



## Geststyrning för engreppsskördare – en första undersökning

PROJEKTARBETE ERGONOMI OCH DESIGN

VT-2008

David Öd Österman, Linus Rimquist & Mattias Hanson

Ämnesord: Engreppsskördare, geststyrning, styrning av kran,

---

## **SKOGFORSK**

### **– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut**

Skogforsk skall tillföra svenskt skogsbruk tillämpbara kunskaper, tjänster och produkter som bidrar till ett lönsamt, hållbart bruk av skogen, så att näringens konkurrenskraft stärks och viktiga samhällsmål uppnås. 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.

## Förord

Denna rapport är resultatet av ett projekt utfört vid Linköpings universitet i samarbete med Skogforsk i Uppsala. Projektet utfördes i projektkursen TMKT53 *Maskinkonstruktion projektkurs* som ges av *Institutionen för Ekonomisk och Industriell utveckling* (IEI). Projektkursen omfattar 18 hp och ingår i civilingenjörsutbildningen i Maskinteknik vid Linköpings Tekniska Högskola. Projektet har fortlöpt under perioden januari till och med maj 2008.

### Vi vill särskilt tacka följande personer:

Torbjörn Alm (Handledare, IAV, LiTH) för handledning och bollplank under arbetets gång.

Björn Löfgren (Handledare, Skogforsk) för vägledning och information.

Kajsa Johansson (Universitetslektor, IHS, HU) för information och kaffe.

# Innehåll

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Förord .....                                                | 1  |
| Sammanfattning .....                                        | 4  |
| 1. Inledning .....                                          | 4  |
| 1.1 Bakgrund .....                                          | 4  |
| 1.2 Skogforsk .....                                         | 5  |
| 1.3 Oryx Simulations AB .....                               | 5  |
| 1.4 Senseboard AB .....                                     | 6  |
| 1.5 Skogsmaskiner .....                                     | 7  |
| 1.5.1 Engreppsskördare .....                                | 7  |
| 1.5.2 Skotare .....                                         | 8  |
| 2. Syfte och avgränsningar .....                            | 10 |
| 2.1 Syfte .....                                             | 10 |
| 2.2 Avgränsningar .....                                     | 10 |
| 3. Teori .....                                              | 11 |
| 3.1 Arbetsfysiologi och belastningsergonomi .....           | 11 |
| 3.1.1 Människan i dag .....                                 | 11 |
| 3.1.2 Lokal belastning .....                                | 11 |
| 3.1.3 Statisk och dynamisk belastning .....                 | 12 |
| 3.1.4 Ergonomi vid arbetsplatsen .....                      | 12 |
| 3.1.5 Trötthet och återhämtning .....                       | 13 |
| 3.1.6 Askungesyndromet .....                                | 13 |
| 3.2 Individen och den sociala miljön .....                  | 14 |
| 3.2.1 Yerkes-Dodsonlagen .....                              | 14 |
| 3.2.2 Muskler och stress .....                              | 15 |
| 3.2.3 Inläring .....                                        | 15 |
| 3.2.4 Utveckling av expertis .....                          | 16 |
| 3.3 HMI – Human-Machine Interaction .....                   | 16 |
| 3.3.1 HMI-design .....                                      | 17 |
| 3.4 Head-up display .....                                   | 18 |
| 3.5 Olika typer av feedback-system .....                    | 18 |
| 3.6 Alternativa styrdon .....                               | 19 |
| 3.7 Gestigenkänning .....                                   | 19 |
| 3.8 Automatisering .....                                    | 21 |
| 3.8.1 Delautomatiseringar .....                             | 22 |
| 3.9 Skogsbestånd .....                                      | 24 |
| 4. Metod .....                                              | 24 |
| 4.1 Studiebesök .....                                       | 24 |
| 4.2 State of the art .....                                  | 25 |
| 4.3 Intervju .....                                          | 25 |
| 4.4 Funktionsanalys .....                                   | 25 |
| 4.5 Brainstorming .....                                     | 25 |
| 4.6 Tester av koncept .....                                 | 26 |
| 5. Genomförande .....                                       | 26 |
| 5.1 Litteraturstudie .....                                  | 26 |
| 5.2 Studiebesök .....                                       | 26 |
| 5.3 Kravspecifikation .....                                 | 27 |
| 5.4 Framtagning av koncept för fällning och aptering .....  | 27 |
| 5.4.1 Funktionsanalys .....                                 | 27 |
| 5.4.2 Brainstorming .....                                   | 28 |
| 5.5 Koncept .....                                           | 28 |
| 5.6 Gester .....                                            | 31 |
| 5.6.1 Intervju med sjukgymnast Kajsa Johansson 080421 ..... | 31 |
| 5.6.2 Test med Senseboard-enheter .....                     | 33 |
| 5.6.3 Ergonomisk uppföljning av gester .....                | 33 |
| 5.6.4 Undersökning .....                                    | 33 |
| 6. Resultat .....                                           | 34 |
| 6.1 Kravspecifikation .....                                 | 34 |
| 6.2 Senseboard-enheter .....                                | 34 |
| 6.3 Kranstyrning .....                                      | 35 |

|                                                    |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| 6.4. Koncept för fällning och aptering .....       | 36     |
| 6.5. Trädval .....                                 | 38     |
| 6.6. Gester .....                                  | 39     |
| 6.7. Undersökning .....                            | 41     |
| 6.8. Feedback .....                                | 42     |
| 6.8.1. Taktila signalsystem .....                  | 42     |
| 6.8.2. Ljudbaserade signalsystem .....             | 43     |
| 6.8.3. Visuella signalsystem .....                 | 43     |
| 7. Diskussion .....                                | 43     |
| 7.1. Fel som kan uppstå .....                      | 43     |
| 7.2. Metodkritik .....                             | 44     |
| 7.3. Feedback .....                                | 44     |
| 8. Slutsats och förslag till fortsatt arbete ..... | 45     |
| 8.1. Frågeställningar .....                        | 45     |
| 8.2. Fortsatta undersökningar .....                | 45     |
| Referenser .....                                   | 46     |
| <br>Bilaga 1 .....                                 | <br>49 |
| Bilaga 2 .....                                     | 55     |
| Bilaga 3 .....                                     | 57     |
| Bilaga 4 .....                                     | 59     |
| Bilaga 5 .....                                     | 61     |
| Bilaga 6 .....                                     | 64     |

# Sammanfattning

Projektarbetet behandlar en första undersökning av geststyrning för engreppsskördare. I projektet har geststyrningsenheter från Senseboard AB använts. Tillverkarna av skogsmaskiner lägger i dagsläget stor vikt vid att rationalisera maskinernas styrsystem och minska den mentala och fysiska belastningen på föraren. Genom att delautomatisera olika förlopp kan knapptryckningar eller spakrörelser ersättas med ett kommando i form av en gest. Detta leder till en minskning av antalet styrkommandon, vilket underlättar det dagliga arbetet för föraren samtidigt som inlärningstiden för systemet förhoppningsvis kan förkortas.

Litteraturstudier, intervjuer och studiebesök har genomförts för att bygga en teoretisk grund att vila resultaten på. Tidigare rapporter från examensarbeten och projektarbeten har studerats och informationen och resultaten från dessa har använts.

Av resultaten framgår att det är möjligt att ersätta spakar och knapptryckningar förutsatt att arbetet med träden sker felfritt samt att delautomatisering av skördararbetet har implementerats. Då fel infinner sig, till exempel fel vid kvistning, uppstår problem med att ge de olika kommandon med gester som behövs för att lösa dessa. Vidare bör nämnas att ett alternativt system för kranstyrningen, en så kallad 3d-mus, används i de slutgiltiga resultaten.

Vidare undersökningar bör göras som innefattar andra system än Senseboard-enheter som använts i detta projekt.

## 1. Inledning

### 1.1 BAKGRUND

Inom skogsbruket har det länge pågått en utveckling och mekanisering av arbetet i skogen. Till skillnad från de första maskinerna, fällare och läggare, har maskinförarens arbetssituation förändrats till att arbeta med dagens engreppsskördare. Vid slutavverkning används engreppsskördaren tillsammans med en skotare. Skördaren är en skogsmaskin på fyra, sex eller åtta hjul med en lång kranarm och ett skördaraggregat längst fram. Aggregatet gör allt från att fälla trädet till att kvista och kapa upp det i rätt längder. Skotaren samlar sedan upp stockarna och transporterar dem till närmaste väg för vidare transport. De första maskinförarna som tidigare hade jobbat som huggare växlade vid införandet av maskinerna mellan att köra dessa och fälla för hand. I dag har arbetet nästan helt tagits över av maskinerna. (Attebrandt, Wikström, Winkel, 1998)

Utvecklingen av dagens skogsmaskiner avser effektivare tidsanvändning och därmed ökad produktivitet. Detta kan göras på två sätt: förändring av arbetsorganisationen och teknisk utveckling. (Attebrandt, Wikström, Winkel, 1998) Inom den tekniska utvecklingen sker nu arbetet med att integrera olika system som ska vara stöd till förarna och underlätta deras arbete. Områden som utforskats i tidigare studentprojekt som liknar detta är bland annat kranpetsstyrning, head-up display och delautomatisering av kranfunktioner och knappar. I och med den ständiga utvecklingen och förbättringen av skogsmaskiner är det människan som börjar bli flaskhalsen i systemet.

För att åtgärda detta problem behöver undersökningar göras för att se hur man kan underlätta arbetet för föraren. I dagsläget är föraren begränsad på grund av mängden styrkommandon som måste ges vid avverkningsprocessen och antalet beslut som ska fattas under ansättning och aptering. Detta påverkar föraren både fysiskt och psykiskt genom hög arbetsbelastning och stress. Genom att reducera antalet funktioner och beslut kan man nå en högre effektivitet samtidigt som man avlastar föraren så att de beslut och kommandon som återstår görs med större precision än innan rationaliseringen.

Med geststyrning ges föraren möjlighet att frigöra en eller två händer från joystick och på så sätt avlasta armarna från det finmotoriska arbetet som ofta kan resultera i besvär med arbetsskador. Vid införandet av gester blir det nödvändigt att delautomatisera olika funktioner för att över huvud taget göra det möjligt att styra en maskin. En kombination av dessa delautomatiseringar och gester kommer förhoppningsvis att underlätta arbetet för föraren.

## **1.2 SKOGFORSK**

Skogforsk är det svenska skogsbrukets forskningsinstitut, finansierat av skogsnäringen och staten. Institutet arbetar med tillämpad forskning inom bland annat skogsträdsförädling, skogsskötsel och miljö, driftsteknik, råvaruutnyttjande och logistik. Institutet har i dagsläget cirka 100 anställda varav omkring 60 personer är forskare. Företagets huvudkontor ligger i Uppsala där den största delen av verksamheten samlas. Den övriga verksamheten är spridd från Sävar i Västerbotten till Ekebo i Skåne. (<http://www.skogforsk.se>)

Den simulator som Skogforsk investerat i har gått från att vara en ren träningsimulator till att också användas mer för utvecklingssyfte då Skogforsk insett möjligheterna att testa olika koncept i en virtuell miljö. Simulatoren är dock begränsad i detta ändamål då det är Oryx Simulations AB som måste programmera om källkoden för varje ny funktion som ska testas. Nya anslag har gjort att Skogforsk inlett ett arbete med att implementera Simulator-Based design (SBD) i sin simulatormiljö. Med SBD är tanken att utveckling av olika funktioner och applikationer sker utanför simulatoren och sedan med enkelhet implementeras för att testas och utvärderas i stället för att programmera om simulatoren varje gång en ny funktion ska undersökas. Fördelen, förutom att det går snabbt att undersöka ett koncept, är möjligheten till flexibilitet. Det är lättare att under utvecklingens gång ändra på något om problem uppstår.

## **1.3 ORYX SIMULATIONS AB**

Oryx Simulations AB, tidigare benämnt Oryx, är ett företag från Umeå som bildades 1999. Företaget tillverkar träningssimulatorer för till exempel entreprenadmaskiner och hamnkranar. Kund- och branschspecifika simulatorer utvecklas i samråd med fordonstillverkare i syfte att tillverka verklighetstroga fordonsmiljöer. Den simulator som Oryx levererat åt Skogforsk är en modell av skördare med möjlighet att även köra skotare. Företaget samarbetar med Skogforsk och skogsmaskinstillverkaren Komatsu Forest AB. Knappar, spakar, stol och andra kontroller i simulatorerna är identiska med de som finns i riktiga Valmetmaskiner.

## 1.4 SENSEBOARD AB

IT-företaget Senseboard AB grundades år 2000 av Gunilla Alsiö som har bakgrund inom ergonomi samt fokus på interaktion mellan människa och dator. Produkter från Senseboard utnyttjar samma naturliga rörelser som operatören använder normalt och minskar risken för belastningsskador. (www.senseboard.com)

Senseboard AB har utvecklat ett gestigenkänningssystem som fungerar genom två byglar som appliceras på händerna. Byglarna positioneras runt handen, och ska sitta mellan tummens led och övriga fingrars knogar, med en knapp vid tummen. Denna knapp används för att stänga av och sätta på kontrollerna men även för att aktivera dem. Varje gång man vill att systemet ska identifiera en gest måste man trycka in knappen för att aktivera kontrollerna för gestigenkänning.



Figur 1.  
Senseboardenheter.

Senseboard-enheterna kan fungera på två olika sätt. Den första funktionen som enheterna har är att identifiera en rörelse under den tid som enheterna är aktiverade genom knappen. Datorprogrammet tolkar de olika g-krafterna som uppstår i enheterna under rörelsens gång. Denna tolkning ger upphov till en digital signal. Signalen kan i sin tur användas för att styra funktioner i olika situationer som i till exempel en dator eller en skogsmaskin. Denna signal kan liknas med en enkel knapptryckning och det skickas alltså endast en signal från systemet.

Den andra funktionen som finns tillgänglig är att programmet kontinuerligt tolkar g-krafterna i enheterna. På så sätt kan en signal av analog typ skickas från programmet. I denna funktion skickas information från systemet kontinuerligt under den tid som enheten är aktiverad.

## 1.5 SKOGSMASKINER

I dagens skogsbruk finns ett flertal olika skogsmaskiner varav de vanligaste är engreppsskördare och skotare. Maskinerna samarbetar i ett så kallat tvåmaskinssystem där skördaren kapar, apterar och sorterar virket. Skotaren samlar upp och transporterar det till en närliggande väg.

Skogsmaskinerna har i modern tid utvecklats mycket. Maskinerna har, främst i Europa och Skandinavien, tagit över marknaden helt. I tidigare avverkningssystem användes till exempel sågar och hästar, medan avverkningen numera är nästan helt styrd av olika typer av skogsmaskiner. Vid besök och samtal med Valmets utvecklingsavdelning framgick att marknaden utvecklas olika i olika delar av världen. Detta beroende på att behovsbilden ser olika ut. I länder som till exempel Brasilien ligger störst vikt vid att det ska vara enkelt att utbilda förare, medan det i Skandinavien i stället ligger vid att uppnå en optimerad avverkningstid. Styrningen i maskinerna måste alltså rationaliseras för att göra det lättare för förarna att snabbt uppnå en hög effektivitet, vilket är något som också tillverkarna strävar efter.

### 1.5.1 Engreppsskördare

Här i Skandinavien är den vanligaste avverkningsskärningsmaskinen engreppsskördare. Namnet engreppsskördare kommer från att arbetsmomenten sker med ett enda grepp. Tidigare fanns det tvågreppsskördare som gjorde arbetsmomentet i två grepp, kran och separat upparbetningsenhet. I kranpetsen på engreppsskördaren finns ett aggregat vars uppgift är att både fälla och upparbeta trädet. Maskinerna används för både slutavverkning och gallring. Det finns flera olika storleksklasser för engreppsskördarna där de vanligaste är små och medelstora. De största skördarna används vid slutavverkning av grova bestånd.

Engreppsskördaren styrs med bland annat två spakar med ett antal knappar som tillsammans styr över fyrtio funktioner.



Figur 2.  
Styrspakar i dagens skördare.



Figur 3.  
Engreppsskördaren Valmet 941. ([www.dalfors.se](http://www.dalfors.se))

Vid fällning för föraren aggregatet mot ett träd, griper tag runt trädet och faller det med en kedjesåg. Föraren lyfter upp kranspetsen och tiltar ned aggregatet för att möjliggöra för trädet att falla till marken. Maskinföraren väljer genom en knapptryckning vilket typ av träd som fälls och trädet matas därefter genom aggregatet en meter samtidigt som diameter på trädet mäts. Mätvärdena matas in i en dator i skogsmaskinen som räknar ut längd på trädet. Med hjälp av den inlagda prislistan optimerar datorn i vilka längder trädet ska kapas upp. Föraren styr utmatningen och kranen så att virket hamnar i sortimentsrena högar. Det är viktigt att föraren planerar sin väg genom skogen för att effektivisera för både sig själv och skotaren. För att minimera skador på skogen väljer föraren att kvista träden framför maskinen så att kvistarna skyddar mark och rötter.

Utvecklingen har lett till att maskinerna blivit förfinade och dyrare, vilket i sin tur har lett till att marknaden för maskintillverkning krympt till färre antal företag. Förr fanns ett flertal maskintillverkare medan det i dagsläget har sjunkit till att bara handla om en handfull tillverkare. Tre stora skogsmaskintillverkare är John Deere, Possne och Valmet.

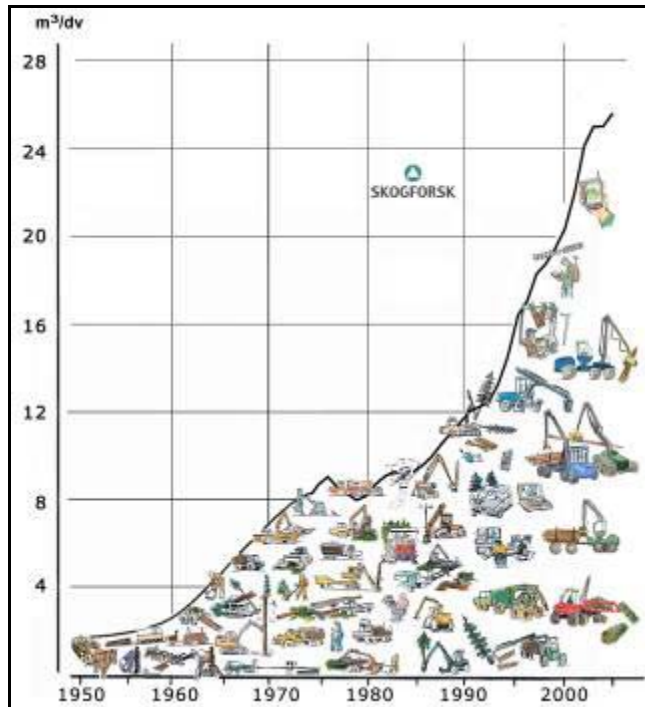
### 1.5.2 Skotare

Skotaren transporterar det av skördaren upparbetade virket från skogen ut till en väg, ett så kallat avlägg. Skotaren kör samma väg som skördaren och det är därför viktigt att skördarföraren lägger de olika sortimenten lättillgängligt för skotaren. Detta för att undvika tomkörning i så stor utsträckning som möjligt för att effektivisera avverkningen. Skotaren behandlar inte trädet på något sätt utan transporterar det till en plats för vidaretransport.



Figur 4.  
Skotare i arbete. ([www.sparresaterskolan.skovde.se](http://www.sparresaterskolan.skovde.se))

Figur 5 är hämtad från Skogsforsks hemsida och illustrerar hur skogsavverkningen har utvecklats sedan tidigt 1950-tal. Införandet av engreppsskördare och skotare har spelat en viktig roll i utvecklingen av avverkningen. I övrigt noteras en kraftig ökning av produktiviteten sedan tidigt 90-talet.



Figur 5.  
Diagram som visar hur avverkningen av skog ökat med utvecklingen av skogsmaskiner.  
([www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se))

## 2. Syfte och avgränsningar

### 2.1 SYFTE

Syftet med detta projekt har varit att undersöka möjligheten att ersätta den konventionella styrningen i en engreppsskördare med geststyrning användandes ett gestigenkänningssystem från Senseboard AB. Detta för att minska maskinförarens påfrestningar både fysiskt och psykiskt samtidigt som avverkningen effektiviseras.

#### Frågeställningar

- Till viken grad kan man med hjälp av Senseboard-enheter ersätta konventionell styrning med geststyrning?
- Blir avverkningen mer effektiv?
- Uppnås en mer ergonomisk arbetsplats?

### 2.2 Avgränsningar

Det finns i regel tre olika typer av maskiner som jobbar med avverkning: skördare, skotare och drivare. Denna rapport är inriktad enbart på skördaren och dess process. Drivarens arbete liknar skördarens och skotaren har ej beaktats då den inte hanterar fällning och aptering av träd över huvud taget. När det gäller förarmiljö har enbart Valmet-maskiner och dess funktioner använts som referens. Detta för att simulatören vid Skogforsk är en modell av engreppsskördaren Valmet 911.3 samt att stor del av tillgänglig dokumentation berör dessa maskiner.

Vad det gäller Senseboard-enheter har inte fingeravläsningsfunktionen som vissa av företagets enheter erbjuder kunnat utforskas eftersom enheterna inte haft denna funktion tillgänglig. Detta har medfört en begränsning i antalet gester som kan åstadkommas.

I arbetet har endast hänsyn tagits till felfri avverkning. Eftersom målmiljön i första hand är den simulator Skogforsk har är de vanligaste problemen som uppstår vid avverkning inte med i undersökningen. Detta på grund av att det i simulatormiljön för närvarande inte går att efterlikna verkligheten fullt ut. Med till exempel stopp i apteringen på grund av för stora kvistar, krökta trädstammar och röta i träden.

## 3. Teori

### 3.1 ARBETSFYSIOLOGI OCH BELASTNINGSERGONOMI

Kapitlet refererar, med vissa undantag angivna i texten, till Ericsson, Odenrick, (1994).

#### 3.1.1 Människan i dag

Den moderna människan i den industrialiserade delen av världen brukar kallas *Den sittande människan – homo sedens*. Individen är ofta understimulerad eller onaturligt stimulerad i arbetet ur fysisk och mental synpunkt. Belastning av kroppen sker ofta ensidigt och monotont, vilket troligtvis är en av de viktigaste orsakerna till flera av de arbetssjukdomar som idag drabbar den moderna människan. För att människan ska må bra behövs omväxling och variation. Detta är viktigt att komma ihåg då man utformar arbetsplatser och uppgifter.

Människan har samma behov av belastning och rörelser idag som för 20 000 år sedan. Denna mängd belastning behöver vara utspridd över tiden i en varierande nivå. Människan är anpassad för omväxlande tyngre och lättare fysisk aktivitet och behöver såväl belastning som vila. Individen behöver också varierande mental belastning och sociala kontakter för att behålla normal funktion och hälsa. I och med den industriella revolutionen har människan gått från handverktyg till maskiner, vilket inneburit att arbetskraften ibland har utnyttjats enformigt för att passa in i produktionsprocessen. I produktionsprocessen delas människorna ofta upp så att vissa får utföra det kreativa tänkandet medan andra endast får utföra automatiska färdigheter. Detta medför ohälsa och otillfredsställelse med kroniska skador på människan som utför dessa uppgifter.

#### 3.1.2 Lokal belastning

Lokal belastning innebär att belastningen omfattar avgränsade delar av kroppen. Denna typ av belastning orsakar normalt skador inom sitt lokala verkningsområde.

Ett exempel på lokal belastningsskada är så kallad musarm. Skadorna uppstår i samband med för frekvent och statiskt användning av datorer. Musarm definieras som smärta eller stelhet som orsakats av arbete vid dator. Belastningarna leder till smärta i nacke, axlar, armar eller händer. ([www.musarm.org](http://www.musarm.org))

De främsta orsakerna till att belastningsskador uppstår är tiden för rörelserna, ergonomin, arbetssituationen, livssituation och övriga individuella egenskaper. Tiden för rörelserna innebär att om man sitter för länge och rör sig på samma statiska sätt, utan att ta pauser, ökar risken för att drabbas av skador. Tiden räknas både långsiktigt samt kortsiktigt, alltså om du sitter flera timmar i rad, men även om man utför samma sysslor under en längre tidsperiod utan ledigt från dessa rörelser några dagar ibland. ([www.musarm.org](http://www.musarm.org)) Mycket tyder på att en stressig arbetssituation och ett stressigt eller pressat liv vid sidan av arbetet ökar risken att drabbas av belastningsskador. Givetvis spelar också individers egna fysiska egenskaper in på hur man drabbas av dessa typer av skador. Varje individ är var och en för sig unik och drabbas därför olika av påfrestningar. Ett exempel på detta är att man misstänker att kvinnor drabbas oftare av musarm

än män. Detta på grund av att deras axlar är tätare positionerade än mäns, vilket i sin tur leder till att det är svårare för dem att positionera sin armbåge nära kroppen när de arbetar med datorer. Arbetsmiljön bör vara anpassad för att i så stor grad som möjligt undvika belastningsskador. (Kindenberg, 2002)

### 3.1.3 Statisk och dynamisk belastning

Inom arbetsfysiologin skiljer man på statisk och dynamisk belastning. De olika belastningsförhållandena avgör om den arbetande muskulaturen kan upprätthålla tillräcklig cirkulation eller inte.

Begreppet statisk belastning avser främst långvarig kontinuerlig belastning på rygg, nacke, skuldror och axlar. Belastningen medför försämrad blodcirkulation i nämnda delar med effekterna uttalad trötthet och smärta, främst från muskulaturen. Problem i form av sjukdomar och besvär i muskulatur och leder uppstår ofta på lång sikt. Att arbeta med armarna framåt och utåt för att manövrera spakar i en skogsmaskin innebär för musklerna i skuldran en i stort sett konstant och oförändrad kraftutveckling. Ett i strikt mekanisk mening dynamiskt arbete är därför ibland i arbetsfysiologisk mening statiskt.

### 3.1.4. Ergonomi vid arbetsplatsen

Enligt Leray, Stenlund, Öqvist, (2005) definieras ergonomi som ”läran om bästa fysiska anpassning mellan människa och hennes arbetsförhållanden”. Med praktisk ergonomi menas den praktiska tillämpningen av dessa kunskaper. Detta syftar således till att arbeta med förändring av arbetsinnehållet och arbetsplatsens utformning för att undvika skador i så stor utsträckning som möjligt.

Vid stillasittande arbete med små, monotona rörelser är det viktigt att ergonomin i förarmiljön är ordentligt utarbetad för att undvika onödiga belastningar på kroppen. För att nacken ska få den bästa stimuleringen är det av yttersta vikt att huvudet är positionerat i ett neutralt läge och att man inte behöver ha huvudet i ett vridet läge. Armarna bör vara positionerade tätt intill kroppen för att axlarna ska vara avslappnade. Alltså bör man undvika att armbågarna hamnar för långt ifrån överkroppen i utgångspositionen. Man brukar säga att den bästa sittställningen är nästa sittställning. Det finns alltså ingen arbetsställning som är optimal för kroppen utan människan behöver omväxling för att cirkulation och leder ska fungera korrekt. Arbetsplatsen bör därför vara utformad så att låsningar i vissa positioner undviks och människan ges frihet att ändra position.

För att axlarna inte ska bli utslitna är det bra att då och då kunna ändra sin vinkel på axeln, till exempel att kunna skifta läget på handen gentemot axeln för att få en annan belastningsvinkel på axeln. För att i så stor grad som möjligt undvika belastning på armar och armbågar bör överarmarna gå i linje med överkroppen samt underarmen vara i en 90° vinkel gentemot överarmen. ([www.musarm.org](http://www.musarm.org))

De flesta arbetssituationer är utformade för att i så stor grad som möjligt få individerna att arbeta runt ledernas medellägen, vilket är det optimala sättet för lederna att klara belastningar.

### 3.1.5. Trötthet och återhämtning

Trötthet och smärta från olika organ utgör ofta en varning om att kroppens resurser börjar bli uttömda eller att det finns risk för kroppsskada. Trötthet kan vara fysisk (muskulär) eller psykologisk (central) och förekommer normalt med minskad arbetskapacitet som följd. Återhämtning sker då arbetet upphör eller lättas, vilket leder till att tröttheten minskar och arbetskapaciteten ökar.

Fysisk trötthet minskar arbetskapaciteten genom uttömmande av energireserver och upplagring av mjölksyra i skellett-muskulaturen. Energireserven och mjölksyran återställs under återhämtningen och den fysiska tröttheten minskar. Den fysiska tröttheten delas upp i två kategorier, lokal och generell. Den lokala muskeltröttheten kan exemplifieras med en enkel övning genom att försöka hålla armen utsträckt åt sidan så länge man kan. Inom ett par minuter känner man att man blir trött i skuldrans muskler. Om man fortsätter övningen kommer man inom kort att känna smärta ifrån skuldran och man tvingas förr eller senare ta ned armen på grund av en intensiv lokal smärta och trötthet. Tröttheten och smärtan kan motverkas genom tillräckligt många och långa pauser med inslag av total avslappning.

Generell trötthet kan orsakas av bland annat kronisk stress eller kronisk sömnstörning. Den generella tröttheten kan ge kognitiva symtom som till exempel sämre koncentrationsförmåga och sämre minne. (<http://www.hu.liu.se>)

Under psykologisk trötthet blir informationsöverföringen långsammare, tanke- och beslutsförmågan blir sämre och den sensoriska och motoriska funktionen försämras. Orsaker till central trötthet är bland annat:

- Långvarigt arbete med stor mental koncentration och extrem uppmärksamhet
- Monotont arbete
- Buller
- Dålig belysning

Den psykologiska tröttheten kan försvinna till skillnad från fysisk trötthet i stort sett omedelbart antingen genom att orsaken till problemet tas bort, personen sätts i alarmberedskap genom hot om fara och rädsla eller genom förnyat intresse.

### 3.1.6. Askungesyndromet

Även fysiskt mycket lätta arbeten med en belastningsnivå på 2-5 % av maximal muskelstyrka innebär stora risker för skador i muskulaturen. Vad som ger denna typ av skador kännetecknas av belastningar som förekommer nära nog konstant under arbetsdagen där få tillfällen ges till fullständig muskelavslappning.

Askungesyndromet brukar användas som begrepp för att beskriva muskelfibrernas situation vid fysiskt lätta arbeten. Askungesyndromet går ut på att det vid muskelarbete alltid är samma muskelceller som både får påbörja aktiviteten och dessutom vara de som är med under hela arbetet tills det avslutas. Dessa celler får alltså arbeta lång tid och belastas därmed extra mycket. Detta trots

att arbetet i sig kanske ser relativt lätt ut. Vid fysiskt lätta arbeten är det extra viktigt att ge kroppen den vila den behöver så att tillfälle till återhämtning ges. När ensidigt muskelarbete utförs under tidspress ges kroppen inte möjligheten till vila. Eftersom vilan inte blir tillräckligt lång för att ge total avslappning i muskelcellerna finns risken för att inflammation i de celler som aktiveras först och avaktiveras sist uppstår (Kindenberg, 2002).

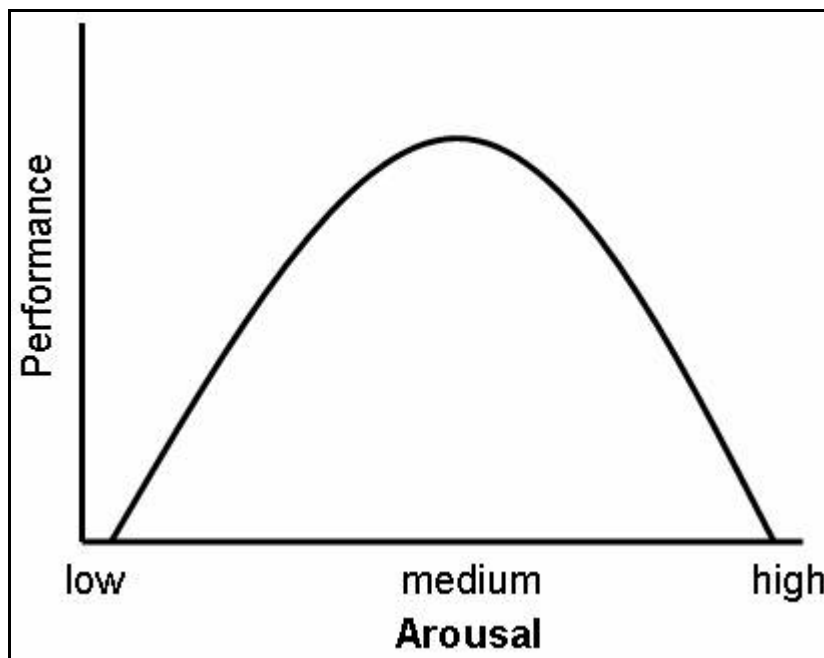
De praktiska konsekvenserna av denna teori blir då att det inte finns några säkra belastningsnivåer utan belastningarna måste avlösas med tillräckligt många och långa fullständiga pauser och muskelavslappningar. (Ericsson, Odenrick, 1994)

### 3.2 3.2 INDIVIDEN OCH DEN SOCIALA MILJÖN

Kapitlet refererar till Allwood, Thylefors, (1994).

#### 3.2.1. Yerkes-Dodsonlagen

I samband med stress talar man ibland om aktiveringsnivå i stället för stress-nivå. Den så kallade Yerkes-Dodsonlagen beskriver sambandet mellan aktiveringsnivå och prestation som en upp- och nervänd u-kurva.



Figur 6.  
Sambandet mellan aktiveringsnivå och prestation. (faculty.weber.edu)

En konsekvens är att varken för mycket eller för lite aktivering gagnar produktivitet och genomförande av arbetsuppgiften. Ökad aktivering är ofta förenat både med ökad hastighet i genomförandet av uppgiften men även en ökad mängd fel. Vad som är lagom aktivering skiljer sig mellan olika typer av uppgifter. Komplexa uppgifter som kräver visst nytänkande genomförs ofta bättre på en lägre aktiveringsnivå än uppgifter där mycket är automatiserat.

### 3.2.2. Muskler och stress

”Stress definieras som kroppens, psykets och hjärnans reaktioner på olika typer av påfrestningar, utmaningar och krav. Syftet med reaktionen är att mobilisera kraft för att klara av påfrestningar eller utmaningar. Stress kan, enligt *Statens offentliga utredningar, SOU 2002:5*, vara positiv eller negativ för vårt välbefinnande”. Citatet är taget ur Kindenberg, (2002).

Trots att det vardagliga arbetet utvecklats sedan före industrialismen, då arbetet ofta var fysiskt krävande, till dagens generellt sett mindre belastade arbeten har inte yrkesskadorna minskat. Det som förändrats är den bakomliggande anledningen till skadorna. I ett samhälle som är alltmer tidspressat och vinstinriktat upplever allt fler att deras liv är stressiga och många känner stor psykiskologisk belastning. Kindenberg, (2002) hävdar även att risken för att drabbas av en yrkesskada mer än fördubblas om en individ, som utsätter sig för upprepade rörelser, upplever rörelserna som stressande. När rörelserna upphör avtar också muskelspänningen, men den spänning som uppstår på grund av stress avtar inte alls lika snabbt. Det innebär givetvis att korta pauser ibland inte är tillräckligt i en stressad arbetsmiljö.

När människan drabbas av stress svarar kroppen med att göra sig beredd på arbete. Flera centrala funktioner i kroppen används för att motverka stress på bekostnad av kroppens återuppbyggnad och underhåll. Vid upprepande arbetsuppgifter finns det mycket små möjligheter till omväxling och ofta små möjligheter till vila. En direkt parallell kan dras mellan att köra skogsmaskin och arbete som anses vara ensidigt och upprepande, som till exempel kassaarbete eller monteringsarbete. Denna parallell grundar sig inte endast på det repetitiva utan också på att dessa yrken kräver en relativt hög arbetstakt och även hög koncentration från individen. Dessa typer av arbetsuppgifter innebär oftare kroniska stressnivåer som inte uppnås på samma sätt inom mer flexibla eller stimulerande yrken. När individen också upplever en viss tidspress i sitt arbete infinner sig också en kritisk situation. Individen vet ofta hur arbetet ska utföras på ett korrekt sätt för att i så stor grad som möjligt undvika fysiska risker. Ibland väljer individen bort denna möjlighet eftersom en grad av stress upplevs. Den stressade arbetssituationen påverkar då individens säkerhet på ett negativt sätt.

### 3.2.3. Inläring

Största delen av människors inläring sker omedvetet, vilket innebär att vi tar till oss värderingar och information som vi först senare kan komma att ifrågasätta.

Utveckling av färdigheter är en form av inläring i långtidsminnet och brukar starta med att individen försöker lära sig hur man ska gå tillväga genom att följa en beskrivning eller en uppsättning regler. Bilkörning är ett tydligt exempel där individen endast har tillgång till en beskrivning av uppgiften. Individen är här tvungen att hela tiden läsa av beskrivningen i medvetandet eller på ett papper. I detta stadium är genomförandet klumpigt och tar lång tid.

Vid fortsatt arbete med uppgiften blir de olika stegen mer och mer proceduraliserade, vilket innebär att de olika arbetsuppgifterna delas upp i delmoment som aktiveras som en följd av det närmast tidigare momentet är utfört. På detta sätt

kommer individen inte behöva gå tillbaka till sin beskrivning av uppgiften för att påminna sig om vilket nästa steg är. Ökad snabbhet men även minskad flexibilitet är två direkta konsekvenser av detta. I början av lärandet är procedurerna mindre och efter hand innefattar procedurerna större bitar eller kanske till och med hela uppgiften.

I vissa fall finns flera alternativ efter ett visst delsteg. I senare stadier av proceduraliseringen innefattar den även valet av lämpligt alternativ. Det sker genom att individen utvecklar tillämpningsregler för de olika alternativen. Reglerna innefattar i vilka fall som ett visst alternativ bör användas. Över tiden blir genomförandet av arbetsuppgiften smidigare med fortsatt proceduralisering.

#### **3.2.4. Utveckling av expertis**

Flera studier har gjorts för att hitta vad som utmärker en expert till skillnad från en nybörjare inom ett specifikt område. Studierna, som innefattat mycket framgångsrika personer inom flera områden, visar att det tagit minst tio år innan de producerat arbeten som bedömts som geniala. I studien ingick områden såsom musik, schack och vetenskapliga ämnen som till exempel fysik. Studierna visade också att experter allmänt sett använder sig av utvecklade procedurer för sitt arbete. En schackmästare sitter oftast inte och analyserar flera drag i förväg utan har särskilda procedurer för specifika schacksituationer som nära liknar den aktuella situationen.

### **3.3. HMI – HUMAN-MACHINE INTERACTION**

HMI översätts på svenska till Människa-Maskin Interaktion och har sina rötter i maskintekniken där man tidigt insåg att det fanns behov av adressera detta område. HMI har alltså tonvikten på samverkan mellan maskiner och individer i olika systemsammanhang. HMI fokuserar därmed inte specifikt på individ eller maskin utan enbart till hur de ska kunna samverka på ett bra sätt. Begreppet kan innefatta allt från hur en mutter är placerad i en motor från ett serviceperspektiv till hur information utformas på en hastighetsmätare för att den ska kunna uppfattas snabbt och korrekt.

Ibland utläses HMI som Human-Machine Interface och ibland som Human-Machine Interaction. Båda uttrycken kan användas om de används med försiktighet och om man deklarerar de specifika meningarna med uttrycken. Enligt Alm, (2007) verkar det inte finnas någon riktig samstämmighet på ytterligheterna mellan dessa termer, men ett sätt att beskriva skillnaderna är att interaction design svarar på frågan ”hur ska denna produkt fungera?” medan interface design fokuserar på ”hur ska denna produkt representera sig själv?”. Alm, (2007) skriver även i sin doktorsavhandling att interface är det du kan se (höra, känna, etc.) i ett system medan interaktionen också inkluderar hur man hanterar detsamma, d.v.s. involverade procedurer med sin bakomliggande funktionalitet. Human-Machine Interaction är det vidare uttrycket som innefattar både statiska interface-komponenter och de relaterade procedurerna som nämndes ovan. Det innefattar också interaktionen mellan operatör och det tekniska systemet, där själva interaktionen är det som verkligen spelar roll, inte människan eller det synliga machine interfacet i sig.

HCI har däremot en otvetydig betydelse, Human-Computer Interaction, och inom detta vetenskapsområde finns tecken på definitioner för både user-interface design och interaction design. HCI föddes när datorsystem började komma in i organisationer för till exempel logistiska eller ekonomiska system. Dock var systemen från början mycket dåliga då ingenjörer som byggde dessa inte hade förståelse för varken ekonomi eller logistik samtidigt som det inte fanns någon kunskap om hur användargränssnittet mot systemet skulle kunna optimeras. Ur denna röra föddes då HCI med användarvänlighet och användardesign. Allt var kopplat till datoriserade abstrakter med administrativa system som huvudämne. HMI och HCI växer samman med utvecklingen i till exempel flygplan, där styrningen går från att vara helt mekanisk till att mer likna datormiljöer. HMI och HCI närmar sig varandra när applikationerna inom båda områdena använder datorer och bildskärmar för kommunikation mellan olika funktioner. Den stora skiljelinjen är fortfarande realtidssystem och icke-realtidssystem där skogsmaskiner är ett typiskt realtidssystem, medan till exempel kontorssystem inte är det. Kravbilden för respektive grupp av system ser därmed helt annorlunda ut, inte minst med hänsyn till systemsäkerhet. (Alm, 2008)

Alm (2008) ser vidare ett problem i att det idag koncentreras alldeles för mycket på H och mindre på M och I. Vi i Skandinavien arbetar dock mer med M och I jämfört med många andra länder. Med god kännedom om människan kan man designa system som har bättre output än tidigare versioner av systemet. Människan kan vi lära oss om men inte förändra särskilt mycket, medan vi har alla förutsättningar att förändra och anpassa den tekniska sidan så den passar människan.

### **3.3.1. HMI-design**

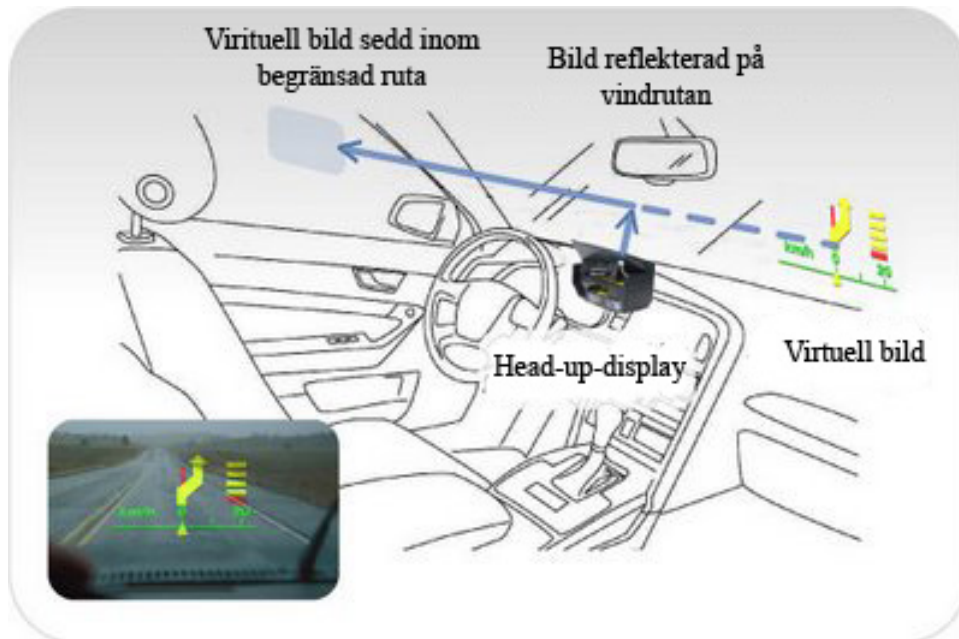
Den kognitiva aspekten av design hjälper användaren att förstå hur en produkt ska användas och hur den ska hanteras så att avsedd effekt uppnås på ett enkelt sätt. Kognitionsvetenskap är ett tvärvetenskapligt område med de centrala delarna psykologi, neurovetenskap, lingvistik, filosofi och datavetenskap. Något som bör eftersträvas vid design av system eller produkter är att de nya systemen/produkterna ska kännas intuitiva och vara enkla att förstå. Om det nya systemet är alldeles för komplext infinner sig en stor risk att individer inte förstår det och helt enkelt väljer att inte lära sig det. (Janlert, 1999).

HMI-design innebär att interaktionen mellan operatören och det tekniska systemet står i centrum. Därmed har man människans kapacitet och begränsningar som utgångspunkt i designarbetet. Detta innebär att såväl fysiskt som kognitivt ergonomiska principer måste tillämpas. (Alm, 2008).

Något som definitivt ökar möjligheterna till att åstadkomma god HMI-design är framsteg inom en rad teknikområden. Presentationsteknik med övergång från hårdvarubaserad instrumentering till nya och mer flexibla skärmbaserade lösningar och sensorteknik som möjliggör ökad automatisering är ett par exempel som vi berör i det följande.

### 3.4. HEAD-UP DISPLAY

En head-up display (HUD) är en typ av presentationssystem där en projektor eller liknande projicerar en bild på en transparent yta som reflekterar bilden till betraktaren. Med en HUD ges betraktaren möjligheten att se både den projicerade bilden och den bakomliggande omgivningen samtidigt. Fokus av bilden ställs in så att betraktaren upplever bilden som svävande i oändligheten. Detta medför att betraktaren inte behöver släppa den bakomliggande omgivningen med blicken för att ta in information och betraktaren behöver heller inte fokusera om ögonen. (Järrendal, Tinggård Dillekås, 2006).



Figur 7.  
Schematisk bild över HUD-funktion i en bilapplikation. (bp3.blogger.com)

Tillkomsten av en HUD-resurs i en skördare har studerats i flera projekt, bl.a. i ovanstående referens och det finns mot den bakgrunden anledning att tro att en sådan funktion kan leda till en minskning av de aktiviteter som utförs head-down, vilket också kan vara en aspekt på geststyrning. Detta har dock inte studerats vidare i detta projekt.

### 3.5. OLIKA TYPER AV FEEDBACK-SYSTEM

Att förmedla information tillbaka till föraren kan idag med fördel ske genom tre olika typer av system. Ljudbaserade, visuella och taktila system.

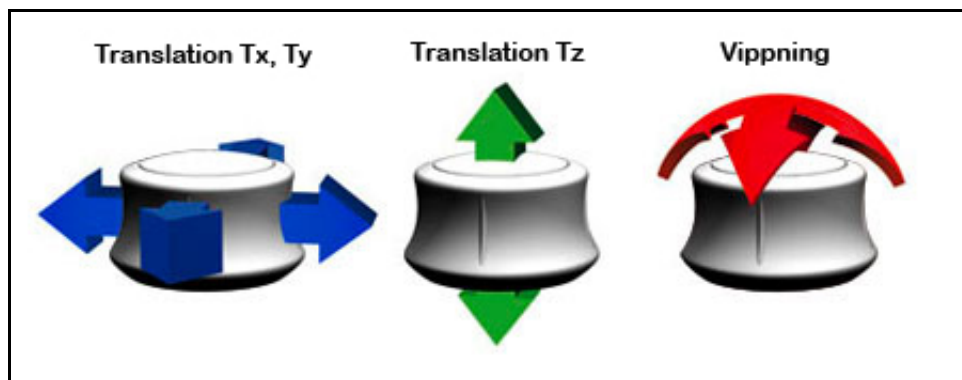
- Ljudbaserade system förmedlar information genom signaler eller röster som kan vara förinspelade eller artificiella.
- Taktila system använder vibrationer eller liknande metoder för att fysiskt förmedla information till föraren.
- Visuella system kommunicerar med föraren via en display eller andra objekt som fångar förarens uppmärksamhet via synen.

Behovet av feedback är centralt i alla operatörsstyrda system (Alm, 2007). Särskilt påtagligt blir detta behov i kombination med automatisering, något som aktualiseras i detta projekt. För att närmare studera detta måste dock tester utföras i simulator eller verklig maskin, något som inte kunnat realiseras i projektet. Vi bedömer dock att visuell feedback i HUD kan vara värt att studera vidare.

### 3.6. ALTERNATIVA STYRDON

Ett alternativ till vanliga spakar är 3dconnexions olika 3d-möss (www.3dconnexion.com). Dessa är möss som används för industrirobotar och datorer. De har fler frihetsgrader än dagens spakar och möss. De olika varianterna går att styra i tre dimensioner samtidigt som möjligheten finns till rotation runt z-axeln. De går även att vippa i xz- och yz-planet. Enheten är känslig för hur stort utslag man ger, vilket till exempel innebär att ett mindre vinkelutslag kan rotera ett objekt långsamt medan ett större utslag roterar samma objekt snabbare. Ett tidigare examensarbete (Ahlsén, 2004) har behandlat detta avsnitt och bland annat visat att inlärningstiderna med detta styrdon reduceras avsevärt jämfört med dagens konventionella styrning.

Figur 8 visar hur 3d-musens rörelsekapacitet ser ut. Vad som inte finns med i bilden, men som fortfarande kan användas, är rotation runt z-axeln. I examensarbetet har musen ett lite annorlunda utseende men funktionerna för den är ändå ungefär desamma. I arbetet har de valt att använda  $T_x$ ,  $T_y$  och  $T_z$  för att styra aggregatet i x-, y- och z-led, där x-led är framåt från föraren sett. Vridning av aggregatet sker med hjälp av rotationen  $R_z$ . Man har även valt att lägga in aggregat öppna/stäng på vippningen  $V_y$ .



Figur 8.  
3d-musens rörelsekapacitet (www.3dconnexion.com).

En nackdel med styrdonet, enligt samma examensarbete, ansågs vara att slaglängden för var alltför dålig. Det innebär alltså att man skulle föredra om styrdonet kunde anpassas så att slaglängderna i de olika rörelseriktningarna förlängdes.

### 3.7. GESTIGENKÄNNING

Följande stycke hänvisar med undantag till en hemsida vid University of Edinburgh (homepages.inf.ed.ac.uk) som är en sammanställning av olika rapporter inom området. Gestigenkänning är ett område inom datavetenskapen som behandlar tolkningar av mänskliga rörelser och uttryck med hjälp av olika

tekniker. Det kan vara rörelser med hela kroppen, ansiktsuttryck eller handrörelser. Förelserna registreras sedan med hjälp av till exempel kameror, läges-sensorer eller liknande tekniker. En dator översätter därefter den inkommande informationen till en önskad funktion. Det finns inte mycket lättillgängligt publicerat material inom detta område i dagsläget men det pågår forskning framför allt i att tolka handrörelser och emotionella ansiktsuttryck.

Problemet med gester är tolkningen som datorn ska göra. Variationen i hur människor uttrycker sig är bred så när ett system för gestigenkänning ska designas gäller det att ställa upp vissa kriterier så att en stor variation på själva gestutförandet fortfarande tolkas som ett kommando utan att felfrekvensen blir för hög. Användarens gester kan variera en del beroende på vilken typ av gest man ska känna igen, om det är ansiktsrörelser, ögonrörelser eller handrörelser. Arbetsplatsen och arbetarens förmåga att anpassa sig till uppgiften är kritiska faktorer som måste beaktas när arbetsmiljöer och uppgifter designas. (Cederqvist, Chen & Eklund, 1997) Ett antal mer eller mindre generella riktlinjer följer nedan:

- Välj en gest som är användbar i den miljö den ska brukas.
- Skapa ett system som kan känna igen mänskliga gester som inte är helt perfekta.
- Skapa ett system som kan känna igen både statiska och dynamiska gester.
- Genomför gestigenkänningen med data som uppdateras så snabbt som möjligt för att bilda en så representativ bild av gesten som möjligt.
- Försök känna igen gesten så snabbt som möjligt, även om inte hela gesten är klar.
- Använd en metod för att känna igen gesten som kräver så lite tid och datorberäkning som möjligt.
- Skapa ett system som tillåts kunna expandera och känna igen ytterligare gester.
- Para ihop gesten med lämpligt gensvar.
- Skapa en miljö som tillåter användaren att fjärrstyra en funktion med hjälp av gester.

Genom att tänka på dessa olika parametrar minskar risken för feltolkningar i systemet. Att människor är inkonsekventa i sina rörelser är inget man kommer ifrån och man bör därför se till att bygga upp gesterna så de gynnar både användaren och systemets känslighet. Utrymme för misstolkningar från systemets sida ska vara så litet som möjligt eftersom det lätt kan uppstå problem eller olyckor då människa och maskin inte är överens. Eftersom gestikuling är något i människans vardag och del i den allmänna kommunikationen mellan individer har vi lätt för att anpassa oss till nya situationer där gester behövs. Det behövs således ingen längre träning för att bli bekväm och trygg med nya gester för att hantera olika kontrollenheter.

En annan parameter som är av vikt när det gäller gestsystem är att det finns en tillräcklig snabbhet mellan användare och applikation. Från det att användaren gett ett kommando i form av en gest ska systemet svara så pass snabbt att användaren inte behöver fundera på att upprepa kommandot. Om system tar allt för lång tid på sig finns risk att ett upprepat kommando kommer in på fel plats och ställer till med problem. Särskilt påtagligt är detta problem i realtidssystem, d.v.s. också något som måste beaktas i geststyrning av en skördare. Även frustration och stress kan uppstå om användaren hela tiden måste sitta och vänta på att systemet ska reagera för att sedan ge nästa kommando.

### 3.8. AUTOMATISERING

Automation medför inom många områden stora fördelar eftersom den kan effektivisera processen och hjälpa en överbelastad operatör så att den mentala belastningen minskar. I de fall automatiseringen är väl utformad kan den stödja beslutstaganden samt insamling och analys av information. Automatiseringen underlättar och är nödvändig då maskinen utför komplexa funktioner som människan inte klarar av att styra. (Hollands & Wickens, 2000) Man brukar dela upp automationen i fem grader, från att ges som stöd för att kunna ta beslut till att handla oberoende av människan. Automationen innebär vissa nackdelar, och beroende på vilken typ av arbete som ska utföras bör man välja en grad av automationen som passar.

Även om automationssystemet fungerar felfritt kan det utföra handlingar som skiljer sig från hur en mänsklig operatör skulle utföra samma uppgift. Detta kan leda till misstro till systemet, vilket i sin tur kan leda till att det underskattas och inte används.

Om automationssystemet fungerar bra finns risk för att operatören förlitar sig så pass mycket till systemet att en övertro på systemet utvecklas. Övertro på systemet är inte en nackdel så länge automationen fungerar som den ska men när fel uppstår är de icke frekventa och därmed oväntade. En användare som förlitar sig på ett system kontrollerar inte det jobb systemet utför och tappar medvetenheten av situationen. Denna övertro kan också leda till att systemet används så frekvent att användarens egen förmåga och kunskap att utföra uppgiften begränsas. För att automationen ska vara optimal utifrån den mänskliga användarens förutsättningar finns fem riktlinjer.

- **Automation med god anpassning till användaren.** Displayer och reglage i gränssnittet ska ha en tydlig och enkel utformning, vilket gör dem enkla att förstå och använda.
- **Informera operatören (feedback).** För att hålla operatören medveten om vad systemet gör bör kritisk information synliggöras.
- **Operatören ska tränas.** Vid eventuella fel på systemet är det viktigt att operatören har kunskap om hur det styrs manuellt och därför bör detta kontinuerligt tränas.
- **Introducera automationen varsamt.** För att systemet ska accepteras av människan är det viktigt att det finns tid för inläring och om det finns några problem i systemet ska det finnas möjlighet att justera detta.

- **Automationen ska vara flexibel.** Användaren ska själv kunna välja om automationssystemet ska användas eller ej. (Lindmark & Westling, 2006).

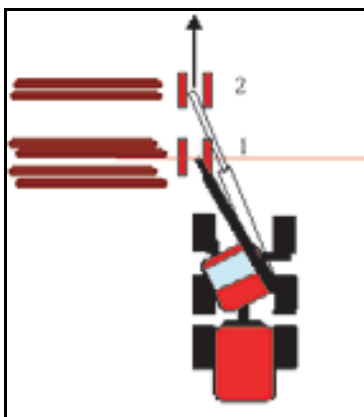
En maskinist som arbetade åt flygplanstillverkaren Boeing hade dessa synpunkter angående automatiseringen av uppgifterna.

”I felt so stifled, my brain wasn’t needed anymore. You just sit there like a dummy and stare at the damn thing. I’m used to being in control, doing my own planning. Now I feel like someone else has made all the decisions for me. I feel downgraded, depressed. I couldn’t eat. When I went back to the conventional milling machine I worked like crazy to get it out of my system. I like to feel like I’m responsible for the whole thing – beginning to end. I don’t like anybody doing my thinking for me. With numerical control I feel like my head’s asleep”. (Billings, 1997).

### 3.8.1. Delautomatiseringar

Tidigare studentprojekt har undersökt och utvärderat ett antal koncept i samarbete med Skogforsk när det gäller delautomatiseringar.

**Sortering med manuellt förarbete.** Detta innebär att föraren genomför upp- arbetningen och sorteringen av det första trädet manuellt. Skördaren registrerar var de olika sortimenten placeras och kan med nästa träd, förutsatt att det är av samma träslag, sköta sorteringen så länge de anvisade sortimentplatserna är aktuella. Om ett nytt träslag väljs måste föraren återigen manuellt aptera det trädet för att maskinen ska registrera placeringen av de olika sortimenthögarna. Inför varje aptering meddelas föraren om det finns tillgängliga sortimenthöggar via displayen och om manuell eller automatisk sortering kommer att ske. De uppsorterade högarna blir ogiltiga när skördaren passerar med de främre hjulen. Önskar föraren sortera träd i dessa högar ändå registreras inte dessa positioner i skördarens minne. (Eriksson & Oscarsson, 2005).



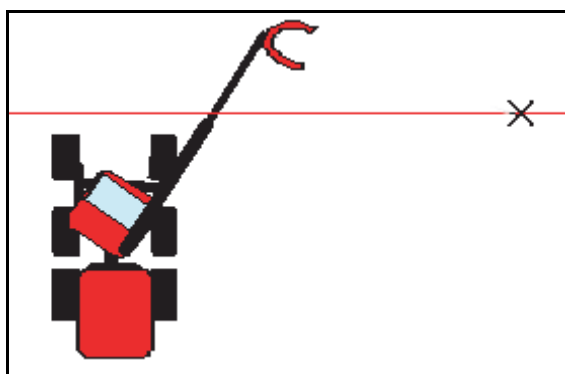
Figur 9.  
Sortering av sortiment. (www.skogforsk.se).

**Automatisk sortering i fack.** Konceptet baseras på fem förutbestämda fack vid skördarens båda sidor, i vilket de olika sortimenten placeras. Skördaren ger förslag på hur aktuellt träd ska sorteras som antingen godkänns eller förkastas av föraren beroende på omgivningen. Facken baseras på förutbestämt sorte-

ringsmönster och kan ändras av föraren på grund av hinder eller enligt erfarenhetsmässiga beslut. När ett träd blivit sorterat kommer nästa träd av samma trädslag att sorteras i samma fack om inte föraren ändrar detta. När skördaren förs framåt sker en förändring av högarnas position relativt maskinen och en kontinuerlig uppdatering av facken sker så det tidigast placerade sortimentet hamnar längst fram närmast föraren. Så länge godkända sortimenthögar kan användas görs detta automatiskt, när de passeras föreslår skördaren en ny placering. (Erikssohn & Oscarsson, 2005).

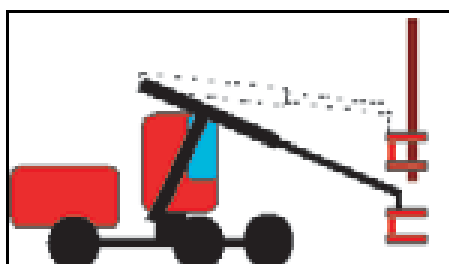
De båda koncepten har genomgått test och utvärderats i simulator med minskad användning av spakar som följd. Detta har lett till ett ökat antal mikropausar som är ett uppehåll i all aktivitet på minst tre sekunder. Kommentarer från förarens sida är att dessa system skulle kunna fungera med vissa modifieringar och mer anpassning till den verkliga miljön. Flexibiliteten att byta från automatiserat läge till manuellt var också viktigt att ha kvar. (Erikssohn & Oscarsson, 2005).

**Automatisk rikta in aggregatet vid Kran ut.** Genom att automatiskt rikta in aggregatet i rätt fällriktning under tiden föraren styr kranen mot nästa träd behöver föraren inte styra rotationen av aggregatet. Genom att känna till trädets längd kan datorn räkna ut riktningen trädet ska falla i för att kunna upp-  
arbetas i önskad vinkel mot skördaren. (Brander & Eriksson, 2004).



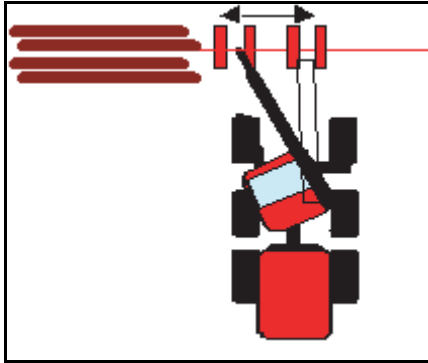
Figur 10.  
Inriktning av aggregat.  
(www.skogforsk.se).

**Kran upp.** Kranen aktiveras efter avskiljning vid fällning av träd. Aggregatet ska då stiga till en förutbestämd höjd över kapsnittet. På detta sätt kommer kranen bara behöva styras i två dimensioner till upp-  
arbetsplatsen. I de fall kranen inte orkar lyfta trädet, till exempel vid för lång hävarm, ligger funktionen Kran upp ändå aktiverad och höjer trädet successivt när trädet närmar sig skördaren. (Brander & Eriksson, 2004).



Figur 11.  
Kran upp. (www.skogforsk.se).

**Automatisk kranförflyttning vid upparbetning.** Kranen rör sig automatiskt mellan en position framför maskinen och upparbetningsplatsen bredvid maskinen. Då trädet närmar sig lämplig kaplängd vid kvistning framför maskinen går den automatiskt åt sidan och kapar, för att sedan återgå till kvistningsläge framför skördaren. På detta sätt hamnar riset på rätt ställe framför skördaren utan extra spakarbete från föraren. (Brander & Eriksson, 2004).



Figur 12.  
Kranförflyttning. ([www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)).

Alla tre automatiseringar har resulterat i ett minskat användande av spakar och knappar med ca 60 %. Arbetsbelastningen som skattats av förarna under testerna har dock inte samma stora skillnad men överlag har en förbättring erhållits. (Brander & Eriksson, 2004).

### 3.9 SKOGBESTÅND

Det finns en rad olika skogsbestånd i världen. Vad som skiljer skogarna från varandra är bland annat beroende av vilken typ av mark de befinner sig i samt höjden över havet. Miljön påverkar förutsättningarna för olika trädslag att växa. Temperatur, regn och marktyp är de främst bidragande anledningarna till fördelningen av trädslag och skogar i landskapet. (<http://www.ceja.educagri.fr>) Största delen av skogsavverkningen i Sverige är riktat mot barrträd som tall och gran. De föredrar olika miljöer, vilket leder till att det i en viss typ av mark finns större andel av ett trädslag än andra.

Granen, som är Sveriges vanligaste trädslag, trivs bäst på fuktiga och bördiga marker där tillgången på näringsrik jord och vatten är stor. Tallen, som växer i hela Sverige, trivs i sin tur bäst på torra marker men också på friska moränjordar och torvmark. (<http://www.skogstrafacket.org>).

## 4. Metod

Nedan redovisas och kommenteras de metoder som tillsammans med litteraturstudie varit vårt huvudsakliga metodologiska angreppssätt.

### 4.1. STUDIEBESÖK

Ett studiebesök kan genomföras för att undersöka en produkt som redan finns på marknaden. Tillfälle ges då att studera produkten i dess rätta miljö utan

restriktioner. Under observationen kan frågor ställas till personalen som brukar produkten för att få höra deras tankar och åsikter. (Jordan, 1998).

## **4.2. STATE OF THE ART**

När man börjar arbetet med att ta fram en ny produkt eller ett nytt koncept kan det vara en god idé att se vad som redan är etablerat på marknaden och vad som finns inom området. En "state of the art"-studie går till så att man tar reda på hur liknande problem lösts tidigare och till vilket pris detta skett. Detta kan göras för att undersöka andra tillverkares produkter eller andra olika patent för att få nya idéer. Om man lyckas hitta produkter inom helt andra områden som kan tänkas gynna uppgiften bör även de vara med i undersökningen.

## **4.3. INTERVJU**

Intervjuer kan göras i olika syften. De vanligaste är att samla fakta, att följa upp och fördjupa det man tidigare tagit reda på samt att ta reda på attityder, känslor, åsikter och värderingar. Intervjuer kan innefatta en rad olika personer. Eftersom svaren på intervjuer är ytterst subjektiva bör också dessa vägas mot statistik. Syftet med en intervju bör stå klart i ett tidigt skede och utifrån detta kan man välja strukturnivå på intervjun. Enligt Lundin, Malmberg, Naeslund, (2005) bör det som kan mätas fångas in samtidigt som frågorna måste vara relevanta och påvisa sitt syfte. Enligt samma källa bör slutsatserna från intervjun vara möjliga att kritiskt granska för andra.

## **4.4. FUNKTIONSANALYS**

Syftet med en funktionsanalys är att bryta ner produktens totala funktion i en funktionsstruktur där man ser hur de olika delfunktionernas in- och utgångar kopplas ihop och samverkar. Funktionsanalysen ska vara ett verktyg som hjälper till att ta reda på vilka funktioner man måste hämta in mer information om. Analysen genomförs i följande steg:

- Definition av systemets totala funktion och systemgräns.
- Nedbrytning av den totala funktionen i delfunktioner.
- Beskrivning av material-, energi- och informationsflöden mellan funktionerna.

För att få en mer övergripande bild av funktionernas betydelse kan man under nerbrytningen ange hur viktig delfunktionen är. Detta underlättar fortsatt arbete om det skulle uppstå någon form av konflikt mellan två delfunktioner där man måste besluta vilken som ska ge vika för den andra. (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004).

## **4.5. BRAINSTORMING**

Brainstorming utförs av en grupp personer med olika kompetenser och erfarenheter. Tanken är att de olika ingående personerna ska stimulera varandra genom att kombinera och förbättra varandras idéer. Genom detta samarbete ska gruppen komma fram till fler bra lösningsförslag än om man arbetat på egen hand.

En session ska förberedas genom att i förväg informera deltagarna om vilket/-vilka problem som ska lösas. Under arbetet som börja vara 45–60 min. ser en ledare till att diskussionen fortlöper och stimulerar gruppen till att utveckla sina tankar. Följande regler bör beaktas för att uppnå ett så bra resultat som möjligt.

- Sträva efter många idéer och sätt mål för minsta antal önskade idéer före sessionen.
- Kritik av idéer är absolut förbjudet under sessionen – alla idéer är lika välkomna.
- Klassificera och bearbeta uppkomna lösningar efter sessionen.

Alla idéer som kommer fram under sessionen ska på något sätt dokumenteras så deltagarna kan se dem med skisser och korta beskrivningar. Detta för att göra det lättare för alla att se de olika idéer som uppkommer samt att de är lätta att ta med sig när sessionen är över. (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004).

## **4.6. TESTER AV KONCEPT**

Tester kan utformas på olika sätt. För att det ska passa ändamålet är det viktigt att de utformas lämpligt. Som ett första steg bör det fastställas vad det är som ska undersökas, för att sedan kunna utforma testet så att rätt utvärderingsmetod väljs. Ett vanligt misstag är att skapa test med alltför många variabler eftersom variationerna mellan dessa gör att det blir svårt att utvärdera testet. Testets omfattning kan behöva minskas bland annat på grund av tidsbrist eller brist på resurser. (Eriksson & Oscarsson, 2005).

# **5. Genomförande**

## **5.1. LITTERATURSTUDIE**

För information om psykologiska och fysiologiska frågor gjordes den främsta informationshämtningen från böcker och rapporter. Den andra mer tekniska delen gällande geststyrning och liknande system är inte rikligt dokumenterad i publicerade böcker, vilket gör att mycket av den informationen hämtades från internet. Tidigare rapporter från Skogforsk rörande bland annat automatisering, head-up display och kranspetsstyrning lästes och mycket information om maskiner och avverkning hämtades från dessa rapporter. Resultatet av litteraturstudien återfinns i huvudsak under ovanstående teorikapitel.

## **5.2. STUDIEBESÖK**

Ett antal studiebesök genomfördes för att få en mer nyanserad bild av olika tekniker och förlopp. Det första besöket gjordes på Skogforsk i Uppsala där en simulator med autentiska kontroller provkördes. Detta för att få en första uppfattning hur det är att avverka skog med en engreppsskördare samt att se den simulator som senare skulle utgöra målmiljö för vår gestyrningsapplikation.

Andra besöket gjordes hos Sveaskogs slutavverkning strax utanför Mariehamn. Där gjordes intervjuer med förarna om deras syn på kontrollerna. Intervjun berörde även vilka besvär de upplever att de har när de kör. Både med

värk på grund av dålig ergonomi men också tankar kring själva apteringsprocessen.

Sista studiebesöket gjordes på Komatsu Forest AB som är tillverkare av skogsmaskiner. Där erhöles en inblick i produktionsprocessen men framför allt Valmets tankar kring den pågående utvecklingen av skogsmaskiner. Framtidstankar om både tekniker och olika marknader diskuterades där det framgick att det pågår mycket arbete med att rationalisera arbetet för föraren.

### 5.3. KRAVSPECIFIKATION

Det första som gjordes var att diskutera fram en kravspecifikation på det nya systemet (se kap. 6.1) I denna klargjordes vilka parametrar som är av vikt för att förbättra förarmiljön. Kravspecifikationen baserar sig på den teoretiska referensramen, intervjuer och funktionaliteten av Senseboard-enheter.

### 5.4. FRAMTAGNING AV KONCEPT FÖR FÄLLNING OCH APTERING

#### 5.4.1. Funktionsanalys

För att kunna göra ett styrsystem för en engreppsskördare baserat på gester måste en grundlig genomgång av skördarens funktioner och arbetsförlopp göras. Det stod tidigt klart att det inte går att göra en specifik gest för varje funktion som föraren idag har tillgänglig via knappar och spakar. Mängden olika gester skulle bli för svåra att lära sig samtidigt som det skulle vara ohållbart för föraren och gestikulera alla dessa under en arbetsdag. I stället måste vissa moment i skördarens arbetssätt delautomatiseras. För att veta vilka moment som kan vara intressanta genomfördes en analys av skördarens arbetssätt. Till grund för analysen ligger en mätning över skördarens CAN-bus som mäter alla knapptryckningar och spakrörelser, intervjuer med förare under körning och en tidigare rapport som behandlat delautomatisering. Nedan följer beskrivning på framtagning av de olika koncepten.

En grundlig genomgång av vilka kommandon föraren använder under en arbetscykel utfördes. Här definieras en arbetscykel på följande sätt.

**Fällning:** Återgång av aggregatet från apteringsplatsen tills dess att det nya trädet ligger på marken färdig för aptering.

**Aptering:** Placering av trädet vid apteringsplatsen, upparbetning och öppning av aggregatet.

Genom att undersöka data från CAN-bussen som presenteras i flertalet diagram kan man utläsa vilka funktioner som sker samtidig eller efter varandra och hur ofta de sker. Viktigt att påpeka är att endast de viktigaste och mest frekvent använda funktionerna var tillgängliga. För övriga funktioner erhöles data från tidigare rapporter som gjort en mer grundläggande analys av dessa funktioner. Detta ger en bild av arbetssättet som överensstämmer med tidigare iakttagelser under fältstudier och intervjuer.

### 5.4.2 Brainstorming

Efter kartläggning av funktioner påbörjades en brainstorming-session om vilka förlopp som kan automatiseras och vilka som fortfarande ska vara manuella. För att strukturera upp idéskapandet och få mer ordnade grundkoncept skapades två matriser som genererade ett antal grundkoncept att arbeta vidare med. Dessa grundkoncept var i stolpartad form för att successivt kunna brytas ner i funktioner så att bra delautomatiseringar kunde genereras. De matriser som togs fram för att få en överblick av grundkoncepten återfinns i bilaga 2 och 3.

När grundkoncepten tagits fram påbörjades nedbrytning av dessa delfunktioner som består av de kommandon föraren använder när han/hon kör skördaren. För att automatisera funktioner måste sensorer eller givare också implementeras. Utan dessa kommer automatisering inte kunna ske. I detta skede bestämdes vilka sekvenser och delsekvenser som skulle automatiseras och vilken typ av sensor eller givare dessa automatiseringar behövde. Indata och utdata från dessa sensorer och givare diskuterades också.

### 5.5. KONCEPT

De matriser som togs fram för att få en överblick av grundkoncepten återfinns i bilaga 2 och 3. Efter detta utarbetades ett antal koncept för både fällning och aptering. Nedbrytningen gav en klar och tydlig bild över funktionerna och deras förlopp, vilket var målet. Olika koncept genererade en blandning av automatiserade och manuella kommandon. I bilaga 1 återfinns de styrkommandon som föraren behöver ge i respektive koncept.

Kommandon kan ske antingen manuellt eller automatiskt. Vid ett manuellt kommando är det föraren själv som aktiverar en funktion genom till exempel en knapptryckning. När en automatisk funktion aktiveras är den en del i en sekvens och föraren behöver då själv inte aktivera den funktionen.

Matning back och kran ner innebär att valsarna i aggregatet som matar trädet fram och bak kommer att backa samtidigt som kranen sänks. Aggregatet kommer således att placeras lägre på trädstammen. Kniv öppna-hjul stäng innebär att knivarna som kvistar trädet öppnas lite så de inte ligger mot stammen, vilket underlättar matning bakåt.

#### Fällning koncept 1

- Manuell eller automatisk placering av aggregatet i skogen. Den automatiska placeringen av aggregatet baseras på föregående träds placering.
- Manuell ansättning på trädstammen.
  - Vid fel placering aktiveras matning back och kran ner (eventuellt även kniv öppna-hjul stäng) tills sensorer mäter in rätt avstånd till marken.
- Manuell kapning vid rätt position.
- Manuell kran upp och tilt ner.
- Manuellt val av trädslag.

## **Fällning koncept 2**

- Manuell eller automatisk placering av aggregatet i skogen. Den automatiska placeringen av aggregatet baseras på föregående trädslags placering.
- Manuell ansättning på trädstammen.
  - Vid fel placering aktiveras matning back och kran ner (eventuellt även kniv öppna-hjul stäng) tills sensorer mäter in rätt avstånd till marken.
- Automatisk kapning vid rätt position.
- Manuell kran upp och tilt ner.
- Manuellt val av trädslag.

## **Fällning koncept 3**

- Manuell eller automatisk placering av aggregatet i skogen. Den automatiska placeringen av aggregatet baseras på föregående trädslags placering.
- Automatisk ansättning på trädstammen (sensor på aggregatet).
  - Vid fel placering aktiveras matning back och kran ner (eventuellt även kniv öppna-hjul stäng) tills sensorer mäter in rätt avstånd till marken.
- Manuell kapning vid rätt position.
- Manuell kran upp och tilt ner.
- Manuellt val av trädslag.

## **Fällning koncept 4**

- Manuell eller automatisk placering av aggregatet i skogen. Den automatiska placeringen av aggregatet baseras på föregående trädslags placering.
- Manuell ansättning på trädstammen.
  - Vid fel placering aktiveras matning back och kran ner (eventuellt även kniv öppna-hjul stäng) tills sensorer mäter in rätt avstånd till marken.
- Manuell kapning vid rätt position.
- Automatisk kran upp och tilt ner.
- Manuellt val av trädslag.

### **Fällning koncept 5**

- Manuell eller automatisk placering av aggregatet i skogen. Den automatiska placeringen av aggregatet baseras på föregående träds placering.
- Manuell ansättning på trädstammen.
  - Vid fel placering aktiveras matning back och kran ner (eventuellt även kniv öppna-hjul stäng) tills sensorer mäter in rätt avstånd till marken.
- Automatisk kapning vid rätt position.
- Automatisk kran upp och tilt ner.
- Manuellt val av trädslag.

### **Fällning koncept 6**

- Manuell eller automatisk placering av aggregatet i skogen. Den automatiska placeringen av aggregatet baseras på föregående träds placering.
- Automatisk ansättning på trädstammen.
  - Vid fel placering aktiveras matning back och kran ner (eventuellt även kniv öppna-hjul stäng) tills sensorer mäter in rätt avstånd till marken.
- Automatisk kapning vid rätt position.
- Automatisk kran upp och tilt ner.
- Manuellt val av trädslag.

### **Aptering koncept 1**

- Manuell förflyttning av träd till apteringsplats.
- Manuell upparbetning och sortering av olika sortiment.
- Manuell öppning av aggregat samt tilt upp.

### **Aptering koncept 2**

- Manuell förflyttning av träd till apteringsplats.
- Manuell upparbetning och sortering av olika sortiment.
- Manuell öppning av aggregat samt automatisk tilt upp.

### **Aptering koncept 3**

- Manuell förflyttning av träd till apteringsplats.
- Manuell upparbetning och automatisk sortering av olika sortiment.
- Manuell öppning av aggregat samt automatisk tilt upp.

## 5.6. GESTER

Med de olika koncepten som grund kunde nu gester definieras för de olika del-automatiserade och manuella moment som genererats. Arbetet med att skapa gester har en mängd olika teorier från flertalet områden som grund och måste beaktas nog för att inte försätta föraren i en situation där missförstånd eller skador kan uppstå. Eftersom gester är en naturlig del i människans vardag kommer gesten intuitivt att kännas mer eller mindre naturlig. Med tidigare teoriundersökningar inom ergonomi och kognition genererades totalt nio gester för de olika koncepten för undersökning.

### 5.6.1. Intervju med sjukgymnast Kajsa Johansson 080421

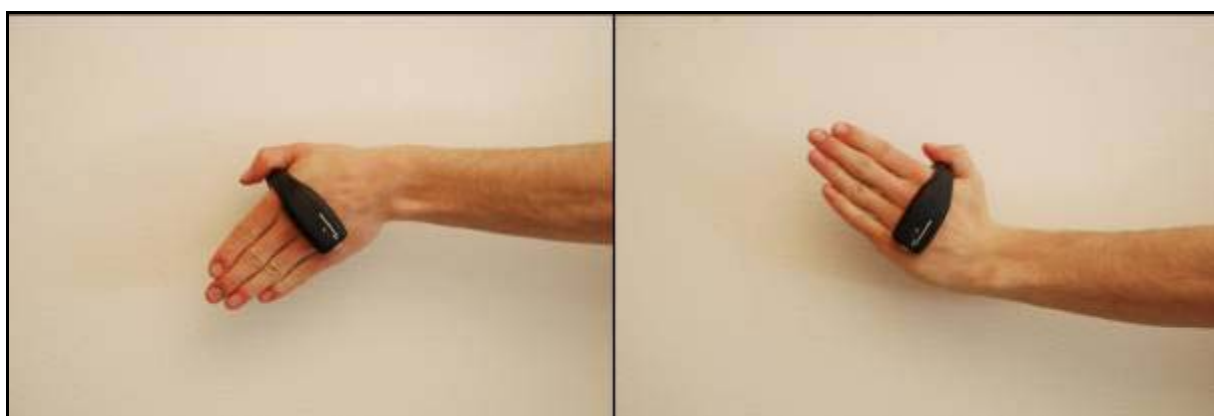
Kajsa Johansson tjänstgör som universitetslektor på avdelningen sjukgymnastik vid institutionen för medicin och hälsa vid Linköpings Universitet. Hon har tidigare jobbat mycket kliniskt som sjukgymnast inom ortopedi och primärvård. Kajsa har forskat på skulderbesvär både inom diagnostik och behandling, framför allt inriktat på patienter med smärta under skulderbladet tak, så kallat Subacromialt impingement.

Intervjun genomfördes under relativt lösa former som en diskussion kring de problem som ska motverkas. Anledningen till att Kajsa Johansson kontaktades var på grund av hennes bakgrund där hon arbetat mycket med de typer av problem som skogsmaskinsförarna upplevde. Kajsa fick titta på geststyrningsenheterna och fick även instruktioner om hur de fungerar. Efter det ombads hon diskutera kring hur hon tror att belastningarna på kroppen skulle förändras vid en övergång från joysticks och knappar till dessa enheter.

Hennes första reflektion kring enheterna är att de kan vara bra för att man undviker att förarna spänner sin hand- och underarmsmuskulatur, vilket greppet runt joysticken innebär. Om förarna använder mycket kraft i greppet runt joysticken så innebär det att ett statiskt moment bildas. När man arbetar statiskt med någonting så stasar några av blodkärlen. Statiskt betyder att man har en ganska kraftig spänningsökning i muskeln men avståndet mellan muskelns ursprung och muskelns fäste är konstant. Ingen ledvinkelförändring sker. Det leder till att när musklerna tillverkar energi så gör de det med lite syrebrist och mjölksyra bildas som biprodukt. Mjölksyran stör muskelcellernas arbete. Därmed tror Kajsa att man genom geststyrningsenheterna kan komma ifrån problemen med besvär från muskulaturens ursprung kring armbågar för att arbetet blir mer dynamiskt, vilket alltid är att föredra. En risk, som Kajsa betonar, är att problemen riskerar att förflyttas till axlarna i stället. För att undvika detta föreslår hon att ett flexibelt stöd bör utformas. Stödet ska stödja armbåge/underarm och vara följsamt för armens rörelse, som en armavlastande komponent. Angående värk i nacken som några maskinförare pratade om tror hon att geststyrningsenheterna kan hjälpa till att förebygga detta. Denna synpunkt baserar sig på att vissa förare kanske inte drar nytta av förarstolens ergonomiska fördelar men med geststyrningskontrollerna kan man arbeta närmre kroppen. Genom att man får bort en distans till joysticken finns en chans att förarna får vila mer. Kroppspositioner och rörelser som ger korta yttre hävarmar (ergonomisk anpassning) skall man naturligtvis alltid förespråka, då det minskar belastningen på muskulo-skeletala systemet.

Vidare diskuterades kring hur hon såg på skillnaden mellan små rörelser kontra större gester. Kajsa tror att det krävs mer av individen att utföra små gester än stora. Hon anser att det vore bra om man, i de rörelser som inte är så precisionskrävande, kunde använda lite större gester medan man i precisionsarbetet använder små rörelser. Den lilla rörelsen kräver egentligen mer berättar hon. Alla rörelser är ett samspel mellan agonist och antagonist. De rörelser som arbetar på samma sida som rörelsen sker åt är agonister och de som arbetar på motsatt sida av, t.ex. en arm, är antagonister. Alltid när man utför en rörelse i en riktning så aktiveras agonisterna och då hämmas antagonistsidan. Detta sker på ryggmärgsnivå. Det är hela tiden ett samspel, ibland bromsar antagonist-sidan, det är det som görs för att göra rörelser mjuka. Är det så att det sker en väldigt liten rörelse så krävs det ändå en ganska stor insats av antagonisten, vilket innebär att finmotoriska rörelser egentligen är ganska besvärande, berättar hon.

När Kajsa ombads att ge generella synpunkter på kontrollerna började hon med att konstatera att man med hjälp av dem kan uppnå en annan arbetsställning. Om man känner att man vill ändra sin axelbelastning så kan man göra det. Utifrån ett led- och muskelskonande perspektiv säger hon sig tro på grundidén. Rörelser som bör undvikas är de rörelser där man når ett ytterläge. I rörelsernas ytterlägen har man en annan belastning på lednära strukturer. Man tänker på en led som två skelettdelar och omgivande ledkapsel vilken har en liten gummibandsfunktion. Den är elastisk men inte så återfjädrande. Det finns ett ytterläge för ledkapseln som också stabiliseras upp av ledband, så kallat ligament samt omgivande muskler. När man intar ett ytterläge har man spänt upp ledkapsel och ledband, vilket bör undvikas. Annars finns inte direkt några farliga rörelser för vare sig handen eller armbågen. I vissa rörelseriktningar har man inte så stort rörelseutslag och det leder till att man ganska snabbt kommer in i ytterlägen, till exempel radial deviation och ulnar deviation, se figur 13. Det är också så att om man närmar sig ett ytterläge, och sensorn ändå kräver att man kommer längre ut för att rörelsen ska ske, så har redan de elastiska komponenterna börjat dras ut och börjat motverka den rörelsen.



Figur 13.  
Ulnar respektive radial deviation.

Kajsa sammanfattar mötet genom att återigen ta upp att de negativa rörelserna är de man når i ytterlägen eller får använda långa hävarmar. Hon påpekar att arbetet bör främja en god hållning hos individen. Det är viktigt att man når en växelverkan och att få en variation av arbetet för att inte fastna i en fix position. Hon påpekar även att man bör tänka på arbetet i sin helhet och hur olika muskelgrupper påverkas.

### **5.6.2. Test med Senseboard-enheterna**

I ett första steg kontrollerades om gesten går att öva in på ett bra sätt med Senseboard-enheterna så att de överför rätt kommando till skördaren. Eftersom det inte fanns möjlighet att styra simulatoren med Senseboard-enheterna under arbetets gång har det varit svårt att få direkt bekräftelse på om gesten går att använda eller inte. Det visade sig dock att programmet som behandlar informationen från Senseboard-enheterna hade svårigheter att skilja vissa av de olika gesterna från varandra. Detta trots att de från en människas synpunkt skiljer sig märkbart från varandra. Resonemang ledde fram till de olika resultat som presenteras.

### **5.6.3. Ergonomisk uppföljning av gester**

För att få kännedom huruvida de preliminära gesterna var ergonomiskt korrekta eller ej genomfördes ett andra möte med sjukgymnast Kajsa Johansson. Alla gesterna godkändes ur ergonomisk synpunkt med den markeringen att det bör finnas ett rörligt stöd för armen. Detta för att undvika att belastningen hos operatören flyttas upp till axlar och skuldror.

### **5.6.4. Undersökning**

I nästa steg undersöktes om gesterna känns intuitiva så de på så sätt representerar den funktion de syftar till. En undersökning genomfördes med tio studenter på Linköpings Universitet som inte haft några tidigare erfarenheter av att köra skördare. Detta för att få en så objektiv bild som möjligt av hur intuitiva gesterna är.

Först gavs en kort beskrivning av scenariot. Två kortare filmer på skördaren i arbete visades för att ge en klarare bild över processen. Därefter fick testpersonerna ett papper med de olika gesterna (se bilaga 6). Uppgiften var att para ihop en gest med en viss funktion så de känns naturliga. Svaren skulle då förhoppningsvis visa om gesterna går att använda eller om nya gester måste diskuteras fram.

## 6. Resultat

### 6.1. KRAVSPECIFIKATION

Kravspecifikationen som ställdes upp för gesterna följer nedan.

**Inga ytterlägen:** En led har en omgivande ledkapsel med en viss elastisk funktion. När leden intar ett ytterläge stabiliseras den upp av ledband, ligament och omgivande muskler. I ytterläget är ledkapsel och ledband uppsända, vilket bör undvikas eftersom det kan leda till skador.

**Stöd för armen:** Med gester undviks problem som kan uppstå med statiskt arbete. Dock finns risken att problemet flyttas från armbåge till axel om stora gestikuleringar ersätter de vanliga små rörelserna joystick medför. Ett följsamt stöd, att vila armen på eller som delvis kan följa med i rörelsen, är därför att rekommendera.

**Inte för små rörelser:** Små rörelser kräver mer av individen då det oftast krävs större precision att utföra dessa. Alla rörelser är ett samspel mellan agonister och antagonister. De rörelser som jobbar på samma sida som rörelsen är agonister medan de som jobbar på motsatt sida är antagonister. Detta sker på ryggmärgsnivå och är ett samspel som görs för att uppnå mjuka rörelser. När en rörelse startas på agonistnivå så hämmas de av rörelse på antagonistsidan. Sker det en väldigt liten rörelse krävs det en ganska stor insats av antagonist-sidan så finmotoriska rörelser är egentligen ganska besvärande.

**Intuitivt:** Den rörelse som används ska passa mot den tänkta funktionen. När gesten utförs ska funktionen inte vara oväntad utan det ska kännas naturligt att det som hände inträffade. Rörelsen ska också utformas på ett sätt att användaren inte kan blanda ihop funktioner och gester.

**Lättlärt samt ett fåtal rörelser:** Systemet får inte vara uppbyggt av för många olika rörelser. En stor mängd rörelser är svårare att hålla reda på samtidigt som systemet blir känsligare för feltolkning.

**Väldefinierade och varierade rörelser:** Gesterna bör vara väldefinierade för att systemet inte ska misstolka olika rörelser. Även om det finns likheter mellan de olika gesterna måste de vara så pass olika att det inte finns utrymme för misstolkning från systemets sida. Gester som människan kan uppfatta som vitt skilda kan systemet ändå tolka som samma och detta bör undvikas.

**Feedback:** Delautomatisering av funktionerna är nödvändigt om geststyrning med Senseboard-enheter ska kunna användas. För att föraren ska kunna följa med i arbetet som sker måste någon form av information presenteras. Informationen ska visa vad som händer och var i en automatiserad sekvens befinner sig i för tillfället.

### 6.2 SENSEBOARD-ENHETER

De två enheter från Senseboard som använts under projektet har testats och utvärderats på olika sätt för att se i vilken utsträckning de kan användas till att göra gester.

I ett första försök användes små rörelser med enbart handen, d.v.s. att under- och överarm är näst intill stilla. Detta visade sig fungera ganska bra och fyra gester fungerade tillfredställande. Två av handrörelserna placerade handen i två av sina ytterlägen, se figur 13, vilket snabbt blev uttröttande. Att använda sig av små rörelser blir därför begränsad då gester kräver stor precision från användaren och denne riskerar att spänna sig i onödan. Användandet av kvarvarande små rörelser kan därför med fördel användas till funktioner som föraren inte använder kontinuerligt men fortfarande behöver snabb åtkomst till. Eftersom förarhytten har en tendens att skaka bör man ändå försöka undvika alltför små rörelser då detta kan medföra fel i systemet.

Arbetet med stora gester har däremot större frihetsgrader. Dock är rörelser som tvingar underarmen utanför axeln begränsande då ytterläge närmas, vilket medför att rörelser framför kroppen är att föredra. Möjligheterna till större gester är bra med enheterna och går utan större problem att lära in. Dock uppstår det tolkningssvårigheter från systemets sida då handens läge förblir detsamma under liknande gester. Exempelvis uppstår ofta fel eller blandade resultat i gesterna Gest 6 och Gest 8, se bilaga 6.

### 6.3. KRANSTYRNING

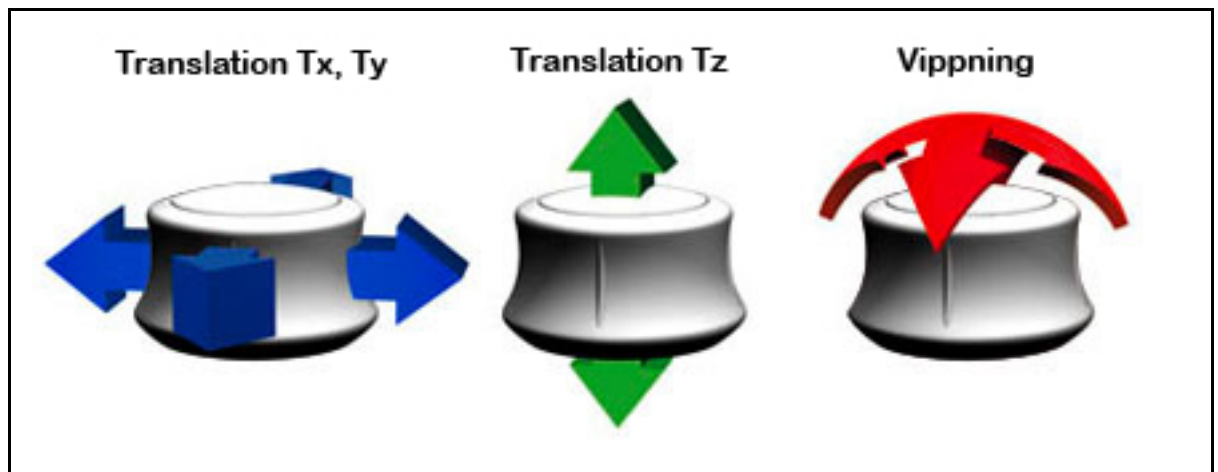
Eftersom geststyrningen kräver att minst en hand är fri måste kranstyrningen ske med en hand. Det enda alternativ som i dagsläget är aktuellt är kranspetsstyrning med en 3-D mus eftersom det bedömdes att Senseboard-enheter inte hade kapacitet att tillgodose de krav som ställs på hur kranen styrs. Att styra kranen med gester kommer inte fungera då signalerna till kranen är kontinuerlig och hastighetsstyrd. Ökat spakutslag ger ökad hastighet. Signalen måste likna den från en joystick där föraren hela tiden har bra kontroll över storleken på utslaget. Eftersom gesterna från Senseboard-enheter kommer tolkas digitalt som en etta eller nolla kan en dynamisk styrning ej uppnås genom enstaka gester. Med en 3-D mus kan föraren styra kranarmen i alla riktningar samtidigt som rotation av aggregatet kan ske.

Ett koncept för hur kranspetsen ska styras utifrån 3d-musens förutsättningar har arbetats fram. Konceptet framgår av och av figur 14 edan:

Tabell 1.  
Benämningar för olika riktningar hos 3d-musen.

| Aggregatrörelse          | Translation | Rotation | Vippning |
|--------------------------|-------------|----------|----------|
| X-led                    | Tx          |          |          |
| Y-led                    | Ty          |          |          |
| Z-led                    | Tz          |          |          |
| Rotation runt Z          |             | Rz       |          |
| Manuell matning fram/bak |             |          | Vyz      |

Figur 14 visar återigen de olika frihetsgraderna som 3d-musen har. Rotation kring z-axeln är inte med i bilden men också en rörelseriktning.



Figur 14.  
Rörelseriktningar för 3d-mus. (www.3dconnexion.com).

#### 6.4. KONCEPT FÖR FÄLLNING OCH APTERING

De koncept som genererats tidigare varierar från att vara förarberoende till att vara helt automatiserade. För att välja ut några av koncepten att gå vidare med måste hänsyn till förarens arbete tas. En delautomatisering leder till att vissa moment i förarens arbete försvinner. Valet av koncept har därför fallit på de alternativ där föraren fortfarande fattar viktiga beslut. De automatiserade funktionerna blir mer ett stöd för föraren än att de innehåller avgörande moment för arbetet. Om en för hög grad av automation väljs finns risken att föraren tappat intresset för arbetet och därmed sänker kvaliteten på slutresultatet. Av nio grundkoncept valdes fyra ut för fortsatta tester och utvärdering. För fällning valdes koncept ett och fyra. För aptering valdes ett och tre. I båda fällningskoncepten finns en funktion som automatiskt placerar aggregatet i rätt höjd på stammen. Detta förutsatt att föraren har placerat det fel. Funktionen innebär att aggregatet matas bakåt tills sensorer mätt in rätt avstånd till marken. Detaljerad översikt över konceptens olika styrkommandon återfinns i bilaga 2 och 3.

##### Fällning koncept 1

I detta koncept ges alla kommandon av föraren och ingen delautomatisering har skett förutom en eventuell automatisk förflyttning av aggregatet innan trädet greppas. Konceptet valdes för att se om det går att få till gester som på ett bra och sammanhängande sätt kan styra hela cykeln med att fälla ett träd. Att eventuellt placera aggregatet automatiskt baserar sig på undersökningar i tidigare projekt. När aggregatet flyttar på sig kommer föraren att kunna koncentrera sig mer på vilket träd som ska fällas.

- Manuell eller automatisk placering av aggregatet i skogen.
- Manuell ansättning på trädstammen.
  - Vid fel placering aktiveras matning back och kran ner (eventuellt även kniv öppna-hjul stäng) tills sensorer mäter in rätt avstånd till marken.
- Manuell kapning vid rätt position.

- Manuell kran upp och tilt ner.
- Manuellt val av trädslag.

#### **Fällning koncept 4**

I detta koncept har två funktioner delautomatiserats förutom att eventuellt använda den automatiska återgången av aggregatet. De två kritiska besluten har fortfarande lämnats åt föraren, åt vilket håll trädet ska falla och när kap ska ske. Med automatiseringen kommer föraren endast utföra två kommandon och de två efterföljande automatiserade funktionerna besparar föraren både knapptryckning och spakrörelse.

- Manuell eller automatisk placering av aggregatet i skogen.
- Manuell ansättning på trädstammen.

Vid fel placering aktiveras matning back och kran ner (eventuellt även kniv öppna-hjul stäng) tills sensorer mäter in rätt avstånd till marken.

- Automatisk kran upp och tilt ner.
- Manuellt val av trädslag.

#### **Aptering koncept 1**

Detta koncept valdes i likhet med det första för att försöka skapa ett fungerande samband mellan ett flertal gester och funktioner. Efter att trädet fallit till marken förflyttas det till apteringsplatsen där föraren startar upparbetningen med en gest. Samtidigt styrs kranen för att sortera sortimentet. När apteringen är klar öppnas och tillas aggregatet upp med två gester.

- Manuell förflyttning av träd till apteringsplats.
- Manuell upparbetning och sortering av olika sortiment.
- Manuell öppning av aggregat samt tilt upp.

#### **Aptering koncept 3**

På samma sätt som i aptering koncept 1 förflyttas trädet till apteringsplatsen. När apteringen påbörjas kommer sortimentet automatisk sorteras i olika högar och besparar föraren arbete med spakar. Föraren kommer dock alltid placera det första sortimentet för att bibehålla kontrollen och placeringen av högarna. När apteringen är klar öppnas aggregatet samtidigt som det tillas upp och minskar antalet kommandon från föraren.

- Manuell förflyttning av träd till apteringsplats.
- Manuell upparbetning och automatisk sortering av olika sortiment.
- Manuell öppning av aggregat samt automatisk tilt upp.

## 6.5. TRÄDVAL

För att uppnå ytterligare rationalisering av skogsmaskinsförarnas arbete och minska antalet knapptryckningar i en cykel har en ny trädvalslösning utarbetats. I dagsläget väljer förarna, vid varje fällning, vilket trädslag som fällts. Detta görs för att datorn ska veta vilken prislista som ska användas samtidigt som den kan räkna ut längd på trädet som beskrivits tidigare i rapporten. Enligt Magnus Thor, programledare för Skogforsks Teknikprogram, är det rimligt att anta att samma trädval kommer att ske flera gånger i rad. Speciellt beroende på att de olika trädslagen trivs bäst i olika miljöer. Framför allt kommer detta att ske om avverkningen sker i ett odlat bestånd där skogen kan vara helt homogen. Det är då onödigt att behöva trycka på knappen för gran vid varje fällning. I stället ligger trädvalet kvar tills föraren väljer ett nytt. Föregående träd, i detta exempel en gran, lägger sig då på andra plats i en rullista. Om följande träd, efter det avvikande, är en gran behöver man bara rulla ner ett steg i listan. På detta sätt byggs listan på i kronologisk ordning.

För att undvika att föraren glömmer bort att ändra sitt trädval måste alltid någon form av feedback presenteras för föraren i trädvalsögonblicket. I detta läge bör föraren ha en kort stund på sig att ändra sitt val innan arbetet fortlöper.

Tre lösningar till hur listans insignaler skulle kunna vara utformade redovisas nedan.

Det första alternativet är en scroll, som den man har på sin datormus, placerad på ett lämpligt tillfälle bredvid eller på styrdonet. Alternativ nummer två är att använda en av vippfunktionerna i 3d-musen till detta. I vårt fall lämpar sig vippning i xz-planet för detta. Det tredje alternativet är att använda gester. En enkel vickning inåt med handen betyder att listan rullar ett steg ner. En vrickning åt motsatt håll betyder i stället att listan rullar åt andra hållet.

## 6.6. GESTER

De fyra koncepten som valdes ut har fått följande gester för respektive funktion.

### Gester för fällning koncept 1



Figur 15.  
Aggregat stäng.



Figur 16.  
Kapa.



Figur 17.  
Kran upp.



Figur 18.  
Tilt ner.

Sammansättningen av de olika gesterna resulterar i en sammanhängande rörelse. Den första gesten har sitt slut där nästa gest börjar. Detta medför att föraren bara behöver vrida själva handen för att byta position. Inga större rörelser för att komma till ett nytt utgångsläge behövs, vilket är av vikt då gesterna ofta måste ske tätt inpå varandra.

### Gester för fällning koncept 4



Figur 19.  
Aggregat stäng.



Figur 20.  
Kapa som följs av kran upp och nertilt.

Sammansättningen av gesterna här bidrar på samma sätt som ovan till en större sluten rörelse.

### Gester för aptering koncept 1



Figur 21.  
Kapa startar apteringen.



Figur 22.  
Aggregat öppna.



Figur 23.  
Tilt upp.

För att behålla känslan av att gesten naturligt representerar den tänkta funktionen uppstår problem med att få samma sammanhållning i rörelserna som i koncepten för fällning. Föraren måste nu förflytta handen för att komma till rätt utgångsläge för gest kapa och aggregat öppna. Mellan de två kommandona finns dock inte samma tidspress då träden apteras så föraren har god tid på sig att flytta handen till rätt position. I en jämförelse mellan sista gestens slutposition och gesten som startar de båda fällningskoncepten ser man att de inte möts, vilket ger upphov till extra armrörelser.

### Gester för aptering koncept 3



Figur 24.  
Kapa startar apteringen.



Figur 25.  
Aggregat öppna som följs av upptilt.

I det här konceptet behövs två gester där föraren måste flytta handen för att komma till utgångsläget för den andra gesten. Precis som innan har föraren ingen tidspress mellan rörelserna. Slutpositionen i den sista gesten gör även att förarens hand positioneras i samma ställning som krävs för att göra den första rörelsen i de båda fällningskoncepten.

## 6.7. UNDERSÖKNING

Testet utfördes vid Linköpings universitet den 12 maj 2008.

Undersökningen gav tydliga antydningar om vilka rörelser som bör användas ur ett rent intuitivt perspektiv. Det finns dock aspekter på rörelsemönstren som inte kan utläsas ur testet. För att exemplifiera detta kan nämnas att en aktuell rörelse bör avslutas i en bra position för att starta nästa rörelse. Vid testfallet togs ingen hänsyn till sådana aspekter. Målet med testet var inte att göra en statistisk undersökning utan snarare var det att få en uppfattning om hur bra de tänkta gesterna till koncepten fungerade. Testet var ett sätt att få en fingervisning om huruvida några delar av de tänkta gesterna behövde omarbetas eller ej.

Koncepten som testades var *fällning koncept 1* och *fällning koncept 4*, samt *aptering koncept 1* och *aptering koncept 3*. Rörelserna som föreslogs, testet och en fullständig sammanställning av svaren redovisas i bilaga 6, 5 respektive 4.

Resultatfördelningen ger en antydning till att gesten *krama* bör starta båda fällningskoncepten eftersom nästan alla testpersoner valde den gesten. När det gäller fällningskoncepten kan man vidare säga att de flesta var ganska överens om vilka rörelser som var bäst i de olika tillfällena. Den del av fällningskoncepten som inte gav lika tydligt svar var andra processen i koncept 4. Här svarade tre stycken att Gest 4 var bäst medan fyra personer svarade att Gest 6 var bäst. Den gest som ansågs lämpligast för vidare arbete var Gest 4 för att startpositionen för den sammanfaller med slutpositionen för rörelsen som utfördes innan.

Apteringskoncepten gav inte riktigt lika tydliga svar som fällningskoncepten, men några rörelser kan direkt läsas ut som intuitiva. Man tyckte till exempel i de båda koncepten att aggregatet borde öppnas med Gest 2, även om det i koncept 2 var många som också tyckte att Gest 7 passade bäst. I första apteringskonceptet föreslog testdeltagarna att en vertikal kaprörelse var något bättre än en horisontal kaprörelse och i koncept 2 var man än mer överens om att den vertikala rörelsen var bäst för att starta processen.

Av 6.8. nedan framgår vilka rörelser som testpersonerna ansåg var bäst samt hur de överensstämmer med de tänkta gesterna.

Tabell 2.  
Kortfattat resultat av undersökningen.

| Koncept | Process | Föredragen gest | Processinnebörd       | Kommentar                  |
|---------|---------|-----------------|-----------------------|----------------------------|
| Fäll 1  | 1       | Gest 1          | Greppa                | Som processen var tänkt    |
|         | 2       | Gest 4          | Kapa                  | Som tänkt, horisontell kap |
|         | 3       | Gest 9          | Höja kran             | Som tänkt                  |
|         | 4       | Gest 6          | Agg. tilt ner         | Som tänkt                  |
| Fäll 4  | 1       | Gest 1          | Greppa                | Som processen var tänkt    |
|         | 2       | Gest 6          | Fälla trädet          | Ej som tänkt               |
| Apt. 1  | 1       | Gest 3          | Automatisk aptering   | Vertikal kapa som tänkt    |
|         | 2       | Gest 2          | Öppna agg             | Som tänkt                  |
|         | 3       | Gest 7          | Tilta upp             | Som tänkt                  |
| Apt. 3  | 1       | Gest 3          | Automatisk aptering   | Vertikal Kapa som tänkt    |
|         | 2       | Gest 2          | Öppna agg. & tilt upp | Som tänkt                  |

## 6.8. FEEDBACK

Med geststyrning kommer funktioner som vanligtvis sitter i knappar och reglage ersättas med rörelser. Att ersätta knappar med gester kommer medföra att en viktig parameter försvinner som är avgörande inom all styrning, nämligen den feedback man får från styrdonet. Vanligtvis har föraren en bra känsla för kontrollerna och vet om en knapp eller reglage aktiverats eller inte. Med geststyrning kommer denna feedback inte finnas kvar utan måste representeras på annat sätt. Givetvis ser föraren vad som händer med maskinen både vid styrning med konventionella knappar och med geststyrning men det finns ingen direkt bekräftelse på att kommandot är aktiverat med geststyrning. Denna feedback måste då förmedlas på annat sätt.

Ett antal olika lösningar har diskuterats. Olika sätt att göra föraren uppmärksam på vad som händer kan göras genom de sinnen som används mest vid körning. Känsel, hörsel och syn.

### 6.8.1. Taktila signalsystem

Taktila system som förmedlar information genom vibrationer eller på något sätt stimulerar föraren att känna olika signaler rent fysiskt med kroppen är ett alternativ. Det direkta problemet som kan uppstå med dessa system är att operatörerna vistas i en förarmiljö som ständigt rör på sig. Vibrationer och stötar kommer alltid att finnas när avverkning utförs så alternativet att bygga in dessa system i stolen utesluts därmed ganska omgående. Andra tanken med de taktila systemen var att de går att sätta direkt mot kroppen och på så sätt få en högre pålitlighet mot de omgivande vibrationerna och stötarna. Detta skulle innebära att ytterligare ett system behövs implementeras i förarmiljön och även detta måste vara trådlöst. Kostnaden och osäkerheten med ett taktilt system medförde att även detta alternativ valdes bort.

### 6.8.2. Ljudbaserade signalsystem

Ett system som förmedlar information via ljud finns också som alternativ. Olika signaler kan användas för att meddela att olika kommandon blivit aktiverade. Eftersom delautomatisering av de mest frekvent använda funktionerna skett bedömer vi att ljudsignaler fungerar dåligt. Först på grund av att det skulle bli för mycket olika ljud i förarhytten och detta kommer snabbt att övergå från att vara ett hjälpmedel till att bli ett störande moment. Ljud används även i dagsläget för att signalera när ett sortimentsbyte sker och att blanda in mer signaler i processen kan störa förarens redan stressade arbete med att placera träden i rätt sortimentshöj. Därför har ett system för feedback baserat på ljud valts bort.

### 6.8.3. Visuella signalsystem

Att presentera den information som behövs kommer därför bara att kunna ske tillfredställande på någon form av display. Att använda den befintliga head-down displayen som finns i dagens skördare skulle kunna gå. Att flytta upp blicken är emellertid önskvärt så att föraren fortfarande kan ha bra uppsikt över sin omgivning samtidigt som information kan avläsas. En head-up display är därmed ett bra alternativ för detta ändamål. Genom att projicera upp en bild på vindrutan kan information presenteras för föraren utan att denne behöver fokusera om sin blick.

## 7. Diskussion

### 7.1. FEL SOM KAN UPPSTÅ

Arbetet har fokuserats mot en simulatormiljö där kvistfel och andra typer av fel i dagsläget inte kan realiseras. Det medför att endast gester för felfri fällning och aptering har behandlats i arbetet. Tankar och resonemang har förts kring hur vissa fel kan åtgärdas, vilket även har lett till vissa manuella kommandon som kan användas vid fel, till exempel manuell matning vid aptering. Att ge föraren möjlighet att åtgärda fel som uppstår är en nödvändighet med hänsyn till både säkerhetsaspekter och effektivitet. De data som användes från maskinernas CAN-bus hänvisar endast till de mest frekvent använda knapparna och funktionerna. Att kunna åtgärda alla fel med gester genom att använda de Senseboard-enheter som varit tillgängliga under arbetets fortskridande bedöms som en omöjlighet i dagsläget. Detta på grund av att felhanteringen ofta kräver en mängd kommandon som sker i en ganska snabb följd. Att utföra dessa kommandon i följd kommer ta för lång tid för föraren samtidigt som det kommer bli för påfrestande. Dessutom kräver det en ohållbar mängd gester för att lösa alla typer av problem som kan uppstå vid avverkningen. Detta leder till att föraren behöver lära sig en stor del av det gamla systemet för att lösa eventuella problem som kan uppstå, men vid en felfri cykel kommer han/hon att använda sig av färre knapptryckningar.

## 7.2. METODKRITIK

En nackdel med metoden som använts är att några delresultat inte kunnat undersökas i simulatormiljö under arbetets gång. Detta beror till stor del på tidspress hos Oryx. Simulatorn som har funnits tillgänglig har inte kunnat användas för att utveckla gestsystemet utan endast kunnat användas för att få en förståelse för hur maskinerna fungerar vid avverkning. Gesterna har heller inte undersökts för att se hur de påverkar kroppen utan endast undersökts ur ett rent intuitivt och kognitivt perspektiv. I samtal med sjukgymnast Kajsa Johansson indikerades att gesterna inte verkar ha någon skadlig inverkan på kroppen, men hon betonar dock att ett stöd för armbågen bör utvecklas för att inte belasta axlar.

Testet som utförts kunde ha varit mer inriktat på att deltagarna skulle ha nästa rörelse i åtanke när de avslutade den pågående. Utformningen var dock ett medvetet val eftersom målet var att utvärdera varje gest för sig. Den utformning som valdes på testet kan ha lett till att vissa deltagare tänkte på nästa rörelse medan vissa inte gjorde det. Det kan vara en orsak till en viss spridning av svaren angående vissa gester.

Fler och mer ingående intervjuer med skogsmaskinsförare kunde ha utförts. Även detta var ett ställningstagande eftersom gamla intervjuer redan fanns att tillgå samtidigt som man ofta möts av en viss skepticism gentemot ej tidigare beprövade tekniker.

En del av arbetet bygger på tidigare undersökningar. Detta gör att systemet kan vara svårt att implementera utan vissa förutsättningar som till exempel kran-spetsstyrning, delautomatisering och alternativa styrdon för automatisering.

## 7.3. FEEDBACK

Med delautomatisering kommer funktioner att ske efter varandra utan att föraren ger ett kommando för detta. För att veta var i sekvensen föraren befinner sig måste hela sekvensen på något sätt presenteras där varje delmoment är representerat. En lista kommer då att visas på head-up display där alla funktionerna i en sekvens står i kronologisk ordning efter ett förutbestämt program. Listan är inriktad på olika cykler i skördarens arbetsprocess till exempel fällning av träd eller aptering. När en funktion i en sekvens är aktiverad framhävs den på displayen genom att den lysas upp eller byter färg. Allt eftersom sekvensen fortlöper och nya kommandon aktiveras kommer funktionerna att aktiveras längre ner i listan. På detta sätt kommer föraren hela tiden veta vilken funktion som är aktiverad och vilken funktion som kommer att aktiveras.

De förutbestämda programmen som föraren kommer att befinna sig i kan beskrivas som olika moder i vilket olika funktioner finns lagrade beroende på vilken situation som uppstår. Om till exempel föraren får problem med att kvista ett träd kommer programmet automatiskt gå över i en annan mod där föraren får tillgång till nya kommandon. På detta sätt kan antalet gester också hållas på en rimlig nivå eftersom föraren kan använda samma gest till flera olika funktioner beroende på vilken mod som är aktiverad. Eftersom alla modbyten och nya funktioner visas i displayen vet föraren hela tiden vilka funktioner och kommandon som finns tillgängliga. Efter att föraren löst problemet går programmet automatiskt tillbaka till den tidigare moden och kan fortsätta arbeta där.

## 8. Slutsats och förslag till fortsatt arbete

### 8.1. FRÅGESTÄLLNINGAR

**Till vilken grad kan man med hjälp av Senseboard-enheter ersätta konventionell styrning med geststyrning?**

Senseboard-enheternas begränsningar medför att ny teknik som head-up display, delautomatisering och kranstyrning med 3d-mus är nödvändig. Det bedöms som en omöjlighet att med Senseboard-enheter styra kranen men däremot är det möjligt att ge kommandon som startar sekvenser i delautomatiseringen med gester. I dagsläget ser vi det inte som en möjlighet att ersätta konventionell styrning med geststyrning användandes Senseboard-enheter.

**Blir avverkningen mer effektiv?**

Under arbetets gång har möjligheten att styra simulatoren med gester ej funnits och därför finns inga underlag att ta ställning till. Däremot är det en viktig fråga som bör undersökas närmare. Att utföra en gest för att ge ett kommando tar längre tid än att trycka på en knapp men däremot bedöms inlärningstiden vara kortare vid användning av gester. Med gester utformade på ett sätt som gör att de representerar och efterliknar maskinens arbete minskar förhoppningsvis inlärningstiden.

**Uppnås en mer ergonomisk arbetsplats?**

Att frigöra en hand från joystick medför att rörelsefriheten på arbetsplatsen ökar. Den konventionella styrningen i dagens maskiner innebär att föraren är låst i samma position hela arbetsdagen. Detta leder till besvär i bland annat armbåge. Med större rörelsefrihet minskar risken för denna typ av arbetsskador men utan ett flexibelt stöd för armen finns det dock stor risk att besvären flyttas upp till axlar och skuldror. Variationen i arbetsställningar är viktig och det bedöms därför som intressant att kunna byta hand för att utföra gesterna respektive styra kranen.

### 8.2. FORTSATTA UNDERSÖKNINGAR

Geststyrning är ett område som har en mängd olika tekniska lösningar och är dessutom långt ifrån färdigutforskat. Senseboard-systemet är troligen inte det bästa alternativet för denna applikation. I stället kan det vara aktuellt att undersöka vad som finns på marknaden i form av andra system som kan passa skördaren bättre. Det finns en mängd system baserade på kameror som känner av rörelser och mimik. System som reagerar på röster och talkommandon går att integrera i förarmiljön. Även andra gestsystem med sensorer är värda att undersöka närmare.

Fortsatta undersökningar bör genomföras för att utvärdera vilka olika typer av gestigenkänningssystem som kan passa i skördaren och dess förarmiljö. Att vara låst till ett system, som i detta projekt, bedöms som fel väg att gå. Eftersom olika system har både för- och nackdelar är det onödigt att försöka ta fram hela koncept för ett system i taget som i slutänden visar sig vara oanvändbara. I stället bör undersökningar först göras på en mängd system som kan tänkas vara användbara och därefter utveckla delkoncept som ger en totallösning för skördarens förarmiljö.

Ett system som känner var händerna är positionerade i hytten skulle kunna vara bra. På så sätt skulle kranen kunna fungera som människans förlängda arm. Man skulle genom det systemet kunna undvika spakar helt och ha händerna fria. Ett annat alternativ är ett system som känner igen fingerrörelser. Detta system skulle ge större möjligheter till att ge fler kommandon.

Möjligheten att kombinera olika system bör också undersökas. Dels för att man med ett specifikt system inte kan lösa alla problem som kan uppstå, men också för att bygga in möjligheten för föraren att kunna variera sig i sitt arbete.

Att skräddarsy ett gestigenkänningssystem för en skördare kan vara ett annat alternativ. Tanken är att först sätta upp kriterier för vilka funktioner systemet ska klara av och därefter anpassa systemet efter dessa.

## Referenser

- Ahlsén, B. 2004. Styrdon för automatiserad kranstyrning. LiTH-Ex-2160, Linköping.
- Alm, T. 2007. Simulator-Based Design, Methodology and vehicle display applications. ISBN: 978-91-85715-53-4, LiU-Tryck, Linköping.
- Allwood, C. M., Thylefors, I. 1994. Arbete-Människa-Teknik. ISBN: 91-7522-414-3, Första upplagan, Första tryckningen.
- Attebrandt, M., Wikström, B-O. & Winkel, J. 1998. Konsensusrapport rörande kunskapsläget om arbetsmiljön i skogsmaskiner. ISBN: 91-7045-470-1.
- Billings, C. E. 1997. Aviation Automation, The Search for a Human-Centered Approach. ISBN: 0-8058-2126-0.
- Brander, M. & Eriksson, D. 2004. Delautomatisering av kranfunktioner på engreppsskördare. ISSN: 1404-305X, Skogforsk, Uppsala.
- Cassidy, T. 2003. Stress, kognition och hälsa. ISBN: 91-44-02983-7, Studentlitteratur, Lund.
- Cederqvist, T., Chen, F. & Eklund, J. 1997. Physical ergonomics. ISBN: 91-7871-929-1, Linköping University.
- Ericsson, M. & Odenrick, P. 1994. Arbete-Människa-Teknik. ISBN: 91-7522-414-3, Första upplagan, Första tryckningen.
- Eriksson, P. & Oscarsson, M. 2005. Automatisk sortering med engreppsskördare vid slutavverkning. ISSN: 1404-305X, Skogforsk, Uppsala.
- Hollands, J. G. & Wickens, C. D. 2000. Engineering Psychology and Human Performance. ISBN: 0-321-04711-7, Tredje upplagan.
- Janlert, L-E. 1999. Tänkande som beräkning – en inledning till data- och kognitions-vetenskap. ISBN: 91-44-01278-0, Studentlitteratur, Lund.
- Johannesson, H., Persson, J-G. & Pettersson, D. 2004. Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design. ISBN: 91-47-05225-2, Första upplagan, Liber, Stockholm.
- Jordan, P.W. 1998. An Introduction to Usability. ISBN: 0-7484-0762-6.
- Järrendal, D. & Tinggård Dillekås, H. 2006. Engreppsskördare med Head-Up Display. LiTH-IKP-R-1415, Linköping.
- Kindenberg, U. 2002. Vad händer med våra muskler vid stress – om sambandet mellan fysik och psykisk belastning. ISBN: 91-7464-421-1, Första upplagan.

- Leray, H., Stenlund, B., Öqvist, R. 2005. Prevention och praktisk ergonomi. ISBN-91-970569-7-9, Centraltryckeriet, Linköping
- Lindmark, F. & Westling, E. 2006. Utformning av ergonomisk ratt med fokus på förarens krav och behov – Ett framtidskoncept. ISSN: 1402-1617.
- Lundin, M., Malmberg, A. & Naeslund, C-O. 2005. Alternativ informationspresentering – för engreppsskördare vid aptering. LiTH-IKP-R-1378, Linköping.

## Internetreferenser

- [http://www.ceja.educagri.fr/sue/enseignants/livret%205/forsv\\_1.pdf](http://www.ceja.educagri.fr/sue/enseignants/livret%205/forsv_1.pdf) (2008-05-07)
- <http://www.skogstrafacket.org/home/skogstra/home.nsf/pages/C623C0A95E53886A4125691900433E48?OpenDocument> (2008-05-12)
- <http://www.senseboard.com/company.php> (2008-04-03)
- [http://www.skogforsk.se/templates/sf\\_Normal\\_\\_\\_\\_2543.aspx?sm=2&cri=2543&clipm=1](http://www.skogforsk.se/templates/sf_Normal____2543.aspx?sm=2&cri=2543&clipm=1) (2008-02-12)
- [http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL\\_COPIES/COHEN/gesture\\_overview.html](http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/COHEN/gesture_overview.html) (2008-04-03)
- <http://www.musarm.org/whatis.htm> (2008-03-11)
- <http://www.musarm.org/ergonomics.htm> (2008-03-11)
- [http://www.hu.liu.se/content/1/c6/02/49/18/pm\\_fibromyalgi.pdf](http://www.hu.liu.se/content/1/c6/02/49/18/pm_fibromyalgi.pdf) (2008-05-29)

## Muntliga referenser

- Torbjörn Alm (2008-05-14). Linköping: Industriell arbetsvetenskap, Linköpings tekniska högskola.
- Kajsa Johansson (2008-04-21, 2008-05-06). Linköping: Institutionen för hälsa och samhälle, Hälsouniversitetet.
- Magnus Thor (2008-05-13). Uppsala: Programledare för teknikprogrammet, Skogforsk.

## Bildreferenser

- Figur 3: <http://www.dalfors.se/docs/bilder/dscn0225.jpg> (2008-06-02).
- Figur 4: <http://www.sparresaterskolan.skovde.se/Bilder/valmet.jpg> (2008-06-02).
- Figur 5: [http://www.skogforsk.se/upload/13777/Produktivitetskurva\\_large.jpg](http://www.skogforsk.se/upload/13777/Produktivitetskurva_large.jpg) (2008-06-02).
- Figur 6: [http://faculty.weber.edu/molpin/healthclasses/1110/bookchapters/introductionchapter\\_files/image002.jpg](http://faculty.weber.edu/molpin/healthclasses/1110/bookchapters/introductionchapter_files/image002.jpg) (2008-06-02).
- Figur 7: [http://bp3.blogger.com/\\_djYeu-MX1YM/RbEaSH0YtTI/AAAAAAAAArI/8UVvOS1Ou28/s1600-h/HUD\\_diagram.jpg](http://bp3.blogger.com/_djYeu-MX1YM/RbEaSH0YtTI/AAAAAAAAArI/8UVvOS1Ou28/s1600-h/HUD_diagram.jpg) (2008-06-02).
- Figur 8: <http://www.3dconnexion.com/3dmouse/spacenavigator.php> (2008-06-02).
- Figur 9-12: <http://www.skogforsk.se/upload/Dokument/Resultat/2004-08.pdf> (2008-06-02).



### Fällning koncept 1

#### Styrkommandon

- Manuell eller automatisk (återgång till tidigare fällposition) kranstyrning/rotera aggregatet.
- Manuellt aggregat stäng (ett enkelt knapptryck ska stänga aggregatet helt).

#### Om felplacerat:

- Automatisk kniv öppna/hjul stäng.
  - Automatisk matning back (Till sensor mätt in rätt avstånd till mark).
  - Automatisk aggregat stäng.
- 
- Manuell kap.
  - Manuell kran upp.
  - Manuell nertilt.
  - Manuellt val av trädslag.

### Fällning koncept 2

#### Styrkommandon

- Manuell eller automatisk (återgång till tidigare fällposition) kranstyrning/rotera aggregatet.
- Manuellt aggregat stäng (ett enkelt knapptryck ska stänga aggregatet helt).

#### Om felplacerat:

- Automatisk kniv öppna/hjul stäng.
  - Automatisk matning back (Till sensor mätt in rätt avstånd till mark).
  - Automatisk aggregat stäng.
- 
- Automat kap.
  - Manuell kran upp.
  - Manuell nertilt.
  - Manuellt val av trädslag.

## Fällning koncept 3

### Styrkommandon

- Manuell eller automatisk (återgång till tidigare fällposition) kranstyrning/-rotera aggregatet.
- Automatisk aggregat stäng (ett enkelt knapptryck ska stänga aggregatet helt).

### Om felplacerat:

- Automatisk kniv öppna/hjul stäng.
- Automatisk matning back (Till sensor mätt in rätt avstånd till mark).
- Automatisk aggregat stäng.
- Manuell kap.
- Manuell kran upp.
- Manuell nertilt.
- Manuellt val av trädslag.

## Fällning koncept 4

### Styrkommandon

- Manuell eller automatisk (återgång till tidigare fällposition) kranstyrning/-rotera aggregatet.
- Manuellt aggregat stäng (ett enkelt knapptryck ska stänga aggregatet helt).

### Om felplacerat:

- Automatisk kniv öppna/hjul stäng.
- Automatisk matning back (Till sensor mätt in rätt avstånd till mark).
- Automatisk aggregat stäng.
- Manuell kap.
- Automatisk kran upp.
- Automatisk nertilt.
- Manuellt val av trädslag.

## Fällning koncept 5

### Styrkommandon

- Manuell eller automatisk (återgång till tidigare fällposition) kranstyrning/-rotera aggregatet.
- Manuellt aggregat stäng (ett enkelt knapptryck ska stänga aggregatet helt).

### Om felplacerat:

- Automatisk kniv öppna/hjul stäng.
  - Automatisk matning back (Till sensor mätt in rätt avstånd till mark).
  - Automatisk aggregat stäng.
- 
- Automatisk kap.
  - Automatisk kran upp.
  - Automatisk nertilt.
  - Manuellt val av trädslag.

## Fällning koncept 6

### Styrkommandon

- Manuell eller automatisk (återgång till tidigare fällposition) kranstyrning/-rotera aggregatet.
- Automatiskt aggregat stäng.

### Om felplacerat:

- Automatisk kniv öppna/hjul stäng.
  - Automatisk matning back (Till sensor mätt in rätt avstånd till mark).
  - Automatisk aggregat stäng.
- 
- Automatisk kap.
  - Automatisk kran upp.
  - Automatisk nertilt.
  - Manuellt val av trädslag.

## **Aptering koncept 1**

### **Styrkommandon**

- Manuell kranstyrning.
  - Vid krökt stam eller röta.
  - Manuell upparbetning.
  - Manuell automatknapp.

### **Vid kvistfel**

- Automatisk matning bak. Vid upprepade problem tar föraren över.
- Automatisk Automatknapp.
- Manuell kranstyrning för sortering.
- Manuell aggregat öppna.
- Manuell tilt upp.

## **Aptering koncept 2**

### **Styrkommandon**

- Manuell kranstyrning.
  - Vid krökt stam eller röta.
  - Manuell upparbetning.
- Manuell automatknapp.

### **Vid kvistfel**

- Automatisk matning bak. Vid upprepade problem tar föraren över.
- Automatisk Automatknapp.
- Manuell kranstyrning för sortering.
- Manuell aggregat öppna.
- Automatisk tilt upp.

## **Aptering koncept 3**

### **Styrkommandon**

- Manuell kranstyrning.
  - Vid krökt stam eller röta.
  - Manuell upparbetning.
- Manuell automatknapp.

### **Vid kvistfel**

- Automatisk matning bak. Vid upprepade problem tar föraren över.
- Automatisk Automatknapp.
- Automatisk kranstyrning för sortering.
- Manuell aggregat öppna.
- Automatisk tilt upp.



## Bilaga 2

| <u>Delfunktion</u>     | <u>Dellösningalternativ</u> |                                                                                |                                                              |                                                             |                                                              |                                  |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|                        |                             |                                                                                |                                                              |                                                             |                                                              |                                  |
| Placering              | M. placering                | M. placering med A.<br>Återgång av<br>aggregat baserat på<br>tidigare position |                                                              |                                                             |                                                              |                                  |
|                        |                             |                                                                                |                                                              |                                                             |                                                              |                                  |
| Ansättning             | M. ansättning               | A. ansättning                                                                  |                                                              |                                                             |                                                              |                                  |
|                        |                             |                                                                                |                                                              |                                                             |                                                              |                                  |
| Rätt placering på stam | M. matning bak              | M. Kniv öppna-Hjul<br>stäng<br>M. matning bak                                  | M. Kniv öppna-Hjul<br>stäng<br>M. matning bak<br>M. kran ner | A. Kniv öppna-Hjul<br>stäng<br>M. matning bakM.<br>kran ner | A. Kniv öppna-Hjul<br>stäng<br>A. matning bak<br>A. kran ner | A. Matning<br>bak<br>A. Kran ner |
|                        |                             |                                                                                |                                                              |                                                             |                                                              |                                  |
| Kapning                | M. kap/Automatknapp         | A. Kapning                                                                     |                                                              |                                                             |                                                              |                                  |
|                        |                             |                                                                                |                                                              |                                                             |                                                              |                                  |
| Nertilt                | M. nertilt                  | M. Nertilt,<br>M. Kran upp                                                     | M. Nertilt,<br>A. Kran upp                                   | A. Nertilt,<br>M. Kran upp                                  | A. Nertilt,<br>A. Kran upp                                   |                                  |



### Bilaga 3

| <u>Delfunktion</u>                                | <u>Dellösningalternativ</u> |                                            |                                          |                                         |
|---------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                   |                             |                                            |                                          |                                         |
| Förflyttning av träd efter fällning till aptering | M. Förflyttning             | A. Förflyttning baserat på första manuella | A. Förflyttning till förutbestämt fack   |                                         |
|                                                   |                             |                                            |                                          |                                         |
| Aptering                                          | M. Sortering av sortiment   | M. Första delen<br>A. Sortering efter      | A. Sortering till förutbestämda fack     | A. Sortering baserat på första manuella |
|                                                   |                             |                                            |                                          |                                         |
| Öppna och tilta upp                               | M. Öppning<br>M. Tiltning   | M. Öppning följs samtidigt av<br>A. Tilt   | M. Tilt följs samtidigt av<br>A. Öppning | A. Öppning samtidigt som<br>A. Tilt.    |



## Bilaga 4

| Fällning 1 | Gest 1 | Gest 2 | Gest 3 | Gest 4 | Gest 5 | Gest 6 | Gest 7 | Gest 8 | Gest 9 |  | Kommentarer                                         |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|-----------------------------------------------------|
| Process 1  | 9      |        |        |        |        |        |        |        | 1      |  | Nästan alla överens med oss.                        |
| Process 2  |        | 1      | 3      | 6      |        |        |        |        |        |  | De flesta vill kapa som oss, horisontal kaprörelse. |
| Process 3  |        |        |        |        | 3      |        | 1      |        | 6      |  | De flesta vill höja agg. som vi tycker.             |
| Process 4  |        |        |        |        |        | 8      |        | 2      |        |  | Mage ner tycker de flesta.                          |
|            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |                                                     |
| Fällning 2 | Gest 1 | Gest 2 | Gest 3 | Gest 4 | Gest 5 | Gest 6 | Gest 7 | Gest 8 | Gest 9 |  |                                                     |
| Process 1  | 7      | 1      |        |        | 1      |        | 1      |        |        |  | De flesta överens med oss.                          |
| Process 2  |        | 1      | 1      | 3      |        | 4      |        | 1      |        |  | Mage ner, följt av horisontal kapa.                 |
|            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |                                                     |
| Aptering 1 | Gest 1 | Gest 2 | Gest 3 | Gest 4 | Gest 5 | Gest 6 | Gest 7 | Gest 8 | Gest 9 |  |                                                     |
| Process 1  | 1      | 1      | 4      | 3      |        | 1      |        |        |        |  | Vertikal kapa, följt av horisontal kapa.            |
| Process 2  |        | 7      | 1      | 1      |        |        | 1      |        |        |  | Agg. öppna. Omvänd krama.                           |
| Process 3  |        |        |        |        | 2      | 1      | 4      | 1      | 2      |  | Mage upp                                            |
|            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |                                                     |
| Aptering 2 | Gest 1 | Gest 2 | Gest 3 | Gest 4 | Gest 5 | Gest 6 | Gest 7 | Gest 8 | Gest 9 |  |                                                     |
| Process 1  | 3      | 1      | 5      |        |        | 1      |        |        |        |  | Vertikal kapa.                                      |
| Process 2  |        | 4      | 1      | 1      |        |        | 3      |        | 1      |  | Öppna, följt av mage upp.                           |



## Test gester för skogsmaskiner

### BAKGRUND

#### SKOGRMASKINER

I dagens skogsbruk finns ett flertal olika skogsmaskiner varav de vanligaste är engreppsskördare och skotare. Dessa maskiner samarbetar i ett så kallat två-maskinssystem där skördaren kapar, apterar och sorterar virket. Skotaren samlar upp och transporterar det till en närliggande väg.

#### SCENARIO

Tänk dig att du är en skogsmaskinsförare som ska fälla och aptera ett träd med en engreppsskördare. Med aptering menas arbetet från fällning av träd till sortering i de olika högarna. Arbetet är indelat i några olika sekvenser.

*Fällningsdelen* i arbetet går till som följer:

Den första sekvensen kallas **greppa**. Denna sekvens innebär att aggregatet stängs omkring trädet och placeras automatiskt i rätt höjd på stammen i förhållande till marken.

Efter detta ska trädet **kapas**. Denna sekvens innebär att en kedjesåg sågar av trädet och sedan återgår till sin ursprungliga position.

Nästa steg är att **höja upp kranen** en liten bit. Detta för att underlätta trädets fall till marken.

Det fjärde steget i processen är att **tilta ner aggregatet**. Efter att aggregatet höjts upp en liten bit tiltas det ner och får trädet att falla naturligt till marken.

*Apteringsdelen* går i sin tur till som följer:

Trädet styrs till sorteringsplatsen varpå upparbetning av trädet börjar. Trädet matas fram genom aggregatet samtidigt som den räknar ut den optimala längden på stockarna enligt prislistor. Förutsatt att det är ett träd som är fritt från röta och krökningar sker kapningen automatiskt. I annat fall måste föraren manuellt kapa upp trädet.

När trädet är uppkapat **öppnas aggregatet** och sedan **tiltas det upp** till normal position för att förbereda sig för nästa träd.

## TESTET

Vi vill utvärdera olika gester för att styra två olika sorters koncept för fällningen och två koncept för aptering. Du ska helt enkelt para ihop den process du tycker passar bäst ihop med gesterna på lösbladet du fått. Du ska inte tänka på att styra kranen utan bara utföra de olika kommandon som efterfrågas. Tag god tid på dig och tänk på att du kan använda samma gest i de olika koncepten.

### Fällning koncept 1

Detta koncept innebär att du behöver utföra fyra gester, nämligen greppa, kapa, höja upp kranen och tilta ner aggregatet. I detta koncept ingår alla stegen i fällningsdelen som beskrevs på sida 1.

#### Svar koncept 1:

För att **greppa** så tycker jag att gest nr\_\_\_\_\_ verkar lämpligast.

För att **kapa** så tycker jag att gest nr\_\_\_\_\_ verkar lämpligast.

För att **höja upp kranen** så tycker jag att gest nr\_\_\_\_\_ verkar lämpligast.

För att **tilta ner aggregatet** så tycker jag att gest nr\_\_\_\_\_ verkar lämpligast.

### Fällning koncept 2

I detta koncept behöver du endast utföra två gester. Konceptet innebär att när du visat en gest så greppar aggregatet runt trädet. Sedan placeras aggregatet automatiskt i rätt position på trädstammen. När det är korrekt placerat utför du en gest som innebär att trädet ska fällas varpå trädet automatiskt kapas, kranen höjs och aggregatet tiltas ned.

#### Svar koncept 2:

För att utföra den första processen tycker jag att gest nr\_\_\_\_\_ verkar lämpligast.

För att utföra den andra processen tycker jag att gest nr\_\_\_\_\_ verkar lämpligast.

### Aptering koncept 1

I detta koncept ska du utföra tre gester. Den första ska starta en process som automatiskt matar och sågar upp trädet i optimerade längder. Under tiden kommer föraren att styra kranen och sortera sortimentet. När trädet är färdigsorterat ska du ange en ny gest som öppnar aggregatet. Sista gesten i detta koncept ska göra så att aggregatet tiltas upp.

#### Svar koncept 1:

Den gest som passar bäst för att starta första processen tycker jag är gest nr\_\_\_\_\_.

Den gest som passar bäst för att öppna aggregatet tycker jag är gest nr\_\_\_\_\_.

Den gest som passar bäst för att tilta upp aggregatet tycker jag är gest nr\_\_\_\_\_.

## **Aptering koncept 2**

I detta koncept ska du endast utföra två gester. Den första ska på samma sätt som förut starta automatisk uppsortering av trädet. Den andra ska öppna aggregatet och tilta upp detsamma i en enda rörelse. I detta koncept kommer kranen automatiskt att styras och sortera sortimentet i dess olika högar.

### **Svar koncept 2:**

För att starta den första processen tycker jag gest nr\_\_\_\_\_ verkar lämpligast.

För att öppna aggregat och tilta upp tycker jag gest nr\_\_\_\_\_ verkar lämpligast.

### **Övriga synpunkter:**

## Bilaga 6

Gest 1



Gest 2



Gest 3



Gest 4



Gest 5



Gest 6



Gest 7



Gest 8



Gest 9



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2007

|                |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>År 2007</b> |                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Nr 629         | Brunberg, T. 2007. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare vecka 13 och 39, 2006. 11 s.                                                                                                                                                             |
| Nr 630         | Brunberg, T. 2007. Ekonomin hos extra stor skördare tillsammans med stor skotare. 5 s.                                                                                                                                                                    |
| Nr 631         | Eriksson, B. 2007. Tillväxt i skogsvårdsföretag. 13 s.                                                                                                                                                                                                    |
| Nr 632         | Frisk, M. & Ekstrand, M. 2007. Vilka vägar används av skogsnäringen – Visualisering av skogsbrukets virkesflöden. 23 s.                                                                                                                                   |
| Nr 633         | Furness-Lindén, A. 2007. Affärsutveckling i relationen. Stor kund: liten leverantör – vad kan skogsbruket lära? ”Version 2 – utan intervjureferat – för allmän distribution” 54 s.                                                                        |
| Nr 634         | Järrendal, D. & Tinggård Dillekås, H. 2007. Head-Up Display i engreppsskördare – Utvärdering i simulator och i fält. 153 s.                                                                                                                               |
| Nr 635         | Wahlberg, A. 2007. Trafiksäkerhetseffekter av ökad storlek på lastbilar. 21 s.                                                                                                                                                                            |
| Nr 636         | Jönsson, P. & Löfroth, C. 2007. Vibrationsmätningar på provbana – Ponsse Elk. 11 s.                                                                                                                                                                       |
| Nr 637         | Bergkvist, I. 2007. Flerträdshantering i granbestånd – Pilotstudie av John Deere 754 med modifierade kvistknivar för flerträdsavverkning samt provkörning av flerträdshanterad granved i renseriet på Hallsta massabruk. 8 s.                             |
| Nr 638         | Ekstrand, M. 2006. Reseberättelse – Tunga virkesfordon – Nya Zeeland och Australien. 12 s.                                                                                                                                                                |
| Nr 639         | Sonesson, J., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K-A., Jansson, G., Karlsson, B., Persson, T., Rosvall O., Stener L-G. & Westin J. 2007. Lägesrapport 2006-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s. |
| Nr 640         | Rosvall, O., Simonsen, R., Elfving, B., Rytter, L. & Jacobson S. 2007. Tillväxthöjande skogsskötselåtgärder i privatskogsbruket – underlag för lönsamhetsberäkningar. Slutrapport – Lönsam tillväxtökning. 62 s.                                          |
| Nr 641         | Möller, J. J. & Moberg, L. 2007. Stambank VMF Qbera. 14 s.                                                                                                                                                                                                |
| Nr 642         | Möller, J.J., Arlinger, J., Wilhelmsson, L., Sondell, J. & Moberg L. 2007. Modell för automatisk kvalitetsbestämning vid virkesmätning med skördare. 24 s.                                                                                                |
| Nr 643         | Möller, J.J. & Arlinger J. 2007. Praktisk test av automatisk kvalitetssättning vid betalningsgrundande skördarmätning hos Södra skogsägarna i Götaland och Sveaskog i Bergslagen. 44 s.                                                                   |
| Nr 644         | Jönson, P., Löfroth C., Berger, R. & Mörk, A. 2007. Bränslebesparande och vibrationsdämpande skotning. 18 s.                                                                                                                                              |
| Nr 645         | Möller, J.J. 2007. Stambank VMF Qbera VMR 1-07. 20 s.                                                                                                                                                                                                     |
| Nr 646         | Möller, J.J. 2007. Stambank VMF Syd. VMR 1-99 & VMR 1-07.                                                                                                                                                                                                 |
| Nr 647         | Bergkvist, I. & Lundström, H. 2007. Studier av Cranab Access i förstagallring av tall. 14 s.                                                                                                                                                              |
| Nr 648         | Stener, L.-G. 2007. Studie av klonskillnader i känslighet för askskottsjuka. 14 s.                                                                                                                                                                        |
| Nr 649         | Stener, L.-G. 2007. Utvärdering av sydsvenska avkommeförsök med klibbal. 44 s.                                                                                                                                                                            |
| Nr 650         | Stener, L.-G. 2007. Tidig utvärdering av fyra sydsvenska försök med olika lärkarter av olika genetiskt ursprung. 22 s.                                                                                                                                    |
| Nr 651         | Wilhelmsson, L. 2007. Utveckling av egenskapsbeskrivning med avverkningsmaskiner – FoU-läget vid millenniumskiftet. 34 s.                                                                                                                                 |
| <b>År 2008</b> |                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Nr 652         | Löfgren, B., Nordén, B. & Lundström H. 2008. Fidelitystudie av en skogsmaskin-simulator. 30 s.                                                                                                                                                            |
| Nr 653         | Norén J., Rosca, C. & Rosengren, P. 2008. Riktlinjer för presentation av apterings-information i skogsskördare. 70 s.                                                                                                                                     |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr 654 | Sonesson, J. 2008. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulssintensiv laserscanning.                                                                                                                                       |
| Nr 655 | Jönsson, P. & Nordén B. 2008. Skotare med ALS och tredelade stöttor – Studier av prestation och helkroppsvibrationer i gallring. 14 s.                                                                                                                         |
| Nr 656 | Persson, T., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Rosvall, O., Sonesson, J., Stener, L.-G. & Westin, J. 2008. Lägesrapport 2007-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s. |
| Nr 657 | Stener, L.G. 2008. Study of survival, height growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in southern Sweden. 11 s.                                                                                                                      |
| Nr 658 | Almqvist, C. & Eriksson, M. Ökad produktion i plantage 501 Bredinge – försök med rotbeskärning och gibberellinbehandling. 13 s.                                                                                                                                |
| Nr 659 | Rytter, R.M. 2008. Detektion av röta i bok med 4-punkters mätning av resistivitet. 14 s.                                                                                                                                                                       |
| Nr 660 | Bergkvist, I., Iwarsson Wide, M., Nordén, B. & Löfroth, C. 2008. Jämförande prestationsstudier – Röjsåg med klinga kontra kedjeröjsåg. 21 s.                                                                                                                   |
| Nr 661 | Johansson, K. Snytbaggen – kunskapsläget 2008. 18 s.                                                                                                                                                                                                           |
| Nr 662 | Österman, Öd. D., Rimquist, L. & Hanson, M. 2008. Geststyrning för engreppsskördare – en första undersökning – Projektarbete Ergonomi och Design VT-2008. 64 s.                                                                                                |
| Nr 663 | Westlund, K. & Andersson, G. 2008 Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete. 58 s.                                                                                                                                                             |
| Nr 664 | Hannrup, B. 2008. Slutrapport för projekt ”Mätteknik för avverkningsrester”. 52 s.                                                                                                                                                                             |
| Nr 665 | Rosvall, Ola., Wennström, U. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA 08. 38 s.                                                                                                                                                                |