

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 594 2005



Kranspetsstyrning

– EN JÄMFÖRANDE UTVÄRDERING AV KRANSTYRNING FÖR SKOGSMASKINER
UTFÖRD I SIMULATOR

Therese Egermark

Ämnesord: Automation, inläring, kranspetsstyrning, simulator.

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

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

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

Forsknings- och försöksresultat från Skogforsk publiceras i följande serier:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Förord

Föreliggande arbetsrapport är resultatet av ett examensarbete inom civilingenjörsprogrammet för maskinteknik med inriktning ergonomidesign. Studien utfördes på uppdrag av Skogforsk och omfattade 20 akademiska poäng. Arbetet genomfördes mellan september 2004 och februari 2005 på Skogforsk i Uppsala i samarbete med Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik (IKP), avdelning Industriell arbetsvetenskap (IAV), vid Linköpings tekniska högskola, LiTH, samt naturbruksgymnasiet Jällaskolan, Uppsala.

Jag vill tacka dem som har ställt upp för mig under projektet. Speciellt vill jag ägna Björn Löfgren, Tek. Lic. och handledare vid Skogforsk, extra uppmärksamhet för expertis, tålamod och generöst delgivande av kunskap. Stora tack är jag även skyldig Margareta Lützhöft, FD och handledare vid LiTH, Kip Smith, FD och gästprofessor vid LiTH samt Kjell Ohlsson, Prof., TD, FD och examinator vid LiTH.

Andreas Lind, civ.ing. och programmerare vid Oryx Simulations AB, är värd beröm för utformning och underhåll av programvara till simulatören.

Stort tack, Karl-Gustav Håstedt på Jällaskolan, Berndt Nordén och Gunnar Jansson på Skogforsk.



Therese Egermark

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning	4
Inledning	4
Bakgrund	5
Syfte	5
Avgränsning	5
Disposition	6
Skogforsk	7
Skogsmaskinsimulator hos Skogforsk	7
Forskning kring kranstyrning	8
Intelligenta fordon off-road, IFOR	9
Oryx Simulations AB	9
Jällaskolan	10
Definitioner	10
Teori	11
Skogsmaskinförarens arbetsbelastning	12
Mental Belastning	12
Fysisk belastning	14
Automation av arbetsuppgifter	16
Automationens för- och nackdelar	16
Kranspetsstyrning som delautomation	18
Principer för kranstyrning	19
Reglagefunktion vid kranstyrning	21
Metod	22
Simulatorn som metodverktyg	22
Projekt hos Naturbruksgymnasiet Älvdalen	22
Tidigare resultat från Skogforsk	23
Val av försöksdeltagare	23
Datainsamling genom test	24
Att utforma simulatorövningar och test	25
Anpassning till både studie och simulator	25
Datainsamling genom frågeformulär	28
Skattning av belastning under test med Nasa -TLX	28
Utvärdering av övning	29
Simulator jämförd med verklighet	29
Observation	30
Metoddiskussion	30
Värdeomätare i testet	32
Mätmetod i testet	32
Poängsystem i testet	33
Beräkning av behövd tid för test och träning	35
Tidsplan för simulatortester	37
Dimension och måttsättning	38
Genomförande	39
Val av försöksdeltagare	39
Datainsamling genom test	40
Genomförande av simulatorövningar och test	40
Poängsystem i testet	41
Frågeformulär	41
Observation	42
Hypotesprövning med Chi 2-test	42

Resultat	42
Hypotesprövning med Chi 2-test	43
Resultat per värdemätare	44
Prestation.....	44
Tid.....	46
Viktade poäng.....	48
Poäng.....	50
Resultat av frågeformulär	53
Bakgrundsfrågor.....	53
Nasa-TLX.....	53
Övningsutvärdering	54
Utvärdering av simulatoren jämförd med verkligheten.....	55
Diskussion	56
Slutsatser	59
Framtida forskning	59
Referenser.....	60

Bilagor

Bilaga 1	Skotaren.....	63
Bilaga 2	Deltagarlista	65
Bilaga 3	Chi 2-test	67
Bilaga 4	Prestation och tid	71
Bilaga 5	Nasz-TLX	73
Bilaga 6	Blankett 1: Testinstruktioner	75
Bilaga 7	Blankett 2: Bakgrundsfrågor	77
Bilaga 8	Blankett 3: Övningsutvärdering kranpetsstyrning	79
Bilaga 9	Blankett 4: Övningsutvärdering av konventionell grupp	81
Bilaga 10	Blankett 5: Testutvärdering Nasa-TLX	83
Bilaga 11	Blankett 6: Simulator vs verklighet	85

Sammanfattning

Föreliggande examensarbete genomfördes i samarbete mellan Skogforsk i Uppsala och Linköpings tekniska högskola, mellan september 2004 och februari 2005. Berörd avdelning var industriell arbetsvetenskap (IAV) vid Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik (IKP).

Syftet var att utvärdera om kranpetsstyrning i skogsmaskiner är ett enklare styrsystem att lära sig från grunden, än den konventionella styrningen samt att kartlägga de skillnader i inlärningsprocessen som kunnat urskiljas. Detta krävde konstruktion av mätmetoder för insamling av relevant information. Utvärderingen gjordes i en skogsmaskinsimulator vid manövrering av skotare samt genom enkätundersökningar.

Studien genomfördes med hjälp av försöksdeltagare från naturbruksgymnasiet Jällaskolan i Uppsala. Övningar och tester utfördes i simulatorn, tillverkad av Oryx Simulations AB i Umeå. Prestationer dokumenterades med hjälp av färdighetstester och enkäter.

Resultaten av studien visar tydligt att kranpetsgruppen presterar bättre i samtliga kategorier som mätts genom tester, med undantag av åtgången tid per test. Avseende tid kan kranpetsgruppen inte med statistisk säkerhet sägas vara bättre, men gruppen visar en kraftigare förbättring än den konventionella gruppen, vars resultat hölls på en relativt konstant nivå. Därmed visar studien att kranpetsstyrning i de gjorda testerna är ett enklare system att lära sig från grunden. I sammandrag visades att kranpetsgruppen presterade mellan 3,6 och 29 procent bättre avseende total prestation (tid inklusive viktade poäng), mellan 15 och 52 procent bättre avseende antal poäng (motsvarande antal gjorda fel), mellan 19 och 60 procent bättre avseende viktade poäng (antal fel multiplicerade med en vikt), samt 10 procent långsammare till 20 procent snabbare avseende tid. Kvalitativa undersökningar visade att kranpetsgruppen i genomsnitt värderade arbetsbelastningen av testkörningarna avsevärt lägre än den konventionella gruppen.

Inledning

En vision för skogsmaskiner är på lång sikt fullständig automatisering, där maskinen helt tagit över operatörens roll i hytten så att människan på sin höjd agerar övervakare. I dagsläget kan inte visionen fullständigt förverkligas, vilket har lett till att forskningen om automatisering hos Skogforsk har strukturerats under begreppet ”delautomation”. Avsikten är att systematiskt automatisera enskilda funktioner hos skogsmaskinen, där styrningen är en viktig funktion att utveckla i riktning mot fullständig automatisering.

Närmast följer en kort bakgrund till problemet, undersökningens syfte och avgränsningar samt rapportens disposition. Därefter följer en beskrivning av företaget Skogforsk och dess forskning kring kranstyrning, samt simulator-tillverkaren Oryx Simulations AB och naturbruksgymnasiet Jällaskolan. Inledningen avslutas med definitioner av begrepp och termer.

Bakgrund

Många studier understryker att en mycket stor del av förarens uppmärksamhet upptas vid styrningen av skogsmaskiner och därför en stor del av arbetstiden. Arbetsrelaterade skador och ständiga krav på högre produktivitet är endast två av många argument till varför arbetet i skogsmaskiner måste förbättras. Relativt finns därmed stora vinster med att införa ett förenklat styrsätt. Förenklingen kan göras på flera olika sätt, varav ett utvärderas i föreliggande rapport. Den typ av styrning som dominerar i dag kommer i fortsättningen att benämnas konventionell styrning, medan den undersökta, nya typen kallas kranpetsstyrning. Vidare benämns de två grupperna av försöksdeltagare den konventionella gruppen respektive kranpetsgruppen.

Syfte

Studiens övergripande syfte är att utvärdera hur inläringen och den upplevda belastningen skiljer sig åt för oerfarna förare i simulatormiljö, mellan de två styrningssätten kranpetsstyrning och konventionell styrning avseende snabbhet och precision.

AVGRÄNSNING

Studiens omfattning begränsas av tidsramar och tillgång på försöksdeltagare. Två grupper om åtta försöksdeltagare sattes samman för att tillåta varje deltagare i kranpetsgruppen att öva i 14 timmar samt för deltagare i den konventionella gruppen att genomföra sju färdighetstester. Studiens största begränsning är antalet försökspersoner och antalet gjorda tester.

Kranpetsgruppen har genomfört samtliga övningar i simulatorn eftersom styrsättet inte finns på marknaden som installerat på en fysisk maskin, utan endast finns att tillgå i virtuell form. Mer om simulatorn och dess förutsättningar kan läsas på sidan 7 och 22, där även eventuella skillnader mellan virtuell och verklig träning diskuteras. Den konventionella gruppen har genomfört samtliga övningar på konventionellt styrda skotare på naturbruksgymnasiet Jällaskolan. Båda grupper genomförde tester i simulatorn hos Skogforsk.

Endast skotare använts i simulatorn, eftersom fordonet i större utsträckning än exempelvis skördare renodlar kranstyrningen utan att distrahera nybörjaren med andra och i sammanhanget irrelevanta funktioner. Skotaren är det terrängfordon som fraktar virket ur skogen och ut till vägen för vidaretransport med lastbil. Lastning och lossning görs med hjälp av kran försedd med grip samt skotarens lastutrymme, kallat lastbärare (Bilaga 1). Skördaren är ett terrängfordon som utför både fällning och upparbetning, det vill säga uppdelning av en trädstam i kvalitetssortiment.

Studiens förutsättningar och begränsningar

Den största begränsningen i studien är oklarheten om hur stor del av resultatet som kan tillskrivas den konventionella gruppens ovana vid simulatoren respektive kranpetsgruppens vana vid den.

Begränsningar i tid beror delvis på examensarbetets omfattning och till största delen av tillgänglig tid för de gymnasieelever som deltagit i studien. Den använda tidsfördelningen i studien styrks, trots begränsningarna, dels genom återknytning till befintliga uppgifter om simulatoren som utbildningsverktyg och dels genom återkoppling med lärare på Jällaskolan.

Formuleringen av studiens syfte var given. Studien premierades av stor frihet i utformning av utvärderingsmetoder och av ekonomisk obundenhet. Vidare förenklades arbetet avsevärt genom befintlig kompetens inom företaget samt ett brett kontaktnät externt.

Resultat av tidigare undersökningar inom närliggande områden underlättade för projektet och underbygger dess trovärdighet. Möjligheten att utnyttja företagets simulator innebär särskilda möjligheter att snabbt och enkelt genomföra speciellt anpassade studier.

Disposition

Detta inledande kapitel följs av en metodbeskrivning där valet av tillvägagångssätt presenteras och kommenteras. Efterföljande avsnitt beskriver den teoretiska grunden för behovet av en förändrad kranstyrning. Metodavsnittet beskriver hur övningsuppgifter och tester har utformats för att skapa relevanta övningar för deltagare samt för mätning av relevanta data. Under avsnittet genomförande, beskrivs hur undersökningarna genomfördes, därefter avslutas rapporten med resultaten från undersökningen, diskussion och tolkning samt slutsatser och förslag till vidare forskning.

För att snabbt ta del av undersökningens kärna, rekommenderas läsaren att i första hand läsa sammanfattning, inledning, resultat och diskussion. I resultatdelen hänvisas till relevanta delar i rapporten. För ytterligare fördjupning, hänvisas läsaren i första hand till rapportens bilagor, där delar av det empiriska materialet återfinns, och därefter till referenser.

SKOGFORSK

Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Stiftelsen arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Arbetet med behovsstyrd och tillämpad forskning stärker även det svenska skogsbruket i ett internationellt sammanhang. Forskning och utveckling bedrivs inom två forskningsområden, skogsproduktion och virkesförsörjning. Dessa involverar förutom direkt skogstekniska frågor även logistik, operativ planering, pris-sättningssystem, verksamhetsutveckling och mycket annat.

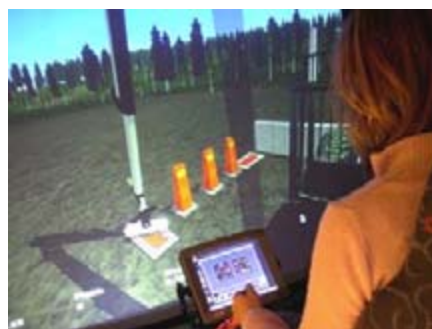
Företaget har cirka 100 anställda, varav omkring 60 personer är forskare. Verksamheten är utspridd i Sverige från Sävar i Västerbotten till Ekebo i Skåne, med huvudkontoret i Uppsala i Uppland.

Skogforsk finansieras av skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagarna, allmänningar med flera, vilka betalar årliga intressentbidrag. Dessutom bidrar skogsbruket till finansieringen genom en avgift på det virke som avverkas i Sverige. Enligt ett särskilt avtal finansieras verksamheten även av staten och av fonder som ger projektbundet stöd. Företaget omsätter cirka 100 miljoner SEK. Av finanserna används cirka 85 procent till forskning och resten till distribution av information (<http://www.skogforsk.se>).

Skogsmaskinsimulator hos Skogforsk

Skogsmaskinsimulatorn har införskaffats till Skogforsk med medel från Stiftelsen Nils och Dorthi Troëdssons forskningsfond (Löfgren, 28 okt. 2004, muntligt). Utvecklingen och inköpet är ett av stegen i Skogforsks arbete med delautomatisering av skogsmaskiner. Med delautomatisering avses att ett urval av moment i arbetet med skogsmaskiner automatiseras (Figur 1).

Syftet med utvecklingen stöds av tre huvudargument. Högre intäkter kan genereras genom bättre tillvaratagande av råvaran, kostnader kan sänkas genom ökad produktivitet och arbetsmiljön kan förbättras genom att repetitiva moment bortrationaliseras.



Figur 1.
Överst: Föraren i simulatorn. Mitten: Förar-
miljö och förarstol från Valmet. Nederst:
Förarstol och kontroller. Egen bild.

Forskning kring kranstyrning

Arbete i skogsmaskiner är i dagsläget starkt mentalt och fysiskt påfrestande för maskinföraren (Attebrant m.fl., 1998). Körning av skogsmaskin ställer mycket höga krav på förarens koordinationsförmåga då styrningen sker med reglage för vardera handen samt för fötter (Attebrant m.fl., 1996; Gellerstedt, m.fl. 1993). Hanteringen av dessa reglage blir med tiden en kraftig belastning för föraren på grund av kravet på snabba, exakta och repetitiva rörelser av händer, armar och huvud (Hägg, 2001). Arbetet medför heller inga naturliga avbrott då föraren kan ta pauser, något som är nödvändigt för att muskler skall få tillfälle att återhämta sig (Ericsson, Odenrick, 1997; Löfgren, m.fl. 2004). Parallellt med körningen skall föraren även ta in och bearbeta information från omgivningen samt använda sin erfarenhet och kunskap för snabba och korrekta beslut (Löfgren, 2004).

Situationen talar för att arbetet måste förenklas för att frigöra förarresurser till andra viktiga arbetsuppgifter och för att förebygga risken för misstag och förhastade beslut (Attebrant m.fl., 1994). Att förenkla den del av arbetet som upptar störst del av förarens uppmärksamhet – kranstyrningen – ger förutom ett säkrare arbete även förkortad inlärningsprocess för nya förare, samt andra fördelar som gagnar hälsa och produktivitet (ibid.; Löfgren, m.fl. 2003).

Skogforsk har under många års tid arbetat med kranstyrningen av skogsmaskiner och interaktionen mellan föraren och den omgivande tekniska miljön. Utvärderingen av kranstyrsstyrning är ett steg i riktningen mot förenklad styrning av kranar, samt ett steg i riktning mot full automatisering av skogsmaskiner. (Löfgren, 2 sept. 2004, muntligt). Principen som styrningen bygger på, är tillämpbar i många branscher och kan efter en viss övergångsperiod användas i många av de maskiner som har hydrauliskt styrda kranar.

Forskningen inom automatisering på Skogforsk inriktas i dagsläget på kranstyrning inklusive studier av olika styrdon, automatisering av aggregat hos skördare samt verksamhetsanalys. Analysen innebär studier av hur samtliga berörda parter i skogsbruket påverkas av en ökad grad av automatisering. Relativt stor del av arbetet utförs i och kring simulatorn, där maskiner och metoder kan utnyttjas utan att existera i verklig form.

Skogforsks arbete med automatisering innebär att företaget samverkar internt mellan intresseområden i företaget och externt med intressenter. Internt sker samarbetet via olika program, som verksamhetsutveckling respektive marknadskrav och råvaruutnyttjande. Externt samarbetar Skogforsk med bland andra Oryx Simulations AB, Linköpings universitet, Kungliga tekniska högskolan, skogsmaskintillverkare och skogsbolagen.

Intelligenta fordon off-road, IFOR

Teknisk-naturvetenskaplig fakultet vid Umeå universitet har i samarbete med Skogforsk, Sveriges lantbruksuniversitet och regionala maskintillverkare startat ett forskningsnätverk och kompetenscenter, IFOR. (Internetref.6) Syftet med nätverket är i korthet att samla och utnyttja kompetensen kring teknologi för arbetsmaskiner vilka används i obanad terräng och vilka utrustats med speciellt anpassade funktioner.

Kranspetsstyrning är ett av projekten som startats inom IFOR. Syftet med projektet är att förbättra maskinoperatörens arbetsmiljö, genom att låta styrsystemet avlasta föraren. Det sker genom att föraren endast behöver ange med reglagen hur kranens spets skall röra sig, därefter sköter reglersystemet koordineringen av länkarnas rörelser. Styrmetoden anses medge enklare konstruktion hos kranen, ge högre produktion genom effektivare tidsutnyttjande, samt ge längre livslängd på kranen. (ibid.)

Oryx Simulations AB

Oryx tillverkar specialanpassade simulatorer till sina kunder, företrädesvis inom tyngre industri. Företaget, som startades 1999, har på senare tid även undersökt möjligheterna att använda simulatorer vid utbildning inom sjukvården.

Kostnader för utbildning och forskning kan minskas avsevärt genom att simulatören ersätter verkliga maskiner och annan dyr utrustning. I utbildnings-syfte innebär simulatören avsevärt ökade möjligheter eftersom den på ett relativt enkelt sätt, kan simulera högrisksituationer utan att varken riskera föraren, maskinen eller eventuellt patienten.

Utbildning i simulatorer har visats vara ett mycket effektivt komplement till praktiska övningar (Lind, 30 sept. 2004; Öberg, nov. 2004). Rätt utformad har utbildning i simulator även visats ge föraren bättre förberedelse än praktiskt utbildade förare (Lind, 30 sept. 2004).



Även forskning underlättas inom många områden genom att använda simulatorteknik, vilket har inneburit att Oryx förutom kunder och ekonomiska intressenter har utbyte med forskningsinstitut. Samarbetet gynnar företagets utveckling av verklighetstrogen och pålitlig programvara, medan forskningen i sin tur gynnas av vidgade möjligheter att studera situationer eller teknik som inte går att omsätta i verklighet av praktiska eller ekonomiska skäl.

Företagets främsta samarbetspartners är skogsmaskintillverkaren Komatsu Forest AB (tidigare Partek Forest AB) i Umeå, forskningsinstitutet Interactive Institute i Stockholm och VRLab vid Umeå universitet. Nya kontakter har även knutits med Volvo, ABB och Kalmar Industries.

Oryx har i dag nio anställda, varav sju är programmerare. Förutom ekonomiskt stöd från Komatsu har andra investerare satsat på Oryx; privata investerare, Uminova holdingbolag och riskkapitalbolaget Emano.

Jällaskolan

Jällaskolan i Uppsala är ett naturbruksgymnasium med naturvårdsprogrammet som sin huvudsakliga utbildning. Inriktningar inom programmet är djurvård, hästhållning, individuellt program, jord- och skogsbruk samt naturvetenskap.

Fjorton av de sexton elever som medverkade i undersökningen var gymnasieelever från naturbruksprogrammet, inriktningarna jord- och skogsbruk samt hästhållning, årskurs ett och två. Övriga två gymnasister läste fordonsprogrammet årskurs ett, på Bolandskolan i Uppsala.



Den konventionella gruppen

De elever som körde skotare i sin utbildning, fungerade som referensgrupp och körde konventionell styrning i simulatorn under testerna. Eleverna kom utslutande från årskurs två och läste virkestransportinriktningen, i vilken skotarkörning ingår. Den skotarkörning som tränades på skolan motsvarade i studien den tid som kranspetsgruppen tränade i simulatorn, enligt beräkningar baserade dels på skolans kursplan och dels på underlag från tidigare undersökningar.

Kranspetsgruppen

Gruppen som lärde sig kranspetsstyrning i simulatorn under övningar och tester, var till största delen från årskurs ett och hade ännu inte valt inriktning inför nästa år. Alla utom två uttalade intresse för teknik, maskiner och i många fall skogsmaskiner och lantbruksmaskiner specifikt. Fyra av deltagarna i kranspetsgruppen avsåg att välja skotarkursen i nästa år.

Definitioner

Specifika begrepp i studien:

Konventionell grupp är den referensgrupp som övat på konventionell styrning på naturbruksskolan.

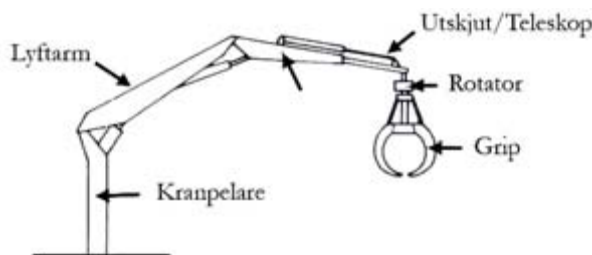
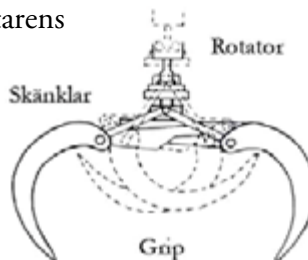
Konventionell styrning är den styrning som används i dag, där respektive hydraulcylinder kontrolleras så att kranstyrning kräver kombinerad av rörelser med båda reglagen.

Kranspetsgrupp är den grupp av försöksdeltagare som övat på kranspetsstyrning i simulatorn.

Kranspetsstyrning är en ny typ av styrning som möjliggör kranstyrning med en hand i ett logiskt mönster.

Ämnesspecifika begrepp:

Aptering	Uppdelning av trädstam i sortiment, d.v.s. dimensioner anpassade efter användningsområde.
Avlägg	Plats där virket samlas efter avverkningen inför vidaretransporten.
Grind	Metallgaller på lastbäraren närmast skotarens hytt för att undvika att lasten kanar.
Grip	Verktyg i kranpetsen manövrerad som gripklo.
Jämndragning	Virket i gripen stöts mot grind eller mark för att jämna till änden på lasset.
Kranpelare	Kranens bas, ofta infäst mellan hytten och lastbäraren.
Kranspets	Kranände och infästning för gripens rotator.
Lastbärare	Skotarens lastutrymme, där virket förvaras.
Lyftarm	Balk mellan kranpelare och vipparm.
Rotator	Länk mellan grip och kranpets som möjliggör styrd rotation.
Skotare	Fordon avsett för terrängtransport, samt lassning och lossning av helt uppburet virke.
Skänklar	Gripens klor.
Stakar	Stänger längs lastbärarens sidor som håller virket på lastbäraren.
Utskjut/teleskop	Länkar i balken på vipparmen med teleskopfunktion.
Vipparm	Balk mellan lyftarm och kranpets.



Teori

Följande avsnitt ger den teoretiska grunden till vad mental och fysisk arbetsbelastning är, samt hur det påverkar skogsmaskinföraren i arbete i dagsläget. Därefter beskrivs åtgärder som vidtagits eller är under utveckling. Automatisering av arbetsuppgifter är exempel på åtgärder som ger stora positiva förändringar i arbetet men som även är förbundna med vissa svagheter. Slutligen beskrivs specifikt kranpetsstyrning som en av de tänkta automatiseringsåtgärderna. För en kort beskrivning av skotaren och skördaren, se (Bilaga 1).

SKOGSMASKINFÖRARES ARBETSBELASTNING

Skogsmaskinförare uppvisar i dagsläget högre frekvenser av belastningsbesvär på grund av sitt arbete än för 50 år sedan – trots ökad mekanisering och byte till mer lättmanövrerade reglage (Eklund & Cederqvist, 1998; Attebrant m.fl., 1998). Tid- och rörelsestudier har visat att varaktigheten i reglagehanteringen per dag skiljer sig mellan olika typer av skogsmaskiner (Attebrant m.fl., 1996) (Figur 2). Arbete i skogsmaskiner innebär långa perioder av konstant manövrering med spakar och knappar, utan möjlighet till avbrott för vila. För skördarföraren upptar dessa perioder av konstant manövrering 90 till 95 procent av den totala arbetstiden. För skotarföraren begränsas perioderna till 30 till 50 procent av tiden, där varje moment endast tar någon minut (ibid.).



Figur 2.
Exempel på minispak. Egen bild.

Mental Belastning

Skogsmaskinförarnas arbete innebär stora mentala belastningar på individen. Under stark tidspress måste stora mängder information bearbetas samtidigt som precisionsarbetet med händerna i sig självt innebär kraftig belastning på personens mentala kapacitet (Löfgren, 2004).

Inläarning och koncentration

Processen att lära sig styra fordon är liknande för olika typer av styrning. Ett begrepp som Hägg (2001) använder för att beskriva inlärningsprocessen, är motorisk inläring. Denna typ av inläring är en process som kan delas in i tre faser. I den första kognitiva fasen försöker nybörjaren förstå uppgiften teoretiskt genom att analysera situationen (ibid.).

I nästa fas, den associativa fasen, söker nybörjaren efter tidigare motoriska erfarenheter som genom kombination med varandra kan lösa den nya uppgiften. Under denna fas i inläringen är koncentrationen och den mentala ansträngningen stor (ibid.).

Den längsta och avslutande fasen är den som fullbordar det nya mentala programmet (ibid.). Det sker genom att rörelsemönstret lärs in hos föraren genom repetition och görs undermedvetet. Detta innebär samtidigt att den mentala ansträngningen successivt blir mindre (ibid.; Alm & Ohlsson, 2003). En negativ följd av att rörelserna görs undermedvetna är att möjligheten till flexibilitet hos den involverade muskulaturen samtidigt minskar, beroende på förändrat rörelsemönster och en ny energisparande muskelaktivering (Hägg, 2001).

En jämförelse som många kan relatera till är inlärningsprocessen för att köra bil (Alm & Ohlsson, 2003). I den första fasen måste nybörjaren lära sig var pedaler och kontroller sitter. I nästa fas påbörjas körningen, som exempelvis kan jämföras erfarenhetsmässigt med att cykla eller köra moped. Koncentrationen är hög och all uppmärksamhet går åt till körningen. Nybörjaren har svårt att

exempelvis hålla en konversation flytande under körningen. I den avslutande fasen är många av rörelserna inlärd och automatiska och det är inte längre ett problem att samtidigt prata eller lyssna på radio. Det är däremot svårt att ändra på invanda mönster.

Utvecklingen liknar inlärningsprocessen för kranstyrning (ibid.). Enligt Håstedt, (9 sept. 2004, muntligt) har de bästa eleverna på Jällaskolan efter avslutad skotarutbildning uppskattningsvis uppnått cirka 30 procent av effektiviteten hos en professionell skotarförare. Den konventionella gruppen i föreliggande studie har vid sista färdighetstestet hos Skogforsk avklarat 60 procent av sin skotarutbildning på Jällaskolan (ibid.). De kan därför i bästa fall tillskrivas knappa 20 procent av full inläring, enligt resonemanget ovan rörande de tre inlärningsfaserna. Med ett sådant resonemang är de första två faserna de mest relevanta för studien. Särskilt gäller det med tanke på att den sista inlärningsfasen är den mest tidskrävande. Studier vid Naturbruksgymnasiet, Älvdalen har även visat att den tredje fasen bör tränas i verklig körning för bästa effektivitet och lönsamhet (sidan 22).

Stress och motivation

Stress kan definieras som det tillstånd som uppkommer då en person känner maktlöshet. Det kan röra mängden information som skall behandlas, tidsbegränsningen för en uppgift eller en kombination av flera prestationer utöver individens förmåga (Alm & Ohlsson, 2003). Den fysiologiska definitionen på stress baseras på mängden av stresshormonet noradrenalin i blodet (Allwood, 1997).

Generellt minskas förmågan att tillgodogöra sig och använda information på ett optimalt sätt vid extrema värden av stress, tidspress, svårighetsgrad och trötthet. Brist på kontroll över en arbetsuppgift kan leda till minskad arbetsmotivation och upplevd meningslöshet, vilket i sin tur kan öka stressen ytterligare (ibid.).

Stress kan på längre sikt leda till fysiska besvär. Mental stress ökar muskelpänningen och bidrar till att läkningsprocessen av uppkomna arbetsskador kan fördröjas (Lundberg, 2003). Exempel på sjukdomar är högt blodtryck, hjärtinfarkt, magsår, migrän och astma (Alm & Ohlsson, 2003) samt yrsel och sömnproblem (Attebrant m.fl., 1998).

Yerkes-Dodsonlagen är en klassisk skildring av sambandet mellan stress och prestation. Stress benämns i sammanhanget aktiveringsnivå. Relationen illustreras med en upp-och-nedvänd u-kurva som visar att både för mycket och för lite aktivering missgynnar prestationen. Ökad aktivering visas ge ökad hastighet i problemlösningen, men även ökat antal fel (Yerkes & Dodson, 1908; Allwood, 1997). Vilken nivå av aktivering som är lämplig skiljer sig mellan olika uppgifter. Hög komplexitet och krav på nytänkande gynnas vanligtvis av lägre grad av aktivering jämfört med uppgifter vars lösning individen har automatiserat (Allwood, 1997). Skördarförarens arbete, som särskilt kräver tankearbete utöver styrningen av kranen, gynnas därmed av lägre aktiveringsgrad medan skotarförarens arbete kan gynnas av högre aktivering. En förenklad styrning, har fördelen att aktiveringsnivån kan väljas genom andra aspekter än bara styrningen, och stressfaktorer kan därmed enklare kontrolleras.

Mental avslappning

Ett europeiskt EU-stött nätverk (PROCID) avslutade 2001 ett projekt om uppkomsten av belastningsbesvär vid datorarbete (Lundberg, 2003). I studien utvecklades teknik, med vilken aktivitet i enskilda motoriska enheter kan studeras, det vill säga i delar av muskler. Med tekniken har Lundberg testat den så kallade "askungehypotesen" (sidan 15) genom att försökspersoner exponerats för fysisk belastning samt psykiska stressorer, som bland annat huvudräkning. Vid EMG -mätning visades att hos 12 av 14 försöksdeltagare aktiverades motoriska enheter i samband med både fysisk och psykisk stress. I enlighet med hypotesen visar studien att samma motoriska enheter kan hållas kontinuerligt aktiverade av såväl fysiska som psykiska belastningar. En konsekvens av studien är att det inte räcker med enbart pauser i det fysiska arbetet, utan även mentala pauser är nödvändiga för total avslappning (ibid.). I arbete med skogsmaskiner krävs därför fler tillfällen för total avslappning, vilket i synnerhet gäller skördarförarens i det närmaste konstanta manövreringsarbete.

Fysisk belastning

Även om den fysiska belastningen, i absoluta mått, är liten vid dagens reglagearbete i skogsmaskiner, leder den långa varaktigheten och bristen på variation till belastningsrelaterade skador på lång sikt (Attebrant, 1998).

Muskelbelastning

Reglagemanövrering av minispakar kräver repetitiva, exakta rörelser i högt tempo samt med hög precision. Det ställer stora krav på koordination av fingrar, händer och armar. Precisions-, koordinations- och koncentrationskraven kan generera muskelaktivitet även i skuldror, en effekt som förstärks ytterligare av helkroppsvibrationer vid arbete i hytten (Attebrant, 1998; Eklund & Cederqvist, 1998).

Arbetet i skogsmaskiner leder i många fall till muskelvärk i skuldror, nacke, rygg, handleder och underarmar. Riskfaktorer för besvär med underarmar och handleder, har förutom höga gripkrafter, visats vara högfrekventa, extrema ställningar hos handleden. Flexion, extension och deviation (Figur 3) samt låsta arbetsställningar eller hinder i form av handskar kan utgöra risker för skada vid långvarigt arbete (Eklund & Cederqvist, 1998). För upprepade belastningar i yrkeslivet måste gränsvärden för statisk belastning väljas betydligt lägre än de 2–5 procent som tidigare ansetts som kritiska för att undvika belastningsskador (Hägg, 2001). Vid sidan av reglagearbetet krävs även att stora mängder av ytterligare information bearbetas vid skogsarbetet, vilket ställer krav på förarens perception och kognition, det vill säga förmågan att ta in och bearbeta information. Dessa processer kan leda till ytterligare anspänning i muskulaturen (Attebrant, 1998), se även sidan 15.



Figur 3.
Rörelse uppåt: flexion. Rörelse nedåt:
extension. Rörelser i sidled: deviation.
Bild: www.nexgenergo.com

Sammantaget kräver dessa faktorer förändring av arbetsmiljön i många fall, exempelvis genom nya reglage som kan manövreras med lägre belastningsnivåer, förändrad kranstyrning som tillåter pauser vid arbetet i skogen samt ökad automatisering som kan avlasta skogsmaskinföraren både mentalt och fysiskt.

Återhämtning

Trötthet kan vara både central och muskulär. Den centrala, eller psykologiska tröttheten kan bero på faktorer som varaktighet, koncentrationskrav, monoton, buller och andra negativa miljö- eller hälsoaspekter. Muskulär, eller fysisk trötthet uppkommer vid uttömda energireserver eller upplagring av mjölksyra i musklerna. Återhämtning är ett fenomen som uppstår då belastningen lättas eller upphör. Tiden för effektiv återhämtning av muskulaturen är beroende av karaktären på pausen. Endast total avslappning ger all involverad muskulatur möjlighet att återhämta sig (Ericson & Odenrick, 1997).

Vanligtvis förklaras trötthetseffekterna i muskulaturen med att blodcirkulationen i muskeln minskar successivt i takt med att muskelanspänningen ökar. Effekten blir märkbar vid cirka 15 procent av maximal muskelstyrka, då blodtrycket är detsamma som trycket från omkringliggande muskelvävnad (ibid.). Cirkulationen är i det närmaste helt strypt vid omkring 40 procent (Hägg, 2001). Blodtrycket ökar kontinuerligt vid statisk anspänning och ökningen sker snabbare ju högre spänningen är.

Blodcirkulationen som förklaring till belastningsskador vid statiskt arbete, kompletteras med teorin om det så kallade "askungesyndromet" (Lundberg, 2003; Ericson & Odenrick, 1997) eller principen "först-in, sist-ut" hos muskelfibrer (Attebrant m.fl., 1994). Teorierna bygger på att muskelfibrer rekryteras vid anspänning i en bestämd och alltid samma ordning (Lundberg, 2003; Attebrant, 1998). Det medför att vid låg, statisk belastning, används oavbrutet samma lågtröskliga muskelfibrer som inte ges tillfälle att återhämta sig förrän muskeln är helt avslappnad. Detta leder även till att muskelfibrerna inte får tillfälle att läka uppkomna skador. Teorin antyder att belastningsskador inte kan förhindras endast genom att sänka belastningsnivån, utan att frekventa och totala pauser i arbetet är nödvändiga (Attebrant, 1998).

Fysisk trötthet kan vara generell eller lokal. Generell fysisk trötthet uppkommer vid långvarig och tung fysisk aktivitet som involverar stora muskelgrupper, exempelvis vid manuellt skogsarbete. Lokal fysisk muskeltrötthet är den kombination av smärta och trötthet som uppkommer vid ansträngning av ett fåtal små muskelgrupper. Ett exempel är den smärta och trötthet som känns i axelmuskeln när armen hålls utsträckt tillräckligt länge. Tillståndet kan avhjälpas genom pauser med inslag av total avslappning. Effekten påverkas även av psykologiska faktorer som motivation (Ericson & Odenrick, 1997). Trötthet och smärta övergår med tiden ofta till kroniska besvär och sjukdomar. Arbeten måste därför utformas så att omväxlande lätt och tung belastning varvas med tillräckligt långa och frekventa pauser med inslag av total avslappning (ibid.), se även förslag på åtgärder mot fysisk muskelbelastning, sidan 16.

AUTOMATION AV ARBETSUPPGIFTER

Automatiska system kan effektivisera och standardisera arbetet i kontroll- och styrningssituationer (Brander m.fl., 2004). Det sker genom att låta styrsystemet sköta komplexa uppgifter och avlasta människan (Bossé & Breton, 2002; Alm & Ohlsson, 2003).

Svenskt skogsbruk har kraftigt rationaliserats genom ökad mekanisering de senaste 50 åren. Samtidigt reducerades under perioden antalet anställda inom skogsbruket enligt Attebrant m.fl. (1996) från 80 000 till 30 000 till år 1988 medan produktiviteten ökade 7,6 gånger, uttryckt i kubikmeter per dagsverke. Björklund, m.fl. (2002) talar om en tiodubbling av produktiviteten i skogsbruket under perioden 1960 till 2000 samtidigt som skogsskötsel, virkesutnyttjande, naturhänsyn och arbetsmiljö förbättrades i hög grad. Antalet sysselsatta under de tre första kvartalen år 2004 jämförs med uppgifter från 1988 i tabell 1 och tabell 2 (SCB, Internetref.2).

Tabell 1.

Källa SCB: Sysselsatta (AKU), 1000-tal efter arbetskraftsstatus, kön, näringsgren och tid. SNI 2002. Sysselsättningen gäller män och kvinnor (medeltal 6,0 %, under 2004) som arbetar 35 timmar eller mer i veckan.

		År och kvartal:	2004 K1	2004 K2	2004 K3	2004 K4
Sysselsatta 35+ tim	Män och kvinnor	Skogsbruk och serviceföretag	13,8	14,8	15,6	14,2

Tabell 2.

Källa SCB: Sysselsatta (AKU), 1000-tal efter arbetskraftsstatus, kön, näringsgren och tid. SNI 2002. Sysselsättningen gäller män och kvinnor (medeltal 7,8 %, under 1988) som arbetar 35 timmar eller mer i veckan.

		År och kvartal:	1988 K1	1988 K2	1988 K3	1988 K4
Sysselsatta 35+ tim	Män och kvinnor	Skogsbruk och serviceföretag	32,6	34,3	35,4	32,5

Automationens för- och nackdelar

Trots den framgångsrika tekniska utvecklingen, saknar autonoma maskiner ännu människans kapacitet för adaption och flexibilitet. Detta faktum kräver ofta en mänsklig övervakare för den automatiska processen i en komplex situation (Bossé & Breton, 2003).

Att möjliggöra kontroll av arbetsprocessen, ställer mycket höga krav på informationsrepresentationen. Systemstatus, återkoppling till utfört arbete och möjlighet till planering är exempel på information som på ett tydligt sätt måste visas för operatören (Alm & Ohlsson, 2003).

Fördelar med automation

Fördelarna med automation är framför allt effektiviseringen och standardiseringen av arbetet. Automatiska system ger ständigt en viss grad av stabilitet vid utförandet av arbetsuppgifter (Bossé & Breton, 2003). Automation kan i dagsläget leda till ett bättre utnyttjande, anpassning och utveckling av redan befint-

lig teknik som informationsteknologiska tjänster och reglerteknik. Det finns behov av anpassning och vidareutveckling av bland annat nya reglersystem, sensorer och mikroelektronik, samt ett mer effektivt utnyttjande av mjukvaror för bland annat styrning och kontroll (Alm & Ohlsson, 2003).

Med automatiserade funktioner blir arbetet för individen mindre mentalt ansträngande och samtidigt undviks en stor del av risken för så kallade "human error" (Bossé & Breton, 2003), det vill säga mänskliga och ofta svårförklarliga fel. De frigjorda resurserna hos operatören medför att uppmärksamheten kan allokteras till andra uppgifter i arbetet utan att leda till högre stress eller utmattning (ibid.). Det automatiska systemets snabbhet och säkerhet vid behandling av data sparar tid och förarresurser, men ett automatiskt system saknar människans förmåga att resonera induktivt och det saknar människans kreativitet. Operatören kan därmed inte ännu helt tas ur bilden utan måste agera övervakare för systemet (ibid.).

Valet av funktioner som skall automatiseras kan medvetet göras så att mentalt och fysiskt belastande uppgifter automatiseras, medan engagerande och intressanta arbetsuppgifter lämnas åt operatören. En fördel är att risken för arbets-skador på grund av exempelvis monotont arbete minskar, medan arbetsuppgiften kan bibehålla ett meningsfullt innehåll för operatören. Operatörens möjligheter att fullt förstå hur systemet fungerar riskerar att minska när automatiseringsgraden ökar, vilket måste beaktas vid valet av vilka uppgifter som skall automatiseras (ibid.).

Nackdelar med automation

En negativ aspekt på automatisering av arbetsuppgifter, kan vara att en lägre aktivitetsgrad hos föraren även medför negativa effekter som minskad förståelse för hur systemet fungerar (Bossé & Breton, 2002) eller minskad uppmärksamhet på grund av upplevd minskad kontroll (Alm & Ohlsson, 2003).

Övertro på systemet har visats vara ett problem i automatiserade system. Risken är att operatören gör felaktiga eller knappa bedömningar av situationen utan att ta hänsyn till att även systemet kan begå misstag. En konsekvens är att operatören inte försöker styra eller ens övervaka systemet i de situationer då det sköts av automatik. I händelse av fel kan därför operatören inte ingripa och ta över arbetet manuellt. Principiellt samma situation uppstår om operatören mister intresset för de uppgifter som kontrolleras av systemet (ibid.).

Misstro mot ett automatiserat system kan i stället medföra att operatören inte litar på systemet, utan stänger av det och tar över kontrollen manuellt. Operatören utnyttjar då inte de funktioner som automatiken erbjuder (ibid.).

Den mentala belastningen kan påverkas negativt genom att endast de enkla uppgifterna automatiseras, medan de komplexa och avancerade lämnas till operatören. Det innebär att den mentala aktiviteten sänks på områden där den redan är låg, vilket ställer stora krav på operatören i händelse av tillbud som kräver att arbetet görs manuellt. Operatören måste då gå från ett tillstånd med mycket låg aktivitetsnivå till en mycket hög nivå. Alm & Ohlsson (2003) jämför situationen med arbetet för piloter vid atlantflygningar och för kärnkraftsoperatörer.

Så kallade inbyggda system¹, kan ge en falsk känsla av säkerhet genom att de är opaka och ändå inte kan manipuleras av användaren. Det kan leda till problem om operatören underlåter att göra säkerhetskontroller och följa uppsatta rutiner eller säkerhetsföreskrifter (ibid.).

Det är viktigt att utbildningen av maskinförarna kontinuerligt förändras för att passa utvecklingen inom automatiseringen. Utbildningsinnehållet måste ändras och metoderna för utläring måste anpassas till den nya tekniken (ibid.).

Kranspetsstyrning som delautomation

Där det inte är möjligt att helt automatisera funktioner kan delautomatisering vara aktuell. Med begreppet avses att sekvenser av uppgifter görs automatiska, men kräver övervakning och ingrepp av en operatör. Kranspetsstyrning är ett exempel på delautomatisering, där en spakrörelse från operatören utöser en serie av maskinrörelser istället för att varje spakrörelse direkt kontrollerar var sin maskinrörelse. Det förändrade sättet att styra ger föraren fler möjligheter till korta avbrott i styrningen av skogsmaskinen (Löfgren & Nordén, 2003a), vilket är en nödvändighet för att minska uppkomsten av belastningsrelaterade skador, enligt tidigare resonemang.

¹ Inbyggda system används till att styra alla avancerade automatiserade system och byggs för en specifik funktion, eller flera. Systemet består av mikroprocessorer, styrelektronik för in- och utenheter samt programvara till processorerna. Avancerade system kräver någon typ av operativsystem för att ordna den applikationsspecifika programvaran. (Fagerfjäll, 2004 Internetref. 5). Systemet är utformat så att det inte kan programmeras av slutanvändaren. Det är inte heller möjligt för användaren att lägga till eller byta ut mjukvara. Användargränssnittet begränsas till möjligheten att göra vissa val (Heath, 1997).

PRINCIPER FÖR KRANSTYRNING

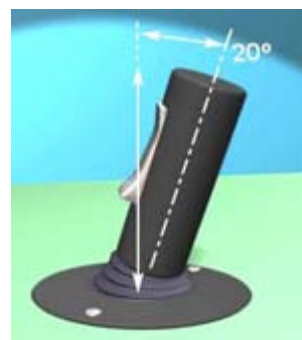
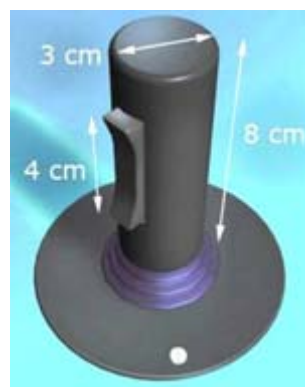
Hydrauliska vikarmskranar i dagens skogsmaskiner styrs med två multifunktionella reglage i form av spakar, en för vardera handen, hos den sittande föraren. Reglagen är placerade i armstödens förlängning och kan röras steglöst i alla horisontella riktningar. Principiellt viktigast är rörelsen framåt, bakåt samt åt vardera sidan. Reglagen har även en steglös vippa placerad på spaken för tummen. Knappen kan vippas uppåt och nedåt. Spakarna och vipporna är konstruerade med så kallat dödmansgrepp, det vill säga att de återgår till neutralläge då föraren släpper kontrollerna.

I simulatören är reglagen 8 cm höga med en diameter på 3 cm. De kan med små rörelser föras drygt 20 grader åt alla horisontella håll från neutralläge. Vippans längd är 4 cm och trycks in 0,5 cm i vardera läget uppåt och nedåt. Spakarna och vipporna styr kranens rotation, rörelse uppåt/nedåt, inåt/bortåt samt gripens rotation och öppning/stängning (Figur 4).

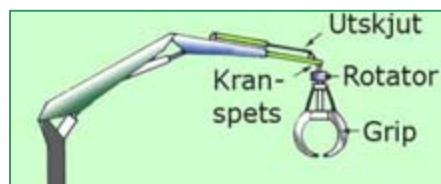
Konventionell styrning

De skogsmaskiner som används i dag, styrs på konventionellt sätt enligt RTG –rekommendation 7208 (Rådgivande tekniker grupp) (Löfgren, 15 feb. 2005). Innebörden är att högerhanden styr huvudcylindern mellan kranpelare och lyftarm samt gripens rotation via spaken (Figur 5). Öppning och stängning av gripen styrs via vippan. Vänsterhanden kontrollerar rotation av kranen och vinkling av vipparmen samt utskjutet med hjälp av vippan (Figur 7).

Krankörning med konventionell styrning kräver att föraren kombinerar spakrörelserna så att kranens spets rör sig på önskat sätt (Figur 6).



Figur 4.
Överst: Ungefärliga mått på de minispakar som används i simulatören och den skotare med minispakar som används av elever på Jällaskolan.
Underst: Utslaget åt sidorna är cirka 20 grader.



Figur 5.
Överst: Relevanta krandelar för förståelse av konventionell styrning. Underst: Kranpetsstyrning.

Kranspetsstyrning

Kranspetsstyrning innebär att kranens spets styrs direkt av en enda spak. Förarens andra hand assisterar med sekundära rörelser som öppning, stängning och rotation av gripen. Denna förändrade typ av styrning innebär att framåt/bakåt med spaken för kranspetsen i en rätlinjig rörelse framåt/bakåt i horisontalplanet. Vänster/höger med spaken innebär vänster/höger med kranspetsen, medan upp/ned med vippan motsvarar upp/ned med kranspetsen i en rätlinjig rörelse i vertikal led (Figur 8).

Kranspetsstyrning skapas genom samverkan av en dator och ett antal givare. Givarna registrerar cylindrarnas positioner samt reglageutslagen från föraren. Datorn behandlar därefter dessa positioner. Detta reglersystem av utsignaler, insignaler och datorn som regulator möjliggör orienteringen av kranens spets i rymden.



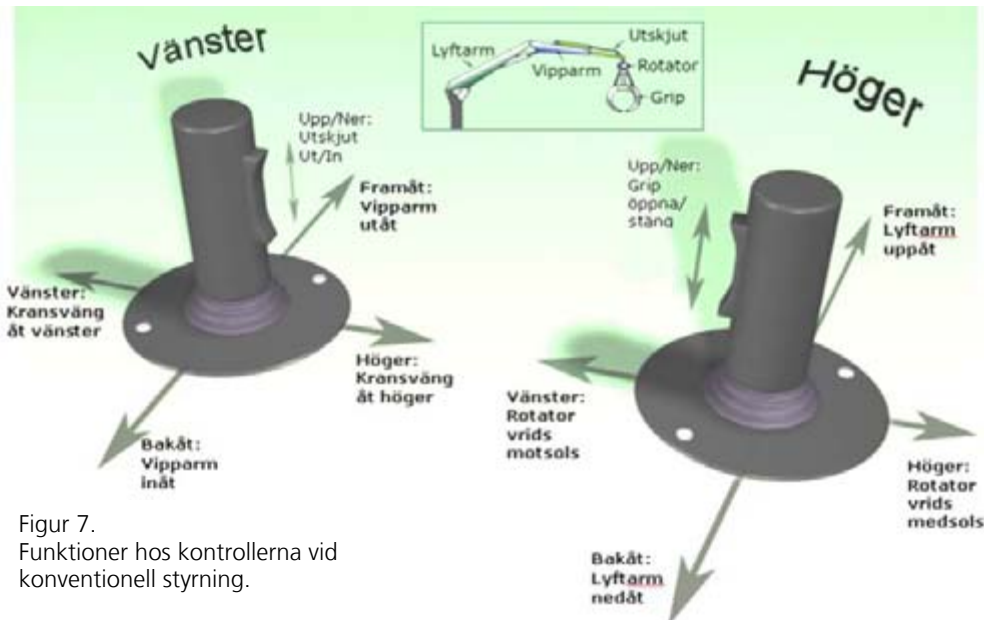
Figur 6.

Kranens möjliga rörelser. Vid kranspetsstyrning samordnas rörelse nr. (2 och 3). Kranspetsföraren behöver endast tänka på horisontell kransväng (1), samt vertikal och horisontell rörelse (från/mot hytten, inte markerade i bild). Konventionell styrning kräver att föraren samordnar rörelse nr (2, 3 och 4) för att uppnå horisontella eller vertikala rörelser. Rörelse utåt från hytten, längs marken innebär att föraren måste kompensera rörelse (2) med rörelse (3) och eventuellt (4). Egen bild.

REGLAGEFUNKTION VID KRANSTYRNING

Konventionell styrning

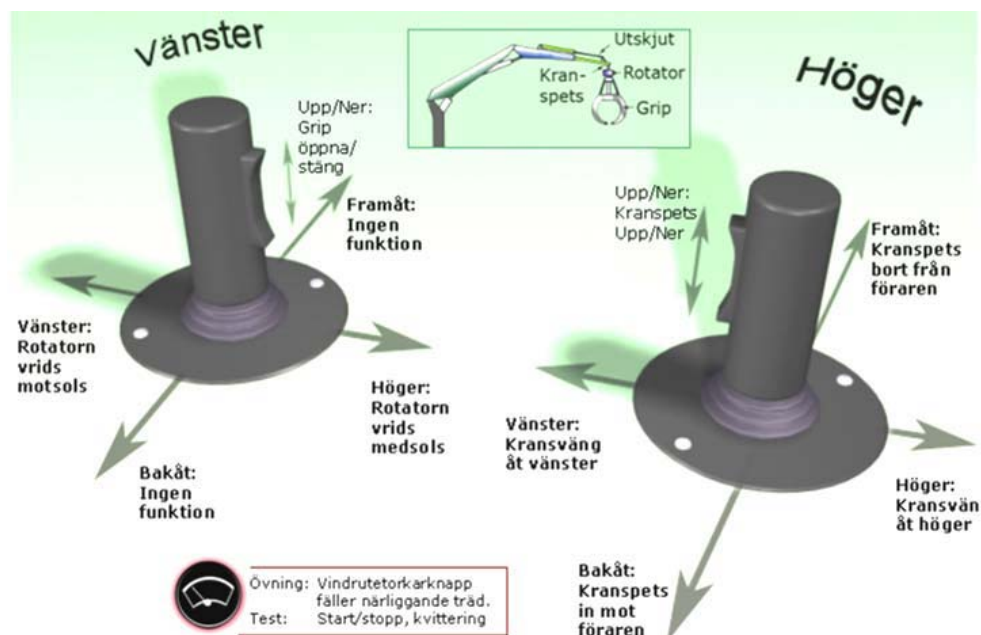
Det konventionella sättet att styra kranen är att kontrollera respektive hydraulcylinder individuellt. De spakrörelser som genererar kranets rörelse är därför resultatet av en kombination av spakarnas samtidiga utslag.



Figur 7.
Funktioner hos kontrollerna vid konventionell styrning.

Kranspetsstyrning

Kranspetsstyrning innebär att kranens spets styrs direkt av en enda spak. Förarens andra hand styr öppning, stängning och rotation av gripen.



Figur 8.
Funktioner hos kontrollerna vid kranspetsstyrning.

Metod

I följande avsnitt behandlas de arbetsmetoder som ansetts relevanta för insamling och användning av data i studien, samt metodernas för- och nackdelar, varför de valts och hur de bör utföras. Detta görs med utgångspunkt i de variabler som skall mätas, de villkor som präglar studien, samt de hjälpmedel som funnits tillgängliga.

Grundläggande krav på mätinstrumenten är validitet, vilket innebär att metoderna måste mäta rätt variabler (Sverke, 2004). I detta fall, är instrumenten tester i simulatorn samt frågeformulär. För mätinstrumenten ställs även krav på reliabilitet, att de svar som ges är tillförlitliga och stabila (ibid.). I detta fall är instrumenten simulator och enkäter.

SIMULATORN SOM METODVERKTYG

Simulatorer har tidigare framgångsrikt använts vid undersökningar av skogsmaskinförarens arbete och utbildningsmöjligheter, exempelvis i tidigare undersökningar hos Skogforsk (Löfgren & Nordén, 2003 a, b), flertalet simulator-tillverkare och deras kunder. Vid delvis utbildning i simulator har bland annat framkommit, att studenterna blivit bättre förberedda för verklig skogsmaskinkörning genom träning i simulator jämfört med tidigare årskurser, vid samma tidpunkt i utbildningen. Mot förmodan kunde även besparingar göras, eftersom behovet av lärare minskade (Anttonen, 2004).

Projekt hos Naturbruksgymnasiet Älvdalen

Naturbruksgymnasiet Älvdalen samarbetade år 2001 med Komatsu Forest AB och Oryx Simulations AB i ett EU-stött projekt, "Pedagogik & Metodikutveckling avseende utbildning med simulator". Syftet med projektet var att göra skoglig utbildning mer attraktivt, samt att fortbilda yrkesverksamma skördarförare och servicetekniker. Projektledare Öberg (nov., 2004) arbetade med att skapa lärarhandledningar och nya övningssituationer i skördarsimulatorn. Arbetet med elever vid skolan gjordes med hjälp av skolans två skördarsimulatorer (Öberg, nov., 2004) och baserades på fyra årskurser med totalt cirka 100 elever. Utbildningens längd var 50 timmar (Eliasson, 2004),

Snabbare inlärn timer i simulator

Öberg nämner följande resultat vid studierna i skördarsimulatorn: Förberedande träning i skördarsimulatorn med 15 timmar reducerade kraftigt behovet av instruktörshjälp när elever påbörjade fältutbildningen i skördaren. Jämfört med tidigare, då instruktören behövdes i hytten tillsammans med eleven under 3 till 4 dagar, kunde tiden reduceras med mellan 94 och 99 procent, eller till mellan 0,5 och 1,5 timmar. Undervisningen kunde sedan, liksom hos tidigare årskurser, fortgå en tid över komradio tills eleven klarade arbetet på egen hand (Öberg, nov. 2004). Sparad maskintid uppgick därmed till mellan 22,5 till 35,5 timmar per elev baserat på ovanstående data. Total behövd utbildningstid (tills eleven klarar arbetet med endast komradio) minskades därmed, enligt Öberg, från tidigare 24 till 36 timmars instruktion i maskinen till mellan 15,5 och 16,5 timmar. Vidare nämner Öberg tendenser som uppmärksammats

i studien. Vid träning i simulatorn under längre period än 20 timmar kan eleverna bli "övermodiga" eftersom de saknar känsla för tyngdkraft och hur fordonet skall framföras i terrängen (ibid.).

Skolan har genom inköpet av simulatorerna förändrat framför allt tre områden för sina elever. Det har bidragit till en lugnare och tryggare inlärningsmiljö för nybörjarna, samt att fler än en elev kan delta i vissa moment (ibid.). Varje elev får dessutom mer tid i maskinen. (Älvdalens Utbildningscentrum, Internet-ref.3). Arbetslivsinstitutet (ALI) i Umeå har en simulator med rörelseplattform. Efter att ha testat funktionen, bedömer Öberg dock funktionen som överflödigt för skolan i nuläget (Öberg, nov., 2004).

I en utvärdering av projektet omnämns fler fördelar med simulatorträningen. Den tryggare miljön ger effektivare manöverträning i simulator. Enskilda delmoment kan tränas repetitivt på ett identiskt sätt och elever lär av varandra. Träningen blir väderoberoende och riskmoment samt felhantering kan illustreras utan att skada varken skog eller maskin (Eliasson, 2004). Samma utvärdering uttrycker även att "det vore värdefullt med en mer kvantifierbar utvärdering av effekten av simulatorbaserad förarutbildning i jämförelse med konventionell utbildning direkt i maskinen" (ibid. s.15).

Tidigare resultat från Skogforsk

Undersökningar hos Skogforsk visar att skillnaden i prestation hos en professionell skördarförare vid exakt samma arbete i verkligheten och i simulatorn är ytterst liten. Verklig skog uppmättes i undersökningen noggrant och avverkingen studerades med avseende på tid. Därefter infördes samtliga träd och terräng i simulatorn och avverkades igen av samma förare. Resultatet av undersökningen visar att skogen i simulatormiljö endast tog fem procent längre tid att avverka (Löfgren, 29 nov. 2004, muntligt).

VAL AV FÖRSÖKSDELTAGARE

Små urvalsgrupper är i en kvantitativ metod övervägande negativt på grund av behovet av statistiskt säkra resultat. I en kvalitativ metod är däremot en av friheterna att inte vara bunden till slumpmässiga och stora urval. Respondenter måste då väljas rätt för att skapa mening med forskningen, så att studien kan tillföra meningsfulla och nya resultat. Det minskade kravet på bevis genom statistisk säkerhet ger frihet för tolkningen, men kravet blir desto större på struktur och öppenhet i återgivningen av material och tillvägagångssätt (Gustavsson, 2004).

Vid stora urval kan ett normalfördelat värde beräknas från resultaten i gruppen, som med skattningsbar säkerhet stämmer överens med verkligheten. Vid små urvalsgrupper är det istället viktigt hur försöksdeltagare väljs (Sverke, 2004). I föreliggande fall är ett stort urval inte möjligt, men valet av individer kan göras med omsorg så att försöksdeltagarna stämmer väl överens med skogsmaskinförare i dagsläget.

Enligt Gustavsson (2004), kan problemet med små urvalsgrupper kompenseras. Det görs med specialiserade grupper, där respondenter valts specifikt för ända-

målet, samt med öppenhet och struktur i återgivningen. Kanis (2001), nämner att det som visas i små urvalsgrupper har låg sannolikhet att vara ovanligt, men att det som inte visas däremot kan vara vanligt. Med specifikt utvalda grupper, i detta fall skogsbruksstuderande, kan därför ovanliga aspekter hos gruppen vara mer vanliga hos yrkesverksamma skogsmaskinförare och därför bli förbigångna i undersökningen.

Gruppindelning

Gruppindelningen bör göras så att försöksdeltagare som praktiserar skotarkörning på skoltid kör konventionell styrning i simulatoren. Den oerfarna gruppen har utgjort kranspetsstyrningsgruppen. Bakgrunden till indelningen var att de äldre eleverna samtidigt med starten av testerna hos Skogforsk, påbörjade sin utbildning i skotarkörning på Jällaskolan, vilken innebar konventionell styrning. Samtidig start i respektive utbildning innebar att tester i båda grupper kunde utföras parallellt.

För att beräkna erforderlig övningstid för kranspetsgruppen i simulatoren användes den konventionella gruppens kursplan för skotarutbildning på Jällaskolan. Uppskattningar av relevans och tidfördelning hos praktiska övningar baseras på tidigare resultat från simulatortester (Öberg, nov. 2004). samt understöddes av Håstedt (9 sept. 2004, muntligt). Beräkningar och resonemang återfinns på sidan 35. Kritik och diskussionsämnen tas upp i kommande metodkritik.

Ålders- och könsfördelning

Åldersskillnaden mellan de två grupperna beräknas inte inverka nämnvärt på testresultaten, då åldersskillnaderna är små. Även könsfördelningen beräknas ha liten betydelse, men bör enligt Jansson (8 sept. 2004, muntligt) åtminstone vara jämn mellan de två grupperna.

DATAINSAMLING GENOM TEST

Ett kvantitativt färdighetstest utgör den direkta datainsamlingsmetod som används i studien. Testet bör utformas särskilt med avsikt att på ett relevant och tydligt sätt generera absoluta och viktade data. Absoluta data avser direkt avlästa värden vid undersökningen, medan viktade data avser uppgifter från undersökningarna som i förväg getts vikter, beroende på uppgiftens relevans.

Möjligheten till jämförelser på olika nivåer är grundläggande för meningsfulla resultat. En förutsättning för jämförbarhet är att test och övning görs på så lika sätt som möjligt hos båda grupper. Övningar kan inte göras identiska eftersom den konventionella gruppen övar praktiskt och kranspetsgruppen i simulatoren. Testet kan däremot utföras på exakt samma sätt för båda grupper, samt utformas så att det mäter rättvisa variabler för båda. Övningarna bör anpassas i simulatoren så att de liknar de praktiska övningarna.

Jämförelser kan lämpligen göras genom färdighetstester inom tre huvudområden:

- Korrekthet: säkerheten i körningen bedöms genom antal gjorda fel respektive analys av vilken typ av fel som gjorts.
- Snabbhet: tiden som krävs för att genomföra testet.
- Sammantaget ger dessa flera mått på effektiviteten, snabbhet i förhållande till gjorda fel samt typ av gjorda fel.

Att utforma simulatorövningar och test

Tester och övningar i skogsmaskinsimulatorn utgör huvuddelen av det empiriska materialet, det så kallade kvantitativa färdighetstestet. Simulatortester bör utformas så att den grupp av försöksdeltagare som övat praktiskt i verkliga skotare, åtminstone inte premieras. Omvänt bör observeras att de som tränat i simulatorn inte systematiskt skall få fördelar av sin vana vid simulatorn. En annan aspekt som bör beaktas, är hur kranens grundinställningar är satta. Inställningar bör vara sådana att verkliga förhållanden efterliknas.

För god jämförbarhet bör samma test användas genom hela studien. Det ställer stora krav på att testet utformas riktigt från början och genererar relevant och tillräcklig information, eftersom det inte finns möjlighet att korrigera testet efter hand. Testet bör därför provköras noggrant före undersökningens start. Programmet i testet bör kunna lagra olika typer av data då jämförbarhet eftersträvas även på flera nivåer:

- Mellan varje individ.
- Mellan grupperna uppdelade på konventionell- och kranspetsstyrning.
- Över tiden (så att varje persons resultat kan jämföras från gång till gång).

Grundläggande för utformningen bör vara att testet och bedömningssystemet inte gynnar något av styrsätten, utan mäter data på ett rättvisande sätt för båda grupper. En taktik som utarbetades i samråd med Håstedt, Nordén & Löfgren, var därför att endast kranstyrningen utvärderas i testet. Detta görs lämpligen genom att undvika virkeshantering i testet och i stället utvärdera tid och precision vid manövrering av kranen.

Anpassning till både studie och simulator

Vid användning av simulatorn som metodverktyg, är det viktigt att problemet med den tvådimensionella avståndsbedömningen minimeras. Övningar och tester måste därför utformas så att föraren får mesta möjliga hjälp av placering av föremål, utformning av uppgifter och av hjälpmedel i programmet. Det blir viktigt att underlätta sådant som i verkligheten upplevs som ett mindre problem än i simulatormiljö, samtidigt som åtgärderna inte får inverka negativt på resultatet av undersökningen. Det är inte fråga om att kompromissa, utan att utnyttja simulatorns kapacitet samtidigt som uppgifter görs meningsfulla och verkliga.

Utformning av övningar

Övningar i simulatorn skall i första hand efterlikna verklig skotning i skogsmiljö och de övningar som eleverna på naturbruksskolan tränar. Övningarna får inte likna testet, eftersom det skulle innebära stora fördelar för dem som övar i simulatorn. Testet skall kännas nytt för båda grupper vid första tillfället.

Skotning innebär att lasta virke av olika dimension på lastbäraren med hjälp av kranens grip, vilket enkelt efterliknas i flera olika scenarier i simulerade skogar. För att skapa virke i simulatorn, används en knapp som automatiskt apterar det närmast belägna trädet, så att det sedan kan lastas och köras iväg. Den första terminen på skolan innebär skotning att eleverna övar på att transportera och hantera virke. Övningarna fokuserar på mjukhet och exakthet i krankörningen så att eleverna lär känna kranens funktioner och egenskaper (Håstedt, 9 sept. 2004). En alternativ precisionsövning kan användas i simulatorn, där fem korta stubbar staplas på varandra på tid. Övningen är en bra förberedelse för testet, eftersom den ställer krav på precision och snabbhet, samt att den kan liknas vid precisionsövningar på skolan där stockar skall placeras i bockar, utan att vidröra eller välta dem med gripen.

Utformning av testuppgifter

För att mäta försöksdeltagarnas förmåga att manövrera kranen, utformas lämpligen testet så att både tid och precision blir viktigt för ett gott resultat.

Hög svårighetsgrad minskar risken för felfria körningar, vilka skulle ge svårtolkade resultat. Det är även ett bra sätt att mäta en av de variabler som kan anses vara begränsande för individen i skogsmaskinen – kravet på kontinuerlig koncentration. Samtidigt får naturligtvis inte testet göras så svårt att alla presterar ”lika dåligt”. Kort sagt bör testet utformas så att tak- och golveffekter undviks sådana effekter kan i förkommande fall mildras genom många upprepningar eller många försöksdeltagare (Cook & Campbell, 1979).

Utprovning av testets värderingssystem bör göras så att deltagaren i första hand kör kranen försiktigt, för att undvika fel, och i andra hand så fort som möjligt, för att förbättra sin tid. Poängsystem skall då ta hänsyn till både tidsåtgång och erhållna poäng för gjorda fel. Utprovningar ger vidare svar på vad testet mäter, hur det värderar prestationen, samt vilken typ av uppgift som ger störst bidrag till erhållen värdering. Därmed kan även slutsatser dras om hur väl testet uppfyller sitt syfte; om det mäter rätt variabler, om testet värderar gjorda fel på rätt sätt och om testet kan anses vara rättvist för båda grupper, vilket är viktigt då testet inte får gynna eller missgynna någon av grupperna. Provningsmedför även att programfel, missbedömningar och möjlighet till genvägar i testet kan åtgärdas.

Praktiskt erfarna försöksdeltagare

Enligt Håstedt (9 sept. 2004, muntligt), kan verklig körning ge föraren särskilda kunskaper om hur virke beter sig och känns vid arbetet. Tester bör därför inte ge förarna med praktisk erfarenhet fördelar, framför de som tränat i simulatorn. Den praktiska erfarenhet som eleverna i den konventionella gruppen erhållit genom träning i skolans verkliga skotare, kan trots simulatorns verklighetstroga återskapande, ge den praktiske föraren fördelar framför de som endast tränat i simulatorn.

Exempel på erfarenheter är virkeskännedom och specialkunskaper genom verklighetens variationer i form av exempelvis virkets fuktkvot, krokighet och barkens vidhäftningsförmåga. Sådana kunskaper kan hjälpa föraren att behärska varierande fysiska egenskaper hos virket och därmed varierande beteende vid lassning och lossning. Föraren får därför vid verklig övning möjlighet att lära sig diverse speciallösningar, som hur gripen kan användas för att ordna timret, samt hur det faller på lastbäraren (Håstedt, 9 sept. 2004, muntligt).

Simulatorerfarna försöksdeltagare

Tester får inte utformas så att de simulatorerfarna har särskilda kunskaper genom sin vana vid exempelvis grafiken och den tvådimensionella omgivningen. Testet utspelas på duken i en virtuell miljö föreställande en testbana på grusplan med koner, måltavlor, träpallar och betongmur.

Föremålen har medvetet valts och dimensionerats för att motsvara ett möjligt utseende i verkligheten (Figur 9).

Förarmiljön är verklig i alla aspekter utom den projicerade bilden framför föraren; Stol, pedaler, reglage och displayer, är verkliga delar uppbyggda som Valmets skotarhytt i modellerna 860 och 890.



Figur 9.
Simulatormiljö och detaljer i testet.
Egen bild.

DATAINSAMLING GENOM FRÅGEFORMULÄR

En indirekt metod som användes för datainsamling var frågeformulär. Syftet var att komplettera det kvantitativa materialet från testerna med kvalitativa data. Formulären besvarades efter genomförda tester och övningar. Samtliga blanketter återfinns i bilaga enligt bilageförteckningen (Bilaga 8 till Bilaga 11). Datainsamling genom frågeformulär avser att samla subjektiv information från försöksdeltagare. Hjälperktyget Nasa -TLX avser att samla värderingar av belastning beroende på upplevda krav.

Enligt Gustavsson (2004) kan kvalitativa metoder i jämförelse med kvantitativa metoder ge större djup och detaljrikedom åt studier inom specifikt utvalda ämnesområden. Fördelen är att de kan urskilja nya kvalitativa poänger hos tolkningen i stället för att genom stora urval endast bekräfta de tolkningar som redan gjorts. Samtidigt ställs mindre krav på stora slumpvisa urval och för representativa respondenter genom att urvalet istället är litet men precist (sidan 23). Nackdelen är däremot att de endast gäller i det specifika fallet då de inte kan upprepas. Resultaten av kvalitativa undersökningar kan därför endast med förbehåll användas i andra sammanhang (ibid.).

Ett problem för kvalitativ forskning är enligt Gustavsson (2004), att den blir situationsbetingad. Det medför att forskaren endast kan föreslå att resultaten gäller även i andra kontexter, i detta fall att resultaten även är applicerbara i andra branscher än skogsnäringen, samt att resultat som framkommit av simulatorundersökningar även gäller i verkligheten. Dels därför att forskaren är unik med sin bakgrund och erfarenhet, dels därför att en exakt likadan situation inte kan återskapas. Däremot tillåter kvalitativ forskning att resultaten underbyggs av väl genomförda resonemang med goda argument (ibid.).

Skattning av belastning under test med Nasa -TLX

I studien har arbetsbelastning värderats med ett hjälpverktyg utvecklat vid Nasa -TLX Ames Research Center i USA; Nasa Task Load Index (TLX). Metoden har modifierats i studien för att bättre passa ändamålet. Dess ursprungliga form presenteras endast kortfattat, därefter punktas den föreliggande studiens avvikelse från rekommendationerna. Information om metoden är hämtad från Hart & Staveland (1988) och The Federal Aviation Administration (Internetref.1).

Nasa-TLX är en flerdimensionell skattningsprocedur som ger ett mått på den totala upplevda arbetsbelastningen genom skattning och viktning av sex klasser av data. Klasserna är: mentala krav, fysiska krav, tidsmässiga krav, egen prestation, ansträngning och frustration.

Det mest väsentliga steget i proceduren är att låta testdeltagare skatta klassen genom att markera sin upplevelse på en 20-gradig skala i form av en linje mellan punkterna låg och hög. Ett ytterligare steg är att låta försöksdeltagare vikta de sex klasserna parvis mot varandra. Deltagaren väljer och markerar den klass i paret som bidragit mest till belastningen under uppgiften. Slutligen summeras materialet genom att sammanföra viktning och medelvärden av gjorda skattningar. Resultatet är ett tal för varje respondent som i relation till andra

deltagare ger uppgifter om relativ upplevd belastning. Även delresultaten för respektive klass kan jämföras.

I föreliggande studie har materialet modifierats:

- Viktningen har rationaliserats bort på grund av den extra tid om cirka fem minuter per test som viktningen skulle innebära för varje deltagare.
- Datamaterialet kommer att omfatta 56 ifyllda blanketter per grupp, vilket i sammanhanget kan räknas som ett relativt stort underlag. Skattningarna bör kunna anses svara väl mot respektive grupps upplevda belastning av respektive klass och ge ett bra underlag för jämförelse mellan grupperna även utan viktning.
- Skattningen som gjordes av respondenter förenklades genom att en så kallad VAS-skala användes (visuell analog skala), (Ericsson & Odenrick, 1997). Svaren markerats på en 10 centimeter lång, ogradad linje mellan punkterna låg och hög. Uppgifterna har behandlats som procentuella tal.
- Klasserna har modifierats genom att klassen prestation har särbehandlats och genom att klassen stress har lagts till. Klassen prestation skiljer sig markant i sin formulering eftersom den rör respondentens upplevelse av sin egen prestation. Övriga klasser rör istället upplevelsen av de krav som ställs på personen. De utvärderar med andra ord olika områden och är därmed inte jämförbara. Tillägget av stress grundas på de uppgifter i litteraturreferenser som pekar på stressfaktorn som ett allvarligt problem i skogsmaskinsarbete.
- Respondenter har fyllt i nya blanketter efter varje testtillfälle (Bilaga 10). Förfarandet ger möjlighet att vid avslutade studier skapa ett medeltal av varje individs upplevelser.

Utvärdering av övning

Efter varje övningstimme i simulatorn fyllde kranspetsgruppen i en utvärderingsblankett där de ombads värdera sin egen förbättring samt sin egen skicklighet (Bilaga 8). Motsvarande utvärdering för den konventionella gruppen var en blankett per besök, vilket i teorin innebar var fjärde övningstimme på skolan (Bilaga 9). I realiteten blev intervallen annorlunda på grund av schemaläggningen. Eleverna körde skotare två dagar varannan vecka.

Formuläret är uppbyggt av frågor om upplevd förändring med fem svarsalternativ som inkluderar ett neutralt alternativ. Övningsutvärderingarna graderades grövre än Nasa-TLX-blanketterna (Bilaga 10) eftersom syftet endast var att urskilja tendenser.

Simulator jämförd med verklighet

Studiens trovärdighet baseras till stor del på resultat från tidigare undersökningar som stärker tillämpbarheten av simulatorer som utbildningsverktyg (sidan 22). Som komplement gjordes även en mindre enkätundersökning hos den konventionella gruppen, som tränade i verkligheten och genomförde tester i simulatorn (Bilaga 11). Formuläret liknar Nasa-TLX-blanketten, men linjen

graderades i fem steg med förklaringar. Liksom för utvärderingen av övningarna, var syftet endast att urskilja tendenser.

OBSERVATION

Löpande under test och övningar, har försöksdeltagarna iakttagits, samt haft tillfälle att uttrycka sig eller ställa frågor om testet. I särskilda fall har anteckningar gjorts om enstaka händelser eller tendenser.

METODDISKUSSION

I följande avsnitt diskuteras och väljs de metoder och dimensioner som senare skall användas i övningar och tester.

Alternativ till grip

Gripen kan ersättas med ett rätblock fastmonterat i den fullt rörliga rotatorn, eftersom hantering av rörligt material, som virke, bör undvikas i testet. Ett tidigare test hos Skogforsk innebar att föremål skulle balanseras på bockar för att mäta precisionen hos föraren (Löfgren & Nordén, 2003 a, b). En sådant precisionsmätning innebär att ett fel riskerar att bli allvarligt avseende tid och ge stort extra tidspåslag, eftersom felet även måste rättas till innan föraren kan fortsätta. Felet kan därmed bli beroende av ett flertal svåranalyserade faktorer vilka varken kan förutsägas eller upptäckas i efterhand. Testresultat blir på så vis svårtolkat och ges ett stort innehåll av irrelevant information; ”tur” om man så vill.

Andra alternativ till ett rätblock är exempelvis den befintliga gripen, eller föremål fasthållna i gripen, men som förklaras i avsnittet om kranfunktioner (sidan 31), kan inte gripens reglage användas i testet. Vid en tidigare test av Skogforsk (Löfgren & Nordén, 2003 a, b) användes en udd fastsatt i gripen på en verklig kran. Udden fungerade som ett pekdon, med vilket föraren efter bästa förmåga vandrade från en måltavla till nästa och placerade udden så nära centrum av varje måltavla som möjligt. Bedömningen gjordes av försöksledare som gjorde tidsstudier. I simulatorn finns inte samma möjlighet till tidsstudier, utan bedömning och registrering av precisionen överläts åt programmet, vilket bör vara studien till fördel med avseende på noggrannhet och opartiskhet.

Fördelar med ett rätblock framför en udd är även att det vid tillräcklig storlek är väl synligt i simulatorgrafik till skillnad från en udd, även på flera simulerade meters avstånd. Rätblockets valda dimensioner och andra data listas på sidan 38, och har utarbetats genom testning i simulatorn. Ett rätblock har även, till skillnad från udden, en volym som måste kunna hanteras vid manövrering i testet. Volymen ger även upphov till en tydlig skugga i simulatorn som kraftigt förenklar avståndsbedömningen. Även vid verklig skotning är det av särskild vikt att kunna manövrera volymer i begränsade utrymmen. Vidare finns fördelar med en geometri med volym vid bedömningen av precision. Programmet kan vid placeringen i måltavlan dels bedöma centreringen av rätblocket, men även dess radiella och axiella vinkelavvikelser (Figur 9).

Precisionsmätningalternativ

Ett tänkbart system för precisionsmätning kan vara en typ av pussel, där föremålet i kranspetsen placeras in i fördjupningar på olika nivå i höjddled och i djupled samt med olika rotationer. Nackdelen med ett sådant system är att föraren kan misslyckas med ett av momenten och få oförtjänt mycket fel; eller ”ha otur” och helt misslyckas med att slutföra testet.

Det bör finnas möjlighet att justera placeringen, innan föraren själv väljer när prestationen skall bedömas. Vid användning av måltavlor förkastades därför idén om att den första kontakten med plattan skulle vara avgörande för bedömningen. Det finns risker för felbedömning med ett sådant system eftersom den första kontakten mellan en måltavla och ett rätblock kan ske med exempelvis en kant, vilket värderas som stora fel i axiell och radiell rotation, samt i centrerings. Bedömningen kan då förses med fördröjning, så att hela rätblocket hinner landa innan bedömningen görs, men en fördröjning ökar även risken för att resultatet inte registreras alls. Ett bättre alternativ för den typen av bedömning vore därmed en udd, men ändå tillkommer de nämnda problemen med udden samt att nämnda svårigheter med avståndsbedömningen blir avgörande för hur resultatet bedöms. Det kan vara svårt att avgöra på vilken höjd föremålet befinner sig i simulatoren, vilket i sin tur gör första nedslaget svårt att precisera. Problemet avhjälpas med möjlighet till justering.

Momentet att placera rätblocket i en måltavla tillåter justering från föraren genom att avslutat moment kvitteras med en särskild knapp. När uppgiften sedan bedöms, avgörs korrektheten i centrerings genom ett diskret intervall, samt korrektheten i rotation genom ett diskret intervall i gradtal. Fördelen med diskreta intervall framför kontinuerliga, är att föraren enkelt kan avgöra om, eller hur mycket, rätblocket är förskjutet eller vridet vid nedsättningen.

Funktioner

Samtliga funktioner vid styrning av kranen bör användas i testet. På grund av skillnader i användning av reglagen hos de två styrsätten, kan inte gripfunktionen användas i testet. Kvittering av det avslutade precisionsmomentet kan däremot göras med en knapp nära höger spak, och därmed används åtminstone lika många moment som vid normal körning.

Inställningar

Föraren kan i dagsläget ändra spakutslagens motsvarande hastigheter, dämpningar och ramper vid start och inbromsning av varje rörelse. Även i simulatoren finns denna möjlighet. Inställningar har gjorts så att verkliga förhållanden efterliknas. Inställningarna för spakfunktionerna för respektive typ av styrning har även kontrollerats och jämförts med hjälp av tidtagning.

Med avseende på de inställningar för hastigheter och dämpningar som används i verkliga kranar, måste simulatoren anpassas så att den liknar verkligheten i mesta möjliga mån. Att praktiskt köra olika typer av maskiner medför att föraren automatiskt vänjer sig vid att skillnader kan förekomma och hur de kan ta sig uttryck, samt hur problemen kan minimeras. På Jällaskolans maskiner är hastigheterna förinställda på medelnivå, helt utan dämpning. Dessa värden är

enligt Håstedt (6 sept. 2004, muntligt) lämpliga för nybörjaren, som därmed lär sig att köra kontinuerligt och lugnt utan att vara beroende av automatiken.

Samtliga försöksdeltagare bör använda motsvarande inställningar hos kranen i simulatören. Samma princip kan användas i simulatören som på Jällaskolan; att hastigheterna ställs på ett normalvärde. Vid utprovningar inför testerna har det visats att viss dämpning är nödvändig för att erhålla en realistisk känsla av att köra kranen.

Värde­mätare i testet

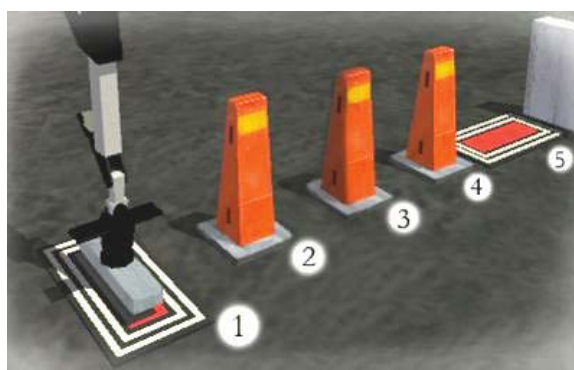
De mätetal som valts för datainsamling och datapresentation presenteras i följande avsnitt.

Prestation

Prestation är den tid som direkt erhålls genom testkörningar, i form av den totala tiden, medan övriga tre värde­mätare måste beräknas ur materialet. Prestation avser tid inklusive den tid som genereras av gjorda fel.

Tid

Tid beräknas genom prestation minskad med tiden som skapats av gjorda fel.



Figur 10.
Första måltavlan med rättblocket i kranspetsen rakt ovanför. Tre koner med de gula höjdmärkningarna, samt den andra måltavlan närmast muren.

Viktade Poäng

Dessa poäng kan beräknas ur erhållna data, viktade poäng är även detsamma som prestation minskad med tid.

Poäng

Slutligen erhålls poäng genom att beräkna antal gjorda fel ur viktade poäng. För beräkning av poängen krävs att testledaren iakttar och antecknar typen av gjorda fel under varje körning under observationerna.

Mätmetod i testet

Precision vid låg hastighet

Föraren placerar in rättblocket i kranspetsen i en måltavla efter bästa förmåga och kvitterar momentet med kvitteringsknappen (Figur 10). Momentet kräver att föraren kan kontrollera kranspetsens rörelser inom givna spatiala ramar med funktionerna kransväng, griprotation och kranspetsplacering i höjd och djupled samt kvittering med knappen. Liknande precisionsmoment kan förekomma i verklig körning, vid exempelvis gripning av material på marken, där det är viktigt att inte få släng på kranen.



Figur 11.
Rättblocket förs mellan konerna. Bilden visar maximal höjd: då rättblocket är på samma höjd som gul markering.

Slalomkörning

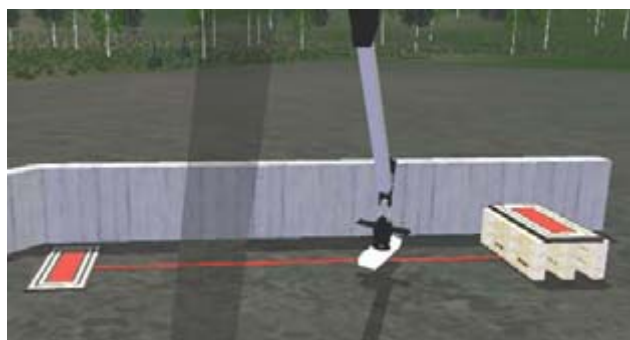
Föraren manövrerar kranspetsen och det vidhängande rätblocket förbi tre koner i sicksack utan att vidröra marken eller konerna samt utan att föra rätblockets centrum över centrum av de gula markeringarna på konerna (Figur 11). Momentet kräver mycket god kontroll över reglagen, så att rörelsen blir mjuk och jämn, utan att ge svängningar på lasten. De funktioner som måste behärskas är kransväng, rotation av rätblocket och kranspetsens placering i höjd- och djupled.

Hastighetsförflyttning

Kranspetsen förs snabbt över maskinen till andra sidan, innanför muren och utan att lastbäraren eller andra delar av skotaren vidrörs (Figur 13). De funktioner som måste behärskas, är framför allt kransväng och kranspetsens placering i höjdled, men även i djupled. Föraren sparar tid om rörelsen sker snabbt, samt framför allt om kranspetsen hålls under kontroll under hela rörelsen.

Parallellkörning

Kranspetsen förs nära marken längs en linje i diagonal med skotarens längdriktning och parallellt med en mur i linjens riktning (mellan måltavla 3 och 4 (Figur 12)). Marken och muren får inte vidröras. Kranspetsen får inte föras högre än murens översta kant eller mer än 20 centimeter åt vardera sidan om linjen. De olika moment som krävs är kransväng, kranspetsens placering i djupled samt begränsat i höjdled. Momentet kräver att föraren kombinerar kranens funktioner på ett lugnt och kontrollerat sätt så att inte lasten svänger eller vidrör föremål.



Figur 12.
Rätblocket förs längs den röda linjen med ett tillåtet spel åt sidorna med 20 cm samt i höjdled på 1 m.

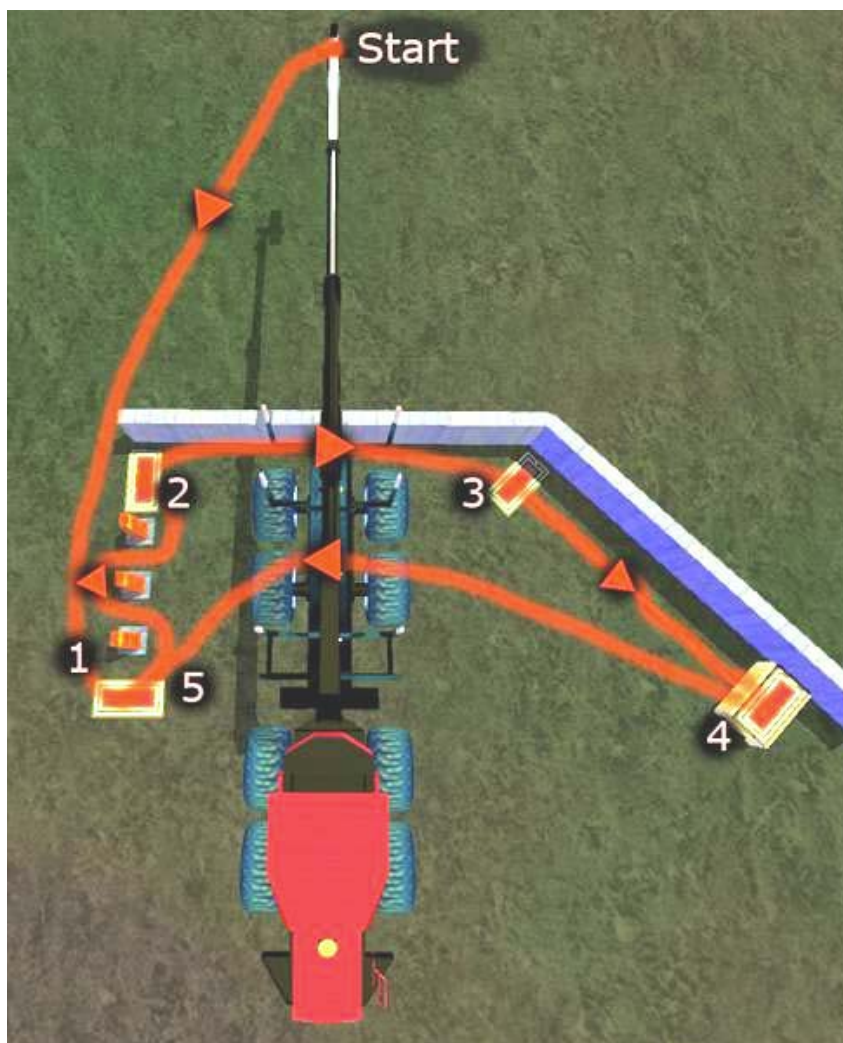
Poängsystem i testet

Med utgångspunkt i tidigare undersökningar hos Skogforsk (Löfgren & Nordén, 2003 a, b), används i princip samma poängsystem. Den totala poängen består av två delar: gjorda fel, vilka ger poäng, samt total behövd tid. För att förenkla arbetet skapas en enda variabel genom att poängen anges i sekunder, där ett fel ger ett visst antal poäng motsvarande lika många sekunder, beroende på typen av fel (Nordén, 15 okt. 2004, muntligt). Med ett sådant system, blir det viktigt att poäng värderas på rätt sätt i förhållande till tiden. Det vill säga, tak och golfeffekter måste undvikas genom att värdera hur viktigt det är att köra kranen säkert, jämfört med att köra kranen snabbt. Dessutom tillkommer testets egenskaper; hur svårt det är att köra säkert, respektive snabbt.

Enligt nämnda undersökningar och i synnerhet Nordén (15 okt. 2004, muntligt), är det lämpligt att varje önskad träff ger ett tillägg på den totala tiden med tio sekunder. För träff i skotaren, vilket i verklig körning kan stå maskin-

ägaren dyrt, ges ett tillägg på trettio sekunder. Ett enkelt poängsystem underlättar behandlingen av data i efterhand. Exempelvis kan resultatet göras om till binära tal, det vill säga träff eller inte träff, för att därefter utföra exempelvis validitetsprövning med chi-2-test (Bilaga 3). Detta kräver att programmet särskiljer olika feltyper, samt att testobservatören registrerar stötar i skotaren, då de ger fler poäng.

Idén om precisionsmätning med hjälp av måltavlor hämtades ur projektet hos IFOR (Löfgren & Nordén, 2003 a, b) och från Transportfackens Yrkes- och Arbetsmiljönämnd, TYA (Reimers, okt. 2004), hämtades momentet med slalomkörning mellan koner.



Figur 13.

Testet från ovan. Utgångsläget är i "Start" då kranen är fullt utsträckt. Kranspetsen förs mot måltavlan märkt med (1), därefter förbi konerna till (2), över skotaren till (3), längs linjen till (4) och tillbaka till (1) (även märkt (5)).

Träffar

Tillsammans med Nordén, Löfgren och Lind (29 sept. 2004, muntligt) utformades det slutliga poängsystemet i testet. Samtliga oönskade träffar med rätblocket i änden på kranen bestraffas med viktade poäng, motsvarande lika många sekunder. Dessa redovisas dels separat och dels adderades de löpande till tiden. Träff i allt utom måltavlorna räknas som oönskade. Varje träff ger tio poäng/sekunder utom träff i skotaren, som ger 30 poäng/sekunder. Utprovning gav att ett enkelt poängsystem var att föredra framför ett detaljerat viktat system.

Avvikelser

Förutom träffar, skall otillåtna avvikelser på olika områden i testet ge poäng. Vid konerna skall rätblocket hållas under de gula markeringarna på konernas övre del, belägna 90 cm över marken. Vid passering över skotaren från vänster till höger sida, tillåts inte rätblocket föras utanför muren bakom skotaren. Vid den röda linjen ger 20 centimeters avvikelse i sidled poäng, liksom högre läge än murens övre kant, en meter. Varje avvikelse bestraffas med tio poäng.

Precision

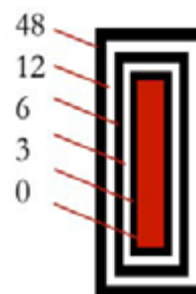
Precisionsmätningen görs genom att rätblocket vid fem tillfällen under testet placeras in i måltavlor efter bästa förmåga. Avvikelse från tavlans centrum, radiella vinkelavvikelser och axiella vinkelavvikelser bestraffas. Avvikelsen från centrum indelas i fem intervall om fyra centimeter med växelvis vita och svarta fält. Vid förskjutning från centrum utdelas inifrån och ut 3, 6, 12, 24 respektive 48 poäng (Figur 15). Vinkelavvikelser över tio grader bestraffas med tio poäng. Som del av precisionsmätningen skall rätblocket passeras i sickasack mellan konerna med ett spel på 11 cm, samt längs linjen mellan tavlorna på höger sida.

Beräkning av behövd tid för test och träning

Jällaskolans virkestransportkurs har under 13 veckor 40 timmar utbildning i skotarkörning, varav en stor del utgörs av praktisk övning och resterande del av teori och kringkunskaper. Enligt ansvarig lärare i virkestransport utgör teori, maskinunderhåll och annan typ av körning, som terrängkörning, cirka 20 procent av undervisningen, vilket lämnar 32 timmar åt kranmanövrering (Håstedt, 9 sept. 2004, muntligt). Informationen nedan om utbildningen har hämtats



Figur 14.
Överst: Rätblocket får inte föras över muren. Bilden visar maximal höjd. Mitten: Blocket får inte föras utanför linjen. Bilden visar maximal tillåten avvikelse inåt. Nederst: Vy från hytten.



Figur 15.
Måltavlan, diskreta intervall i svart-vitt, samt "bulls-eye" i rött. Poängen är angivna för respektive intervall.

från Håstedt. Uppskattningar har gjorts efter beskrivning av övningar, lektionsunderlag och studier på Jällaskolan.

I studien förutsattes att träningen på respektive styrsätt; konventionell och kranspetsstyrning var lika lång för båda grupper. De elever som gick virkes-transportkursen fungerade som referensgrupp. De introduceras under en halvtimme i simulatören och körde därefter simulator tio minuter varje gång innan testerna, samt under testerna. Tillvägagångssättet fick stöd av Nordén (15 okt. 2004, muntligt). Kranspetsgruppen i sin tur efterliknade den konventionella gruppen i möjligaste mån med övningar och antal träningstimmar.

Uppskattad tidsåtgång baserad på viktad skotarutbildning

Under krankörning på skolan åtgick viss tid till virkeshantering. Genom dessa moment togs tid från elevernas träning av den renodlade kranmanövreringen. Virkeshantering vid träning uppskattades ta minst 10 procent i anspråk. Total träningstid blir då 28,8 timmar.

Eleverna hade från början sex stycken maskiner med olika styrsystem att alternera mellan. En maskin styrdes med tvåspaksreglage och fyra med så kallade kattskallar. Endast en maskin styrdes med exakt den typ av reglage som används i simulatören, minispakar. Under slutet av studien tillkom ytterligare en minispakstyrd maskin. Körning av övriga maskiner beräknas bara ge viss övning motsvarande simulatorträningen. Den uppskattade faktorn 0,5 används vid beräkningen.

I utbildningen på Jällaskolan ingår nio övningar som blir godkända. Grundövningen är till för att eleven skall bekanta sig med kranens funktioner och kan liknas vid introduktionen i simulatören. Övning ett till fem är avsedda att förbättra elevens kontroll över kranrörelser och kan direkt jämföras med simulatorträningen. Efterkommande övningar sex till åtta benämns ”gripning och lossning”, ”jämndragning och pålastning” samt ”vältläggning och avlastning”. Dessa övningar tränar framför allt elevernas virkeskännedom och utgör uppskattningsvis en tredjedel av tiden. Övningarna bidrar delvis till elevernas kranmanövreringsträning och räknas med faktor 0,5.

Med ovanstående uppskattningar tränar Jällaskolans elever renodlad kranmanövrering effektivt och totalt 14 timmar enligt beräkningen nedan:

$$28,8 \text{ h} \times \left(\frac{1}{6} \text{ minispak} + \frac{5}{6} \times \frac{1}{2} \right) \times \left(\frac{2}{3} \text{ övning (1 till 5)} + \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \right) \approx 14 \text{ h}$$

Tidsåtgång baserad på EU - projektresultat

En alternativ och mindre godtycklig beräkning av tidsåtgången baseras på resultat från projektet vid Naturbruksgymnasiet Älvdalen, ”Pedagogik & Metodikutveckling avseende utbildning med simulator”, se sidan 22.

Projektet baserades på studier i skolans skördarsimulator (Öberg, nov. 2004). Resultaten gäller därför specifikt för skördarfunktioner, vilka är mer komplexa än skotarfunktioner och vilka därför bör ta eleverna längre tid att lära in. Projektet visade bland annat att 15 timmar förberedande träning i simulatören

kraftigt reducerade behovet av instruktörshjälp i fält. Total utbildningstid tills eleven klarade arbetet med endast vägledning över radio, reducerades i studien från tidigare intervall 24 till 32 timmar till nära hälften; 15,5 till 16,5 timmar.

Med avseende på de 32 timmar som eleverna på Jällaskolan kör skotare under höstterminen är det därför rimligt att de elever som endast övar kranspetsstyrning och som endast övar i simulatorn får totalt 14 timmars träning. Att 14 timmar valts i stället för de 15 timmar som projektet ovan visat, kan försvaras med den enklare styrningen av skotare jämfört med skördare. Uppgifterna är dessutom angivna i intervall och ungefärliga.

Tidsplan för simulatortester

Tid, varaktighet och schemaläggning av tester skall vara desamma för båda grupper. Samtliga försöksdeltagare bör få samma chans att ta raster när som helst under övningarna och möjlighet att när som helst avbryta tester utan att behöva uppge orsak. Studier har visat att försöksdeltagare kan drabbas av så kallad simulatorsjuka (Olsen, 1996). Tillståndet kan vara ett resultat av bland annat otillräcklig hastighet av grafisk uppdatering eller motsägelsefulla sinnesintryck vid stillasittande samtidigt som rörlig visuell upplevelse. Sjukan har i många undersökningar orsakat bland annat illamående. Det är även sannolikt att kortare övningsomgångar ger effektivare träning (ibid.). Särskilt för den konventionella gruppen är det viktigt att varje test inleds med en stunds fri körning i någon av övningsmiljöerna. De som inte övar i simulatorn kan särskilt vara i behov av en kort ”inkörningsperiod”.

Med avseende på den schemaläggning som tillämpas på skolan, måste tester spridas ut, så att eleverna har hunnit öva på skolan mellan varje testtillfälle. Att sprida testtillfällen jämnt över tiden, ökar därmed möjligheten för att deltagarna i den konventionella gruppen har hunnit öva lika mycket på skolan, som kranspetsgruppen har övat i simulatorn. Tester bör utföras efter exempelvis två övningstillfällen för kranspetsgruppen i simulatorn. Det ger ett totalt antal på sju tester utspridda över de 14 övningstimmarna och över en period på nio veckor.

Testet bör upprepas vid varje tillfälle för att minska risken för tillfälligt avvikande resultat. Beroende på hur många övningstimmar försökspersonen avverkat, beräknas tiden för varje testkörning variera mellan maximalt tio och minimalt två minuter. Med avseende på beräknad tid, är fem upprepningar ett lämpligt antal, eftersom den totala tiden av ett test då kommer att understiga en timme, vilket även är längden på varje övningstillfälle, undantaget rast. Resultat kan då beräknas som ett medelvärde av de fem körningarna, en metod som enligt Jansson är lämplig (18 okt. 2004, muntligt). Efter varje körning ges därmed deltagaren tillfälle att vila två minuter.

Efter varje test skall deltagaren fylla i en testutvärdering (Bilaga 10). Den konventionella gruppen skall även fylla i en övningsutvärdering för den tid de övat på skolan (Bilaga 8, Bilaga 9).

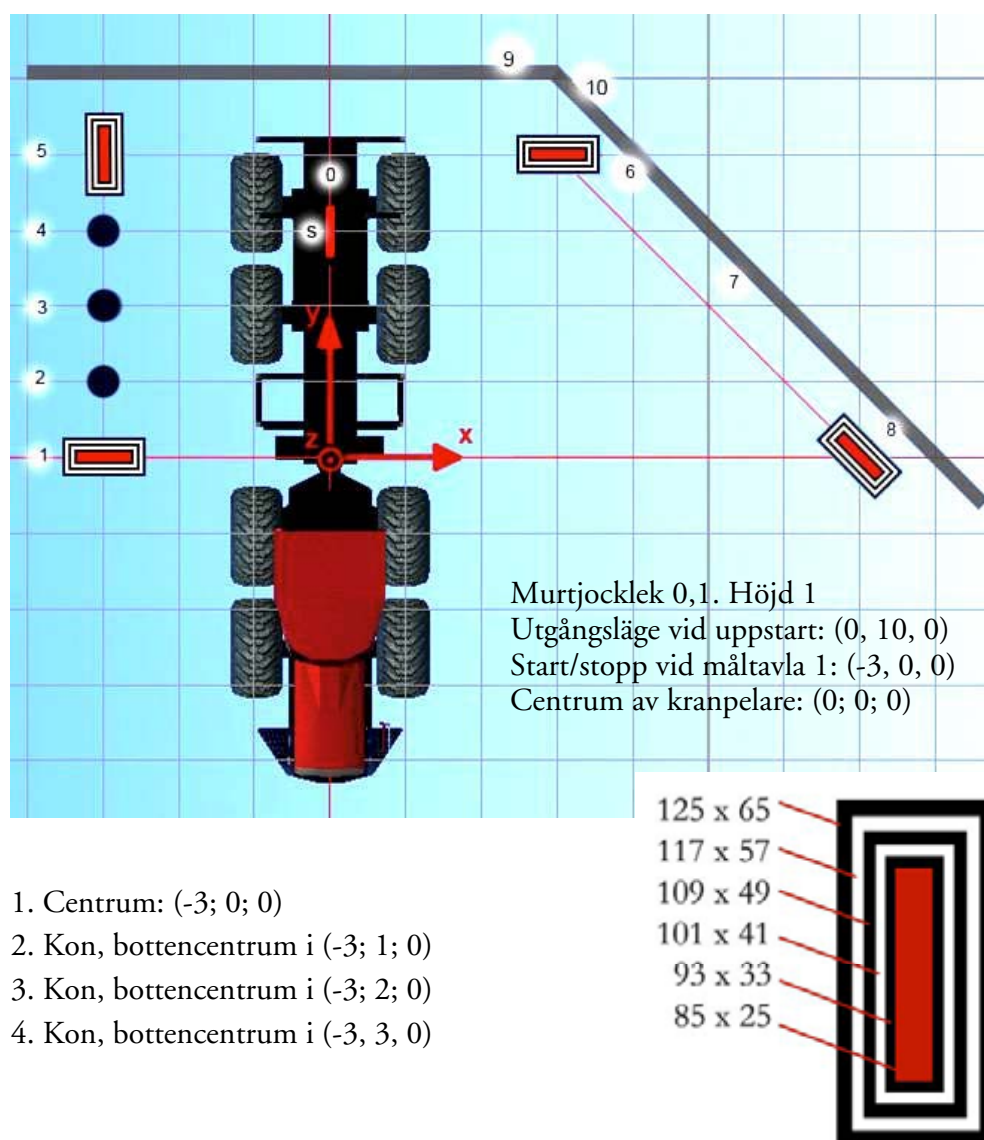
Tidsplan i sammandrag

- Tid, varaktighet och schemaläggning av tester skall vara desamma för båda grupper. Särskilt viktig för den konventionella gruppen är spridningen av testerna över tiden.
- Före testet bör varje deltagare öva fritt cirka femton minuter.
- Testet bör upprepas fem gånger vid varje tillfälle för att minska risken för tillfälligt avvikande resultat.
- Testerna, bestående av sessioner om fem, bör genomföras efter varannan övningstimme för deltagarna i kranspetsgruppen. Det ger ett totalt antal på sju tester.

Efter varje test skall deltagaren fylla i en testutvärdering. Den konventionella gruppen skall även fylla i en övningsutvärdering för den tid de övat på skolan.

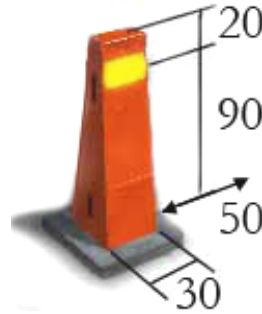
Dimension och måttsättning

Mått anges i meter i angivet xyz- system.



5. Centrum i (-3; 4; 0)
6. Centrum i (3,5; 4; 0)
7. Röd linje, startpunkt (3,5; 4; 0) slutpunkt (7,5; 0; 0)
8. Centrum i (7,5; 1; 0,45)
10. Mur, Startpunkt (-4; 5; 0) Slutpunkt (3; 5; 0)
11. Mur, Startpunkt (3; 5; 0) Slutpunkt ca (9; -1; 0)

Dimensioner baseras på måtten hos skotaren Valmet 860 och standardmått på EUR/SIS -pallar (0,8 x 1,2 x 0,15 m). Övriga dimensioner bestäms med utgångspunkt i dessa mått samt i tidigare undersökningar hos Skogforsk (Löfgren & Nordén, 2003 a, b) och TYA (Reimers, okt. 2004).



Genomförande

Följande kapitel beskriver hur undersökningen utfördes. Dispositionen baseras på indelningen i metodkapitlet.

VAL AV FÖRSÖKSDELTAGARE

De personer som deltog i undersökningen ställde frivilligt upp i undersökningen och ersättning utgick i form av presentkort. Fjorton av sexton deltagare i undersökningen var gymnasiestudenter från Jällaskolan, där samtliga elever läste naturbruksprogrammet med inriktningarna jord- och skogsbruk samt hästhållning, årskurs ett och två. Övriga två gymnasister läste fordonsprogrammet årskurs ett, på Bolandskolan i Uppsala och uttalade intresse för maskiner och fordon, samt om naturbruk.

Gruppindelning

I studien var 12,5 procent kvinnor jämfört med rådande sex procent i arbete inom skogsbruk, total medelålder var 16,7 år.

Kranspetsgruppen

Gruppen bestod av åtta personer som karaktäriserades av följande:

- En kvinna, sju män.
- Två studenter från fordonsprogrammet, Bolandskolan.
- En student från naturbruksprogrammet, hästhållning på Jällaskolan.
- Fem studenter från naturbruksprogrammet, jord- och skog på Jällaskolan.
- En student från årskurs två, naturbruksprogrammet med inriktning jordbruk, de övriga gick årskurs ett.
- Medelålder 16,1 år. Sex personer var 16, en var 18 och en 15 år.

Den konventionella gruppen

Gruppen bestod av åtta personer som karaktäriserades av följande:

- En kvinna, sju män.
- Samtliga läste naturbruksprogrammet med inriktning skogsbruk och tillvalet virkestransport, vilken innebär skotarutbildning.
- Samtliga gick årskurs två.
- Medelålder 17,3 år. Fem personer var 17 samt en av vardera 16, 18, 19 år.

DATAINSAMLING GENOM TEST

Färdighetstest utfördes kontinuerligt i simulatorn under inlärningsprocessen. Likadant test genomfördes på samma sätt, vid varje tillfälle och för båda grupperna. Tester utfördes till största delen på eftermiddagar och kvällar samt i undantagsfall på förmiddagar. För att vid varje test utvärdera hanteringen av kranens olika funktioner på ett effektivt sätt, skapades en särskild testmiljö där olika moment särskiljde respektive kombinerade kranens funktioner. Ur testmaterialet som testerna gav, kunde momenten studeras enskilt och i kombination. Materialet bestod av tidsangivelser, poäng och viktade poäng i enlighet med tidigare resonemang om testutformning (sidan 30 och framåt).

Vid varje test påpekade testledaren att noggrannhet och försiktighet var mycket viktigt, både för försöksdeltagarnas egen prestation och för resultaten av undersökningen. I synnerhet betonades det vid introduktionen till första testet. Samtliga deltagare påmindes även om att varje körning var lika viktig, eftersom resultatet grundades på medelvärdet av körningarna.

Vid begäran fick varje deltagare när som helst ta del av sina egna resultat, men inte av andras. Testerna genomfördes i närvaro av försöksledare och försöksdeltagare. Om så önskades av försöksdeltagaren, tilläts en åskådare, under förutsättning att denne inte på något sätt störde föraren.

GENOMFÖRANDE AV SIMULATORÖVNINGAR OCH TEST

Vid genomförandet av testet har ingen av grupperna medvetet gynnats eller missgynnats. Den knapp som i testet användes att kvittera momenten med, benämns vidare ”kvitteringsknappen”. Det är samma knapp som under övningarna fungerat som ”kapknapp”, det vill säga den knapp som kunde fälla närbelägna träd vid övningar, samt vid de femton minuter som varje person övade innan testet. Knappen var därför välkänd av båda grupperna.

Precisionskörning vid låg hastighet

Momentet förenklades för kranspetsgruppen i och med möjligheten att med en enda spakfunktion föra kranspetsen i linjär vertikal rörelse, ned mot måltavlan. Därefter kunde justering enkelt göras med spaken genom att i endast horisontell led justera positionen före nedsättning. Den konventionella gruppen tvingades använda minst tre funktioner samtidigt för samma moment (Figur 6). Ingen grupp påverkas dock systematiskt negativt av momentet, eftersom lik-

nande precisionsmoment kan förekomma i verklig körning, vid exempelvis gripning av träd på marken, där det är viktigt att inte få släng på kranen.

Slalomkörning

Situationen förenklades för kranspetsgruppen på grund av att kranspetsstyrning med endast en spak medger linjära horisontella rörelser med oförändrad vertikal höjd. Den konventionella gruppen behövde däremot koordinera samtliga rörelser i momentet och tvingades kontinuerligt korrigera höjden på kranspetsen (Figur 6). Konventionell styrning krävde användning av båda händer, men kranspetsstyrning bara en.

Hastighetsförflyttning

Momentet krävde koordination av tre rörelser för båda grupperna, med den skillnaden att konventionell styrning krävde användning av båda händer, men kranspetsstyrning bara en.

Parallellkörning

Momentet kräver av den konventionella gruppen en kontinuerlig och mjuk kontroll av fyra samtidiga funktioner fördelade på båda händer. Kranspetsgruppen behövde endast aktivt koncentrera sig på två funktioner, som dessutom styrs med en hand.

Poängsystem i testet

Provkörning av testet visade att försiktig körning gav bäst resultat, vilket överensstämde väl med den plan som lagts upp för testerna. Även tak- golveffekter kunde undvikas genom att testen gjorts svåra nog för att ingen lyckades köra felfritt, samt av sådan typ att samtliga deltagare kunde genomföra testerna. Som nämndes i planeringen inför testerna, bevakades samtliga körningar av testledare, som noterade antal och tipunkt för träffar i skotaren så att ett binärt värde på antal poäng kunde beräknas.

FRÅGEFORMULÄR

Inledningsvis fyllde varje försöksdeltagare i blanketten med bakgrundsfrågor (Bilaga 7). Syftet var att samla uppgifter om intressen, om vana vid liknande fordon, samt vana vid dataspel. Även ålder och utbildning noterades.

Nasa-TLX-blanketter fylldes i efter varje testtillfälle (Bilaga 10). Totalt insamlades sju blanketter per person i respektive grupp. Det totala underlaget per grupp är således 56 svar, där endast den upplevda belastningen under testkörningarna skattades. Även enkäter om övningar och egen utveckling besvarades efter varje test. För kranspetsgruppen avsåg frågorna övningarna i simulatorn (Bilaga 8) och för den konventionella gruppen avsågs övningarna på skolan (Bilaga 9). Totalt besvarades 56 blanketter från vardera gruppen.

Avslutningsvis fyllde den konventionella gruppen i frågeformulär där körning i simulatorn jämförs med verklig körning (Bilaga 11). Underlaget är litet, med endast åtta svar, men tendenser kan urskiljas.

OBSERVATION

Samtliga test bevakades av samma testledare. Syftet med bevakningen var dels att starta och avsluta testkörningarna och mätapparatursamt dels att vara till hands vid eventuella problem. Bevakningen gav försöksdeltagarna möjlighet att ställa frågor och att när som helst begära att testet avslutades. Samtidigt kunde två typer av fel särskiljas, vilket möjliggjorde uträkning av antal gjorda fel, i undersökningen av erhållna poäng. Bevakningen omöjliggjorde vidare "fusk", genom att passera koner utan slalomkörning, samt att föra rotatorns "vingar" över konerna (Figur 11). Det senare hade gett kranspetsgruppen fördelar framför den konventionella gruppen.

HYPOTESPRÖVNING MED CHI 2-TEST

Chi 2-testet är en metod som används för att visa hur väl observerade data stämmer överens med förväntade data enligt gjorda hypoteser. Testet visar exempelvis om skillnader mellan kranspetsgruppen och den konventionella gruppen är statistiskt signifikant åtskilda, och därmed om det är möjligt att utse en grupp som presterat bättre. För mer information om data, se (Bilaga 3).

Hypoteserna lyder:

Ho: Det är ingen skillnad mellan kranspetsgruppen och den konventionella gruppen gällande viktade poäng, poäng respektive behövd tid.

Ha: Det är skillnad mellan kranspetsgruppen och den konventionella gruppen gällande viktade poäng, poäng respektive behövd tid.

Resultat

I studien syns tydligt att kranspetsgruppen presterade bättre under testerna än den konventionella gruppen. Den största skillnaden mellan gruppernas prestation ligger i sammanställningen av viktade poäng, där en vikt för respektive typ av fel bestämts på förhand. Stora skillnader syns även i relationerna mellan poäng per minut respektive viktade poäng per minut. Kranspetsgruppen presterar även bättre vid mätning av poängen, det vill säga antalet gjorda fel under testet. Resultaten visar därmed att kranspetsgruppen begick betydligt färre fel under testkörningarna än den konventionella gruppen. Tillsammans syns även av kategorierna poäng och viktade poäng att kranspetsgruppen har begått färre av de fel som värderats som allvarliga, och vilka därför getts en hög vikt.

Minst skillnad mellan grupperna syns i kategorin tid, avseende medeltalet av behövd tid per test för respektive grupp. De skillnader som visas i materialet är inte tillräckligt stora för att med statistisk säkerhet vara sanna. Tiderna är inte heller statistiskt säkert åtskilda vid bedömning med Chi 2-test, men regressionsanalys ger att kranspetsgruppen förbättras snabbare avseende tid.

I diagrammen syns flera klara trender. Förutom kranspetsgruppens förbättringstakt i åtgången tid under testerna, syns det att den konventionella gruppen avseende poäng och viktade poäng nästan når samma låga nivåer som kranspetsgruppen. Samtliga övriga regressionsanalyser (avseende prestation, viktade poäng samt poäng) ger att den konventionella gruppen förbättras något

snabbare på lång sikt, utan att helt nå kranspetsgruppens låga nivåer. Kranspetsgruppen förändras alltså snabbare i början av testerna. De båda gruppernas kurvor planar ut mot slutet och tycks kunna konvergera i framtiden. Frågan är då hur de två styrningssätten upplevs av deltagarna, det vill säga hur belastningen av arbetet med spakarna värderas. Upplevelser behandlas i den kvalitativa undersökningen enligt nedan.

Den upplevda belastningen under testerna, värderades med hjälp av verktyget Nasa-TLX. Den konventionella gruppen upplevde högre belastning i samtliga bedömningskategorier jämfört med kranspetsgruppen. Kategorin prestation har särbehandlats, då den avsett egen prestation under testerna. Övriga kategorier har rört belastning av utifrån ställda krav. Kranspetsgruppen värderade sin egen prestation avsevärt högre än den konventionella gruppen.

Övningarna utvärderades med enkäter. För den konventionella gruppen gäller värderingen därmed övningarna på Jällaskolan. För kranspetsgruppen avses motsvarande övningar i simulatorn. Den konventionella gruppen värderade både sin prestation och sin förbättring högre än kranspetsgruppen. Resultaten av övnings- och testutvärderingen kan tyckas motsägelsefulla, men att grupperna värderar egen prestation kraftigt olika, kan tyda på att gruppen som övat på Jällaskolan själva upplevde att de körde sämre i simulatorn än på skolan.

Den konventionella gruppen värderade simulatorn jämförd med verklig körning. I resultatet syns att samtliga deltagare upplevde avståndsbedömningen som det största problemet i simulatorn. I övrigt upplevdes inga markanta skillnader i svårigheten att köra simulator jämfört med verklig maskin.

HYPOTESPRÖVNING MED CHI 2-TEST

Chi 2-test avseende tid

Testet visar att datamaterialet från de båda grupperna, avseende tid, inte är tillräckligt starkt åtskilda för att med statistisk säkerhet påstås vara olika. Kranspetsgruppen körde därmed testet på samma tid som den konventionella gruppen. Resultatet, som kan anses förbryllande med tanke på de skillnader som visats i beräkningarna (sidan 46), beror på variationen hos materialet. Den individuella variationen hos deltagarna i de båda grupperna är ungefär lika stor, med endast någon procentenhet bättre värde på standardavvikelsen hos kranspetsgruppen. Variationen medför att ett medelvärde inte duger som bedömning, men ändå kan visa svaga indikationer på gruppernas inbördes relation. Utritade regressionslinjer presenteras längre fram (sidan 46), vilka visar en starkare nedåtgående trend hos kranspetsgruppen under perioden, jämfört med den konventionella gruppen.

Chi 2-test avseende viktade poäng

Med avseende på viktade poäng visar Chi 2-testet tydliga skillnader mellan gruppernas resultat. De kan därför med statistisk säkerhet sägas vara åtskilda. Poängfördelningen visar även att kranspetsgruppen varit betydligt bättre än den konventionella gruppen på att undvika fel under testen, eller åtminstone att undvika de fel som getts höga vikter.

Chi 2-test avseende poäng

Testet visar mycket stora skillnader mellan gruppernas prestation avseende poäng, det vill säga antalet gjorda fel under testkörningarna, oavsett vikt. Resultatet är dessutom mycket starkt statistiskt förankrat, vilket bland annat anges av ensidiga sannolikheten av Chi 2-fördelningen, med ett värde mycket nära noll (Bilaga 3). Genom att studera tabellen kan även konstateras att den största skillnaden ges i område s2 och s4, vilka motsvarar sicksack -körningen vid konerna i testet, respektive precisionskörningen längs linjen. Framför allt i dessa moment presterade kranspetsgruppen mycket bättre.

RESULTAT PER VÄRDEMÄTARE

De mått som strukturerar resultatet beskrivs i metodavsnittet (sidan 32) och utgörs av:

- Prestation
- Tid
- Viktade poäng
- Poäng

I de numeriska sammanställningarna som inleder varje värdemätare, är det första testets två första körningar undantagna vid uträkningen. Detta har gjorts på grund av den starka och möjligen felvisande effekt de har på medeltal och konfidensintervall, se särskilt Figur 16, 20 och 24, samt nedan. Underlaget utgörs av data från 33 mätningar hos respektive grupp. Den konventionella gruppen är den som får störst fördel av förfarandet, eftersom gruppens antagna tillvänjning vid simulatören sträcker sig över två körningar, medan kranspetsgruppen endast kräver en körning (se exempelvis Figur 16).

Totalt utfördes sju tester, där varje test bestod av fem körningar. För båda kurvor anges standardavvikelsen uppåt och nedåt med lodräta markeringar, felstaplar, vid varje körning. I de områden där markeringarna från grupperna överlappar, kan inte resultaten med säkerhet sägas vara åtskilda. Beskrivning av värdemätare återfinns på sidan 32. I de diagram som saknar felstaplar, har regressionslinjer utritats vilka visar trender, som förbättringstakt, hos materialet. Regressionslinjerna bör däremot inte användas i prediktivt syfte, då det är troligt att båda gruppernas data planar ut och i vissa fall även kan konvergera.

Prestation

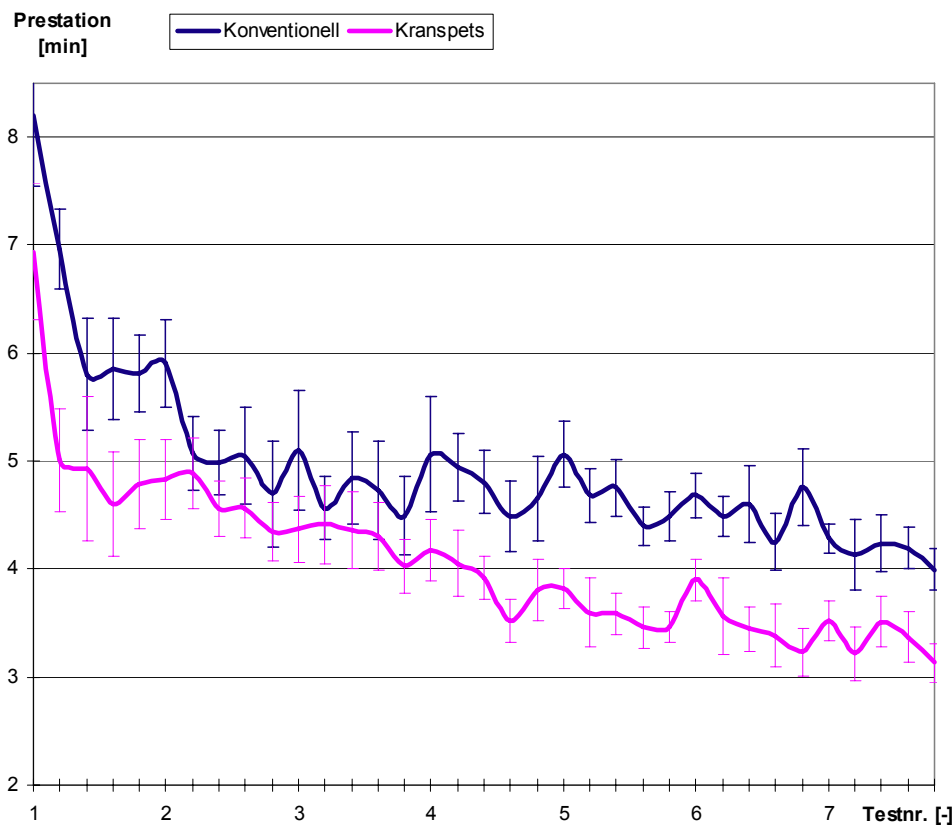
I följande uppställning är prestationen lika med den totala körtiden inklusive viktade poäng i minuter. Beskrivning av poängsystemet ges på sidan 33. Måttet ger uppgifter om förarens absoluta snabbhet och viktade precision.

- Kranspetsgruppen körde testet i genomsnitt på $4,0 \pm 0,28$ minuter.
- Den konventionella gruppens totala genomsnitt var $4,8 \pm 0,34$ minuter.

- Kranspetsgruppen presterade, med 95 procent säkerhet, mellan 3,6 och 29 procent bättre resultat, i medeltal drygt 16 procent. (Om de två första körningarna inkluderas, blir intervallet 1,7 och 31 procent. I båda fall presterade kranspetsgruppen bättre än den konventionella gruppen.)

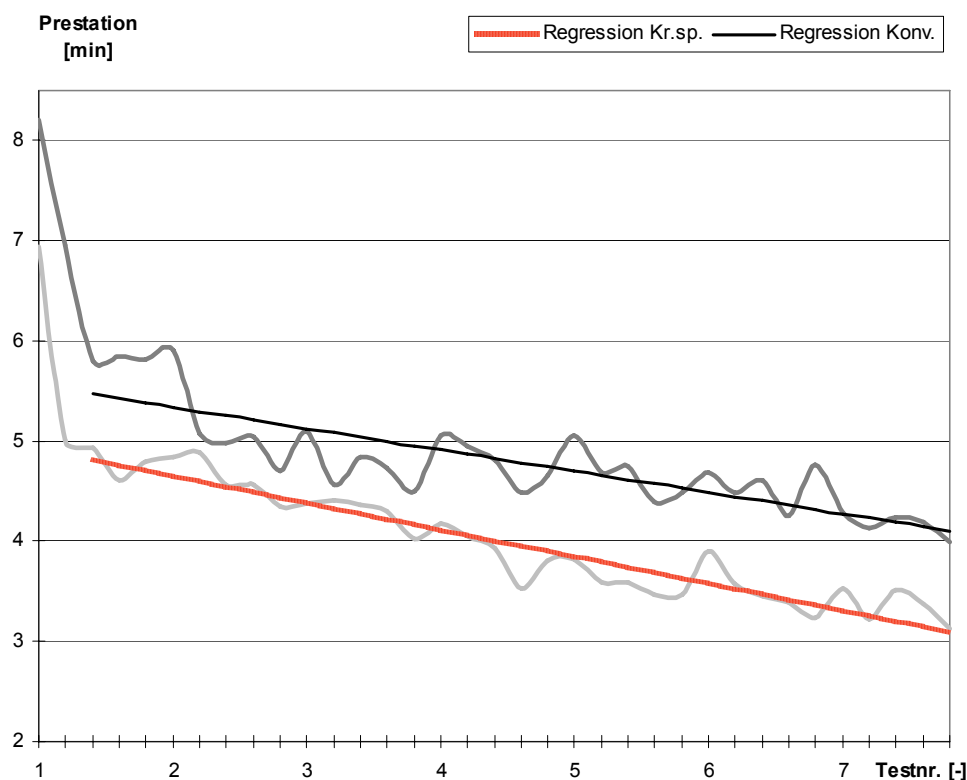
Figur 16 visar kranspetsgruppens prestation gentemot den konventionella gruppens. Prestationen visas i medeltal per körning, beräknat över alla gruppmedlemmar. Standardavvikelseerna blir för båda grupper mindre med mer övning, vilket är positivt för resultatet, eftersom det visar att resultaten konvergerar inom gruppen och därmed ger ett säkrare utfall. Figur 17 visar att förbättringstakten dessutom är högre hos kranspetsgruppen, vilket indikerar att gruppen, under samma tidsperiod, når både bättre resultat och i snabbare takt än den konventionella gruppen.

Medel av prestation. Kranspets och konventionell.



Figur 16.
Medelvärde av gruppernas prestation med felstaplar, baserade på variationerna hos materialet. Områden där staplarna från respektive grupp överlappar, visar att resultaten inte till fullo kan åtskiljas med statistisk säkerhet. Mot slutet blir i detta fall grupperna kraftigt och säkert åtskilda.

Medel av prestation med regression. Kranspets och konventionell.



Figur 17.

Medelvärde av gruppernas prestation, med utritade regressionslinjer. Lutningen på regressionslinjen visar att kranpetsgruppens förbättring från 2a till 35e körningen var något större än den konventionella gruppens. Kranpetsgruppen förbättras med 15 sekunder per test och den konventionella gruppen med 12 sekunder per test.

Tid

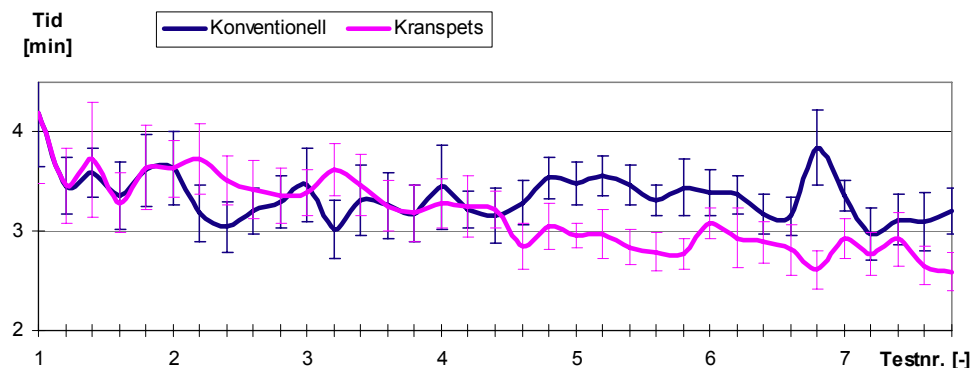
Följande uppställning visar den totala körtiden. Måttet ger uppgifter om förarens absoluta snabbhet.

- Kranpetsgruppen körde testet i genomsnitt på $3,1 \pm 0,29$ minuter.
- Den konventionella gruppens genomsnitt var $3,3 \pm 0,28$ minuter.
- Kranpetsgruppen var, med 95 procent säkerhet, mellan 10 procent långsammare och 20 procent snabbare, i medeltal knappt 5 procent snabbare. (Om de två första körningarna inkluderas, blir intervallet 12 procent långsammare och 20 procent snabbare. Kranpetsgruppen kan, med detta underlag, inte påstås vara signifikant bättre än den konventionella gruppen, varken inklusive eller exklusive de två första körningarna.)

Figur 18 visar den tid som krävs för att slutföra en körning utan inverkan av gjorda fel. Diagrammet visar varje grupps tid i medeltal per körning, beräknat över alla gruppmedlemmar. På samma sätt som i föregående diagram visar felstaplarna att grupperna i högre grad är åtskilda vid de sista testerna än vid de första. Regressionslinjernas lutningar i Figur 19 är svagare än i Figur 17, men

visar på större förbättring hos kranspetsgruppen, vilket kan jämföras med resultaten från Chi 2-testen (Bilaga 3). Till skillnad från övriga diagram ligger den konventionella gruppen i princip kvar på samma nivå även vid sista testet, medan kranspetsgruppens tider förbättras över hela perioden (Figur 19). Fortsatta tester borde kunna ge ett säkrare resultat då de utplanade resultaten kan jämföras.

Medel av tid. Kranspets och konventionell



Figur 18.

Medelvärde av gruppernas tid med felstaplar, baserade på variationerna hos materialet. Områden där staplarna från respektive grupp överlappar, visar att resultaten inte till fullo kan åtskiljas med statistisk säkerhet. Mot slutet blir i detta fall grupperna mer, men inte fullständigt, åtskilda.

Medel av tid med regression. Kranspets och konventionell



Figur 19.

Medelvärde av gruppernas tid med utritade regressionslinjer. Lutningen på regressionslinjen visar att kranspetsgruppens förbättring från 2a till 35e körningen var större än den konventionella gruppens. Regressionen ger att den konventionella gruppen förbättras med 1,2 sekunder per test, jämfört med 9 sekunders förbättring hos kranspetsgruppen.

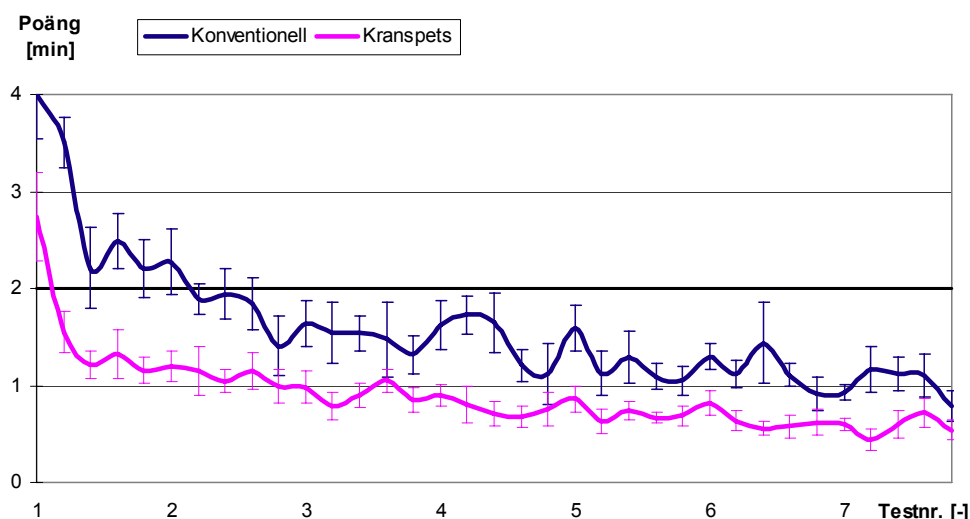
Viktade poäng

De viktade poängen anges i minuter, där en poäng motsvarar en sekund, och därefter multipliceras med en vikt. Poäng utdelas vid varje begånget fel enligt beskrivningen av poängsystemet (sidan 33). Måttet ger viktade uppgifter om förarens precision.

- Kranspetsgruppen erhöll i genomsnitt $0,8 \pm 0,17$ minuter.
- Den konventionella gruppen erhöll i genomsnitt $1,5 \pm 0,22$ minuter.
- Kranspetsgruppen var mellan 19 och 60 procent bättre på att undvika viktade poäng, i medeltal knappt 40 procent. (Om de två första körningarna inkluderas, blir intervallet 5 till 69 procent. Intervallen är som syns mycket stora, men kranspetsgruppen presterar i alla avseenden på viktade poäng, bättre än den konventionella gruppen.)

Nedan visas ytterligare en presentation av gruppernas prestation minskad med inverkan av tiden (Figur 20). De viktade poängen visar tydligt åtskilda resultat över alla test utom för sex körningar. Felstaplarna är särskilt små för kranspetsgruppen, vilket visar på mycket jämna resultat av individerna i gruppen, samt ett säkert totalt resultat. Kranspetsgruppen håller sig på en lägre och jämnare nivå under testerna, men den konventionella gruppen närmar sig kranspetsgruppens resultat relativt snabbt på slutet (Figur 21).

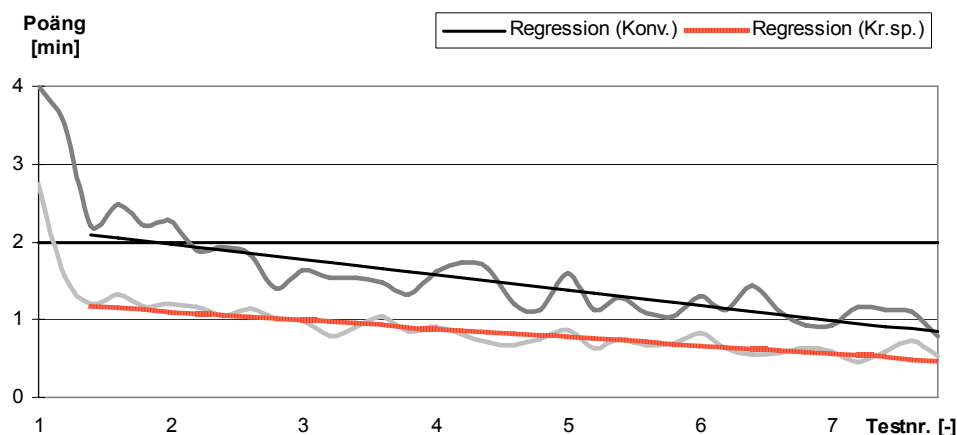
Medel av viktade poäng. Kranspets och konventionell.



Figur 20.

Medelvärde av gruppernas viktade poäng med felstaplarna, baserade på variationerna hos materialet. Områden där staplarna från respektive grupp överlappar, visar att resultaten inte till fullo kan åtskiljas med statistisk säkerhet. Grupperna är genom alla test relativt väl åtskilda. Trots att kurvorna i slutet närmar sig varandra, minskas även de inbördes variationerna så att resultaten ändå kan åtskiljas med god säkerhet.

Medel av viktade poäng med regression. Kranspets och konventionell.

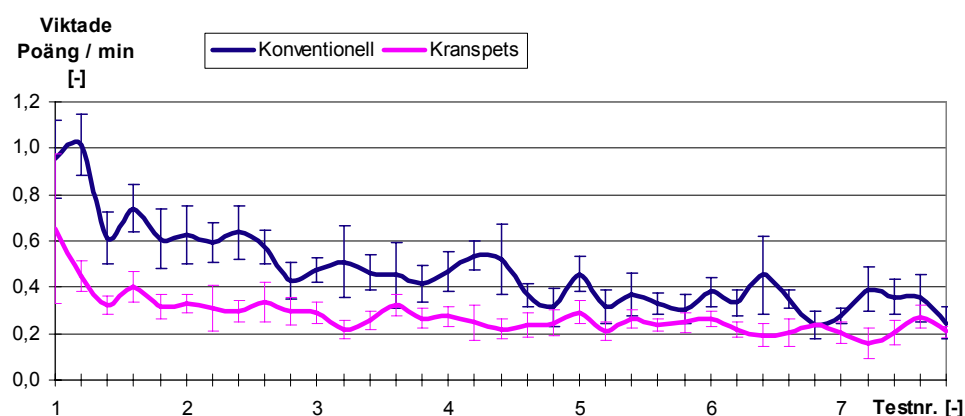


Figur 21.

Medelvärde av gruppernas viktade poäng med utritade regressionslinjer. Lutningen på regressionslinjen visar att den konventionella gruppens förbättring från 2a till 35e körningen var större än kranspetsgruppens, 12 sekunder mot nästan 7 sekunder.

Relationen viktade poäng per minut ger på samma sätt som innan mycket täta uppgifter från i synnerhet kranspetsgruppen (Figur 22). Avseende viktade poäng per tidsenhet kommer den konventionella gruppen relativt snabbt i närheten av kranspetsgruppen (Figur 23). Med tanke på att skillnaden mellan grupperna avseende tid är relativt små, bör diagrammen nedan vara en parallellförflyttning av kurvorna nedåt med beloppet av tiden.

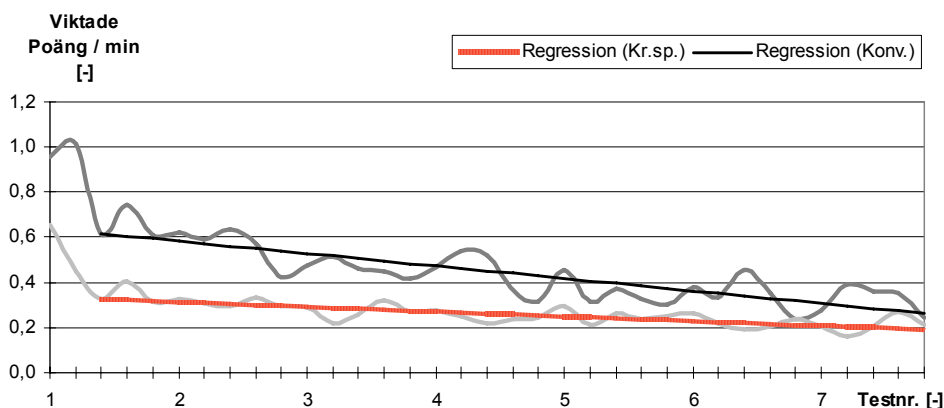
Medel av viktade poäng/minut. Kranspets och konventionell.



Figur 22.

Medelvärde av gruppernas viktade poäng per minut med felstaplar baserade på variationerna hos materialet. Områden där staplarna från respektive grupp överlappar, visar att resultaten inte till fullo kan åtskiljas med statistisk säkerhet. Mot slutet blir i detta fall grupperna svåra att åtskilja.

Medel av viktade poäng/minut med regression. Kranspets och konventionell.



Figur 23.

Medelvärde av gruppernas viktade poäng per minut med utritade regressionslinjer. Lutningen på regressionslinjen visar att den konventionella gruppens förbättring från 2a till 35e körningen var större än kranpetsgruppens, 3,3 sekunder per test mot 1,2 sekunder.

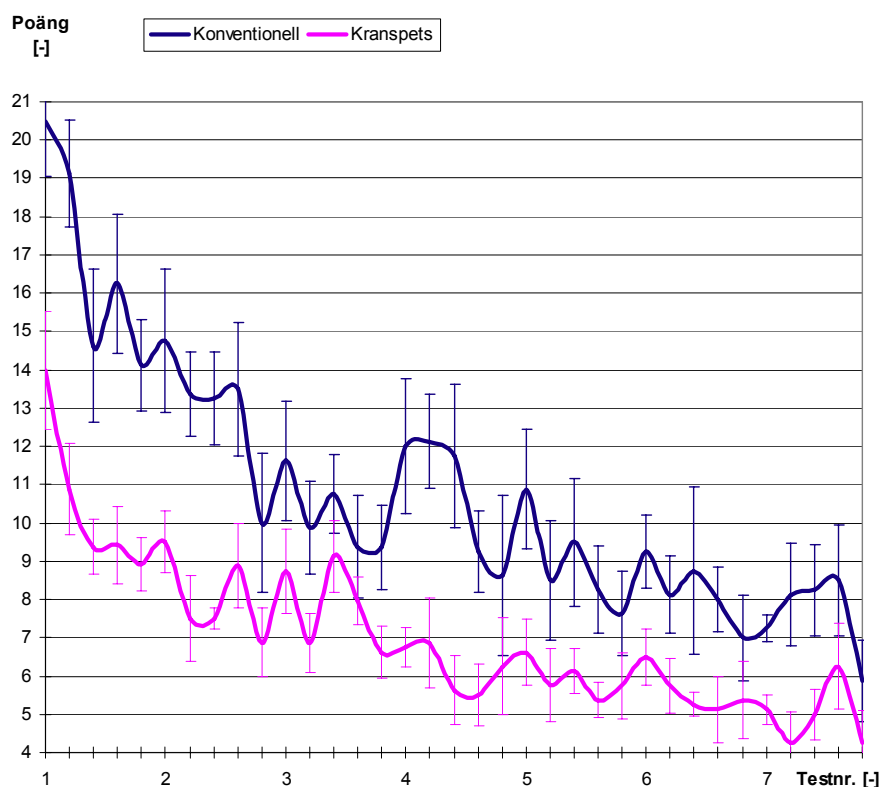
Poäng

Antal poäng per test, har beräknats ur viktade poäng genom noteringar vid observation. Måttet ger absolut information om förarens precision.

- Kranpetsgruppen erhöll i genomsnitt $6,6 \pm 0,87$ poäng.
- Den konventionella gruppen erhöll i genomsnitt $10,3 \pm 1,49$ poäng.
- Kranpetsgruppen var mellan 15 och 52 procent bättre på att undvika poäng, i medeltal drygt 33 procent (om de två första körningarna inkluderas, blir intervallet 13 och 53 procent. Variationen hos den konventionella gruppen var stor, relativt övriga mätningar, vilket ses på intervallet som krävs för 95-procentig säkerhet.).

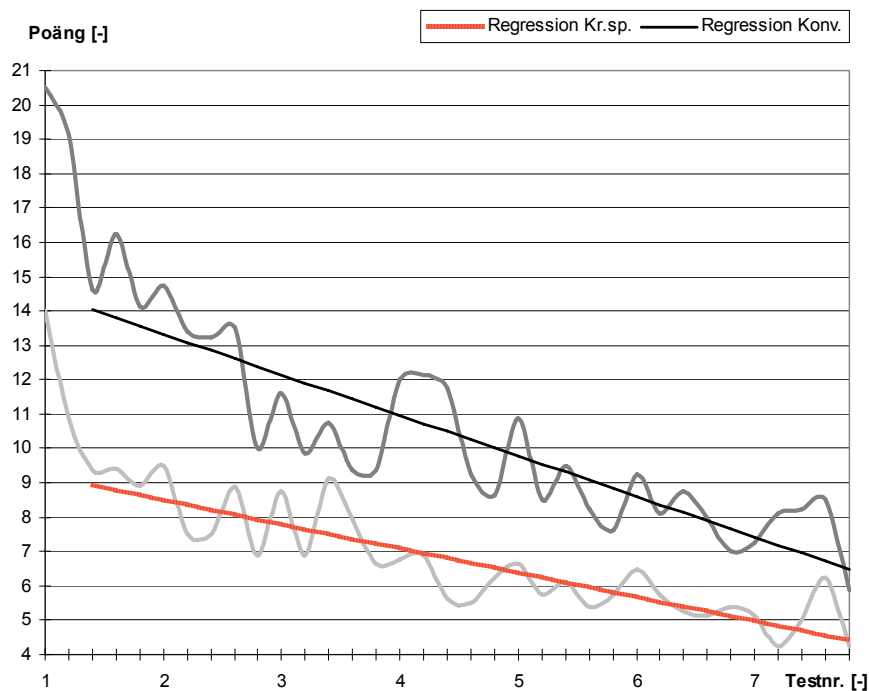
Representationen av poäng, eller antalet gjorda fel, visar stora variationer inom och mellan grupperna. I synnerhet är den konventionella gruppens resultat "spretigt", vilket indikerar stora individuella skillnader (Figur 24). Trenden som visas av regressionskurvan är däremot betydligt brantare hos den konventionella gruppen (Figur 25). Särskilt de två sista körningarna i test nummer 7 är anmärkningsvärda. Körning 4 i test 7 bildar hos båda grupper en topp som i nästa körning dalar till gruppernas respektive bästa resultat genom hela perioden. Vidare syns i Figur 26 hur grupperna närmar sig varandra under den sista körningen avseende poäng per minut. Resultatet pekar på att den konventionella gruppen i relativa termer har förbättrats mer än kranpetsgruppen. Den senare kunde däremot från början prestera mycket bra resultat och därefter under perioden förbättras något ytterligare.

Medelvärde av poäng. Kranspets och konventionell.



Figur 24.

Medelvärde av gruppernas poäng med felstaplar baserade på variationerna hos materialet. Områden där staplarna från respektive grupp överlappar, visar att resultaten inte till fullo kan åtskiljas med statistisk säkerhet. Mot slutet blir i detta fall grupperna svårare att åtskilja då variationerna är relativt stora hos båda grupper. Medelvärde av poäng med regression.



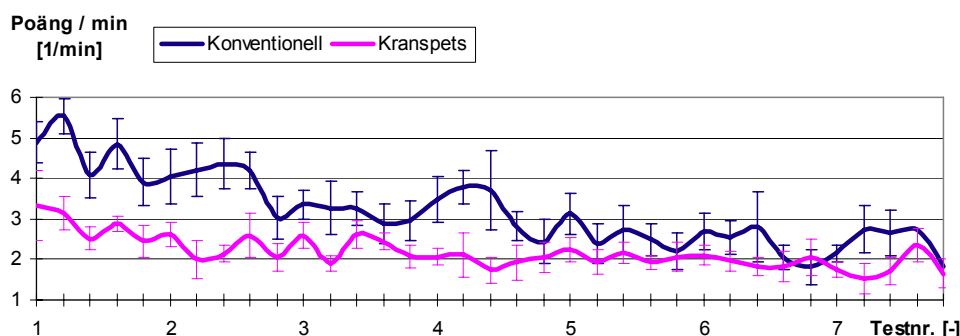
Figur 25.

Medelvärde av gruppernas poäng med utritade regressionslinjer. Lutningen på regressionslinjen visar att den konventionella gruppens förbättring från 2a till 35e körningen var större än kranspetsgruppens. Den konventionella gruppen minskar antalet poäng per test med 0,24 jämfört med kranspetsgruppens 0,14.

Principiellt samma resultat som i viktade poäng per minut, ges av poäng per minut (Figur 26). Även regressionslinjer är snarlika, kranspetsgruppens resultat förbättras endast lite under perioden, medan den konventionella gruppens förbättring går snabbare (Figur 27). I relationen mellan gruppernas prestationer syns att skillnaden är större avseende viktade poäng per minut jämfört med poäng per minut. Detta leder fram till att den konventionella gruppen förbättrades snabbare då det gällde att undvika viktade poäng som värderats allvarliga, än att helt undvika att göra fel.

Sammanfattningsvis av Figur 16 till 27, begår den konventionella gruppen från starten fler och allvarigare fel, men gruppen förbättras något snabbare avseende fel (poäng och viktade poäng). Den absolut kraftigaste förbättringen syns dock hos kranspetsgruppen avseende värdemätaren tid, där den konventionella gruppens resultat i det närmaste är helt oförändrad över tiden (Figur 18).

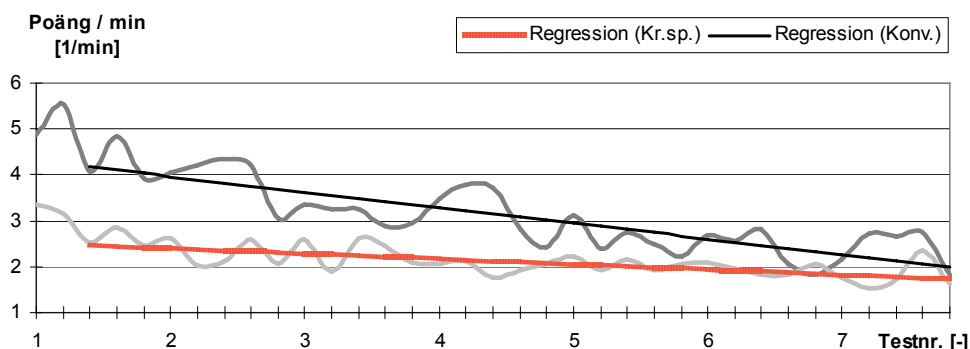
Medelvärde av poäng/minut. Kranspets och konventionell.



Figur 26.

Medelvärde av gruppernas poäng per minut med felstaplar baserade på variationerna hos materialet. Områden där staplarna från respektive grupp överlappar, visar att resultaten inte till fullo kan åtskiljas med statistisk säkerhet. Mot slutet blir i detta fall grupperna svåra att åtskilja.

Medelvärde av poäng/minut med regression. Kranspets och konventionell.



Figur 27.

Medelvärde av gruppernas poäng per minut med utritade regressionslinjer. Lutningen på regressionslinjen visar att den konventionella gruppens förbättring från 2a till 35e körningen var betydligt större än kranspetsgruppens. Konventionella gruppens förbättring per test var 0,07 poäng per minut mot kranspetsgruppens 0,02.

RESULTAT AV FRÅGEFORMULÄR

Uppgifterna från frågeformulären delas upp i bakgrundsfrågor, Nasa-TLX, övningsutvärdering och utvärdering av simulatoren jämförd med verkligheten.

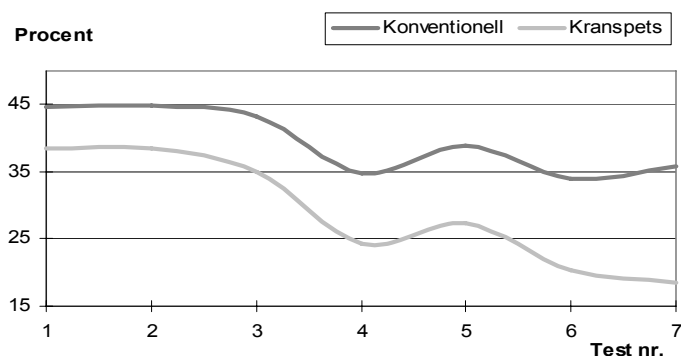
Bakgrundsfrågor

Inga kopplingar mellan prestation och intresse kunde göras med säkerhet. Generellt kan dock sägas att deltagarna i båda grupperna som dagligen spelat dataspel klarade sig lika bra eller bättre än respektive grupps medeltal i testerna.

Nasa-TLX

I Figur 28 syns respektive grupps oviktade uppskattningar av belastningen vid testerna. Kurvorna åskådliggör medelvärden av gruppens värdering (över de sex kategorierna) efter varje test. Procenttalet visar därmed medelvärden av de sex kategoriernas inverkan på belastning. För vidare information se (Bilaga 5), där de olika kategorierna representeras för sig, samt sidan 28 där metoden beskrivs. Lägg märke till hur väl kurvorna följer varandra över de sju testerna, trots att gruppernas utvärderingar gjordes helt oberoende, vid olika tillfällen för respektive försöksdeltagare. Samvariationen har därmed inget samband med gruppernas enda starka gemensamma faktor, Jällaskolan, utan beror helt av testerna i simulatoren. Bilaga 5 ger svar på hur prestationen påverkar materialet. Medan övriga sex kategorier behandlar upplevd belastning på grund av upplevda krav, är prestationen en uppskattning av den egna prestationen vid testkörningarna.

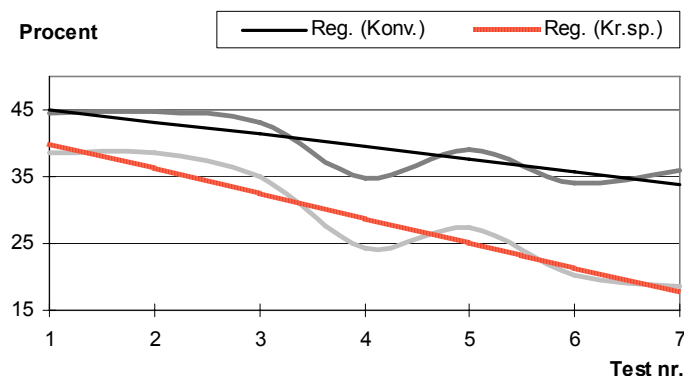
Nasa-TLX: Medel per test och kategori. Kranspets och konventionell.



Figur 28.
Medelvärde av gruppernas uppskattning av belastning under testkörning 1 till 7. Medelvärden har beräknats över samtliga kategorier och över samtliga gruppmedlemmar.

Figur 29 är samma representation som Figur 28, men med inritade regressionslinjer. På regressionslinjerna syns i detta fall att upplevelsen av belastning lättar i takt med inläringen, vid övningar och tester. Särskilt markant är effekten hos kranspetsgruppen, som vid slutet nådde ner till 20 procent jämfört med 35 procent hos den konventionella gruppen.

Nasa –TLX: Medel per test med regression. Kranspets och konventionell.

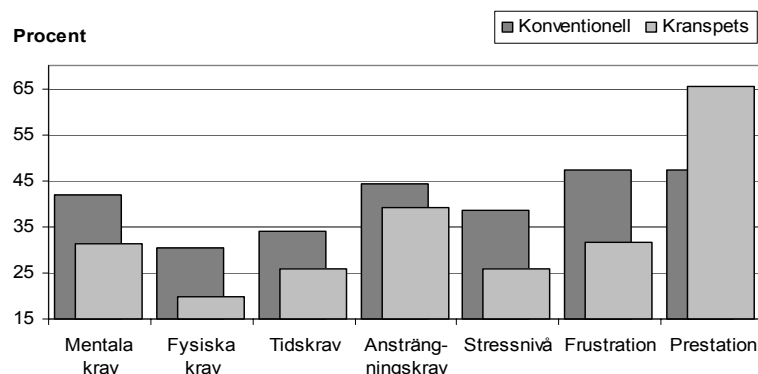


Figur 29.

Medelvärde av gruppernas uppskattning av belastning under testkörning 1 till 7. Regressionslinjens lutning visar att kranpetsgruppens upplevda belastning sjönk med tiden. Kranpetsgruppens upplevda belastning lättade 3,7 % per test, mot den konventionella gruppens lättnad på 1,9 %.

Figur 30 visar gruppernas totala värdering av respektive kategoris inverkan på upplevd belastning. Den konventionella gruppen angav högre värden för samtliga kategorier som värderade de utifrån kommande kraven. Värderingen av den egna prestationen var däremot avsevärt lägre.

Nasa-TLX: Medel per kategori. Kranspets och konventionell.



Figur 30.

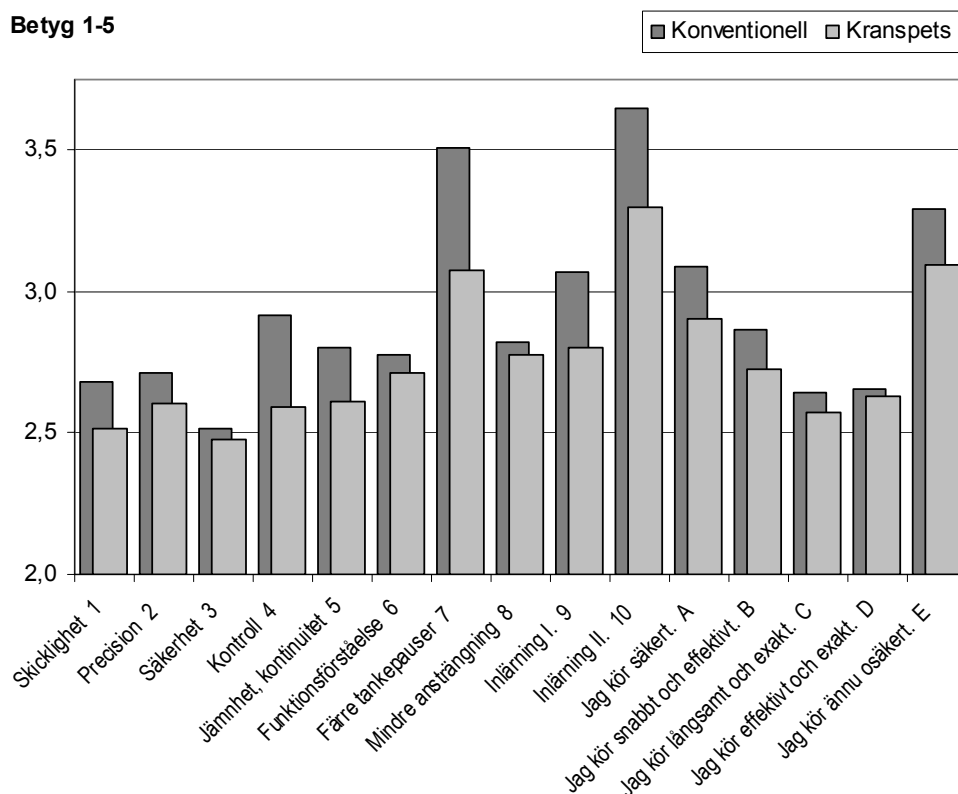
Medelvärde av gruppernas uppskattning av de 7 klasserna av arbetsbelastning över de 7 testerna. I samtliga kategorier upplevdes belastningen av ställda krav lägre hos kranpetsgruppen. Även kategorin egen Prestation värderades betydligt lägre än kranpetsgruppen.

Övningsutvärdering

Figur 31 avser prestation under och efter övningar. Den konventionella gruppen värderar därmed sina insatser på lektionerna i skolan, medan kranpetsgruppen bedömer insatserna i simulatorövningarna. Intressant är att gruppernas svar följer varandra relativt väl, med den största skillnaden i beloppet. På samma sätt som hos Nasa-TLX-undersökningen måste det anses positivt med resultat som visa klara tendenser. Skillnaden i värdering av egen prestation vid öv-

ningar och test kan för den konventionella gruppen tyda på att de ansåg sig köra sämre i simulatoren än på skolan. Detta i sin tur kan indikera att den konventionella gruppen upplevde större skillnader mellan simulatoren och verkligheten, än vad som framkommit på annat sätt.

Enkät: Värdering av egen prestation vid övning. Kranspets och konventionell.



Figur 31.

Medelvärde av gruppernas enkätsvar på uppskattning av sin egen prestation under övningarna. I samtliga kategorier utan undantag, ligger den konventionella gruppens värden högre. Högre stapel ger högre betyg åt egen prestation under övningarna. I kategori 1 till 8 avses upplevda förändringar. I kategori 9–10 avses prestationen just nu, och i A till E kategoriseras den egna körningen genom kombination av olika köregenskaper (snabbhet, säkerhet, effektivitet, exakthet eller osäkerhet).

Utvärdering av simulatoren jämförd med verkligheten

Underlaget är den enkät som besvarades av de åtta deltagarna i den konventionella gruppen. Materialet är litet, men samtliga angav oberoende av varandra, att avståndsbedömningen var det största problemet vid simulatorkörningen. För exakta frågor och utformning av blanketten, se (Bilaga 11).

- Hälften av deltagarna angav att styrningen av kranen var mer än 75 procent enklare i verkligheten, med ett medelvärde på 54 procent, angivet på en skala från 0 till 100 procent.
- Fem av åtta deltagare angav att precisionskörning av kranen var 75 procent enklare i verkligheten. Medelvärdet hamnade dock på endast 59 procent, det vill säga att det var något enklare i verkligheten.

- Endast två deltagare trodde att mer tid i simulatorn hade gett bättre resultat på testerna, medelvärdet var 45 procent, det vill säga att mer träning hade hjälpt lite.
- Två deltagare trodde att de hade lyckats bättre om de utfört testet i verkligheten, medelvärdet var 46 procent, innebärande att de hade presterat något bättre i verkligheten.
- Gällande körkänslan i simulatorn ansåg gruppen att simulatormiljön kändes till 43 procent verklig.

Diskussion

Simulator gentemot verklighet

Ett av de mest svårforcerade problemen för föreliggande studie, är att visa att resultaten från simulatortesterna även är applicerbara i verkligheten. Då det inte kan bevisas, måste goda argument visa att resultaten åtminstone gäller i denna studie, samt att studien är representerbar för verkliga förhållanden. Det förra visas genom validitet hos mätinstrumenten (att de mäter rätt variabler) samt att utfallen har reliabilitet (de ger tillförlitliga och stabila utslag). Det senare kan endast visas genom god argumentation. Tidigare har studien jämförts med liknande undersökningar, som gjorts i simulatorer och i verkliga maskiner. De försöksdeltagare som använts är dessutom till stor del representativa för dem som arbetar inom skogsbruket i dagsläget. Även resultaten antyder på olika sätt att reliabiliteten är god, samt att skillnaden mellan simulerad och verklig träning har haft liten inverkan. Diagrammen visar följande:

- Validiteten styrks av tidigare undersökningar, där studier i både simulerad och verklig miljö har jämförts. Reliabiliteten styrks i princip av samtliga diagram genom små felstaplar som visar att materialet har små variationer.
- Många av diagrammen antyder att kurvorna för grupperna konvergerar i framtiden. Detta nedskriver inte kranspetsgruppens resultat – det är troligt att båda styrsystem i längden ger liknande prestation, med skillnaden att inläringen sker snabbare och säkrare för kranspetsgruppen. Konvergens visar snarare att simulatorträningen verkligen är representativ för verklig träning. Det är inte kranspetsgruppens värden som närmar sig den konventionella gruppens värden, utan omvänt.
- Diagrammen visar i många fall två kurvor som i princip är parallella. Det kan då diskuteras om den i många fall konstanta skillnaden mellan gruppernas resultat ändå kan tillskrivas skillnader i träningssätt. Liksom i tidigare argument tycks dock kurvorna peka mot att den konventionella gruppen efter en längre inlärningsperiod slutligen når kranspetsgruppens nivåer.

Schemaläggning av tester och övningar

Ett problem som framför allt kan ha påverkat den konventionella gruppens resultat, var att schemaläggningen för testerna inte gick att kombinera perfekt med elevernas skolarbete. Vissa deltagare körde två test per tillfälle, för att

effektivisera transporten till och från Skogforsk. Detta innebar i den konventionella gruppen att dessa deltagare inte övat de planerade två timmarna mellan varje testtillfälle. Vissa deltagare i båda grupperna kom även till sitt första test senare än planerat, vilket för den konventionella gruppen innebar att de övat mer på skolan än planerat och således bör ha presterat bättre på sina första test än motsvarande test hos kranspetsgruppen. Det olika antalet övningstimmar mellan respektive test kan ha gett större variationer i resultaten hos den konventionella gruppen.

Figur 24 kan eventuellt visa prov på det. Samtidigt är det rimligt att ett större totalt värde ger större variation, då den procentuella avvikelsen hos båda grupperna ändå kan vara densamma.

Relationen mellan prestation, poäng och tid

Gruppernas prestationer är tydligt åtskilda gällande både viktade poäng och poäng (Figur 20 och Figur 26). Poängen visar som nämnts, den viktade prestationen, där felens gravhet värderas. Summeringen av tid och viktade poäng, ger en uppfattning om hur prestationen bedöms utifrån produktionsteknisk synvinkel.

Fördelen med representationen av prestation, där både tid och viktade poäng ingår, är att prestationen kan viktas och bedömas i en enda variabel. Nackdelen är att viktningen är en bedömning och därför subjektiv. Representationen passar eventuellt inte lika bra i alla sammanhang, exempelvis då kravet på precision är mindre. Bedömningar är alltid subjektiva, vilket föranleder användningen av ett binärt poängsystem med ”fel” eller ”rätt”. Båda system ger principiellt samma resultat, vilket styrker värderingen i poängsystemet.

Omräkning från prestation och viktade poäng till antal poäng kan påverkas av att föraren ser poängen i viktad form. Föraren lär sig därför vilka fel som ger höga poäng, varför de felen undviks särskilt noggrant. Exempelvis ger ett litet fel vid måltavleplacering endast tre poäng, medan ett stort fel ger 48 poäng. Föraren kan därför ”tjäna” på att slarva inom vissa gränser, då det gäller prestation och viktade poäng. Värde-mätaren poäng däremot, ger ett poäng vid varje fel, oavsett felens storlek. Den snabbe, men aningen slarvige föraren kan därför nå mycket bra prestation och viktade poäng, medan värdet på poäng är sämre. Ett exempel på detta kan eventuellt skönjas i test nummer 6, körning 3 till 4, då Figur 22 och Figur 26 jämförs.

Koncentration, motivation och inläring

Figur 24 som visar resultaten av gruppernas poäng, är särskilt intressant vid de två sista körningarna. Körning 4 i test 7 bildar hos båda grupper en topp som i nästa körning dalar till gruppernas respektive bästa resultat genom hela perioden. Möjligen kunde vetskapen om att det var den sista körningen bidra till en ytterligare kraftansträngning, särskilt med avseende på den fjärde körningens relativt dåliga resultat. Koncentration och motivation tycks därmed vara viktiga faktorer för resultatet. Särskilt den konventionella gruppens sista körning var i relation med föregående, markant bättre. Kanske kan det förklaras med att konventionell körning innebär fler frihetsgrader att kontrollera, så att kraftig koncentration ger större effekt på utfallet. Detta innebär i sin tur att den kon-

ventionella gruppen för större ansträngning ändå inte når samma goda resultat som kranspetsgruppen.

Den mycket branta inledningen på Figur 16 och Figur 17 berör för kranspetsgruppen endast den första körningen i första testet och för den konventionella gruppen berörs de två första körningarna i första testet. Skillnaden kan tyda på följande:

- Den branta inledningen beror på en mycket kraftig förbättring från första till andra, eller tredje körningen. Det kan vara frågan om en inlärnings-effekt avseende körskicklighet. I beräkningarna av gruppernas medeltider har data i stor utsträckning behandlats som om så var fallet. I förekommande fall i resultatet har det angetts.
- Den kraftiga förbättringen i början kan även vara en effekt av att försöksdeltagaren lär sig att köra det specifika testet, snarare att kranmanövreringen förbättras kraftigt och plötsligt.
- Den konventionella gruppen behöver två körningar för att vänja sig vid testet, men för kranspetsgruppen krävs det endast en gång. Det kan indikera att det tar en körning att vänja sig vid simulatören, och en körning att vänja sig vid testet.

Om effekterna, som antytts ovan, inte beror på förbättrad körskicklighet, fås bästa resultat ur graferna om de två första körningarna i första testet ignoreras.

Små tidsskillnader hos grupperna

Testerna visar att skillnaden i tid är liten mellan grupperna. Figur 18 visar att kranspetsgruppen under de tre första testen körde långsammare än den konventionella gruppen. Uppenbarligen körde gruppen även säkrare, vilket Figur 24 och Figur 26 visar. Detta kan ha flera möjliga förklaringar:

Kranspetsgruppen är orutinerad och därför försiktig. Den konventionella gruppen är mer rutinerad och kan därför ha påverkats av utbildningen i riktiga skotare. Eftersom de kan manövrera riktiga skotare, finns risken att de tar mindre hänsyn då de möter den virtuella miljön. De kan ta tillfället i akt att testa, eller visa vad de går för och kör därmed snabbare, men med mer fel.

- Informationen från testledaren kan ha uppfattats olika. Trots att båda grupper uppmanades att köra mycket försiktigt och noggrant, kan det ha tolkats på olika sätt. Utbildningen på skolan föregås i princip av samma uppmaning, men kan i praktiken skilja sig från testet i simulatormiljö. Kranspetsgruppen kan ha överdrivit noggrannheten den första perioden, innan förhållandet mellan tid och gjorda fel stabiliserades.
- Åldersskillnader och årskurstillhörighet kan diskuteras. Möjligen kan den något yngre kranspetsgruppen påverkas av att den, som till stor del består av elever från årskurs ett, ställs resultatmässigt mot årskurs två och tre. I sammanhanget tycks det dock lika troligt att de yngre deltagarna reagerar

omvänt, såvida inte respekt eller blyghet har hindrat den yngre gruppen i större utsträckning än den något äldre.

- Kranspetsgruppen, som endast har tränat i simulatoren, kan ha fått bättre erfarenhet av simulatorns begränsningar avseende svårigheten med avståndsbedömning. De kan därför ha kört försiktigare inledningsvis.
- Kranspetsgruppen, som före första testet hade tränat tre timmar, kan ha byggt upp högre förväntningar på sin egen prestation, jämfört med den konventionella gruppen. De kan även ha upplevt förväntningar från testledare, som den konventionella gruppen vid sina relativt korta besök inte förnam.

Slutsatser

I föreliggande studie är kranspetsstyrning ett enklare system att lära in, jämfört med den konventionella styrningen. Detta kan ge besparingar vid produktion, då inlärnings tiden förkortas och förarna snart når full produktivitet.

Med kranspetsstyrning nås i studien snabbt låga nivåer i antal begångna fel samt i det relativa antalet av allvarliga fel. Även detta har stor betydelse för minskade kostnader i underhåll för maskinägare.

Kranspetsstyrning ger inte effektivare körning med avseende på tid, men förbättringen sker snabbare.

Kranspetsstyrning upplevdes mindre belastande än konventionell styrning. Belastningen kategoriserades av mentala krav, fysiska krav, tidskrav, ansträngningskrav, stressnivå och frustration. Detta bör i längden medföra förbättrad arbetssituation avseende arbetsbelastning vid skogsmaskinarbete. Kranspetsstyrningsgruppen värderade även sin egen prestation avsevärt högre.

Framtida forskning

Med avseende på de tendenser till förbättrade resultat i tid hos kranspetsgruppen, samt de antydningar som framkommit om konvergerande resultat, vore fortsatta studier intressanta. Syftet kan vara att studera effekterna av kranspetsstyrning under längre tid, för att bland annat utreda om den totala körtiden kan förbättras med styrsystemet på längre sikt. Likaledes vore det lämpligt att studera hur starka effekterna av den minskade upplevda belastningen blir vid kontinuerligt arbete. Om arbetsbelastningen i förlängningen kan minskas så kraftigt som resultaten av föreliggande studie visar, vore det sensationellt.

För att få tillförlitliga svar, bör systemet installeras i verkliga skogsmaskiner. De effekter som framkommit i undervisning med skogsmaskiner kan då undvikas, exempelvis att elever efter cirka 15 timmars övning i simulator, måste köra i verklig terräng för full förståelse av arbetet. Eventuell skepsis mot simulatorundersökningar undviks därmed en gång för alla.

För att kranpetsstyrning effektivt skall kunna installeras och användas, krävs att skillnaderna mellan den konventionella styrningen och kranpetsstyrningen görs små, avseende kontrollernas tilldelade funktion. Därför bör de funktioner som i dagsläget hanteras med höger hand i möjligaste mån överföras till kranpetsstyrningssystemets högra kontroll. Dessa anpassningar är relativt enkla ingrepp, då det endast berör kontrollernas tilldelning i mjukvaran och kan därför modelleras. I framtida undersökningar vore det intressant att studera hur professionella förare presterar vid en första kontakt med kranpetsstyrning, för att utvärdera och anpassa styrningen, så att övergången kan göras utan förluster.

Referenser

- Allwood, C-M. & Thylefors, I. (1997). "Individen och den sociala miljön." i M. Bohgard m.fl. (red.) Arbete-Människa-Teknik. s. 153–195. Studentlitteratur, Lund.
- Alm, H. & Ohlsson, K. (2003). "Automation inom skogsbruket: Människamaskinaspekter på morgondagens kranarbete." Linköping: Institutionen för Konstruktions- och Produktionsteknik.
- Attebrant, M., Landström, M., Löfgren, B., Nordén, B. & Peterson, N-F. (1994). "Kranpetsstyrning – en utvärdering." Redogörelse nr. 1. Skogforsk, Uppsala.
- Attebrant, M., Mathiassen, S-E. & Winkel, J. (1998). "Belastningsergonomi och rationalisering." i M. Attebrant, m.fl. (red.) Konsensusrapporter rörande kunskapsläget om arbetsmiljön i skogsmaskiner. Arbete och hälsa. Vetenskaplig skriftserie. Nr 1998:10. s. 1–4. Arbetslivsinstitutet, Solna.
- Attebrant, M., Mathiassen, S-E., Winkel, J. & Kjellberg, A. (1996). "Shoulder-arm muscle load and performance during control operation in forestry machines." Applied Ergonomics. Nr. 1997:2. Vol. 28. s. 85–97. Elsevier Science Ltd., Storbritannien.
- Anttonen, T. (2004). "An educational organization as a utilizer of forestry-machine simulator training". Utdrag från The International Seminar on Simulator-Based Training of Forest Machine Operators. 17–19 Nov. 2004, Joensuu, Finland.
- Björklund, T., Hannu, U., Holmberg, J., Lagerquist, B., Sandgren, S., Segerstéen, C., Trapp, C., Åström, L-E. & Österblom, U. (2002). "Strategi för svenskt familjeskogsbruk 2010." LRF:s Skogsägardelegation, Stockholm.
- Bossé, E. & Breton, R. (2003). "The cognitive costs and benefits of automation." Defence Research and Development. Québec.
- Brander, M., Eriksson, D. & Löfgren, B. (2004). "Automation av kranarbetet kan öka prestationen." Resultat nr. 8. Skogforsk, Uppsala.
- Cook, T.D. & Campbell, D.T., (1979). "Quasi-experimentation. Design and analysis issues for field settings." Rand McNally College Publishing Company, Chicago.
- Eklund, J. & Cederqvist, T. (1998). "Belastningsergonomi." i M. Attebrant m.fl. (red.). Konsensusrapporter rörande kunskapsläget om arbetsmiljön i skogsmaskiner. Arbete och hälsa. Vetenskaplig skriftserie. Nr 1998:10. s. 5–8. Arbetslivsinstitutet, Solna.
- Eliasson, B. (2004). "Utvärdering av pedagogik och metodikutveckling avseende utbildning med simulatorer." Projekt nr: W3042-873-01. BusinessBox AB, Stockholm.

- Ericsson, M. & Odenrick, P. (1997). "Arbetsfysiologi och belastningsergonomi." i M. Bohgard (red.) m.fl. Arbete-Människa-Teknik. 2:a upplagan. s. 9–44. Studentlitteratur, Lund.
- Gellerstedt, S. (1993). "Work and health in forest work. A multivariate study of cutters and machine operators (Engelsk sammanfattning)." Chalmers tekniska högskola, Göteborg.
- Gustavsson, B. (red.) (2004), "Kunskapandets mångfald – från enhet till fragment." Kunskapande metoder inom samhällsvetenskapen. 2:a upplagan. s. 7–19. Studentlitteratur, Lund.
- Hart, S-G. & Staveland, L-E. (1988). "Development of Nasa -TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research." i P.A Hancock. & N. Meshkati (red.) Human mental workload. s.139–183. Elsevier, Amsterdam.
- Heath, S. (1997). "Embedded Systems Design." Newnes, Oxford.
- Hägg, G-M. (2001). "Handintensivt arbete. En belastningsergonomisk kunskapsöversikt gällande människans kapacitet och interaktion med verktyg och arbetssuppgifter." Arbete och hälsa. Vetenskaplig skriftserie. Nr 2001:9. Arbetslivsinstitutet, Stockholm.
- Lundberg, U. (2003). "Brist på vila och återhämtning större problem än arbetsbelastning." Läkartidningen. Nr 2003:21. Vol. 100. Stockholm.
- Löfgren, B. (2004). "Kinematic Control of Redundant Knuckle Booms." Department of Machine Design, KTH, Stockholm.
- Löfgren, B. & Nordén, B. (2003a). "Utvärdering av kranspetsstyrning inom IFOR." Skogforsk, Uppsala.
- Löfgren, B. & Nordén, B. (2003b). "Pilotstudie av kranspetsstyrning inom IFOR." Skogforsk, Uppsala.
- Nordansjö, I. (red.), Berg, S., Granlund, P. & Myhrman, D. (rev.) (2000). Granström, L., Malmberg, C-E. (1970). "Terrängmaskinen, del 1." 2:a upplagan. Skogforsk, Uppsala.
- Olsen, E. C. B. (1996). "Evaluating driver performance on the road and in a simulator." The Faculty of the Human Factors/Ergonomics Program, San Jose State University, San Jose, USA
- Sverke, M. (2004) "Kvantitativa metoder: Om konsten att mäta det man vill mäta." i B. Gustavsson (red.) Kunskapande metoder inom samhällsvetenskapen. 2:a upplagan. s. 47–69. Studentlitteratur, Lund.
- Yerkes, R-M. & Dodson, J-D. (1908). "The Relationship of Strength of Stimulus to Rapidity of Habit Formation." Journal of Comparative Neurology and Psychology. Nr 1908:18. s. 459–482.

Internetreferenser

- Internetref.1. The Federal Aviation Administration, FAA. ”Nasa -TLX. Task Load Index (TLX) V 1.0 Users Manual”. Hämtad den 16 nov. 2004. Från: <http://iac.dtic.mil/> Länk: [/hsiac/docs/TLX-UserManual.pdf](http://hsiac/docs/TLX-UserManual.pdf)
- Internetref.2. Statistiska Centralbyrån, SCB. ”Arbetskraftsundersökningar (AKU).” Hämtad den 5 feb. 2005. Från: <http://www.ssd.scb.se/>. Länk: [/databaser/makro/start.asp](http://databaser/makro/start.asp)
- Internetref.3. Älvdalens Utbildningscentrum. Hämtad den 25 nov. 2004. Från: <http://www.alvdalen-utbcentrum.nu/>
- Internetref.4. Development Project in Simulator-Based Forest Machine Training. Hämtad den 1 dec. 2004. Från: <http://simumedia.pkky.fi/>
- Internetref.5. Vad är Embedded Technology? Av Fagerfjäll, G., Elektronik i Norden. Hämtad den 2 dec. 2004. Från: <http://www.huvudsta.com/embeddedpriset/vad.html>
- Internetref.6. Intelligenta fordon off-road. Av Johansson, S., 2003. Hämtad den 16 januari 2005. Från: <http://www.teknat.umu.se/forskning/ifor.htm>)

Muntliga referenser

- Håstedt, K-G. (sept. – nov. 2004). Jällaskolan, Uppsala.
- Jansson, G. (sept. 2004). Skogforsk, Uppsala.
- Nordén, B. (sept. – dec. 2004). Skogforsk, Uppsala.
- Lind, A. (sept. 2004). Oryx Simulations AB, Umeå.
- Löfgren, B. (sept. 2004 – feb. 2005). Skogforsk, Uppsala.

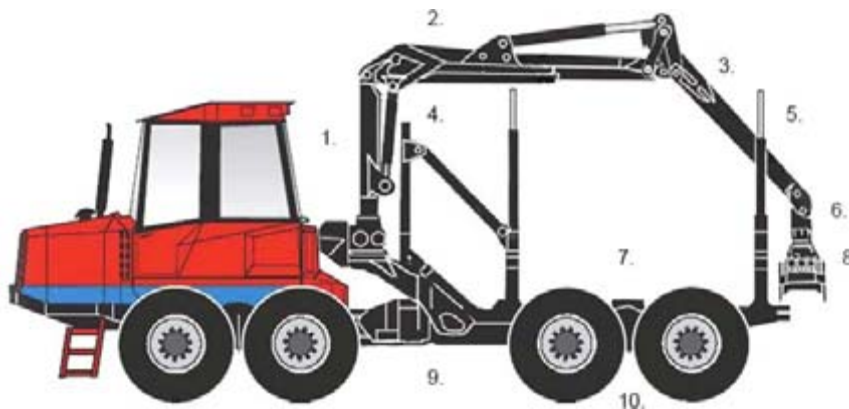
Övriga referenser

- Reimers, S. (okt. 2004). Kontakt via e-post. Utbildningsansvarig vid Transportfackens Yrkes- och Arbetsmiljönämnd (TYA), Solna.
- Öberg, A. (nov 2004). Kontakt via e-post. Projektledare för ”Pedagogik & Metodik-utveckling avseende utbildning med simulator” vid Naturbruksgymnasiet Älvdalen.

Skotaren

Skotaren är ett fordon avsett för terrängtransport av helt uppburet virke (Figur B 1). Det innebär att virke som fällt av skördaren lastas i sortiment. Därefter transporteras samt lossas virket vid avlägget varifrån vidaretransport kan ske med hjälp av traktor eller lastbil.

Funktion



Figur B1.

Skotare av märke Valmet 890. Kranpelare kan roteras kring axialled (1), lyftarm styrs med huvudcylindern från kranpelaren (2), vipparm styrs av en sekundär cylinder vid lyftarmen (3), grind hindrar virke från att glida fram. Hydrauliskt styrd i vissa modeller (4), stake innesluter virke på lastbäraren. (5), kranspets och rotator för grip (6), lastbärare (7) grip, här med infällda skänklar (8), styrled i midjan (9), bakhjulsboggi (10).

Stora tillverkare: Komatsu Forest AB; Valmet; Rottne Industri AB; Ecolog; Gremo AB; Ponsse AB (Ponsse Oyj, Finland); Timberjack.

Bilaga 2

Deltagarlista

Deltagare i studien var:	Styrningstyp:
Alex Johansson	Konventionell
Alexander Bülow	Kranspets
Andreas Götesson	Konventionell
Anna Eriksson	Konventionell
Arvid Örde	Konventionell
David Lindström	Kranspets
Erik Thorell	Kranspets
Johan Nilsson	Kranspets
Jonas Sandström	Konventionell
Jonatan Carlsson	Kranspets
Marcus Ågren	Konventionell
Mattias Norling	Kranspets
Niklas Jansson	Kranspets
Niclas Westlund	Konventionell
Rebecca Åhman	Kranspets
Wilhelm Lönnies	Konventionell

Chi 2-test

Chi 2-testet avseende tid

Beräkningen baseras på medelvärden för respektive grupp, test och område (s1 till s5 i testet, Tabell B 1). Varje testresultat är medelvärdet av fem körningar. Värdet som avgör signifikans hos data, beräknas enligt tabellen intill och uppställningen av testet åskådliggörs nedan. Chi 2-fördelningen, p, beräknas ur frihetsgrader och observerat Chi 2-värde. Måttet anger styrkan i svaret av testet. Ett värde på p nära 1, visar att H_0 med nära 100 procents säkerhet inte kan förkastas.

Konfidensgrad	0,050
Rader	2
Kolumner	10
Frihetsgrad = (rader -1) x (kolumner -1)	9
Kritiskt värde	16,919

Tabell B 1.

Prestation per test för kranspetsgruppen och den konventionella gruppen. Till vänster syns konfidensintervallet i form av maximala och minimala värdet för respektive test i vardera gruppen, och nederst syns konfidensintervallet för samtliga test från 1 till 7. "s" är standardavvikelse och "p" är konfidensintervall.

CHI-2 TEST förväntade värden

Delområde:	s1	s2	s3	s4	s5	Summa
GRUPP:						
Kranspetsgruppen	3,08	7,09	3,86	4,62	3,54	22,28
Konventionella gruppen	3,25	7,48	4,07	4,88	3,74	23,52
Summa	6,36	14,63	7,96	9,54	7,30	45,99

CHI-2 TEST erhållna värden.

Delområde:	s1	s2	s3	s4	s5	Summa
GRUPP:						
Kranspetsgruppen	3,21	7,04	3,97	4,31	3,76	22,28
Konventionella gruppen	3,15	7,59	3,99	5,24	3,55	23,52
Summa	6,36	14,63	7,96	9,54	7,30	45,80

CHI-2 TEST observerat Chi2 = summan av (observerat-förväntat)²/förväntat.

Delområde:	s1	s2	s3	s4	s5	Summa
GRUPP:						
Kranspetsgruppen	0,005	0,000	0,003	0,022	0,014	0,044
Konventionella gruppen	0,003	0,002	0,002	0,026	0,009	0,042
Observerat Chi2:	0,008	0,002	0,005	0,048	0,023	0,086

H_0 förkastas om Observerat Chi2 > det Kritiska värdet.

Förkasta H_0 ?	Nej	nej	nej	nej	nej	Nej
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

H_0 kan inte förkastas.

P 1,000

Chi 2-testet avseende viktade poäng

Beräkningen baseras på medelvärdet för respektive grupp, respektive test och för respektive område 1 till 5 i testet (Tabell B 2). Varje testresultat är i sin tur medelvärdet av fem körningar. Det värde som avgör signifikant skillnad beräknas enligt tabellen nedan.

Konfidensgrad	0,050
Rader	2
Kolumner	5
Frihetsgrad = (rader - 1) x (kolumner - 1)	4
Kritiskt värde	9,488

Tabell B 2.

Prestation per test för kranspetsgruppen och den konventionella gruppen. Till vänster syns konfidensintervallet i form av maximala och minimala värdet för respektive test i vardera gruppen, och nederst syns konfidensintervallet för samtliga test från 1 till 7. "s" är standardavvikelse och "p" är konfidensintervall.

CHI-2 TEST förväntade värden

Område:	s1	s2	s3	s4	s5	Summa
GRUPP:						
Kranspetsgruppen	11,93	167,73	39,08	136,60	21,97	377,31
Konventionella gruppen	21,12	297,04	69,20	241,91	38,91	668,18
Summa	33,05	464,77	108,28	378,52	60,88	1045,48

CHI-2 TEST erhållna värden.

Område:	s1	s2	s3	s4	s5	Summa
GRUPP:						
Kranspetsgruppen	17,25	183,64	36,00	116,77	23,65	377,31
Konventionella gruppen	15,80	281,13	72,28	261,75	37,23	668,18
Summa	33,05	464,77	108,28	378,52	60,88	1045,48

CHI-2 TEST observerat Chi2 = summan av (observerat-förväntat)²/förväntat.

Område:	s1	s2	s3	s4	s5	Summa
GRUPP:						
Kranspetsgruppen	2,375	1,509	0,242	2,881	0,129	7,136
Konventionella gruppen	1,341	0,852	0,137	1,627	0,073	4,029
Observerat Chi2:	3,716	2,361	0,379	4,508	0,201	11,165

Ho förkastas om Observerat Chi2 > det Kritiska värdet.

Förkasta Ho?	nej	nej	nej	nej	nej	JA!
--------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Ho måste förkastas.

p 0,025

Chi 2-testet avseende poäng

Beräkningen baseras på medelvärdet för respektive grupp, respektive test och för respektive område s1 till s5 samt måltavlorna p1 till p5 i testet (Tabell B 3). Varje testresultat är i sin tur medelvärdet av fem körningar. Det värde som avgör signifikant skillnad beräknas enligt tabellen nedan och uppställningen av testet åskådliggörs nedan.

Konfidentsgrad	0,050
Rader	2
Kolumner	10
Frihetsgrad = (rader - 1) x (kolumner - 1)	9
Kritiskt värde	16,919

Tabell B 3.

Prestation per test för kranspetsgruppen och den konventionella gruppen. Till vänster syns konfidensintervallet i form av maximala och minimala värdet för respektive test i vardera gruppen, och nederst syns konfidensintervallet för samtliga test från 1 till 7. "s" är standardavvikelse och "p" är konfidensintervall.

CHI-2 TEST förväntade värden

Typ av poäng:	s1	s2	s3	s4	s5	p1	p2	p3	p4	p5	Summa
GRUPP											
Kranspetsgruppen	1,18	45,02	5,61	32,39	2,76	5,37	9,35	10,37	12,09	6,53	48,44
Konventionella gr.	1,85	70,28	8,76	50,56	4,32	8,39	14,59	16,20	18,87	10,19	75,63
Summa	1,13	42,74	5,33	30,75	2,63	5,10	8,88	9,85	11,48	6,20	45,99

CHI-2 TEST erhållna värden.

Typ av poäng:	s1	s2	s3	s4	s5	p1	p2	p3	p4	p5	Summa
GRUPP											
Kranspetsgruppen	0,58	16,64	1,15	8,55	0,98	2,55	4,35	5,00	5,70	2,95	48,44
Konventionella gr.	0,55	26,10	4,18	22,20	1,65	2,55	4,53	4,85	5,78	3,25	75,63
Summa	1,13	42,74	5,33	30,75	2,63	5,10	8,88	9,85	11,48	6,20	45,99

CHI-2 TEST observerat Chi2 = observerat Chi2 = summan av (observerat-förväntat)^2/förväntat.

Typ av poäng:	s1	s2	s3	s4	s5	p1	p2	p3	p4	p5	Summa
GRUPP											
Kranspetsgruppen	0,31	17,8	3,54	17,54	1,15	1,48	2,67	2,75	3,37	1,96	52,72
Konventionella gr.	0,91	27,7	2,39	15,91	1,64	4,06	6,94	7,94	9,08	4,73	81,41
Obs. Chi2:	1,22	45,66	5,94	33,45	2,80	5,54	9,61	10,73	12,46	6,69	134,14

Ho förkastas om Observerat Chi2 > det Kritiska värdet.

Förkasta Ho?	nej	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	JA!
--------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Ho måste förkastas.

p 0,000

Bilaga 4

Prestation och tid

Tabell B4 och B 5 nedan visar prestation och tid för grupperna över varje test. Till höger visas konfidensintervall för testet och nederst visas totalt intervall.

Tabell B4.

Prestation per test för kranspetsgruppen och den konventionella gruppen. Till vänster syns konfidensintervallet i form av maximala och minimala värdet för respektive test i vardera gruppen, och nederst syns konfidensintervallet för samtliga test från 1 till 7. "s" är standardavvikelse och "p" är konfidensintervall.

Kranspetsgruppen					Konventionella gruppen				
Prestation (tid inkl. fel)					Prestation (tid inkl. fel)				
Test	Medeltid	s	p	Max	Test	Medeltid	s	p	Max
1	4,78	1,44	1,26	6,04 3,52	1	5,82	1,23	1,08	6,90 4,75
2	4,64	0,84	0,74	5,38 3,90	2	5,14	1,15	1,01	6,15 4,13
3	4,30	0,87	0,76	5,06 3,54	3	4,75	1,17	1,03	5,77 3,72
4	3,90	0,72	0,63	4,53 3,26	4	4,79	1,04	0,91	5,70 3,88
5	3,59	0,59	0,52	4,10 3,07	5	4,68	0,71	0,62	5,30 4,06
6	3,51	0,74	0,65	4,15 2,86	6	4,58	0,77	0,68	5,26 3,91
7	3,35	0,60	0,53	3,88 2,82	7	4,17	0,64	0,56	4,73 3,61
	3,96	Medel				4,79	Medel		
	0,96	s				1,05	s		
	0,33	p				0,36	p		
	4,29	Max /				5,14	Max /		
	3,63	Min				4,43	Min		

Tabell B5.

Tider per test för kranspetsgruppen och den konventionella gruppen. Till vänster syns konfidensintervallet i form av maximala och minimala värdet för respektive test i vardera gruppen, och nederst syns konfidensintervallet för samtliga test från 1 till 7. "s" är standardavvikelse och "p" är konfidensintervall.

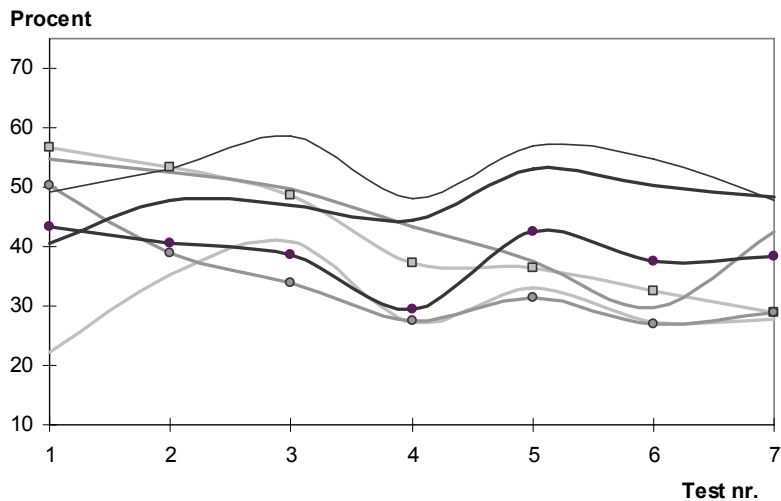
Endast tid					Konventionella gruppen				
Endast tid					Endast tid				
Test	Medeltid	s	p	Max	Test	Medeltid	s	p	Max
1	3,55	1,20	1,06	4,60 2,49	1	3,52	0,87	0,76	4,28 2,76
2	3,53	0,81	0,71	4,24 2,82	2	3,27	0,79	0,69	3,97 2,58
3	3,38	0,74	0,65	4,03 2,74	3	3,25	0,90	0,79	4,03 2,46
4	3,13	0,67	0,59	3,72 2,54	4	3,33	0,76	0,67	4,00 2,66
5	2,87	0,49	0,43	3,30 2,43	5	3,45	0,58	0,51	3,96 2,94
6	2,87	0,63	0,55	3,42 2,31	6	3,50	0,71	0,62	4,12 2,88
7	2,77	0,60	0,53	3,30 2,24	7	3,15	0,67	0,59	3,74 2,57
	3,13	Medel				3,33	Medel		
	0,78	s				0,75	s		
	0,27	p				0,26	p		
	3,40	Max				3,58	Max		
	2,87	Min				3,07	Min		

Bilaga 5

Nasa-TLX

Nedan representeras gruppernas värdering av belastning vid körning i simulatorn under testerna (Figur B2 och B 4). Kurvorna representerar de sju kategorierna över de sju testerna.

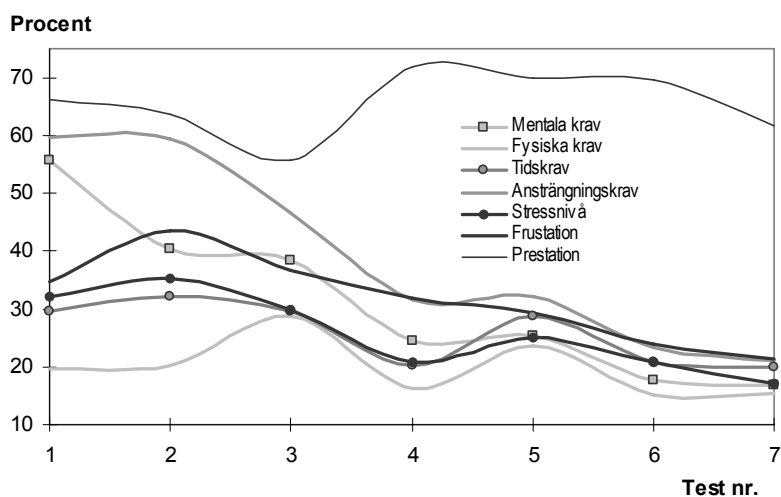
Nasa-TLX: Konventionell. Värdering per test



Figur B2.

Nasa –TLX resultat angivna per kategori symboliserade av respektive kurva. Kurvorna förklaras i tabellen nedan. Notera att kurvorna i det närmaste är sinsemellan parallella genom samtliga test.

Nasa-TLX: Kranspets. Värdering per test



Figur B3.

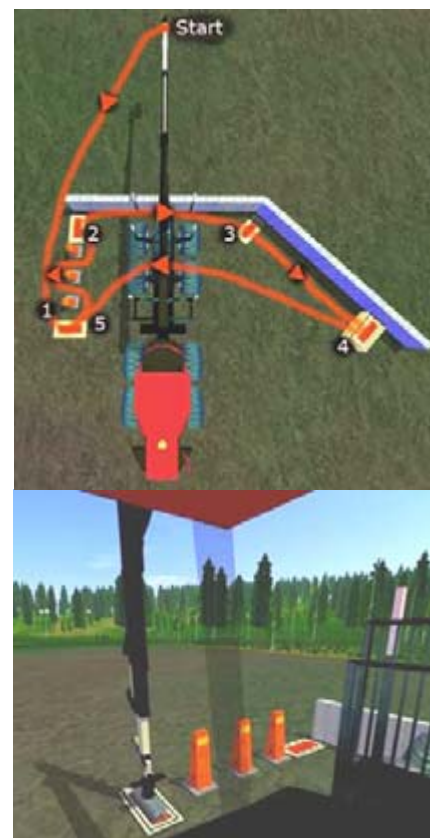
Nasa –TLX resultat angivna per kategori och symboliserade av respektive kurva. Kurvorna förklaras i tabellen i diagrammet. Notera att kurvorna i det närmaste är sinsemellan parallella genom samtliga test, undantaget den starkt avvikande kategorin prestation.

Blankett 1: Testinstruktioner

Testet utvärderar endast din förmåga att manövrera kranen. Flytta inte skotaren. Manövrera försiktigt och mjukt. Undvik gungning och hastiga stopp.

Kör testet på följande sätt:

- Start.** Testet startar när du trycker på vindrute-torkarknappen. Efter nedräkningen kan du börja att manövrera kranen.
- 1.** För kranens spets, vidhängande vänster måltavla. Placera in plattan i bullseye efter bästa förmåga. Var noggrann. Undvik kontakt med allt annat än måltavlan (Figur B4).
- Slalom.** För kranetspetsen och plattan lugnt förbi konerna i slalommönster. Håll plattan under de gula markeringarna på konerna. Undvik all kontakt.
- 2.** Placera in plattan i måltavlan på samma sätt som vid den första.
- Höjd.** För kranens spets till vänster sida av lastbäraren. Undvik kontakt med skotarens alla delar. Se till att kranetspetsen inte hamnar utanför muren.
- 3.** Placera in plattan i måltavlan.
- Horisontal.** Följ den röda linjen efter bästa förmåga längs muren. Håll kranetspetsen under murens överkant hela vägen till nästa mål. Undvik all kontakt.
- 4.** Placera in plattan i måltavlan. Håll dig under murens överkant. Undvik kontakt med allt annat än måltavlan.
- Höjd.** För kranens spets till vänster sida av lastbäraren. Undvik kontakt med skotarens alla delar.
- Stopp.** Avsluta testet genom att placera in plattan första måltavlan.



Figur B4.
Överst: Vy ovanifrån.
Underst: vy från hytten.

Bilaga 7

Blankett 2: Bakgrundsfrågor

Ditt nr: ____ Ålder: ____ Datum: ____/____/____-04 Anonym? (j/n): ____ Utbildning/Program/Linje: _____

Vilka av följande fordon har du kört någon gång:

Lastbil	☐	Annat fordon, motorredskap eller liknande:	
Personbil	☐		
Motorcykel	☐		
Moped	☐		
Traktor	☐		
Skotare	☐		

Vilka fordon Kör du regelbundet (minst någon gång i månaden):

Lastbil	☐	Annat fordon, motorredskap eller liknande:	
Personbil	☐		
Motorcykel	☐		
Moped	☐		
Traktor	☐		
Skotare	☐		

Hur många lektionstimmar har du kört skotare? Hur många av lektionstimmarerna har du kört med minispakar (Timberjacken)?

Dina intressen:

Teknik och	☐	Annat, eller kommentarer:	
Matematik	☐		
Språk	☐		
Djur och natur	☐		
Musik	☐		
Sport	☐		
Data	☐		

Har du tidigare haft kontakt med skogsindustrin? På vilket sätt?

Din vana av dataspel:	Dataspel med Styrdon:	Typ av styrdon:
Spelar dagligen	Spelar dagligen	Joystick
Spelar någon gång i v.	Spelar någon gång i	Handkontroll (mitten)
Spelar någon gång i	Spelar någon gång i	Ratt/Flygstyrdon
Har endast provat	Har endast provat	Pedaler
Har aldrig spelat	Har aldrig spelat	Annat



Blankett 3: Övningsutvärdering kranspetsgrupp

Ditt nr: _____ Datum: __/__/2004 Övningsstimme nr: _____

Kryssa för det alternativ som bäst stämmer överens med din uppfattning. Frågorna avser endast styrning av kranen.

Hur har följande FÖRÄNDRATS sedan förra övningen?

Min egen skicklighet är nu allmänt:

Min precisionskörning vid låg hastighet känns nu:

Säkerhet* och precision vid körning i hög hastighet känns nu:

Jag känner att min kontroll över kranen nu är:

Sämre	Oförändrad	Lite bättre	Bättre	Mycket bättre
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

Det känns som jag nu kan köra jämnt, i ett svep:

Jag förstår nu hur spakarna och kranen samverkar:

Sämre	Oförändrad	Lite bättre	Bättre	Mycket bättre
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

När jag kör kranen måste jag nu stanna upp och tänka:

Nu när jag kör, känns det som jag måste anstränga mig:

Mer	Lika mycket	Lite mindre	Mindre	Mycket mindre
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

Hur tycker du att du UTVECKLATS?

Jag har lärt mig mycket sen förra gången.

Jag har inte utvecklats alls.

Stämmer inte alls	Stämmer inte helt	Ingen skillnad	Stämmer hyfsat	Stämmer bra
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

Vad tycker du om din prestation JUST NU?

Jag tycker att jag kör säkert.

Jag kör snabbt och effektivt.

Jag kör långsamt och exakt.

Jag kör effektivt och exakt.

Jag kör osäkert än så länge.

Stämmer inte	Stämmer knappt	Det varierar	Stämmer hyfsat	Stämmer bra
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

* Säkerhet avser minskad risk för skada. Tänk dig att du skulle lägga virke direkt i famnen på din kollega. Hur säkert kör du?

Bilaga 9

Blankett 4: Övningsutvärdering konventionell grupp

Ditt nr: _____ Datum: __/__/2004 Antal dagar träning på skolan: ____ Timberjack/Ecolog:____

Kryssa för det alternativ som bäst stämmer överens med din uppfattning om din träning på Jällaskolan. Frågorna avser endast styrning av kranen.

Hur har följande FÖRÄNDRATS sedan förra tillfället?

Min egen skicklighet är nu allmänt:

Min precisionskörning vid låg hastighet känns nu:

Säkerhet*och precision vid körning i hög hastighet känns nu

Jag känner att min kontroll över kranen nu är:

Sämre	Oförändrad	Lite bättre	Bättre	Mycket bättre
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

Det känns som jag nu kan köra jämnt, i ett svep:

Jag förstår nu hur spakarna och kranen samverkar:

Sämre	Oförändrad	Lite bättre	Bättre	Mycket bättre
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

När jag kör kranen måste jag nu stanna upp och tänka:

Nu när jag kör, känns det som jag måste anstränga mig:

Mer	Lika mycket	Lite mindre	Mindre	Inte alls
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

Hur tycker du att du UTVECKLATS sedan förra tillfället?

Jag har lärt mig mycket sen förra gången.

Jag har inte utvecklats alls.

Stämmer inte alls	Stämmer inte helt	Ingen skillnad	Stämmer hyfsat	Stämmer bra
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

Vad tycker du om din prestation JUST NU?

Jag tycker att jag kör säkert.

Jag kör snabbt och effektivt.

Jag kör långsamt och exakt.

Jag kör effektivt och exakt.

Jag kör osäkert än så länge.

Stämmer inte	Stämmer knappt	Det varierar	Stämmer hyfsat	Stämmer bra
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐	☐

* Säkerhet avser minskad risk för skada. Tänk dig att du skulle lägga virke direkt i famnen på din kollega. Hur säkert kör du?

Blankett 5: Testutvärdering Nasa -TLX

Ditt nr: _____ Datum: __/__/2004 Test nr: _____

Placera ditt kryss på linjen mycket omsorgsfullt så att det motsvarar dina upplevelser under testet på bästa sätt!

Mentala krav: Hur värderar du den mentala kapaciteten som krävdes under testet? Det vill säga hur mycket var du tvungen att tänka under testkörningen? Var den mentala ansträngningen låg eller hög?

Låg ●—————● Hög

Fysiska krav: Hur värderar du den fysiska aktiviteten som krävdes under testet? Det vill säga, hur mycket anser du att du var tvungen att handha reglage, röra på huvudet, byta ställning eller liknande, under testkörningen? Var den fysiska ansträngningen låg eller hög?

Låg ●—————● Hög

Tidsmässiga krav: Hur värderar du tidspressen under testkörningen? Var tidspressen låg eller hög?

Låg ●—————● Hög

Prestationskrav: Hur värderar du din egen prestation vid testet? Hur väl tycker du att du utförde uppgiften? Var din prestation låg eller hög?

Låg ●—————● Hög

Ansträngningskrav: Hur värderar du din egen ansträngning för den aktuella prestationen, både mentalt och fysiskt? Var din ansträngning låg eller hög?

Låg ●—————● Hög

Stressnivå: Hur värderar du den psykiska stressen under testet? Kände du dig avslappnad eller spänd- och hur mycket? Var du nervös eller lugn, samt hur mycket? Var stressen låg eller hög?

Låg ●—————● Hög

Frustrationssnivå: Hur värderar du dina egna upplevelser av frustration under testet? Kände du dig osäker, oengagerad, irriterad och arg eller istället säker, engagerad, nöjd och avslappnad? Var frustrationen låg eller hög?

Låg ●—————● Hög

Blankett 6: Simulator vs verklighet

Ditt nr: _____ Datum: __ / __ 2004

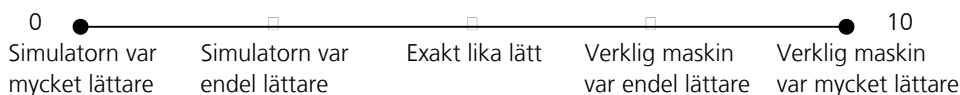
När du jämför simulatoren med de maskiner du kört på skolan; jämför BARA krankörningen, INTE terrängkörning med skotaren.

Upplevde du någon skillnad i svårighetsgrad med att köra simulatorkranen jämfört med verklig kran?

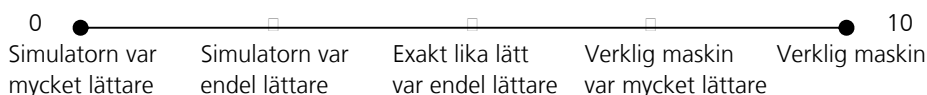
JA ☐NEJ ☐

Om "JA", vilken skillnad?

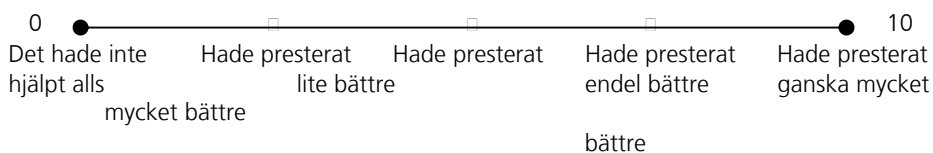
Styrning av kranen: Hur var det totalt sett att styra kranen i simulatoren jämfört med i verkligheten? Lätt eller svårt?



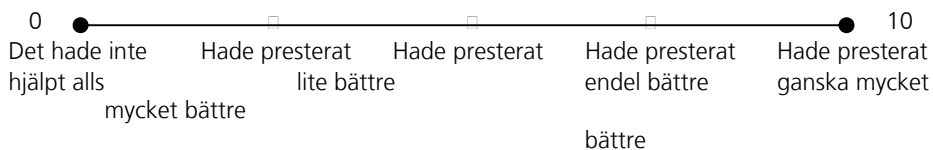
Precision: Hur var det att precisionsköra i simulatoren jämfört med i verkligheten? Lätt eller svårt?



Tester I: Hur hade du presterat på testerna om du fått öva mer i simulatoren?



Tester II: Hade du presterat bättre på testerna om de gjordes i verkligheten?



Körkänsla: Hur verkligt kändes det att köra kranen i simulatoren?



