärranalys. – Identification of thinning needs using remote sensing. 14 s.
- Nr 923 Mohtashami, S. & Willén, E. 2017. Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys. – Identifying cultural heritage sites in forest with remote sensing. 32 s.
- Nr 924 Mörk, A., Englund, M. och Brunberg, T. 2017. Utvärdering av sortimentsgripen i simulator. – Evaluation of assortment grapple tested in a simulator. 20 s.
- Nr 925 Mc Carthy, R., Johansson, F. & Bergqvist, I. 2017. Högläggning med tre- och fyra-uddigt rihjul. 15 s.
- Nr 926 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Wilhelmsson, L. 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå.
- Nr 927 Asmoarp, V. Davidsson, A., Flisberg, P. & Palmér Carl Henrik. 2017. Skogsbrukets möjlighet att utnyttja föreslagna BK4-vägar för 74-tonsfordon. – Evaluation of forestry sector potential to operate 74-tonne vehicles on the proposed BK4 roads. 28 s.
- Nr 928 Bergqvist, I. & Friberg, G. 2017. Lutnignsindex – beslutsstöd vid markberedning. – Slope index – decision support tool for scarification.
- Nr 929 Arlinger, J., Möller, J.J., Eriksson, I. & Bhuiyan, N. 2017. Forestand – skördardata. – Standardisering av skördar-databaserade beskrivningar av uttag och kvarvarande skog efter gallring.
- Nr 930 Willén, E. 2017. Turordningsplanering – Sequencing in operational planning.
- Nr 931 Eliasson, L. & von Hofsten, H. 2017. Prestation och bränsleförbrukning för en stor mobil flishugg – Albach 2000 Diamant. – Productivity and fuel consumption of a large mobile wood chipper – Albach 2000 Diamant. 16 s.
- Nr 932 Englund, M., Mörk, A., Andersson, H. & Manner, J. 2017. Delautomation av skotarkran. – Utveckling och utvärdering i simulator. – Semi-automated forwarder crane. – Development and evaluation in a simulator. 28 s.
- Nr 933 Jonsson, R., Mohtashami, S., Eliasson, L., Jönsson, P. och Ring, E. 2017. Risning av stickvägar i slutavverkning – Effekter på spårbildning, skotarens bränsleåtgång, körhastighet, helkroppsvibrationer och skördarprestation. – The effect of slash reinforcement of strip roads on rutting, forwarder's fuel consumption, driving speed, whole body vibrations and harvester performance. 21 s.
- Nr 934 Bjurholm, A., Jansson, G., Thierfelder, T. & Nordström, M. 2017. Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave -en statistisk och ekonomisk analys. – Evaluation of methods for measuring roundwood in stacks – a statistical and economical analysis 67 s.
- 935 Enström, J., Asmoarp, V., Bergqvist, M. & Davidsson, A. 2017. Förstudie för projektet Pilotimplementering av 74 ton. - Preliminary study for the Pilot Implementation of 74-tonne Vehicles project, commissioned by the Swedish Transport Administration. 50 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

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

FORSKNING OCH UTVECKLING

Sex forskningsprogram och processer:

- Driftsystem
- Förädling
- Skogsskötsel
- Värdekedjor
- Digitalisering
- Skogens samhällsnyttor

UPPDRAG

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

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

KUNSKAPSFÖRMEDLING

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

Från Skogforsk nr. 932–2017



www.skogforsk.se