

Arbetsrapport nr	562	År	2004
Titel	Delautomatisering av kranfunktioner på engreppsskördare		
Titel 2	X-arbete		
Författare	Marcus Brander & Daniel Eriksson		
Programtillhörighet	Driftsteknik		
Färdigställd av	Beba		
Anm.			
Framsidesbild nedan			
Foto/Illustration			

(Framsidan görs i PageMaker)

Ämnesord:

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.

Förord

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete, TMXD20, inom civilingenjörsprogrammet för maskinteknik. Omfattning på arbetet är två gånger 20 poäng. Arbetet är utfört på uppdrag av Skogforsk i samarbete med Institutionen för Konstruktions- och Produktionsteknik, IKP, vid Linköpings Tekniska Högskola, LiTH samt Oryx Simulations AB i Umeå. Examensarbetet har utförts på Skogforsk i Uppsala under tiden september 2003 till februari 2004.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Björn Löfgren på Skogforsk samt Sidney Dekker från LiTH för deras hjälp och support under projektet.

En eloge till Andreas Lind på Oryx Simulations som hjälpt oss med programmering till simulatoren under många sena kvällar.

Vi vill även tacka Staffan Larsson (skördarförare) för information och värdefulla synpunkter samt Jens Alfredsson (FOI) och Kjell Ohlsson (LiTH) för hjälp med metodunderlag.

Uppsala, februari 2004

Marcus Brander

Daniel Eriksson

Innehåll

Sammanfattning.....	4
Inledning.....	5
Skogforsk	5
Bakgrund	5
Syfte	6
Avgränsningar	6
Teori	6
Maskinsystem.....	6
Skördare.....	6
Skotare	7
Drivare.....	8
Skogsmaskinförarens arbetssituation.....	9
Mental arbetsbelastning.....	9
Musklernas arbete.....	9
Pauser och återhämtning	10
Teknostress	10
Automatisering.....	10
Automatisering av olika uppgifter samt dess för- och nackdelar	11
Problem i samband med automatisering.....	12
Automatisering av skogsmaskinens kranfunktioner.....	14
Tekniska möjligheter.....	14
Kranspetsstyrning.....	14
GPS – Global Positioning System	16
Röststyrning.....	16
Metod	17
Uppgiftsanalys.....	17
Fältobservation.....	17
Simulator som forskningsverktyg.....	17
Halvstrukturerad intervju	18
State of the art	18
Brainstorming	18
NASA-Task Load Index (TLX)	19
Genomförande	20
Uppgiftsanalys.....	20
Fältobservation.....	20
Analys av arbetscykler.....	21
Körning med simulator	25
Intervju med förare.....	26
Förarstudie i simulator	27
Sammanfattning av uppgiftsanalys.....	29
State of the art	30
Framtagning av koncept.....	31
Tester och utvärdering av koncept.....	36

Resultat	37
Diskussion.....	42
Slutsatser	43
Framtida arbete	43
Ordlista	44
Referenser.....	44
Bilaga 1 Manöverreglage	47
Bilaga 2 Arbetscykler.....	49
Bilaga 3 Knappfunktioner.....	55
Bilaga 4 Spakfunktioner.....	57
Bilaga 5 Frågor till intervju med förare.....	59
Bilaga 6 Svar till intervju med förare	63
Bilaga 7 Frågor till förarstudie i simulator	67
Bilaga 8 Svar till förarstudie i simulator.....	69
Bilaga 9 Aktivering och inaktivering av funktioner.....	71
Bilaga 10 Uppgiftsbeskrivning för tester.....	77
Bilaga 11 Arbetsbelastning (NASA-TLX).....	79
Bilaga 12 Jämförelse spakutslag samt Automatknapp	81
Bilaga 13 Skattade arbetsbelastningar.....	87

Sammanfattning

I detta examensarbete, omfattande två gånger tjugo poäng, studeras hur kranstyrningen i dagens skördare kan automatiseras för att avlasta föraren både fysiskt och mentalt. Genom att automatisera vissa moment av kranstyrningen kan människa-maskin-systemet utnyttjas effektivare genom att var och en gör det den är bäst på. Föraren kan därmed avlastas enkla och rutinartade moment och i stället fokusera på till exempel trädval och aptering, samtidigt som den fysiska belastningen minskar. En automatisering av kranarbetet kommer troligtvis att leda till en kortare inlärningstid.

Genom att noggrant ha analyserat arbetsmönster samt hur föraren utnyttjar spak- och knappfunktioner i en engreppsskördare har förslag till automatiserade moment tagits fram. Dessa automatiseringsförslag har därefter programmerats i en simulator och sedan utvärderats på blivande skördarförare.

Av resultaten framgår att spakarnas användning har minskat med upp till 60 % i jämförelse med konventionell styrning. Genom den automatisering av kranarbetet som föreslås i arbetet har den totala arbetstiden minskat med nästan 30 % för testförarna jämfört med konventionell styrning. Denna tidsminskning av arbetet gör att förarna tidigare når en högre produktionsnivå. Även den subjektiva bedömningen på arbetsbelastningen, som i detta fall har innefattat mentala krav, fysiska krav, tidskrav, prestation, ansträngning samt stressnivå, har visat sig minska vid en automatisering.

Inledning

Genom en delautomatisering av kranarbetet, kan man troligtvis avlasta dagens skogsmaskinförare både fysiskt och mentalt i deras allt mer pressade arbetssituation. Inledningsvis presenteras uppdragsgivaren samt en bakgrund till projektet och dess syfte. Därefter berörs den teori samt de metoder som har använts under projektarbetet och en beskrivande del av hur arbetet har genomförts samt hur metoder och teorier har använts. Avslutningsvis redovisas en utvärdering av tester och resultat som erhållits, vilka kan ligga till grund för fortsatt arbete och utveckling. För att underlätta för läsaren finns en ordlista på sid 44.

SKOGFORSK

Skogforsk är svenska skogsbrukets forskningsinstitut och finansieras gemensamt av staten och skogsnäringen. Skogforsks uppgift är att tillföra kunskap och produkter till det svenska skogsbruket. Detta för att möjliggöra ett lönsamt, ekologiskt ut hålligt mångbruk av skogen och även för att stärka skogsbrukets internationella konkurrenskraft. På Skogforsk finns ca 110 personer anställda, varav ca 70 är forskare. Personalen arbetar med tillämpad forskning inom bland annat skogsteknisk utveckling, logistik, operativ planering, råvaruutnyttjande, prissättnings-system, miljö och naturvård, förädling av skogsträd samt verksamhetsutveckling. Resultaten av verksamheten är riktad mot att kunna användas direkt i praktisk drift, vilket medför att en stor del av forsknings- och utvecklingsarbetet sker hos intressenter och andra samarbetspartner. (<http://www.skogforsk.se>)

BAKGRUND

Skogsindustrin kännetecknas bl.a. av en bransch med stark prispress på färdigvaran, vilket för skogsbruket innebär en kraftig kostnadspress. Produktutvecklingen inom skogsbruket och då framför allt den aktiva mekanisering under de senaste 40 åren, har gjort att lönsamheten i skogsbranschen har kunnat bibehållas på en acceptabel nivå, trots sjunkande råvarupriser. Mekaniseringsprocessen har drivits av skogs-företagen, understött av deras branschforskningsinstitut och maskintillverkarna, samt av samhället. Under 1990-talet har utvecklingsarbetet resulterat i högproduktiva, vältrimmade system. I dagens helt mekaniserade storskogsbruk, sker nästan all drivning med hjälp av en engreppsskördare och en skotare, ett s.k. tvåmaskinsystem. Under de senaste fem åren, har kostnaderna för att transportera ut virket till av-hämtningsplatser, inte sjunkit på samma sätt som tidigare och man kan inte längre räkna med de stora teknikframstegen.

Då storskogsbruket är helt mekaniserat står branschen inför nästa steg. Maskin-föraren tenderar till att bli en flaskhals i produktivitetens utvecklingen, då föraren inte alltid kan utnyttja maskinernas kapacitet fullt ut. Detta leder till att funktioner i skogsarbetet måste automatiseras. Exempel på funktioner att automatisera är kran-rörelser, avlastningsmomentet eller informationsinhämtning. Ytterligare ett skäl till automatiseringen är förarens pressade arbetssituation, med den allt högre arbets-takten i kombination med alla beslut som måste fattas under tidspress. Detta har ökat den mentala belastningen och kan på sikt resultera i sjukskrivning och svårighet att rekrytera nya förare.

Genom att automatisera och/eller förenkla maskinarbetet kan skogsmaskinens resurser utnyttjas på ett effektivare sätt och samtidigt minska inlärningstiden. Repetitiva arbetsmoment kan också undvikas och föraren avlastas såväl fysiskt som

mentalt. Genom detta kan föraren ägna mer tid till trädval samt bedöma hanteringen av stamskador och stamkrökar. En automatisering får ej ske med risk för utarmning av förarens arbete. Detta med avseende på sådant som utmärker förarens skicklighet och möjligheter till individuell påverkan.

SYFTE

Syftet med projektet har varit att studera och utvärdera vilka moment i kranarbetet som har potential att automatiseras och därmed minska förarens mentala och fysiska arbetsbelastning, samt att få en subjektiv bedömning om dessa upplevs positiva eller negativa av förare. Vidare utarbetas rekommendationer för vilka av dessa moment som bör vidareutvecklas med möjlighet att appliceras i skogsmaskiner.

AVGRÄNSNINGAR

Inledningsvis inriktades arbetet på att finna automatiseringsmoment för tre typer av skogsmaskiner – engreppsskördare, skotare och drivare. Fokus sattes dock i ett tidigt skede på att studera engreppsskördare vid slutavverkning. Detta föll sig naturligt då det fanns information att bearbeta från en fältstudie gjord på en engreppsskördare samt att insamlad data på spak- och knappfunktioner, via CAN-bussen, fanns att tillgå. Skogsmaskinsimulatorens hos Skogforsk, var också inledningsvis endast avsedd för en engreppsskördare. Utvecklingspotentialen hos engreppsskördaren med avseende på delautomatiserade moment ansågs vara stor. Detta i kombination med uppsatta tidsramar innebar att en avgränsning slutligen gjordes på att enbart studera engreppsskördaren vid slutavverkning.

Teori

Teorin omfattar den teoretiska bakgrund som har nyttjats i projektarbetet. Nedan behandlas dagens maskinsystem, skogsmaskinförarens arbetssituation, olika punkter gällande automatisering samt några tekniska verktyg som kan underlätta och bidra till en eventuell automatisering.

MASKINSYSTEM

I dagens helt mekaniserade storskogsbruk, sker nästan all drivning med hjälp av en engreppsskördare och en skotare, ett s.k. tvåmaskinsystem. Detta innebär att engreppsskördaren avverkar träd och upparbetar virket i högar. Skotaren samlar i efterhand upp, sorterar och transporterar det kapade virket till en samlad hög vid en angränsande väg till avverkningsområdet, ett avlägg. Ett alternativ till tvåmaskinsystemet är drivaren som är en kombinerad engreppsskördare och skotare. (Hallonborg)

Skördare

Med en engreppsskördare (figur 1a) sker såväl fällning som upparbetning i en och samma enhet i kranspetsen, vilket kallas aggregat (figur 1b).



Figur 1a.
Engreppsskördare, Valmet 911. Foto: Komatsu Forest AB.



Figur 1b.
Aggregat, Timberjack H762.
Foto: Timberjack AB.

Engreppsskördare finns i olika storleksklasser för både slutavverkning och gallring. De dominerande avverkningsmaskinerna i gallring är små och medelstora engreppsskördare, medan de största maskinerna används i grova bestånd vid slutavverkning. I slutavverkning arbetar sig engreppsskördaren fram längs beståndskanten med en arbetsbredd på 15–18 m. Aggregatet förs, med hjälp av kranen, mot ett träd och aggregatet griper om trädet med hjälp av kvistknivar och matarhjul. Fällningen sker med en hydrauldriven kedjesåg (svärd) varefter matarhjulen drar trädet igenom aggregatet. Kvistarna skärs då av med de stamomslutande kvistknivarna samtidigt som längd och diameter mäts. Dessa uppgifter matas automatiskt in i maskinens dator, som med hjälp av inlagda prislister räknar ut optimal uppdelning av stammen. Föraren kan antingen acceptera datorns förslag eller justera det med hänsyn till kvalitetsegenskaper han observerat på stammen. Med samma kedjesåg som vid fällningen sker sedan kapningen. Föraren styr därefter utmatningen av det kapade virket så att det hamnar i sortimentsrena högar, d.v.s. högar bestående av ett sortiment. Träden upparbetas så att virket läggs inom räckhåll för skotaren från dess väg s.k. stickväg. Det är viktigt att skördarföraren noga planerar sin körning för att ge skotaren så goda förutsättningar som möjligt. Viktigt är även att eventuella skador på mark och kvarlämnade träd minimeras. Därför kvistar föraren träden framför maskinen, så att riset hamnar som ett skydd för mark och rötter.

Tvågreppsskördaren har, till skillnad från engreppsskördaren, en separat upparbetningsenhet på chassit och endast fällsåg och grip i kranspetsen. Efter att trädet fällts, läggs det i upparbetningsbanan och därefter sker upparbetning på samma sätt som i engreppsskördaren. (Nordansjö, 2000)

Fortsättningsvis benämns engreppsskördare enbart skördare om inget annat anges.

Skotare

Skotaren (figur 2) är den maskin som kör det upparbetade virket ut till bilväg. Lastning och lossning sker med en grip monterad i spetsen på en kran. De mindre skotarna används i gallring och de större i slutavverkning. Stickvägssystemet och virkesuppläggningsenheten är avgörande för effektiviteten i skotningsarbetet. Skördarföraren måste därför känna till de krav som en effektiv skotning ställer. Vid skotningen ska tomkörning minimeras. Lastningen bör påbörjas längst bort från bil-

vägen och sker fortlöpande under körningen mot avlägget. Blir det fullt lass längs en stickväg av ett sortiment lastas endast detta. I annat fall kan flera sortiment lastas tillsammans, såvida de hålls åtskilda i lastutrymmet. (Nordansjö, 2000)



Figur 2.
Skotare, Ponsse Buffalo.
Foto: Ponsse Oyj.

Drivare

Drivaren (figur 3) är en kombinerad skördare och skotare som faller träd och upp- arbetar dem direkt i lastutrymmet. Vid full last körs sedan virket till avlägg. Förut- satt att drivaren kan lägga det mesta av virket direkt i lasset kan den under vissa för- utsättningar ge billigare avverkning än dagens tvåmaskinsystem. Detta eftersom momentet med att först lägga ner virket på marken och sedan plocka upp det igen försvinner. Drivaren kan förses med ett brett vridbart lastutrymme som riktas in efter fällriktningen. Allt virke kan upparbetas direkt i lasset och tiden för lastning, 15–25 procent av den totala maskintiden i ett skördarsystem, kan i stället nyttjas till avverkning. Några andra fördelar med drivare jämfört med tvåmaskinsystem är att virket hålls rent, eftersom det inte läggs på marken. Dessutom slipper föraren leta efter översnöat virke vintertid. Vidare blir planeringen enklare eftersom det inte behövs någon resursbalansering mellan skördare och skotare. En förutsättning för att drivaren ska vara lönsam är att maskinerna inte är påtagligt dyrare än dagens engreppsskördare. Skördarsystemet blir dessutom billigare om många olika sorti- ment blandas i drivarlasset. Även transportavståndet inverkar på vilket system som blir lönsamt. Ett ökat transportavstånd innebär att drivarens förtjänst minskar. Likaså är drivare känsligare för störningar, d.v.s. då maskinfel uppstår på drivaren står både skördning och skotning stilla. (Hallonborg & Nordén, 2000)



Figur 3.
Drivare, Valmet 801.
Foto: Komatsu Forest AB.

SKOGSMASKINFÖRARENS ARBETSSITUATION

Att arbeta som skogsmaskinförare är i dag ett krävande arbete med långa skift i extrema förhållanden. I detta stycke beskrivs några av de faktorer som är av stor betydelse för förarens prestation och välmående.

Mental arbetsbelastning

Begreppet mental arbetsbelastning används som en benämning för olika belastningar på det informationsprocessande systemet. Mental arbetsbelastning kan uppstå på flera olika sätt. Överbelastning kan exempelvis ske då mängden information som behöver bearbetas är för stor för att den ska hållas kvar i arbetsminnet, eller då kraven på snabbhet är höga. Skogsmaskinförarens allt högre arbetsbelastning, tillsammans med de många kvalificerade beslut som förarna hela tiden måste fatta under tidspress, har ökat den mentala belastningen. Det är i dag allmänt känt att både en extremt hög och låg mental arbetsbelastning kan förväntas leda till sämre prestation. En arbetsbelastning bör på grund av detta, i både psykisk och fysisk innebörd, vara optimal, d.v.s. utmanande, men hanterbar. Ingen människa mår bra av vare sig underkrav eller överkrav. Dagens skogsmaskiner kräver i dag relativt lång inlärningsstid eftersom hanteringen av reglage och övriga funktioner är komplicerade. En förenkling av reglagen och en automatisering av kranstyrningen skulle förmodligen innebära att den mentala samt fysiska belastningen minskar på föraren. (Alm & Ohlsson 2003, Löfgren m.fl. 2002, Allwood & Thylefors, 1997)

Musklernas arbete

”Askungesyndromet” brukar användas som begrepp för att beskriva muskelfibrernas situation vid lågintensivt arbete, d.v.s. ensidiga och monotona jobb vanligtvis med upprepat arbetsmönster. Studier har visat att det vid muskelarbete ständigt är samma muskelfibrer som både får starta aktiviteten och sedan medverka under hela arbetet tills det avslutas. Alltså får de slita längst och belastas därför extra mycket, trots att arbetet kanske uppfattas som relativt lätt.

Vid ensidigt muskelarbete som utförs under tidspress får kroppen inte de pauser som krävs. Därmed innebär detta en skaderisk som bör beaktas. Det är inte ovanligt att sådant enformigt upprepat arbete inträffar i långa arbetspass och med liten möjlighet till vila. Då upprepas identiska enskilda skadesituationer som adderas till varandra

utan att vävnaderna hinner återhämta sig och repareras, eftersom vilan aldrig är tillräckligt lång för återhämtning. I de fall möjlighet inte ges till reparation av skadade muskelfibrer ökar risken för inflammationer och smärttillstånd.

Hur stor risken är att drabbas av besvär beror bland annat på följande faktorer:

- Människans fysiska och psykiska förutsättningar.
- Vilken typ av belastning det handlar om.
- Om arbetet sker under tidspress eller annan form av stress.
- Hur länge en arbetsuppgift pågår.
- Hur ofta en och samma rörelse upprepas.
- Det egna inflytandet över hur arbetet ska utföras.

(Kindenberg, 2002)

Pauser och återhämtning

Betydelsen av pauser kan inte nog poängteras. En tumregel är att en person behöver både tankevila och variation av rörelser för att minska tröttheten och behålla koncentrationen. Att samla pauser på hög till en lång rast eller för att sluta arbetsdagen tidigare är något som inte rekommenderas, då de korta pauserna är nödvändiga.

(Kindenberg, 2002)

Den allra kortaste pausen går under benämningen mikropaus. En mikropaus kan vara upp till 30 sekunder och bör vara längre än 1 sekund för att fylla någon betydande funktion. Förekomsten av mikropauser är mycket avgörande för hur snabbt en muskel tröttnas ut. Vid monotont arbete är de också betydande då personen ges möjlighet att koppla av uppmärksamheten och vila ögonen på något annat för en stund. Saknas förekomsten av mikropauser försämras ofta personens förmåga till precision vid arbetet. (Åkerstedt)

Om ett arbetspass sker under fysisk och psykisk stress, räcker det emellertid inte med återkommande korta vilopauser. Både mental variation genom andra arbetsuppgifter och en omväxling i kraftutveckling och rörelsemönster krävs då. Detta för att inte muskler och leder ska tröttnas ut och skadas. (Kindenberg, 2002)

Teknostress

Ett vanligt fenomen i dagens datoriserade arbetsliv är teknostress. Denna kan vara föranledd av brist på anpassad information, dåligt tekniskt stöd, obegripliga kommandon, brister i utrustningen eller andra problem med tekniken. Sådant stressar av många orsaker, ofta för att personen inte har tid med bristande funktionsduglighet eller saknar kunskap och möjlighet att själv göra något åt situationen. Irritationen stiger hos personen om denne inte får hjälp eller klarar det själv. Konsekvensen blir att arbetet kanske försenas när personen inte kan handha tekniken och i stället väljer att utföra uppgiften på ett besvärligare sätt. (Kindenberg, 2002)

AUTOMATISERING

Under hela 1990-talet har teknikutvecklingsarbete resulterat i mogna och fintrimmade system. En fortsatt utveckling måste givetvis gå vidare trots framgångarna.

Detta då det finns effektivitetsvinster att hämta och därmed bättre konkurrenskraft och ekonomi. I dag är skogsmaskinerna helt mekaniserade och nästa steg i utvecklingen innebär troligtvis att vissa funktioner kommer att automatiseras. Förarna arbetar i dag under hög mental belastning och måste hela tiden ta beslut under tidspress. En eventuell automatisering skulle förmodligen förbättra förarens situation. Av vikt är att automatisering av rutinartade funktioner sker utan risk för utarmning av förarens arbete. (Löfgren m.fl., 2002)

Automatisering av olika uppgifter samt dess för- och nackdelar

Den senaste teknikutvecklingen har gjort det möjligt att låta maskiner ta över allt större del av en operatörs arbetsuppgifter. Problemet som uppstår är hur man lämpligen ska fördela uppgifter mellan operatören av en maskin och maskinen. Detta är en fråga som länge har diskuterats och som dessutom är aktuell i många transportsammanhang som exempelvis flyg, tåg och bil. Fitts (1951) upprättade förteckningar över styrkor och svagheter hos människor och maskiner för att avgöra vem av människa respektive maskin som är lämplig att utföra vissa uppgifter. Uppgifter som att t.ex. snabbt svara på signaler, använda stor styrka och precision samt att utföra repetitiva uppgifter är maskiner överlägsna att utföra. Att upptäcka mönster där störande brus finns, att improvisera samt använda flexibla procedurer och att tänka induktivt är människor däremot bättre på. Under 1960–70 talet gick man vidare med denna form av ”Fitts listor” (tabell 1), ofta benämnda MABA-MABA (Men are better at – machines are better at) listor. Trots sin enkelhet kan de vara ett skapligt hjälpmedel. (Alm & Ohlsson, 2003)

Tabell 1.
Fitts lista (Hollnagel, 1999).

Egenskap	Maskin	Operatör
Hastighet	Mycket snabb.	Jämförelsevis långsam.
Styrka	Mycket överlägsen vad gäller nivå och jämnhet.	Jämförelsevis svag.
Följdriktighet	Ideal för konsekventa och repetitiva uppgifter.	Inte tillförlitlig, kräver inlärningstid samt tröttnas ut.
Informationsinhämtningsförmåga	Hög	Låg
Minne	Ideal för exakt reproduktion, lagring begränsad och formell.	Bra att upptäcka mönster, mångsidig lagring och öppen för nya idéer.
Resonerande uträkning	Bra deduktiv. Snabb. Noggrann. Dålig att justera fel.	Bra induktiv. Långsam. Ej exakt. Bra på att justera fel.
Känsla	Specialiserad inom ett smalt område. Bra på kvantitativa uppskattningar. Svårt att tyda mönster.	Stor handlingskraft.
Förståelse	Dålig på att reproducera variationer i skriftligt och muntligt material. Dålig på att upptäcka meddelanden från ljud.	Bra på att reproducera variationer i skriftligt och muntligt material. Dålig på att upptäcka meddelanden från ljud.

Värt att notera i samband med en eventuell automatisering är att det alltid skapas nya funktioner för den andra parten i människa–maskin–förhållandet, funktioner som inte existerade tidigare. Exempel på nya funktioner kan vara skrivarbete eller sökning efter rätt sida på en display. Vid en teknisk automatisering erhålles ny kompetens men det uppstår även komplexitet och nya uppgifter för människan. Hänsyn bör exempelvis tas till hur människa och maskin bäst samarbetar med varandra. Syftet med en automatisering är inte att göra operatören passiv och sysslös, för att då endast behöva styra en mycket liten del av systemets operationer. Detta skulle vara slöseri med resurser, både mänsklig och automatik. Operatören måste därmed tillåtas att bibehålla sin strategiska roll i systemets handhavande, vilken lämpar sig för givet förhållande. Vad som är viktigt är hur lätt och effektivt en automatisering gör det för sin operatör att styra den, till och med eller särskilt, under hektiska nya episoder. (Dekker & Woods, 2002)

Automationens kunskapsläge kan i dag summeras på följande sätt:

Det finns ingen enkel generell regel som, utan att tänka, kan tillämpas i varje läge där denna fråga är väsentlig. Många gånger används expertbedömningar som ett sätt att lösa problemet.

Frågeställningen om fördelningen av uppgifter mellan människa och maskin är oftast en iterativ process. Olika lösningar får helt enkelt provas och utvärderas för att se hur väl de fungerar.

Inom det kognitiva området är kunskapen bristfällig, d.v.s. hur uppgifterna ska fördelas mellan människa och maskin när uppgiften är av kognitiv karaktär (i motsats till primärt fysiska uppgifter). (Alm & Ohlsson, 2003)

Problem i samband med automatisering

Ett antal problem eller bivärkningar vid automatisering har observerats. Wickens (1994) nämner följande problem:

Övertro på systemet i fråga. Denna risk innebär att en operatör litar för mycket på systemet i fråga och inser inte att även ett tekniskt system kan göra fel. Följderna kan bli att operatören inte försöker styra eller slutar att övervaka de uppgifter som det automatiserade systemet ska ta hand om. Skulle det automatiserade systemet sättas ur funktion är risken stor att operatören inte klarar av att kontrollera hanteringen av systemet.

Misstro mot ett automatiserat system. Detta kan ge till resultat att operatören inte drar nytta av de möjligheter ett system erbjuder, utan i stället slår ifrån systemet och själv tar över kontrollen.

Negativ påverkan vad gäller mental arbetsbelastning. En konsekvens av automatisering kan bli att man automatiserar enkla uppgifter och överlämnar de komplexa uppgifterna åt operatören. Detta kan leda till att operatörens mentala arbetsbelastning minskas i situationer där den redan är låg. Om då någonting inträffar som kräver operatörens medverkan måste operatören gå från låg arbetsbelastning till en extremt hög.

Förlust av intresse i de uppgifter som automatiken utför. Det faktum att ett automatiskt system utför vissa uppgifter kan få följderna att operatören helt eller delvis tappar intresset för uppgiften och således inte skaffar sig kunskap om förloppet. Om operatören måste vidta åtgärder så medför detta givetvis ett problem.

Så kallade inbäddade system i samband med automatisering. Dessa kan skapa en falsk känsla av säkerhet, vilket innebär att säkerhetskontroller förbigås eller att man slarvar med säkerhetsföreskrifter och rutiner.

Det finns även specifika problem kopplade till utbildningen för maskinförare, både vad gäller grund- och vidareutbildning. Med ökad automation följer större krav på både ändrat utbildningsinnehåll och andra utbildningsmetoder. Utbildningssystemet bör därför ses över kontinuerligt och anpassas efter morgondagens skogsmaskiner. (Alm & Ohlsson, 2003)

Att koordinera arbetsfördelningen i ett människa–maskin–system är komplicerat. Vid införande av automatiserad teknologi genereras ny kompetens men även ny komplexitet. Det skapas nya mänskliga styrkor och svagheter. Några typiska automatiseringsmisstag redovisas nedan, vilka är viktiga att tänka på vid införande av ny teknik:

”Mode error”. Användaren tror att datorn befinner sig i ett läge och utför rätt handling för just detta, emellertid befinner sig datorn i ett annat läge.

Tappa bort sig bland menyer. Datorer har ofta endast en eller ett fåtal bildskärmar knutna till sig, men ett obegränsat antal saker som operatören kan utläsa av dem. Det kan därför vara svårt att finna rätt information eller datablad.

Överbelastning. Datorer är till för att avlasta arbetsbördan för människor i deras arbete. Ofta ökar behovet av samverkan mellan användare och dator just under stressiga perioder då det redan finns mycket att göra. Användaren kan då få svårt att samtidigt fokusera på andra uppgifter som kräver uppmärksamhet.

För mycket data. En användare är ofta tvungen att läsa av information från en stor mängd data och det kan därför vara svårt att finna rätt info för en given situation. Datorer kan även ge upphov till olika slag av automatiserade (visuella och auditiva) varningssignaler som kan sprida distraktion om de blir många.

Svårt att uppmärksamma förändringar. Trots datorns goda förutsättningar att visualisera data redovisar många displayer fortfarande information i digitala värden (för att visa tal, mängder, tillstånd, förhållanden, avstånd o.s.v.). Det kan då bli väldigt svårt att observera förändringar, trender, händelser eller aktiviteter i underliggande processer. Användaren blir tvungen att fortlöpande studera värdena för att kunna dra slutsatser om vad som händer.

Övrigt överraskningsmoment vid automatisering. Utfallet vid en automatisering kan ibland vara att systemet gör någonting som användaren inte hade förväntat sig. I synnerhet vid högt tempo, där tillstånd ändras utan att användaren ger direktkommandon och där datorns aktiviteter är svåra att följa, kan användaren bli överraskad av vad automatiken gjorde eller inte gjorde. (Dekker, 2003)

Automatisering av skogsmaskinens kranfunktioner

Nedanstående punkter bör beaktas då en automatisering av en skogsmaskins kranfunktioner utvecklas:

1. En hierarkisk uppgiftsanalys upprättas där arbetet med skogsmaskinens olika kranfunktioner redogörs. Kranen analyseras i termer av övergripande mål och delmål.
2. Varje deluppgift analyseras noga med avseende på de krav uppgiften ställer på operatörens kognitiva och andra relevanta förmågor.
3. Efter att teoretiska grunder upprättats enligt ovan är det nu möjligt att ge förslag på möjliga automatiseringsfunktioner. Det är av stor vikt att operatörer av skogsmaskiner medverkar under processens skede. Detta då dessa har störst erfarenhet av arbetet och kan ge värdefulla synpunkter på vad som kan vara förnuftigt att automatisera. Ett vanligt misstag är att man först automatiserar en process och sedan finner att användaren inte accepterar eller nyttjar automationens möjligheter.
4. Efter den teoretiska analysen finns underlag för en designspecifikation. Ett lämpligt tillvägagångssätt är att på något sätt genomföra en simulering av designförslaget. Vid simuleringen kan återigen användarna nyttjas för att utvärdera förslaget. Simuleringen kan bestå av en fysisk modell eller en simulering med hjälp av datorer. En simulering med hjälp av datorer kan i dag göras tack vare den enorma teknikutvecklingen som skett. Detta innebär stora fördelar, där bl.a. konsekvenser av ändringar i maskin- och komponentuppbyggnad eller styrning av olika funktioner kan studeras utan att maskinen måste byggas fysiskt.
5. En utvärdering sker av den nya designen i form av en kontrollerad studie (experimentell, kvasiexperimentell eller fältstudie). Modifieringar av designförslaget sker utifrån studiens resultat. Beroende på tid och resurser görs nya utvärderingar av det modifierade förslaget.
6. Det framtagna designförslaget testas i någon form av laboratoriemiljö under realistiska förhållanden. Ytterligare modifieringar kan därefter bli nödvändiga.

Eftersom det inte finns något perfekt sätt för hur man bäst automatiserar olika typer av processer, bör ovanstående designprocess (punkt 1–6) ske genom upprepad testning av designförslag. (Alm & Ohlsson, 2003)

TEKNISKA MÖJLIGHETER

I samband med delautomatisering av skogsmaskiner finns det i dag vissa forskningsunderlag samt verktyg som kan underlätta och bidra till en eventuell automatisering. I följande stycke redovisas några av de viktigaste verktygen som är aktuella för applicering i dagens skogsmaskiner.

Kranspetsstyrning

I dagens nytillverkade skogsmaskiner manövreras kranen med tvåspaksreglage i olika utföranden (figur 4a).

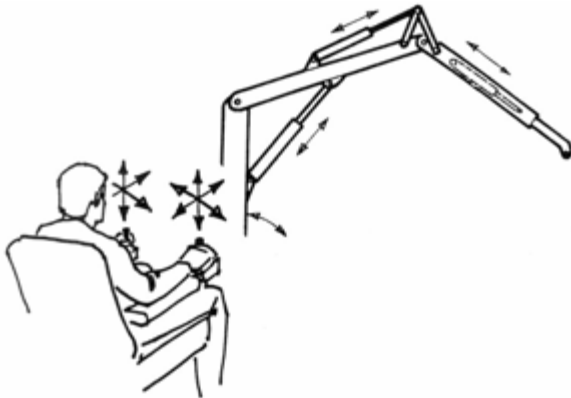


Figur 4a.
Minispak. Foto: Egen bild



Figur 4b.
Traditionell spak. Foto: Egen bild

För en spak i en riktning styrs en viss cylinder på kranen, vilket betyder att föraren måste kombinera olika spakrörelser för att få kranspetsen att styras till önskad position (figur 5).



Figur 5.
Konventionell styrning.
Löfgren m.fl., 1994.

Kranspetsstyrning betyder att kranspetsens rörelser styrs analogt med en enda spak. Om man rör spaken upp/ned motsvarar det upp/ned på kranspetsen, ut/in på spaken motsvarar ut/in på kranspetsen och vänster/höger på spaken motsvarar således vänster/höger på kranspetsen (figur 6).



Figur 6.
Kranspetsstyrning
Löfgren m.fl., 1994.

Kranspetsstyrning kan ses som en delautomatiserad funktion där en spakrörelse utlöser en sekvens av kranrörelser. Applicering av kranspetsstyrning kan innebära:

- att kranen blir mer lättkörd, d.v.s. kranen går att köra med lägre anspänningsgrad.
- kortare inlärningstid.

(Löfgren m.fl., 1994)

GPS – Global Positioning System

GPS är ett satellitbaserat navigations- och positionsbestämningssystem som är uppbyggt av det amerikanska försvaret, vilket också förvaltar systemet. Projektet startades 1973 och systemet var fullt utbyggt för alla civila tillämpningar 1993. GPS används i dag av fler civila användare än militära. Det finns två olika typer av GPS-mätning:

- Den enklaste formen av mätning heter absolut mätning, där endast en mottagare behövs. För att få en tredimensionell mottagarposition behövs längdmätning mot minst fyra satelliter. Positionen fås initialt i det koordinatsystem som satelliterna använder, d.v.s. ett globalt system. Noggrannheten är ca 10 m.
- Om högre noggrannhet önskas används relativ mätning. Mottagarens position bestäms då relativt en känd punkt. Minst två mottagare behövs för att mäta relativt och det krävs att dessa har kontakt med åtminstone fyra till fem satelliter. Med relativ mätning kan centimeternoggrannhet erhållas.

Satellitbaserade positioneringssystem kräver fri sikt mellan satelliten och mottagarens antenn. Platser som inte har fri sikt i riktning uppåt är därför oftast svårare att göra GPS-mätningar på, som exempelvis i tät skog. Löv- och barrskog uppför sig i vissa fall olika vid mätningen. Vanligen går inga satellitsignaler igenom lövträden, medan satellitsignalerna ofta går igenom barrträden. Detta medför att signalen blir dämpad i barrskog, vilket innebär att positionen har en tendens att bli sämre när man mäter i en barrskog än i öppen terräng. En GPS-mottagares noggrannhet har även ett starkt samband med dess pris, då priset ökar med noggrannheten. En GPS-mottagare med decimeternoggrannhet kostar i dag mellan 50 000–100 000 kr. I framtiden kommer bättre noggrannhet kunna erhållas med hjälp av fler satelliter och bättre mottagare. Satellitpositionering har medfört att det finns stor besparingspotential för t.ex. maskinstyrning och fordonslokalisering. (<http://swepos.lmv.lm.se/>)

Röststyrning

Med hjälp av automatisk taligenkänning ges människan en helt ny möjlighet för datorkommunikation. Talet är vårt naturliga sätt att kommunicera och detta medför fördelar som att kommunikationen sker på människans villkor och inte maskinens. Med en bärbar, trådlös mikrofon kan operatören röra sig fritt samtidigt som händer och ögon lämnas fria för andra uppgifter. I dag finns det flera tillämpningar där talinmatning är fördelaktig. Ett sådant är i industrin där processstyrning kan ske med hjälp av röststyrning för datainmatning. Automatisk taligenkänning är dock inte problemfri då talsignalen har stor variabilitet. Dialekter samt akustiska störningar som buller är exempel på variabler som kan komplicera uppgiften för en taligenkännare. (Blomberg & Elenius, 2002)

Metod

För att skogsbruket fortsättningsvis ska kunna hålla lönsamheten på en acceptabel nivå bör människa–maskin–systemet utnyttjas effektivare samtidigt som inlärningstiden kortas. Genom att låta människa och maskin göra det den är bäst på kan systemet nå en högre utnyttjandegrad. Syftet med en automatisering är inte att göra operatören passiv och sysslolös, utan låta denne behålla sin strategiska roll i systemet med en jämn belastning. För att finna styrkan och kraven på var och en av såväl människa som maskin vid skogsmaskinsarbete har nedan nämnda metoder använts. Även de metoder som använts vid framtagning av koncept och utvärdering av dessa finns beskrivna här.

UPPGIFTSANALYS

Med hjälp av en grundlig uppgiftsanalys är det möjligt att kartlägga arbetet och dess krav på både förare och maskin under olika driftsförutsättningar. En uppgiftsanalys kan vara antingen fysisk eller kognitiv. Den fysiska analysen handlar om själva handhavandet och hur arbetet utförs. Genom att studera kranens rörelsemönster och hur föraren utnyttjar spakar och knappar kan beslutsunderlag skapas för vidare arbete. Erforderlig information kan fås genom att läsa av data från skogsmaskinens CAN-buss (Löfgren m.fl., 2002). Den kognitiva analysen handlar om hur föraren söker information från den omgivande miljön, i och utanför hytten, för att kunna lösa sina arbetsuppgifter och andra nödvändiga uppgifter. (Alm & Ohlsson, 2003)

FÄLT OBSERVATION

En fältobservation kan med fördel genomföras då en produkt, som redan finns på marknaden ska undersökas. Produkten kan då studeras i dess rätta miljö, utan några restriktioner. Vid en deltagande fältobservation kan frågor ställas till personen som brukar produkten. (Jordan, 1998)

SIMULATOR SOM FORSKNINGSVERKTYG

Inom skogsindustrin används simulatören vanligtvis för att utbilda nya maskinförare. Likafullt finns möjligheten att använda simulatören för teknisk utveckling. Med hjälp av simulatören kan nya tekniska lösningar testas utan att en prototyp behöver tillverkas. Produktutvecklingsprocessen blir därmed billigare och sparar dessutom tid.

Vid Skogforsk i Uppsala finns i dag en simulator (figur 7) som kan köras som både skördare, skotare och drivare. Simulatören har köpts in med medel från Stiftelsen Nils och Dorthi Troedssons forskningsfond. Det nya forskningsprojektet är ett samarbete mellan Skogforsk, Komatsu Forest AB (tidigare Partek Forest AB) och Oryx Simulations AB, som tillverkar simulatören. (Löfgren, 2003)



Figur 7.
Simulator. Foto:
Skogforsk.

HALVSTRUKTURERAD INTERVJU

En halvstrukturerad intervju bygger på att frågorna ställs i en bestämd följd med följdfrågor inom dessa. Den bygger även på en kombination av öppna och fasta svar. Respondenten ger sin syn på det som intervjuaren tycker är viktigt, samtidigt som intervjuaren får en uppfattning av hur meningsfulla frågorna är för den intervjuade. Genom en halvstrukturerad intervju ges den intervjuade möjlighet att kunna "flika in" med saker, som personen tycker är viktiga. (Lantz, 1993)

STATE OF THE ART

I en studie av state of the art analyseras och studeras lösningar på likartade problem. Patentsökningar, Internet och litteratur inom området kan ge upphov till idéer. Produkter med liknande problem men inom helt skilda branscher kan också leda till lösningar. Olika tillverkares lösningar bör beaktas för att få en klarare bild av vad dagens marknad erbjuder. (Liedholm, 1999)

BRAINSTORMING

Brainstorming är en associationsmetod som genererar idéer på ett relativt kontrollerat sätt. Genomförandet av en brainstorming sker i enlighet med tre grundläggande faser.

Den första fasen är förberedande och då sker en problembeskrivning där alla deltagande får information om produkten, funktionen och eventuella problem eller begränsningar. När förberedelserna är avklarade sker huvudmomentet brainstorming. Här gäller det att visualisera problemet och hitta lösningar. Deltagarna talar fritt om olika lösningar till problemet. I detta stadium förkastas ej tokiga idéer utan alla idéer anses vara goda. En person för anteckningar och principen att "en talar i taget" gäller. Den avslutande fasen består av en utvärdering, där de uppenbart icke genomförbara och tokiga idéerna förkastas. (Herbertsson, 2002)

NASA-TASK LOAD INDEX (TLX)

NASA-TLX är ett hjälpmedel för att subjektivt uppskatta arbetsbelastning hos en användare i ett människa–maskin–system. Metoden är en flerdimensionell skattningsprocedur där ett värde på total arbetsbelastning erhålls. Detta värde baseras på sex stycken medelvärden av olika aspekter på arbetsbelastning. Nedan redovisas de sex aspekterna som skattas av testpersonen:

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

NASA-TLX utvecklades av en grupp forskare vid NASA Ames Research Center under ledning av Sandra G. Hart. Metoden är i dag mogen och använd med framgång inom en mängd olika områden, från att analysera användbarhet vid kontorsmiljö till att mäta arbetsbelastning hos piloter. TLX skalan har visat sig ge bra resultat för flertalet uppgifter i olika miljöer, både vid simulerade och verkliga situationer. Skattningen av de sex aspekterna på arbetsbelastning påminner mycket om varandra, förutom prestationen. Visar det sig att en testperson skattar aspekterna på ett liknande sätt, ligger resultatet nära personens syn på arbetsbelastningen vid försöket. NASA-TLX baseras på ett frågeformulär som testpersonen fyller i efter att varje kännetecknande uppgift är genomförd. Vanligtvis ser tillvägagångssättet ut enligt följande:

- Instruktion: Testpersonen får instruktioner om hur försöket ska gå till. Det är dessutom viktigt att testpersonen noga informeras om frågornas betydelse så att inga oklarheter uppstår.
- Göra sig bekant med formuläret: Testpersonen får, efter att ha utfört ett antal övningar, träna på att använda skattningsskalan som vanligtvis är en 10 cm lång linje. Detta för att försäkra sig om att han eller hon förstår skalans innebörd och fyller i denna på ett konsekvent sätt.
- Skattning: Testpersonen genomför testets övningar, där han eller hon efter var och en av dessa, skattar de sex olika aspekterna på arbetsbelastning.
- Analys av resultat: Den grad, som var och en av de sex aspekterna bidrar med för en specifik uppgift, ges genom att parvis jämföra aspekterna. Som slutresultat kan de sex aspekterna sammanställas i ett helhetsmått på arbetsbelastning. Möjlighet finns att dessförinnan vikta de sex olika aspekterna på arbetsbelastning. Den aspekt som anses påverka arbetsbelastningen mest vid en uppgift, kan då ges större vikt för att ge ett bättre helhetsmått.

Vid analys av resultatet är det viktigt att hänsyn tas till hur NASA-TLX integrerar och påverkar andra mått av intresse för uppgiften. Ordinära mål eller mått på effektivitet bör finnas hänvisade. Resultaten bör sammanställas noga med en strukturerad rapportering. Detta för att försäkra sig om att rekommendationerna kan appliceras till systemet i fråga och samtidigt förbättra detta. (Alfredson m.fl., 2003)

Genomförande

Nedan redovisas projektets arbetsgång och omfattar huvudsakligen uppgiftsanalys, state of the art samt framtagning och utvärdering av koncept.

UPPGIFTSANALYS

I detta avsnitt beskrivs hur uppgiftsanalysen har gjorts. Här har valts att inte göra en hierarkisk uppgiftsanalys på maskinens kranfunktioner som föreslås i teoriavsnittet. I stället har analysen utgått från att sätta föraren i centrum och grundligt studera hur dagens arbete går till, vilka krav som ställs på föraren samt vilka uppgifter som denne ska utföra. Genom att analysera hur föraren arbetar i dag och utläsa arbetsmönster kan t.ex. repetitiva moment och mentalt hektiska perioder upptäckas och bearbetas. Då en skördarförarens arbete är väldigt komplext har mycket tid lagts på att sätta sig in i hela arbetstänkandet och vad som ligger till grund för olika beslut.

Fältobservation

En inledande fältobservation för projektet gjordes 28–29 juli 2003 i Larsbo norr om Uppsala. Denna observation gjordes i samband med uppmätning av det bestånd som sedan skulle återskapas i simulatorn på Skogforsk. Avsikten med denna observation var att studera och få en inblick i hur en skördare (Valmet 911) och skotare (Valmet 890) arbetar i skogen vid en slutavverkning. Fältobservationen omfattade två dagar. Första dagen studerades hur skördaren arbetar och vilka moment som görs vid fällande av ett träd. Samtidigt som iakttagelser gjordes mättes de träd som redan var fällda och låg i högar. Här antecknades längd, diameter, trädslag samt om det var massa eller timmer. Mätningarna gjordes för att kunna återskapa motsvarande miljö i simulatorn för skotaren. I slutet av dag två anlände skotaren som även den observerades samtidigt som mätningar av övriga träd utfördes.

Vad som observerades vid skördningen var att föraren greppade träden till höger om maskinen och upparbetade dem på vänster sida, medan han körde skördaren rakt fram radvis. En viktig aspekt som iakttoogs var sorteringen vid upparbetningen. Här sorterar föraren sortimenten i olika högar för att skotarföraren sedan inte ska blanda ihop dessa då skotning sker. Detta moment ansågs kräva mycket kranrörelse och styrning av rotatorn. Ytterligare ett moment som kräver mycket krankörning är när träden kvistas framför maskinen. Genom att lägga riset där kan maskinen köras på detta och därmed minskar markskadorna. I vissa fall då grenar och ris hamnar fel förflyttas detta till körstråket framför skördaren. Vi observerade även kedjebyten som gjordes regelbundet (tre gånger första dagen).

Skotningen genomfördes genom att föraren plockade virket sortimentsvis. Han körde alltså samma väg genom beståndet flera gånger och plockade t.ex. timmer första varvet och massa andra varvet.

Utöver de visuella observationer som utfördes under dessa dagar gjordes även mätningar på skördarens CAN-buss. Detta innebär att med hjälp av en dator läsa av, när och hur mycket, föraren aktiverar någon funktion i maskinen. Funktioner som lästes in var styrspakarnas alla funktioner samt gas- och bromspedal, totalt 46 funktioner. Genom denna datainsamling skapades ett bra underlag för att grundligt analysera hur funktionerna i skördaren används vid en slutavverkning.

Vid fältobservationen fanns även en tidsstudieman på plats. Denna person tidsstuderade både skördar- och skotarförarens arbete. Detta innebar att tidtagning gjordes på de olika arbetsmomenten som utfördes, vilket redogörs noggrannare nedan.

Analys av arbetscykler

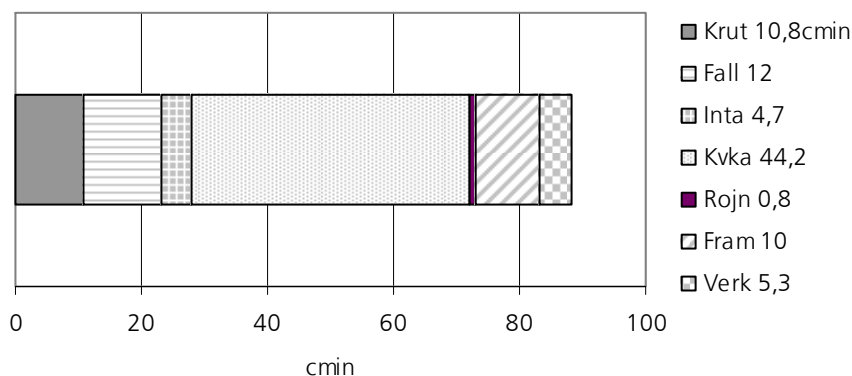
I detta stycke analyseras det fysiska användandet av spakarna som gjordes under en slutavverkning. Denna innefattar kartläggning av förarens arbete i fråga om utförda knapptryckningar och kranrörelser. Informationen har erhållits från tidsstudier samt avläsning från skördarens CAN-buss.

Tidsstudier

Vid en tidsstudie mäts hur lång tid olika arbetsmoment tar. En tidsstudieman följer en arbetare och klockar tiden för de olika momenten. I denna studie som gjordes 28–29 juli 2003 mäts tiden i centiminuter. De moment som mättes var för skördaren följande.

Krut	Kran ut	Momentet avslutas då sågmotorn startar.
Fall	Kapning–fällning	Momentet avslutas antingen då trädet slår i marken eller då drivrullarna startar.
Inta	Förflyttning av träd till hög	
Kvka	Kvistning–kapning	
Rojn	Röjning	
Fram	Framflyttning	Endast körning med maskin.
Verk	Övrig verktid	Förflyttning mellan slag m.m.
Stor	Störning	Kedjebyte, fika, telefon m.m.
TOBS	Summa tid i cmin	Exklusive tiden för störning.

För att se hur tidsåtgången är fördelad över de olika arbetsmomenten har ett snitt räknats ut på hur lång tid respektive moment tar per arbetscykel, vilket sedan grafiskt har redovisats på en tidsaxel. Antalet träd som fälldes under denna observation var 511 stycken. Den totala genomsnittstiden för att fälla ett träd var 88,4 cmin. Fördelningen mellan momenten fick följande utseende (figur 8).



Figur 8.
Tidsfördelning över arbetsmoment.

Här kan ses att en stor del av tiden under en arbetscykel (44 %) används till Kvistning–kapning. Därefter följer Kapning–fällning, Kran ut respektive Framkörning, vilka har liknande tidsåtgång. Slutligen följer Övrig verktid, Förflyttning till hög samt Röjning. Övrig verktid är ofta stora tidsintervall som erhålls vid få tillfällen, exempelvis vid byte av slag då maskinen körs tillbaka för att börja om på ett nytt stråk. I vårt fall upprepades detta 4 gånger under en och en halv dags arbete.

CAN-buss mätning

Via maskinens CAN-buss registrerades hur alla funktioner användes och informationen lagrades för en bestämd testperiod. Dessa mätningar utfördes den 28 juli 2003. Under denna tid mättes när och hur mycket föraren använder respektive funktion på spakarna under slutavverkning. Det gjordes mätningar på manöverreglagens 46 funktioner vilka redovisas i bilaga 1. Utslagen på funktionerna registrerades varje tiondels sekund. Insamling av mätvärden gjordes i två omgångar. Ett förmiddagspass mellan kl. 09.22 –11.39 (81 480 registreringar) samt ett eftermiddagspass mellan kl. 12.16 –15.01 (97 952 registreringar). Vid mätningen registrerade datorn en etta om en knapp är aktiverad och en nolla om den inte är aktiverad. Spakarnas rörelseutslag mättes i ett intervall mellan 0–256, där gränsen mellan 128 och 129 är neutralläget. Maximalt utslag är 0 respektive 256. För spakarnas utslag gäller (tabell 2).

Tabell 2.
Spakutslag.

	0–128	129–256
Kran sväng	Vänster	Höger
Rotator	Vänster	Höger
Teleskop	In	Ut
Kran	Upp	Ner

Syftet med insamlingen var att efter studien bearbeta alla värden och därefter grafiskt kunna se exakt när och hur ofta föraren använder respektive funktion. Detta gjordes genom att föra över alla mätvärden till ett Excel-dokument. Då ett Excel-ark maximalt kan bearbeta 65 000 rader valdes att endast föra över de första 65 000 mätningarna av respektive mätserie (förmiddag, eftermiddag), vilket motsvarar ca två tredjedelar av alla värden. I tabell 3 åskådliggörs hur Excel-arket är uppbyggt, där registreringarna för respektive funktion är listade kolumnvis. För förmiddagen och eftermiddagen gjordes vardera en sådan tabell.

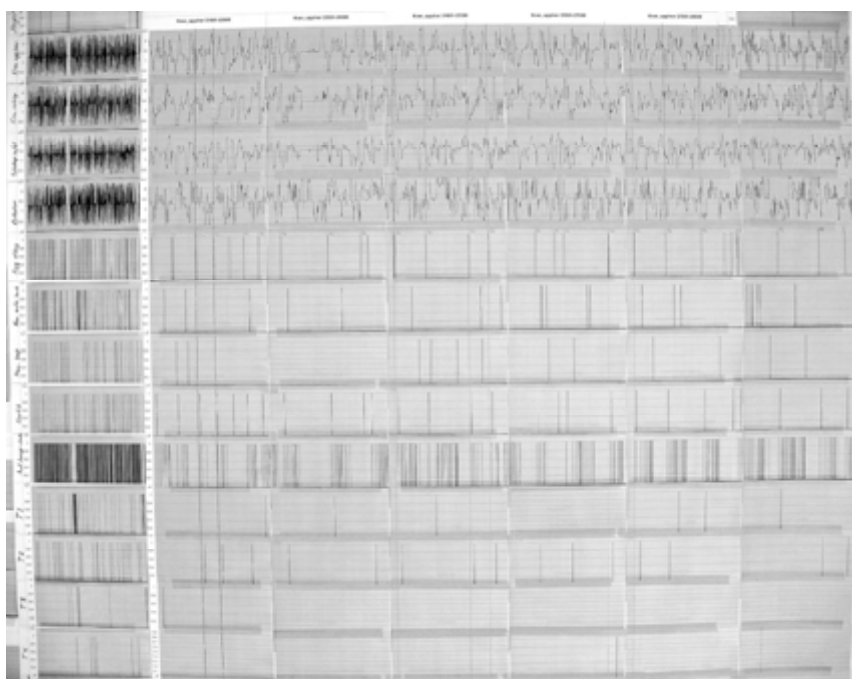
Tabell 3.
Excel-ark, funktionsregistrering.

Mätning nr.	Teleskop in/ut	Kran upp/ner	Kran sväng	O.s.v.
1	83	169	135	
2	88	173	135	
3	92	178	135	
–	–	–	–	
–	–	–	–	
64 999	116	159	128	
65 000	131	135	128	

Av tabellerna gjordes diagram för att kunna analysera värdena grafiskt. För att minska mängden data studerades endast förmiddagen närmare, då denna inte skiljde sig nämnvärt från eftermiddagen. Vid skapande av grafer ur en tabell har Excel en gräns på 32 000 rader, vilket innebar att det maximalt gick att få in ca 50 minuters körning i en graf. Först skrevs en översikt ut av varje funktion på de första 50 minuterna för att få en övergripande bild av hur mycket funktionen i fråga användes. Vid en studie av funktionerna i detta tidsintervall valdes att göra en in-zoomning mellan mätpunkterna 21 000 – 30 000 (15 min.). Intervallet valdes för att det innehöll de flesta funktionerna och få störningar. Diagrammen sattes därefter upp på en vägg (figur 9 a–b) med stor noggrannhet i vertikalled. Detta gav möjlighet att med lod kunna se exakt när en funktion användes och om någon annan funktion även användes samtidigt.

	50 min		15 min				
	0– 32 000	21 001– 22 500	22 501– 24 000	24 001– 25 500	25 501– 27 000	27 001– 28 500	28 501– 30 000
Tel. in/ut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rotator	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kran sväng	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O.s.v.							
Agg. öppna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

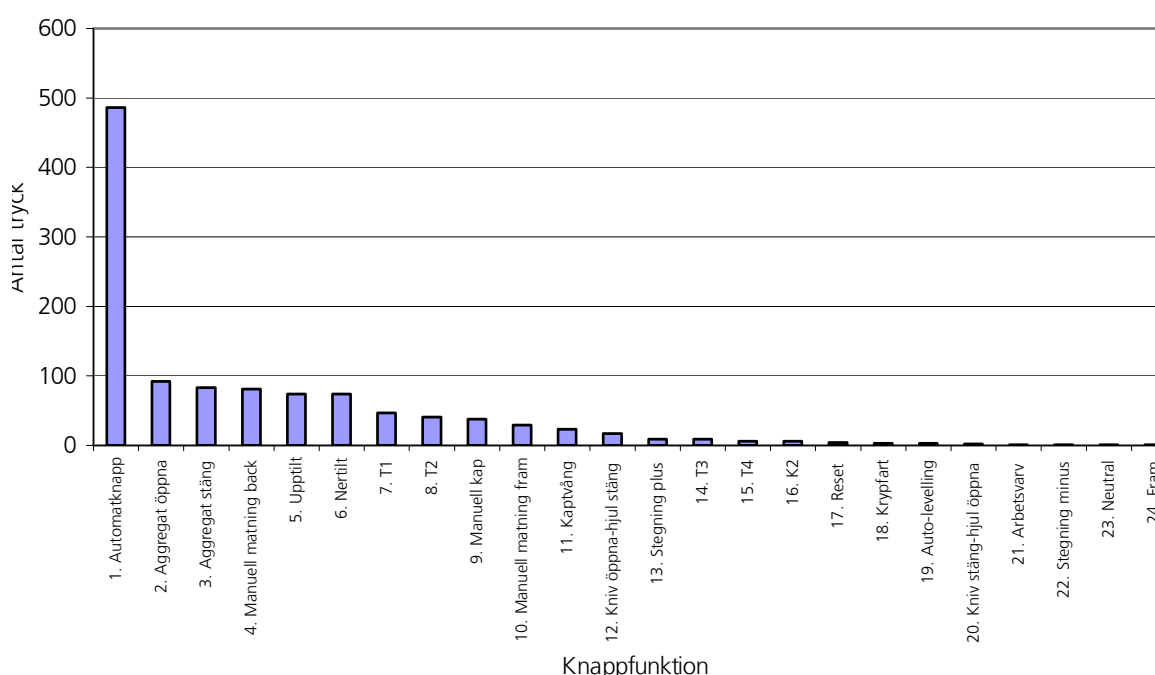
Figur 9a.
Diagramstruktur vid funktionsstudie.



Figur 9 b.
Fotografi på diagram vid funktionsstudie.

I 15-minuters intervallet kunde 23 arbetscykler identifieras. I bilaga 2 återfinns funktionerna listade i kronologisk ordning för varje cykel. Varje cykel har valts att börja med Aggregat stäng vid ansättning. Kommentarer till visst handlande av föraren kan också avläsas. Vad som inte är med i denna bilaga är de fyra spakutslagen för kranstyrningen (Kran upp/ner, Kran sväng, Teleskop in/ut samt Rotator) som mestadels utförs samtidigt med de listade funktionerna därför att det är svårt att beskriva hur stora utslag som görs hela tiden. En övergripande reflexion på spakarnas utslag och möjliga mönster finns däremot redovisade senare i rapporten.

Rangordning av knappfunktionernas användning. I figur 10 redovisas hur ofta de olika knappfunktionerna används under den uppmätta 50-minutersperioden. Här har valts att bara redovisa de knappfunktioner som har gett utslag under mätperioden, vilket är 24 av totalt 42 stycken (46 stycken med spakarnas utslag). En förklaring till varje knappfunktion och när den används ges i bilaga 3.



Figur 10.
Knappfunktionernas användning.

Rangordning av spakrörelsernas användning. Att analysera spakrörelsernas utslag är inte lika lätt som knapparna, då dessa varierar i både riktning, storlek och tid. Det går dock att skönja att Kran upp/ner är den funktion som är aktiverad mest, följd av Kran sväng, Rotator samt Teleskop in/ut. En förklaring till varje funktion och när den används ges i bilaga 4.

Slutsatser efter analys av arbetscykler

- Det allra vanligaste tillvägagångssättet vid fällning av ett träd är att efter varandra trycka, Aggregat stäng, Automatknapp samt Nertilt. Vid tillfällen då detta ser annorlunda ut kan vara när föraren behöver justera ansättningen eller kanske kapa manuellt vid förkap.

- Direkt efter ovanstående förlopp när aggregatet tiltas ner görs trädvalet. (T1–T4).
- Efter kapningen kan man tydligt se att Kran upp aktiveras kraftigt vid nästan alla cykler.
- Teleskop in aktiveras kraftigt när trädet fallit.
- Automatknappen används flitigt vid upparbetningen. Det är många korta knapptryckningar för att upparbeta ett träd. Inget ovanligt med upp till 8 tryck per träd.
- Rotatorn har många korta och stora utslag, främst vid upparbetningen men även under stora delar av övriga arbetscykeln. Då den lättare delen, toppen, av trädet upparbetas används ofta Rotatorn för sortering.
- Manuell matningen back används i 14 av de 23 cyklerna, vilket tyder på att föraren relativt ofta måste gå in (drygt 50 % av cyklerna) och korrigera manuellt.
- Under denna mätning har föraren använt Aggregat öppna och Upptilt direkt efter varandra under nästan alla cykler. Funktionen med ett lite längre tryck på Upptilt, för att öppna aggregatet och tilta upp, har därmed inte använts.
- Antalet knapptryckningar under en cykel varierar från sju stycken till maximalt 23 stycken plus kranrörelser. Minsta teoriska antalet tryck i en cykel är i dagsläget fem stycken. Detta om föraren håller in Upptilt för att både öppna aggregatet och tilta upp samt använder funktionen automatisk Nertilt efter fällkap.
- Det är sällan som flera knappfunktioner används samtidigt. Dock sker de i en mycket tät följd. Spakrörelserna sker däremot parallellt med varandra nästan hela tiden och även samtidigt med någon av knappfunktionerna.

Körning med simulator

Under projektets gång nyttjades flitigt möjligheten att kunna köra olika skogsmaskiner i den simulator som finns på Skogforsk i Uppsala. Detta var mycket värdefullt, då kunskap och insikt i förarens arbete lättare erhöles. Stor förståelse införskaffades snabbt om hur komplext och avancerat det är att manövrera en skogsmaskin på ett effektivt sätt. Simulatorn utgjorde i ett senare skede ett mycket bra verktyg vid utvärdering av olika förslag på automatiserbara delmoment.

Vad som måste finnas i åtanke är de begränsningar som finns i en simulator. Nedan följer de mest betydande skillnaderna i en simulator jämfört med en verklig förarmiljö:

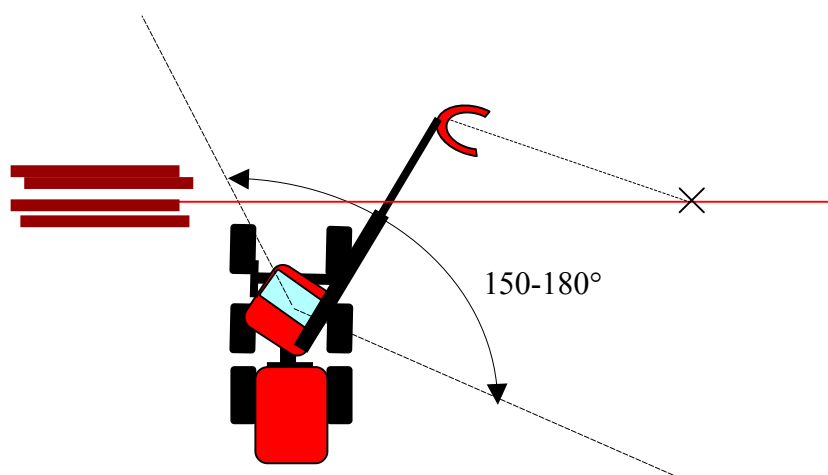
- Hytten är fast och påverkas ej av ojämnheter i marken.
- Konstanta väderförhållanden.

- Upparbetningen av träd går relativt problemfritt då hänsyn ej behöver tas till stamkrökar. Dessutom är trädets grenar jämnt fördelade runt trädet till skillnad mot verkligheten (vanligtvis är trädets grenar större i söderriktning).
- Sämre djupseende p.g.a. av att simulatoren är i 2D och inte i 3D, vilket kan göra det svårt att bedöma avstånd mellan träd och aggregat vid ansättning.
- Röjning existerar ej eftersom småträd inte kan kapas eller vältras.
- Alla träden är rötfräa.
- Kvistning sker problemfritt, d.v.s. föraren behöver aldrig backa aggregatet för att ta ny fart.

Intervju med förare

Efter fältobservation, kartläggning av arbetscykler samt körning med simulator skapades ett frågeformulär, avsedd för intervju med förare, med de frågor som kommit upp och ännu ej besvarats (bilaga 5). Denna intervju genomfördes med två skördarförare, i kombination med observation av en skördare vid slutavverkning, i Stynsbo den 7 oktober 2003. Det var en mycket givande intervju och observation, där bl.a. tillfälle gavs att jämföra körningen i simulator med verkliga förhållanden. Observationen utfördes under ca en timma och följdes av intervjun. En sammanställning av förarnas svar visas nedan, medan en komplett redovisning ges i bilaga 6.

En av frågorna som diskuterades var t.ex. att föraren arbetar inom ett vinkelspann på ca 150–180 grader vid enkelslag. Här strävar föraren efter att fälla trädet så att toppen slår i marken snett framför maskinen (fällpunkt). Detta görs för att lättare kunna upparbeta trädet som oftast utförs 90 grader mot maskinen (figur 11).



Figur 11.
Vinkelspann och fällpunkt.

Vid kvistning strävar föraren efter att få så mycket ris som möjligt rakt framför maskinen, för att sedan kunna köra på detta. Kvistning framför maskinen är extra viktigt vid blöt terräng för att inte stora markskador ska uppstå. I och med att föraren hela tiden måste styra kranen mellan kvistning framför maskinen och kapning bredvid (för att inte stockarna ska ligga i vägen vid framkörning) blir det mycket krankörning vid detta moment.

Föraren strävar efter att arbeta så nära maskinen som möjligt, då kranen inte orkar arbeta med för lång hävarm. Därför sker sortering av virket vid upparbetning genom att lägga timmer (tyngst) närmast maskinen. I ordning från maskinen läggs sedan klentimmer och sist massa. Vid sortimentsbyte hörs ett pip i hytten för att tydliggöra för föraren att byta eller skapa en ny hög.

Föraren väljer ibland att koncentrera högarna (för att underlätta skotningen), vilket innebär att maskinen i vissa fall får köras fram för att kapa ett träd. Därefter backas maskinen tillbaka till den hög där upparbetning ska ske (hämtning).

Utöver alla kranfunktioner och rörelser som ska göras åtgår en mycket stor del av förarens tid till att planera och ta olika beslut under arbetets gång. Dels måste beslut tas vilket kommande träd som ska fällas och även hur stammen på detta träd ska utnyttjas. Om det t.ex. är en stamkrök på trädet får föraren ta egna beslut var kapning ska ske, för att kunna utnyttja så mycket som möjligt av stammen. Detta görs ofta under tiden som upparbetning sker för att hålla produktionen på en tillfredsställande nivå. Vid fällning måste föraren även koncentrera sig på om det är röta i trädet. Detta görs först genom att studera färgen på spånet (mörkare spån = röta), är detta svårt att bedöma studeras stubbens snitt.

En annan punkt som nämndes och är värd att kommentera är förarnas individuella körmönster. Av de två förarna som ingick i denna intervju kunde snabbt slås fast att förarna använder vissa av kranens funktioner på olika sätt. En förare använder Manuell kap vid fällning, medan den andre använder Automatknappen. En använder Upptilt för att öppna aggregatet, medan den andre använder Aggregat öppna. Det går att göra många personliga inställningar i maskinens styrdator för hur funktionerna ska fungera och hur snabba rörelserna ska vara. Vissa funktioner "lever kvar" och styrs av gammal vana med förutsättningar från tidigare körda maskiner. Detta gör att en detaljerad analys kan se olika ut för olika förare, vilket är viktigt att beakta.

Förarstudie i simulator

En mer noggrann studie av förarens arbetssituation kunde göras med hjälp av simulatorn. Studien som utfördes den 3 november 2003 hade som syfte att få en större inblick i hur föraren tänker och resonerar under sitt arbete, samt att komplettera med ytterligare frågor som kommit upp under projektets gång. Med hjälp av simulatorn kunde en professionell förares arbete följas "inifrån" maskinen samtidigt som frågor kunde ställas och diskuteras under tiden, vilket är svårt att göra i skogen. Föraren som användes vid studien var samma förare som deltagit i tidigare gjord intervju samt utförd fältobservation i Larsbo. Studien gick till på så sätt att vi lät föraren köra skördaren i Skogforsk-skogen (den skog som återskapats i simulatorn från beståndet i Larsbo). Instruktioner gavs till föraren om att använda samma körsätt som vid en verklig körning, för att åstadkomma ett så realistiskt studieunderlag som möjligt.

Studien var indelad i två moment. Först gjordes en observation av förarens arbete samtidigt som frågor diskuterades och svar kunde illustreras i simulatorn av föraren. Därefter gjordes en kognitiv analys där vi lät föraren tänka högt under arbetscykeln. Där berättade föraren vad han tänkte och vilka beslut som togs under arbetets gång för att få en bild av hur den kognitiva belastningen är kopplad till den fysiska.

Observation och intervju

Frågorna som ställdes, (bilaga 7) var utformade dels utifrån de frågor som ställts vid tidigare intervju och dels utifrån de frågetecken som uppkommit under vår egen körning i simulatoren. Svaren på frågorna redovisas i komplett form i bilaga 8, medan en sammanställning av de viktigaste punkterna följer nedan.

Studien gav bl.a. insikt i hur arbetsmönstret ser ut vid slutavverkning. Vid fällningen är det sällan som funktionerna Aggregat stäng, Automatknapp och Nertilt inte ligger i en tät följd. Föraren vill oftast fälla trädet så att upparbetning kan ske i 90 graders vinkel mot maskinen. Vid tät skog kan dock föraren med fördel fälla trädet så att upparbetning kan ske snett mot maskinen i stället. På detta sätt kan stockarna läggas ovanpå en tidigare hög (oftast massahög), utan att de blandas ihop. Detta för att få plats med allt virke vid en tät skog. De olika sortimentshögar som vanligtvis används visas i tabell 4.

Tabell 4.
Olika sortimentshögar.

Tall	Timmer Klentimmer Massa, Granröta
Gran	Timmer Massa
Löv	Massa

Om inga defekter förekommer på stammen och då kvistarna är klena kan upparbetning med Automatknapp ofta ske utan avbrott bredvid maskinen. Sker kranförflyttning under upparbetningen (då föraren kvistar framför maskinen) behöver föraren ofta släppa Automatknappen för att hinna kvista på rätt ställe. Föraren vid studien uppskattar att 50–60 % av träden kvistas framför maskinen och kapas vid sidan, lite beroende på vilket bestånd som körs. Det är framför allt kvistiga granar och vissa tallar som bearbetas på detta sätt.

De moment som är vanligast att föraren går in och korrigerar manuellt är beroende på vilket bestånd som avverkas. Vid dålig skog med krökar etc. måste föraren ofta gå in och korrigera trädets upparbetade längd med Stegning plus/minus för att de kapade stockarna inte ska innehålla några fel. Vid avverkning av kvistig skog är det vanligast att korrigera manuellt när kvistknivarna inte orkar slå av grenarna. Då används Manuell matning back för att sedan köra fram igen med högre fart. I slutet av varje träd måste föraren kontrollera att toppen inte blir kortare än 2,5 meter, vilket är den minsta tillåtna längden.

Kognitiv analys

Det är inte bara belastningen av att trycka på knappar för att få kranen till rätt position som föraren utsätts för. En stor del av arbetet för en skördarförare i dag innebär att ständigt ta beslut om vilka träd som ska fällas och hur stammen ska utnyttjas för att hålla lönsamheten uppe. Detta arbete är svårt att upptäcka vid observationer, varför det valts att göra en analys av vilka beslut föraren tar under en arbetscykel. Detta genomfördes genom att låta föraren tala högt och beskriva vilka tankegångar och beslut som togs under arbetscyklerna. Ett formulär med de olika funktionerna i kronologisk ordning togs fram. Förarens tankegång och beslut skrevs därefter in på rätt plats i förhållande till när föraren aktiverade funktionerna (tabell 5).

Tabell 5.
Förarens tankegång och beslut.

Funktioner	Förarens beslut
Aggregat stäng Automatknapp Nertilt	Kontrollera att svärdet är hemma. Kontrollera att trädet inte faller över maskinen.
Trädval Automatknapp	Tänker på att få så jämna sortimentshögar som möjligt för att underlätta för skotaren. Försöka få så mycket av riset som möjligt framför maskinen Kontrollera om toppen kan utnyttjas som datorn vill för att få ut det mesta av den. Börjar titta på nästkommande träd som ska fällas när sista kapningen är gjord.
Aggregat öppna	Tänker på att öppna aggregatet så toppen hamnar framför maskinen.
Upptilt	Ta beslut om maskinen ska förflyttas eller om träden nås ändå. Studera om trädet har några skador och i så fall besluta hur stammen utnyttjas bäst. Besluta åt vilket håll trädet ska fällas för att underlätta upparbetningen. Studera om det finns sten eller andra hinder i närheten av trädet som kan försvåra ansättningen av aggregatet. Studera om trädet kommer falla åt rätt håll. Om det är osäkert läggs tryck på trädet för att få det att falla åt önskat håll.
Aggregat stäng	Cykeln upprepas.

Som synes är det många beslut som måste tas framför allt före varje fällning. För att inte maskinen ska bli stillastående måste dessa beslut tas samtidigt som föraren utför spakarbete och trycker på knappar, vilket kräver stor koordinations- och koncentrationsförmåga. Under fällningen är det framför allt viktigt att kontrollera om svärdet är hemma eller inte. Är inte det hemma måste föraren manuellt använda funktionen Rädda svärd för att det inte ska fastna i utfällt läge (på andra sidan stammen). Vid upparbetningen gäller det att koordinera så att det mesta av riset hamnar framför maskinen samtidigt som sortimentshögarna ska bli så strukturerade som möjligt för att underlätta skotningen. Föraren kontrollerar också om toppen ska utnyttjas så som datorn föreslår, för att få ut så mycket som möjligt av den. Just vid toppen kan datorn nämligen ha svårt att beräkna exakt hur mycket det är kvar av trädet. I samband med detta tas ofta beslut för vilket träd som ska fällas härnäst och därefter upprepas cykeln på nytt.

Sammanfattning av uppgiftsanalys

Tyngdpunkten av uppgiftsanalysen ligger i de slutsatser som analysen av arbetscykler gav. Genom denna objektiva studie kunde repetitiva moment och mönster i kranarbetet ringas in. I den kognitiva analysen kunde ses hur de olika funktionerna som används är kopplade till de beslut som tas. På så vis upptäcktes vilka delar i arbetscykeln som var utsatta för extra mycket mental belastning. Slutligen har en övergripande bild av arbetet och vilka krav som ställs på detta erhållits genom gjorda intervjuer, fältobservationer samt testkörningar i simulator.

STATE OF THE ART

I och med att simulatören på Skogforsk i Uppsala är baserad på Valmets skogsmaskiner från Komatsu Forest AB (i vårt fall en skördare Valmet 911), inhämtades snabbt stor kunskap om dess kranfunktioner. Följande kran-/aggregatfunktioner finns i dag automatiserade på Valmets skördare där de flesta går att anpassa efter en personlig profil.

Valmet:

- Aggregat stäng finns möjlighet att lägga under Automatknappen. Genom att hålla inne Automatknappen stängs först aggregatet. Vid nästa tryck utförs fällkap.
- Lyftfunktion vid fällning. Vid avverkning i klenare skog kan denna funktion underlätta att få hem svärdet. Trädet matas bakåt efter fällkap.
- Vid trädfällning kan automatisk Nertilt kopplas in via programval. Då ”kap hemma” indikeras ges automatiskt Nertilt.
- Automatisk Nertilt vid matningsstart. Aggregatet tiltas ner direkt då matning framåt aktiveras.
- Maskinens styrprogram sköter matning och kapning automatiskt så länge Automatknappen hålls intryckt.
- Automatisk anti-slirfunktion.
- För att minimera risken för kapsprickor aktiveras Kran lyft/sänk (beroende på stammens diameter) under kapning.
- I samband med avslutning av stam kan föraren med ett längre knapptryck både öppna och tilta upp aggregatet.

För att få en bättre bild av hur långt utvecklingen kommit, när det gäller automatiserade moment hos skogsmaskiner, kontaktades några av de övriga tillverkarna i branschen. De kontaktade tillverkarna utgjordes av:

- Timberjack AB
- Rottne industri AB
- Ponsse AB

Tillverkarna skickade manualer som beskriver de senaste skördarmodellerna. På så vis kunde även dessa maskiners kranfunktioner studeras och jämföras med erhållna kunskaper från Valmets maskiner. Överlag kan sägas att utvecklingen hos tillverkarna drivits i det närmaste lika långt och det var ingen som skiljde sig markant från de övriga. Följande funktioner hade dock ej tidigare observerats eller var annorlunda jämfört med Valmets skördare:

Timberjack:

- Tre stycken automatiklägen finns för upparbetning av träd:
 - Matningen fungerar endast när matningsknappen hålls intryckt. Kaporder måste ges med knapptryck. Matningen startar igen då matningsknappen trycks in.
 - Startlov ges med ett kort tryck på Automatknapp efter fällsågning. Efter detta är matningen automatisk. Kaporder måste ges med knapptryck. När sågsvärdet efter fullgjord kapning har återvänt till skyddat läge på aggregatet, så startar matningen åter automatiskt mot nästa kapställe.
 - Automatikläge tre påminner mycket om läge två. Skillnaden är att startlov ges genom att trycka på trädslagknappen.

Rottne:

- Autoansättning där Aggregat stäng, fällkap samt Nertilt utförs i tät följd efter varandra genom att hålla in en och samma knapp under momentet.
- Vid träd fällning är automatisk Nertilt inkopplad. Hålls sågknappen inne efter genomsågning tiltar aggregatet ej ned. Nertilt/Flytläge kommer så fort knappen släpps.
- Under kapning i fälläge är matning back aktiverad, så kallad fällbroms.

Ponsse:

- Automatisk matning efter kapning. Matningen startas automatiskt för mellanliggande stockar efter kapning. Maskinen matar till det nya måttet som presenteras av optimeringsprogrammet. Matningen kan stoppas när som helst med knappen Manuell matning.
- Automatisk kapfunktion. Stammens första massa kapas inte automatiskt för att inte försvåra sortering av stockarna.

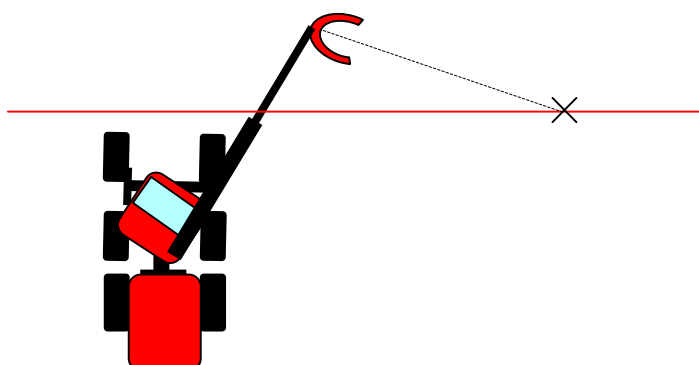
FRAMTAGNING AV KONCEPT

Då slutsatser om förarens arbetscykler hade tagits kunde ett mer intensivt idé-genereringsarbete påbörjas. Utifrån dessa slutsatser kunde moment skönjas som var intressanta att automatisera. En brainstorming genomfördes av examensarbetets båda författare, där olika lösningar på tänkbara förbättringar diskuterades öppet. Målsättningen var att minska förarens kranarbete d.v.s. minska spakutslagen samt minimera antalet knapptryckningar. Genom den litteraturstudie som gjorts vad gäller förarens arbetssituation kunde varje idé tidigt utformas för att, inom dessa områden, på bästa sätt underlätta för föraren. Kunskapen som inhämtats om automatisering kunde på ett bra sätt användas för att besluta vilka moment föraren ska utföra och vilka som bör läggas på maskinen. Därefter började en iterativ process där de grova idéerna förfinades och kompletterades genom att diskutera med en förare. Genom att köra simulator kunde även insikt snabbt erhållas om hur idéerna skulle kunna fungera i verkligheten. Vad som är viktigt att påpeka är att flera av idéerna grundar sig på kranpetsprogram. Detta är inget problem vid programmering i en simulator. I dagsläget finns dock ingen väl fungerande kranpetsstyrning applicerad på en riktig maskin. Vissa av de framtagna förslagen valdes att placeras

under kategorin ”framtida arbete”, d.v.s. intressanta förslag men inte genomförbara i dagens läge inom avsatt tid för examensarbetet.

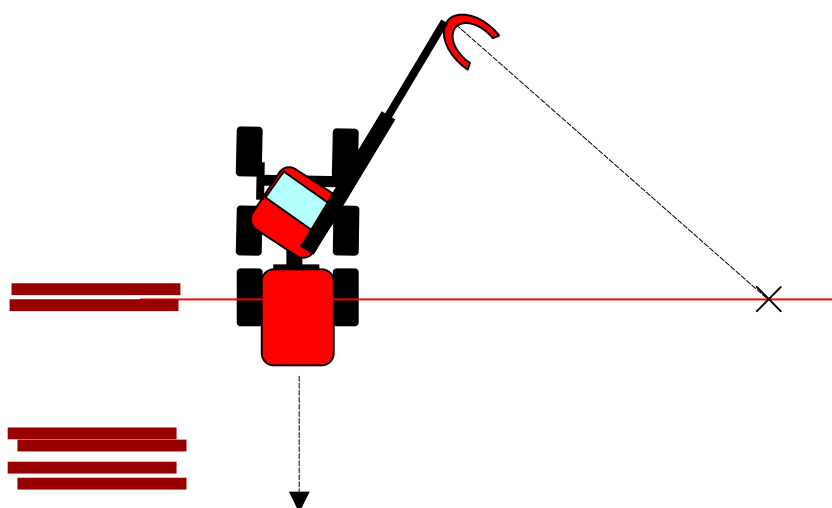
Följande förslag har arbetats fram som möjliga automatiseringsmoment på en skördare.

1. Automatiskt rikta in aggregatet vid Kran ut.
 - i. Automatiskt rikta in aggregatet i rätt fällriktning medan föraren styr kranen mot nästa träd (figur 12a). Föraren behöver därmed inte styra Rotatorn vid Kran ut. Genom att känna till trädets längd kan datorn räkna ut i vilken riktning trädet ska fällas för att kunna upparbeta trädet i önskad vinkel mot maskinen.



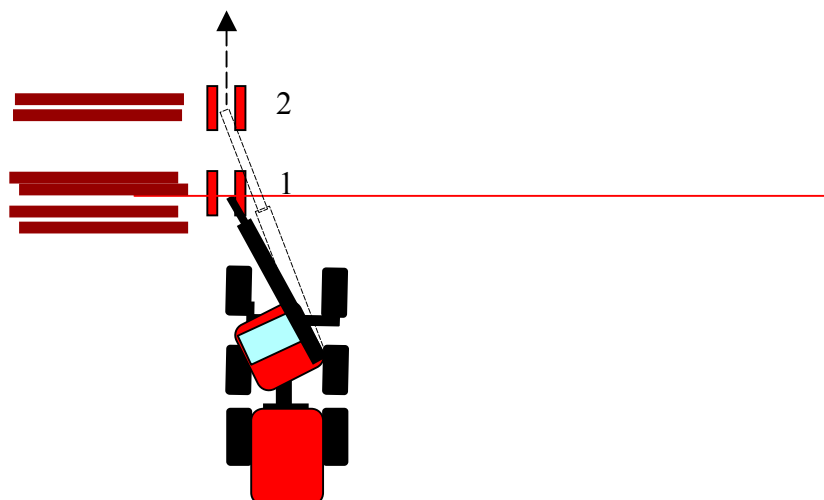
Figur. 12a.
Rikta aggregat mot fällpunkt.

- ii. Genom positionering av senaste upparbetade hög kan fällriktningen bestämmas utifrån denna i stället för maskinens position. Därmed kan maskinen flyttas utan att trädet kommer i fel vinkel vid upparbetning i föregående hög (detta gäller då maskinen går fram och ”hämtar” ett träd för att koncentrera sortimentshögar) (figur 12b).



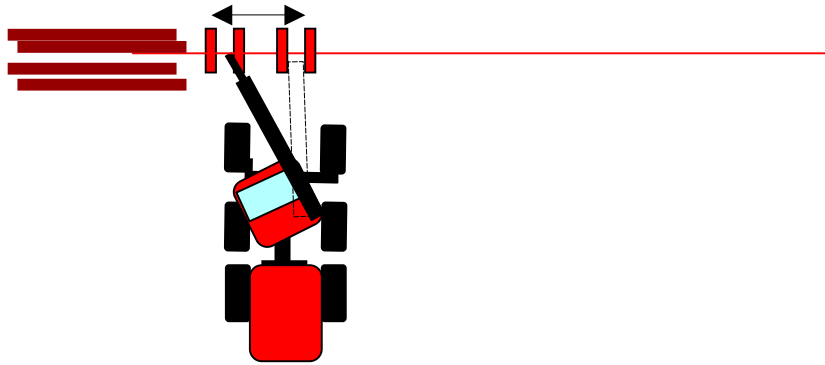
Figur 12b.
Rikta aggregat mot fällpunkt vid ”hämtning”.

2. Att vid fällning av träd lägga Aggregat stäng, Kapning, Matning back (görs för att underlätta återgång av svärdet vid fällkap) och Nertilt i samma funktion. Detta eftersom funktionerna väldigt ofta används i tät följd och inte kräver några speciella beslut (om inte förkap eller annat problem uppstår).
3. Att möjliggöra trädval parallellt med tidigare funktion för att kunna fokusera på andra beslut vid fällning. Enligt genomförd funktionsanalys görs inga knapptryckningar parallellt, utan alltid i en tät serie. Genom att samtidigt med annan funktion lägga trädvalet med alternativt kommando, exempelvis röstkommando, skulle en mikropaus kunna erhållas.
4. Kran upp aktiveras alltid efter avskiljning vid fällning av träd. Kranen strävar då efter att stiga en förutbestämd sträcka från kapsnittet. På detta vis skulle kranen endast behöva styras i två dimensioner till upparbeitungsplatsen. I de fall kranen inte orkar lyfta trädet (längre ut i arbetsfältet), ligger funktionen Kran upp ändå aktiverad. Kranen höjer sig då vartefter man drar den mot sig.
5. Automatisk kranförflyttning vid upparbetning.
 - i. Kranen förflyttar sig automatiskt längre ut från maskinen, med ett förutbestämt avstånd, när nästa sortiment ska upparbetas (figur 12c).



Figur 12c.
Kranförflyttning vid sortering.

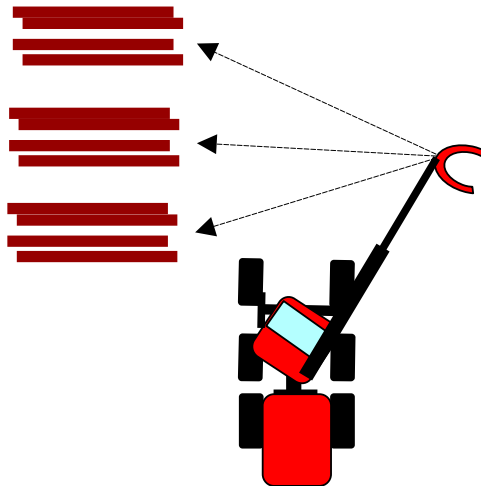
- ii. Kranen rör sig automatiskt mellan en punkt framför maskinen och upparbeitungs högen bredvid maskinen (figur 12d). Då aggregatet närmar sig lämplig kaplängd vid kvistning framför maskinen går den automatiskt åt sidan (med en förutbestämd sträcka) och kapar, för att sedan återgå till kvistningsläge framför maskinen. Detta för att riset ska hamna på rätt ställe utan extra kranrörelser för föraren.



Figur 12d.
Kranförflyttning mellan uppberetningsposition och kvistningsläge.

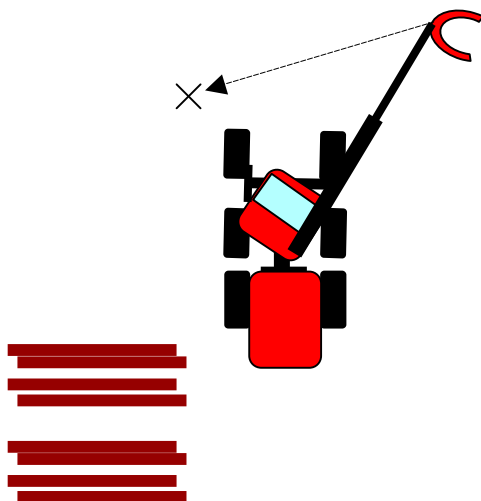
6. Automatisk kranförflyttning efter fällning.

- i. Kranen memorerar positionen för den senaste timmer-, massahögen o.s.v. Efter fällning och trädval förflyttar sig kranen automatiskt i xy-planet till rätt hög (figur 12e).



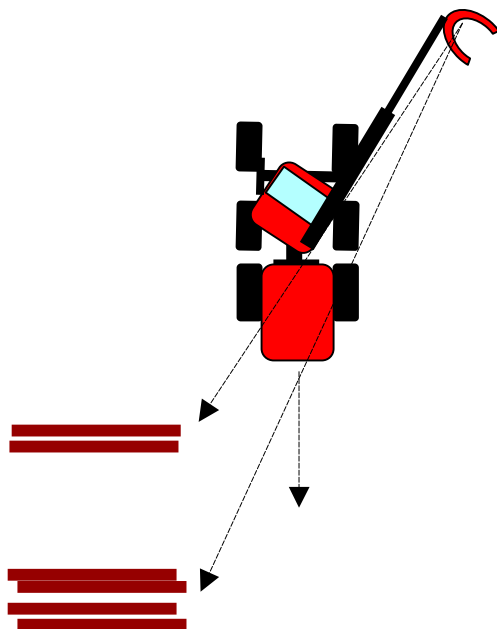
Figur 12e.
Kranförflyttning till rätt sortimentshög.

- ii. Efter fällning och trädval förflyttar sig kranen automatiskt i xy-planet till uppberetningsposition snett framför maskinen (figur 12f).



Figur 12f.
Kranförflyttning till uppberetningsposition.

- iii. Vid ”hämtning” av träd som ska läggas i tidigare högar kan den senaste högens position finnas i kranens minne, genom exempelvis GPS. Kranen memorerar var den senaste timmer-, massahögen o.s.v. är positionerad. Därmed behöver kranen ej styras manuellt i xy-led för att komma till rätt hög. Vid ”hämtning” kan färre och större högar erhållas (figur 12g).



Figur 12g.
Kranförflyttning till rätt sortiments hög vid ”hämtning”.

- iv. Automatiskt förflytta maskinen tillbaka till rätt hög vid ”hämtning” (Framtida arbete).
7. I stället för att hålla Automatknappen intryckt vid upparbetning trycks en knapp in då föraren vill stoppa processen. Automatknappen vid vår funktionsanalys hölls intryckt ca 60 % av upparbetningstiden. Detta skulle innebära att föraren nu bara behöver hålla in stoppfunktionen 40 % av upparbetningstiden (variant finns hos Timberjack).
 8. Att aggregatet vid upparbetning alltid håller tillräckligt avstånd till de upparbetade stockarna, just för att inte slå i dem när stocken matas fram (håller lämplig höjd och balanserar stocken så den ej tippa över).
 - i. Införa ett lås på aggregatet som gör att det inte kan tippa över åt det håll som upparbetning sker. Aggregatet stannar i horisontellt läge som mest och tippa tillbaka när stocken har kapats.
 - ii. Höja kranen vartefter stockar läggs i samma hög. Vid byte av sortiment återgår aggregatet till förutbestämd höjd, för att inte arbeta onödigt högt ovanför marken.
 9. Aggregatet intar rätt höjd till marken vid ansättning (Framtida arbete).
 10. Kranen förflyttar sig helt automatiskt till utvalt träd och ansätter där aggregatet mot trädstammen. (Framtida arbete).
 11. Kvalitetsbestämning, d.v.s. kranen känner av om trädet innehåller röta samt övriga kvalitetsgränser (Framtida arbete).

12. Aggregatet känner själv av vilket trädslag som finns i gripen vid ansättning (Framtida arbete).

Detaljerad information om hur de olika automatiseringsmomenten aktiveras/inaktiveras samt hur de fungerar ges i bilaga 9. Alternativa lösningsförslag redovisas även för vissa fall här.

TESTER OCH UTVÄRDERING AV KONCEPT

För att kunna analysera och utvärdera de olika automatiseringsförslagens betydelse, samt framtida utvecklingspotential gjordes ett flertal tester i simulatorn på Skogforsk. I samarbete med Oryx Simulations kunde några av de framtagna koncepten programmeras i simulatorn för att utvärderas. På grund av begränsad tid kunde dock inte alla förslagen införas i simulatorn. En prioritering gjordes därför, där nedanstående förslag valdes att testas och utvärderas:

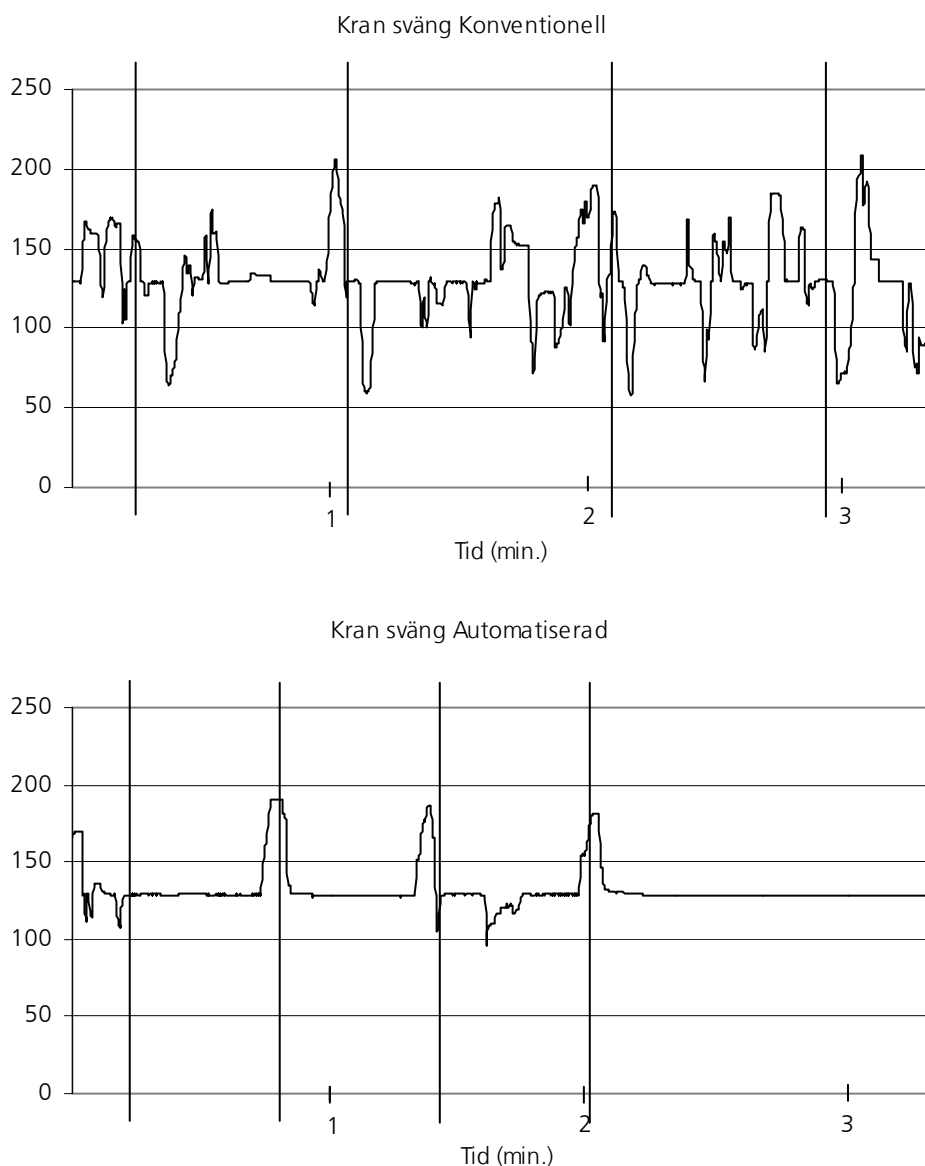
- 1i. Automatiskt rikta in aggregatet i rätt fällriktning vid Kran ut.
(Vid bestämning av fällpunkt, enligt bilaga 9, programmerades förslaget så att aggregatet inriktas mot en förutbestämd fällpunkt.)
4. Kran upp aktiveras automatiskt efter avskiljning vid fällning av träd.
- 5i. Automatisk sortering av sortiment under upparbetning.
- 5ii. Kranen rör sig automatiskt så att kvistning sker framför maskinen under upparbetning.
- 6ii. Automatisk kranförflyttning till upparbetningsposition efter fällning.

Under två dagar, den 14 och den 21 januari 2004, genomfördes tester av koncepten. Testgruppen bestod av fyra stycken elever från Jällaskolan, ett naturbruksgymnasium strax utanför Uppsala. Eleverna gick i tredje årskursen med skogsinriktning, där körning med skogsmaskiner ingår som ett stort moment i utbildningen. Erfarenhet av körning med skotare fanns sedan årskurs två. Detta innebar att eleverna var väl införstådda med hur en skördarförare bör arbeta för att kunna lyckas med en effektiv skotning. Däremot var deras kunskap gällande körning med skördare begränsad då detta moment huvudsakligen genomförs under tredje årets vårtermin.

Testerna genomfördes genom att låta förarna köra i en miljö där olika arbetsuppgifter (bilaga 10) skulle utföras, dels med konventionell kranstyrning och dels med de automatiserade funktionerna aktiverade var och en för sig. Avslutningsvis kördes hela arbetscykler på samma sätt. För att kunna bedöma om förarens arbetssituation förbättrades eller inte, valdes att mäta både den subjektiva arbetsbelastning samt att läsa av data från CAN-bussen. Den subjektiva bedömningen mättes genom att eleverna fick svara på ett formulär enligt NASA-TLX (Bilaga 11), efter varje kört moment. Ett värde på den totala arbetsbelastningen kunde då erhållas efter de olika försöken. Genom att läsa av data från CAN-bussen kunde även förarens arbetsmönster studeras noggrannare. Antalet knapptryckningar och spakutslagets storlek kunde därmed granskas. Även tidsåtgången för respektive moment kunde här studeras.

Resultat

Avläsning från CAN-bussen gav information om de fyra förarnas utförda spakutslag samt knapptryckningar under testerna. Då analys av CAN-bussmätningen är mycket tidskrävande har enbart testet Helcykel hunnits studeras d.v.s. fällning och upparbetning av 11 granar. En jämförelse av spakutslagen, mellan konventionell styrning och de automatiserade funktionerna aktiverade för Kran sväng, visualiseras enligt figur 13. Här kan en tydlig minskning av spakfunktionerna ses.



Figur 13.
Jämförelse av spakutslag för Kran sväng.

Respektive diagram ovan består av tre typiska cykler, där de lodräta strecken visar cykelgränserna. Varje cykel har valts att börja när föraren aktiverar Aggregat stäng vid ansättning av trädet. En jämförelse mellan automatisering och konventionell styrning för samtliga spakfunktioners utslag och Automatknappens användning under tre typiska cykler redovisas enligt bilaga 12. Efter analys av samtliga försökspersoners diagram, då alla automatiseringsfunktioner var aktiverade, kunde följande punkter för respektive kranfunktion observeras.

Kran sväng

- Används nästan enbart vid Kran ut innan ansättning.
- Enstaka utslag under uppabetning.

Kran upp/ner

- Används nästan enbart vid Kran ut innan ansättning.
- Utslag förekommer under uppabetning vid de sista cyklerna.

Teleskop in/ut

- Används nästan enbart vid Kran ut innan ansättning.
- Enstaka utslag under uppabetning.

Rotator

- Mindre/inget utslag vid ansättning.
- Används något mer under uppabetning.

Automatknapp

- Färre antal knapptryck under uppabetning.
- Längre knapptryck under uppabetning.

Vid testet Helcykel med konventionell styrning/automatiseringsfunktioner aktiverade erhöles följande tidsregistrering för de olika spakrörelserna (tabell 6).

Tabell 6.
Tidsregistrering för spakrörelser, test Helcykel (1/10 sek.)

Person		Kran sväng	Kran upp/ner	Teleskop in/ut	Rotator	Total tid
1	Automatisering	965	1 329	1 030	870	5 108
	Konventionell	3 033	4 482	2 896	1 331	6 959
	Minskad aktivering av funktion vid automatisering	68 %	70 %	64 %	35 %	27 %
2	Automatisering	865	1 063	853	608	4 875
	Konventionell	2 330	3 344	2 221	887	6 723
	Minskad aktivering av funktion vid automatisering	63 %	68 %	62 %	31 %	27 %
3	Automatisering	1 418	1 529	914	606	5 028
	Konventionell	2 655	2 016	1 911	1 519	6 196
	Minskad aktivering av funktion vid automatisering	47 %	24 %	52 %	60 %	19 %
4	Automatisering	1 034	605	709	635	4 907
	Konventionell	3 824	3 966	1 914	737	8 876
	Minskad aktivering av funktion vid automatisering	73 %	85 %	63 %	14 %	45 %
Snitt (minskad aktivering)		63 %	62 %	60 %	35 %	29 %

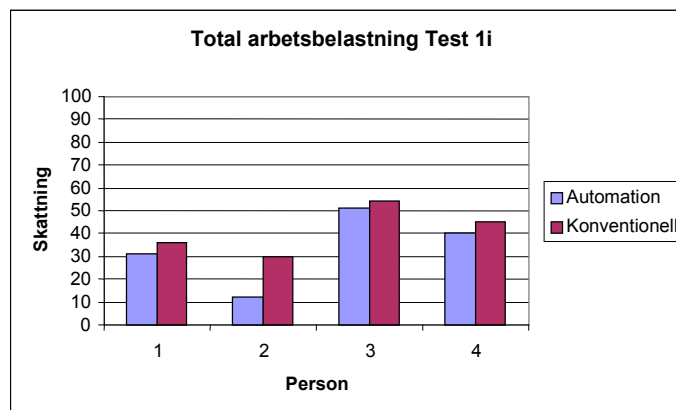
Enligt tabellen minskar samtliga spakfunktioners aktivering vid automatisering, samtidigt som den totala arbetstiden även blir kortare.

I tabell 7 redovisas antalet tryck på Automatknappen under testet, vilka kan ses ha minskat för samtliga testpersoner.

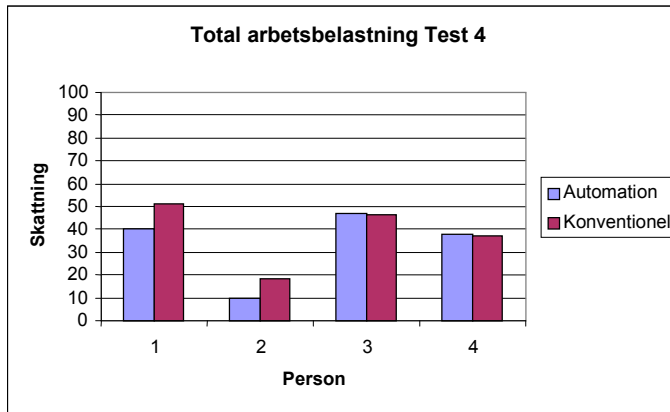
Tabell 7
Antal tryck på Automatknapp under test Helcykel.

Person		
1	Automatisering	41
	Konventionell	92
	Minskning av antal tryck på automatknapp vid automtisering	55 %
	<hr/>	
2	Automatisering	35
	Konventionell	91
	Minskning av antal tryck på automatknapp vid automtisering	62 %
	<hr/>	
3	Automatisering	43
	Konventionell	89
	Minskning av antal tryck på automatknapp vid automtisering	52 %
	<hr/>	
4	Automatisering	31
	Konventionell	141
	Minskning av antal tryck på automatknapp vid automtisering	78 %
	<hr/>	
Snitt (minskning av antal tryck)		62 %

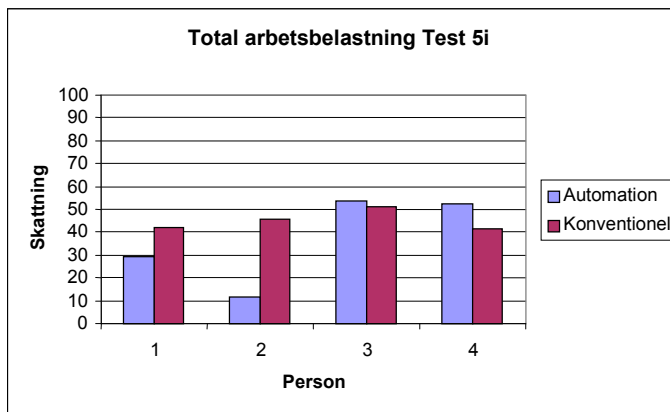
Förarnas subjektiva bedömning på arbetsbelastning (enligt NASA-TLX) för respektive test redovisas i figur 14a.



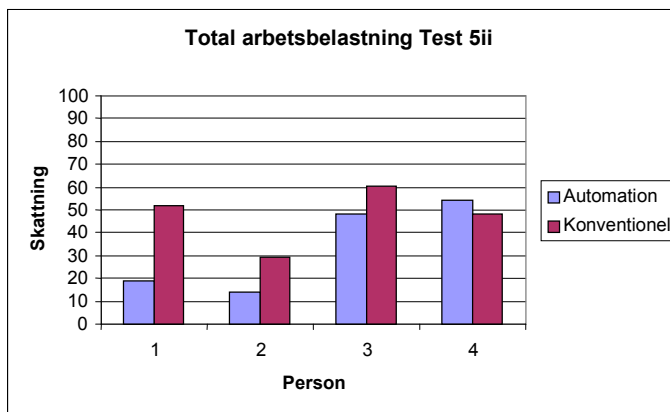
Figur 14a.
Skattad arbetsbelastning vid Test 1i.



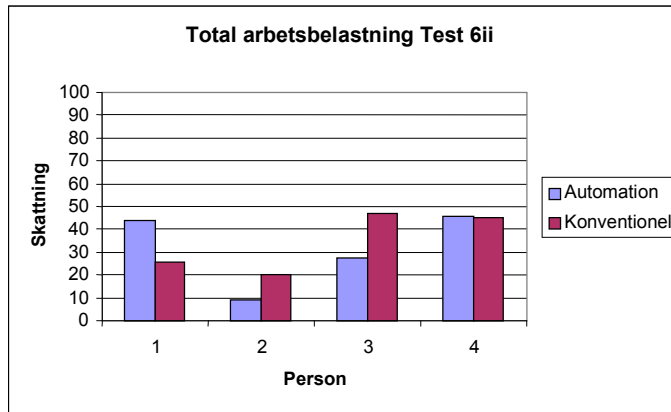
Figur 14b.
Skattad arbetsbelastning vid Test 4.



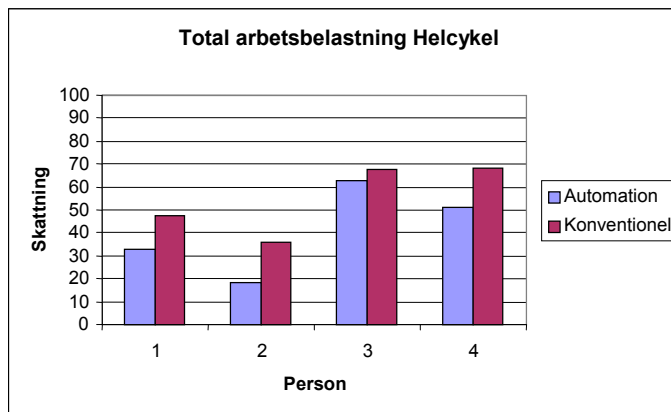
Figur 14c.
Skattad arbetsbelastning vid Test 5i.



Figur 14d.
Skattad arbetsbelastning vid Test 5ii.



Figur 14e.
Skattad arbetsbelastning vid Test 6ii.



Figur 14f.
Skattad arbetsbelastning vid testet Helcykel.

Totalt sett visar respektive automatiseringsfunktion positiva resultat, d.v.s. den totala arbetsbelastningen har sjunkit. Någon testförare har dock ansett att arbetsbelastningen ökat en aning för vissa funktioner. Vid testet Helcykel då alla funktioner är aktiverade har arbetsbelastningen för samtliga testförare minskat. I bilaga 13 redovisas även de sex olika skattade aspekterna som den totala arbetsbelastningen grundar sig på vid respektive test.

Diskussion

Då handhavandet av reglagen minskat betydligt har föraren här fått tillfälle att kunna släppa reglagen och slappna av i de berörda musklerna, samtidigt som färre beslut för de utförda momenten behöver tas. De så betydelsefulla pauserna i arbetet kan ses tydligt i figur 13. Hur den fysiska belastningen har förändrats är relativt enkel att se då mätningarna tydligt visar att användandet av spakarna har minskat. För att avgöra om den mentala belastningen förändrades, grundades dessa resultat på subjektiva bedömningar av testförarna. Som resultaten i bilaga 13 visar, har den mentala belastningen sjunkit för alla testpersoner vid Helcykel, om än inte så mycket i alla fallen. En anledning till detta tros vara att testerna genomfördes under en relativt kort tid (ca 5 minuter per funktion och ca 10 minuter för Helcykel). På så vis fick förarna i vissa fall koncentrera sig för att inte, av vana, utföra ett moment manuellt.

Att mentala pauser tillkommit, trots den korta invänjningstiden för förarna, finns det ett bra exempel på. Vid konventionell körning används Rotatorn oftast endast vid Kran ut till trädets, och betydligt mindre vid upparbetningen, då mycket krankörning görs. Vid automatisering används i stället Rotatorn mer vid upparbetning för att korrigera och få prydligare högar. Detta kan ses som ett resultat av att krankörningen sköter sig mycket själv vid upparbetningen och föraren får tid att koncentrera sig på andra moment för att höja prestationen.

Anledningen till att Kran upp/ner används under de sista cyklerna vid testet är att sortimentshögar har vuxit. Föraren har därmed blivit tvungen att höja kranen för att inte slå aggregatet i högar.

De färre och längre trycken på Automatknappen under upparbetningen visar också tydligt att produktionen inte behöver avbrytas lika ofta som vid konventionell kranstyrning. Detta kan annars ofta vara fallet då mycket krankörning krävs vid upparbetningen. Då trycken blir färre och längre på Automatknappen ökar motiveringen till att använda en start- och stoppfunktion, vilket då skulle kunna minska den totala fysiska aktiveringstiden.

Vid testet då alla automatiserade funktioner var inkopplade kunde en betydande minskning (knappt 30 %) av den totala arbetstiden ses, jämfört med konventionell körning. Att en sådan minskning av cykeltiden skulle kunna uppnås då en professionell förare kör är knappast troligt, då denne kan utnyttja maskinen bättre än våra elever. Ovanstående resultat skulle däremot innebära att nya maskinförare skulle öka sin produktivitet markant och snabbare komma upp i en acceptabel produktionsnivå.

Genom de automatiserade momenten har en fördelning gjorts på vilka moment som bäst görs av föraren och vilka som bäst görs av maskinen. Vid en automatisering finns möjlighet att utnyttja maskinen fullt ut. T.ex. kan kranen nå full hastighet snabbare än när styrning sker manuellt, vilket i det manuella fallet kan göra kranen ohanterbar för föraren.

Att använda NASA-TLX för att skatta arbetsbelastningen för förarna anses i detta fallet ha fungerat relativt bra. Den totala arbetsbelastningen har sjunkit även då samtliga automatiseringsfunktioner är aktiverade, vilket tyder på att de samverkar väl ihop. Enligt den subjektiva bedömningen har dock den fysiska belastningen i något fall ansetts öka vilket kan tyckas konstigt då spakutslagen bevisligen har

minskat avsevärt. Även prestationen har i vissa fall skattats lägre med automatisering, fastän träden har upparbetats både snabbare och med större precision (prydligare sortimentshögar och riset framför maskinen) med automatiserade funktioner aktiverade. En större grupp testpersoner skulle, som ofta vid experiment, alltså ha varit att föredra även i detta fall. Att också låta förare med något mer erfarenhet göra testerna skulle vara mycket intressant.

De enskilda funktionerna har inte hunnit analyseras inom tidsramen för projektet. Hur varje funktion fungerar var och en för sig har grundats på enkäter och intervju med testförarna. Alla förarna var mer eller mindre positiva till samtliga automatiseringsförslag, vilket vi anser gör alla testade förslag intressanta att vidareutveckla och förfina.

Många av automatiseringsförslagen anser vi även skulle kunna implementeras i en drivare då flera arbetsmoment är lika som i en skördare.

Slutsatser

Testerna visar att användandet av spakarna kan reduceras avsevärt med hjälp av automatiserade kranfunktioner. Därmed kan föraren släppa koncentrationen på vissa moment och fokusera på andra uppgifter som leder till förbättrat resultat.

Testerna visar att cykeltiden för mindre rutinerade förare minskar betydligt och därmed kan öka förarens produktivitet i ett tidigare skede.

Alla testade automatiseringsmoment har mottagits mycket positivt av testförarna och spakutslagen har minskat mer än förväntat, vilket gör alla dessa funktioner angelägna att arbetat vidare med.

Framtida arbete

I ett första skede skulle mer erfarna förare göra samma tester för att sedan jämföra resultaten med de som tagits fram i detta projekt.

Genom att förfina och justera testade koncept ytterligare skulle de kunna användas ännu effektivare och underlätta för föraren.

Att automatisera aggregatets riktning även vid upparbetningen skulle vara mycket intressant att testa. Detta skulle kunna innebära ännu mindre spakhantering.

Att programmera och testa lägre prioriterade automatiseringsmoment i simulatorn.

En applicering av de automatiserade momenten skulle med fördel kunna göras på en drivare för att se hur väl de fungerar även i denna miljö. Detta borde dock föregås av en grundlig analys av drivarens arbete, likt den som gjorts i detta projekt. Även skotaren är intressant att studera ur detta perspektiv.

Ordlista

Ansättning	Då aggregatet greppar trädet.
Aptering	Trädet kapas utifrån längd och diameter, enligt en prislista, för att erhålla högsta möjliga virkesvärde vid upparbetning (då eventuella stamkrökar och andra defekter förekommer får trädet apteras manuellt av föraren).
Bestånd	Område med träd.
CAN (Controller Area Network)	Databuss (Dataöverföringsleden) för maskinens styrsystem.
Matarhjul	De hjul som griper om och matar trädet genom aggregatet.
Enkel- och dubbelslag	Fällning och upparbetning sker från endast en respektive bägge sidor av maskinen.
Flytläge	Aggregatet befinner sig i nerfällt läge d.v.s. upparbetningsläge.
FoU	Forskning och Utveckling.
Hämtning	Då föraren kör fram maskinen, griper ett träd kör tillbaka och lägger det i en redan befintlig hög.
Sortiment	Stockens sortiment (timmer, klintimmer och massa) bestäms utifrån diametern på stammen.
Upparbetning	Då maskinen kvistar och kapar trädet.

Referenser

- Alfredson, 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.
- Allwood, C. M. & Thylefors, I. 1997. Arbete människa teknik. Stockholm: Prevent. Första upplagan. ISBN 91-7522-414-3.
- Alm, H. & Ohlsson, K. 2003. Automation inom skogsbruket: Människa- maskinaspekter på morgondagens kranarbete. Linköping: Institutionen för Konstruktions- och Produktionsteknik.
- Blomberg, M. & Elenius, K. 2002. Automatisk igenkänning av tal. Stockholm: Institutionen för tal, musik och hörsel.
- Dekker, S. W. A. 2003. On the other side of promise: What should we automate today? In D. Harris Ed.. Human factors in the design of civil aircraft. Aldershot, UK: Ashgate. In press.

- Dekker, S. W. A. & Woods, D. D. 2002. MABA-MABA or Abracadabra: Progress on human-automation coordination. *Journal of Cognition, Technology and Work*, 44, 240–244.
- Fitts, P. M. 1951. Human engineering for an effective air-navigation and traffic-control system. Washington DC: NRC.
- Hallonborg, U. & Nordén, B. 2000. Räkna med drivare i slutavverkning. Resultat nr 21. Uppsala: SkogForsk.
- Herbertsson, J. 2002. Utdelat material inom systematisk konstruktion. Linköping: Institutionen för Konstruktions- och Produktionsteknik.
- Hollnagel, E. 1999. From function allocation to function congruence. In S. W. A. Dekker & Hollnagel Eds.. *Coping with computers in the cockpit*, 29–53. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Co.
- Jordan, P. W. 1998. *An Introduction to Usability*. London: Taylor & Francis Ltd. ISBN 0-7484-0762-6 paperback ISBN 0-7484-0794-4 cased.
- Kindenberg, U. 2002. Vad händer med våra muskler vid stress – om sambandet mellan fysisk och psykisk belastning. Solna: Arbetsmiljöverket. Första upplagan. ISBN 91-7464-421-1.
- Lantz, A. 1993. *Intervjumetodik*. Lund: Studentlitteratur. ISBN 91-44-38131-X.
- Liedholm, U. 1999. Systematisk Konzeptutveckling. Rapport 1077. Linköping: Institutionen för Konstruktions- och Produktionsteknik.
- Löfgren, B. 2003. Nytt kraftfullt forskningsverktyg. Nytt från SkogForsk nr 3, 2003. Uppsala: SkogForsk.
- Löfgren, B., Attebrant, M., Landström, M., Nordén B. & Petersson N. F. 1994. *Kranspetsstyrning – en utvärdering. Boom-Tip Control – An Assessment*. Redogörelse nr 1, 1994. Uppsala: SkogForsk.
- Löfgren, B., Bergkvist, I., Brunberg, T., Hallonborg, U., Norin, K. & Thorsén, Å. 2002. *Temaprojekt – delautomatisering Fas 1: Behov och möjligheter*. Arbetsrapport nr 512. Uppsala: SkogForsk.
- Löfgren, B., Rådström, L. & Thor, M. 2002. *Framtida teknik för drivning och råvaruutnyttjande*. Fondansökan. Uppsala: SkogForsk.
- Nordansjö, I. 2000. *Kortvirkesmetoden – effektiv, ergonomisk, miljövänlig och ekonomisk drivning*. Stencil. Uppsala: SkogForsk.
- Wickens, C. D. 1994. Designing for situation awareness and trust in automation. Paper presented at the IFAC Conference on integrated systems engineering. Baden-Baden, Germany, September 27–29.

INTERNETREFERENSER

<http://swepos.lmv.lm.se/> Hämtat: 2003-11-27.

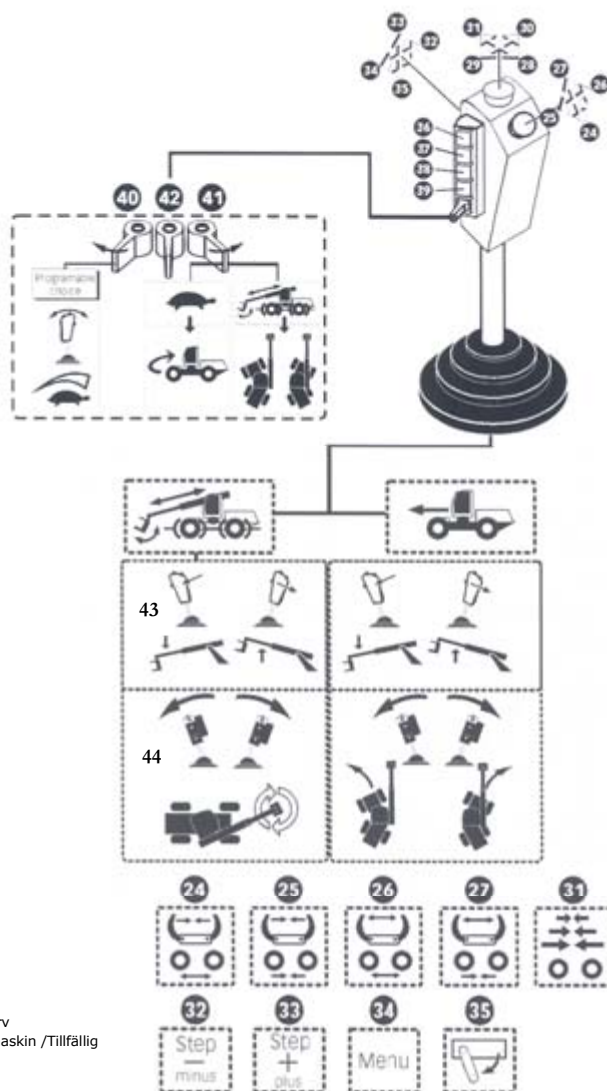
<http://www.skogforsk.se> Hämtat: 2003-12-04.

MUNTliga REFERENSER

Hallonborg, U. SkogForsk, Uppsala.

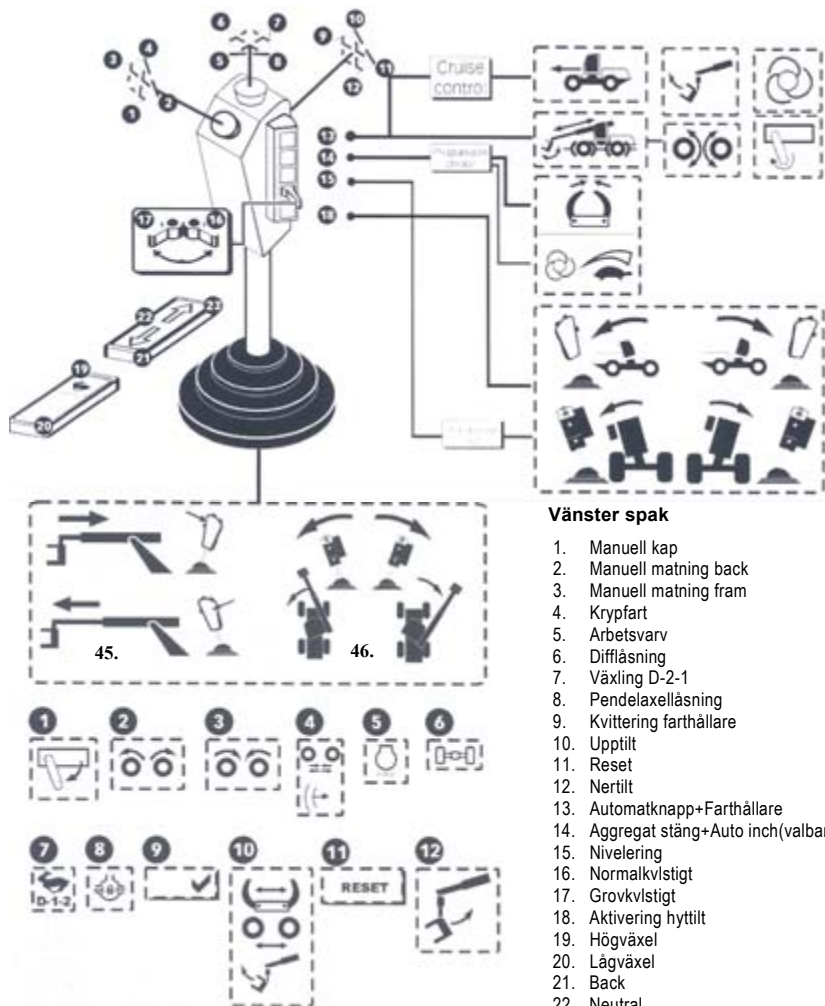
Åkerstedt, T. Institutionen för folkhälsovetenskap, Karolinska Institutet.

Manöverreglage



Högerspak

- 24. Kniv stäng-Hjul öppna
- 25. Aggregat stäng
- 26. Aggregat öppna
- 27. Kniv öppna-Hjul stäng
- 28. K1
- 29. K2
- 30. K3
- 31. Extra kläm
- 32. Stegning minus
- 33. Stegning plus
- 34. Menyknapp
- 35. Kaptvång
- 36. T1
- 37. T2
- 38. T3
- 39. T4
- 40. Inch på spak / Extra varv
- 41. Styrning stillastående maskin /Tillfällig körriktningsändring.
- 42. Inch på pedel
- 43. Kran upp / ner
- 44. Rotator



Vänster spak

1. Manuell kap
2. Manuell matning back
3. Manuell matning fram
4. Kryp fart
5. Arbetsvarv
6. Diffsläsning
7. Växling D-2-1
8. Pendelaxelläsning
9. Kvittering farthållare
10. Upptilt
11. Reset
12. Nertilt
13. Automatknapp+Farthållare
14. Aggregat stäng+Auto inch(valbar)
15. Nivelering
16. Normalkvstigt
17. Grovkvstigt
18. Aktivering hytttilt
19. Högväxel
20. Lågväxel
21. Back
22. Neutral
23. Fram
45. Teleskop in / ut
46. Kran sväng

Bilaga 2

Arbetscykler

Körning med skördare i Larsbo förmiddagen den 28 juli 2003. Identifieringen grundar sig på dataintervallet 21001–30000 motsvarande 15 minuter av CAN-bussmätningen.

Cykel	Funktioner	lakttagelser
1	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T3 Automatknapp x 4 Manuell matning back Manuell matning fram Automatknapp x 2 Aggregat öppna Upptilt	
2	Aggregat stäng Aggregat öppna Aggregat stäng Automatknapp Manuell kap ¹ Nertilt Automatknapp x 3 ² Manuell matning back Manuell matning fram ³ Manuell kap Aggregat öppna Upptilt	¹ Eftersom Automatknappen styr både kap och matning har föraren enbart ett fällkap till förfogande under Automatikknappen. Föraren får därefter gå in med manuell kapning. ² Inget trädval gjordes. Går det att upparbeta trädet ändå? Nej, inte i simulatorn. ³ Fyller Automatknappen samma funktion som Manuell matning fram? Ja, men då kan man ej styra vart kapsnittet hamnar.
3 ¹	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp ² Aggregat öppna Upptilt	¹ Problemfri cykel. ² Långt tryck = Knappen hålls intryckt under hela trädets upparbetning.
4	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp x 2 ¹ Aggregat öppna Upptilt Aggregat öppna ² Aggregat öppna Nertilt Upptilt	¹ Feltryck? ² Vad händer här?

5	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp Manuell matning back ¹ Aggregat öppna Automatknapp x 3 Upptilt ²	¹ Backar och släpper något – detta är möjligt med ett snabbt tryck på Aggregat öppna ² Inget Aggregat öppna innan? Längre knapptryck på upptilt (ca 1 sek) gör att aggregatet både öppnas och tiltas upp.
6	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T1 Automatknapp x 3 Kaptvång Automatknapp x 4 Aggregat öppna Upptilt	
7	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp Manuell matning back Automatknapp x 4 Aggregat öppna Upptilt	
8	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T1 Automatknapp x 5 Manuell matning back Automatknapp x 2 Aggregat öppna Upptilt x 2 ¹	¹ Det första knapptrycket var inte tillräckligt långt för att utföra funktionen.
9	Aggregat stäng ¹ Nertilt Aggregat öppna Upptilt Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp x 8 Aggregat öppna Upptilt	¹ Vad gör föraren här?

10	Aggregat stäng Aggregat öppna ¹ Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp x 6 Manuell matning back Automatknapp x 3 Manuell kap Aggregat öppna Upptilt	¹ Ansättningsfel.
11	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt Manuell kap ¹ T1 Automatknapp x 3 Kaptvång Automatknapp x 5 Automatknapp Automatknapp x 3 Manuell kap Aggregat öppna Upptilt	¹ Varför gör föraren det?
12	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp x 2 Manuell matning back Manuell kap Aggregat öppna Upptilt	
13	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp x 2 Manuell matning back Automatknapp x 9 Aggregat öppna Upptilt	

14	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp Manuell matning back Manuell matning fram Manuell matning back Automatknapp x 2 Manuell matning back Manuell matning fram Manuell kap Aggregat öppna Upptilt	
15 ¹	Aggregat stäng Aggregat öppna Nertilt Aggregat öppna x 2 Upptilt Aggregat öppna	¹ Stora kranrörelser samt rotatorrörelser under hela cykeln. Röjning?
16	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp ¹ Manuell kap ² Automatknapp x 6 Manuell matning back Automatknapp Manuell matning back Manuell matning fram Automatknapp x 2 Aggregat öppna Upptilt	¹ Kort tryck. ² Skada på stammen?
17	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp ¹ Manuell kap ² Automatknapp x 6 Manuell matning back Automatknapp Manuell matning back	¹ Stora kranrörelser samt rotatorutslag, justering av ansättning. ² Troligtvis feltryck då nytt trädval ej går att göra utan att gå in i meny.
18	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp Manuell matning back Automatknapp x 6 Manuell kap Aggregat öppna Upptilt	

19	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp K2 ¹ Automatknapp Manuell matning back Automatknapp x 3 T1 ² Automatknapp Manuell matning back Automatknapp x 5 Aggregat öppna Upptilt	¹ Kvalitet 2 innebär röta. ² När trädval gjorts byter trädvalsknapparna funktion; T1 nedklassning av kvalitet, T2 uppklassning av kvalitet.
20	Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T1 Automatknapp x 8 Manuell kap Aggregat öppna Aggregat stäng ¹ Aggregat öppna Upptilt Aggregat stäng Nertilt Aggregat öppna Upptilt	¹ Röjning?
21	Aggregat stäng Aggregat stäng ¹ Automatknapp Nertilt T1 Automatknapp Krypfart ² x 2 Automatknapp Manuell matning back Kaptvång Automatknapp x 2 Manuell matning back x 2 Automatknapp Manuell matning back Automatknapp x 2 Manuell matning back Kaptvång Automatknapp x 4 T4 ³ Automatknapp ⁴ Manuell kap Aggregat öppna Upptilt	¹ Ansättningsjustering. ² Lägsta matningshastighet, funktion aktiveras då knapp hålls in. ³ Varför ytterligare ett trädval? Feltryck? ⁴ Stamkrök?

22	Manuell matning back Manuell matning fram Automatknapp Stegning plus ¹ Automatknapp x 5 Manuell kap Aggregat öppna Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp x 6 Aggregat öppna Upptilt	¹ Används för att öka/minska längdmodul (30 cm intervall) då trädet är defekt.
23	Manuell matning back Manuell matning fram Automatknapp Stegning plus ¹ Automatknapp x 5 Manuell kap Aggregat öppna Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Aggregat stäng Automatknapp Nertilt T2 Automatknapp x 6 Aggregat öppna Upptilt	

Knappfunktioner

Automatknapp+farthållare:	Kan användas vid fällning, d.v.s. för att avskilja trädet från roten. Automatknappen används flitigt under upparbetningsprocessen, då aggregatet ska mata fram, samt kapa trädet i rätt längd enligt maskinens styrprogram. Farthållaren aktiveras endast vid längre förflyttning på väg och har därmed inte använts för detta ändamål i denna analys.
Aggregat öppna:	Både knivar och hjul öppnas. Används för att släppa kvarvarande bit av upparbetat träd. Aggregat öppna används även vid ansättningsjustering.
Aggregat stäng:	Både knivar och hjul stängs. Används för att gripa träd.
Manuell matning back:	Används under upparbetning för att mata tillbaka trädet i aggregatet. Detta görs då det blir problem med kvistning eller då man stöter på stamkrökar. Om aggregatet hamnar för högt upp på trädet vid ansättning kan man använda Manuell matning back för att undvika höga stubbar.
Upptilt:	Används för att vinkla upp aggregatet efter att upparbetningen är slutförd och Aggregat öppna gjorts. I stället för att öppna aggregatet med Aggregat öppna kan ett kort knapptryck på Upptilt göras. Görs ett längre knapptryck på ca en sek öppnas aggregatet samtidigt som det därefter även tiltas upp.
Nertilt	Används för att vinkla ner trädet till marknivå efter fällning. Används om föraren behöver vinkla ner aggregatet för att flytta föremål på marken (ex. timmer och ris). Kort tryck: Aggregatet fälls ned trycklöst. Långt tryck: Trycker ned aggregatet aktivt med inställt tryck.
T1–T4	Knappar för trädval. T1: Tall, T2: Gran, T3: Löv1, T4: Löv 2. När trädval gjorts byter trädvalsknapparna funktion; T1 nedklassning av kvalitet, T2 uppklassning av kvalitet.

Manuell kap	Kan användas vid fällning d.v.s. för att avskilja trädet från roten. Manuell kap används vid manuell upparbetning av träd. Detta förekommer ofta vid stamkrökar och dylikt.
Manuell matning fram	Används under upparbetning för att mata fram trädet i aggregatet. Detta görs då det blir problem med kvistning eller då man stöter på stamkrökar.
Kaptvång	Tvingar apteringsdatorn att kapa vid närmaste längdmodul bakåt.
Kniv öppna-hjul stäng	Används under upparbetning då det vid bl.a. stamkrök kan vara önskvärt att öppna kvistknivarna något för att inte köra fast.
Stegning plus	Ökar längdmoduler vid aptering.
Reset	Ett kort tryck: Nollställer längdmätning. Två korta tryck: Nollställer längd- och diametermätning.
Krypfart	Denna funktion ger lägsta matningshastighet på drivrullarna.
Auto-nivellering	När maskinen stannat nivellerar hytten upp i plant läge.
Kniv stäng-hjul öppna	Används mest för att gripa och flytta ris.
Arbetsvarv	Aktiverar förinställt arbetsvarv.
Stegning minus	Minskar längdmoduler vid aptering.
Neutral	Ingen drivning av maskinen.
Fram	Används för att driva maskinen framåt.

Spakfunktioner

Kran upp/ner

Kran upp används vid varje Nertilt.
Kran upp används efter upparbetning.
Kran ner används vid ansättning.
Kran upp och ner används med små utslag under upparbetning.

Kran sväng

Kran sväng används huvudsakligen mellan träd och upparbetningsplats. Finns inga tydliga mönster.

Rotator

Rotatorn används vid Nertilt.
Rotatorn används med korta, stora utslag vid upparbetningsplatsen.
Rotatorrörelser görs vid kranrörelse innan ansättning.

Teleskop in/ut:

Teleskop in används efter Nertilt.
Teleskop in används vid Upptilt.
Teleskop ut används vid ansättning
Teleskop ut används sparsamt under upparbetningen, föraren vill troligtvis upparbeta nära maskinen för att maskinen ska kunna användas fullt ut.

Frågor till intervju med förare

1. Vid vilka tillfällen används Teleskop in/ut och när förflyttar föraren skördaren för att kunna komma åt träd?
 - i. Strävar föraren efter att arbeta med kranen så nära skördaren som möjligt?
 - ii. Skiljer sig detta arbetsmönster beroende på om det handlar om slutavverkning eller gallring?
 - iii. Kan det vara effektivt om kranarmen efter upparbetning, automatiskt (med något kommando från föraren) intar någon förprogrammerad position, för att minimera spakhanteringen?
2. Hur tänker föraren vid ansättning av aggregatet mot trädstammen, vilken ansättningsvinkel används? Är det oftast samma vinkel?
 - i. Kunde rent av aggregatet programmeras att inta en standardvinkel, i förhållande till kranarmen, när aggregatet tiltas upp, för att minska spakhanteringen?
 - ii. Ska aggregatet kunna inta samma position som för senaste kapat träd?
 - iii. Vilka för-/nackdelar ser ni med den typen av positionering?
3. Stänger föraren alltid aggregatet i rätt avskiljningshöjd från början, eller finns det tillfällen då föraren manuellt matar ner aggregatet mot marken? Är det förstnämnda något som tillämpas redan från första gången föraren påbörjar sin träning (verkar tidsineffektivt, eftersom det krävs stor precision).
 - i. Om inte nermatning sker, är orsaken att föraren vill undvika onödiga slirskador på stammen?
 - ii. Om nermatningsmomentet behövs, kan momentet vara intressant att automatisera?
 - iii. Lyfter föraren aggregatet i fällmomentet även vid lite grövre träd och inte bara vid avverkning av klentimmer?
 - iv. Varför lyfter föraren?
 - v. Om ja ovan, kunde det vara ett vettigt automatiseringsmoment att Kran upp aktiveras då avskiljning påbörjas?
 - vi. Kan det ur ett belastningsergonomiskt perspektiv vara vettigt att med en enda knapp styra detta förlopp (Aggregat stäng, kapning, ev. Manuell matning back och Kran upp)?
4. Ställer föraren alltid skördaren i en sådan vinkel mot trädet, att han ser kapsnittet, efter att ha avskiljt trädet? Tittar föraren på stubben eller displayen för att kunna upptäcka eventuell röta?
 - i. Kunde en kamera i aggregatet överföra denna information till föraren?
5. Vilket avstånd mellan aggregatet och marken är brukligt att använda vid upparbetningen?
 - i. Ingriper föraren ofta manuellt vid upparbetningen?
 - ii. Skiljer sig detta från bestånd till bestånd (slutavverkning/gallring)?

- iii. Vilket/vilka moment är vanligast att föraren korrigerar eller utför manuellt?
 - iv. Bibehålls samma höjd över marken på aggregatet, under hela upparbeitungsprocessen eller justerar föraren höjden manuellt under upparbetningens gång?
 - v. Om ja ovan, kunde detta vara ett moment att automatisera, d.v.s. att aggregatet intar en standardhöjd efter att trädet kapats?
 - vi. Upparbetas trädet framför skördaren eller flyttar föraren riset efteråt?
6. När det finns stamkrökar behöver föraren ”lätta” lite på knivtrycket i aggregatet. Matar föraren vid stamkrökar manuellt, eller används alltid Automatknappen?
- i. Ger föraren reglaget bara ett kort tryck så att knivarna ”studsar till” och sedan återgår eller öppnar han knivarna helt ibland, d.v.s. håller funktionen intryckt?
 - ii. Om föraren vid matning framåt, håller Aggregat öppna intryckt, öppnas knivarna med öppningspulser. När används denna funktion och vad är skillnaden mot att använda funktionen under första delfrågan?
 - iii. Är det främst, eller rent av bara vid stamkrökar, som funktionen Kniv öppna-hjul stäng och vice versa används?
7. När trädet har upparbetats krävs två knapptryckningar om föraren vill utföra Aggregat öppna och Upptilt separat (Upptilt 2 ggr el. Upptilt och Aggregat öppna). Detta för att aggregatet ska vara i utgångsposition att ansätta mot nästa träd. Är anledningen till detta att föraren eventuellt behöver korrigera stockar eller ris efter upparbetning?
- i. Är denna knappkombination individuell eller vad är orsaken till att inte dubbeltryck på Upptilt alltid används (verkar mer logiskt)?
8. Vilken är den stora skillnaden vad gäller spak-/reglageanvändning, vid gallring och slutavverkning?
- i. Växlar föraren ofta mellan grov- och normalkvistigt under en körning i samma bestånd? (Vid dimensioner under 90 mm sker ej någon förbigång och förkvistning av följande stock).
 - ii. Vid grovkvistiga träd händer det att föraren vid matning samtidigt trycker på Aggregat stäng, vilket resulterar i ett högre kniv- och valstryck, samt lägre matningshastighet. Varför görs detta?
 - iii. Upplever föraren slutavverkning eller gallring, som mest mentalt och/eller belastningsergonomisk ansträngande (statiskt/dynamiskt)?

9. Används alltid Automatknappen vid avskiljning av trädet, förutom vid behovet av förkap?
 - i. När används förkap?
10. Hur stora utslag görs normalt med kranen i sidled, vilket vinkelspann arbetar kranen emellan?
 - i. Vilken/vilka funktioner används främst vid upparbetning i sortimentshögar?
 - ii. Hur sorterar föraren virket?
 - iii. Skulle sorteringen kunna automatiseras?
 - iv. Behöver stockarna ofta läggas tillrätta efter upparbetning? D.v.s. använder föraren ”gripfunktionen” ofta?
 - v. Läggas massa och röta i samma högar?
11. När tittar föraren på displayen och vilken information är det då han söker?
12. När föraren tänker ansätta aggregatet mot ett träd. Vilka moment fokuserar han på (belastar föraren mentalt) och vilka moment går på ”ryggmärgskänsla”?
Tänker föraren på vilket trädslag som ska apteras eller fokuserar han på var på trädet ansättningen ska ske?
13. Vid körning i simulator får man kapa av sista toppbiten manuellt (kan bli ganska långa bitar), pga. av att den annars matas igenom aggregatet utan kapning. Är detta tillvägagångssätt det som används i verkligheten eller är det en brist i simulatorn?

Svar till intervju med förare

1. Teleskop in/ut används framför allt vid Kran ut. Skördaren förflyttas då kranen inte orkar lyfta ett träd pga. för lång hävarm eller att trädet ej nås.
 - i. Föraren försöker arbeta relativt nära maskinen eftersom kranen inte orkar arbeta med för lång hävarm.
 - ii. Vid gallring kan man arbeta längre ifrån maskinen då träden är lättare och aggregaten ofta något mindre. Maskiner med vikarmskran är starkare.
 - iii. Ibland sorterar föraren träden genom att köra maskinen fram och tillbaka i stället för att styra med kranen. Detta då föraren eftersträvar att upparbeta ett sortiment i taget. Positionen för nästkommande träd kan därmed variera stort och ett automatiskt utgångsläge kan vara svårt i vissa sammanhang.
- Övr. Fällning av träd sker ofta åt samma håll (enkelslag), detta eftersom man vill få en bredare väg och undvika ris i högarna. Dubbelslag förekommer dock också. Föraren tittar ut nästa träd redan vid upparbetningen av föregående träd.
2. Ansättningsvinkeln varierar beroende på om trädet greppas rakt framför maskinen eller vid sidan om denna. Vinkeln är också beroende av hur trädet ser ut vid roten (rotben) och hur omgivningen ser ut (buskar, stenar etc.)
 - i. Tveksamt
 - ii. Tveksamt
 - iii. Någon förprogrammerad vinkel på aggregatet ser föraren ingen större fördel med.
3. Ja, grepp sker i rätt höjd annars är det lätt att aggregatet går sönder när det slår i marken. Om det ligger mycket ris eller snö kan föraren mata ner försiktigt.
 - i. Nej (se ovan).
 - ii. Nej (se ovan).
 - iii. Ja, föraren lyfter aggregatet för att undvika att det släpar i marken när trädet fällt.
 - iv. (se ovan).
 - v. Skulle kunna fungera.
 - vi. Kan ur säkerhetssynpunkt vara svårt då det finns risk att man kapar i tex. sten. Ibland krävs det även ett förkap för att få ett träd i önskad riktning och då vore det inte bra om Aggregat stäng automatiskt följdes av kapning. Finns troligen liknande automatisering på Rottne.
- Övr. Vid stark vind faller föraren åt det håll det blåser för att undvika att träden faller över skördaren. Tryck med kran kan ges på trädet åt det håll fällning

ska ske. När trädet faller går svärdet tillbaka och föraren påbörjar upparbetning.

4. Föraren tittar först på spånets färg för att avgöra om det är röta eller ej (mörkare vid röta). Om det är oklart studeras stubbens snitt. Är stubben skymd av ris eller annat försöker föraren titta på trädets kapsnitt utan att för den delen vrida upp trädet. Ser föraren inte trädets kapsnitt utan kranförflyttning läggs stocken i en hög och skotarföraren får sortera bort det.
 - i. Ja, men det är en utsatt position om den ska sitta på aggregatet (smuts, stötar etc.).
5. Avståndet varierar beroende på hur grovt och tungt trädet är. Vid grovt träd upparbetas trädet nära marken medan man vid ett mindre och lättare träd kan hålla ett större markavstånd. Markavståndet varierar även beroende på hur den omgivande terrängen ser ut.
 - i. Ja, föraren får ganska ofta backa manuellt för att sedan kvista igen.
 - ii. Vid gallring behöver föraren inte bryta in lika ofta då träden har klenare grenar och inte kräver ”backning”.
 - iii. Vanligast får föraren korrigera med Manuell matning back.
 - iv. Föraren höjer efterhand när högen växer. Detta blir möjligt då trädet blir lättare och maskinen orkar lyfta. Balans hålls på trädet genom matning.
 - v. –
 - vi. Kvistning sker oftast framför maskinen och därefter flyttas stocken till den plats där den ska kapas, vilket innebär mycket krankörning. Ris flyttas alltså inte så ofta (varierar dock beroende på vilken typ av skog som avverkas). Vid blöt terräng är det extra viktigt att ris läggs framför maskinen för att undvika markskador.
6. När en stamkrök dyker upp får föraren allt som oftast gå in och upparbeta manuellt. Föraren kapar trädet vid lämplig standardlängd, innan stamkrökar.
 - i. Eftersom timmer med stamkrök inte blir annat än vrak strävar föraren efter att denna bit ska bli så kort som möjlig (kategorin vrak bör inte överstiga 1 % av total avverkad volym). Föraren försöker därför gå in och kapa denna biten manuellt i stället för att öppna knivarna och gå förbi kröken.
 - ii. Funktionen med öppningsimpulser används främst när matarhjulen slirar mot stammen. Inget svar på resten av frågan.
 - iii. Inget svar.
- Övr. Pip sker alltid då datorn växlar mellan olika sortiment just för att föraren ska veta hur sortering ska göras.
7. Hålls Upptilt in ca 1 sekund öppnas aggregatet varefter det tiltas upp. Den intervjuade föraren (Staffan) i Stynsbo använde dock funktionen Aggregat öppna varefter ett kortare knapptryck på Upptilt för att utföra proceduren.

Detta ansåg föraren att han gjorde av gammal vana. Föraren upplevde även Upptilt-funktionen som något seg, medan Aggregat öppna var mer direkt. Möjligheten att utföra proceduren med endast ett knapptryck menade föraren var bra.

- i. Föraren ansåg att användningen av knappkombinationen är individuell.
8. Vid gallring behöver inte maskinen flyttas lika ofta då kranen orkar arbeta inom ett större område, eftersom träden är lättare. Vid slutavverkning måste föraren använda Manuell matning back oftare eftersom grenarna är grövre.
- i. Föraren undviker att använda funktionen grovkvistig vid normalkvistig skog ty upparbetningen tar längre tid då (vid grovkvistig inställning matar aggregatet förbi och kvistar stammen framför det kommande kapsnittet, för att sedan mata tillbaka). Vid gallring är det sällan grovkvistiga träd. Det är inte speciellt vanligt förekommande att föraren växlar mellan normal- och grovkvistigt vid körning i samma bestånd.
 - ii. Detta görs då föraren upparbetar en tung eller väldigt grovkvistig stam, just för att knivarna och valsarna kommer närmare stammen och kvistar lättare.
 - iii. Vid gallring läggs mest energi på att välja vilket träd som ska fällas. De träden som är defekta (dålig krona etc.) ska först och främst gallras bort. Föraren måste även tänka på att köra försiktig så att omgivande träd och mark skadas så lite som möjligt. Vid slutavverkning fokuserar föraren mer på apteringsmomentet och att hålla hög produktivitet. Det blir fler snabba beslut, under det höga tempot, vilket gör att slutavverkning är mer mentalt belastande. Föraren behöver inte selektera träd på samma sätt och inte heller vara lika rädd om kvarstående träd som ändå ska fällas.
9. Automatknappen används oftast vid avskiljning av träd, men detta är individuellt från förare till förare. När Automatknappen används har föraren endast en chans på sig, sedan måste Manuell kap användas för att avskilja trädet.
- i. Förkap används bl.a. då föraren vill säkerställa en viss fällriktning på ett svåråtkomligt träd.
10. Föraren arbetar inom ett vinkelspann på ca 150–180 grader vid enkelslag, lite beroende på maskinkapacitet. Vissa skolor säger att träd som står längre bort än 5,5 meter från skördaren inte ska fällas. Dock måste föraren tänka på att göra relativt breda slag för att underlätta skotarens körning.
- i. Teleskop in/ut och Kran sväng används mest. Allteftersom trädet blir lättare och framför allt då endast toppen återstår att upparbeta används Rotatorn.
 - ii. Föraren tar ibland flera träd och sorterar upp i samma högar (underlättar skotningen då virket koncentreras i färre högar). Detta kan resultera i att föraren får backa maskinen för att lägga virket i respektive hög. Timmer lägger föraren närmast maskinen då detta är tyngst. Klenaste virket läggs längst bort från maskinen. Varannan topp läggs oftast ihop med föregående träds topp för att spara utrymme.

- iii. Skulle kunna fungera.
 - iv. Individuellt från person till person men föraren strävar efter att göra det noggrant från början. Detta just för att inte behöva tillrättalägga stockarna efter upparbetning, vilket tar extra tid.
 - v. Granmassan får det ej vara någon röta i. Därför sorteras granrötan tillsammans med tallmassan.
- Övr. Föraren strävar efter att fälla trädet så att toppen slår i marken snett framför maskinen för att lättare kunna föra trädet till upparbetningsplatsen. Detta för att slippa vrida trädet när det släpas i marken.
11. Föraren tittar på displayen för att kontrollera trädets längd och även kunna se vad datorn vill göra med trädet. Om föraren observerar en stamkrök på trädet studeras displayen för att se om maskinen snart stannar. Ibland stämmer inte heller datorns längdmätning. Då får föraren mata tillbaka manuellt och nollställa datorns mätning.
 12. Kranstyrningen går på ryggmärgskänsla och föraren lägger ingen större tyngd på detta arbetsmomentet. Vilket träd som ska fällas beslutas vid föregående träds upparbetning. Vad föraren måste vara vaksam på är om det befinner sig stenar eller buskar omkring trädet. Detta för att inte kedjan ska hoppa eller gå sönder. Buskar rycks bort och då sten förekommer ansätts trädet högre upp.
 13. Föraren pulsar oftast med automatknappen då trädets topp upparbetas Detta för att föraren ska hinna stoppa matningen om ett toppbrott har skett. Då finns annars risk att toppbiten går igenom aggregatet utan kapning. Så länge toppbrott ej sker kapas toppen oftast korrekt i verkligheten. Detta är en brist i simulatorn.

Frågor till förarstudie i simulator

1. Vilka beslut och alternativ görs/finns vid kvalitetsbedömning vid upparbetningen (vad gör föraren/vad gör datorn)?
2. Åt vilket håll ska trädet falla? Vill man alltid fälla mot samma fällpunkt?
3. Är det ofta som föraren inte kan utföra Aggregat stäng, Automatknapp och Nertilt i en tät följd d.v.s. utan att behöva tänka på yttre omständigheter?
4. Var ska trädet upparbetas, hur långt ifrån maskinen bör högen hamna?
5. Kvistar föraren rakt framför och sedan styr kranen åt sidan just vid kapningen?
6. Hur ofta händer det att föraren fäller ett träd så att det kilar fast sig mellan andra träd?
7. Höjer föraren aggregatet successivt under upparbetningen för att inte slå i redan kapade stockar i högen?
8. Hur gör föraren för att hålla änden på trädet ovanför marken så den inte fastnar vid matning fram (vid de sista bitarna då tyngdpunkten ändras d.v.s. trädet har tippat över)?
9. Vet föraren exakt vilket sortiment den växlar till, eller bara att den växlar när det piper?
10. Varför håller föraren inte in Automatknappen hela tiden under upparbetning?
11. Läggs sortimenten i samma hög oavsett om stockarna har olika längd?
12. Hur många sortimentshögar brukar föraren lägga upp trädet i?
13. När använder föraren Kniv stäng/hjul öppna samt Arbetsvarv?
14. Vilket moment är vanligast att föraren korrigerar eller utför manuellt?
15. Är det någon gång under arbetet som föraren kan titta upp och se sig omkring, samtidigt som arbetet fortlöper utan att behöva koncentrera sig?

Svar till förarstudie i simulator

1. Beslut angående trädets kvalitet görs manuellt av föraren, medan trädets sortiment bestäms per automatik av datorn. Föraren tar beslut om en viss del av trädet ska klassas upp/ner vid aptering. Upp-/nerklassning av trädets kvalitet sker dock mycket sällan. För att få ut maximalt av trädet tittar föraren även efter defekter som t.ex. stamkrökar vid apteringen. Om så är fallet kan föraren korta av eller förlänga (stegning plus/minus) en längdmodul när denna ska kapas, just för att utnyttja trädet fullt ut. Föraren tittar även efter om trädet innehåller röta genom att studera dess spån vid kapningen. Röta kan även säkerställas genom att titta på stubben eller trädets kapsnitt.
2. Föraren vill oftast fälla trädet så att det kan upparbetas i 90 graders vinkel mot maskinen. Vid tät skog kan föraren få upparbeta träden snett mot sig för att få plats med allt virke.
3. Det är sällan som dessa funktioner inte ligger i en tät följd. Någon gång kan föraren dock vilja vänta något med Nertilt.
4. Högen bör hamna något framför maskinen, ett par meter ut åt det hållet som trädet ska upparbetas åt.
5. Ca 50–60 % av träden kvistas framför maskinen och kapas vid sidan. Det är framför allt kvistiga granar och vissa tallar som bearbetas på detta sätt.
6. Det förekommer, dock saknas uppgift på hur frekvent detta sker.
7. Ja, föraren höjer successivt om det behövs, ibland bygger stockarna dock mer på bredden än på höjden. Då behöver inte detta göras.
8. Om kvistning sker bredvid maskinen och kranen därmed inte flyttas mellan kapen är detta inte något problem. När kvistning sker framför maskinen och kranen flyttas för varje kap måste föraren hålla balansen på stocken genom att mata tillbaka trädet några meter och sedan flytta kranen.
9. Det är sällan några tveksamheter för föraren att veta vilket sortiment det växlar till. Vet föraren vilket sortiment som kapas för tillfället vet han också oftast vilket nästa sortiment är. Det ljuder även ett kort och långt pip för timmer respektive klintimmer för att hålla dessa åtskilda.
10. Om inga defekter förekommer på stammen och då kvistarna är klena kan upparbetning med Automatknapp ofta ske utan avbrott bredvid maskinen. Sker kranflyttning under upparbetningen (då föraren kvistar framför maskinen) behöver föraren ofta släppa på Automatknappen för att kvista på rätt ställe.
11. Ja, alla sortiment läggs i varsin hög oberoende av stockarnas längd.

12. Vanligtvis används sex stycken sortimentshögar:
- | | |
|------|------------|
| Tall | Timmer |
| | Klentimmer |
| | Massa, |
| | Granröta |
| Gran | Massa |
| Löv | Massa |
13. Kniv stäng/hjul öppna används som grip då timmer flyttas. Arbetsvarv måste alltid läggas i vid kranarbete, annars arbetar motorn på tomgång vilket den inte orkar.
14. Detta beror på vilken typ av skog som avverkas. Vid dålig skog med krökar etc. blir föraren ofta tvungen att gå in och korrigera trädets upparbetade längd med Stegning plus/minus alternativt med hjälp av Kaptvång. När kvistig skog avverkas kan föraren bli tvungen att gå in och använda Matning back under upparbetningen för att få extra fart på kvistknivarna.
15. Efter fällkap vid förflyttning av träd samt under upparbetning av fin skog sjunker förarens arbetsbelastning något. Föraren kan dock inte slappna av helt utan måste fortfarande fokusera på arbetet, som att planera sin körning samt välja ut nästkommande träd som ska fällas.

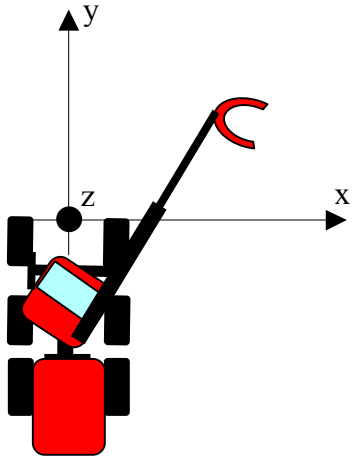
Övrigt:

- Den intervjuade föraren använder ej långt tryck på Upptilt för att med ett tryck öppna aggregatet och tilta upp. Med denna metod anser han att toppbiten ofta fastnar i aggregatet då detta tiltas upp innan det är helt öppet.
- Träden är tyngst i söderriktning vilket måste beaktas när man planerar rutten för skördaren. Vanligast är då att köra i öst-västlig riktning.
- Timret kan med fördel läggas vinklat ovanpå massa för att spara utrymme vid tät skog. Detta för att skotaren vanligtvis plockar timret först.
- Under upparbetning matas toppen oftast igenom försiktigt för att undvika att aggregatet ”spottar ut” toppen innan kapning skett. Detta kan ske om kvistar fastnar i mät hjulet och aggregatet då tror att det bearbetar en grövre stock än det i verkligheten gör.
- Möjlighet finns att förprogrammera trädval. Detta används vid avverkning av bestånd som mestadels består av ett trädslag ex. 90 % tall.
- De tillfällen föraren tittar på displayen är först och främst för att kontrollera om längdmätningen är rimlig. Dessutom måste föraren i vissa fall kontrollera att toppen inte blir kortare än 2,5 meter vilket är minsta tillåtna längd.
- I de fall som träd fälls i kranens ytterläge, vilket ofta innebär att föraren har svårt att greppa trädet från rätt håll, måste föraren snabbt rotera aggregatet efter utfört kapsnitt för att fälla trädet i rätt riktning.
- Då tyngre träd kvistas kan kranen behöva roteras samtidigt som trädet matas igenom aggregatet, för att matarhjulen inte ska slira.

Aktivering och inaktivering av funktioner

De värden som i denna bilaga är *kursivt* skrivna är rekommenderade inställningar som även bör kunna justeras. Detta för att olika profiler ska kunna skapas beroende på förare och bestånd.

I nedanstående text är origo placerat enligt figur B.1.



Figur B.1.
Origos placering.

- i. Automatiskt rikta in aggregatet vid kran ut (För upparbetning snett framför maskinen).
 - Aktiveras automatiskt efter Upptilt.
 - Inaktiveras automatiskt *fem* sekunder efter fällkap, detta för att inte automatisk förflyttning (Gii) ska hinna förskjuta fällpunkten.
 - Inaktiveras då manuellt utslag på rotatorn överstiger *30 %* av det maximala. Vid skördningens start bestäms på vilken sida av maskinen upparbetning ska ske.

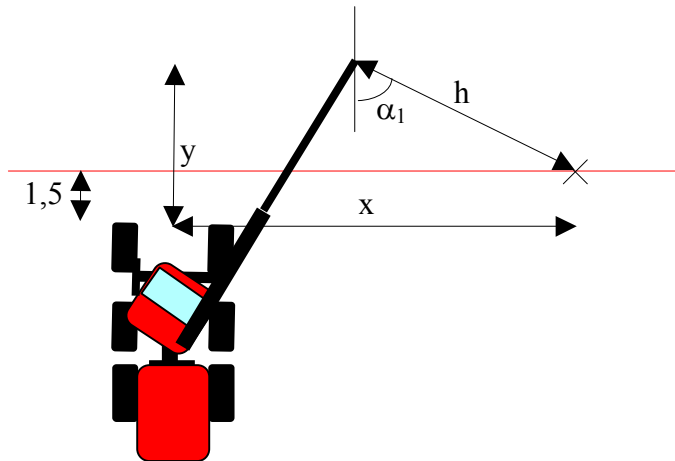
Upparbetningsvinkeln är 90° mot maskinen.

Vid aktivering grovinriktar sig aggregatet mot en flytande fällpunkt, belägen *x, 1.5 m* i planet. Exakt riktning på aggregatet justeras då aggregatet sluts om trädets och höjden kan uppskattas.

Aggregatets grovinriktning ges enligt följande ekvation: $\alpha_1 = \arccos \frac{y - 1.5}{h}$,

där *h* är 22 m* (figur B.2).

*) *h* är trädets referenshöjd innan den uppskattats av aggregatet och skulle kunna grundas på ett visst antal träds snitthöjd eller att föraren ställt in vald höjd för hela beståndet.



Figur B.2.
Aggregatets grovinriktning.

Aggregatets exakta riktning fås på samma sätt som α_1 efter att trädets verkliga höjd har bestämts.

(Vid programmering av denna funktionen har en fast fällpunkt använts. Punkten var belägen (19,1.5) i planet. Detta gjordes endast av programmeringstekniska skäl då tiden var begränsad. Funktionen fungerade dock mycket bra då våra träd inte varierade speciellt mycket i höjd.)

1b. Automatiskt rikta in aggregatet vid Kran ut (För upparbetning i tidigare sortimentshög).

- Aktiveras efter Upptilt. Beslut att använda funktionen görs genom knapp- eller röstfunktion och kan tidigast göras då föregående träds upparbetning har påbörjats.
- Inaktiveras automatiskt då fällkap påbörjas.
- Inaktiveras då manuellt utslag på rotatorn överstiger 30 % av det maximala.

Vid aktivering grovriktar sig aggregatet mot en förutbestämd fällpunkt belägen x,y i planet, där x bestäms enligt punkt 1i. Y-koordinaten är föregående sortimenthögs position i y-led enligt global positionering. Exakt riktning på aggregatet justeras då trädval gjorts och aggregatet sluts om trädet.

Riktningen bestäms utifrån senaste sortimenthögs position, för respektive trädslag. GPS skulle kunna användas för att styra kranen enligt global positionering.

2. Att vid fällning av träd lägga Aggregat stäng, Kapning, Matning back och Nertilt i samma funktion.

Alternativ a: Start- och stoppfunktion d.v.s. funktionen aktiveras manuellt och fortlöper tills stoppkommando ges.

- Aktiveras genom ett tryck på Automatknapp. Detta kan tidigast göras efter Upptilt.
- Inaktiveras automatiskt efter Nertilt.
- Inaktiveras genom ett tryck på Automatknapp.

Alternativ b: Funktionen hålls aktiv så länge föraren håller in bestämd knapp eller dylikt (variant finns på Rottne).

- Aktiveras genom att hålla in Automatknapp. Detta kan tidigast göras efter Upptilt.
- Inaktiveras automatiskt efter Nertilt.
- Inaktiveras tillfälligt då föraren släpper Automatknappen.

3. Att möjliggöra trädval parallellt med annan funktion.

- Aktivering av trädval görs med röstkommando genom att säga ”tall”, ”gran” etc. Detta kan tidigast göras då föregående träds upparbetning har påbörjats (Av tekniska begränsningar i skördarens programvara möjliggörs trädval först efter upptilt i dagsläget).
- Inaktiveras vid Upptilt.

Byte av trädslag kan göras fram till att upparbetningen påbörjats. Detta görs genom att enkelt säga det nya träslaget.

4. Automatiskt aktivera Kran upp efter fällkap.

- Aktiveras automatiskt vid fällkap då svärdet är igenom stammen.
- Inaktiveras då funktion 8ii aktiveras.

Efter fällkap strävar kranen efter att stiga *0,8 m* från kapsnittet.

Den förutbestämda höjden kan ökas/minskas under arbetets gång då manuellt utslag på Kran upp/ner överstiger *30 %* av det maximala. Vid varje nytt träd höjs kranen återigen till den förutbestämda höjden.

- 5i. Automatiskt styra kranen till nästa sortimentsshög.

- Aktiveras alltid vid första sortimentsbyte.
- Inaktiveras vid Upptilt.
- Inaktiveras då manuellt utslag på Kran in/ut överstiger *30 %* av det maximala. Aktiveras igen automatiskt vid nästa sortimentsbyte.

Vid sortimentsbyte förflyttar sig aggregatet rakt fram i förhållande till maskinen med 1.5 m (Eventuellt olika avstånd beroende på sortiment).

(Eventuellt rotera aggregatet $\pm 40^\circ$ då massa ska upparbetas i stället för att förflytta aggregatet rakt fram.)

5ii. Automatiskt styra kranen under kvistningen så ris hamnar framför maskinen.

- Aktiveras vid första kap under upparbetning.
- Inaktiveras automatiskt vid Upptilt, alternativt manuellt med knapp- eller röstfunktion.

Aggregatet går rakt åt sidan och kvistar samtidigt. När aggregatet närmar sig lämplig kaplängd återgår det till positionen vid sidan av maskinen. Notera att aggregatet aldrig rör sig längre åt sidan än bortre hjulets position.

6i. Kranen går automatiskt till rätt sortimentshög för upparbetning.

- Aktiveras automatiskt efter Nertilt.
- Inaktiveras när föraren gör ett manuellt utslag med kranen i xy-planet som överstiger 30% av maximalt utslag, eller när aggregatet kommit till upparbetspositionen.
- Inaktiveras då kommandot ”ny hög” ges, genom knapp- eller röstfunktion. Beslut att använda kommandot kan tidigast göras då föregående träds upparbetning har påbörjats.

Aggregatet går till den senaste högen för det aktuella sortimentet, (om maskinen inte har flyttats).

6ii. Kranen går automatiskt till en upparbetsposition snett framför maskinen

- Aktiveras efter Nertilt då kommandot ”ny hög” ges (se punkt 6i), eller då maskinen har förflyttats.
- Inaktiveras när föraren gör ett manuellt utslag med kranen i xy-planet som överstiger 30% av maximalt utslag, eller när aggregatet kommit till upparbetspositionen.
- Inaktiveras när kranen nått upparbetsposition.

Aggregatet går till en punkt snett framför maskinen $\pm 2,1.5\text{ m}$.

6iii. Kranen går automatiskt till rätt sortimentshög för upparbetning, även om maskinen har flyttats.

- Aktiveras efter Nertilt då kommandot Hämtning har givits med knapp- eller röstfunktion. Detta kommando kan tidigast göras då föregående träds upparbetning har påbörjats.
- Inaktiveras när föraren gör ett manuellt utslag med kranen i xy-planet som överstiger 30% av maximalt utslag, eller när aggregatet har förflyttats till upparbetspositionen.
- Inaktiveras när kranen nått upparbetsposition.

Kranen går med global positionering till föregående hög för aktuellt sortiment.

6iv. Automatiskt förflytta maskinen tillbaka till rätt hög vid hämtning.

7. Automatknappen behöver inte hållas intryckt för att vara aktiverad, utan aktiveras/avaktiveras genom ett knapptryck.
 - Upparbetning aktiveras tidigast efter Nertilt/Trädval (beroende på vart i cykeln trädval görs) med ett kort tryck på Automatknappen.
 - Inaktiveras automatiskt då upparbetningen är slutförd d.v.s. när stockens diameter är noll.
 - Inaktiveras under upparbetningen då Automatknappen hålls nertryckt.
 - Inaktiveras tillfälligt då annan funktion utförs, som exempelvis Manuell matning back.

8i. Aggregatet tippas ej över åt det håll upparbetning sker.

- Aktiveras automatiskt efter Nertilt.
- Inaktiveras automatiskt vid Upptilt.

8ii. Aggregatet håller automatiskt rätt höjd till upparbetade stockar under upparbetningen.

- Aktiveras automatiskt vid första kap under upparbetning.
- Inaktiveras automatiskt då upparbetningen är slutförd d.v.s. när stockens diameter är noll.
- Inaktiveras då manuellt utslag på Kran upp/ner överstiger 30 % av det maximala.

Vid byte av sortiment sänks aggregatet till den höjd där första kapet gjordes (referenshöjden).

Aggregatet höjer sig 0.5 m efter 4 stycken stockar. Detta är en generell höjning oavsett sortiment. I verkligheten skulle aggregatet kunna höja sig olika mycket beroende på vilket sortiment som upparbetas. Detta då stockarna har olika diameter och bygger olika mycket på höjden.

9. Aggregatet intar rätt höjd till marken vid ansättning.

Alternativ a: Aggregatet sänker sig till lämplig höjd över marken med avståndssensor först då föraren börjar sluta aggregatet runt trädet.

Alternativ b: Avståndssensor känner av när aggregatet närmar sig trädet och sänker sig då till lämplig höjd över marken med hjälp av ytterligare en sensor.

10. Kranen förflyttar sig helt automatiskt till utvalt träd och ansätter där aggregatet mot trädstammen.

11. Kvalitetsbestämning, d.v.s. kranen känner av om trädet innehåller röta samt övriga kvalitetsgränser

Alternativ a: Röntgen.

Alternativ b: Kamera på aggregatet.

12. Aggregatet känner själv av vilket trädslag som finns i gripfen vid ansättning.

Uppgiftsbeskrivning för tester

Samtliga tester utförs i en och samma miljö enligt figur B.3. Miljön består av 11 numrerade granar (1–11), tre mindre stenar samt färgmarkerade områden för sortimenten och riset.



Figur B3.
Testmiljö.

- 1i. Uppgift: Att fälla samtliga träd i riktning längs en given linje på marken för respektive träd (fällriktning).
Startläge: Aggregatet befinner sig framför maskinen i nertiltat läge.
Slutläge: Fem sekunder efter Nertilt slutar cykeln. Trädet försvinner och aggregatet återgår till startläge.

4. Uppgift: Att fälla samtliga träd och förflytta dem till upparbetsposition (markerat område) snett framför maskinen utan att släpa trädet i marken.
Startläge: Aggregatet befinner sig framför maskinen i nertiltat läge.
Slutläge: När föraren har tagit trädet till upparbetsposition. Trädet försvinner och aggregatet återgår till startläge.

- 5i. Uppgift: Att upparbeta sex granar bestående av timmer, klentimmer och massa. Färgad markering (blå) finns på marken där de olika sortimenten ska placeras. Timmer placeras i området närmast maskinen och massa längst bort.
Startläge: Aggregatet befinner sig framför maskinen i nertiltat läge. Ett fällt träd ligger på marken framför maskinen.
Slutläge: När föraren har släppt toppen och tiltat upp aggregatet. Aggregatet återgår till startläge och de upparbetade stockarna försvinner.

5ii. Uppgift: Att upparbeta sex granar och kvista dessa så att riset hamnar inom färgmarkerat område (rött) framför maskinen.

Startläge: Aggregatet befinner sig framför maskinen i nertiltat läge. Ett fällt träd ligger på marken framför maskinen.

Slutläge: När föraren har släppt toppen och tiltat upp aggregatet. Aggregatet återgår till startläge och de upparbetade stockarna samt riset försvinner. Nytt träd hamnar framför maskinen.

6ii. Uppgift: Att fälla och förflytta samtliga träd till upparbetningsposition (markerat område) snett framför maskinen.

Startläge: Aggregatet befinner sig framför maskinen i nertiltat läge.

Slutläge: När aggregatet befinner sig i upparbetningsposition. Trädet försvinner och aggregatet återgår till startläge.

Helcykel.

Uppgift: Att fälla och upparbeta samtliga träd. Färgmarkerat område finns på marken inom vilket trädet ska kvistas och riset hamna. Färgad markering finns även på marken där de olika sortimenten ska placeras. I testet försvinner inte högarna utan de växer successivt.

Startläge: Aggregatet befinner sig framför maskinen i nertiltat läge.

Slutläge: När alla träd i scenariot är fällda och upparbetade.

Arbetsbelastning (NASA-TLX)

Mentala krav. Hur mycket mental aktivitet för uppfattande och bearbetning (t.ex. informationssökning, beslutsfattande, beräkningar, tänkande, hålla i minnet) krävdes? Var de mentala krav, som uppdraget ställde på dig, låga eller höga (var uppgiften lättisam 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 lättisam 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

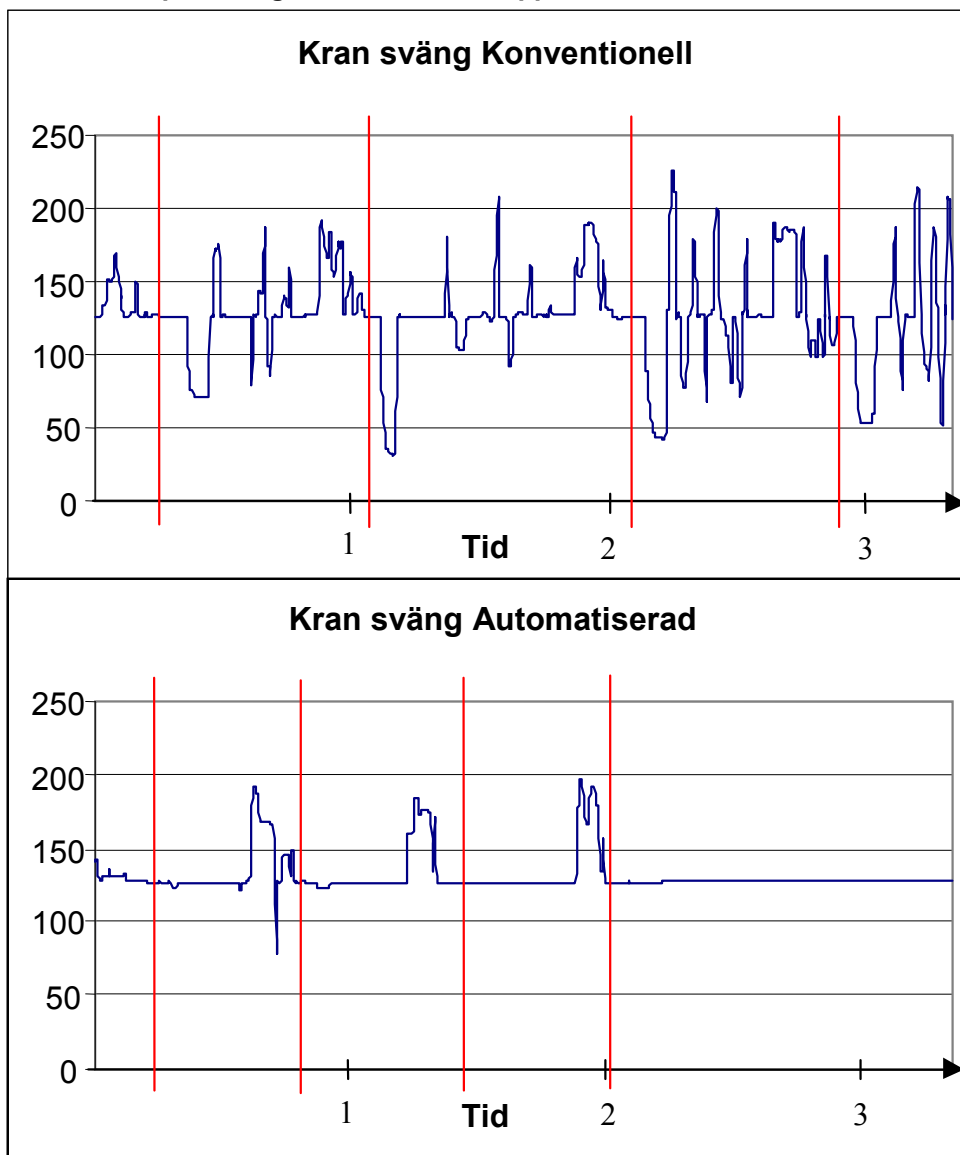
Ansträngning. Hur stor var din ansträngning (mentalt och fysiskt) för den aktuella prestationen? Var ansträngningen låg eller hög?

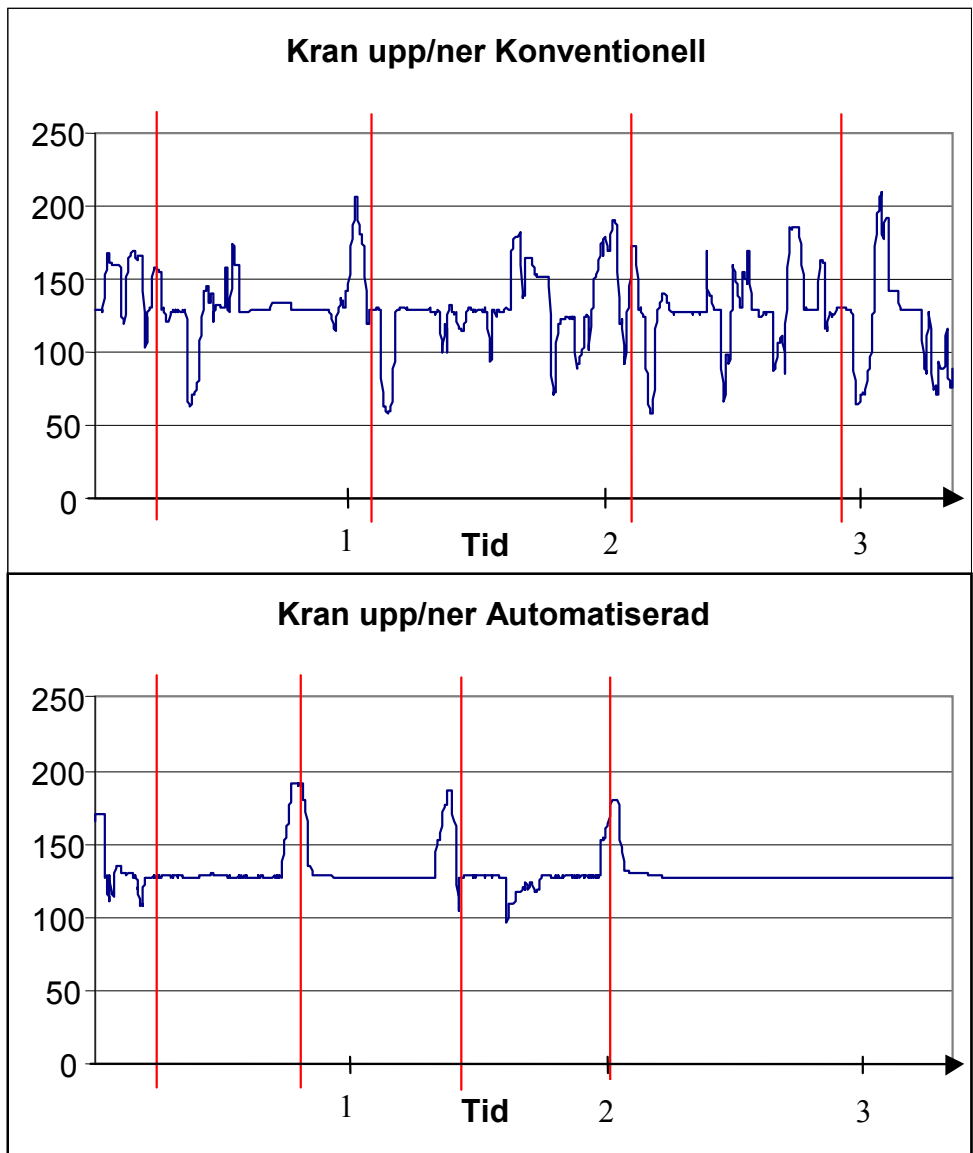
Låg ●—————● Hög

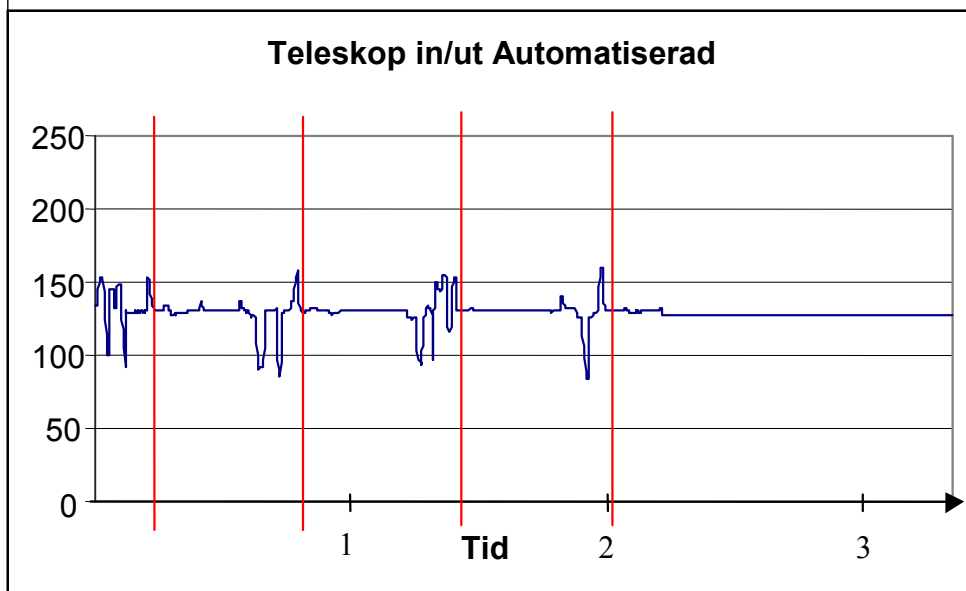
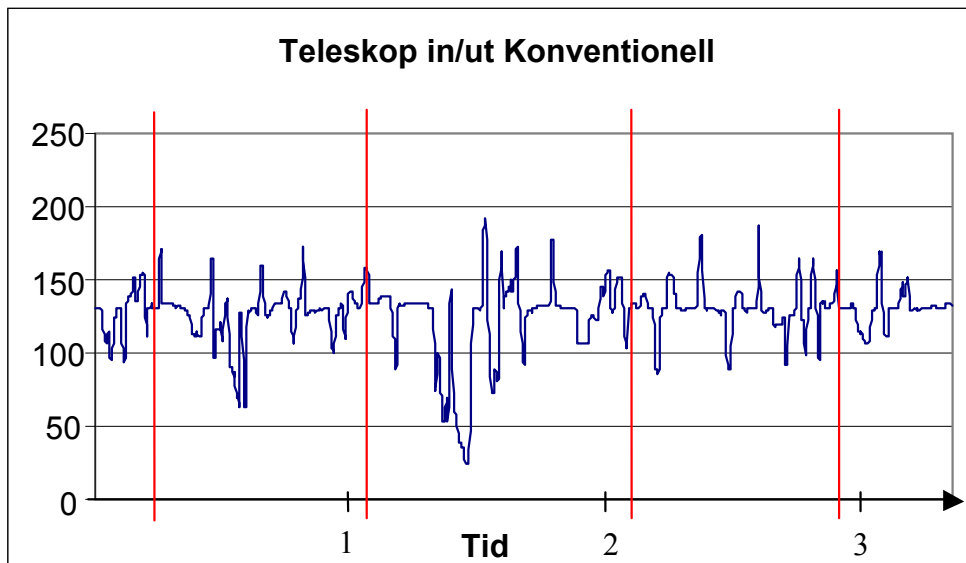
Stressnivå. Hur stor var din psykologiska stress under testet? Kände du dig avslappnad eller spänd under testet? Hur osäker, nedslående, irriterad, stressad och förargad gentemot säker, glädjande, tillfredsställande, lugn och självbelåten kände du dig under testet? Var stressnivån låg eller hög?

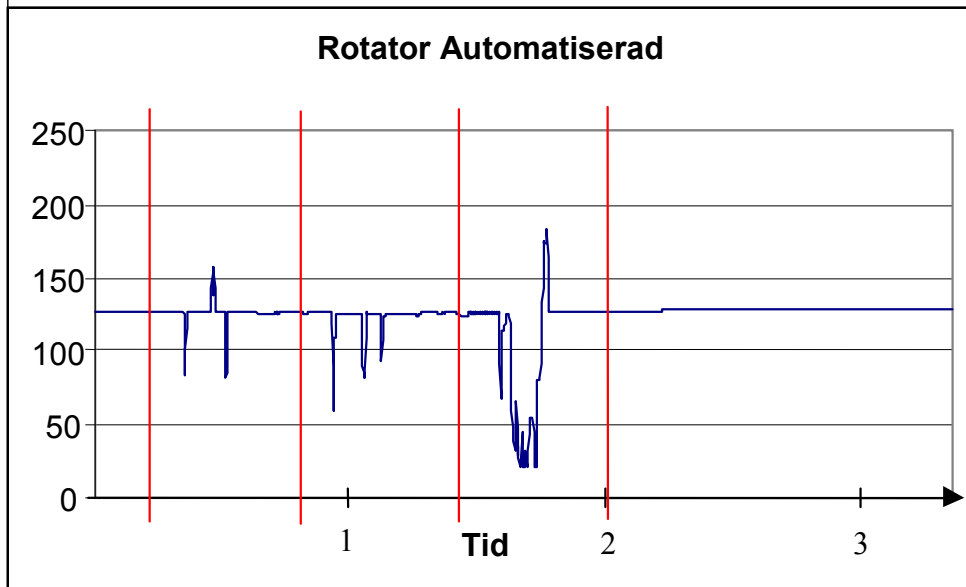
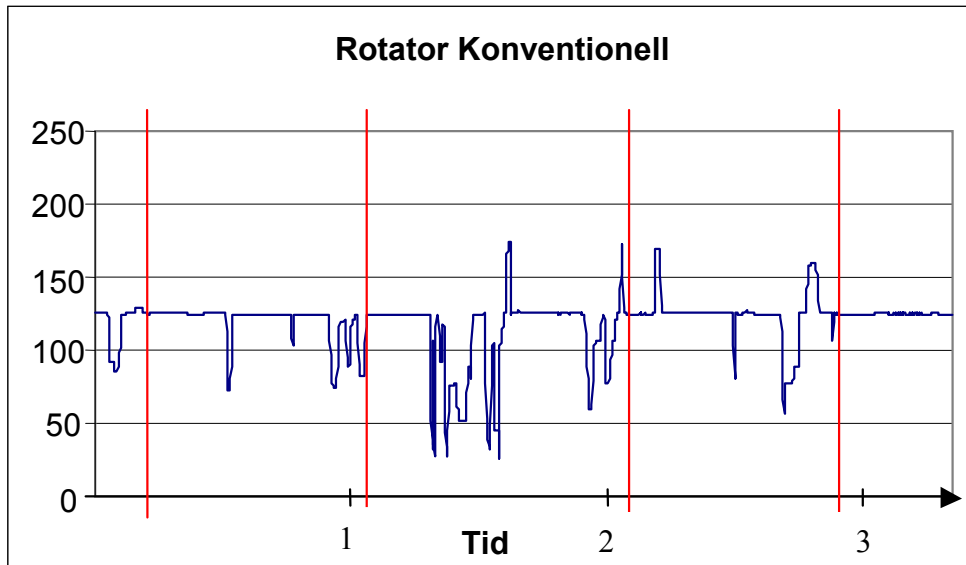
Låg ●—————● Hög

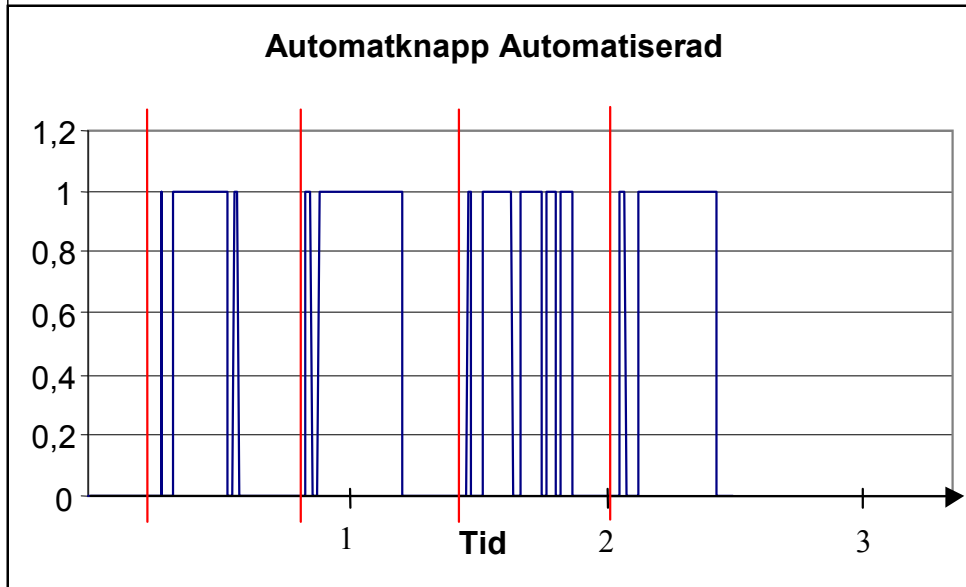
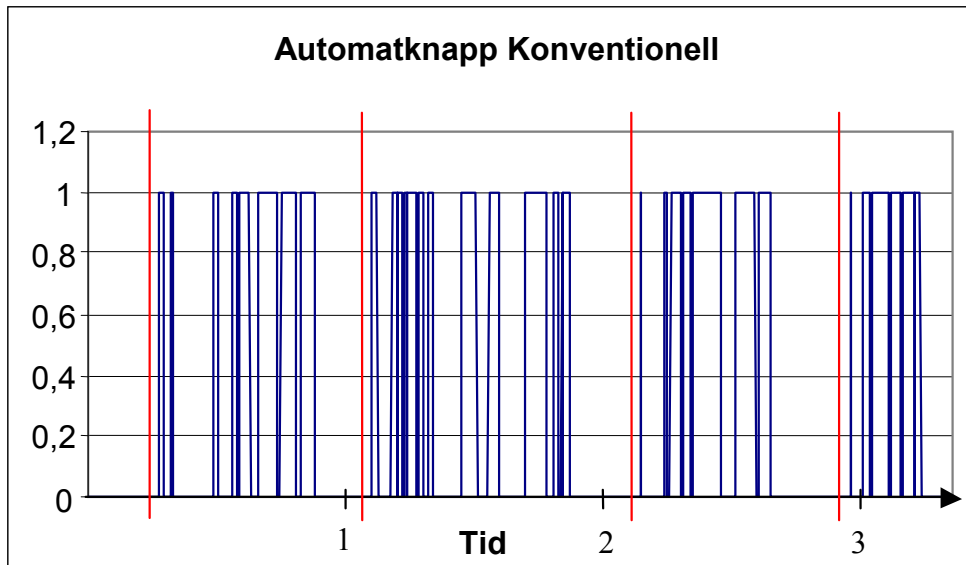
Jämförelse spakutslag samt Automatknapp











Skattade arbetsbelastningar

