



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 826–2014

Mätning av mental arbetsbelastning – En metodstudie

Measurement of mental workload
– A method study

Martin Englund



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 826–2014

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

Titel:

Mätning av mental arbetsbelastning
– En metodstudie.

Measurement of mental workload:
– A method study.

Bildtext:

Krankörningbanan som användes i studien.

Ämnesord:

HMI, människa maskininteraktion, NASA-TLX, kran, psykofysiologi, mental arbetsbelastning.

HMI, human-machine interaction, NASA-TLX, crane, psychophysiology, mental workload.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2014

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

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

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Martin Englund, civ.ing. Arbetar på Skogforsk sedan 2009 inom programmet Teknik. Forskar kring ergonomi och människa-maskin-interaktion i skogsmaskiner.

Abstract

The aim of the study was to examine methods for measuring mental workload of forest machine operators. Using a simulator, two study participants performed a task that involved controlling a forwarder crane. The task was carried out under two different conditions, adapted to vary the degree of difficulty. The hope was that the different degrees of difficulty would produce a corresponding difference in mental workload, which could then be measured using various methods.

Data collected in the study comprised operator performance, joystick movements, and psychophysiological reactions during the task, and then a subjective assessment of the workload.

A strong correlation was observed between performance, joystick movements and the subjective assessments. Psychophysiological reactions were more difficult to interpret, but possibly showed variation between work and rest. The difference in workload could be detected in the other methods, but not through the physiological reactions. This may have been due to the design of the task, which allowed the participants to work at maximum level in both situations.

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Bakgrund	2
Syfte.....	2
Metod.....	2
Beskrivning av testuppgiften.....	3
Mätmetoder	5
Prestation.....	5
Spakrörelser.....	5
Psykofysiologiska mått	8
Självskattning	9
Resultat	9
Prestation	9
Spakrörelser.....	10
Självskattning av arbetsbelastningen	10
Fingertemperatur och hudkonduktans.....	11
Andningsfrekvens	12
Hjärtfrekvens	13
Diskussion och slutsatser	14
Prestation.....	14
Spakrörelser.....	14
NASA-TLX.....	15
Samband mellan ovanstående metoder	15
Psykofysiologiska mått.....	17
Referenser.....	18
Bilaga 1 Uppgiftsbeskrivning.....	19
Bilaga 2 Algoritm för detektering av nollställen hos derivatan av spaksignalen	21
Bilaga 3 NASA-TLX.....	23
Bilaga 4 Resultat av NASA-TLX	31

Sammanfattning

Syftet med studien var undersöka metoder för att mäta mental arbetsbelastning i skogsmaskiner. Två försöksdeltagare utförde i simulator en uppgift som bestod av styrning av en skotarkran. De genomförde uppgiften under två olika förutsättningar som var anpassade för att variera svårighetsgraden. Förhoppningen var att skillnaden i svårighetsgrad skulle innebära en motsvarande skillnad i mental belastning som skulle kunna mätas med de olika metoder som användes.

De data som samlades in under studien var försöksdeltagarnas prestation, spakrörelser, psykofysiologiska reaktioner under utförandet och efteråt en subjektiv skattning av arbetsbelastningen.

Det fanns till synes en stark korrelation mellan prestation, spakrörelser och de subjektiva skattningarna. De psykofysiologiska reaktionerna var mer svårtolkade och visade möjligtvis på en skillnad mellan arbete och vila. Att skillnaden i belastning som indikerats av de andra metoderna inte gick att avläsa ur de fysiologiska reaktionerna kan ha berott på uppgiftens utformning som tillät försöksdeltagarna att i båda fallen anstränga sig maximalt.

Bakgrund

Skogforsk arbetar med att utveckla metoder för att mäta mental arbetsbelastning i arbete med skogsmaskiner. Målet är att metoderna ska leda till bättre utvärderingar av arbetsmetoder och tekniska lösningar. Den mentala arbetsbelastningen är svår att mäta och det finns ingen tillgänglig metod som är generellt användbar. I stället finns olika typer av mått som kan användas som indikatorer på den mentala belastningen. Hur föraren upplevde belastningen kan fångas med subjektiva utvärderingar. Mått som till exempel hjärtfrekvensvariabilitet och hudkonduktans kan tolkas som förarens fysiologiska svar på stress. Analys av signalerna från spakarna kan användas som ett mått på hur mycket föraren måste arbeta för att styra kranen. Prestationen i en uppgift är resultatet av förarens ansträngningar, och givet att förutsättningarna för uppgiften i övrigt var lika, kan den användas som ett mått på hur en variabel påverkade svårigheten i en uppgift. Vilka metoder som är tillämpliga bör variera beroende på i vilken miljö studien sker, t.ex. i simulator eller en verklig maskin, och på vilken aspekt av förarens arbete som studeras.

Syfte

Studiens syfte var att utvärdera olika metoder som skulle kunna användas som indikatorer på den mentala arbetsbelastningen hos skogsmaskinförare.

Metod

En kranmanövreringsuppgift i en simulator genomfördes av två försöksdeltagare. Uppgiften genomfördes två gånger av båda försöksdeltagarna under två olika förutsättningar som var konstruerade för att ge en skillnad i uppgiftens svårighetsgrad. För att på ett kontrollerat sätt kunna variera arbetsbelastningen skapades en testbana i Skogforsks skogsmaskinsimulator, Troëdsson Forest Technology Lab.

Förutsättningen som varierades var hur kranen var placerad relativt operatören. Bakgrunden och verklighetsanknytningen till detta är de olika konstruktionsprinciper som olika tillverkare använder och som innebär skillnader i kranens placering. En vanligt förekommande konstruktion är att placera kranen och hytten på samma plattform, vilket leder till att kran och hytt alltid har samma riktning. Kranen är då placerad direkt till höger om hytten. Ytterligare en placering av kranen relativt operatören har uppkommit genom systemet med den fjärrstyrda skördaren ”Besten”. Kranen på ”Besten” styrs av operatören som sitter i skotaren, vilken befinner sig i nära anslutning. Kranens position relativt operatören varierar då med hur maskinerna positioneras i förhållande till varandra.

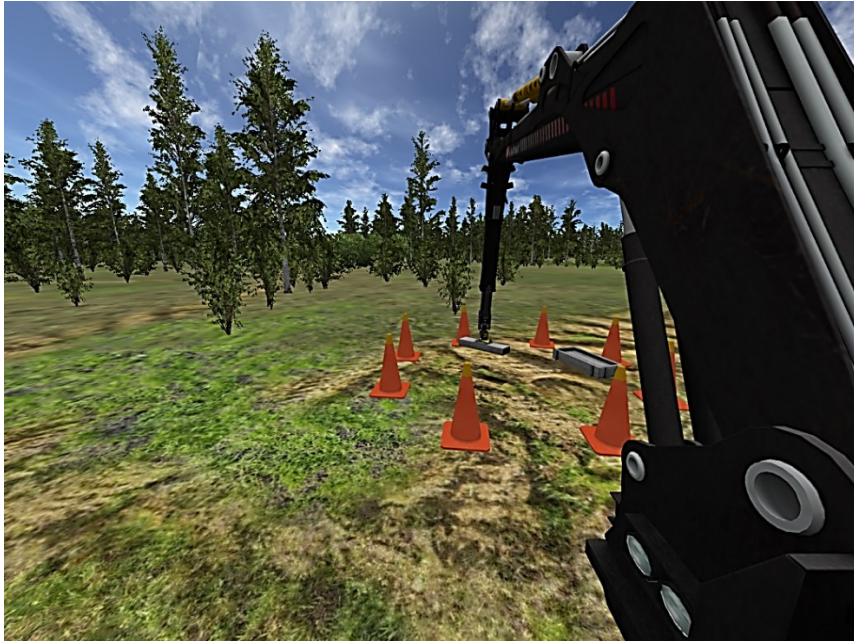
Förhoppningen var att skillnaden i svårighetsgrad skulle innebära en motsvarande skillnad i mental belastning som skulle kunna mätas. Metoderna som användes för att mäta arbetsbelastningen var olika psykofysiologiska mått, analys av spakrörelser och självskattning av belastningen genom NASA-TLX-skalan.

I den vanligaste konstruktionen för skördare i dag är kranen placerad några meter framför hytten på maskinens centrumlinje i längdled. En del maskiner av denna konstruktion har en hytt som automatiskt roterar i riktning mot kranspetsen. Denna variant prövades men användes inte i studien eftersom kranen skymde sikten för mycket.

BESKRIVNING AV TESTUPPGIFTEN

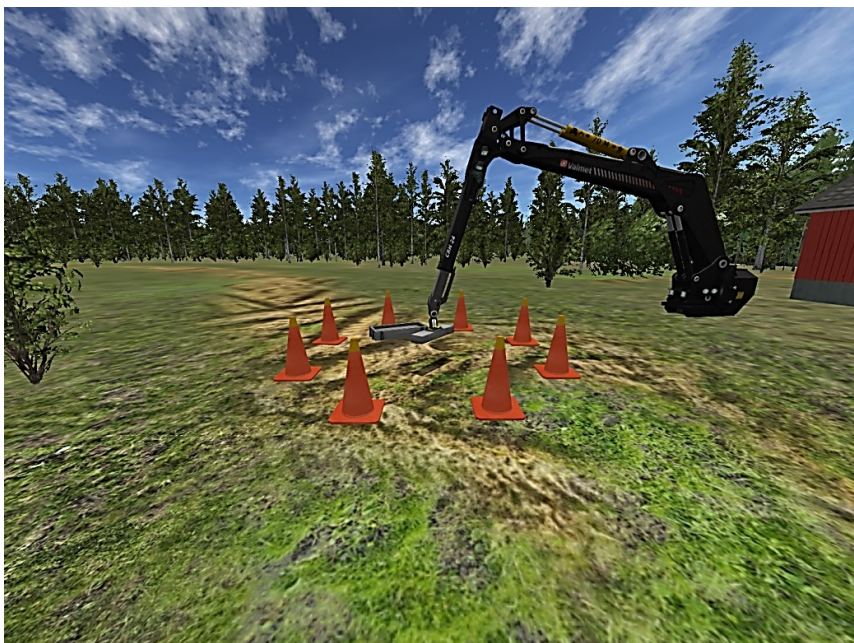
För studien skapades tillsammans med simulatorleverantören Oryx Simulation AB, en speciell bana i simulatormiljön. Banan bestod av åtta koner som var placerade i en cirkel. Kranen var placerad strax utanför cirkeln. I kranspetsen fanns inget aggregat eller någon grip utan bara ett rätblock. Uppgiften som försöksdeltagarna skulle utföra bestod i att köra slalom med rätblocket mellan konerna. Varannan kon skulle således passeras på insidan och varannan på utsidan av cirkeln. Operatörerna skulle föra rätblocket runt banan så snabbt som möjligt utan att krocka med konerna. Se Bilaga 1 för de kompletta skriftliga instruktionerna försöksdeltagarna fick.

Varje försöksdeltagare genomförde uppgiften från två olika positioner relativt kranen. Vid position 1 (Figur 1) satt operatören bredvid kranen, med kranen på sin högra sida. Riktningen på förarens vy över koncirkeln var gemensam med kranens riktning. När kranen svängde följde förarens position med så att kranspetsen alltid var rakt fram. Position 1 representerar därmed den andra kranplaceringen som beskrivs ovan.



Figur 1.
Banan sedd från position 1.

I den andra positionen (Figur 2) satt operatören på samma avstånd till cirkeln som tidigare men i en rät vinkel i förhållande till kranen sett från cirkelns mitt. position 2 representerar en placering av skördarens kran som vid ogynnsamma förutsättningar att placera maskinerna skulle kunna uppkomma vid användning av Bestensystemet.



Figur 2.
Banan sedd från position 2.

Eftersom kranen hade samma position relativt cirkeln i båda fallen, gav samma spakrörelser ett identiskt resultat oberoende av operatörens position. Det fysiska arbetet att kontrollera spakarna var alltså det samma. Eventuella skillnader i prestation och arbetsbelastning borde därför berott på att kranens relativa placering tvingar operatörerna till ett annat mentalt arbete.

Försöksdeltagarna var två personer som arbetade på Skogforsk och hade erfarenhet av att köra skogsmaskiner. Båda försöksdeltagarna hade också tidigare erfarenhet av att köra skördare i simulatören. Den skördare som finns i simulatören har kranen placerad på samma plattform som hytten. De hade mycket liten eller ingen erfarenhet av att fjärrstyra en kran från en betydligt annorlunda vinkel.

Antagandet var att de skulle finna det svårare och prestera betydligt sämre från position 2 på grund av större mental belastning. Förhoppningen var att lyckas fånga denna skillnad med de olika metoderna för att mäta mental belastning.

MÄTMETODER

De data som samlades in under studien var försöksdeltagarnas prestation, spakrörelser, psykofysiologiska reaktioner och subjektiva skattning av arbetsbelastningen.

Prestation

Prestationen definierades som sekunder per varv och beräknades som ett medelvärde för körningarna från respektive position. Tiden för varje körning var tre minuter och resultatet var medeltiden per varv för de hela varv som försöksdeltagaren hann genomföra.

Spakrörelser

Under försöket registrerades alla signaler från spakarna som användes för att kontrollera kranen. Data om storlek och riktning av spakutslagen var möjliga att få direkt från simulatören. De signaler som loggades var kranens sväng, huvudarm, vipparm, utskjut och rotator. Alla signalerna kom från spakutslag förutom utskjutet som kontrollerades av en analog vipa som satt på ena spaken. Inga andra knappar eller reglage hade någon funktion i studien.

Data om spakarnas och vippans position registrerades varje gång det skedde en förändring, eftersom operatören använde funktionerna kontinuerligt, i praktiken innebar det en samplingsfrekvens på 50–60 Hz.

Det fanns vid studiens genomförande ingen, för författaren känd, metod för analys av spakrörelser. En metod utvecklades därför kring hypotesen att fler ändringar av riktningen på spakrörelserna för ett givet arbete indikerar större svårighet i kranarbetet. Hypotesen bygger på antagandet att om förutsättningarna att styra kranen är goda, kan operatören göra långa kontinuerliga rörelser med spakarna. Är förutsättningarna sämre måste operatören hela tiden göra mindre korrigeringar för att ta sig igenom banan, vilket borde innebära fler spakrörelser. Antalet ändringar av spakarnas rörelseriktning per varv används därför som ett mått på svårigheten i spakarbetet. Större svårighet att styra rätblocket borde i sin tur leda till högre mental arbetsbelastning.

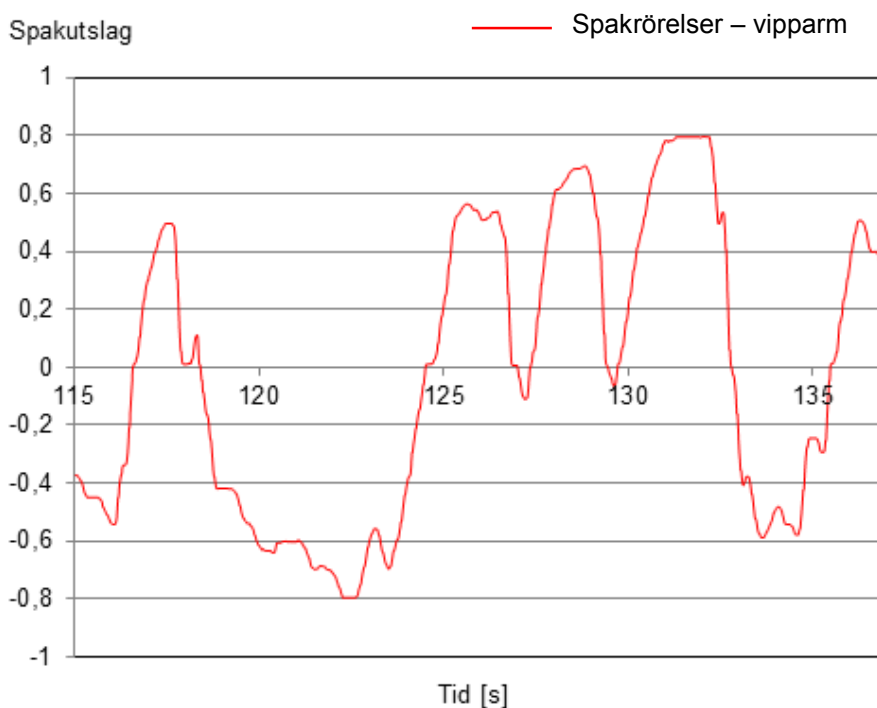
De spakrörelser som krävdes för att navigera rätblocket runt slalombanan var identiska från båda positionerna.

Målet med analysen av spakrörelserna var att identifiera och räkna alla ändringar av spakarnas rörelseriktning som var stora nog att kunna anses ha gjorts i avsikt att styra kranen. Begreppet ”spakarnas rörelseriktning” innefattar inte vilken sida om neutralläget en spak befann sig, vilket i och för sig inte avgör kranens rörelseriktning, utan i vilken riktning spakarna rör sig. Till exempel kan en spak hela tiden befinna sig till vänster om neutralläget men ändå registreras för ändringar av rörelseriktningen genom att omväxlande närma sig neutralläget eller röra sig bort från det.

Databehandling

Riktningssändringarna detekterades genom att hitta nollställena hos derivatan av filtrerade kurvor för spakrörelserna.

De ursprungliga signalerna innehöll en del brus. Med brus menas här sådana variationer i signalen som inte kan anses komma från att operatören genomför en avsiktlig spakrörelse i syfte att styra kranen. Bruset i signalen skulle ha gjort att nollställena hos dess derivata som kommer från avsiktliga spakrörelser skulle ha kommit bort bland det mycket större antalet nollställena som kommer från små oavsiktliga variationer.

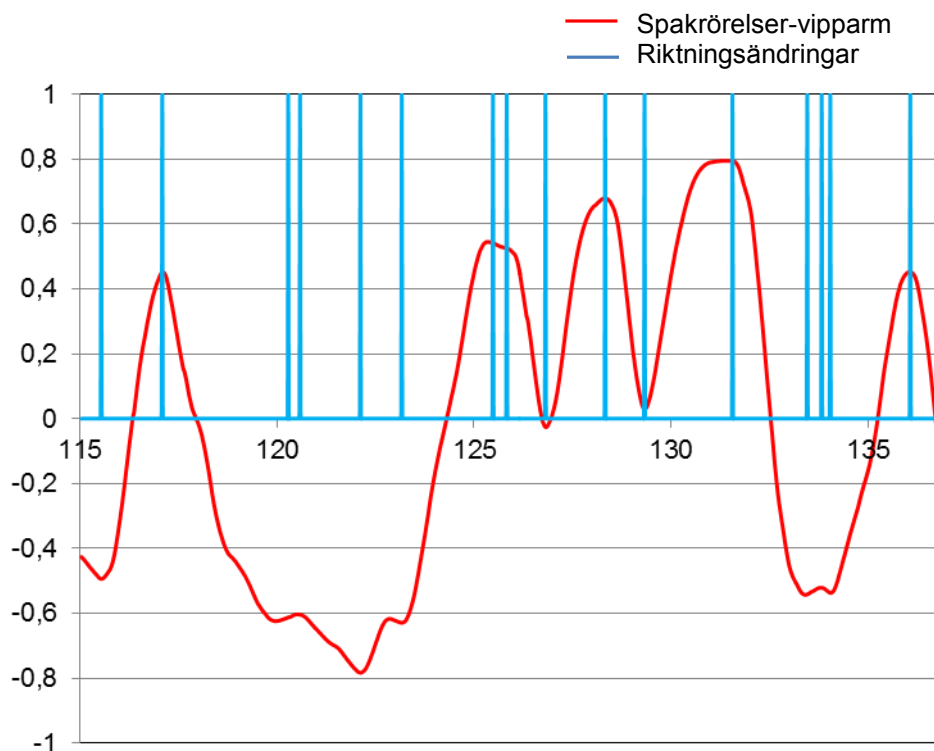


Figur 3.
Ursprunglig signal från spakrörelserna som styr vipparmen.

För att bli av med bruset jämnades kurvan ut med ett löpande medelvärde över 40 registrerade värden, d.v.s. knappt en sekund. Beslutet av hur hård filtrering som görs innehåller naturligtvis en subjektiv bedömning av vad som är brus och vad som är avsiktliga rörelser.

Även efter medelvärdesutjämningen kvarstod en del mindre fluktuationer av spakutslagen främst vid spakarnas neutral- och extremlägen, vilka skulle ge upphov till extra nollställena. Detta hanterades genom en avrundning till närmsta värde med tre decimaler.

Riktningssändringarna detekterades genom att resulterande data deriverades och undersöktes för teckenväxlingar och nollställena. Algoritmen som användes i MS Excel för undersökningen finns i Bilaga 2. Den skulle förfinas ytterligare men ansågs redan här resultera i tillräckligt få missade avsiktliga rörelser och lite registrerat brus.



Figur 4.
Utjämnad och avrundad kurva av spakrörelserna som kontrollerar vipparmen. Ändringar av spakarnas rörelseriktning är markerade med ett blått streck. Vid ca 122 s har algoritmen missat att detektera en riktningssändring och möjligtvis detekterat en för mycket vid ca 126 s.

Psykofysiologiska mått

Försöksdeltagarnas fysiologiska reaktioner mättes under körningarna i form av hjärtfrekvens, fingertemperatur, hudkonduktans och andning.

Innan försöksdeltagarna påbörjade körningen kopplades de upp mot den fysiologiska mätutrustningen. Det innebar att sensorer och givare på olika sätt sattes fast på kroppen. Hudkonduktansen mättes mellan två elektroder som placerades på pek- och ringfingrets grundfalanger med hjälp av ett kardborrband. Fingertemperaturen mättes genom att en givare tejpades fast på handflatan nedanför tummen. Den sattes där för att inte vara i vägen under spakarbetet. Vanligtvis mäts fingertemperatur istället på en fingertopp. Elektroder för att mäta hjärtats elektriska aktivitet som gav hjärtfrekvensen placerades mot insidan av handlederna med hjälp av svettband. För att mäta andningsfrekvensen sattes en grimma fast i näsan. Från den löpte en slang från varje näsborre till mätutrustningen som mätte koldioxidinnehållet i luften som varierade med in- och utandningar. Därifrån beräknades andningsfrekvensen automatiskt.

Systemet loggade och visade följande kanaler med mätdata; hudkonduktans, fingertemperatur, utandningsluftens koldioxidinnehåll samt de beräknade kanalerna hjärtfrekvens och andningsfrekvens. Hjärtats elektriska aktivitet i form av en EKG-kurva kunde inte visas eller loggas.

Fingertemperatur och hudkonduktans

Ökad hudkonduktans respektive minskad fingertemperatur anses vara en indikation på ökad stress eller mental belastning. De båda måtten kan svara snabbt på förändringar av försöksdeltagarens tillstånd. Därför bör de vara lämpliga att använda som mått på reaktioner på plötsliga händelser eller förändringar.

Hjärtfrekvens

Högre frekvens på hjärtslagen kan vara en indikation på ökad mental arbetsbelastning.

Hjärtfrekvensvariabiliteten är ytterligare ett mått på mental arbetsbelastning som är möjligt att få ur mätningarna av hjärtats aktivitet. Högre belastning förväntas innebära mindre variabilitet i vissa frekvenser.

Ett enda missat eller felaktigt detekterat hjärtslag får väldigt stor inverkan på analysen av hjärtats frekvensvariabilitet, vilket innebär att det är viktigt att detekteringen av hjärtslag är korrekt. Det var inte med denna utrustning möjligt att studera EKG-kurvan i efterhand för att försäkra sig om att hjärtslagen hade detekterats rätt. Andningen påverkar hjärtfrekvensen genom respiratorisk sinusarytmi. Det är därför viktigt vid mätning av hjärtats frekvensvariabilitet att också mäta andetagens djup och frekvens.

Självskattning

Efter varje genomförd körning fick försöksdeltagaren genomföra en självskattning av den upplevda arbetsbelastningen enligt NASA Task load index (NASA-TLX).

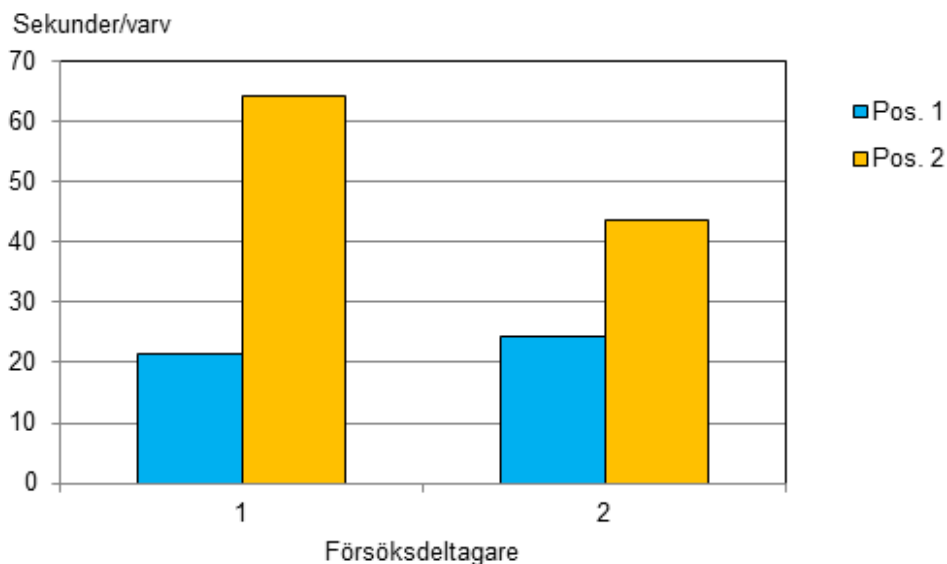
NASA-TLX är en flerdimensionell skala som innehåller olika aspekter av arbetsbelastning. De olika aspekterna är; mentala krav, fysiska krav, tidskrav, prestation, ansträngning och frustration. I metoden ingår (NASA, 1986) en instruktion till försöksdeltagare som genomför den om hur viktning och skattning ska gå till. Inför denna studie gjordes en översättning till svenska av instruktioner och formulär (Bilaga 3).

Det första steget i metoden är att försöksdeltagaren skattar hur stor belastningen var i varje dimension. Försöksdeltagaren anger sen vikten av de olika dimensionerna för uppgiften genom parvisa jämförelser av alla dimensioner. Skattningen för varje dimension multipliceras med dess vikt, vilket resulterar i ett index för total belastning såväl som en nivå för de enskilda dimensionerna.

Resultat

PRESTATION

Prestationen presenteras här i sekunder per varv och är ett medelvärde över de kompletta varv som respektive förare hann med under tre minuter. Båda försöksdeltagarna presterade som väntat bättre från positionen bredvid kranen (position 1, blå stapel) som de var bekanta med sedan tidigare, än från positionen vinkelrätt mot kranen (position 2, gul stapel).

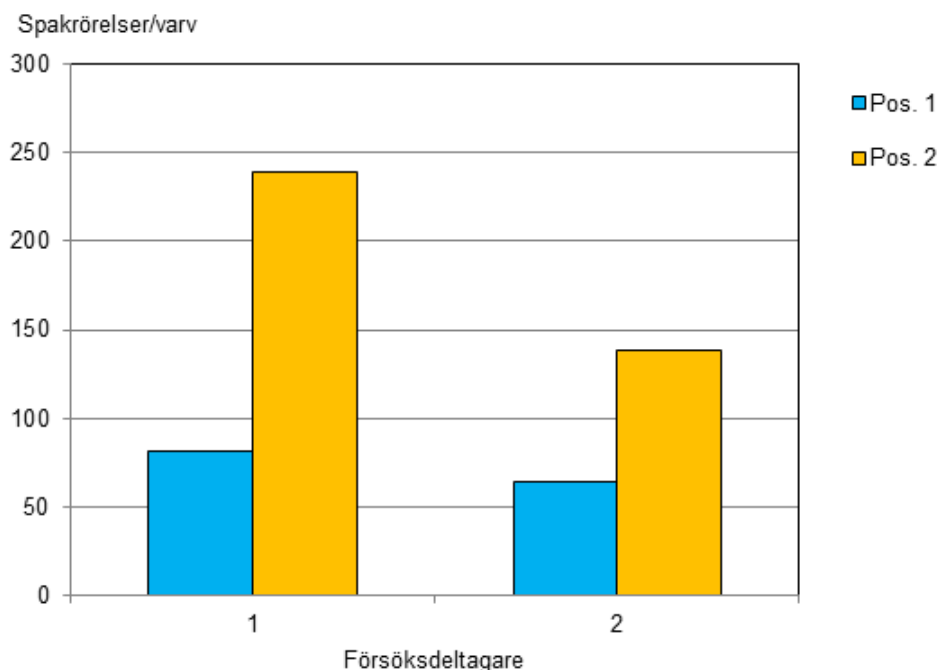


Figur 5. Försöksdeltagarnas prestation från de båda positionerna. Sekunder per varv i medel.

Tiden för varje körning var ca tre minuter, vilket innebar att båda försöksdeltagarna körde betydligt fler varv från position 1 än position 2.

Spakrörelser

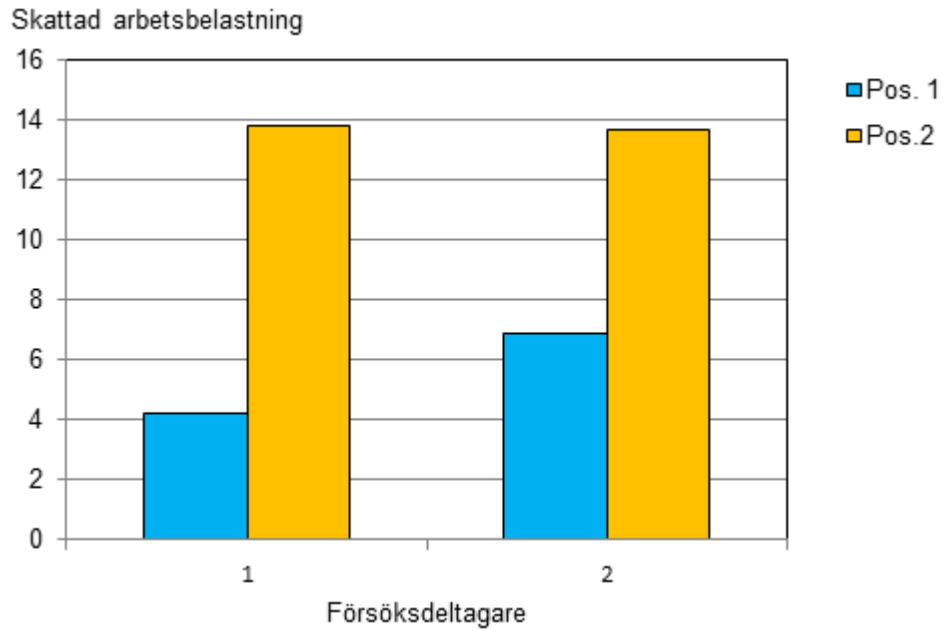
Antalet ändringar av rörelseriktningen hos spakarna presenteras här i ändringar per varv och är ett medelvärde över de kompletta varv som hanns med under tre minuter. Båda försöksdeltagarna gjorde betydligt fler riktningssändringar per varv från position 2, vinkelrätt mot kranen, än från position 1 då de satt bredvid kranen.



Figur 6.
Antal ändringar av rörelseriktning av spakarna per varv.

Självskattning av arbetsbelastningen

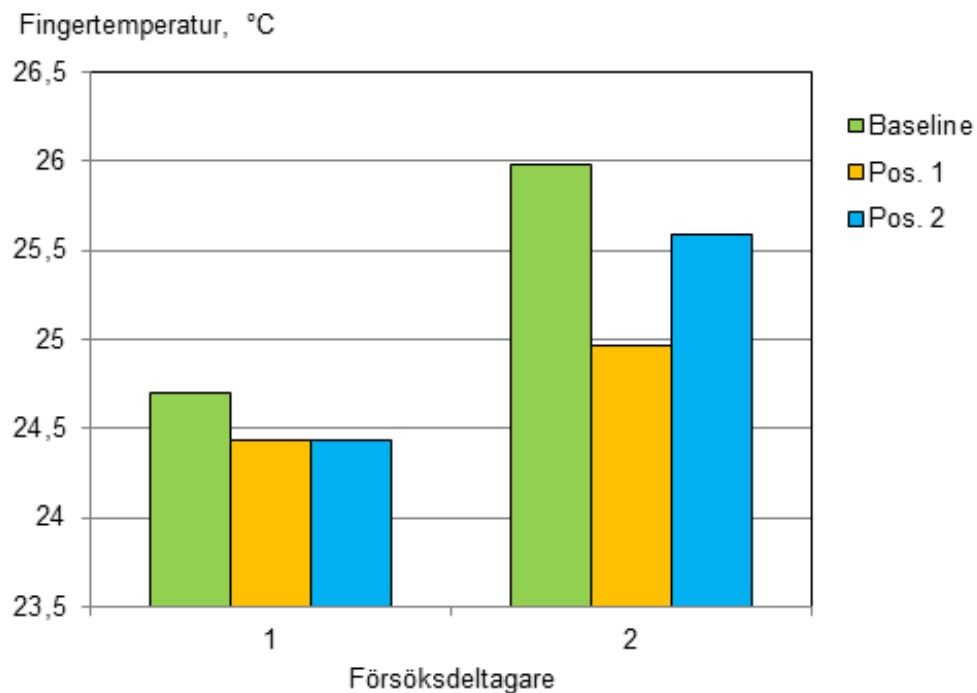
Båda försöksdeltagarna upplevde betydligt större total arbetsbelastning från att köra kranen från position 2 än från position 1. Det gick också med NASA-TLX-metoden att se vilka dimensioner av belastning som upplevdes som betydelsefulla från respektive position. För position 1 var det för båda deltagarna tidskravet, d.v.s. att köra så snabbt som möjligt, som mest bidrog till belastningen. För position 2 var det ”mentala krav” och ”frustration” som var de dominerande dimensionerna. Det skulle kunna tolkas som att det var svårt att köra och de fann sina misstag frustrerande. Se Bilaga 4 för de fullständiga resultaten av självskattningen.



Figur 7.
Skattad total arbetsbelastning enligt NASA-TLX.

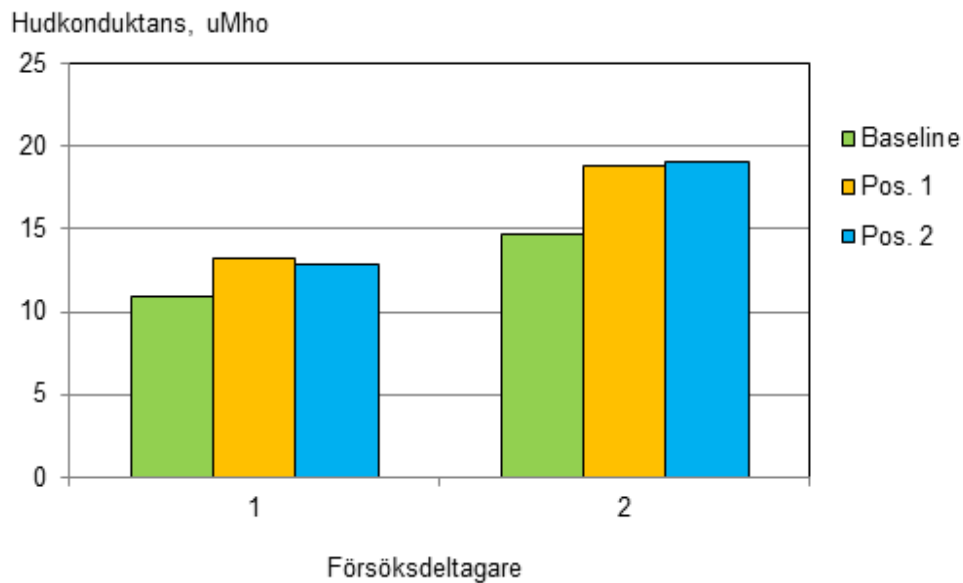
Fingertemperatur och hudkonduktans

Fingertemperaturens medelvärde var för båda försöksdeltagarna högst vid vilan under baseline och lägre under utförandet av uppgiften, vilket stämmer med förväntningarna. Det går dock inte att se att mätningarna visar att någon av positionerna gav upphov till större arbetsbelastning.



Figur 8.
Fingertemperaturens medelvärde.

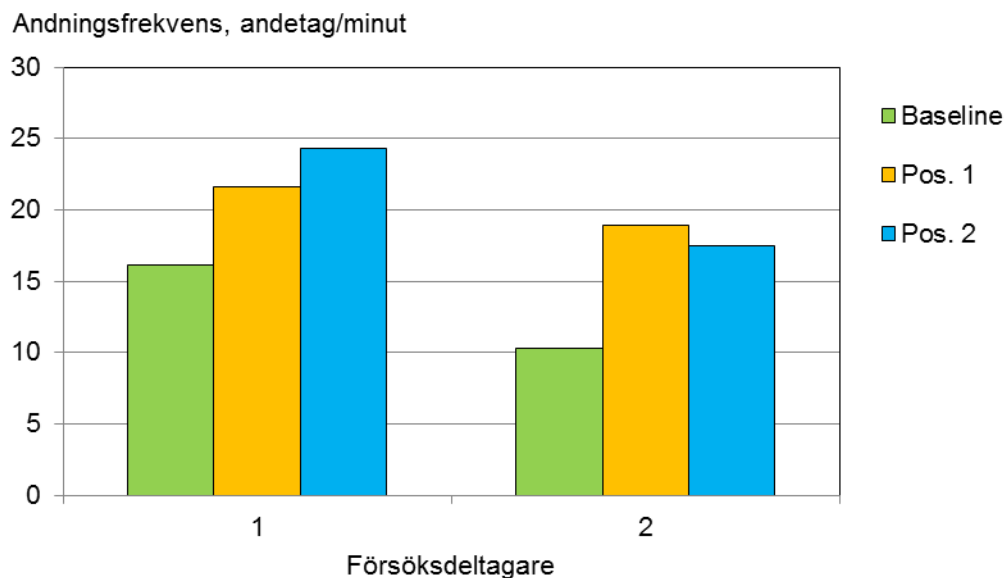
Hudkonduktansens medelvärde var högre under utförande av uppgift än under baseline, vilket stämmer med förväntningarna. Det går dock inte att se att någon av positionerna gav upphov till större arbetsbelastning än den andra.



Figur 9.
Hudkonduktansens medelvärde över hela körningarna.

Andningsfrekvens

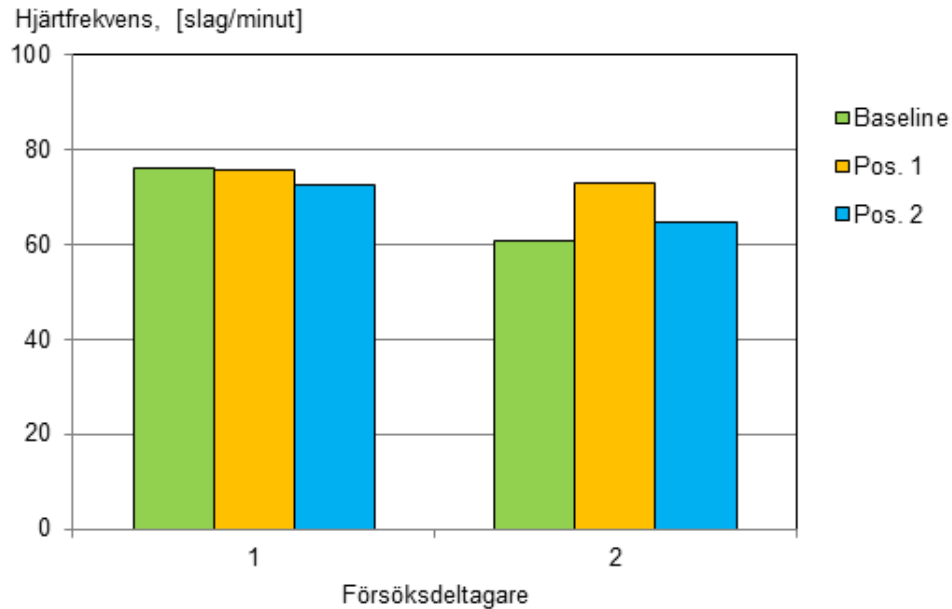
Andningsfrekvensen var i medel högre under utförandet av uppgiften än under vilan vid baseline, vilket stämmer med förväntningarna. Det går dock inte att se något samband med skillnaden i arbetsbelastning mellan position 1 och 2.



Figur 10.
Andningsfrekvens beräknad över hela körningarna.

Hjärtfrekvens

Hjärtfrekvensen i medel för de olika mätningarna visade varken stora skillnader eller synbara samband med arbetsbelastningen, varken mellan baseline- och krankörning eller mellan position 1 och 2.



Figur 11.
Hjärtfrekvensen i medel över hela körningarna.

Kurvorna som visade hjärtfrekvens innehöll ibland plötsliga toppar och dalar där det hade varit nödvändigt att gå tillbaka till EKG-kurvan för att kontrollera detekteringen av hjärtslagen. Det innebar att det var omöjligt att använda hjärtfrekvensvariabilitet som mått på mental arbetsbelastning med de data som var tillgängliga inom denna studie.

Diskussion och slutsatser

Prestation

Ett relevant prestationsmått är centralt för att ha något att relatera operatörens arbetsbelastning till. Vilket mått som är lämpligt beror naturligtvis helt och hållet på den aktuella uppgiften.

Flera olika prestationsmått hade varit möjliga att använda i den här studien. Till exempel skulle precisionen kunna ha varit av intresse. Antalet kollisioner med konerna och marken hade kunnat räknas (försöksdeltagarna var instruerade att inte krocka med konerna och att hålla sig ovanför marken men under konernas topp). Kollisionerna hade kunnat räknas som ett separat mått eller resultat i tilläggstid, som i en tidigare studie på Skogforsk av (Egermark, 2005), som också använde en bana i simulatorn.

Av flera anledningar användes inte försöksdeltagarnas misstag som prestationsmått. Dels fanns det inget tillförlitligt sätt att detektera dem. Det gick inte att automatiskt detektera kollisioner och avgöra om rätblockets läge var över toppen på konerna. Den andra anledningen är att förutom som ett separat mått är det svårt att använda dem. Det går inte att säga hur stor betydelse ett misstag har och avgöra t.ex. hur stort tidstillägg en kollision ska innebära.

Spakrörelser

Inspelningen av spaksignaler från CAN-bussen var enkel att genomföra. Det finns många olika sätt att analysera data. I denna studie valdes i efterhand antalet riktningssändringar av spakrörelser per varv som ett mått på uppgiftens svårighet och därmed operatörens arbetsbelastning.

Att använda riktningssändringar per minut som mått visade sig vara olämpligt för denna uppgift. För båda försöksdeltagarna skiljde antalet per minut marginellt trots de stora skillnaderna i prestation och upplevd belastning. Utförandet av uppgiften från position 2 tycks ha krävt många korrigeringar medan från position 1 var uppgiften enklare och möjlig att utföra i högt tempo. De gav därmed upphov till liknande resultat av helt olika anledningar.

Riktningssändringar per sekund eller liknande kan dock vara relevanta mått för att mäta hur arbetsbelastningen varierar under en större uppgift som innehåller flera olika moment, t.ex. skotningsarbete.

En beskrivning av en liknande metod för analys av spakrörelser har publicerats av (Filla (2011)). Den var dock inte känd under genomförandet och analysen av denna studie. Där beskrivs flera algoritmer för en styckvis linjär approximation av spakrörelserna. Där används antalet brytpunkter för approximationen som ett mått på komplexiteten i spakarbetet, vilken befanns korrelera med arbetsbelastningen. En skillnad mellan de metoder som beskrivs av Filla och den analys som gjordes är vad måtten beskriver. Den styckvisa linjära approximationen ger ett mått på komplexiteten hos signalen men analysen som användes här räknar antalet beslut föraren tar i spakarbetet.

Metoden att analysera data i den här studien verkade ge relevanta resultat men inför andra studier där spakrörelser ska analyseras borde också andra alternativ prövas, t.ex. de som beskrivits av Filla.

NASA-TLX

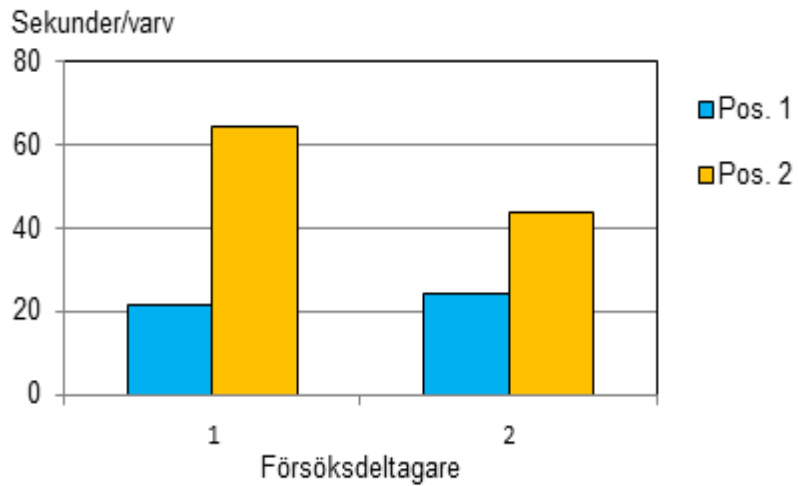
Den subjektiva skattningen var enkel att genomföra och gav tydliga resultat som var enkla att tolka. Dessutom genomförs den efter uppgiften och påverkade därmed inte försöksdeltagaren under studien. Den gick relativt snabbt att göra och den kostade praktiskt taget ingenting. Att belastningen skattas i flera dimensioner var en värdefull egenskap eftersom det tillförde information som inte gavs av någon av de andra metoderna.

Riskerna med en subjektiv metod är att försöksdeltagarna tolkar instruktionerna på olika sätt och därmed skattar olika saker. NASA-TLX-metoden har dock väldigt tydliga instruktioner till försöksdeltagaren för att undvika detta problem men det finns ändå visst utrymme för t.ex. tolkning av innebörden av de olika dimensionerna av arbetsbelastning.

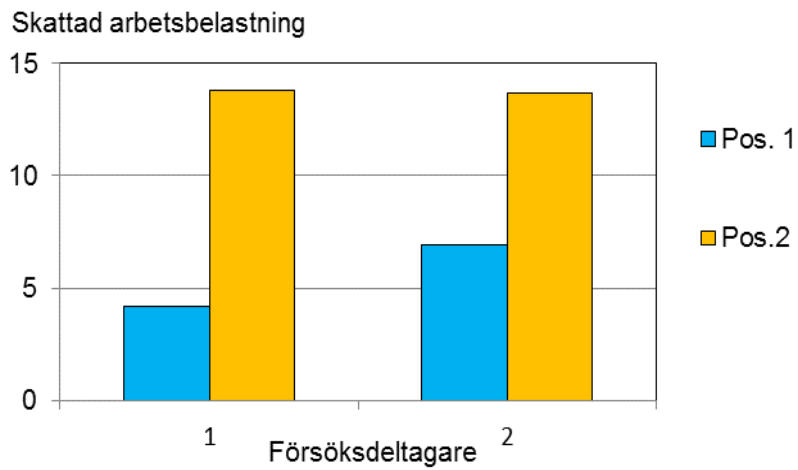
Liknande information kan antagligen fås ur intervjuer med försöksdeltagare. Det innebär större frihet för dem att själva beskriva upplevelsen av belastningen men samtidigt innebär det att resultaten är svårare att tolka. Det finns inte heller något hinder för att kombinera NASA-TLX med en intervju om en personligare beskrivning av arbetsbelastningen är av intresse.

SAMBAND MELLAN OVANSTÅENDE METODER

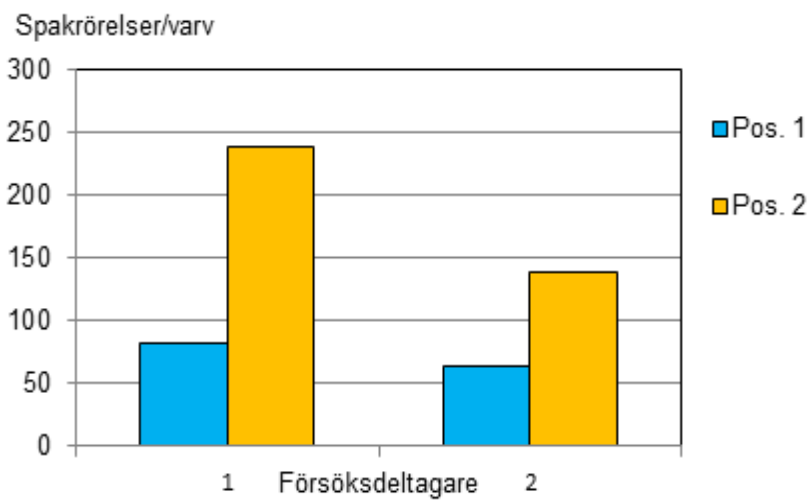
Det finns ett möjligt intressant samband mellan prestation, resultaten från NASA-TLX-undersökningen och antalet ändringar av spakarnas rörelseriktning. Försöksdeltagare 1 som hade störst skillnad i prestation mellan position 1 och 2 hade också störst ökning av antalet riktningändringar på spakarna och skattade ökningen av arbetsbelastning högre. För tydlighetens skull presenteras här resultattabellerna från respektive metod tillsammans.



Figur 12.
Försöksdeltagarnas prestation från de båda positionerna. Sekunder per varv i medel.



Figur 13.
Skattad total arbetsbelastning enligt NASA-TLX



Figur 14.
Antal ändringar av spakarnas rörelse

För **Försöksdeltagare 1** tog det ca tre gånger så lång tid per varv från position 2 jämfört med från position 1. Den skattade arbetsbelastningen indikerade att arbetsbelastningen var ca tre gånger så hög från position 2. Också antalet riktningändringar per varv var ca tre gånger så högt från position 2.

För **Försöksdeltagare 2** är sambandet likvärdigt. Från position 2 tog det ca dubbelt så lång tid per varv jämfört med position 1. Arbetsbelastningen från position 2 skattades som ca dubbelt så hög och det krävdes ca dubbelt så många riktningändringar per varv.

Förutsatt att de uppmätta skillnaderna i prestation faktiskt berodde på en skillnad i arbetsbelastning skulle man av detta kunna dra slutsatsen att både NASA-TLX och spakarnas rörelseriktningändringar verkar ha fungerat väl som mått på arbetsbelastningen.

Det mycket begränsade antalet deltagare i studien förhindrar dock generella slutsatser men metoderna är definitivt intressanta att undersöka vidare. Eftersom de också kan användas utan att störa operatörens arbete under utförandet borde de vara möjliga att fortsätta att utvärdera i samband med studier som kan innebära varierad arbetsbelastning även om de inte har studie av arbetsbelastning som främsta syfte.

PSYKOFYSIOLOGISKA MÅTT

De psykofysiologiska måtten är också de relativt enkla att mäta. De innebär dock ett visst personligt intrång både eftersom elektroder och givare måste klistras fast på kroppen och på grund av det data som spelas in. Till exempel hjärtats aktivitet kan innehålla känslig information om försöksdeltagarens hälsotillstånd.

Svårigheten med användningen som mått på mental belastning ligger i tolkningen av data. Utrustningen för att göra psykofysiologiska mätningar är också relativt kostsam.

Flera av måtten, andning, hudkonduktans och fingertemperatur visade enligt de förväntade sambanden på högre arbetsbelastning under genomförandet av uppgiften men det gick inte att se skillnad mellan de olika förutsättningarna, position 1 och 2. Förklaringen till detta kan ligga i uppgiftens utformning. Försöksdeltagarna blev instruerade att köra banan så snabbt de kunde. Det fanns därmed utrymme i båda fallen att anstränga sig maximalt för att hålla högsta möjliga hastighet. Att ansträngningarna resulterade i högre prestation i det ena fallet än det andra berodde på skillnader i förutsättningarna, d.v.s. att position 1 var mer gynnsam än position 2, inte i skillnader i ansträngning. Hade uppgiften i stället gått ut på att under olika förutsättningar hålla samma tempo hade resultaten varit mer användbara. Tidspressen som, enligt NASA-TLX, ansågs som belastande i position 1 borde då försvinna medan de mentala kraven och frustrationen som skattades högt från position 2 kan tänkas ha funnits kvar.

Fingertemperatur och hudkonduktans kan båda ge utslag på snabba förändringar av försöksdeltagarens tillstånd. Därför bör de vara lämpliga att använda som mått på reaktioner på eller förändringar. I denna studie fanns dock inga plötsliga händelser utan försöksdeltagaren utförde ett kontinuerligt arbete utan avbrott.

Fingertemperaturen innehöll både mindre tidsmässigt korta förändringar och större långsiktiga trender. De långsiktiga trenderna är svåra att tolka och varierade mellan försöksdeltagarna. Kurvorna för hudkonduktansen innehöll inga tydliga långsiktiga trender så som fingertemperaturen gjorde. Amplituden av de korta förändringarna var ofta betydligt större än eventuella långsiktiga trender. Medelvärde under en uppgift verkar därför inte vara ett bra mått på arbetsbelastning för varken hudkonduktansen eller fingertemperatur. Möjligtvis går det att se ett samband mellan förändringar i hudkonduktansen och varven på banan. Det är ganska otydligt men konduktansen verkar gå upp och ned i en cykel som ungefär stämmer överens med längden på varven i tre av de fyra mätningarna. Möjligtvis skulle det gå att analysera hur spakrörelserna varierar under varven för att undersöka om det finns någon variation i spakarbetet som kan ligga bakom hudkonduktansens till synes cykliska förändringar.

Analys av hjärtfrekvensvariabilitet som ett mått på arbetsbelastning var inte möjlig att göra på grund av brister i datainsamlingen. Om måttet används i kommande studier bör utrustningen ha möjlighet att registrera EKG-kurvan för att manuellt kunna reda ut osäkra eller missade hjärtslag.

Det behövs fler studier för att se hur psykofysiologiska variabler kan användas som mått på arbetsbelastning i skogsmaskiner. I denna studie verkar de inte helt ha kommit till sin rätt. Ytterligare svårigheter är att vänta vid användning av dessa mått utanför simulatoren. Faktorer som luftkonditionering solinstrålning och vibrationer kommer antagligen att försvåra mätningarna.

Referenser

- Egermark, T. 2005. Arbetsrapport 594. "Kranspetsstyrning – En jämförande utvärdering av kranspetsstyrning för skogsmaskiner utförd i simulator."
- Filla, R. 2011. "Study of a method for assessing operability of working machines in physical and virtual testing" Submitted in July 2011 for publication in International Journal of Vehicle systems Modelling and Testing.
- NASA, 1986. "Nasa Task Load Index (TLX) v. 1.0 Manual".

Uppgiftsbeskrivning

Uppgiften går ut på att köra slalom med kranpetsen mellan konerna. Börja med att placera rätblocket på den grå lådan. Det är din startposition. Vänta därefter på att försöksledaren ber dig att börja. Du ska då köra slalom mellan konerna. Börja med att föra ut rätblocket i det första mellanrummet bortom startpositionen och följ cirkeln moturs. Varannan kon ska passeras på cirkelns insida och varannan på cirkelns utsida. Fortsätt att köra slalom varv efter varv tills försöksledaren ber dig att sluta. Du ska inte placera rätblocket på lådan igen utan du kan bara passera den när du påbörjar ett nytt varv.

Kör slalombanan så snabbt som möjligt utan att rätblocket eller någon annan del av kranen kommer i kontakt med konerna eller med marken. Rätblocket ska i höjded befinna sig mellan marken och den gula toppen på konerna. Skulle du råka göra ett misstag ska du bara fortsätta. Det är viktigt att du inte avbryter körningen.

Bilaga 2

Algoritm för detektering av nollställen hos derivatan av spaksignalen

1. Om värdet på derivatan är noll och nästa kommande sju värden på derivatan är skilda från noll eller om,
2. värdet innan har annat tecken än aktuellt värde då,
3. nollställe är detekterat.

Förklaring till punkt 1.

Kontrollen av de sju efterföljande värdena gjordes för att endast ett av närliggande nollställen skulle räknas. De närliggande nollställen som filtrerades bort uppkom främst när en spakrörelse utgick från neutralläget.

NASA-TLX

Instruktioner till försöksdeltagare: Skattningsskala

Vi är inte bara intresserade av att utvärdera din prestation utan också av de upplevelser du hade under de olika omständigheter som gällde för uppgiften. Nu kommer vi att beskriva den metod som kommer att användas för att undersöka dina upplevelser. I dess mest generella betydelse undersöker vi den ”arbetsbelastning” du upplevde. Arbetsbelastning är ett begrepp som är svårt att definiera precis, men som är enkelt att förstå generellt. Faktorerna som påverkar din upplevelse av arbetsbelastning kan komma från själva uppgiften, dina känslor kring din egen prestation, hur mycket du ansträngde dig eller hur mycket stress och frustration du upplevde. Arbetsbelastningen som olika delar av uppgiften bidrar med kan förändras i och med att du blir mer bekant med en uppgift, genomför lättare eller svårare varianter eller går från en uppgift till en annan. Fysiska komponenter av arbetsbelastning är relativt enkla att föreställa sig och utvärdera. Dock kan de mentala komponenterna av arbetsbelastning vara svårare att mäta.

Eftersom arbetsbelastning är något som upplevs individuellt av varje person finns det inga effektiva verktyg som kan användas för att uppskatta arbetsbelastningen olika aktiviteter innebär. Ett sätt att undersöka arbetsbelastning är att be personer beskriva de känslor de upplevde. Eftersom arbetsbelastning kan orsakas av många olika faktorer vill vi utvärdera flera av dem individuellt hellre än att klumpa samman dem till ett enda övergripande utvärdering av generell arbetsbelastning. Den här uppsättningen med sex skattningsskalor utvecklades för dig att använda i utvärdering av dina upplevelser under olika uppgifter. Om du har en fråga om någon av skalorna i tabellen får du gärna fråga mig. Det är väldigt viktigt att deras betydelse är klar för dig. Du kan behålla beskrivningarna som stöd under experimentet.

Efter att ha genomfört experimentet kommer du att få se sex skattningsskalor. Du utvärderar uppgiften genom att markera på skalan vad som motsvarar din upplevelse. Varje skala har två ord som beskriver ändpunkternas betydelse. Lagg märke till att ”Prestation” går från ”Bra”, längst till vänster, till ”Dåligt” till höger. Den riktningen har varit förvirrande för en del personer. Tänk över dina svar noga och vad som var skillnaden mellan de olika förutsättningarna för uppgiften. Dina skattningar kommer att spela en viktig roll i utvärderingen.

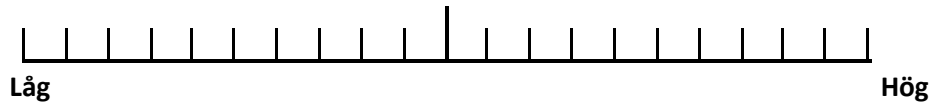
Skattningsskala definitioner

Titel	Ändpunkter	Beskrivning
Mentala krav	Låga/Höga	Hur mycket mental och perceptuell aktivitet krävdes (t.ex. tänkande, beslutande, beräknande, komma ihåg, titta, söka, etc.)? Var uppgiften lätt eller krävande, enkel eller komplex, fordrande eller förlåtande?
Fysiska krav	Låga/Höga	Hur mycket fysisk aktivitet krävdes (t.ex. trycka, dra, vrida, kontrollera, aktivera etc.)? Var uppgiften lätt eller krävande, långsam eller hastig, slapp eller ansträngande, vilsam eller mödosam?
Tidskrav	Låga/Höga	Hur mycket tidspress kände du på grund av den hastighet eller tempo som uppgiften eller uppgiftsdelarna skedde? Var tempot långsamt och makligt eller snabbt och hektiskt?
Ansträngning	Låga/Höga	Hur hårt var du tvungen att arbeta (mentalt och fysiskt) för att åstadkomma din prestation?
Prestation	Bra/Dålig	Hur framgångsrik tycker du att du var i att åstadkomma uppgiftens mål som försöksledaren (eller du själv) satt upp?
Frustration	Låga/Höga	Hur osäker, nedslagen, stressad och irriterad kontra lugn, tillfredsställd, belåten, avslappnad kände du dig under uppgiften?

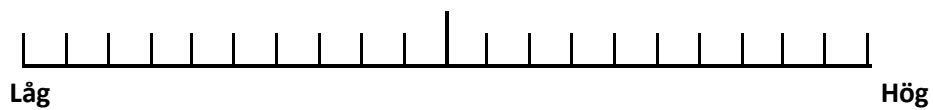
Försöksdeltagare: _____ Uppgift: _____

Skattningsskalor

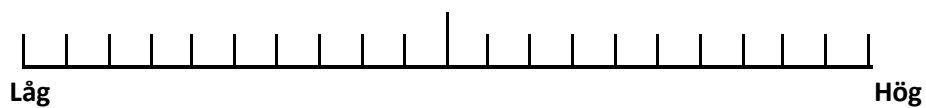
Mentala krav



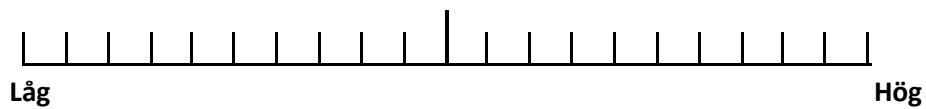
Fysiska krav



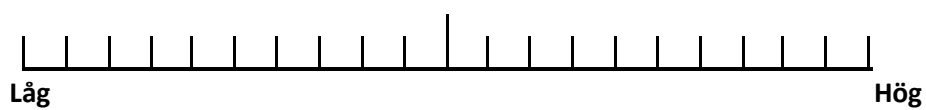
Tidskrav



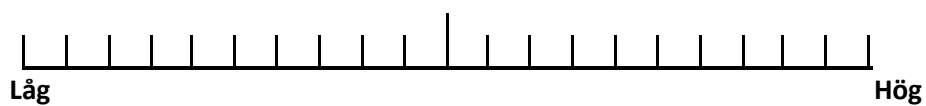
Prestation



Ansträngning



Frustration



Instruktioner till försöksdeltagare: Orsaker till arbetsbelastning

Genom det här experimentet har skattningsskalorna använts för att fastställa dina upplevelser under de olika förutsättningarna för uppgiften. Skalor av den här typen är väldigt användbar men deras nytta tar skada av människors tendens att tolka dem på olika sätt. Till exempel känner en del människor att mentala krav eller tidskrav är en väsentlig aspekt av arbetsbelastning oavsett vilken ansträngning de gjorde eller vilken prestation de uppnådde. Andra känner att om de presterade bra måste arbetsbelastningen ha varit låg och vice versa. Ytterligare andra känner att ansträngning eller en känsla av frustration är de viktigaste faktorerna i arbetsbelastning och så vidare. Resultat från tidigare studier har redan funnit alla tänkbara mönster av värden. Dessutom varierar det vilka faktorer som ger upphov till arbetsbelastning beroende på uppgiften. Till exempel är en del uppgifter svåra eftersom de måste genomföras väldigt snabbt. Andra uppgifter kan verka lätta eller svåra på grund av den nivå av mental eller fysisk ansträngning som krävs. Ytterligare andra uppgifter känns svåra eftersom de inte kan genomföras bra, oavsett hur mycket man anstränger sig.

Utvärderingen som du håller på att genomföra har utvecklats av NASA för att uppskatta den relativa betydelsen av sex faktorer som påverkar hur mycket arbetsbelastning du upplever. Proceduren är enkel: Du kommer att ställas inför en serie med par av titlar på skattningsskalor (t.ex. *Ansträngning* mot *Mentala krav*) och bli ombedd att välja vilken av de två som var viktigast för din upplevelse av arbetsbelastning av uppgifterna du nyss genomförde. Varje möjligt par av titlar på skattningsskalor kommer att presenteras separat. Markera den titel som är den mest betydelsefulla bidragaren till arbetsbelastning vid de specifika uppgifter du genomförde i experimentet.

Efter att du gått igenom hela serien kommer vi att kunna använda mönstret av dina val för att skapa en viktad kombination av skattningarna från till en sammanfattande bedömning av arbetsbelastning. Tänk över dina val noga och var konsekvent med hur du använde skattningsskalorna tidigare. Det finns inget *korrekt* mönster: vi är bara intresserade av dina åsikter. Ställ gärna frågor om du har några.

Försöksdeltagare: _____ Uppgift: _____

Parvis jämförelse

Ansträngning
eller
Prestation

Tidskrav
eller
Frustration

Tidskrav
eller
Ansträngning

Fysiska krav
eller
Frustration

Prestation
eller
Frustration

Fysiska krav
eller
Tidskrav

Försöksdeltagare: _____ Uppgift: _____

Parvis jämförelse sid. 2

Fysiska krav
eller
Prestation

Tidskrav
eller
Mentala krav

Frustration
eller
Ansträngning

Prestation
eller
Mentala krav

Prestation
eller
Tidskrav

Mentala krav
eller
Ansträngning

Försöksdeltagare: _____ Uppgift: _____

Parvis jämförelse sid. 3

Mentala krav
eller
Fysiska krav

Ansträngning
eller
Fysiska krav

Frustration
eller
Mentala krav

Bilaga 4

Resultat av NASA-TLX

FD 1

Pos. 1	Vikt	Skattning	Justerad skattning
Mentala krav	3	3	9
Fysiska krav	2	3	6
Temporala krav	4	6	24
Ansträngning	1	3	3
Frustration	0	1	0
			4.2

Pos. 2	Vikt	Skattning	Justerad skattning
Mentala krav	3	11	33
Fysiska krav	1	11	11
Temporala krav	0	10	0
Ansträngning	2	11	22
Frustration	4	18	72
			13.8

FD2

Pos. 1	Vikt	Skattning	Justerad skattning
Mentala krav	2	4	8
Fysiska krav	0	2	0
Temporala krav	3	10	30
Ansträngning	4	6	24
Frustration	1	7	7
			6.9

Pos. 2	Vikt	Skattning	Justerad skattning
Mentala krav	4	14	56
Fysiska krav	0	4	0
Temporala krav	1	11	11
Ansträngning	2	14	28
Frustration	3	14	42
			13.7

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2013

2013

- Nr 786 Grönlund, Ö. & Eliasson, L. 2013. Knivslitage vid flisning av grot. Effects of knife wear on performance and fuel consumption for a small drum chipper. 12 s.
- Nr 787 Sonesson, J. & von Hofsten, H. 2013. Effektivare fältarbete med nya datakällor för skogsbruksplanering.
- Nr 788 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J.J. 2013. Kvalitetssäkring av beräkningsresultat från hprCM och konvertering av pri- till hpr-filer. – Quality assurance of calculation results from hprCM and conversion of pri-files to hpr files. 24 s.
- Nr 789 Brunberg, T. 2013. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare 2012. – Fuel consumption in forest machines 2012. 12 s.
- Nr 790 Eliasson, L. 2013. Skotning av hyggestorkad grot. 11 s.
- Nr 791 Andersson, G. & Frisk, M. 2013. Skogsbrukets transporter 2010. – Forestry transports in 2010. 91 s.
- Nr 792 Nordström, M. & Möller, J.J. 2013. Kalibrering av skördarens mätsystem. – En kartläggning av nuläge och utvecklingsbehov. A review of current status and development needs. 15 s.
- Nr 793 Lombardini, C., Granlund, P. & Eliasson, L. 2013. Bruks 806 STC. 0150 – Prestation och bränsleförbrukning. 9 s.
- Nr 794 Fridh, L. 2013. Kvalitetssäkrad partsmätning av bränsleved vid terminal. – Quality-assured measurement of energy wood at terminals.
- Nr 795 Hofsten von, H. & Brantholm, M.-Å. 2013. Kostnader och produktivitet i stubbskörd – En fallstudie. 9 s.
- Nr 796 Brunberg, T. & Iwarsson Wide, M. 2013. Underlag för prestationshöjning vid flerträds-hantering i gallring. – Productivity increase after multi-tree handling during thinning. 7 s.
- Nr 797 Spatial distribution of logging residues after final felling. – Comparison between forest fuel adapted final felling and conventional final felling methods. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning. – Jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningsmetod. 19 s.
- Nr 798 Möller, J.J., Arlinger, J. & Nordström, M. 2013. Test av StanForD 2010 implementation i skördare.
- Nr 799 Björheden, R. 2013. Är det lönsamt att täcka grotten? Effekten av täckpappens bredd på skogsbränslets kvalitet. – Does it pay to cover forest residue piles? The effect of tarpaulin width on the quality of forest chips. 15 s.
- Nr 800 Almqvist, C. 2013. Metoder för tidig blomning hos tall och gran. – Slutrapport av projekt 40:4 finansierat av Föreningen skogsträdsförädling. – Early strobili induction in Scots pine and Norway spruce. – Final report of Project no. 40:4, funded by the Swedish Tree Breeding Association. 26 s.
- Nr 801 Brunberg, T. & Mohtashami, S. 2013. Datoriserad beräkning av terrängtransportavståndet. – Computerised calculation of terrain transport distance. 8 s.
- Nr 802 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. 2013. Analyses of forest management systems for increased harvest of small trees for energy purposes in Sweden.

- Nr 803 Edlund, J., Jonsson, R. & Asmoarp, V. 2013. Fokusveckor 2013 – Bränsleuppföljning för två fordon inom ETTdemo-projektet, ST-kran och ST-grupp. – Monitoring fuel consumption of two rigs in the ETTdemo project, ST-crane and ST-group. 22 s.
- Nr 804 Iwarsson-Wide, M., Olofsson, K., Wallerman, J., Sjödin, M., Torstensson, P. O., Aasland, T., Barth, A. & Larsson, M. 2013. Effektiv volymuppskattning av biomassa i vägkanter och ungskogar med laserdata. – Effective estimate of biomass volume on roadsides and in young forests using laser data 40 s.
- Nr 805 Iwarsson-Wide, M., L., Bäfver, Renström, C. & SwedPower, P. 2013. Fraktionsfördelning som kvalitetsparameter för skogsbränsle – Kraft- och värmeverkens perspektiv. 38 s.
- Nr 806 Englund, M. & Jönsson, P. 2013. LED-lampor i såglådan – En pilotstudie. – LED lamps in the saw box – A pilot study. 8 s.
- Nr 807 Nordlund, A., Ring, E., Högbom, L. & Bergkvist, I. 2013. Beliefs among Formal Actors in the Swedish Forestry Related to Rutting Caused by Logging Operations. – Attityder och åsikter med koppling till körskador inom olika yrkesgrupper i skogsbruket 18 s.
- Nr 808 Arlinger, J. & Jönsson, P. 2013. Automatiska tidsstudier i skogsmaskinsimulator. – Driftuppföljning och produktionsdata enligt StanFord 2010. Automatic time-studies in forest machine simulators – Operational monitoring and production data according to StanForD 2010. 10 s.
- Nr 809 Englund, M., Mörk, A. & Jönsson, P. 2013. Skotartävling på Elmia – Kran- och motorinställningars påverkan på bränsleförbrukning och tidsåtgång. Forwarder contest at Elmia. – Effect of crane and engine settings on fuel consumption and speed of work. 9 s.
- Nr 810 Eliasson, L., Lombardini, C., Lundström, H. & Granlund, O. 2013. Eschlböck Biber flishugg – Prestation och bränsleförbrukning – Rangering av fliscontainrar med en John Deere 1410 containerskyttel.
- Nr 811 Eliasson, L. 2013. En simulering av en integrerad skördare för förpackad flis vid energiuttag i gallring. – Simulation of an integrated harvester for pre-packaged chips during energy harvest in early thinning. 16 s.
- Nr 812 Englund, M. 2013. Test av stolar och tillbehör med avseende på helkroppsvibrationer. Test of seats and associated equipment in terms of whole-body vibrations. 32 s.
- Nr 813 Enström, J., Athenasiadis, D., Öhman, M. & Grönlund, Ö. 2013. Framgångsfaktorer för större skogsbränsleterminaler. – Success factors for larger energy wood terminals. 41 s.
- Nr 814 Wennström, U. 2013. Holmens fröbehov, produktion och genetisk kvalitet 2012-2060. – Holmen's seed requirements: production and genetic quality 2012-2060. 50 s.
- Nr 815 Hannrup, B., Andersson, M., Larsson, J., Sjöberg, J. & Johansson, A. 2013. Slutrapport för projekt "Beröringsfri diamettermätning i skördare – Utveckling av skräpreducerande skydd". – Final report of the project 'Remote measurement of stem diameter in harvesters. Develop ment of shields to reduce debris'. 78 s.
- Nr 816 Eriksson, E. & Täljeblad, M. 2013. Prekal – Självföryngring före slutavverkning. – Slutrapport Försök 1–6. Prekal. – Natural regeneration before final felling. Final report, Experiments 1–6. 28 s.

2014

- Nr 817 John Arlinger, Torbjörn Brunberg, Hagos Lundström och Johan Möller. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010–2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.
- Nr 822 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Effekten av olika bottensäll på prestation, bränsleförbrukning och flisens fraktionsfördelning för flishuggarna Kesla 645 och Eschlböck Biber-92. – Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for the chippers Kesla 845 and Eschlböck Biber-92. 18 s.
- Nr 823 Eliasson, L., Lombardini, C., Granlund, P., Magagnotti, N. & Spinelli, R. 2014. Prestation och bränsleförbrukning för en lastbilsmonterad Pezzolato PTH 1200/820 flishugg. – Performance and fuel consumption of a truck-mounted Pezzolato PTH 00/820 chipper. 12 s.
- Nr 824 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2014. Lastindikatorer och lastbärrarvågar. 12 s.
- Nr 825 Sikström, U. 2014. Föryngring av gran under högskärm: Försöksverksamhet vid Bergvik Skog – Uppföljning 2013.
- Nr 826 Englund, M. 2014. Mätning av mental arbetsbelastning. – En metodstudie. – Measurement of mental workload: A method study. 32 s.
- Nr 827 Jönsson, P., Björheden, R. & Eliasson, L. 2014. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transporterna av skogsflis.
- Nr 828 Barth, A., Holmgren, J., Wilhelmsson, L. & Nordström, M. 2014. Evaluation of single tree based estimates with terrestrial laser scanning in Sweden. Svensk text in!
- Nr 829 Jacobson, S. Asktilförsel och dess påverkan på trädens tillväxt och näringsstatus – Revision av sex fältförsök. 32 s.
- Nr 830 Björheden, R. 2014. Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25-27, NOVA Park Conference, Knivsta, Sweden.
- Nr 831 Widinghoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT- and ST-vehicles. 21 s.
- Nr 832 Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyzer. 8 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

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

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

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

Från Skogforsk nr. 826–2013



www.skogforsk.se