

# ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 573 2004

temaprojekt  
DELUTOMATION



## Utvärdering av automatfunktioner på engreppsskördare med en professionell skördarförare

Marcus Brander & Berndt Nordén

## Ämnesord: Automatisering, engreppsskördare, simulator.

---

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna 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.

Skogforsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. På de områden där Skogforsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien ARBETSRAPPORT dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från Skogforsk publiceras i följande serier:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

# Innehåll

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	2
Syfte.....	3
Genomförande och metod.....	3
NASA-TLX.....	4
Simulatorstudier.....	4
Automatiserade funktioner .....	5
Fällriktning .....	5
Aggregat lyft.....	5
Sortering .....	6
Kvistning.....	6
Upparbetning.....	6
Datainsamling.....	7
Resultat .....	8
Total arbetstid .....	8
Användning spakar.....	9
Samtidigt aktiverade funktioner.....	12
Subjektiv bedömning på arbetsbelastning.....	12
Tidsstudier .....	13
Jämförelse mellan Elever och professionell förare.....	13
Diskussion.....	14
Total arbetstid .....	14
Spakanvändning.....	14
Subjektiv bedömning av arbetsbelastning .....	14
Tidsstudier .....	15
Jämförelse mellan Elever och professionell förare.....	15
Fortsatt arbete .....	15
Förslag på förbättringar i simulatorn.....	15
Förslag på justeringar av autofunktioner .....	16
Referenser.....	16
Bilaga 1    NASA-TLX .....	17
Bilaga 2    Schema för testdagarna .....	19
Bilaga 3    Värden för automatiserade funktioner .....	21
Bilaga 4    Översikt spakfunktioner (30 träd) .....	23
Bilaga 5    Skattade arbetsbelastningar .....	25

## Sammanfattning

I denna studie har undersökts hur automatiserade kranfunktioner påverkar en professionell förare vid arbete i slutavverkning. Jämförelser har gjorts mellan konventionell styrning och automatiserade kranfunktioner.

Studien har genomförts i en skogsmaskinsimulator på Skogforsk i Uppsala, där fem olika automatiserade funktioner finns att tillgå.

Förarens arbete har analyserats utifrån data som samlats in under körning i simulatoren. Insamlingen av data omfattar tidsstudier, förarens subjektiva arbetsbelastning samt registrering av CAN-bussen. Tillsammans ger det en detaljerad bild över förarens arbete.

Användningen av spakarna minskade med mellan 17 och 43 % vid automatisering, jämfört med konventionell styrning. Detta ledde även till att simultant arbete med flera funktioner minskade. Föraren ansåg även att arbetsbelastningen var något lägre vid användande av de automatiska funktionerna.

Betydelsen av resultaten beror på att förarens arbetsbelastning minskar, och mentala och fysiska pauser erhålls. Genom detta kan mer tid ägnas åt t.ex. trädval och aptering. Föraren får dessutom en förbättrad arbetsmiljö. Jämförelsen med oerfarna förare visar också att dessa kan nå en acceptabel produktionsnivå i ett tidigare skede.

En jämförelse har även gjorts på hur mycket längre tid en oerfaren förare behöver för att utföra samma arbete som en professionell förare vid konventionell körning. I studien behövde en oerfaren förare 74 % längre tid då denne körde konventionellt och bara 21 % längre tid då denne använde de automatiska funktionerna.

Då studien visat att de automatiska funktionerna fungerar väl på en professionell förare, kommer Skogforsk att arbeta vidare med att förbättra funktionerna och även utveckla nya funktioner för andra maskintyper.

## Inledning

I ett examensarbete, redovisat i Arbetsrapport nr 562, utarbetades flera förslag på hur kranarbetet på en engreppsskördare kan automatiseras. Förslagen implementerades i en skogsmaskinsimulator och utvärderades med hjälp av elever från Jälla Naturbruksgymnasium. Av resultaten framgår att man med hjälp av automatiska kranfunktioner minskade den mentala arbetsbelastningen och att samtidigt användningen av spakarna minskade med upp till 60 % i jämförelse med konventionell styrning. Dessutom minskade den totala upparbetningstiden med 30 %.

Att minska den totala arbetstiden med så mycket som upp till 30 %, som var fallet med eleverna, kan man inte förvänta sig då en professionell förare kan utnyttja spak- och knappfunktionerna betydligt bättre än mindre rutinerade förare.

För att få en bättre bild av resultaten från studierna med eleverna är det därför nödvändigt att studera en professionell skogsmaskinförare i samma bestånd. Den professionella föraren blir en referensnivå för elevernas resultat. Den professionella föraren har också avverkat ett normalt slutavverkningsbestånd där jämförelser har gjorts mellan konventionell styrning och delautomatiserad styrning.

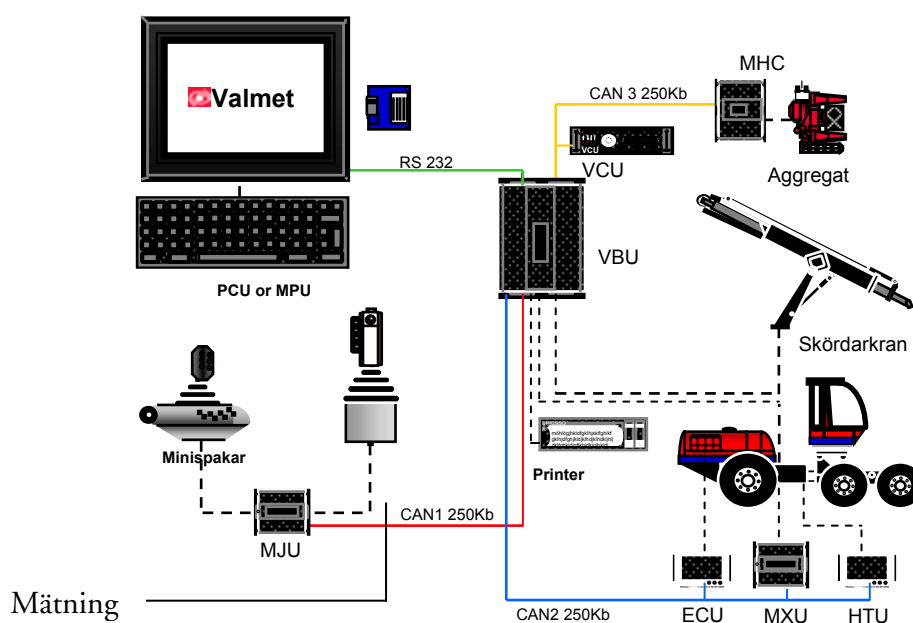
## Syfte

Syftet med studien var att utvärdera hur automatiserade kranfunktioner påverkar en professionell skogsmaskinförares arbete i ett slutavverkningsbestånd i jämförelse med konventionell styrning.

## Genomförande och metod

Samtliga tester, som genomförts i denna studie, har gjorts i en simulator som finns på Skogforsk i Uppsala. Simulatorens finansierats av Nils och Dorthi Troedssons forskningsfond och bygger på en Valmet 921 med teleskopkran. I simulatorens finns för närvarande fem automatiserade kranfunktioner inprogrammerade, som kan kopplas i och ur efter behov.

Via CAN-bussen (dataöverföringsleden för maskinens styrsystem) registreras kontinuerligt, 10 mätningar/s, hur mycket spakar och knappar är aktiverade. På så vis kan en förarens fysiska arbete i maskinen noggrant studeras och analyseras i efterhand. I figur 1 visas hur skördarens nätverk är uppbyggt och var mätning har gjorts.



Figur 1.  
CAN-bussen (Nätverket) på Valmet 921, från Komatsu Forest AB.

En tidsstudie har genomförts för att få en noggrannare bild av hur tidsfördelningen ser ut mellan olika arbetsmoment såsom kran ut, kvistning-kapning m.m. På så sätt kan skillnader upptäckas i tidsåtgången för de olika arbetsmomenten vid jämförelse mellan konventionell körning och automatiserade funktioner.

## NASA-TLX

NASA-TLX är ett hjälpmedel för att subjektivt uppskatta arbetsbelastningen hos en användare i ett människa-maskin-system (Alfredsson m.fl., 2003). Metoden är en flerdimensionell skattningsprocedur där ett värde på den totala arbetsbelastningen erhålls. Det erhållna värdet baserar sig på sex stycken medelvärden av olika dimensioner på arbetsbelastning. Nedan redovisas de sex dimensionerna som skattas av testpersonen.

- Mentala krav
- Fysiska krav
- Tidskrav
- Prestation
- Ansträngning
- Stressnivå

Enkätens utformning redovisas i bilaga 1.

## SIMULATORSTUDIER

Studien genomfördes i Skogforsks skogsmaskinssimulator under två hela arbetsdagar med en förare som hade 2 års erfarenhet av arbete med en liknande maskin. Föraren bedöms vara högpresterande. Testföraren hade, sex månader tidigare, kört i samma simulator under en hel dag och var därmed bekant med simulatoren. I bilaga 2 beskrivs hur de båda testdagarna var upplagda.

Studierna har genomförts i två typer av skog, en som kallas Autoscenario-skogen och en som kallas Skogforsk-skogen. Namnen på de studier som gjorts och som vidare i texten kommer användas, är här listade i kronologisk ordning.

<b>Autoscen1</b>	}	Autoscenario-skogen
Konv		
Auto1	}	
Auto2		Skogforsk-skogen
Auto3		
Konv.2		
<b>Autoscen2</b>	)	Autoscenario-skogen

Autoscenario-skogen består av 11 träd och är den skog som eleverna gjorde sina tester i. Anledningen till att föraren har fått köra här är för att kunna nivålägga prestationen för en duktig förare och samtidigt kunna göra en jämförelse av hur duktiga eleverna var jämfört med en professionell förare.

Skogforsk-skogen är den skog som återskapats från ett verkligt bestånd utanför Larsbo i Uppland. Skogen består av ca 500 väl inmätta och numrerade träd varav trettio av dessa träd har använts i denna studie. De trettio träden har upparbetats i nummerordning vid varje test.

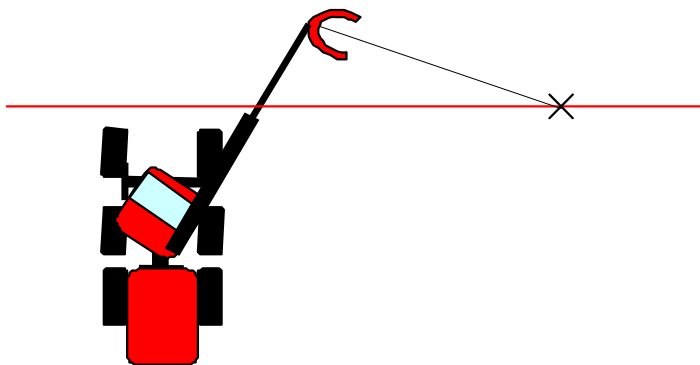
Anledningen till att föraren körde varje automatiseringsfunktion var för sig, vid upprepade tillfällen, var för att han skulle få möjlighet att lära sig när varje funktion aktiveras respektive inaktiveras. Detta gjordes för att föraren skulle känna att han hade full kontroll över arbetet och veta exakt när de automatiserade funktionerna tog över ett arbetsmoment.

## **AUTOMATISERADE FUNKTIONER**

Följande fem automatiserade funktioner finns för närvarande inprogrammerade i simulatoren och har använts vid testerna (Brander & Eriksson, 2004). I bilaga 3 beskrivs vilka värden som använts för fällpunkt, matningsgräns m.m.

### **Fällriktning**

Funktionen innebär att aggregatet automatiskt riktas mot en bestämd fällpunkt relativt till maskinen, samtidigt som föraren styr kranen mot nästa träd, se figur 2. Föraren behöver därmed inte styra rotatorn vid kran ut.



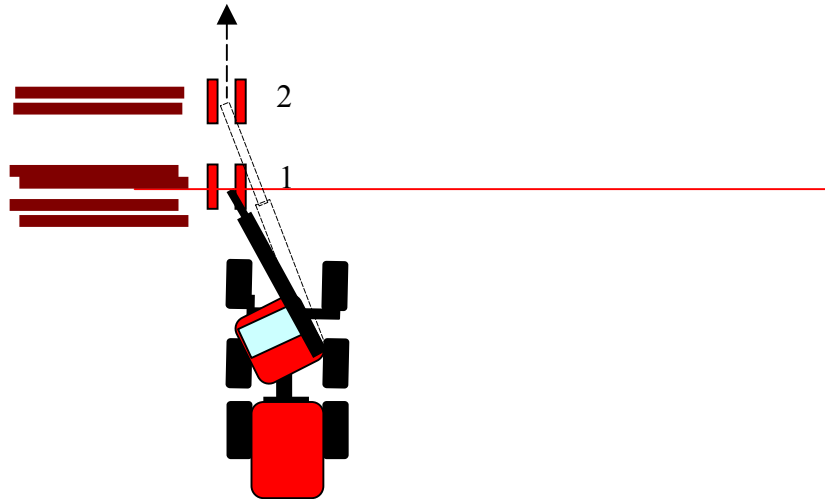
Figur 2.  
Fällriktning.

### **Aggregat lyft**

Funktionen innebär att kran upp aktiveras automatiskt efter fällkap på träd. Kranen strävar då efter att stiga en förutbestämd sträcka från kapsnittet. I de fall kranen inte orkar lyfta aggregat och träd (längre ut i arbetsfältet), ligger funktionen kran upp fortfarande aktiverad. Kranen höjer sig då vartefter föraren för aggregatet mot sig.

## Sortering

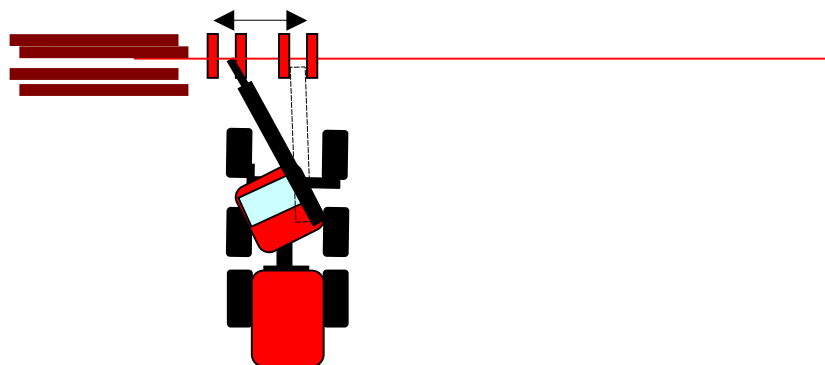
Funktionen innebär att kranen förflyttar sig automatiskt längre ut från maskinen, med ett förutbestämt avstånd, när sortimentsbyte sker, se figur 3.



Figur 3.  
Sortering av virke.

## Kvistning

Funktionen innebär att kranen rör sig automatiskt mellan uppberedningshögen bredvid maskinen och en punkt framför maskinen, medan kvistning sker, se figur 4. Då aggregatet närmar sig lämplig kaplängd vid kvistning framför maskinen går den automatiskt åt sidan (med en förutbestämd sträcka) och kapar, för att sedan återgå till kvistningsläge framför maskinen. Detta för att riset skall hamna på rätt ställe utan extra spakrörelser för föraren.

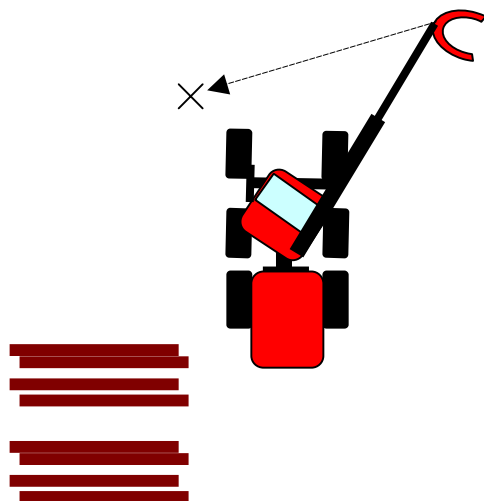


Figur 4.  
Kranrörelse vid kvistning.

## Upparbetning

Funktionen innebär att efter nertilt vid fällkap, förflyttar sig kranen automatiskt i xy-planet till uppberedningsposition snett framför maskinen, se figur 5.





Figur 5.  
Automatisk kranförflyttning till upparbetsposition.

## DATAINSAMLING

De jämförelser som gjorts mellan konventionell styrning och automatiserad styrning har utgått från testerna Konv.2 och Auto3. Studierna gjordes i slutet på dag två och anses därmed visa resultat då föraren har vant sig vid arbetet i simulatoren.

Data som samlas in via CAN-bussen registreras 10 gånger per sekund. Knapparnas aktivering/inaktivering registreras med en etta respektive en nolla. Spakarnas utslag registreras i ett intervall mellan 0–1 024 där neutralläge är 512. De insamlade värdena har bearbetats i kalkylprogram där sedan diagrammen skrivits ut för respektive funktion. När de olika funktionerna kan ses tillsammans kan man få en mycket detaljerad bild över förarens arbete. Till exempel kan olika körmönster urskiljas, hur storleken på utslagen har förändrats, under vilken del av arbetscykeln som en viss funktion används mest, m.m. I simulatoren finns ett statistikprogram som bl.a. mäter hur många funktioner som föraren har aktiverade samtidigt under arbete. Vid denna studie har mätning gjorts hur många av funktionerna rotator, teleskop in/ut, kran upp/ner, kran sväng och gaspedal som har varit aktiverade samtidigt.

Följande arbetsmoment har mätts.

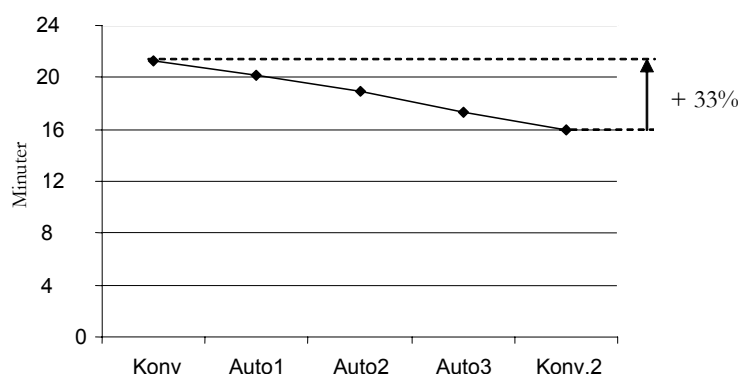
Krut	Kran ut
Fall	Kapning – fällning
Ina	Förflyttning av träd till hög
Kvka	Kvistning – kapning
Rojn	Röjning
Fram	Framflyttning
Verk	Övrig verktid
TOBS	Summa tid

En jämförelse har gjorts mellan eleverna och den professionella föraren. Den professionella föraren fick i ett tidigt skede köra konventionellt i Autoscenarioskogen som eleverna tidigare arbetat i. Utifrån denna tid har jämförelser, se tabell 2, gjorts på hur lång tid det tog för eleverna att köra konventionellt samt med de automatiserade funktionerna aktiverade i samma bestånd.

## Resultat

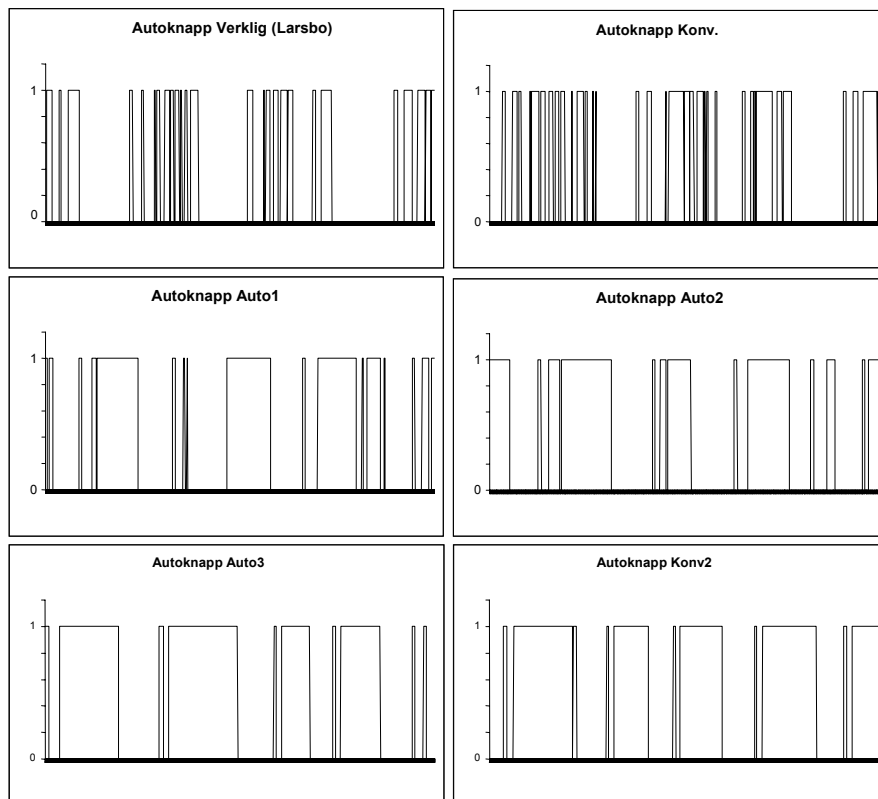
### TOTAL ARBETSTID

Den totala arbetstiden för de trettio träden i Skogforsk-skogen minskade för varje mätning oberoende om det var konventionell körning eller körning med de automatiserade funktionerna. Totalt skiljde det 33 % mellan första och sista mätningen vilka i dessa fall, båda, är konventionell körning, se figur 6.



Figur 6.  
Total arbetstid för respektive studie.

Minskningen av den totala arbetstiden kan till stor del härledas till ett förändrat arbetssätt under upparbetningen. Under en verklig upparbetning av träden använder föraren automatknappen med hög frekvens. Detta uppstår, enligt föraren, då mycket av koncentrationen läggs på apteringen av trädet. Just detta tankesätt då föraren måste fokusera på hur stammen skall apteras på bästa sätt samtidigt som krankörning sker, satt kvar vid de inledande testerna, vilket medför att automatknappen används flitigt. Därmed förlängdes den totala arbetstiden. Då träden i Skogforsk-skogen inte har några ”fel” som påverkar kvalitetsgränser och därmed apteringen, lärde sig föraren att han kan släppa fokus på apteringen och därmed mata igenom trädet effektivare. Denna inläring kan ses i figur 7. där användningen av automatknappen blir mer kontinuerlig för varje studie.

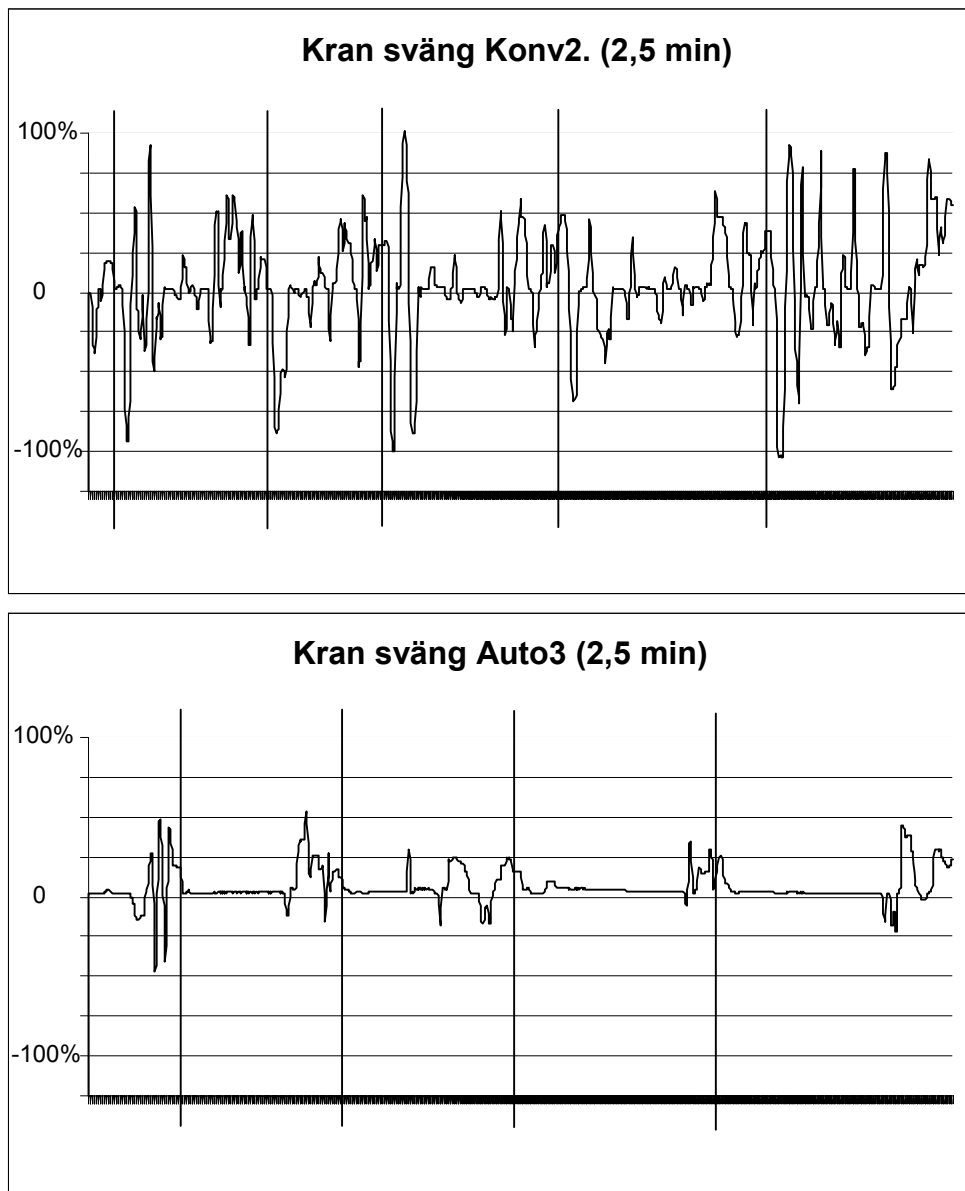


Figur 7.  
Automatknappens användande för respektive studie.

Minskningen i arbetstid är relativt konstant, enligt figur 6, och denna kan inte kopplas till vare sig den konventionella eller automatiserade körningen, utan snarare till en inlärningseffekt. I nedanstående jämförelser mellan de båda kör-sätten tas därmed ingen hänsyn till differensen i den totala arbetstiden som uppkommit vid de olika studierna.

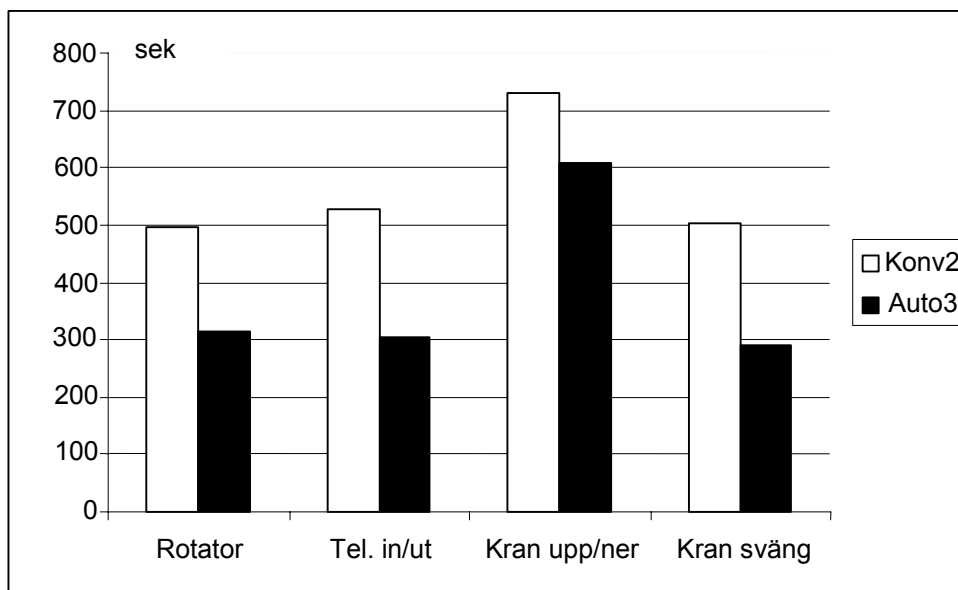
## ANVÄNDNING SPAKAR

Användningen av fyra spakfunktionernas (rotator, teleskop in/ut, kran upp/ner och kran sväng) användning minskade betydligt vid den automatiserade körningen. Figur 8 visar en jämförelse för funktionen kran sväng mellan konventionell styrning och med automatiserade funktioner. De lodräta strecken markerar start på en ny arbetscykel. I bilaga 4 visas en översikt på respektive spak-funktions utslag för alla 30 träd.



Figur 8.  
Jämförelse spakutslag för Kran sväng.

Beräkningar har gjorts när en funktion varit aktiverad och därefter har den totala aktiveringstiden för respektive funktion kunnat räknas ut. Den tid som spakfunktionerna använts vid de automatiserade funktionerna, har minskat med mellan 17 och 43 %, där teleskop in/ut är den funktion som har minskat mest. Det syns också att de utslag som fortfarande görs inte är lika kraftiga med de automatiserade funktionerna i jämförelse med konventionell styrning. I figur 9 visas hur användningen i tid för respektive funktion förändras mellan konventionell och automatiserad körning för de två studierna.



Figur 9.  
Användning i tid för respektive funktion och studie.

Den procentuella förändringen av respektive spakfunktion vid automatisering ses i tabell 1.

Tabell 1.  
Förändring i tid för respektive funktion.

	Rotator	Tel. in/ut	Kran upp/ner	Kran sväng
Förändrad aktivering	-37 %	-43 %	-17 %	-42 %

Nedan redovisas hur respektive spakfunktion har förändrats med de automatiserade funktionerna aktiverade.

#### Rotator

- Har gått från korta stora utslag med mycket korta pauser till mindre utslag och längre pauser.

#### Teleskop in/ut

- Har gått från flitigt kontinuerligt användande till att ha fått längre pauser.
- Används nu mest vid kran ut och nästan aldrig under upparbetningen.

#### Kran upp/ner

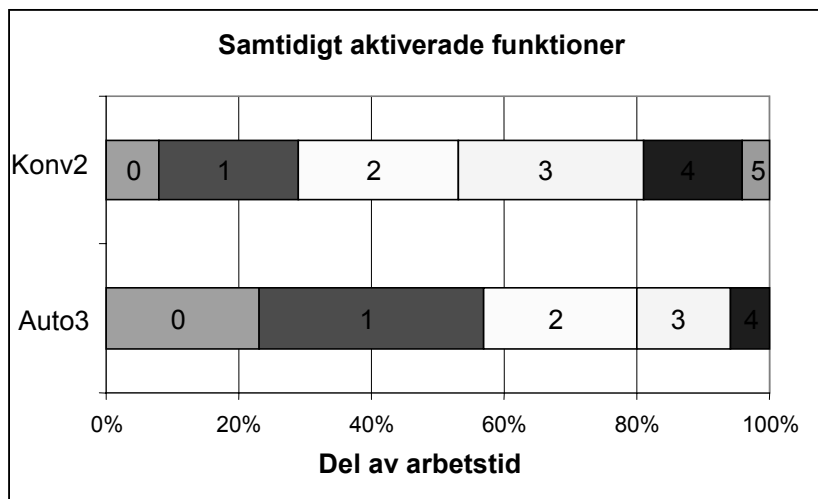
- Har gått från att vara aktiverad nästan hela tiden till att nu ha korta pauser.
- Används dock fortfarande flitigt vid framför allt upparbetningen.

#### Kran sväng

- Används nu nästan bara vid Kran ut.
- Längre och ej så stora utslag vid automatisering.

## SAMTIDIGT AKTIVERADE FUNKTIONER

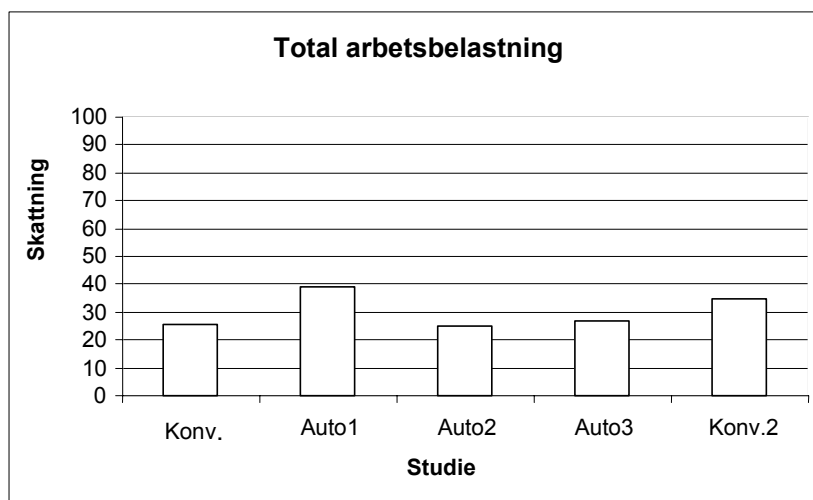
Med de automatiserade funktionerna behövde föraren inte använda lika många funktioner samtidigt (figur 10). Exempelvis använder föraren ingen av funktionerna under 23 % av arbetstiden med de automatiserade funktionerna jämfört med bara 8 % av arbetstiden vid konventionell körning.



Figur 10.  
Samtidigt aktiverade funktioner.

## SUBJEKTIV BEDÖMNING PÅ ARBETSBELASTNING

I figur 21 redovisas hur föraren uppfattade arbetsbelastningen vid de olika testerna. Man kan se att arbetsbelastningen uppfattades som högre första gången föraren använde de automatiserade funktionerna. Därefter har föraren uppfattat arbetsbelastningarna vid en automatisering ungefär likvärdig med den första konventionella. Värt att notera är att föraren, vid den sista körningen konventionellt, ansåg sig ha en högre belastning än vid den föregående körningen med de automatiserade funktionerna. Hur föraren har skattat de olika ingående parametrarna kan ses i bilaga 5.



Figur 11.  
Förarens uppfattade arbetsbelastning för respektive studie.

Förarens uppfattning om hur de olika automatiserade funktionerna fungerar, kan överlag sägas vara mycket positiva. Han nämner framför allt att känslan i kranen finns kvar då det är lätt att gå in och avbryta en funktion om man vill ta över manuellt (Vid spakutslag större än 30 % av max, övergår styrningen till manuell).

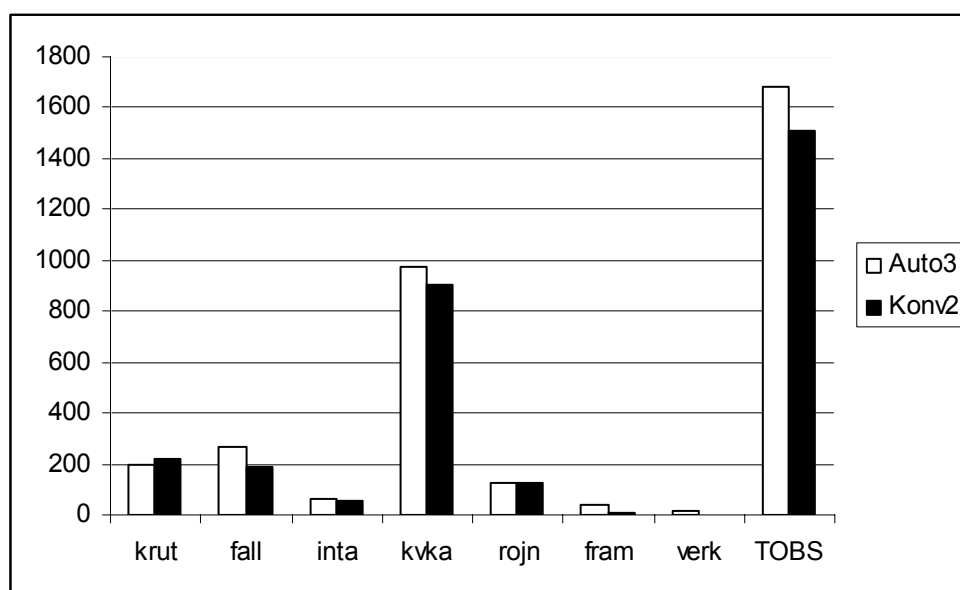
De automatiseringsfunktioner som föraren uppfattar mest positiva är *Lyft av aggregat* och *Upparbetning*, där han vid framför allt den sistnämnda anser sig få en klart kännbar paus i arbetet och kan koppla bort koncentrationen.

Att låta bli att använda rotatorn vid kran ut tycker föraren kan vara svårt och han kommer ofta åt denna funktion, även om det sällan behövs.

*Kvistning* kvistar i dagsläget alla träd framför maskinen. Detta anser föraren ha sänkt hans prestation något, då tallar och mindre kvistiga träd inte behöver genomgå detta moment.

## TIDSSTUDIER

De tidsstudier som gjordes på Auto3 och Konv.2 visar tidsfördelningen mellan de olika arbetsmomenten. I figur 12 kan man se att det inte var någon större skillnad när det gäller fördelningen mellan olika arbetsmoment för konventionell och automatiserad styrning. Den något längre tiden för Auto3 motsvarar den inlärningsavvikelse som tidigare nämnts.



Figur 12.  
Tidsåtgång (cm) för olika arbetsmoment för 30 träd.

## JÄMFÖRELSE MELLAN ELEVER OCH PROFESSIONELL FÖRARE

Tidsåtgången för körning i Autoscenario-skogen var 21 % längre för eleverna än för den professionella föraren. Vid konventionell körning var skillnaden hela 74 % (tabell 2).

Det är viktigt att notera att eleverna och proffsföraren har kört olika länge i simulatoren när studierna gjordes, vilket har betydelse för resultaten. (Elever ca 2 timmar och professionell förare ca 45 minuter).

Tabell 2.  
Tidsjämförelse (cmin.) mellan professionell förare och elever.

<b>Professionell</b>			
Automatisering	4 129		
<b>Elever</b>			
Konventionell	7 189	+ 74 %	
Automatisering	4 980	+ 21 %	

## Diskussion

### TOTAL ARBETSTID

Att den totala arbetstiden skulle fortsätta att minska för varje test hade vi inte förväntat oss. Att detta sker kan härledas till ett ”anpassat körsätt för simulatorn” där framför allt inte samma koncentration behövde läggas på apteringen. Den totala arbetstiden sjunker för varje test oavsett om det skett med konventionell körning eller med de automatiserade funktionerna. Förutom kvistningsfunktionen som inte skulle behöva aktiveras vid varje stock, som i dagsläget, är det således inget i dessa tester som visar att den totala arbetstiden skulle bli längre med de automatiserade funktionerna aktiverade jämfört med konventionell körning. Vår tolkning är att den professionella föraren lär sig simulators begränsningar och att han utnyttjar det.

### SPAKANVÄNDNING

Den minskning av spakanvändningen på mellan 17 och 43 % som bevisligen har uppkommit, avspeglar sig i antalet simultant aktiverade funktioner. Här har en ganska stor omfördelning skett och föraren aktiverar betydligt färre funktioner simultant. Exakt hur mycket förarens arbete förändras genom att behöva använda färre funktioner samtidigt är svårt att säga, men med stor sannolikhet leder mindre simultant arbete till ett enklare arbete och en minskad arbetsbelastning.

Förutom att spakfunktionerna är aktiverade under en kortare tid vid automatiseringen är de spakutslag som fortfarande görs, betydligt mindre. Detta kan ses som att föraren kan köra maskinen med ”mjukare” spakrörelser med de automatiserade funktionerna.

### SUBJEKTIV BEDÖMNING AV ARBETSBELASTNING

Att föraren har uppfattat en större arbetsbelastning första gången han körde med automatiserade funktioner i jämförelse med den konventionella körningen är helt naturligt. Mycket av förarens koncentration går åt till att inte, av vana, styra manuellt när automatiken sköter arbetet. Vid de två efterföljande studierna märktes att föraren hade lärt sig vad som görs automatiskt och därmed sjunker belastningen. Att sedan belastningen stiger vid den avslutande studien med konventionell styrning visar att föraren uppfattar att arbetsbelastningen är lägre med de automatiserade funktionerna aktiverade. De pauser som föraren uppfattar att han har fått, gör att mer tid kan läggas på trädval och aptering.



## TIDSSTUDIER

Tidsstudierna visar att fördelningen mellan olika arbetsmoment såsom kran ut, kvistning-kapning m.m. inte har förändrats nämnvärt mellan konventionell körning och körning med automatik. Arbetsmetodiken med maskinen har därmed inte blivit annorlunda då föraren kört med de automatiserade funktionerna.

## JÄMFÖRELSE MELLAN ELEVER OCH PROFESSIONELL FÖRARE

Jämfört med den professionella föraren tog elevernas arbete 74 % längre tid då de körde konventionellt och bara 21 % längre tid då de använde de automatiserade funktionerna. Detta visar att en oerfaren förare kan nå en acceptabel produktion i ett tidigare skede vid en automatisering. Då den totala arbetstiden förändrades beroende på hur länge föraren arbetade i simulatoren, kan en jämförelse efter en relativt kort inlärningstid inte ge helt tillförlitliga resultat. Även om resultaten visar en tydlig förbättring vid en automatisering bör de båda grupperna köra en något längre tid i simulatoren innan säkrare slutsatser kan dras.

## Fortsatt arbete

Två moment som i stor utsträckning påverkar det verkliga arbetet och inte finns med i simulatoren är de träd som är svåra att kvista samt apteringen av träden. Genom att förbättra simulatoren avseende de problem som uppstår vid dessa punkter kan mer realistiska resultat erhållas.

Då detta är genomfört kan troligtvis inlärningseffekten kartläggas tydligare och man kan se när denna planar ut. Därefter kan jämförelser mellan olika tester genomföras utan att inlärningseffekten påverkar resultaten i så stor utsträckning. Med ovan nämnda justeringar i simulatoren blir troligtvis kurvan mer horisontell och en kortare inlärningstid behövs.

Därefter kan tester på förfinade och även nya automatiserade funktioner göras, t.ex.:

- Ta fram nya funktioner för alternativa arbetsmetoder, såsom flisanpassad körning då allt ris tas till vara.
- Studera skotare och drivare för att ta fram automatiserade kranfunktioner även på dessa maskintyper.

## FÖRSLAG PÅ FÖRBÄTTRINGAR I SIMULATORN

I verkligheten finns det mer hinder i form av buskar, stenar och gropar som kan vara till besvär vid framför allt sorteringen. En ökad andel sådana "besvär" skulle höja realismen i simulatoren.

Att mata igenom trädet går i dagsläget för lätt enligt den professionella föraren. Friktionen mellan träd och mark är i verkligheten olika beroende på åt vilket håll trädet dras. Grenarna på exempelvis en gran bromsar trädet mer när det dras mot roten än mot toppen. Olika friktionskoefficienter beroende på åt vilket håll trädet förs efterfrågas alltså.

För att höja realismen bör ”fel” på träden införas så att föraren måste backa vid t.ex. för tjocka grenar (vilket är mycket vanligt i verkligheten). Detta skulle kunna göras genom att vid start slumpvis ge vissa träd avvikelser som föraren måste ta hänsyn till.

Införa visuella kvalitetsskillnader på träden så föraren inte tappar apteringsmomentet vid körning i simulatören. De gäller för bl.a. stamkrökar, skada på stam, kraftiga kvistvarv och röta. Några av dessa fel ställer förmodligen högre krav på grafiken än vad simulatören klarar i dag.

En större tröghet på träden efterfrågas av den professionella föraren. Han tycker de faller för snabbt.

Flera andra strategiska synpunkter som påverkar förarens arbete i stor utsträckning är bl.a. vinden, att inte arbeta med solen mot sig samt att grenarna på träden är tyngre i söderriktning än mot norr.

## **FÖRSLAG PÅ JUSTERINGAR AV AUTOFUNKTIONER**

Funktionen *Aggregat lyft* bör höja aggregatet mer efter fällkap och sedan sänkas när upparbetningsposition har nåtts. På detta sätt kan upparbetningen påbörjas tidigare (när aggregatet är högre upp) och sedan återgå till lägre höjd när första stocken kapas vid upparbetningspositionen.

Funktionen *Sortering* skall ej aktiveras förrän svärd hemma indikeras, och inte som i dagsläget vid nertilt. Svärdet måste vara hemma innan förflyttning av kran görs, annars riskeras skador på svärdet.

Funktionen *Kvistning* skall bara aktiveras när det aktuella trädet har tillräckligt med grenar som gör detta moment nödvändigt. Det innebär att tex. en gran inte behöver kvistas under en viss diameter då grenarna blir betydligt mindre mot toppen. För en tall blir det tvärt om då de inte har några grenar nertill på stammen. Olika parametrar kan bestämmas för olika trädslag och bestånd.

För att vid upparbetning undvika att den utmatade stocken fastnar i sortimentshögen samtidigt som upparbetning skall ske så nära marken som möjligt, kan aggregatet automatiskt lyftas vid matning och åter sänkas då kapning skall göras.

## **Referenser**

- Brander, M. & Eriksson, D. 2004. Delautomatisering av kranfunktioner på engreppsskördare. Arbetsrapport nr 562. Uppsala. Skogforsk.
- Alfredsson, J., Berggren, P., Castor, M., Hanson, E., Hilburn, B., Juppet, V., Le Blaye, P., MacLeod, I., Nählinder, S., Ohlsson, K., Svensson, E., Wright, N. & Ågren, L. 2003. Handbook of Mental Workload Measurement. Final Report for GARTEUR Flight Mechanics Action Group FM AG13. Europe: GARTEUR. Version 2.0.

## Bilaga 1

### NASA-TLX

**Mentala krav.** Hur mycket mental aktivitet för uppfattande och bearbetning (t.ex. informationsökning, beslutsfattande, beräkningar, tänkande, hålla i minnet) krävdes? Var de mentala krav, som uppdraget ställde på dig, låga eller höga (var uppgiften lättsam eller krävande, enkel eller komplex, principfast eller överseende)?

Låg ●—————● Hög

**Fysiska krav.** Hur mycket fysisk aktivitet (t.ex. handhavande av reglage, styrning, huvudrörelser) krävdes? Var uppdragets fysiska krav låga eller höga (var uppgiften lättsam eller krävande, slö eller påfrestande, vilsam eller arbetsam)?

Låg ●—————● Hög

**Tidskrav.** Hur stor tidspress upplevde du som följd av arbetstempo och informationstäthet i förloppet? Var tidspressen låg eller hög (var uppgiftens arbetstempo långsamt eller snabbt, sävligt eller hektiskt)?

Låg ●—————● Hög

**Prestation.** Hur väl uppfyllde du de krav uppgiften ställde? Hur nöjd var du med din prestation? Var din prestation låg eller hög?

Låg ●—————● Hög

**Ansträngning.** Hur stor var din ansträngning (mentalt och fysiskt) för den aktuella prestationen? Var ansträngningen låg eller hög?

Låg ●—————● Hög

**Stressnivå.** Hur stor var din psykologiska stress under testet? Kände du dig avslappnad eller spänd under testet? Hur osäker, nedslående, irriterad, stressad och förargad gentemot säker, glädjande, tillfredställande, lugn och självbelåten kände du dig under testet? Var stressnivån låg eller hög?

Låg ●—————● Hög



## Bilaga 2

### Schema för testdagarna

#### Dag 1

- 08.00 Gå igenom testerna och förklara/testa NASA.-TLX, därefter träningskörning i simulatorn.
- 09.00 Köra konventionellt i Autoscenario-skogen och i Skogforsk-skogen (Autoscen1 och Konv.) Mäta: NASA, CAN-bus.
- 09.30 Köra varje aut.-funktion individuellt.
- 10.30 **Köra med alla aut.-funktioner aktiverade i Skogforsk-skog (Auto1)**  
Mäta: NASA, CAN-bus.
- 11.30 Lunch
- 12.15 **Köra med alla aut.-funktioner aktiverade i Skogforsk-skog.**
- 13.30 Köra varje aut.-funktion individuellt.
- 14.45 **Köra med alla aut.-funktioner aktiverade i Skogforsk-skog (Auto2)**  
Mäta: NASA, CAN-bus.
- 17.00 Slut

#### Dag 2

- 08.00 Köra varje aut.-funktion individuellt
- 09.00 **Köra med alla aut.-funktioner aktiverade i Skogforsk-skog.**
- 11.30 Lunch
- 12.15 Forts.
- 15.00 **Köra med alla aut.-funktioner aktiverade i Skogforsk-skog (Auto3)**  
Mäta: NASA, CAN-bus, tidsstudie.
- 16.30 Köra konventionellt i Autoscenario-skogen och i Skogforsk-skogen (Autoscen2 och Konv.2) Mäta: NASA, CAN-bus, tidsstudie).
- 17.00 Slut



## Bilaga 3

### Värden för automatiserade funktioner

Fellpoint side	19 meter
Fellpoint front	1,5 meter
Autoheight	1,5 meter
Max. vel.	0,6
Matningsgräns	2,0 meter

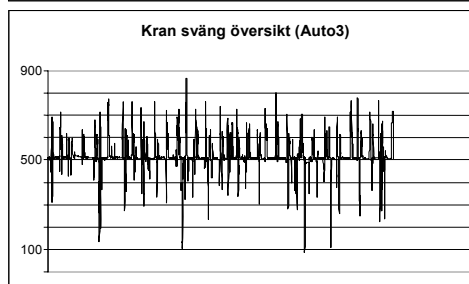
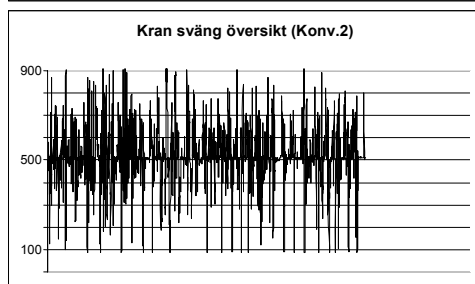
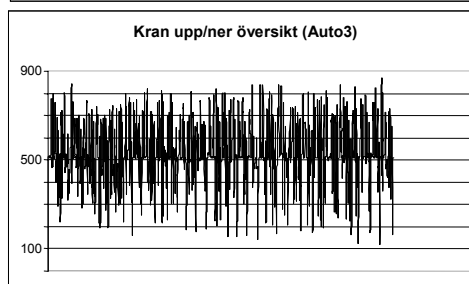
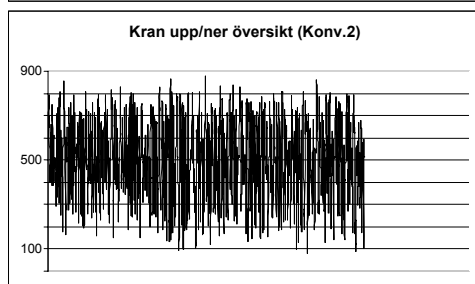
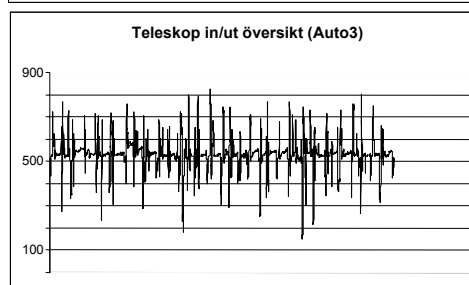
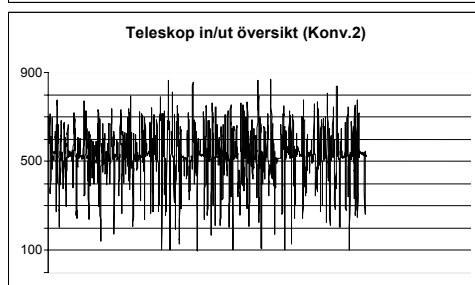
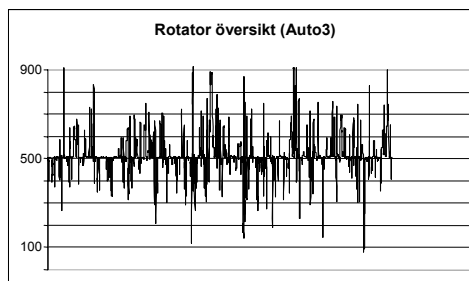
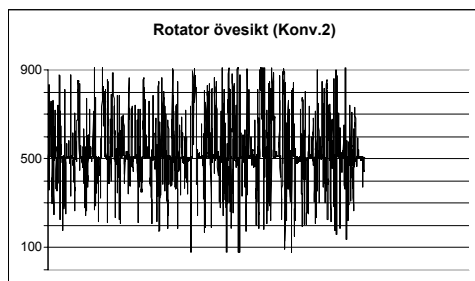




# Översikt spakfunktioner (30 träd)

Konv.2

Auto3





## Bilaga 5

### Skattade arbetsbelastningar

