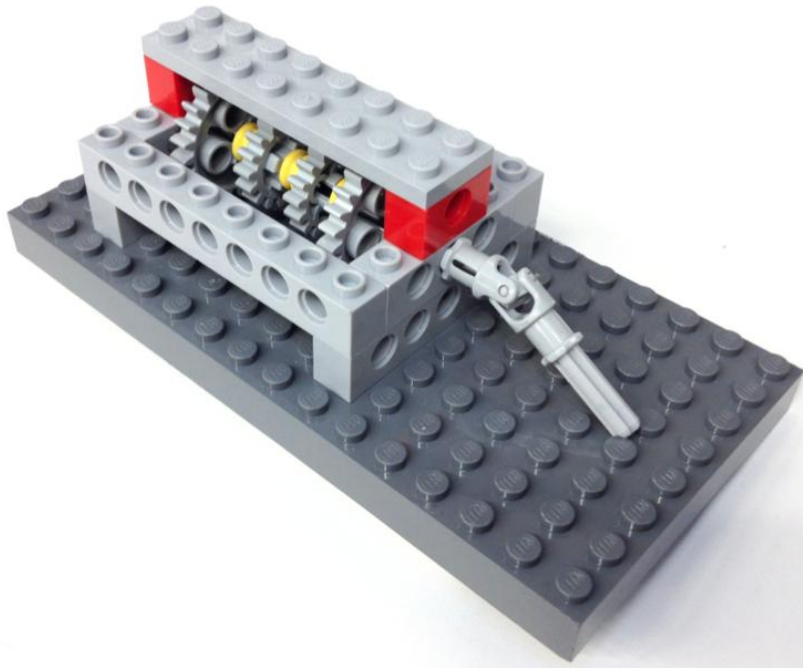




Takttidens, materialfasadens och instruktionernas
påverkan på monteringsprocessen med avseende på
kvalitet, produktivitet och montörens sinnesstämning

Kandidatarbete inom produktionssystem

GUSTAV FRANZÉN
ANNA JOHANSSON
ANNA LANDSTRÖM
KARIN LARSSON
DAN LI
CAMILLA SÖDERBERG

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen för Produktionssystem
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2013
Kandidatarbete nr PPUX03-13-07

Takttidens, materialfasadens och instruktionernas påverkan på monteringsprocessen med avseende på kvalitet, produktivitet och montörens sinnesstämning

**GUSTAV FRANZÉN
ANNA JOHANSSON
ANNA LANDSTRÖM
KARIN LARSSON
DAN LI
CAMILLA SÖDERBERG**

Examinator: Åsa Fasth

Handledare: Sandra Mattsson

5 JUNI 2013

Förord

Denna rapport har författats med anledning av ett examensarbete på kandidatnivå som genomfördes under vårterminen 2013 vid avdelningen Produktionssystem, Institutionen för produkt- och produktionsutveckling. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och är utfört av sex studenter som studerar på civilingenjörsprogrammen för Maskinteknik respektive Automation och mekatronik.

Den största tacksamheten riktas till doktorand Sandra Mattson, som har varit handledare. Hon har varit ett stort stöd i arbetet och en viktig förutsättning för dess slutförande. Arbetet hade inte hade varit möjligt att genomföra utan de diskussioner och avstämningsmöten som har varit vägledande under arbetets gång. Stora lyckönskningar till hennes fortsatta forskarstudier.

Stora tack till forskarassistent Åsa Fasth som har varit examinator för examensarbetet och forskningsingenjör Hans Sjöberg som har varit behjälplig med praktikaliteter i samband med experimentutförandena.

Avslutningsvis ska även ett tack riktas till avdelningen för Fackspråk och kommunikation, Institutionen för tillämpad informationsteknologi, särskilt universitetslektor Andreas Eriksson för rådgivning kring den muntliga framställningen av examensarbetet.

Sammanfattning

Slutmontering av produkter inom industrin utförs till 90 % av människor. I dagsläget är människor ofta ett bättre alternativ än robotar då människor kan hantera en större variantmängd, vilket efterfrågas i dagsläget. Människor är dock inte perfekta och kan göra flera fel till en följd av stress, dåligt utformade monteringsinstruktioner och tidsbegränsning. Vidare kan kraven på en ökad produktivitet riskera att gå ut över människors mentala hälsa.

Syftet med projektet var att genom tidsanalys undersöka förbättringsmöjligheterna i en monteringssituation. Studien syftade till att resultera i en bättre förståelse för hur kvalitet och tid hör samman med montörens exaltering och upplevelse av monteringssituationen. De parametrar som undersöktes var instruktioner, taktid och materialfasad.

Rapporten visade att med förbättrade instruktioner och materialfasad kan en ökad kvalitet och produktivitet uppnås utan att monteringstiden minskas eller att montörens sinnesstämning påverkas negativt. Vidare visar rapporten att en högre grad av exaltering och kontroll kan gynna montörens prestation.

Nyckelord: *Montering, instruktioner, materialfasad, kvalitet, NPAC, Q-sensor, SAM, Elektrodermal aktivitet, exaltering.*

Abstract

The final assembly of products is done to 90 % by manual labor and is today often the better alternative compared to robots with respect to the vast amount of product variations demanded today. Humans however are not perfect and make mistakes that could be the result from stress, subpar instructions and time restraints. Moreover, increased demand on productivity could have a negative effect on individuals' mental health.

The purpose of this project was to, through time analysis, examine ways of improvements in manual assembly. Furthermore, the purpose was also to get a better understanding of how quality and time relate to assemblers stress level and overall feelings about the assembly situation. The parameters examined were the instructions, cycle time and placement of materials.

The study showed that with improved instructions and material placement the quality and productivity could improve without altering the assembly time or affecting the assembler's mood negatively. A higher degree of arousal and control can have a positive effect on performance.

Keywords: Assembly, instructions, material placement, quality. NPAC, Q-sensor, SAM, electrodermal activity.

Terminologi

ANS – (Autonoma nervsystemet) Den del av det perifera nervsystemet som inte kan påverkas medvetet utan sker automatiskt.

Deltagare – De personer som deltar i de tester som genomförts i samband med studien. Benämns också *montörer*, *försökspersoner* eller *testpersoner*.

EDA – (Elektrodermal aktivitet) Den del av det sympatiska systemet av ANS som motsvaras av responsen i svettkörtlarna.

Ekkrina svettkörtlar - Finns överallt i huden och reglerar kroppens temperatur.

LEGO® Digital Designer – Ett program utvecklat av LEGO-koncernen för att i virtuell miljö sätta ihop legokonstruktioner med LEGO:s standardsortiment av delar. Bilder från produkter återskapade i programmet används i vissa delar av denna rapport.

Materialfasad – Placering av materialet som montören använder under montering. Består till exempel av ställning och förvaringslådor.

NPAC – (Number of Parts Assembled Correctly) Ett mått på kvaliteten på en produkt baserat på antalet korrekt monterade delar.

Q-sensor – Ett mätinstrument som mäter elektrodermal aktivitet hos en person genom att mäta hudens konduktans. Mätinstrumentet är en viktig del i studien och tillverkas av företaget Affectiva. Mätinstrumentet benämns *Q-sensor* genom hela rapporten. Med hjälp av Q-sensorn mäts en persons grad av *exaltering* eller *upphetsning*.

SAM – (Self Assessment Manikin) En enkät utformad för att på ett enkelt sätt låta personer utifrån femgradiga skalor göra en självskattning av sin sinnesstämning med avseende på glädje, exaltering och kontroll.

1 Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Problemformulering.....	1
1.4	Avgränsningar.....	2
2	Teori.....	4
2.1	Autonoma nervsystemet.....	4
2.1.1	Elektrodermal aktivitet.....	4
2.1.2	Q-Sensor.....	5
2.2	SAM.....	6
2.3	Kognitiva processer.....	6
2.3.1	Uppmärksamhet.....	7
2.3.2	Perception.....	7
2.3.3	Minnet.....	7
2.4	Instruktioner.....	8
2.4.1	Kvalitativ information.....	8
2.4.2	Informationsbärare och informationsinnehåll.....	8
2.4.3	Designprinciper.....	9
2.5	Materialfasad.....	12
2.5.1	Designprinciper kring användargränssnitt.....	12
2.5.2	Produktivitet.....	12
2.5.3	Lean.....	13
3	Metod.....	15
3.1	Genomförande av experiment - Experimentuppsättning 1.....	15
3.1.1	Växellådan.....	16
3.1.2	Montörens arbetsplats.....	17
3.1.3	Experimentgenomförande.....	17
3.1.4	Q-sensorn.....	19
3.1.5	Observation.....	20
3.1.6	Urvalsgrupp.....	20
3.1.7	Instruktioner.....	21
3.1.8	Materialfasad.....	25
3.2	Genomförande av analys.....	26
3.2.1	Triangulering.....	26
3.2.2	NPAC.....	27
3.2.3	SAM.....	27
3.2.4	Q-sensor.....	28
3.2.5	Värdeflödesanalys.....	29
3.2.6	Intervjuer.....	30
4	Resultat Experimentuppsättning 1.....	31
4.1	Mätresultat.....	31
4.1.1	NPAC.....	31
4.1.2	Vanligaste felen.....	32

4.1.3	SAM	35
4.1.4	Q-sensor	36
4.1.5	Intervjuer sinnesstämning	37
4.2	Instruktioner	39
4.2.1	Informationsinnehåll i intervjuer	39
4.2.2	Informationsbärare i intervjuer	39
4.3	Materialfasad	39
4.3.1	Intervju materialfasad	39
4.3.2	Värdeflödesanalys.....	40
4.4	Tid.....	41
4.4.1	Intervju tid	42
4.4.2	Observation tid.....	42
5	Analys Experimentuppsättning 1.....	44
5.1	SAM.....	44
5.2	Q-sensorn	47
5.2.1	Prestationskorrelation	47
5.3	Instruktioner	48
5.3.1	Analys – informationsinnehåll.....	48
5.3.2	Analys – informationsbärare	49
5.3.3	Förslag på förbättringar – informationsinnehåll	50
5.3.4	Förslag på förbättringar – informationsbärare	51
5.4	Materialfasad	52
5.4.1	Analys.....	52
5.4.2	Förslag på förbättringar	52
5.5	Tid och kvalitet	53
5.5.1	Analys.....	53
6	Genomförande experimentuppsättning 2	55
6.1.1	Montörens arbetsplats	55
6.1.2	Experimentgenomförande	56
6.1.3	Urvalsgrupp	56
6.1.4	Instruktioner	56
6.1.5	Materialfasad.....	65
7	Resultat Experimentuppsättning 2	66
7.1	Mätresultat	66
7.1.1	NPAC.....	66
7.1.2	Alla förekommande fel	67
7.1.3	SAM	67
7.1.4	Q-sensor	68
7.1.5	Intervjuer för sinnesstämning	68
7.2	Instruktioner	69
7.2.1	Informationsinnehåll och informationsbärare i intervjuer	69
7.2.2	Vanligast förekommande felen.....	69
7.3	Materialfasad	70
7.3.1	Intervju	70
7.3.2	Värdeflödesanalys.....	70

7.4	Tid och kvalitet	72
7.4.1	Intervju	72
7.4.2	Observation.....	72
8	Analys Experimentuppsättning 2.....	74
8.1	SAM.....	74
8.2	Q-sensor.....	74
8.3	Instruktioner	75
8.3.1	Analys – informationsbärare och informationsinnehåll	75
8.3.2	Analys vanligaste felen.....	76
8.4	Materialfasad	76
8.4.1	Analys.....	76
8.5	Tid och kvalitet	78
9	Diskussion och slutsatser	78
10	Referenser	82

Bilagor

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den globala konkurrensen har fört utvecklingen mot en allt mer effektiviserad industrimiljö (Porter, 1996), samtidigt som kunder i allt högre utsträckning efterfrågar produktvarianter som utvecklats specifikt efter deras behov (Feldmann & Junker, 2003). För att ha möjlighet att konkurrera måste företag i en högre utsträckning kunna erbjuda ett bredare produktsortiment och antalet produktvarianter ökar (Hansson, et al., 2007). Företag måste alltså kunna hantera en allt större variantflora samtidigt som produktionen måste hållas effektiv och flexibel för att konkurrera på marknaden.

I modern produktion har stora delar av processerna automatiserats. Robotar klarar av att producera i ett högre tempo än människor men har också begränsningar. Robotar har inte möjlighet att på samma sätt som människor kontrollera kvaliteten på det egna arbetet och kan vanligtvis inte hantera lika många produktvarianter som människor utan att kostnaderna för dem blir för höga. Vid hantering av komplexa och oförutsägbara uppgifter är människan fortfarande överlägsen robotar och slutmontering av produkter utförs i dagsläget till 90 % av människor (Fässberg, et al., 2012). Människor är dock inte perfekta och kan göra flera fel till en följd av stress, dåliga instruktioner och tidsbegränsning.

Att människor är en kritisk del i slutmonteringen gör att det finns ett samband mellan människors prestation, med avseende på produktivitet och kvalitet, och företagets förmåga att kunna konkurrera på den globala marknaden.

1.2 Syfte

Projektet syftar till att genom tidsanalys undersöka förbättringsmöjligheterna i en monteringssituation. Projektet ska resultera i bättre förståelse för hur kvalitet och tid hör samman med montörers exaltering och upplevelse av monteringssituationen. De parametrar vars påverkan kommer undersökas är instruktioner och materialfasad.

1.3 Problemformulering

Rapportens problemformulering delas upp i tre olika ämnesområden som förklaras i detalj nedan.

- **Monteringsinstruktioner**, beskriver hur montören ska utföra monteringsarbetet. Instruktioner är ett hjälpmedel som montören kommer i kontakt med tidigt under monteringsprocessen och blir därför grundläggande för arbetet. Människor upplever den här typen av information på olika sätt då varje individ själv formar sin perception. Väl utformade instruktioner kan vara ett viktigt hjälpmedel med stor påverkan på resulta-

tet och bör därför ses över för att kunna utformas optimalt beroende på situationen. För att noggrannare undersöka påverkan av detta ska följande fråga besvaras:

- *Hur kommer förändrade monteringsinstruktioner påverka monteringsprocessen?*
- **Materialfasad**, beskriver ordningen av ingående komponenter på arbetsplatsen. Hur materialfasaden ser ut kan påverka utförandet av arbetsuppgiften. Olika typer av och ordningsföljder på materialfasader uppfattas och tolkas olika av montörer, på grund av att alla människor konstruerar och formar sin egen perception. Vad som är enkelt eller intuitivt under monteringsprocessen varierar från person till person. Målet med att undersöka det här området är att hitta en materialfasad som känns naturlig och underlättar för monteringsprocessen. För att ta reda på olika materialfasaders påverkan ska följande fråga besvaras:
 - *Hur kommer en förändrad materialfasad påverka monteringsprocessen?*
- **Monteringstid**, tiden montören har på sig att utföra en fullständig monteringsuppgift. Olika monteringtider kan påverka en montörs sinnesstämning samt prestation per tidsenhet. Vidare finns det möjlighet att en speciell sinnesstämning som kan framkallas vid kortare takttider påverkar prestationen positivt. Detta kan bero på att en för lång monteringstid kan leda till ett ostimulerande arbete. För att se monteringstidens påverkan kommer följande fråga besvaras:
 - *Hur kommer olika monteringtider påverka montören sinnesstämning och prestation?*

1.4 Avgränsningar

I tidsanalyser kommer ett antal testdeltagare genomföra slutmontering av en produkt. En avgränsning har gjorts kring urvalsgruppens utformning. Samtliga montörer är, då monteringen äger rum, studenter vid Chalmers tekniska högskola på antingen civilingenjörsprogrammet i Maskinteknik eller i Automation och Mekatronik.

Angående förändringar av instruktioner för monteringen används huvudsakligen de existerande grundförutsättningarna med avseende på hur informationen presenteras. Instruktionerna kommer under de inledande testerna presenteras på en läsplatta. Dessa instruktioner utformas enbart visuellt och inte audiellt då instruktionerna ska kunna användas i miljöer med höga bullernivåer.

Det finns begränsningar i de strukturella förutsättningarna för materialfasaden. Avgränsningen innebär att förändringar i materialfasaden görs utifrån vad som är möjligt att genomföra utan allvarliga ingrepp på den grundläggande utformningen.

Studien fokuserar på den specifika monteringssituationen. Då varje montör endast genomför tio monterings-sessioner exkluderar denna studie inlärningsaspekten vid analys av montörernas prestationer som i sin tur speglas i kvalitén.

2 Teori

Teoriavsnittet behandlar de ämnesområden rapporten berör.

2.1 Autonoma nervsystemet

Det autonoma nervsystemet (ANS) är en del av det perifera nervsystemet som inte kan påverkas viljemässigt och delas in i två delar, det sympatiska och det parasympatiska systemet. Det sympatiska systemet mobiliserar olika kroppsresurser vid stress eller akut fara i motsats till det parasympatiska systemet som dämpar puls och blodtryck. Genom att mäta aktiviteten i ANS kan variationer i emotioner, motivation, uppmärksamhet och preferenser påvisas (Mendes, 2009) (Hägg, et al., 2010).

2.1.1 Elektrodermal aktivitet

Elektrodermal aktivitet (EDA) är en del av det sympatiska systemet av ANS som motsvarar responsen i de ekrina svettkörtlarna. Hudens elektriska egenskaper och kroppens psykologiska processer är nära kopplade till varandra (Murphy & Figner, 2011). När det sympatiska systemet aktiveras frigörs acetylkolin som aktiverar de ekrina svettkörtlarna och det leder till att varierande mängder svett leds ut till huden. Begreppet elektrodermal aktivitet syftar allmänt till alla elektriska företeelser i huden. Det finns således olika elektriska fenomen med varierande förutsättningar. Begreppet hudkonduktans syftar på hur väl huden leder ström vid DC-matning då spänningen hålls konstant, och mäts i mikrosiemens [μS]. Det finns även metoder som använder DC-matning med konstant ström, vilket då kallas hudresistans (Mattsson, 2013). Konduktansen i huden ökar när mängden svett på huden ökar, detta på grund av att svett innehåller elektrolyter (Mendes, 2009) (Lagopoulos, 2007). Vid fysisk ansträngning, kognitiv ansträngning eller ökad uppmärksamhet skickas signaler ifrån hjärnan till huden. Detta leder till en markant ökning av hudens normala nivå av svettning. Dock behöver inte detta alltid leda till att människan uppmärksammar ökad svettning, utan detta uppfattas istället tydligt av mätinstrumenten (Affectiva, u.d.).

Vidare kan EDA användas vid studier av psykologiska processer med inriktning på sympatisk upphetsning (Murphy & Figner, 2011). Således kan undersökningar som syftar till att ta reda på vilka moment som begränsar montören genomföras. Hudens konduktans reflekterar dock inte endast en företeelse och psykologisk process, utan beror på många faktorer. De data som EDA producerar ger en uppskattning på vilka moment som orsakar frustration och svårigheter, snarare än precisa känslor vid olika detaljer. Undersökning och förändring av en produkts komplexitet vid till exempel montering kan följaktligen leda till minskade kostnader på grund av enklare och snabbare montering, samtidigt som montörens välmående gynnas (Mattsson, 2013).

2.1.2 Q-Sensor

Mätinstrumentet Q-sensor tillverkas av företaget Affectiva och mäter elektrodermal aktivitet hos en person. Det är en ny och relativt obeprövad produkt inom området.

Att mäta elektrodermal aktivitet för att se den emotionella responsen är i sig inget nytt. Det som introduceras med Q-sensorn är möjligheten att kunna utföra mätningar utan att det hindrar försökspersonens rörelser då den mäter från handleden med ett förhållandevis litet armband i stället för, som många tidigare produkter, från fingrarna eller handflatan. Vidare brukar det behövas gel mellan sensorerna och huden vilket vidare bidrar till svårigheter när man utför experimenten. Detta gör det både svårare och mer tidskrävande då de även behöver rengöras mellan varje användning samt att efter tid så försämras konduktansförmågan med gel. I figur 5.1 visas en bild av Q-sensorn på montörens arm (Affectiva, 2013).



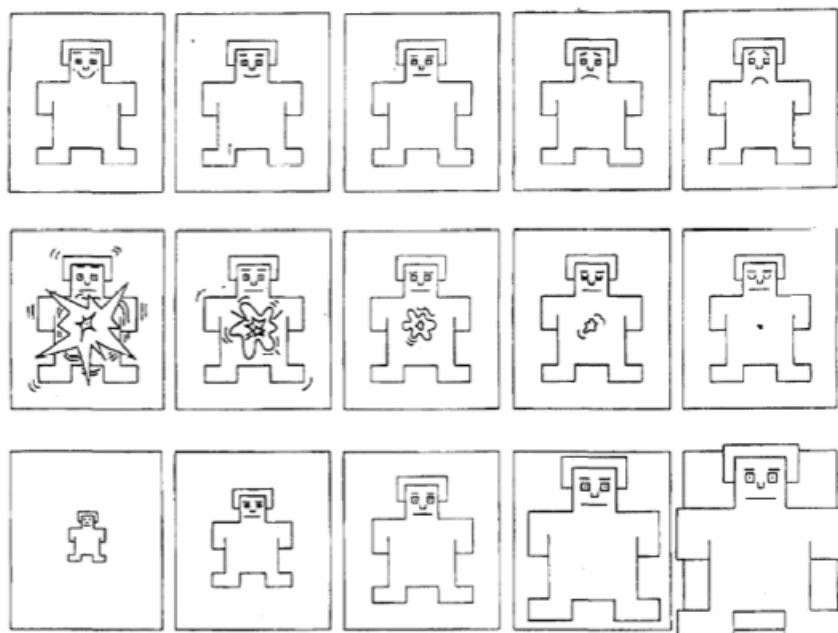
Figur 2.1: Q-sensor

Q-sensorn mäter hudens konduktans, en form av elektrodermal aktivitet. Detta görs genom användning av DC-ström med konstant spänning. Q-sensorn behöver ingen gel eller liknande utan spänns fast på handleden med sensorerna placerade på undersidan av instrumentet i direkt kontakt med huden (Affectiva, 2013). Mätningarna sker trådlöst och i realtid och det går att se kurvan under experimentets gång i stället för att behöva kolla i efterhand vilket kan medföra att orsaker till vissa pika missas. På grund av Q-sensors smidighet har den valts för att kunna göra mätningar under monteringsprocessen då båda händer behöver vara fria.

Affectivas Q-sensorn mäter även hudens temperatur samt handens rörelser med hjälp av en accelerometer. Detta tillsammans med hudens konduktans kan hjälpa att spegla vad som händer vid ett speciellt tillfälle (Affectiva, 2013).

2.2 SAM

För att mäta en persons emotionella tillstånd kan självskattningsverktyget SAM, Self-Assessment Manikin, användas, se figur 5.2. Formulärets utformning bygger på teori om att en människas emotionella tillstånd fullständigt kan beskrivas av tre självständiga och bipolära dimensioner: glädje, upphetsning samt kontroll (eng. PAD; *Pleasure, Arousal, Dominance*). Formuläret som används kan antingen vara digitalt eller i pappersform och testdeltagaren får själv skatta i sitt tillstånd med hjälp av visuella skalor. Skalorna består av grafiska beskrivningar av olika stadier inom varje dimension. För glädjedimensionen går skalan från ett ledset ansikte till en leende, glatt ansikte och för upphetsningsdimensionen från en lugnt, sömngt ansikte till en exalterad figur med vitt uppspärrende ögon. Kontrolldimensionen startar i en liten person med lite kontroll till en större person som upplevs ha stor kontroll över tillvaron.

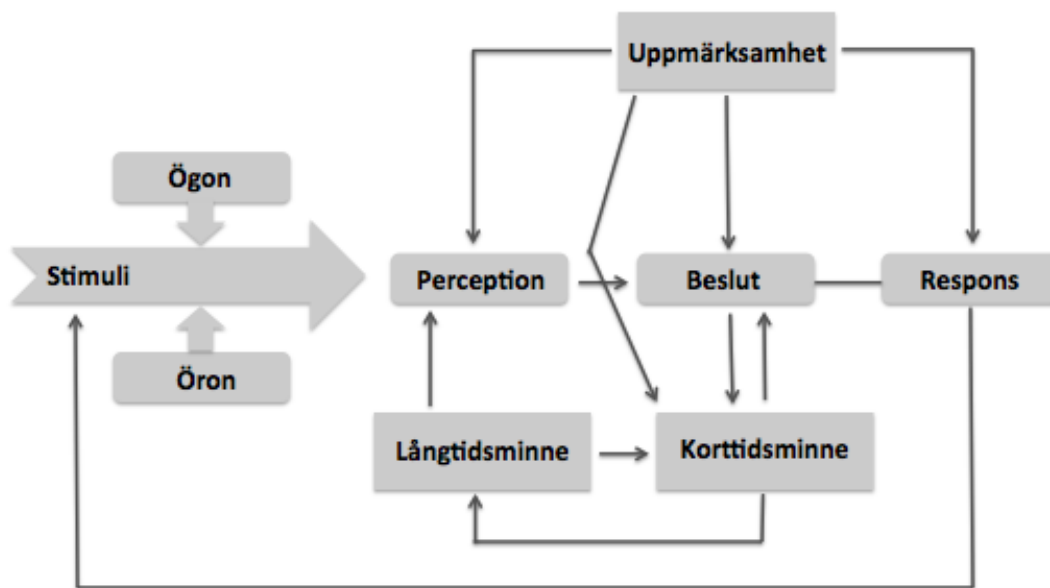


Figur 2.2: SAM-enkät (Bradley & Lang, 1994)

Metoden kan användas inom industrin i till exempel en monteringssituation för att mäta hur olika förhållanden och stimulen påverkar en persons emotionella tillstånd och affektiva reaktion på situationen (Bradley & Lang, 1994).

2.3 Kognitiva processer

I en monteringssituation behöver montören få information för att kunna förstå och genomföra uppgiften. De kognitiva processerna pågår när människan uppmärksammar, tar in och bearbetar information (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Det sker med hjälp av människans inbyggda sinnen så som hörsel, syn och känsel. Hur de olika delarna i informationsprocessen hänger samman beskrivs i figur 5.3. Bilden visar hur information tas in genom sinnesorgan och bearbetas i olika former, samtidigt som kort- och långtidsminnet är integrerat.



Figur 2.2: Schematisk bild av människans kognitiva processer

2.3.1 Uppmärksamhet

När människor i olika situationer ska ta in information är det uppmärksamheten som ser till att de mentala resurserna fördelas (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Enligt Osvalder och Ulfvengren (2010) är uppmärksamhetsresurserna mycket begränsade och för montören innebär det att förståelsen sjunker i takt med att uppmärksamheten sprids ut. Därför bör montören för att uppnå effektiv uppmärksamhet försöka fokusera på viktiga stimuli och stänga ute de övriga.

Selektiv uppmärksamhet är en process som inte kan styras och innebär att uppmärksamheten fördelas efter förväntningar och erfarenheter. I montörens fall kan det resultera i att endast information som är relevant uppfattas men kan också leda till att information som faktiskt fyller en funktion går montören förbi utan att den uppfattas.

2.3.2 Perception

Enligt Osvalder och Ulfvengren (2010) innebär perception att människan blir medveten om information från omgivningen, alltså hur människan förstår och kommer ihåg saker från omvärlden. Perception är ofta beroende av sammanhanget stimulit befinner sig i. Då varje människa själv bygger sig perception genom att förstärka, kassera och förvränga information så behöver inte den enskilda individens tolkning spegla verkligheten. I en monteringsituation betyder det att information kan uppfattas på olika sätt, beroende på montörens erfarenheter och sätt att tolka informationen.

2.3.3 Minnet

Minnessystemets funktioner är att inkoda, lagra och ta fram information. Enligt Osvalder och Ulfvengren (2010) består minnet av långtidsminnet och korttids-

minnet. Korttidsminnet är aktivt under uppgiftens genomförande genom att minnet lagras en kort tid. I en monteringssituation bör montören uppdateras med specifik information så som siffror när den behövs, så att inte korttidsminnet belastas och tar fokus från monteringen. I långtidsminnet lagras information under hela människans liv. Det behövs någon form av ledtråd för att hitta information som är lagrad i långtidsminnet. För att sedan kunna använda informationen måste den tas fram, vilket styrs av igenkänning eller återvinning. Information från korttidsminnet kan förflyttas till långtidsminnet genom aktiv inkodning. Processen är inte självklar och påverkas av stress, ålder och andra yttre påfrestningar.

2.4 Instruktioner

Kunder efterfrågar i allt högre utsträckning produktvarianter som utvecklats specifikt efter deras behov. För att ha möjlighet att konkurrera måste fler företag kunna erbjuda kundorderspecifika produkter och i och med en ökad anpassningsgrad växer även mängden information i produktionskedjan (Fässberg, et al., 2012). För en montör i slutmonteringen av ett produktionsflöde är det kritiskt att kunna ha informationen lättillgänglig och presenterad på ett sådant sätt att risken för fel vid sammansättningen minimeras. Att utveckla instruktioner som är lätta att förstå och som förmedlar information på ett effektivt sätt är något som blir allt mer avgörande för att kunna hantera den växande variantmängden (Fässberg, et al., 2012).

2.4.1 Kvalitativ information

Upplevd komplexitet i en monteringssituation står i relation till mängden information i systemet, vilket kan ses som ganska naturligt (Fässberg, et al., 2011). Det är därför viktigt att kunna sortera ut och presentera den information som är viktig för att kunna minska mängden information. Hur kvalitativ informationen är kan bedömas utifrån följande kriterier enligt Fässberg, Mattson och Stahre (2011):

- Relevans, hur informationen kan appliceras i beslutssituationen.
- Aktualitet, hur aktuell informationen är i utförandet av ett visst moment.
- Precision, hur precis informationens innehåll är.
- Tillgänglighet, möjlighet för montören att få tillgång till informationen.
- Omfattning, till vilken grad informationen inte utelämnar information och är fri från överflödig information.
- Format, hur effektivt informationen presenteras för och uppfattas av montören

2.4.2 Informationsbärare och informationsinnehåll

Informationen består av två delar. Den ena är informationsbäraren och den andra delen själva innehållet (Fässberg, et al., 2012). Enligt Fässberg et al. (2012) menas med informationsbärare *hur* informationen presenteras, till exempel på ett papper eller på en datorskärm. Innehållet är *vad* som presenteras, såsom bil-

der, text, ljud eller film. Vid utformning av instruktioner bör båda dessa delar tas i beaktning.

Instruktioner kan presenteras på en mängd olika sätt, antingen visuellt eller audiellt, digitalt eller på papper. Det viktigaste är att informationsbäraren anpassas efter monteringsituationen, både med avseende på tillgänglighet och format. Dessutom har olika bärare olika fördelar med avseende på anpassnings- och uppdateringsmöjligheter.

I en monteringsituation där taktiderna är korta, runt 60 sekunder, kommer montören inte ha tid att slösa på att läsa instruktioner (Fässberg, et al., 2012). I dessa situationer kan audiellt eller visuellt i form av ljud- eller ljussignaler användas under de olika delarna av monteringsprocessen. Alternativt kan instruktionerna hållas mycket enkla, till exempel enbart bestå av en bild på en detalj eller en översiktsbild.

Instruktioner som presenteras på papper har den nackdelen att en uppdatering av dem kan vara komplicerad och ta tid (Fässberg, et al., 2012). Dessutom kan det vara svårt att använda i ett flöde med många produktvarianter. Det kan i sådana situationer vara lämpligt att istället använda sig av digitala informationsbärare, såsom datorskärmar eller läsplattor. Den största fördelen med att använda sig av digital presentation av information är att en uppdatering av innehållet enkelt kan implementeras.

I ett produktionsflöde med ett stort antal varianter och komplexa produkter krävs tillgång en stor mängd information. När antalet instruktioner är omfattande är det av vikt att noga välja ut vilken information som är relevant i en specifik situation. Instruktionerna måste vara väl utformade och visa rätt information. Innehållets kvalitet kan enligt Fässberg et al. (2012) bedömas utifrån relevans, aktualitet, precision och omfattning.

Hur mycket och vilken typ av information montören är i behov av är individuellt och styrt av erfarenheter. Om montören får för mycket information förmedlad av för många olika typer av informationsbärare finns det risk för kognitiv överbelastning vilket kan orsaka onödigt stress (Fässberg, et al., 2012).

2.4.3 Designprinciper

Vid förmedling av information i form av monteringsinstruktioner bör hänsyn till människans kognitiva förmågor och begränsningar tas. För att instruktioner ska vara till hjälp och tillföra något till användaren bör de bestå av relevant och koncis information som presenteras vid rätt tillfälle. Då informationen ska fungera som stöd till användaren genom utförandet bör regeln om att människor kan ha i minnet och arbeta med 7 ± 2 enheter samtidigt finnas i åtanke. En monteringsprocess bör till exempel innehålla mellan fem till nio steg (Osvalder & Ulfvengren, 2010).

Det finns enligt Osvalder och Ulfvengren (2010) 13 designprinciper som bör tas i beaktande vid utformning av visuella och audiella displayer, som till exempel kan förmedla monteringsinstruktioner. I den här studien är endast de som rör visuella displayer aktuella. Designprinciperna är uppdelade i fyra kategorier: uppmärksamhet, perception, principer som stödjer minnesfunktioner och principer stödjer operatörens mentala modell. Nedan finns några av de 13 designprinciperna, det som är intressanta i den här studien.

2.4.3.1 Designprinciper som stödjer uppmärksamhet

Osvalder och Ulfvengren (2010) menar att människans uppmärksamhet varierar beroende på situation. Följande designprinciper hjälper till att upprätthålla människans uppmärksamhet.

- *Minimera tiden och ansträngningen för att hitta informationen*
Montörens informationssökning bör göras så enkel som möjligt. Att behöva söka efter information tar tid från det effektiva monteringsarbetet och kan skapa irritation (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Information som montören behöver i en arbetssituation ska vara lättillgänglig och enkel att hitta, framför allt de delar som används ofta. Delar av instruktioner som berör liknande steg i monteringen bör finnas i anslutning till varandra för att underlätta arbetet (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Montören ska inte i onödan behöva röra sig i rummet eller behöva lägga tid på att leta efter information i invecklade menyer.
- *Närhet*
En del informationskällor måste kompletteras med en annan typ av informationskälla för att de ska vara möjliga att förstå. Det kan till exempel röra sig om en bild som kräver en förklarande text. I och med att två informationskällor som innehåller liknande typ av information delar montörens uppmärksamhet bör närhet mellan dessa eftersträvas (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Närhet kan uppnås genom att markera källornas samhörighet med till exempel färgkodning eller pilar.
- *Utnyttja multipla informationskällor*
Om användaren behöver ta in mycket information, kan det vara till hjälp att presentera informationen på flera sätt med multipla informationskällor (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Till exempel kan monteringsinstruktioner på en läsplatta kompletteras med översiktsbilder. Då kan användaren själv avgöra vilken informationskälla denne föredrar att använda i respektive monteringssteg.

2.4.3.2 Designprinciper som stödjer perception

Perception är de processer där sinnesintryck omvandlas till meningsfull information. Osvalder och Ulfvengren (2010) nämner bland annat följande designprinciper som ska stötta perception.

- *Utforma displayer med god läslighet*

För att användaren enkelt ska kunna se och ta till sig information som presenteras på displayer, så som läsplattor, är det viktigt med rätt typ av belysning och hög kontrast (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Det är även viktigt att tänka på placeringen av displayen så att användarens betraktningssvinkel blir optimal.

- *Utnyttja redundans*
Information som kan skapa missförstånd hos användaren eller är svår att uppfatta, bör presenteras på olika sätt (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Om en bild innehåller en specifik och viktig detalj så kan detaljen förstärkas genom text, pil eller annan markering.
- *Undvik likhet mellan objekt*
Komponenter som liknar varandra bör särskiljas för att förhindra förväxling. Om det i en monterings-session ingår flera liknande komponenter så kan deras skillnad understrykas med hjälp av text (Osvalder & Ulfvengren, 2010).

2.4.3.3 Designprinciper som stödjer minnesfunktioner

Osvalder och Ulfvengren säger att människans minne kan delas in i korttidsminnet och långtidsminnet. Korttidsminnet lagrar endast information som är aktuell för stunden, medan långtidsminnet är en bank av tidigare kunskap. Då långtidsminnet innehåller väldigt mycket information kan det vara svårt för människan att plocka fram rätt kunskap vid rätt situation. Instruktionernas design bör stödja minnesfunktionerna.

- *Kunskap i världen*
Kunskap i världen är den information som finns att hämta i omvärlden, alltså information som minnet inte behöver belastas med. Kunskap i världen avbelastar korttidsminnet under monteringen och istället kan fokus läggas på att utföra uppgiften (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Aktuell information i form av till exempel referensvärden eller checklistor bör därför presenteras på skärmen. *Kunskap i huvudet* å andra sidan är information som lagras i minnet. Instruktioner som kräver kunskap i huvudet behöver inte vara negativt, det kan röra sig om till exempel kortkommandon som vana montörer använder för att snabbare röra sig fram mellan instruktioner (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Bra instruktioner bör enligt Osvalder och Ulfvengren vara väl balanserade mellan dessa två typer av kunskap.
- *Konsekvent presentation*
Människan har svårt att radera gamla vanor från långtidsminnet. Därför är det enligt Osvalder och Ulfvengren viktigt att vid design av nya gränssnitt utforma dem så lika de gamla gränssnitten som möjligt. Genom instruktionerna är det viktigt att till exempel färgkodningen hålls konsistent. Vidare kan det vara bra att använda sig av en genomgående layout som montören kan känna igen mellan olika sidor eller delar av en instruktion.

2.4.3.4 Designprinciper som stödjer operatörens mentala modell

Enligt Osvalder och Ulfvengren är en mental modell något som skapas för att förenkla och förutsäga beteende och händelser i omvärlden. En mental modell är en egenskapad och därmed egentolkad bild av omvärlden.

- *Illustrerad realism*

Det är viktigt att information i form av bilder illustrerar verkligheten så bra som möjligt (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Ibland kan det vara lämpligare att använda sig av ett fotografi istället för en datorvisualiserad bild. Färger och dimensioner bör överensstämma med verkligheten så att objekten är lätta att känna igen.

2.5 Materialfasad

Materialfasad är benämningen på placeringen av materialet eller de ingående komponenterna till montering av en produkt. Den kan till exempel bestå av hyllplan, upphängningar eller förvaringsboxar. Montörerna interagerar med materialfasaden genom att hämta komponenter till monteringen från denna.

2.5.1 Designprinciper kring användargränssnitt

Osvalder och Ulfvengren (2010) beskriver att en operatör vid arbete med manöverdon behöver genomföra handlingar i en bestämd eller obestämd ordning. Ett manöverdon kan till exempel vara en knapp, spak eller ett verktyg. Hantering av manöverdon liknar interaktionen med materialfasader för en montör. Dessa handlingar kan vara att styra ett reglage eller att hämta material och montera dessa. Utformandet av ett sådant användargränssnitt bör därför ske utefter vissa vägledande principer (Osvalder & Ulfvengren, 2010).

Det är omöjligt att beakta samtliga principer i en och samma utformning, då principerna i förekommande fall står i direkt konflikt mot varandra. Något som är avgörande vid sådana situationer är att utförlig information om objekten existerar, vilka bör utnyttjas i en mer omfattande klassificering och rangordning av objekten. Detta i syfte att skapa ett bredare underlag jämte designprinciperna för utformandet av ett användargränssnitt.

De principer som bör beaktas vid utformandet av ett användargränssnitt är följande (Osvalder & Ulfvengren, 2010):

- objekten bör placeras efter den ordning som de används
- objekt som används mer frekvent bör placeras närmare montören
- objekt som har mer avgörande funktion bör placeras närmare montören
- objekt med gemensam funktion eller av annan anledning hör ihop, bör placeras i närheten av varandra

2.5.2 Produktivitet

Produktivitet kan definieras som ett utvärde dividerat med ett invärde (Bellgran & Säfsten, 2005). Utvärdena och invärdena kan vara olika mätbara värden, till exempel tid eller kostnad.

Denna definition innebär enligt Bellgran och Säfsten (2005) att allt av det som genomförs i ett produktionssystem behöver bidra till utvärdet för att inte anses vara slöseri av resurser. Dessa processer kan anses vara värdeadderande. Produktivitet är därför intressant i de avseenden där jämförelser över tiden kan visa på hur resursutnyttjandet har utvecklats (Bellgran & Säfsten, 2005).

Med avseende på den ovan nämnda definitionen av produktivitet, kan enligt Bellgran och Säfsten (2005) tre olika typer av mätetal på produktivitet urskiljas:

- Partiell produktivitet, enskilda faktorer, till exempel arbetskraft, kapital, material
- Flerfaktorsproduktivitet, flera faktorer medräknas
- Totalproduktivitet, alla faktorer medräknas

Partiell produktivitet är enklast att beräkna, eftersom det enbart tar en typ av mätvärde i beaktande (Bellgran & Säfsten, 2005). Ett sådant mätetal är arbetskraftsproduktivitet: utvärde per arbetad timme eller utvärde per anställd. Detta kan enligt Bellgran och Säfsten (2005) ge en skev bild av den faktiska verksamheten, eftersom enbart en faktor inkluderas.

För att skapa en bättre bild erfordras jämförelser med fler faktorer, så kallat flerfaktorsproduktivitet eller totalproduktivitet. Däremot kan det vara svårare att på ett rättvist sätt inkludera och vikta olika typer av invärden (Bellgran & Säfsten, 2005).

Ett ytterligare problem enligt Bellgran och Säfsten (2005) är att definiera in- och utvärden. Genom att associera olika typer av in- och värden med kostnader undviks viss problematik. Det går också att associera in- och utvärden med tidsåtgång, där den värdeadderade tiden relateras till den totala tidsåtgången.

Att använda tiden vid produktivitetmätning gör det lättare att dels mäta och förstå, men förenklar även jämförelser mellan olika fabriker eftersom tiden är oberoende av olika kostnadsstrukturer och valutaväxlingskurser (Bellgran & Säfsten, 2005). Däremot kan begreppet värdeadderande tid tolkas olika, och tid som är värdeadderande kan bestå av både effektivt och ineffektivt arbete. (Bellgran & Säfsten, 2005)

2.5.3 Lean

Lean är ett koncept för att förbättra en produktion med avseende på produktiviteten. Det första steget är att specificera värdet, det vill säga vad kunden vill ha och vid vilken tid (Hicks, 2007). Sedan ska värdeströmmar för hela produkten identifieras och outnyttjad tid, så kallad spill (eng. *waste*), elimineras. De kvarvarande värdeströmmarna ska sedan bilda ett värdeflöde. Enligt Hicks (2007) är det även viktigt att endast producera det som kunden vill ha när denne vill ha

det. För att uppnå en så bra produktion som möjligt måste arbetet pågå kontinuerligt och eventuell spill elimineras när de upptäcks (Hicks, 2007).

Enligt Lean finns sju olika typer av spill, som har definierats av Taiichi Ohno på Toyota Motor Corporation. Dessa är överproduktion, köbildning, transport, extra bearbetning, inventarier, förflyttningar och defekter (Hicks, 2007). I projektet där endast en monteringsstation, och inte ett helt flöde i en fabrik, studeras är dessa fyra spill relevanta:

- **Extra bearbetning**
Vid överproduktion, defekter eller överskott av inventarier uppkommer extra bearbetning som till exempel omarbetning, hantering och lagring.
- **Inventarier**
Allt material som inte används i den aktuella processen tar plats och behöver behandlas på något sätt vilket ger upphov till att värdeskapande tid förloras.
- **Förflyttningar**
Vid dålig layout av produktionsmiljön, överproduktion och överskott av inventarier uppstår det onödiga förflyttningar för den anställda vilket tar tid och tillför inget värde till produkten.
- **Defekter**
Produkter som inte uppfyller kundens specifikation och skapar missnöje hos kunden.

Det har senare lagts till ytterligare spill som handlar om att människorna i produktionen inte utnyttjas helt och då särskilt deras idéer och förslag på förbättringar i processen och rutinerna. (Hicks, 2007)

För att analysera materialflödet, och på vilka platser det finns spill att eliminera, kan en Lean-teknik tillämpas. Värdeflödesanalys tydliggör och bidrar med utformandet av mer ändamålsenliga flöden.

3 Metod

Till denna rapport valdes främst en kvantitativ metodansats, men rapporten behandlar även kvalitativa analyser av genomförda intervjuer. Anledningen till detta är att rapporten har som avsikt att använda triangulering för att undersöka förbättringsmöjligheterna för individen i en monteringssituation. Rapporten har en induktiv ansats då rapporten utgår ifrån en genomförd undersökning och sedan beskriver en teori utifrån empirin. Rapporten utgår ifrån ett holistiskt perspektiv. Det holistiska perspektivet ger en möjlighet att förstå monteringssituationen som en helhet.

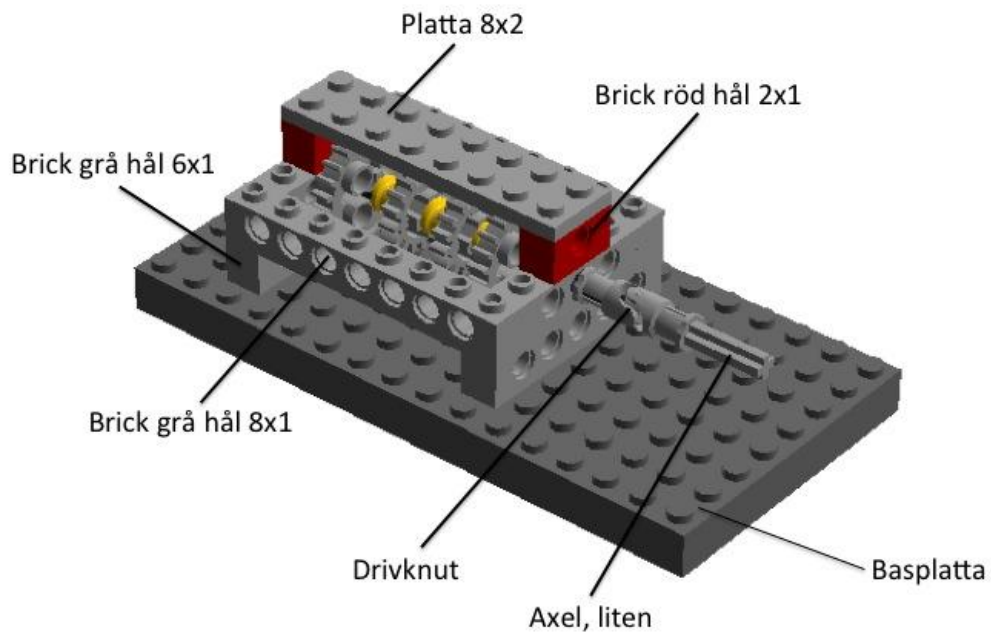
Alla vetenskapligt grundade rapporter måste inneha en viss grad av validitet (Allwood, 2004). Då en rapport med kvalitativ metodik ej innehar samma möjligheter att åskådliggöra dess validitet och reliabilitet i siffror som en kvantitativ dito, ställs höga krav på att informationsinhämtande och tolkande sker med stor försiktighet (Esaiasson et al, 2012). Vidare kan bristande reliabilitet orsakas av dålig kvalitet av datainsamlingen, något som i denna rapport kan likställas med ofullständig dokumentation under de intervjuer som genomförts (Esaiasson et al, 2012). Detta var något som togs hänsyn till under arbetets gång. Således spelades intervjuerna in och transkriberades. Reliabiliteten av uppsatsen påverkas dessutom av intervjumetoden, dels i den mån att intervjuarens närvaro skapar särskilda resultat, det vill säga *intervjuareffekt*, men också under vilka förhållanden intervjun ägde rum. De effekter som av ovan nämnda faktorer bidrar till är svåra att undvika helt, och därför skapar varje datainsamlingsmetod sina respektive giltighets- och tillförlitlighetsproblem (Jacobsen, et al., 2002).

3.1 Genomförande av experiment – Experimentuppsättning 1

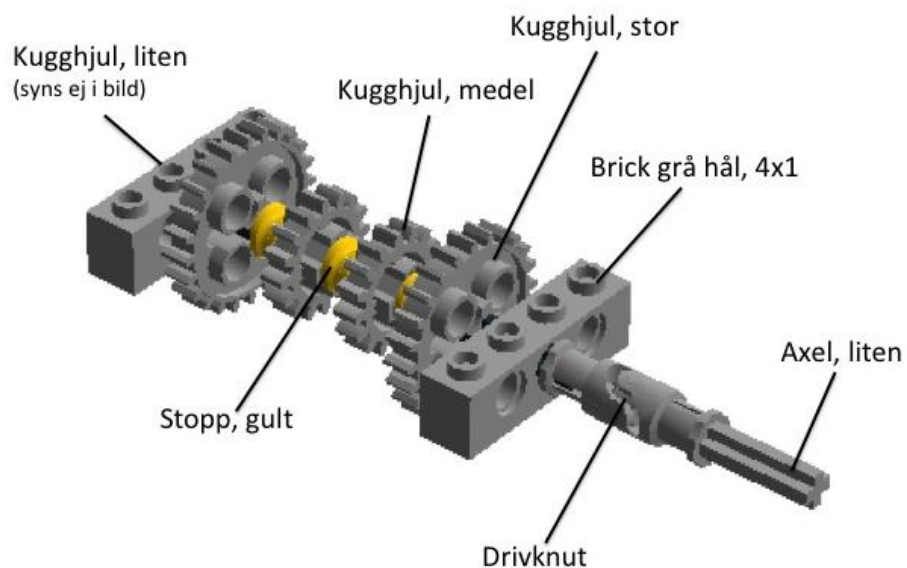
Avsnittet beskriver upplägget för experimentuppsättning 1 och dess genomföranden.

3.1.1 Växellådan

I monteringsexperimenten får deltagarna bygga en växellåda i lego. Växellådans utseende och dess ingående delar visas i figur 6.1 och figur 6.2.



Figur 3.1: Växellådan och dess delar



Figur 3.2: Væxellådans axel och dess delar

3.1.2 Montörens arbetsplats

I figur 6.3 visas en bild på montörens arbetsplats. Olika delar av arbetsplatsen har numrerats och beskrivs mer ingående nedan.



Figur 3.3: Montörens arbetsplats - Experimentuppsättning 1

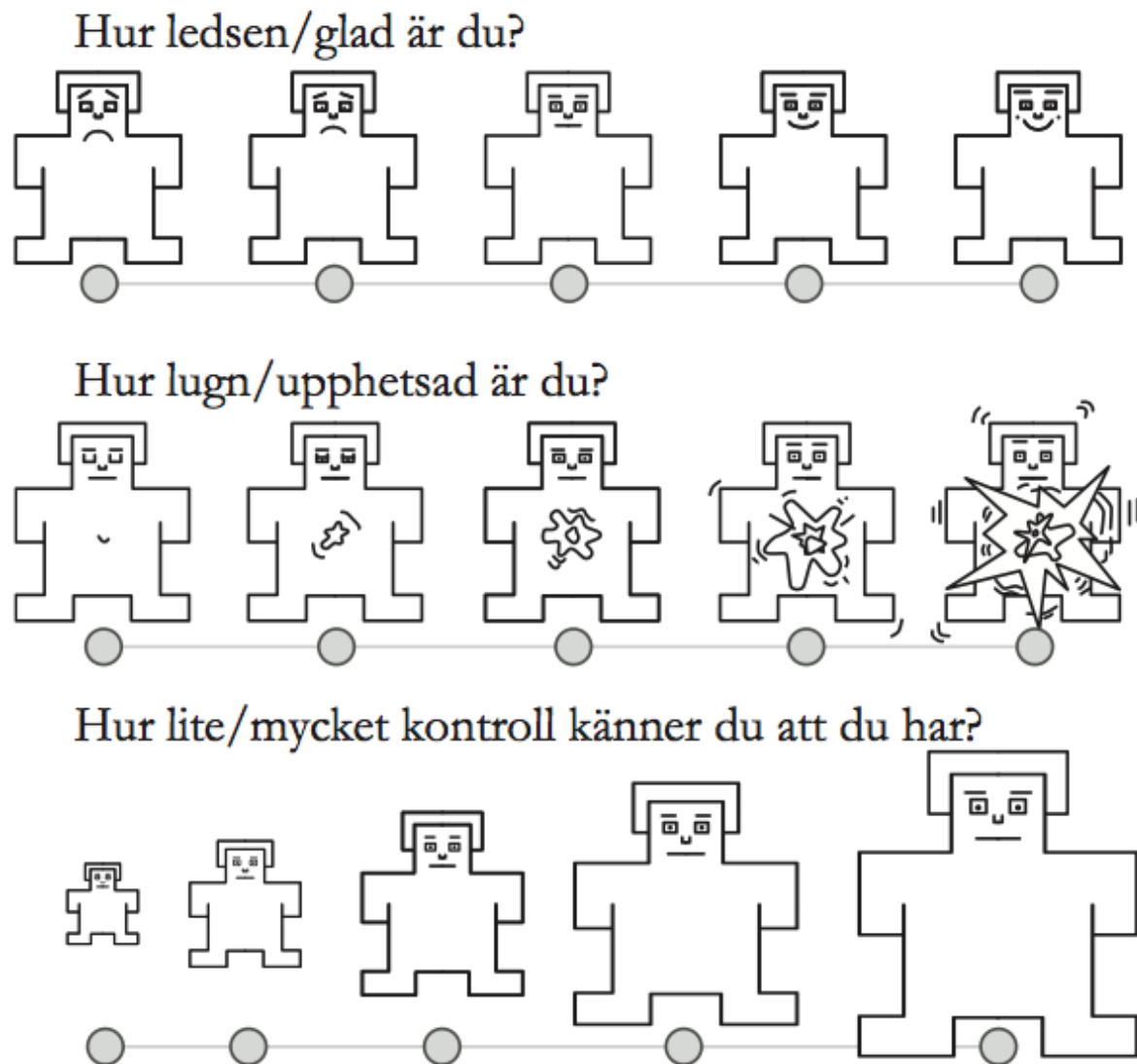
1. Instruktioner
2. Tidtagning
3. Materialfasad
4. Monteringsfixtur

Vid montörens arbetsstation ligger komponenterna till växellådan sorterade i blå plastaskar (3), ordnade i efter när de först används i monteringen. Monteringen av växellådan sker på en metallplatta (4), *monteringsfixturen*, med borrarade hål som används för att fixera bottenplattan. I ansiktshöjd på montörens vänstra sida sitter en läsplatta med fullständiga instruktioner för hur växellådan skall byggas (1). Instruktionerna är uppdelade på ett visst antal bilder som montören kan bläddra mellan. På höger sida sitter ytterligare en läsplatta där testledaren vid varje monteringsomgångs början startar tidtagningen (2). Montören kan under hela monteringen se hur lång tid som är kvar och ett alarm meddelar när tiden är slut.

3.1.3 Experimentgenomförande

Det är sex testledare som leder experimentet, varje testledare har sitt eget ansvarsområde. Testledare 1 välkomnar testpersoner och ser till att vederbörande

fyller i en enkät med uppgifter om ålder, utbildning, tidigare erfarenhet av montering samt fylla i en enkät med SAM-enkät. Testpersonen får där skatta sin sinnesstämning och sitt självförtroende inför uppgiften. Bilderna i enkäten är en version av Bradley och Langs ursprungliga SAM-enkät återskapade av Sara Renström (2013), se figur 6.4.



Figur 3.4: SAM-enkät. Av Sara Renström.

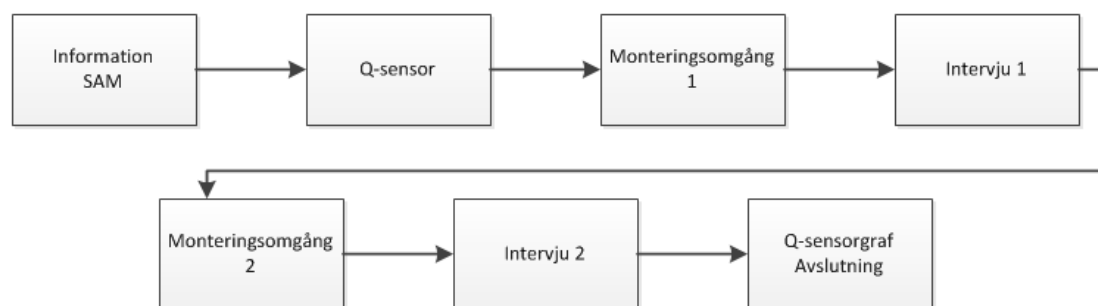
Testledare 2 och 3 ansvarar för Q-sensorn och hjälper montören att ta på sig Q-sensorerna. Person 1 ber testpersonen att sedan utföra en kort uppvärmning för att Q-sensorn ska få kalibrera sig. Efter uppvärmningen börjar sedan första testomgången.

Testledare 4 leder monteringen och ansvarar för taktiderna. I första testomgången får montören innan monteringen startar läsa igenom instruktionerna på läsplattan i lugn och ro. När montören känner sig redo att börja startar testledare 4 timern på montörens högra sida och montören kan börja montera den första

enheten. Samtidigt startar testledare 5 kameran för dokumentation av monteringen och testledare 6 dokumenterar instruktionsanvändningen. Ett alarm signalerar när tiden är slut och montören avbryter monteringen, oavsett hur långt denne hunnit. Testledaren 4 avlägsnar därefter materialet från plattan på bandet och nästa enhet påbörjas när montören känner sig redo. Montören har under hela monteringen möjlighet att se hur lång tid som är kvar och kan dessutom bläddra i instruktionerna under tiden.

När första monteringsomgången är klar får montören träffa testledare 1 och berätta hur monteringen kändes. Montören studerar sedan tillsammans med testledare 3 och 4 den graf som genererats av Q-sensor under testet. I grafen identifieras tydliga avvikelser och en diskussion förs om vad som gett upphov till dessa. Därefter genomförs testomgång nummer två.

Då den andra testomgången är klar intervjuas montören och får bland annat uppge vilka svårigheter denne upplevde under monteringsarbetet, vilka moment som var stressande och varför. Samtliga intervjufrågor finns i bilaga A.1. Nedan, i figur 6.5 visas en överblicksbild över hur experimentet utfördes.



Figur 3.5: Schematisk bild av experimentgenomförandet

Hälften av deltagarna får börja med att montera fem växellådor med en cykeltid på 50 sekunder (takttid A) för att i andra omgången montera på 70 sekunder (takttid B). Den andra hälften av deltagarna kommer att få genomföra samma delmoment med enda skillnaden att de får börja med den längre cykeltiden på 70 sekunder och sedan montera med den kortare på 50 sekunder.

3.1.4 Q-sensorn

De två Q-sensorarmbanden sätts fast på montörens handleder. Därefter får montören värma upp innan monteringen påbörjas. Den ena Q-sensorn skickar kontinuerligt data till en dator och en graf i realtid visas i datorprogrammet Q Live, ett program som utvecklats för Q-sensorn. För att lättare kunna åskådliggöra när de tio monteringsarna som utförs används en markör i programmet som markerar starten för varje delmontering. Mellan första och andra monterings-sessionen får montören ta del av realtidsgrafen och får berättat för sig vad den står för. Vidare får även montören berätta hur monteringen upplevdes och om vederbörande känner igen sig i vad grafen visar. Då monteringsarna är slutförda tas armbanden

av och ännu en genomgång av grafen görs. Anledningen till att montören hade på sig två Q-sensorarmband är att den ena användes som reserv om Q-sensorn som var trådlös fungerade dåligt.

Q-sensorn mäter hudens temperatur samt handens rörelser med hjälp av en accelerometer. I detta experiment kommer dock enbart hudkonduktansen att beaktas då accelerometern ej tillför något mervärde för experimentet utöver observationer, videoinspelning och SAM. Temperaturmätningarna används för att se ifall olika temperaturer kan ha påverkat hudkonduktansen men i detta fall sker alla experiment i laborationsmiljö med konstant temperatur och temperaturskillnaden mellan försökspersonerna är försumbara

3.1.5 Observation

Observation är en objektiv metod som används för att förbättra förståelsen för en arbetssituation utan att påverka själva processen (Osvalder, et al., 2010).

En fördel med observationer är att beteende som operatören själv inte är medveten om observeras. Däremot förekommer risken att missa känslor, attityder och önskemål som kan påverka situationen (Osvalder, et al., 2010).

Under experimentet utfördes en frekvensstudie där det observerades hur många gånger montören tittade på instruktionerna respektive tiden under monteringen. Observationen var en direkt observation där observatören var placerad framför montören och utfördes under hela monterings tiden. Observationen utfördes dock inte under den tiden som montören fick kolla igenom instruktionerna innan monteringen påbörjades.

3.1.6 Urvalsgrupp

Alla deltagare i experimentet studerar på Chalmers tekniska högskola inom civilingenjörsprogrammen Automation och mekatronik samt Maskinteknik. Samtliga urvalsgruppsdata finns i tabell 6.1 nedan.

Tabell 3.1: Data urvalsgrupp

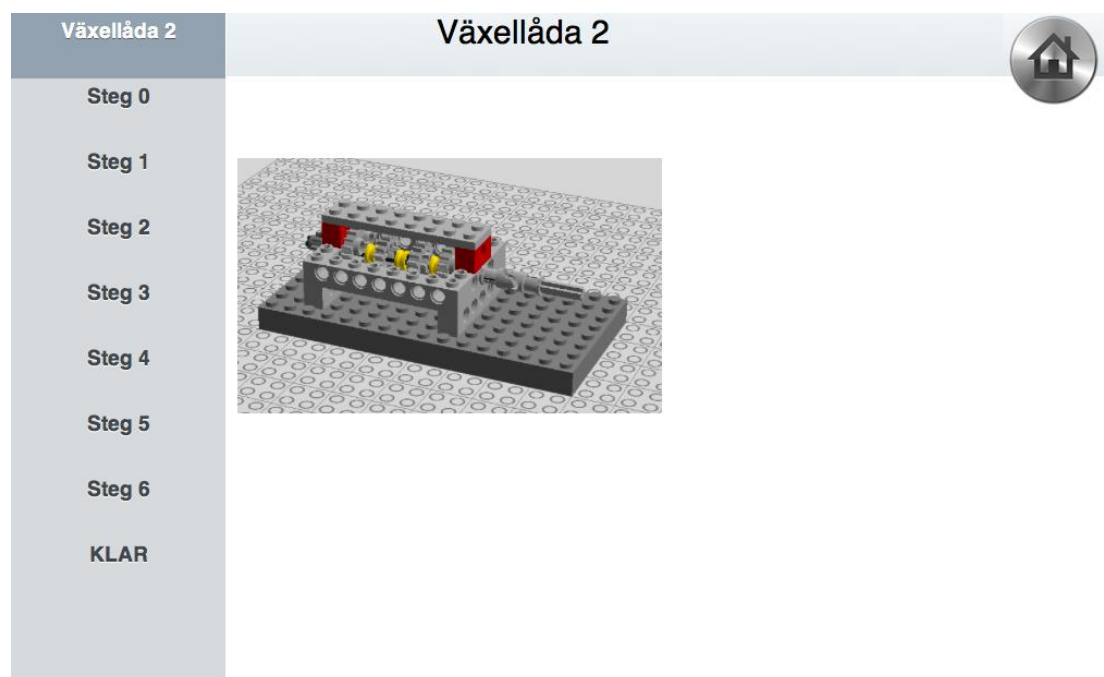
	Deltagardata
Antal deltagare	31
Andel män/kvinnor (Antal)	52% (16) Män 48% (15) Kvinnor
Medelålder	22,6 år

Tid sedan senaste monteringsstillfälle	10-15 år - 59% 7-9 år - 3% 4-6 år - 6% 1-3 år - 3% 1- 12 månader - 16% > 1 månad - 13%
Utbildningsfakultet	Automation och mekatronik - 29% (9) Maskinteknik - 71% (22)

3.1.7 Instruktioner

Instruktionerna i Experimentuppsättning 1 består av nio sidor och totalt sju monteringssteg. Monteringsstegen föregås av en bild och efterföljs av en slutföring som båda visar den kompletta växellådan. Alla bilder är skapade i programmet LEGO® Digital Designer, förutom bilden i steg 0 som är ett fotografi.

Till vänster om varje sida finns en meny där användaren kan navigera mellan de olika stegen genom att klicka på respektive kategori. Till höger i bild finns för varje steg angivet namn på de delar som ska ingå samt antal av respektive komponent. I varje monteringssteg visas först hur steget ska utföras med de ingående komponenterna och sedan en bild på resultatet.



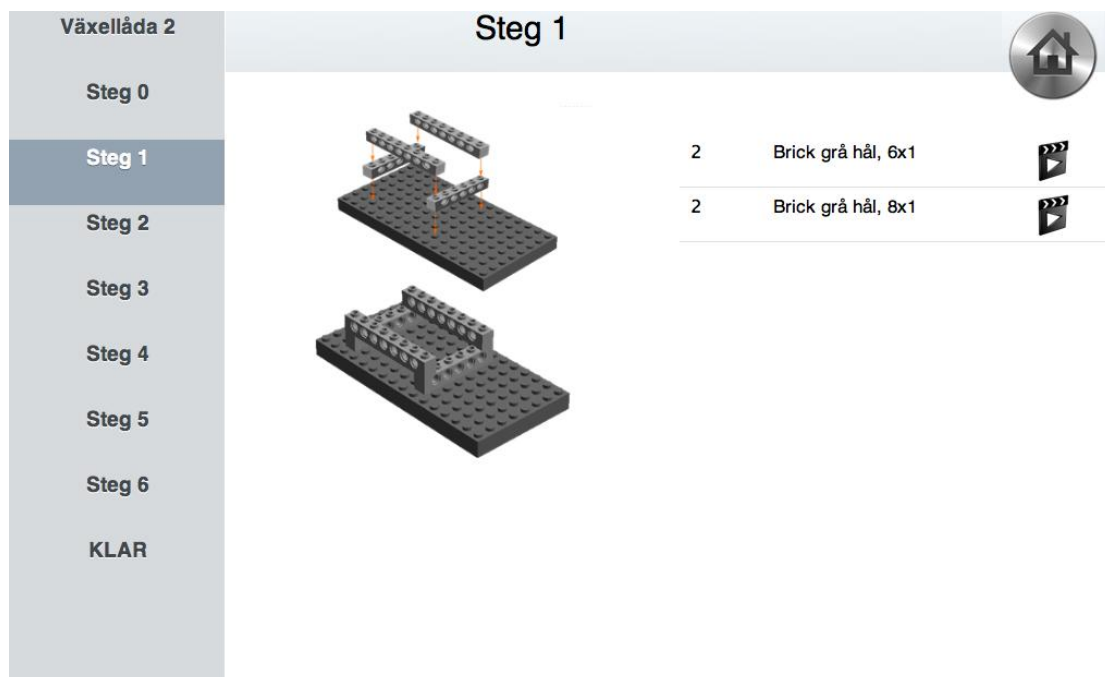
Figur 3.6: Instruktioner sida 1

Figur 6.6 visar första sidan vilken visar en färdigmonterad växellåda.



Figur 3.7: Instruktioner sida 2

Steg 0 på sida 2 (figur 6.7) visar hur basplattan (här: modulplatta) ska placeras på monteringsfixturen.



Figur 3.8: Instruktioner sida 3

Sida tre visar steg 1 i monteringen som visar hur växellådans bas ska monteras på bottenplattan (figur 6.8).

Växellåda 2

Steg 0

Steg 1

Steg 2

Steg 3

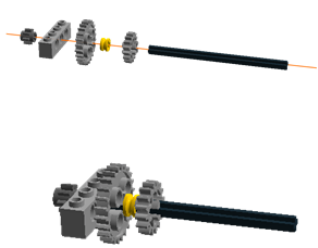
Steg 4

Steg 5

Steg 6

KLAR

Steg 2



1	Brick grå hål, 4x1	
1	Axel stor	
1	Kugghjul litet	
1	Kugghjul mellan	
1	Kugghjul stort	
1	Stopp gul	



Figure 3.9: Instruktioner sida 4

Sida fyra visar steg 2 (figur 6.9) som beskriver hur komponenter ska monteras på axeln från vänster sida.

Växellåda 2

Steg 0

Steg 1

Steg 2

Steg 3

Steg 4

Steg 5

Steg 6

KLAR

Steg 3



1	Kugghjul mellan	
1	Kugghjul stort	
2	Stopp gul	



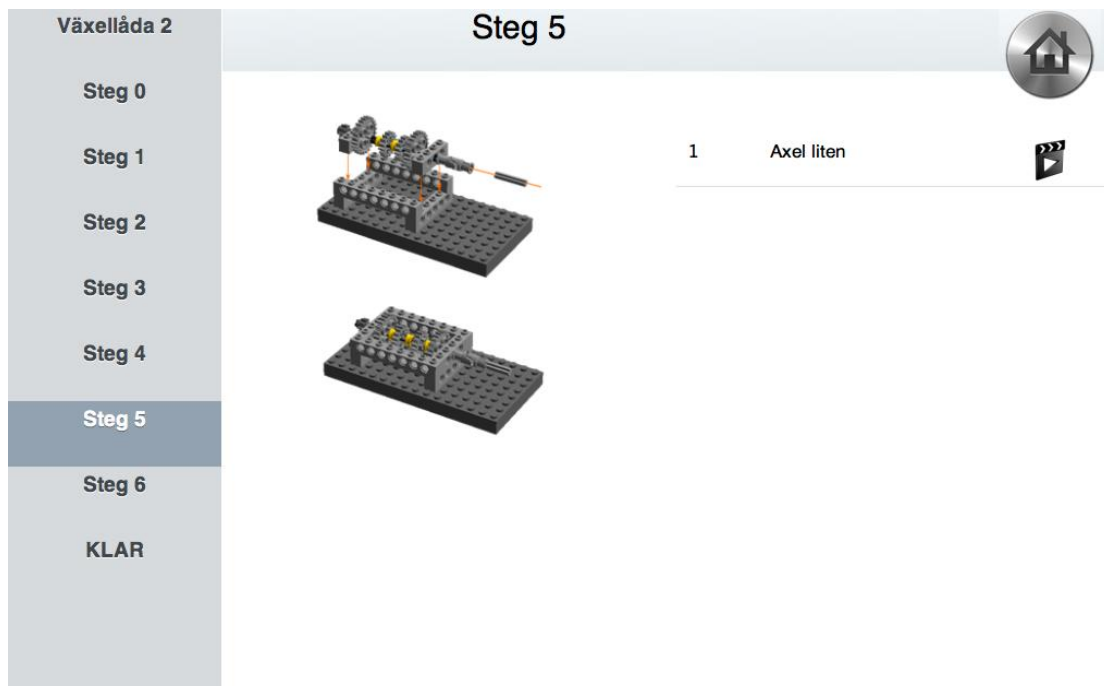
Figure 3.10: instruktioner sida 5

Sida fem visar steg 3 (figur 6.10) som beskriver hur komponenter ska monteras på axeln från höger sida.



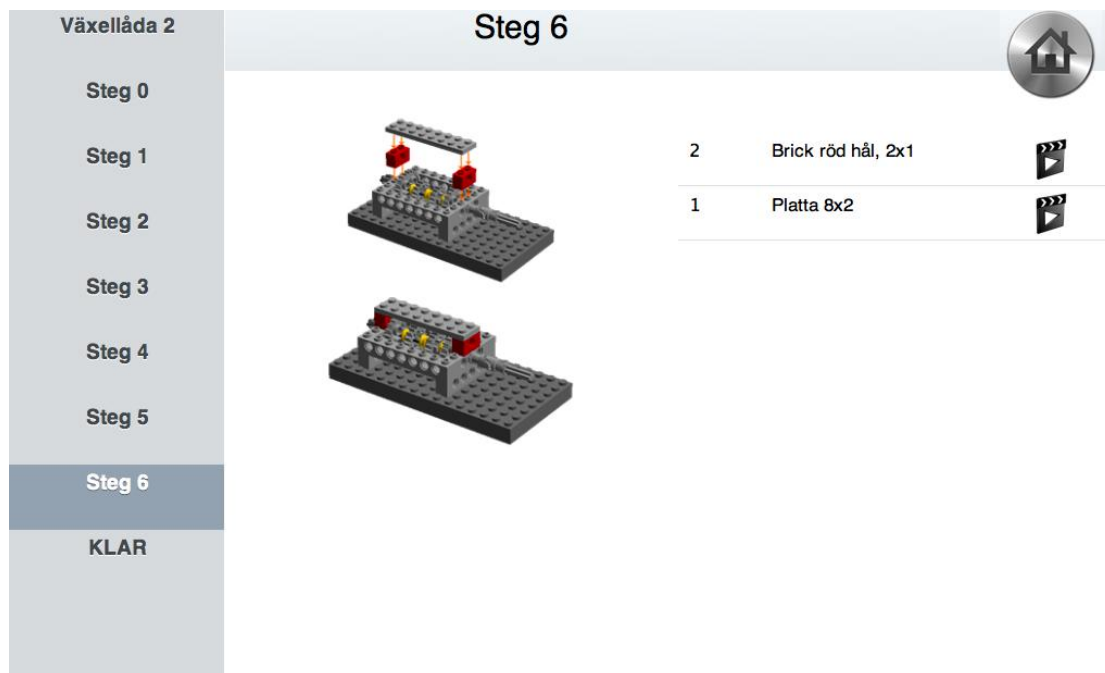
Figur 3.11: Instruktioner sida 6

Sida sex visar steg 4 (figur 6.11) och hur de resterande delarna ska monteras på axeln.



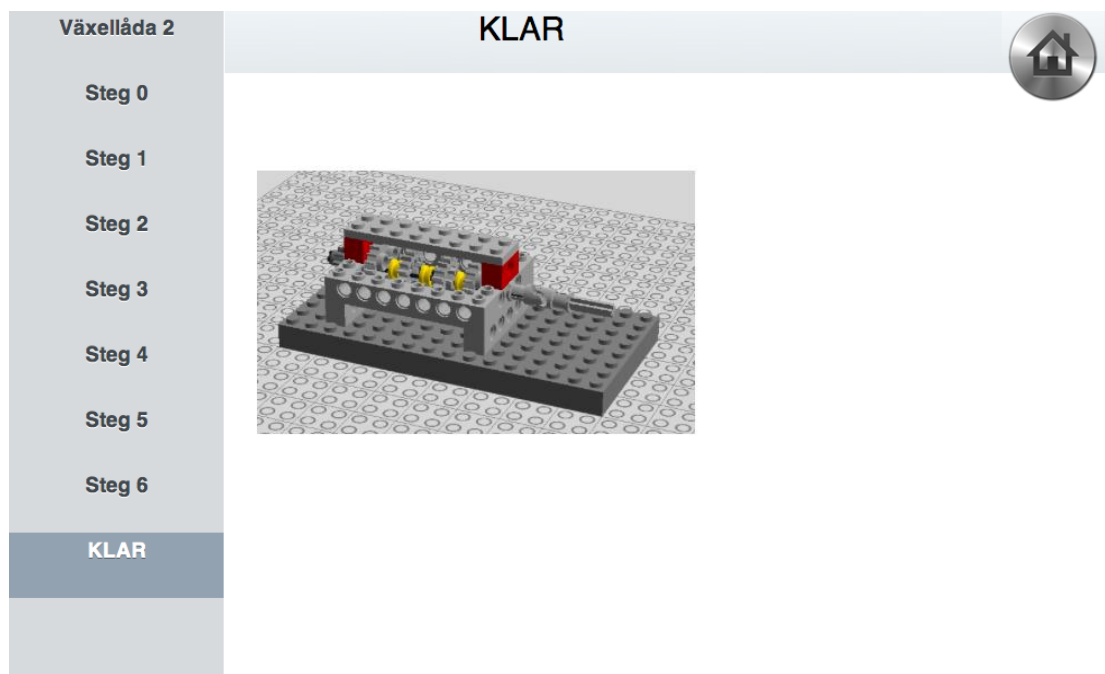
Figur 3.12: Instruktioner sida 7

Sida sju visar steg 5 (figur 6.12) och hur axeln ska monteras på basen samtidigt som en liten axel ska fästas i leden på axeln.



Figur 3.13: Instruktioner sida 8

Sida åtta visar steg 6 (figur 6.13) som beskriver hur växellådan ska slutföras.



Figur 3.14: Instruktioner sida 9

Sida nio visar den färdigställda växellådan.

3.1.8 Materialfasad

Materialfasadens utformning åskådliggörs med hjälp av figur 6.15.



Figur 3.15: Materialfasad - Experimentuppsättning 1

Komponenternas turplacering i den befintliga materialfasaden är utformad efter den ordning som komponenterna presenteras i instruktionerna. Den första komponenten är därmed placerad längst till vänster på det övre hyllplanet, den nästkommande komponenten är placerad direkt till höger. På sådant sätt fylls det övre hyllplanet med sex olika komponenter, varpå efterkommande komponenter placeras på det lägre hyllplanet på motsvarande sätt som det övre hyllplanet. Komponenterna som används i monteringen återfinns i plastlådor.

Totalt utgörs materialfasaden av tolv olika komponenter, samt en bottenplatta som är placerat till vänster om den första plastlådan i det övre hyllplanet.

Den huvudsakliga monteringen är ämnat att genomföras på bottenplattan som placeras på monteringsfixturen som återfinns nedanför materialfasaden.

3.2 Genomförande av analys

En analys av experimentresultaten genomförs utifrån kvalitetsresultat, SAM-enkäter, Q-sensor-resultat.

3.2.1 Triangulering

I projektet används en triangulering för att kunna få en så bred bild av resultaten som möjligt. Triangulering innebär att tre olika mätmetoder används som komplement till varandra för att ge en bred bas för analys av resultat.

I testerna kommer deltagarna i projektet att före montering fylla i en enkät (SAM, The Self-Assessment Manikin) där de får skatta sin sinnesstämning. Under testet kommer de att få bära en Q-sensor varifrån data skickas till en dator som

samlar in och registrerar informationen i realtid. Efter att testet genomförts räknas antalet korrekt monterade delar enligt NPAC, Number of Parts Assembled Correctly. De tre mätinstrumenten bildar en triangulering som kommer att ge en bred bas för analys. Fördelen med att använda sig av metoden triangulering är att resultaten kontrolleras genom flera källor.

3.2.2 NPAC

Kvaliteten mäts med hjälp av metoden Number of Parts Assembled Correctly, NPAC, se bilaga A.2. I metoden undersöks antal monterade delar som är monterade på rätt plats. Värdet på NPAC fås genom att räkna antalet monterade delar, Number of Assembled Parts (NAP), subtraherat med antal delar monterade på fel plats.

Moduler av flera komponenter som är korrekt monterade i förhållande till varandra, men som inte är fastmonterade med övriga delar av produkten, kan inte betraktas som korrekt monterade produkter och adderas till NPAC-värdet.

NPAC beräknades enligt följande steg:

- Räkna bitarna som är fastsatta på bottenplattan.
- Räkna resterande monterade bitar (axeln eller andra hopmonterade delar som inte hunnits fästas fast på bottenplattan).
- Räkna antal felaktigt monterade bitar. Minus 1 för varje fel med undantag för:
 - minus 2 om basen är fel monterad på bottenplattan.
 - minus 2 om axeln inte är fastmonterad på basen.
 - minus 1 om det saknas en bit mellan två andra på axeln.
- Summera antal monterade bitar, både de som sitter fast på bottenplattan och de resterande.
- Beräkna summan av de monterade bitarna minus antalet felmonterade bitar.

Räkneexempel finns i Bilaga A.3.

För att skapa ett jämförelsetal mellan de olika taktiderna och experimentomgångarna togs även NPAC per sekund fram.

3.2.3 SAM

SAM-enkäterna som fyllts i samband med experimentet sammanställs. Detta görs genom att de fem SAM-symbolerna för de tre sinnesstämningarna översätts till siffor, ett till fem. Dessa data kommer sedan att föras samman med en tidigare studie som genomförts av projektets handledare. Nuvarande studie genomför 31 experiment i första omgången. Tillsammans med den tidigare studien, som genomförts under exakt samma förhållanden med en omfattning på 19 experiment,

fås nu data över totalt 50 experiment. Detta ger en större grad av statistisk signifikans och således kan resultaten understödjas i högre utsträckning.

En differens mellan hur montören uppfattar sin sinnesstämning innan, mellan och efter de två monteringsessionerna beräknas. De värden försökspersonerna fyller i innan monteringen sätts som referensvärde. En positiv differens tyder på en ökad grad av glädje, kontroll eller upphetsning.

Beräkningarna ger två intressanta värden, efter första monteringen och efter andra monteringen. Differensen som beräknas mellan första och andra värdet ger information om hur montörens sinnesstämning påverkas av första takttiden. Vid ordningsföljden A-B ger den första differensen således information om hur takttiden A påverkar sinnesstämningen. Det andra värdet vid ordningen A-B visar i sin tur hur takttiden B påverkar sinnesstämningen.

En översikt över takttidernas påverkan av sinnesstämningen görs, där det framgår hur stor andel av försökspersonerna som upplevde ökad eller minskad känsla av glädje, upphetsning och kontroll.

3.2.3.1 Flow-diagram

Korrelationen mellan upplevd kontroll och upphetsning kan åskådliggöras i ett diagram (se Figur 8.2), med respektive sinnesstämning på axlarna. De data som användes är från de sex bäst och lägst presterande försökspersonerna. En korrelation mellan värdena från SAM för kontroll och upphetsning genomfördes för att se om dessa faktorer hade någon påverkan på prestationen. Flow är en känsla som uppkommer då rätt nivå av utmaningsgrad och skicklighetsnivå uppfylls och karakteriseras av hög koncentration och medvetenhet (Csikszentmihalyi, 1997).

Eftersom det finns tre värden för kontroll respektive upphetsning per person valdes det att använda medelvärdet för dessa. Detta gjordes för att få en överblick över hur försökspersonerna kände sig i det stora hela då värdena i vissa fall kunde fluktuera mycket. Kontrollvärdet blev således medelvärdet från värdet innan experimentet, efter första försöket och efter andra. På samma sätt togs medelvärdet för upphetsning fram. De olika försökspersonernas medelvärden plottades sedan för att se huruvida dessa värden hade någon effekt på prestationen. För att ge en tydligare bild togs även det totala medelvärdet fram för de sex bästa och sämsta för att se hur de jämförde sig mot varandra. Alltså ett medelvärde som representerade de bäst presterande och ett medelvärde som representerade de som presterade sämst.

3.2.4 Q-sensor

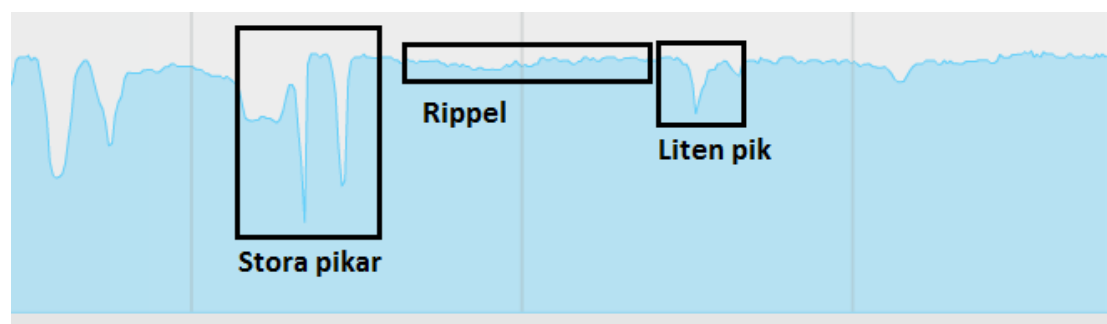
Q-sensorn bidrar till en kurva över försökspersonernas hudkonduktans. Detta kan vidare tolkas som hur exalterad eller upphetsad försökspersonen var under monteringen. Mätningarna ger två kurvor som är tidsloggade i programmet ett över de första fem monteringen och ett över de sista fem. Vid analys av kur-

vornas lutning tas ej hänsyn till tiden som försökspersonen utförde monteringen på. Vidare beräknas därför lutningen i form av den procentuella förändringen av mikrosiemens [μS], y-led i kurvan, under de uppmätta intervallen.

Inför varje experiment får försökspersonen börja med att värma upp genom att gå upp och ner två gånger i en närliggande trappa för att kalibrera Q-sensorn. Det är optimalt att först värma upp ett tag och sedan sitta still i 10 minuter, detta för att hitta personens grundnivå (Affectiva, 2013). Detta kompenseras för genom att räkna med minst en 20 % -ökning som en positiv trend.

Vid analysen av kurvorna översätts kurvornas förändring till +, 0 och – för att lättare kunna tolkas. Kriterierna för att förändringen av första intervallet skall räknas som + krävs en ökning på 20 %. För det andra intervallet krävs en ökning på 15 %. Procentsatserna som utgör kriterierna är godtyckliga men baseras på att kurvans förändring skall vara relativt tydligt ökande för att räknas som +. Vidare anses 0 vara en kurva som ligger mellan en förändring på 20 % och en kurva som inte är avtagande. Kriteriet för – är således en negativ förändring.

Vid mätning av antalet pikar i graferna kan tre typer av pikar identifieras: små rippel, små pikar och stora pikar. De minsta pikarna, som kan ses som rippel, finns i samtliga kurvor och kan därför bortses. Vid analys av graferna räknades det totala antalet pikar, samt även endast de stora pikarna. Detta för att vidare kunna analysera om storleken på pikarna har någon betydelse för prestation. I figur 6.16 nedan åskådliggörs de olika typerna av pikar.



Figur 6.16: Kurva genererad av Q-sensorn

3.2.5 Värdeflödesanalys

Värdeflödesanalys (VSM) används för att kartlägga flödet av värdeströmmar och för att sedan göra förbättringar. VSM ger en tydlig bild av de delar där förbättringar kan utföras då det tvingar fram en utvärdering av värdeflödet i sin helhet. Här syns tydligt vilka typer av spill som förekommer och ger en indikation till hur de kan minimeras. I en del fall är det uppenbart hur värdeflödet ser ut men i många produktioner finns flera olika kunder och produkter i samma system.

Vid komplexa system börjar VSM-processen med att en "Product, Quantity and Routing"-analys (PQR) genomförs. Det innebär att systemet bryts ner i mindre

delar som produktgrupper, kvantiteter och kundgrupper. Sedan tas värdeflöden fram för delsystemen och det med bäst förbättringspotential väljs ut för vidare analys. Den här första systemkartan kallas för nuvarande läge och visar både värdeadderande tid och tid som inte är värdeadderande. (Dixon, 2008)

Nästa steg är att skapa en ny systemkarta där så mycket spill som möjligt har eliminerats som blir en plan för hur tider ska minskas och kvaliteten ökas. (Dixon, 2008)

Värdeflödesanalys gjordes med hjälp av de inspelade filmerna från experimenten. Genom att använda sig av filmredigeringsprogram, möjliggjordes stegning av filmerna med precision på hundradels sekund.

Byggandet av växellådorna kunde delas in i 35 olika moment, varav 16 moment är så kallade värdeadderande operationer. Detta framgår av tabell 7.10.

Urvalet av experimenten som klockades begränsades till det sista försöket för samtliga montörer. Det resultatet ger en bild av tidsåtgången för samtliga moment som också är representativt för hur väl montörerna presterar inom ramen för de monteringsförsök som har genomförts.

Då filmerna inte visar montörens ansikte, är det omöjligt att avgöra hur mycket tid som montören tittar på instruktioner och tid. Därför klassas all tid som inte är värdeadderande eller en materialförflyttning som övrig tid och tas inte med i analysen.

3.2.6 Intervjuer

Samtliga intervjuer spelas in och materialet transkriberas och färgkodas därefter efter vilket område de berör. Resultaten från färgkodningen sammanställs i en tabell där det går att se hur många deltagare som nämnt vad, vilka i ordningen som sagt det och även en citering av kommentaren. Tabellerna används sedan för att utvärdera materialfasad, instruktioner och korrelation mellan tävlingsinriktning och prestation.

4 Resultat Experimentuppsättning 1

Resultaten från experimentuppsättning 1 har nedan sammanställts för respektive ämnesområde.

4.1 Mätresultat

Under experimentomgång 1 slutade Q-sensor-armbandet fungera för testperson nummer 7. Därför genomfördes 32 monteringar med experimentuppsättning 1. Testpersonens NPAC-resultat påverkades av att försöken ett flertal gånger avbröts på grund av detta och bedömningen av sinnesstämningen påverkades också av de komplikationer som uppstod. Därför har personens monteringsresultat i form av NPAC, Q-sensor-mätningen och självskattning enligt SAM räknats bort. Dock gav deltagaren viktiga synpunkter på instruktionerna och därför har detta räknats med i intervjuresultatet.

4.1.1 NPAC

Kvaliteten, beräknat med hjälp av NPAC, har bedömts för samtliga 320 monteringar i experimentuppsättning 1, se bilaga B.1. Sammanställningen av dessa beräkningar framgår av tabell 7.1. Tabellen visar samtliga montörers NPAC-värde för både den första och den andra omgången, samt ett sammanlagt värde. De rosa fälten visar de kvinnliga deltagarnas resultat och de blå visar de manliga.

Resultatet visar att montörerna som startar med en kortare taktid ($A = 50$ sekunder) hade ett marginellt högre NPAC-värde, motsvarande 3 procentenheter, än de montörer som inledde med en längre taktid ($B = 70$ sekunder). Detta utgör inte någon väsentlig skillnad, vilket tydliggörs av att det motsvarar en cirka 0,3 sekunder kortare tid för varje korrekt monterad bit.

Tabell 4.1: Resultat NPAC

NPAC-							
TCAB	NPAC1	NPAC2	tot	TCBA	NPAC1	NPAC2	NPACtot
Montör 01	29	61	90	Montör 02	27	41	68
Montör 03	27	68	95	Montör 06	66	69	135
Montör 05	33	70	103	Montör 08	56	56	112
Montör 09	52	92	144	Montör 12	39	49	88
Montör 10	54	98	152	Montör 28	38	39	77
Montör 13	42	87	129	Montör 30	27	40	67
Montör 19	39	91	130	Montör 31	44	36	80
				Montör 32	57	54	111
Montör 15	28	66	94	Montör 04	91	84	175
Montör 17	35	63	98	Montör 11	46	55	101
Montör 21	46	93	139	Montör 14	42	47	89
Montör 23	34	79	113	Montör 16	65	65	130
Montör 25	36	58	94	Montör 18	57	49	106
Montör 26	35	80	115	Montör 20	58	68	126

Montör 27	55	100	155	Montör 22	42	57	99
Montör 29	33	68	101	Montör 24	65	67	132
	578	1174	1752				
	(1500)	(1500)	(3000)		820	876	1696
Total summa					(1600)	(1600)	(3200)
	38,53	78,27	116,8				
	(100)	(100)	(200)		51,25	54,75	
Medelvärde					(100)	(100)	106 (200)
	38,5%	78,3%	58,4%				
Andel					51,3%	54,8%	53,0%

Eftersom monteringen genomfördes med olika taktid, kan jämförelse mellan NPAC-värdet för montering med taktid A och taktid B vara missvisande, då det skiljer 20 sekunder på taktiderna. För att göra NPAC-resultatet mer relevant beräknas antalet korrekt monterade bitar per sekund, vilket framgår av tabell 7.2.

Resultatet av antal monterade bitar per sekund visar att montören monterar fler korrekta bitar per sekund andra monteringsomgången, samt att skillnaden mellan de olika taktidsordningarna är försumbar.

Tabell 4.2: Antal korrekt monterade komponenter (NPAC) per sekund för experimentuppsättning 1

Takttidsordning	A-B	B-A
Omgång 1	0,154 NPAC/s	0,146 NPAC/s
Omgång 2	0,224 NPAC/s	0,219 NPAC/s
Totalt Experimentuppsättning 1	0,195 NPAC/s	0,177 NPAC/s

Tabell 4.3: Genomsnittligt antal sekunder det tar att montera en komponent korrekt för experimentuppsättning 1

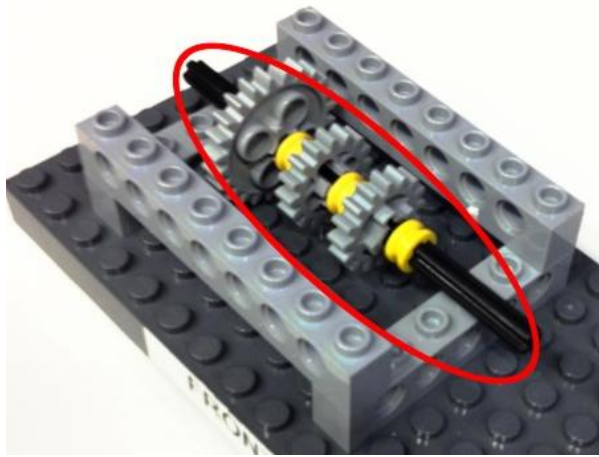
Takttidsordning	A-B	B-A
Omgång 1	6,711 s/NPAC	6,829 s/NPAC
Omgång 2	4,682 s/NPAC	4,566 s/NPAC
Totalt Experimentuppsättning 1	5,357 s/NPAC	5,660 s/NPAC

4.1.2 Vanligaste felen

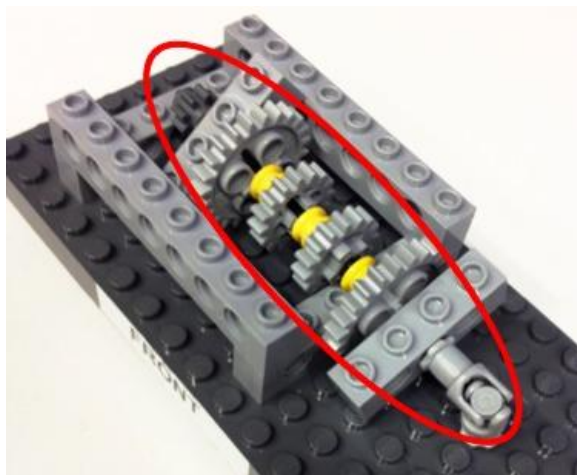
Under experimenten lyckades ingen av experimentdeltagarna bygga en helt felfri växellåda. Genom att studera bilderna på varje monterad växellåda har de vanligaste felen konstaterats. Nedan beskrivs de vanligaste felen som uppkommit. Procentsatsen har beräknats som antalet felmonterade växellådor genom det totala antalet växellådor. De vanligaste felen är de som förekommer i mer än 3 % av fallen, gränsen är godtycklig men har valts då resten av felen förekommer relativt sällan.

Ej fastsatt axel (66,88 %)

Felet *Ej fastsatt axel* innebär att axeln var påbörjad eller helt färdigmonterad men inte fastsatt på växellådan. I figur 7.1 och figur 7.2 visas exempel på hur felet kunde se ut.



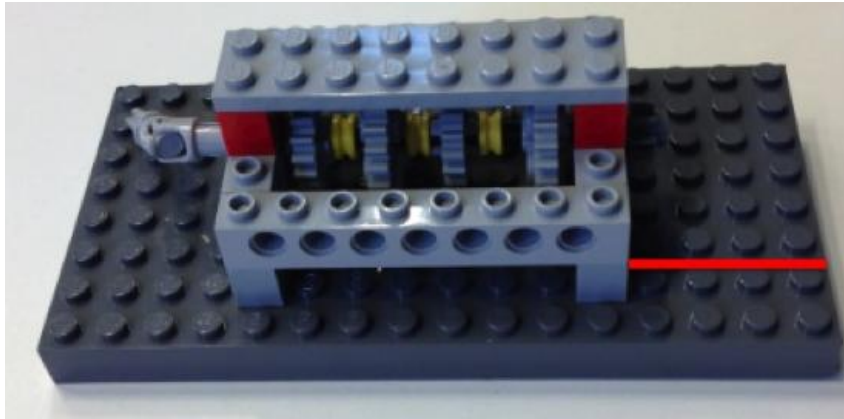
Figur 4.1: Ej fastsatt axel



Figur 4.2: Ej fastsatt axel

Fel placering av växellåda på bottenplatta (49,38 %)

Fel placering av växellådan på bottenplattan innebär att växellådan inte var placerad enligt angivelserna i instruktionerna. I figur 7.3 visas exempel på hur felet kunde se ut. I bilden har både en fullständigt monterad axel och en icke monterad axel lagts på växellådans bas.

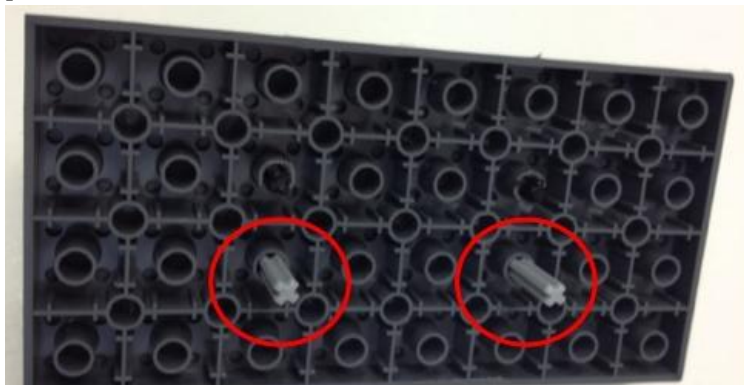


Figur 4.3: Fel placerad växellåda på bottenplatta

Pluggar under bottenplattan (6,25 %)

Två per-
dor med
de använ-
på under-

soner monterade samtliga växellå-
två extra pluggar under växellådan,
de två *axel, liten* och satte fast dem
sidan. I figur 7.4 visas exempel på
t.

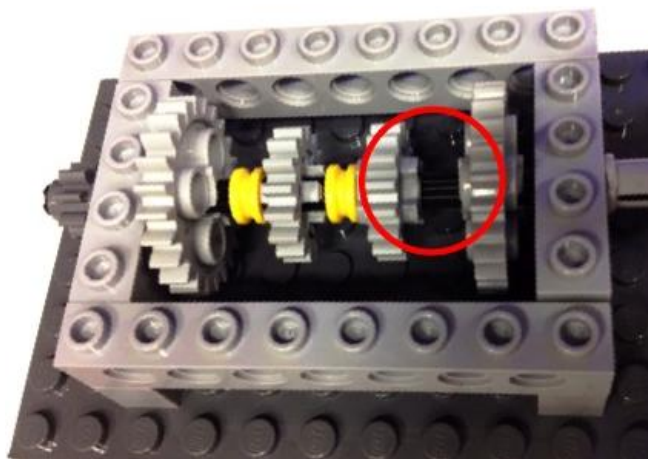


Figur 4.4: Pluggar under bottenplatta

En eller (5,31 %)

flera av bitarna på axeln saknas

Att *en eller flera bitar på axeln saknas* innebär att delar på axeln satts fast och att komponenterna som ska monteras på axeln saknas. Det räknas inte som denna typ av fel om axeln endast är påbörjad och montören inte hunnit sätta fast vissa delar. I figur 7.5 visas exempel på hur felet kunde se ut. I det fallet som bilden visar fattas en *stopp gult* mellan kugghjulen.



Figur 4.5: Saknas en eller flera bitar på axeln

Fullständig tabell över alla förekommande fel finns i bilaga B.2.

4.1.3 SAM

SAM-enkäten som fylldes i av varje montör innan, emellan samt efter monteringen sammanställdes, se bilaga B.3. Nedan visas antalet montörer som upplevde ökat och minskat humör mellan monteringsessionerna, ökad eller minskad upphetsning och ökad eller minskad känsla av kontroll. Totala antalet montörer var 31 stycken.

Tabell 4.4: SAM Humör

Takttid		Ökat humör	Minskat humör
A -B	A	1	7
	B	6	5
B -A	B	2	6
	A	3	9

Tabell 4.5: SAM Upphetsning

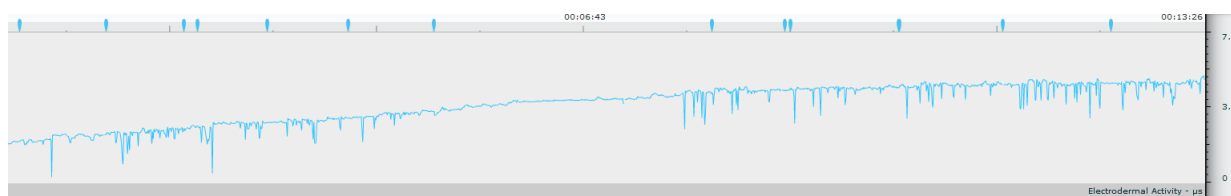
Takttid		Ökad upphetsning	Minskad upphetsning
A -B	A	19	3
	B	15	5
B -A	B	17	1
	A	12	3

Tabell 4.6: SAM Kontroll

Takttid		Ökad kontroll	Minskad kontroll
A -B	A	6	7
	B	11	2
B -A	B	7	12
	A	6	11

4.1.4 Q-sensor

Det program som användes för att mäta EDA genererade en graf där x-axeln representerar tiden och y-axeln är hudkonduktansen, mätt i mikrosiemens, [μ S]. I figur 7.6 visas en exempelbild över hur graferna såg ut. Se även bilaga B.5.



Figur 4.6 Q-sensor-kurva

De blå markörerna längst upp i grafen markerar mellan varje montering. Grafen visar att montörens frekvens av pikaer ökar tydligt under monteringarna, medan det är en relativt rät linje under intervjun.

Nedan, i tabell 7.7, visas det hur kurvtrenderna utvecklade sig under de olika tidsutföranden och takttider samt hur det ser ut mellan kvinnor och män. TCAB innebär att det är ett takttidsordningen A-B medan TCBA innebär takttidsordningen B-A. Beteckningen TA hänvisar till omgången med takttid A och TB omgången med takttid B. Siffrorna representerar antalet försökspersoner som visade respektive kurvtrend. Totala antalet försökspersoner var 31 stycken där 15 var kvinnor och 16 män.

Tabell 4.7: Kurvtrender takttidsordning A-B respektive B-A.

Kurvtrend	TCAB TA	TCAB TB	TCBA TB	TCBA TA
Minskad				
Män	0	3	0	1
Kvinnor	0	0	0	0
Total	0	3	0	1
Oförändrad				
Män	0	3	1	4
Kvinnor	2	5	3	7
Total	2	8	4	11
Ökad				
Män	8	2	7	3
Kvinnor	5	2	5	1
Total	13	4	12	4

4.1.5 Intervjuer sinnesstämning

Intervjuerna från monteringsessionerna sammanställdes med hjälp av färgkodning. Fokus låg på om montörerna uppfattade monteringen som stressig (röd färg), om monteringen kändes bra (orange färg) samt om montören uppfattade sig själv som tävlingsinriktad vilket representeras av grön färg. I tabell 7.8 visas den sammanställda intervjukodningen.

Tabell 4.8: Intervjusvar upplevelse av monteringsituation

Försöksperson	Stress	Bra	Tävlingsinriktad
1			
2			
3			
4			
5			
6			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			

Resultatet av intervjuerna visas i tabell 7.9. Tabellen visar hur stor andel av montörerna som upplevde att monteringssessionen var stressig, att det kändes bra samt om de ansåg sig själva vara tävlingsinriktade.

Tabell 4.9: Upplevelse av monteringsituationen

	Stress	Bra	Tävlingsinriktad
Totalt	74,2%	67,7%	64,5%
Topp 6	50,0%	66,7%	66,7%
Botten 6	100,0%	66,7%	50,0%

4.2 Instruktioner

Från intervjuer har data samlats in för hur informationsinnehållet och informationsbäraren uppfattades.

4.2.1 Informationsinnehåll i intervjuer

Av 32 deltagare hävdade elva att instruktionerna var bra. Angående bilderna påstod fem personer att de var hjälpande och en uttryckte tydligt att de inte hade klarat sig utan dem. Tio personer upplevde instruktionerna som tydliga.

Sex personer uttryckte att instruktionernas innehåll var mindre bra och tio personer upplevde dem som otydliga. Av de senare var det åtta deltagare som påpekade att bilderna var otydliga. Tre deltagare påpekade specifikt att bilderna var för små.

Det var 16 personer som sa att de inte behövde instruktionerna efter att ha monterat växellådan några gånger. Under monteringen observerades att en del av dessa då enbart använde sig av den sista bilden som visade en färdig växellåda. Tre personer hävdade att det fanns information i instruktionerna som var överflödig.

4.2.2 Informationsbärare i intervjuer

Tre personer påpekade att bilderna i instruktionerna var små. Av de tio som uttryckte att instruktionerna var otydliga var det fem som sa att det var svårt att utskilja vilka delar som var vilka. Läsplattan begränsar storleken på bilderna vilket kan vara orsak till att problemen uppstod.

Sex deltagare påpekade svårigheter som uppstod i samband med användandet av en läsplatta. Av dessa sex var det fem som påpekade att det var tidskrävande eller störande att behöva klicka på läsplattan för att komma åt information som var relevant för stunden.

4.3 Materialfasad

Data för materialfasaden har samlats in genom intervjuer samt värdeflödesanalys och redovisas nedan.

4.3.1 Intervju materialfasad

Sammanställningen av intervjuernas frågor med avseende på materialfasadens utformning framgår av bilaga B.8. Två tredjedelar av montörerna upplevde att materialfasadens utformning generellt sett är dåligt. En tredjedel tyckte att den var bra.

Generellt sett var kommentarerna angående materialfasadens utformning varierande. Vissa aspekter som några montörer ansåg som positiva, upplevdes som negativa av andra montörer. En stor del av montörerna ansåg att det var dåligt att kugghjul, medel och kugghjul, stor inte var bredvid varandra.

Andra upplevda problem angående materialfasaden som har flera förespråkare är att materialen borde vara placerade i den ordning som man plockar och att det var svårt att se innehållet i materiallådorna.

4.3.2 Värdeflödesanalys

Sammanställningen av tidsåtgången för samtliga moment framgår av tabell 7.10 där de gråmarkerade momenten är så kallade värdeadderande moment. Se även bilaga B.9.

De fyra grå bitarna (2 st *Brick grå hål*, 6x1 och 2 st *Brick grå hål*, 8x1), som används under det inledande skedet av monteringen, hämtas och monteras nästan uteslutande och benämns därför som basen i sammanställningen.

Noterbart är att medeltiderna på momenten två och 32 avviker i större utsträckning från övriga moments medeltider, detta beror till stor del på att dessa moment inkluderar förflyttningar av fler än en komponent.

Tabell 4.10: Värdeflödesanalys

Moment	Tid (medelvärde i sekunder)
1. Hämta bottenplatta	1,75
2. Fäst bottenplatta	2,50
3. Hämta bitar till basen	4,53
4. Montera basen	8,62
5. Hämta axel, lång	1,51
6. Hämta kugghjul, liten	1,33
7. Montera kugghjul, liten på axel, lång	1,92
8. Hämta Brick grå hål, 4x1	1,30
9. Montera Brick grå hål, 4x1 på axel, lång	1,30
10. Hämta stort kugghjul	1,27
11. Montera kugghjul, stor på axel, lång	2,79
12. Hämta stopp gult	1,30
13. Montera stopp gult på axel, lång	1,87
14. Hämta kugghjul, medel	1,44

15. Montera kugghjul, medel på axel, lång	1,83
16. Hämta stopp gult	1,40
17. Montera stopp gult på axel, lång	1,62
18. Hämta kugghjul, medel	1,52
19. Montera kugghjul, medel på axel, lång	2,15
20. Hämta stopp gult	1,27
21. Montera stopp gult på axel, lång	1,56
22. Hämta kugghjul, stor	1,23
23. Montera kugghjul, stor på axel, lång	2,37
24. Hämta Brick grå hål, 4x1	1,58
25. Montera Brick grå hål, 4x1 på axel, lång	1,03
26. Hämta drivknut	1,58
27. Montera drivknut på axel, lång	1,56
28. Hämta axel, liten	1,66
29. Montera axel, liten i drivknut	1,68
30. Flytta färdig axel till basen	1,08
31. Montera fast färdig axel på basen	4,36
32. Hämta Brick röd hål, 2x1 (2 st)	2,01
33. Montera fast Brick röd hål, 2x1	1,81
34. Hämta platta, 8x2	1,41
35. Montera platta, 8x2	2,03

4.4 Tid

Genom observationer och intervjuunderlag har data om monteringtiden samlats in.

4.4.1 Intervju tid

Sammanställningen av intervjuerna med avseende på olika aspekter av tidsrelaterade frågor framgår av bilaga B.10.

Fem montörer ansåg att möjligheten att kunna se tidsåtgången hade en inverkan på deras prestation, de flesta blev stressade av detta. Däremot ansåg 20 montörer att påverkade deras prestation varken positivt eller negativt.

Många montörer upplevde att takttiden under den andra försöksserien var att föredra. Samtliga av de montörer som upplevde den första försöksseriens taktid som mest positiv, hade taktid B (70 sek.) under den första försöksserien.

En tredjedel av montörerna angav 70 sekunder som en lämplig taktid. Åsikterna om optimal taktid varierade från 60 sekunder till 180 sekunder.

4.4.2 Observation tid

Generellt sett tittar montörerna få gånger på vilken mängd tid montören har kvar på sig att montera. Detta framgår av tabell 7.11, som också visar att antalet gånger montörer tittar på mängden tid kvar ökar för varje montering som går. Det är flera montörer som inte tittar alls eller bara några enstaka gånger.

Tabell 4.11: Tidsobservation

Försöksperson (ordning)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01 (A-B)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
02 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
03 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 (B-A)	3	0	0	2	1	0	2	2	2	3
09 (A-B)	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1
10 (A-B)	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
11 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 (B-A)	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0
13 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3

14 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
16 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 (B-A)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
19 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
22 (B-A)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
23 (A-B)	0	0	2	2	1	0	0	3	1	4
24 (B-A)	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
25 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
26 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27 (A-B)	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
28 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 (A-B)	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
30 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 (B-A)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMMA	4	1	3	5	7	4	7	11	12	19
MEDELVÄRDE	0,125	0,031	0,094	0,156	0,219	0,125	0,219	0,344	0,375	0,594

5 Analys Experimentuppsättning 1

Analys av resultaten från experimentuppsättning 1 behandlar ämnesområdena; SAM, Q-sensor, instruktioner, materialfasad samt tid och kvalitet.

5.1 SAM

En analys kring huruvida montörens emotionella tillstånd förändrades under monteringen beroende på de två taktiderna A, på 50 sekunder, och B, på 70 sekunder, har gjorts. En sammanställning av montörernas upplevda sinnesstämning innan, mellan och efter de två monteringsessionerna gjordes. Varje sinnesstämning har fem olika nivåer för känslan och översätts till siffrorna ett till fem för att lättare kunna analyseras. Vidare beräknades differensen mellan hur det emotionella tillståndet var innan monteringen och efter montering för en viss taktid. För de personer som monterade i ordningen A och sedan B, visade 24 % en ökad känsla av kontroll efter att ha monterat den första sessionen. Efter andra sessionen, med den längre taktiden B, hade 44 % av montörerna en ökad känsla av kontroll, jämfört med känslan av kontroll de hade innan den första monteringen. Vid jämförande av de personer som monterade i tidsutförandet B-A visade 28 % en ökad känsla av kontroll efter den första sessionen, B. När de sedan monterade den andra sessionen med taktid A upplevde 24 % en känsla av ökad kontroll.

Vid analys av hur humöret förändrades, ökad eller minskad glädje, ökade humöret med 24 % efter andra sessionen med taktid A-B men endast 12 % med taktiden B-A, se tabell 8.1 Humöret minskade även i större utsträckning efter andra sessionen, 24 %, för de som hade B-A jämfört med 20 % för A-B. Ordningföljden B-A bidrog följaktligen med en större negativ inverkan på humöret.

Tabell 5.1 SAM Humör

Taktid		Ökat humör	Minskat humör
A -B	A	4%	28%
	B	24%	20%
B -A	B	8%	24%
	A	12%	36%

Nedan visas en sammanställning över försökspersonernas ökade respektive minskade känsla av kontroll i tabell 8.2. Det som kan urskiljas är att de personer som monterade med ordningen B-A upplevde oftare minskad kontroll, 48 % efter taktid B och 44 % efter taktid A. Vid jämförelse med ordningföljden A-B upplevde 28 % en minskad känsla av kontroll och sedan endast 8 % efter montering med taktid B. Ordningen A-B gav även en större upplevelse av ökad kontroll, med 24 % respektive 44 %, jämfört med B-A som visade att 28 % samt endast 24 % .

Vad som kan konstateras är således att följdordningen A-B skapar i större utsträckning en sinnesstämning med känsla av kontroll än B-A ordningen. Förklaringen till detta skulle kunna vara att vid ordningen A-B börjar montören med den korta takttiden A, för att sedan fortsätta med den 28 % längre tiden B. Detta bidrar i stor grad till en känsla av ökad kontroll.

Tabell 5.2 SAM Kontroll

Takttid		Ökad kontroll	Minskad kontroll
A -B	A	24%	28%
	B	44%	8%
B -A	B	28%	48%
	A	24%	44%

Vid jämförande av de montörer som monterade i ordningen A-B och de som monterade B-A var det 76 % respektive 68 % som blev mer upphetsade efter att ha monterat första omgången, se tabell 8.3. Dock var det endast 48 % som kände ökad upphetsning efter andra monteringen av B-A, jämfört med 60 % vid A-B. Vid närmare jämförelse av takttiden A upplevde 76 % en ökad upphetsning för A-B, men endast 48 % i B-A. Den kortare tiden A upplevs som mindre exalterande då den kommer efter den längre tiden B.

Tabell 5.3: SAM Upphetsning

Takttid		Ökad upphetsning	Minskad upphetsning
A -B	A	76%	12%
	B	60%	20%
B -A	B	68%	4%
	A	48%	12%

Flow

Vid jämförandet av kontroll och exaltering för de sex högst presterande mot de sex lägst presterande montörerna så kunde en viss trend visas, se figur 8.1. De bästa visade en tendens att ha högre värden för kontroll och exaltering än de sämsta. Detta visas av *'Topp Medel'* som representeras av den grå triangeln i grafen som ligger längre mot det övre högra hörnet än vad *'Botten Medel'*, som representeras av ett gult kryss, gör.

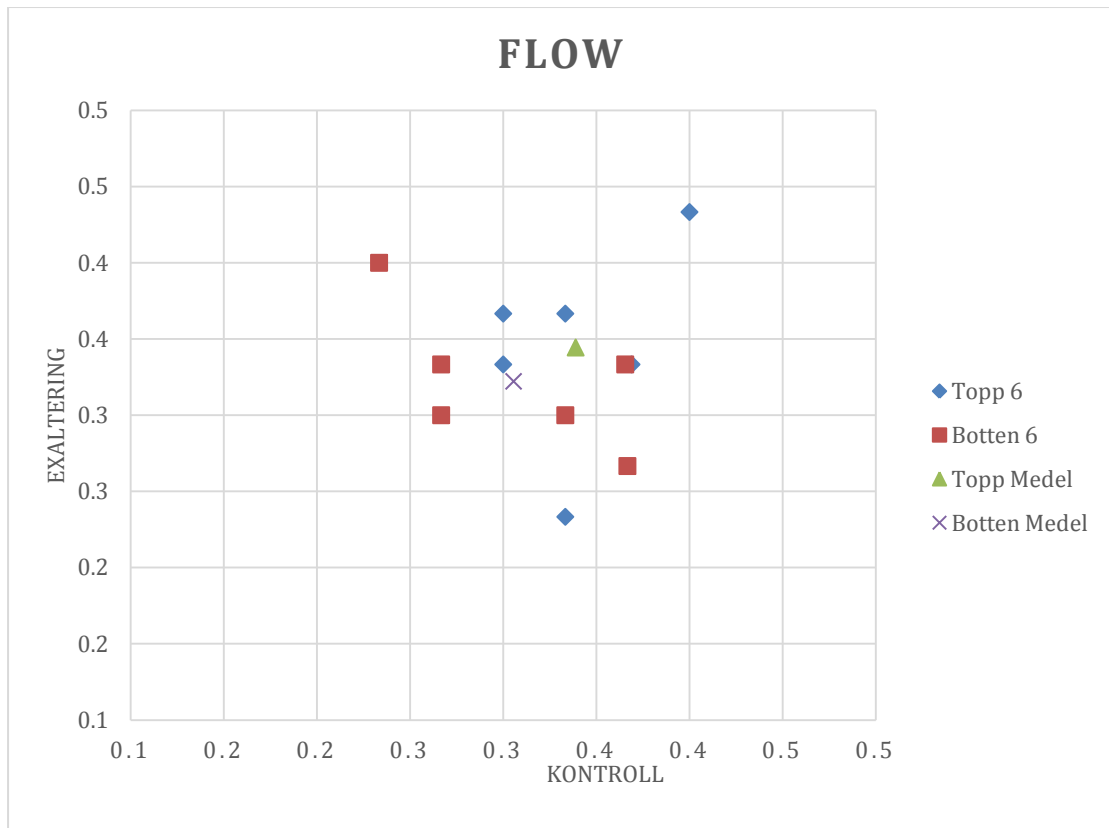


Figure 5.1 Flow

Enligt (Csikszentmihalyi, 1997) kan tillståndet flow uppstå då rätt grad av skicklighetsnivå och utmaningsgrad finns, vilket visas i figur 8.2.

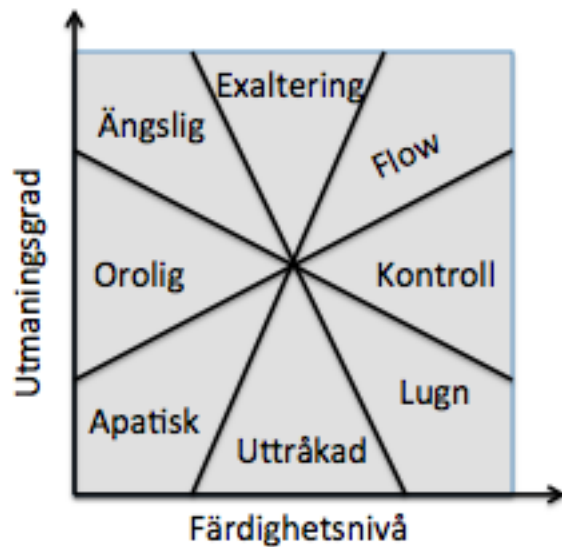


Figure 5.2 Flow utifrån färdighetsnivå och grad av utmaning

De två områdena vid sidan om flow-området är exaltering och kontroll vilket innebär att högre grader inom dessa områden också kan bidra till ett tillstånd

som liknar flow. Detta stärks av att experimentet där personer med högre grad av exaltering och kontroll gav bättre resultat.

5.2 Q-sensorn

Vid analys av kurvorna från Q-sensorn översattes kurvornas procentuella förändring till -, 0 och + för att lättare kunna evaluera det erhållna data. Kurvor med en minskad lutning ersattes med -, och oförändrade kurvor ersattes med 0. Kurvor som ökat erhöles med +. I tabell 8.4 visas en sammanställning över kurvornas egenskaper över de olika takttiderna. Kombinationen TCAB TA avser takttidens ordningsföljd AB samt syftar på kurvtrenden för takttid A.

Resultatet visar att takttid A (50s) bidrar mer till en ökande kurvtrend än takttid B (70s). Andelen montörer som visar en positiv kurva under A är 87 % jämfört med 75 % för B i det första delmomentet i monteringen. Vidare visas att under det andra försöket så bidrog B till att fler visade en negativ trend då andelen som minskade för B var 20 % jämfört mot A som låg på 6 %.

Resultaten visar även på att kvinnor hade en mindre tendens att ha en ökande kurvtrend jämfört mot männen i det första omgången.

Tabell 5.4: Kurvtrender för taktidsordning A-B respektive B-A.

Kurvtrend	TCAB TA	TCAB TB	TCBA TB	TCBA TA
Minskad				
Män	0%	38%	0%	13%
Kvinnor	0%	0%	0%	0%
Total	0%	20%	0%	6%
Oförändrad				
Män	0%	38%	13%	50%
Kvinnor	29%	71%	38%	88%
Total	13%	53%	25%	69%
Ökad				
Män	100%	25%	88%	38%
Kvinnor	71%	29%	63%	13%
Total	87%	27%	75%	25%

5.2.1 Prestationskorrelation

För att se ifall det fanns faktorer som påverkade prestation (NPAC), jämfördes de sex personer som fick sämst resultat mot de sex som fick bäst. Här kunde skillnader ses om huruvida deltagaren kände sig stressad eller ej och antalet stora pika den hade, se även bilaga B.4.

När de sex lägst presterande deltagarna jämfördes med de sex bästa så visade det på att de, som det hade gått bra för, var mindre benägna att känna sig stressade. 50 % av topp 6 sa att de var stressade medan 100 % av botten 6 sa att de

var stressade. I hela urvalsgruppen var det 74,2 % som nämnde att de kände sig stressade, se tabell 8.5.

Tabell 5.5: Upplevelse av monteringsituation

	Stress	Bra	Tävlingsinriktad
Totalt	74,2%	67,7%	64,5%
Topp 6	50,0%	66,7%	66,7%
Botten 6	100,0%	66,7%	50,0%

Antalet stora pikar var fler hos de sex bästa deltagarna än hos de sex sämsta med ett medelantal av stora pikar för de välpresterande på 22,8 pikar jämfört med de som presterade sämre som låg på 16 pikar, se tabell 8.6. Totalt sett låg medel på 20,7 stycken stora pikar. Under experimentets gång observerades stora pikar ofta vid moment som krävde mycket fokus, som under monteringen av axeln där många småbitar behövde passas in.

Tabell 5.6: Jämförelse av pikar mellan topp 6 och botten 6

Pikar	Total	Medel		Stora	Medel	
Monteringsintervall	1	2		1	2	
Totalt	33,6	39,7	36,7	19,8	21,6	20,7
Topp 6	28,8	42,2	35,5	18,0	27,6	22,8
Botten 6	32,4	31,8	32,1	19,0	13,0	16,0

Faktorer som humör, totala antalet pikar och om deltagarna var tävlingsinriktade eller ej visade ingen eller liten påverkan på hur väl de presterade.

5.3 Instruktioner

Instruktionerna utvärderas med avseende på informationsbärare och informationsinnehåll. Detta görs dels utifrån de svar som fåtts under intervjuer och dels utifrån de designprinciper som tidigare redogjorts för. Därefter diskuteras förbättringsförslag för de båda komponenterna utifrån både intervjusvaren och de kända designprinciperna.

5.3.1 Analys – informationsinnehåll

Utifrån intervjuer och designprinciper har informationsinnehållet utvärderats.

Intervjuer

Generellt tyckte deltagarna att instruktionerna var bra, men det fanns i många fall åsikter om förbättringsmöjligheter. Några av deltagarna uppfattade instruktionerna som otydliga, vilket kan varit en följd av små bilder.

Informationen upplevdes i vissa fall som överflödigt. Det kan bero på att information som kunde presenterats tillsammans delades upp i flera steg, samt att irrelevant information presenterades där den inte behövdes.

Designprinciper

Många av bilderna i instruktionerna har grå bakgrund och innehåller många detaljer. De är också små till storleken, vilket gör det svårare för användaren att se informationen. Både grå bakgrund med oviktiga detaljer tar uppmärksamhet från den viktiga informationen och tillsammans med liten bildstorlek blir det svårare för montören att uppfatta bildens budskap enligt designprincipen om att *utforma displayer med god läslighet*.

Varje sida av monteringsinstruktionerna innehåller en hemknapp och länk till videoklipp. De detaljerna fyller ingen funktion och kan därför uppfattas som störande moment för montören enligt designprincipen om att *minimera tiden och ansträngningen för att hitta information*.

Det var i vissa fall svårt för montörerna att urskilja storlekarna på de tre kugghjulen. Det kan bero på att informationen inte var tillräckligt tydlig, enligt designprincipen *utnyttja redundans*. Att informationen inte var tillräcklig kan även varit orsaken till felplacering av växellådan på bottenplattan var ett av de vanligast förekommande felen.

5.3.2 Analys – informationsbärare

Utifrån intervjuer och designprinciper har informationsbärare utvärderats.

Intervjuer

Under intervjuerna framgick att en del av bilderna i instruktionerna var antingen för små eller för otydliga för att kunna urskilja en del detaljer. Läsplattans storlek begränsar till viss del storleken på bilderna vilket kan vara en orsak till att problemen uppstod.

Det framgick även under intervjuerna att en del av experimentdeltagarna tyckte att det var störande att tid gick åt till att klicka sig fram till de instruktioner de behövde för stunden. Läsplattans största nackdel under experimentuppsättning 1 var att den tagit tid från montörens effektiva monterings tid.

Designprinciper

Hur kvalitativ information upplevs har att göra med dess tillgänglighet vilket i sin tur har att göra med informationsbäraren. På läsplattan fanns all information som montören behövde tillgänglig under hela monteringen. Montören kunde själv bestämma vilken del av monteringen som skulle visas på displayen och när. Dock krävde det att montören klickade sig fram till rätt steg för att få rätt information tillgänglig vid rätt tillfälle. Enligt designprincipen om att *Minimera tiden och ansträngningen för att hitta informationen* kan detta ha skapat onödig irrita-

tion och stulit onödig tid från monteringsprocessen. Trots att många uppgav att de klarade sig utan instruktionerna efter att ha monterat ett par gånger kan det ha slösat tid under inlärningsperioden att ha behövt klicka på skärmen för att komma åt rätt information.

5.3.3 Förslag på förbättringar – informationsinnehåll

Utifrån intervjuer och designprinciper har förbättringsförslag för informationsinnehållet tagits fram.

Intervjuer

Utifrån intervjuerna kan det utläsas att instruktionerna bör bli tydligare, då det i vissa fall var svåra att förstå. Bilderna ansågs utav många vara för små och bör göras större, vilket kan bidra till tydligare instruktioner.

Enligt några av deltagarna upplevdes delar av instruktionerna som överflödiga. Därför bör eventuellt information som inte är relevant elimineras och där det är möjligt bör information komprimeras.

På grund av de korta cykeltiderna ska fokus vara på det som verkligen är relevant för stunden så att montören snabbt kan uppfatta hur monteringssteget ska utföras. Målet är att bilderna ska vara så tydliga så att text endast behövs användas när specifik information ska understrykas

Designprinciper

De förbättrade instruktionerna bör ha genomgående vit bakgrund. Även bilderna bör presenteras på vit bakgrund så att onödiga detaljer elimineras och den intressanta informationen blir lättare att urskilja. Hjälpande pilar och text bör ha genomtänkta färger för att skapa kontraster. Allt enligt designprincipen om att *utforma displayer med god läslighet*.

Instruktionernas sidor bör ha en röd tråd, så att montören enklare kan tolka och se samband mellan monteringsstegen. Den röda tråden skapas med liknande utformning av rubriker samt genomgående layout på monteringsstegen, enligt designprincipen *konsekvent presentation*. Formatet på instruktionerna kommer även att behöva ändras till förmån för större bilder, så att montören lättare kan uppfatta bildens fullständiga information och observera viktiga detaljer. Så som den lilla axeln, vilket var ett av de vanligaste felen.

Den första bilden i instruktionerna visade tydligt att det fanns pluggar på undersidan av bottenplattan. Dock stämde inte storleken på pluggarna överens med verkligheten, då de i själva verket är kortare än vad bilden visar. Färgerna på monteringsfixturen och bottenplattan stämde heller inte överens med verkligheten. De nya bilderna bör enligt designprincipen *illustrera realism* spegla verkligheten så att montören får rätt information. Detta kan göras med visualiseringsprogram i dator eller med hjälp av fotografier.

För att förhindra att information upplevs överflödig bör monteringssteg som kan relateras till varandra, till exempel montering av delarna på axeln, komprimeras till ett och samma monteringssteg. Samtidigt bör information som inte är relevant elimineras så att endast information som är relevant för stunden presenteras, vilket gör det lättare för användaren att uppfatta informationen. Därför bör onödiga funktioner så som hemknappen och länkarna till filmklippen tas bort. Dessa förändringar kan kopplas till designprinciperna om att *minimera tiden och ansträngningen för att hitta information*.

Till höger i varje monteringssteg finns en lista med antal och namn på ingående komponenter som ingår i respektive steg. För att förväxling mellan komponenter inte ska uppstå bör det adderas en bild på komponenten i anslutning till namn och antal, så att informationen blir tydligare. Det enligt designprinciperna *närhet* och *utnyttja redundans*. Till exempel finns det tre storlekar av kugghjul som lätt kan förväxlas. Därför bör deras storlek förtydligas genom bild och komponentbenämning. Det är även viktigt att antal ingående komponenter presenteras i rätt situation så att montörens korttidsminne avbelastas, enligt *kunskap i världen*.

Ett av de vanligaste felen var felplacering av växellådan på bottenplattan. Därför bör det anges tydligare att växellådan ska placeras på en bestämd plats och var den ska sitta. Informationen behöver förstärkas genom flera informationskällor, så som både bild och text, enligt designprincipen *utnyttja redundans*. Informationskällorna bör placeras i anslutning till varandra så att användaren förstår att de hör ihop och att informationen förstärks enligt designprincipen *närhet*.

5.3.4 Förslag på förbättringar – informationsbärare

Utifrån intervjuer och designprinciper har förbättringsförslag för informationsbärare tagits fram.

Intervjuer

Utifrån intervjuerna kunde ett behov av större och tydligare bilder utläsas. För att uppnå detta bör någon form av komplement till läsplattan införas där mer detaljrika bilder kan visas. En översiktsbild på till exempel en separat display eller på ett papper skulle kunna ha flera ytterligare fördelar, bland annat skulle denna kunna eliminera problemet med att behöva avbryta monteringen för att kunna bläddra sig fram i instruktionerna på läsplattan. De vanligaste felen som begicks under monteringen rörde placeringen av växellådan på bottenplattan och att det antingen saknades bitar på axeln eller att den inte var färdigmonterad eller fastsatt på växellådan. Översiktsbilderna skulle kunna visa dessa kritiska moment och kunna verka för att minimera risken att felen begås.

Designprinciper

Tillgängligheten till informationen kan ökas genom att ha en del av informationen tillgänglig under hela monteringen utan att det kräver att montören aktivt

plockar fram den (genom att klicka på läsplattans skärm). En översiktsbild på kritiska monteringssteg eller en bild på den färdiga produkten skulle kunna vara en lösning på detta problem. Detta går att koppla till designprincipen om att *Minimera tiden och ansträngningen för att hitta informationen* och detta stämmer även överens med intervju svaren.

5.4 Materialfasad

Materialfasaden analyseras utifrån värdeflödesanalys, intervjuer samt teori och redovisas nedan.

5.4.1 Analys

För att utvärdera materialfasaden kan en analys av spill och vilken typ av spill som förekommer genomföras.

Genom observation av film ses att det mesta av spillet består av typen förflyttningar som innefattar alla förflyttningar som sker då montören hämtar material från materialfasaden till monteringsplatsen. Det tyder på att en väl utformad materialfasad där förflyttningarna är korta eller kan samordnas minska mängden spill av den här typen.

Ytterligare spill som kan uppstå vid dålig materialfasad är att det finns inventarier (Hicks, 2007) eller i det här fallet monteringsmaterial som inte används. I den ursprungliga materialfasaden är endast de komponenter som används placerade vilket gör att vi kan bortse från detta spill i denna monteringsomgången.

Resultatet från VSM visar att det tar längre tid att hämta kugghjul medel än kugghjul stor (jämför momenten 10 och 22 med momenten 14 och 18). Det tyder på att det tar kortare tid att hämta en komponent som ligger nära den föregående. Det stärks ytterligare av att det tar olika lång tid att hämta stopp gult beroende på vilket kugghjul som monterats precis innan och efter (jämför moment 16 med momenten 26 och 28) där den mittersta stopp gult tar 0,1 sekunder kortare tid.

Med avseende på tidigare presenterade resultat, intervjuer och teorin om designprinciper bör komponenter som på något sätt hör ihop placeras tillsammans (Osvalder & Ulfvengren, 2010). Vidare bör också komponenterna ligga i nära anslutning till den plats som den faktiska monteringen sker. Däremot får inte alla axelkomponenter plats på det övre hyllplanet.

Två huvudsakliga platser för monteringen identifieras. Axelmonteringen sker på en, för situationen, anpassad höjd till skillnad från komponenter som monteras på bottenplattan som är fixerad på fixturen.

5.4.2 Förslag på förbättringar

Eftersom komponenter som är relevanta för varandra turordningsmässigt bör vara placerade i nära anslutning till varandra, och att monteringen av axeln hu-

vudsakligen sker i en position i brösthöjd, föreslås det att axelns olika komponenter huvudsakligen placeras på det övre hyllplanet, sorterade i den ordning de används från vänster till höger i så stor utsträckning som möjligt.

Det visade sig dock att vid montering av kugghjulen på *axel lång* vänder flödet och går från höger till vänster. Det gör att när montören har tagit den andra *Brick grå hål, 4x1* kan *drivknut* placeras rakt under på den undre hyllan tillsammans med axel, liten som placeras direkt till höger om drivknuten. Det gör att bitarna fortfarande ligger i anslutning till varandra och att förflyttningarna inte blir långa. Detta bidrar till minskning av spill.

Ej dispositionsrelaterade förändringar som ska utföras är att vinkla upp lådorna med komponenter. Det gör att montören ser bitarna lättare och på så sätt lättare kan gripa tag om dem.

5.5 Tid och kvalitet

Sambandet mellan tid och kvalitet analyseras utifrån värden på NPAC.

5.5.1 Analys

Resultatet från NPAC visar att taktidsordning A-B ger en högre kvalitet. Det ses tydligast på hur lång genomsnittstiden för montering av en bit är där skillnaden mellan taktiderna är 0,5 sekunder per korrekt monterad komponent. Detta framgår av tabell 7.3.

Produktiviteten i experimentuppsättning 1 uppgick till 51,2 %, för att öka produktiviteten med avseende på tid måste antingen den totala tiden minskas utan att kvaliteten försämras eller att den värdeadderande tiden ökar utan att den totala tiden förändras. Detta kan göras genom att minska andelen spill i processen, som i det här experimentet till stor del består av förflyttningar (se Tabell 4.10). I det här fallet kan en förändring av instruktionerna tillsammans med en bättre anpassad materialfasad leda till minskat spill och på så vis öka andelen värdeadderande tid.

En typ av spill som påverkar processen är defekter (Hicks, 2007). Dessa sänker kvaliteten på de färdigmonterade växellådorna vilket påverkar resultatet i NPAC. Det är därför viktigt att inte enbart ta hänsyn till tidsaspekten utan även andra bidragande faktorer till en bra monteringsprocess. För att minska defekterna bör en tydligare instruktion tas fram som är extra tydlig på de områden där flera montörer gör fel (se avsnitt 4.1.2).

En följd effekt av defekter blir att växellådan kräver extra bearbetning vilket anses vara spill (Hicks, 2007). Någon annan typ av extra bearbetning förekommer inte i det här projektet.

När montörerna tillfrågades om vilken av monteringsomgångarna som kändes bäst svarade de flesta att de tyckte att den andra omgången kändes bäst. Samtli-

ga montörer som tyckte att omgång 1 kändes bäst genomförde monteringen med takttidsordning B-A, vilket tyder på att takttid B gav montören en behagligare montering utan en kvalitetsförsämring. Det styrks ytterligare av att om montörerna själva fick välja tid skulle en tredjedel väja 70 sekunder.

De flesta montörerna upplevde att det inte spelade någon roll att de hade möjlighet att se tiden under monteringarna. Det märks tydligt i resultaten från observationen där endast ett fåtal montörer tittade på tidsdisplayen. Dock kan en ökning mot slutet ses, vilket troligtvis beror på att fler montörer hann montera klart och hade tid att titta på tiden.

6 Genomförande experimentuppsättning 2

Nedan följer en beskrivning av de implementerade förändringarna inför den andra experimentuppsättningen.

6.1.1 Montörens arbetsplats

I figur 9.1 nedan ses den nya experimentuppsättningen, experimentuppsättning 2. Förändringarna består av nya instruktioner och en ny materialfasad.



Figur 6.1: Montörens arbetsplats - Experimentuppsättning 2

1. Instruktioner
2. Översiktsbilder
3. Tidtagning
4. Materialfasader
5. Monteringsfixtur

I experimentuppsättning 2 användes nya förbättrade instruktioner på läsplattan till vänster (1) och en ny förbättrad materialfasad (4). Materialfasaden utvecklats efter en analys av resultatet från första omgången. Instruktionerna kompletterades med två översiktsbilder (2) placerade framför materialfasaderna. Översikt bilden till vänster visar en monterad axel och bilden till höger visar en komplett växellåda. Precis som i *experimentuppsättning 1* kan montören under hela experimentet på läsplattan till höger (3) se hur lång tid som är kvar,

6.1.2 Experimentgenomförande

Experimenten genomfördes på samma sätt som i första omgången, med *experimentuppsättning 1*, med skillnaden att taktidsordningen A-B användes för samtliga deltagare. Att genomföra experimenten med samma taktid valdes framför allt för att kunna jämföra resultaten mellan deltagarna i urvalsgruppen med varandra. Dessutom hade B-A en mer negativ inverkan på humöret hos deltagarna. A-B gav en högre nivå exaltering och de som var mer exalterade hade en något positiv inverkan på resultatet. Taktidsordningen A-B hade en skillnad i jämförelse med taktiden B-A i det avseende att prestationen enligt NPAC var högre.

Tio personer fick testa att montera med den nya uppsättningen.

6.1.3 Urvalsgrupp

Precis som i experimentuppsättning 1 går alla deltagare i experimentet på Chalmers inom programmen Automation och Mekatronik eller Maskinteknik. Samtlig urvalsgruppsdata finns i tabell 9.1 nedan.

Tabell 6.1: Urvalsgrupp - Experimentuppsättning 2

	Deltagardata
Antal deltagare	10
Andel män/kvinnor (Antal)	50% (5) 50% (5)
Medelålder	23,3 år
Tid sedan senaste monteringsstillfälle	10-15 år - 70% 7-9 år - 0% 4-6 år - 0% 1-3 år - 10% 1- 12 månader - 10% > 1 månad - 10%
Utbildningsfakultet	Automation och mekatronik - 30% (3) Maskinteknik - 70% (7)

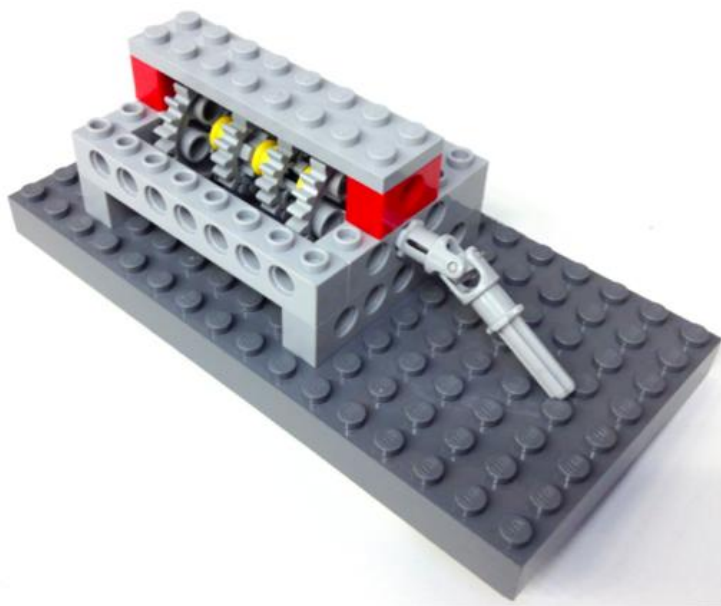
6.1.4 Instruktioner

De nya instruktionerna som presenteras på läsplattan består av totalt fem monteringssteg. Instruktionerna inleds med en översiktsbild på den färdiga växellå-

dan och därefter följer monteringsstegen. Montören växlar mellan bilderna genom att scrolla vilket skiljer sig från ursprungsinstruktionerna där växlingen istället skedde genom att klicka i en meny. Istället för menyn som även visar vilket steg montören befinner sig på finns nu en diskret tidslinje längst ner på varje monteringssteg.

De bilder som används är i största möjliga mån fotografier för att användaren enkelt ska kunna känna igen delarna. Bakgrunden är vit och bilderna har gjorts ljusare samt fått högre kontraster för att öka läsligheten.

Montering av växellåda



Figur 6.2

Översiktsskildern är ett fotografi på den färdiga produkten (figur 9.2).

Steg 1: Bottenplatta

Anvisning

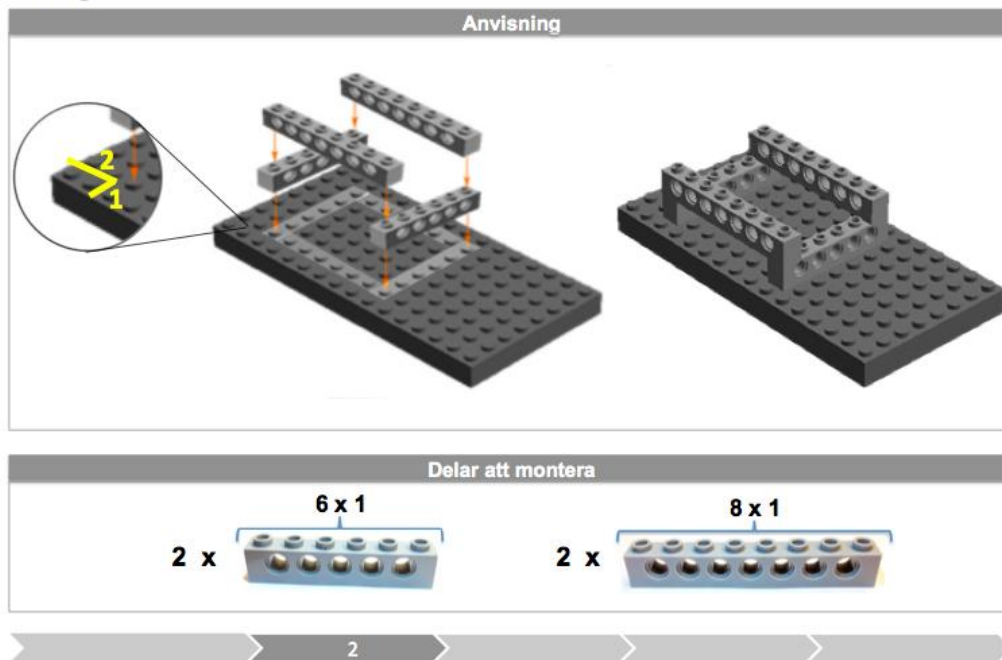
Beskrivning
• Placera bottenplattan på monteringsfixturen Pluggarna på bottenplattan fästs i motsvarande hål på monteringsfixturen

1

Figur 6.3

Sida två (figur 9.3) visar första monteringssteget som består i att placera bottenplattan på monteringsfixturen. Under *Anvisning* visar två fotografier var den ska placeras. På bottenplattans undersida finns två pluggar och den vänstra bilden visar hur dessa ska fästas på fixturen. *Beskrivning* består av en förklarande text för att ytterligare förtydliga steget.

Steg 2: Bas



Figur 6.4

Sida tre (figur 9.4) visar hur basen till växellådan skall placeras på bottenplattan. Under *Anvisning* illustreras detta i den vänstra bilden dels genom ett ljusare område där legobitarna ska placeras och dels genom avståndsavvisning i bubblan. Under *Delar att montera* finns bilder på de bitar som ska användas, tillsammans med antal och mått.

Steg 3: Axel



Figur 6.5

Sida fyra (figur 9.5) visar det tredje monteringssteget som består av montering av axeln. *Anvisning* visar i vilken ordning de ska monteras på axeln samt hur den färdiga axeln ser ut. Under *Delar att montera* visas de ingående delarna och antal av varje tillsammans med storleks- eller måttangivelse där det behövs.

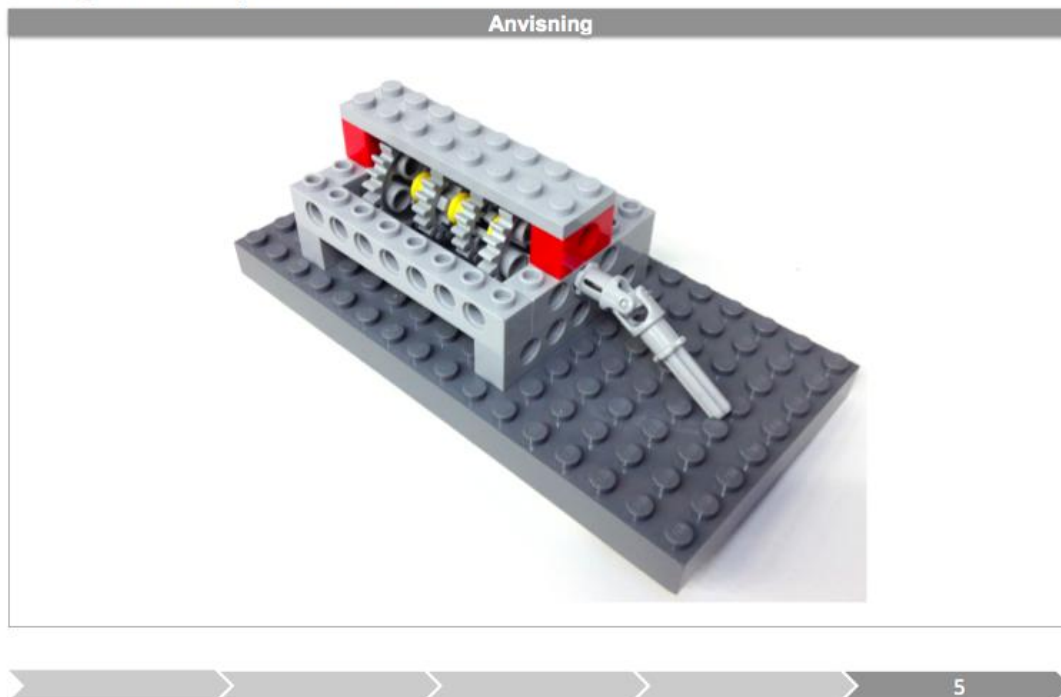
Steg 4: Färdigställa växellåda



Figur 6.6

Sida fem (figur 9.6) visar färdigställandet av växellådan, Steg 4. Under *Anvisning* illustreras hur axeln ska placeras på basen och hur därefter överdelen ska monteras ovanpå så att växellådan blir komplett. *Delar att montera* visar på samma sätt som tidigare bilder de ingående delarna och hur många som ska användas av respektive sort.

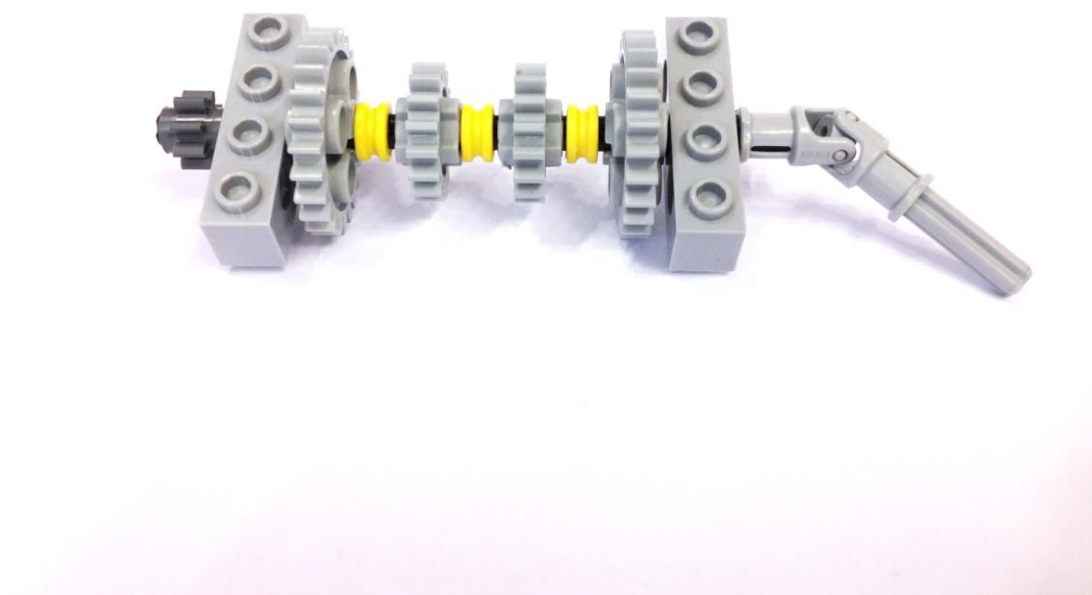
Steg 5: Komplette växellåda



Figur 6.7

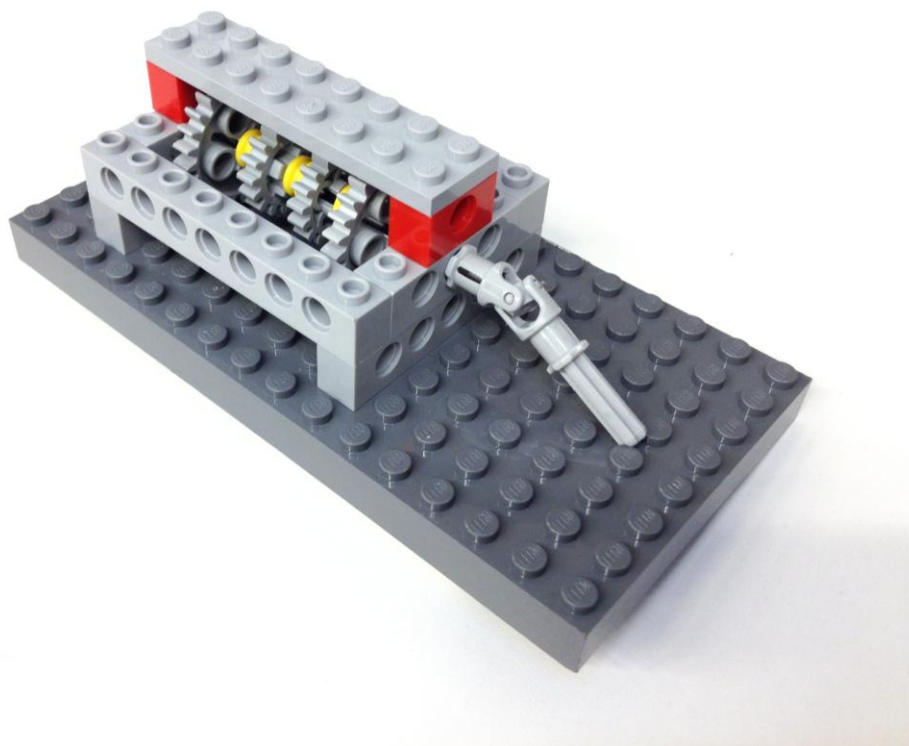
Sista och avslutande sidan (figur 9.7) visar återigen en översiktsbild på den färdiga växellådan.

Läsplattan kompletteras med två bilder på hård papp som placerats ovanför materialfasaden. Den ena visar ett fotografi på den färdiga produkten och den andra visar en bild på axeln, som utgör ett av de mer komplexa monteringsstegen. På så sätt har montören alltid tillgång till två tydliga översiktsbilder rakt framför sig och dessa finns tillgängliga utan att montören behöver avbryta monteringen för att komma åt dem.



Figur 6.8

Översiktsbilden (figur 9.8) som placerats till vänster visar den färdigmonterade axeln.



Figur 6.9

Den högra översikt bilden (figur 9.9) visar en bild på den färdigmonterade växellådan.

Översikt bilderna är tänkta att användas *under* monteringen och instruktionerna på läsplattan tänkta att framför allt användas *innan* för att ge en mer ingående bild av hur monteringen ska gå till.

6.1.5 Materialfasad

Oförändrat mellan de två experimentuppsättningarna med avseende på materialfasaden är att materialfasaden består av två hyllplan med sex plastlådor på respektive hyllplan, vilket framgår av figur 9.10.



Figur 6.10: Materialfasad - Experimentuppsättning 2

Den huvudsakliga förändringen är omdisponeringen av plastlådornas turordning. På det övre hyllplanet ligger de ingående komponenterna till axeln, förutom *drivknut* och *axel, liten*. De är placerade i den ordning som de ska monteras på axeln, se figur 9.5. På det nedre hyllplanet placeras bitarna som används innan axelmonteringen *till vänster*, de två avslutande komponenterna i axelmonteringen *i mitten*, och de avslutande komponenterna *till höger*.

På undersidan av plastlådorna, på båda hyllplanen, placeras stavar för att vinkla lådorna. Detta med avsikten att plastlådorna ska luta framåt på ett sådant vis att det blir lättare för montören att se innehållet i dem.

7 Resultat Experimentuppsättning 2

Resultaten från experimentuppsättning 2 har sammanställts nedan för respektive ämnesområde.

7.1 Mätresultat

Nedan följer samtliga mätresultat från experimentuppsättning 2.

7.1.1 NPAC

Med experimentuppsättning 2 genomfördes totalt 100 monteringar med taktidsordningen A-B. Kvaliteten, bedömd med hjälp av NPAC, framgår av tabell 10.1. Resultatet visar att kvaliteten ökar vid den andra monteringsomgången, men notera även att takttiden är då 20 sekunder längre. Se även bilaga C.1.

Tabell 7.1: NPAC - Experimentuppsättning 2

TCAB	NPAC1	NPAC2	NPACtot
Försöksperson 04	33	74	107
Försöksperson 05	35	72	107
Försöksperson 06	61	94	155
Försöksperson 08	60	92	152
Försöksperson 10	41	84	125
Försöksperson 01	60	100	160
Försöksperson 02	46	72	118
Försöksperson 03	55	95	150
Försöksperson 07	49	90	139
Försöksperson 09	43	92	135
	483	865	1348
Total summa	(1000)	(1000)	(2000)
			134,8
Medelvärde	48,3 (100)	86,5 (100)	(200)
Andel	48,3%	86,5%	67,4%

NPAC-resultatet i förhållande till tidsåtgången vid respektive taktid framgår av Tabell 7.2. Resultatet visar då att montören monterar fler korrekta bitar per se-

kund andra monteringsomgången, vilket är ett tecken på att kvaliteten ökar till den andra monteringsomgången.

Tabell 7.2: Antal korrekt monterade komponenter (NPAC) per sekund för experimentuppsättning 2

Takttidsordning	A-B
Omgång 1	0,193 NPAC/s
Omgång 2	0,247 NPAC/s
Totalt Experimentuppsättning 2	0,225 NPAC/s

Tabell 7.3: Genomsnittligt antal sekunder det tar att montera en komponent korrekt för experimentuppsättning 2

Takttidsordning	A-B
Omgång 1	5,176 s/NPAC
Omgång 2	4,046 s/NPAC
Totalt Experimentuppsättning 2	4,451 s/NPAC

7.1.2 Alla förekommande fel

De monteringsfel som förekom i experimentuppsättning 2 visas i tabell 10.

Tabell 7: Förekommande fel

Deltagare	Takttid	Felplacerad bas på bottenplatta	Felaktigt monterad bas	Ej fastsatt axel	Saknar bit/bitar på axeln	Saknar liten axel (endast vid färdigbyggd)	Fel ordning bitar på axeln
1	A	1	4	5	0	0	0
1	B	0	0	0	0	0	0
2	A	0	0	5	0	0	0
2	B	0	1	4	0	0	0
3	A	0	0	5	0	0	0
3	B	0	0	1	0	0	1
4	A	5	3	5	2	0	0
4	B	5	0	2	0	0	0
5	A	1	1	5	0	0	0
5	B	0	0	4	0	0	0
6	A	5	0	5	1	0	0
6	B	0	0	0	0	0	0
7	A	0	0	5	0	0	0
7	B	0	0	1	1	0	0
8	A	1	1	5	0	0	0
8	B	0	0	1	0	0	0
9	A	4	0	5	0	0	0
9	B	5	0	0	0	0	0
10	A	0	0	5	1	0	0
10	B	0	0	0	0	5	0
Antal gånger felet förekommit:		27	10	63	5	5	1
Totalt %-fel:		27,0%	10,0%	63,0%	5,0%	5,0%	1%

7.1.3 SAM

Tabeller för respektive sinnesstämning redovisas nedan, se även bilaga C.3.

Tabell 7.4: SAM Humör

Takttid		Ökat humör	Minskat humör
A - B	A	0%	40%
	B	20%	10%

Tabell 7.5: SAM Kontroll

Takttid		Ökad kontroll	Minskad kontroll
A - B	A	20%	20%
	B	40%	10%

Tabell 7.6: SAM Upphetsning

Takttid		Ökad upphetsning	Minskad upphetsning
A - B	A	70%	0%
	B	60%	0%

7.1.4 Q-sensor

Tabell 10.7 nedan, visar hur kurvtrenden såg ut under experimentuppsättning 2 med de förbättrade instruktionerna och materialfasaden. Siffrorna står för antalet försökspersoner som uppvisade de olika kurvtrenderna och utgår ifrån totalt 10 personers insamlade data. Se även bilaga C.5.

Tabell 7.7: Kurvtrend taktidsordning A-B respektive B-A

Kurvtrend	TCAB TA	TCAB TB
Minskad		
Män	0	1
Kvinnor	0	1
Total	0	2
Oförändrad		
Män	0	3
Kvinnor	3	3
Total	3	6
Ökad		
Män	5	1
Kvinnor	2	1
Total	7	2

7.1.5 Intervjuer för sinnesstämning

För experimentuppsättning 2 utfördes färgkodningen på samma sätt som för experimentuppsättning 1 där röd färg representerade en stressad sinnesstäm-

ning, orange om det kändes bra och grön om personen ansåg sig vara tävlingsinriktad. Svaren sammanställs i tabell 10.8.

Tabell 7.8: Intervjusvar upplevelse av monteringsituation

Försöksperson	Stressad	Bra	Tävlingsinriktad
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

7.2 Instruktioner

Instruktionerna utvärderas utifrån både med informationsbärare och informationsinnehåll.

7.2.1 Informationsinnehåll och informationsbärare i intervjuer

Samtliga tio deltagare uppgav att de tyckte instruktionerna var bra. Av dem sa fyra stycken uttryckligen att instruktionerna var tydliga. Ingen av deltagarna sa något negativt om instruktionernas utformning och innehåll.

Fyra personer uppgav att de tyckte att översiktsbilden var bra och att de använde sig av den. En person tyckte att instruktionerna på läsplattan var överflödiga då denne endast använde sig av översiktsbilden under monteringen. Sju personer uppgav att de främst använde läsplattan innan de började montera och att de under monteringen använde den endast lite eller inte alls.

Med den nya experimentuppsättningen minskade antalet gånger som montörerna i genomsnitt tittade på instruktionerna på läsplattan från 54,66 till 25,10. I snitt tittade montörerna 19,20 gånger på översiktsbilden.

7.2.2 Vanligast förekommande felen

Nedan ses de mest förekommande felen i experimentuppsättning 2. Det vill säga de som förekommer i mer än 3 % av fallen, gränsen är godtycklig men har valts då resten av felen förekommer relativt sällan.

Fel placering av växellåda bottenplatta 27 %

Felplacerad bas på botten plattan innebär att växellådan inte var placerad enligt anvisningarna i instruktionerna.

Felaktigt monterad bas 10 %

Felet innebär att komponenterna *brick grå hål 6x1* och *brick grå hål 8x1* som utgör växellådans bas har monterats på fel sätt.

Ej fastsatt axel 63 %

Felet *Ej fastsatt axel* innebär att axeln var påbörjad eller helt färdigmonterad men inte fastsatt på växellådan.

En eller flera av bitarna på axeln saknas 5 %

Att *en eller flera bitar på axeln saknas* innebär att delar på axeln satts fast och att komponenterna som ska monteras på axeln saknas. Det räknas inte som den här typen av fel om axeln endast är påbörjad och montören inte hunnit sätta fast vissa delar.

7.3 Materialfasad

Data för materialfasaden har samlats in genom intervjuer samt värdeflödesanalys och redovisas nedan.

7.3.1 Intervju

Montörerna ansåg i allmänhet att materialfasaden var bra. I bilaga C.6 kan läsas att, av de tio montörerna som deltog i försöken med experimentuppsättning 2, ansåg sju montörer att materialfasaden var bra. Två montörer hyste varken positiva eller negativa tankar om materialfasaden, medan enbart en montör hade negativa åsikter om materialfasaden.

Överlag lämnades få kommentarer på specifika dispositionen av materialfasaden av montörerna, men två montörer ansåg att det var ej fördelaktigt att drivknuten var placerat på det nedre hyllplanet, skilt från resten av bitarna som monteras på den långa axeln.

7.3.2 Värdeflödesanalys

Skillnaden mellan experimentuppsättning 1 och 2 framgår av tabell 10.9. Se även bilaga C.7. Produktiviteten i Experimentuppsättning 2 fås av ekvation (1).

$$\frac{39,45}{75,51} = 0,522447358 \dots \approx 52,24\% \quad (1)$$

Under den andra experimentuppsättningen var några av de avslutande monteringsarna svårbedömda av olika anledningar. I dessa fall användes montering nio istället för montering tio som underlag för bedömning av tidsåtgång varje enskilt moment under monteringen. De monteringar där monteringen nio bedömdes var för montör fem och tio.

Tabell 7.9 Värdeflödesanalys - Experimentuppsättning 2

Moment	Tid (medelvärde i sekunder)	Skillnad mellan uppsättning 1 & 2
1. Hämta bottenplatta	1,99	0,24
2. Fäst bottenplatta	1,44	-1,06
3. Hämta bitar till basen	4,57	0,04
4. Montera basen	8,04	-0,58
5. Hämta axel, lång	1,81	0,30
6. Hämta kugghjul, liten	1,68	0,35
7. Montera kugghjul, liten på axel, lång	1,63	-0,29
8. Hämta Brick grå hål, 4x1	1,37	0,07
9. Montera Brick grå hål, 4x1 på axel, lång	1,20	-0,10
10. Hämta stort kugghjul	1,04	-0,23
11. Montera kugghjul, stor på axel, lång	2,72	-0,07
12. Hämta stopp gult	1,68	0,38
13. Montera stopp gult på axel, lång	2,16	0,29
14. Hämta kugghjul, medel	1,34	-0,10
15. Montera kugghjul, medel på axel, lång	2,46	0,63
16. Hämta stopp gult	1,58	0,18
17. Montera stopp gult på axel, lång	1,98	-0,03
18. Hämta kugghjul, medel	1,60	0,08
19. Montera kugghjul, medel på axel, lång	2,12	0,58
20. Hämta stopp gult	1,76	0,49
21. Montera stopp gult på axel, lång	2,14	0,29
22. Hämta kugghjul, stor	1,26	0,03
23. Montera kugghjul, stor på axel, lång	2,66	0,17
24. Hämta Brick grå hål, 4x1	1,47	-0,11
25. Montera Brick grå hål, 4x1 på axel, lång	1,20	-0,03
26. Hämta drivknut	1,20	-0,38
27. Montera drivknut på axel, lång	1,53	0,11
28. Hämta axel, liten	1,16	-0,50
29. Montera axel, liten i drivknut	1,79	-0,46
30. Flytta färdig axel till basen	1,04	-0,04
31. Montera fast färdig axel på basen	3,90	-0,07
32. Hämta Brick röd hål, 2x1 (2 st)	2,41	0,40

33. Montera fast Brick röd hål, 2x1	1,74	0,15
34. Hämta platta, 8x2	2,28	0,87
35. Montera platta, 8x2	2,18	-1,71

7.4 Tid och kvalitet

Genom observationer och intervjuunderlag har data om monteringstiden samlats in och redovisas nedan.

7.4.1 Intervju

Samtliga montörer ansåg att den andra monteringsomgången var att föredra framför den första monteringsomgången, vilket framgår av bilaga C.8. De flesta montörerna tyckte inte att möjligheten att kunna se tidsåtgången hade någon inverkan på deras prestation. Hälften av montörerna önskade en takttid på 70 sekunder, men rösterna är splittrade på från 50 till 90 sekunder.

7.4.2 Observation

Tabell 10.10 visar att få montörer tittade på läsplattan som visade takttiden. Antalet gånger tenderade att öka mot slutet av försöken i större utsträckning i experimentuppsättning 1 än i experimentuppsättning 2, detta kan bero på att taktidsordningen är enbart av typen A-B i experimentuppsättning 2. Likt experimentuppsättning 1 var det flera montörer som inte tittade alls eller bara några enstaka gånger i experimentuppsättning 2.

Tabell 7.10

Försöksperson (takttid)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
02 (A-B)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
03 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
04 (A-B)	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1
05 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
07 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 (A-B)	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
09 (A-B)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

10 (A-B)	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
SUMMA	3	0	1	1	0	1	3	2	7	7
MEDELVÄRDE	0,300	0,000	0,100	0,100	0,000	0,100	0,300	0,200	0,700	0,700

8 Analys Experimentuppsättning 2

Analys av resultaten från experimentuppsättning 2 behandlar ämnesområdena; SAM, Q-sensor, instruktioner, materialfasad samt tid och kvalitet.

8.1 SAM

Vid jämförande av NPAC för experimentuppsättning 1 och 2 så kunde en förbättring ses på medelvärdet på NPAC, med 111 för experimentuppsättning 1 och 135 för experimentuppsättning 2. Vidare analyserades montörernas sinnesstämning för de olika experimentuppsättningarna. Resultatet av detta visas nedan i tabell 11.1 och tabell 11.2. Data för de olika experimenten visade sig vara väldigt likartade vilket kan tyda på att instruktioner och materialfasad inte har så stor påverkan på sinnesstämningen.

Tabell 8.1 Sinnesstämning - Experimentuppsättning 1

Medelvärde av sinnesstämning Exp1	
Glad/ ledsen	4,0
Lugn/ upphetsad	3,3
Kontroll	3,5

Tabell 8.2 Sinnesstämning - Experimentuppsättning 2

Medelvärde av sinnesstämning Exp2	
Glad/ ledsen	3,9
Lugn/ upphetsad	3,2
Kontroll	3,5

8.2 Q-sensor

Nedan i tabell 11.3 och tabell 11.4 kan kurvtrenderna mellan experimentuppsättning 1 och 2 jämföras. För experimentuppsättning 2 tenderade montörerna att visa en jämnare kurva än för experimentuppsättning 2. I experimentuppsättning 2 visade 30 % en oförändrad kurva jämfört med 13 % för experimentuppsättning 1 för den första monteringstiden i A-B utförandet. Även i den andra omgången med tiden B, så var det en större andel oförändrade i experimentuppsättning 2 än i första med 60 %.

Tabell 8.3: Experimentuppsättning 1

Kurvtrend	TCAB TA	TCAB TB	TCBA TB	TCBA TA
Minskad				
Män	0%	38%	0%	13%
Kvinnor	0%	0%	0%	0%
Total	0%	20%	0%	6%
Oförändrad				
Män	0%	38%	13%	50%
Kvinnor	29%	71%	38%	88%
Total	13%	53%	25%	69%
Ökad				
Män	100%	25%	88%	38%
Kvinnor	71%	29%	63%	13%
Total	87%	27%	75%	25%

Tabell 8.4: Experimentuppsättning 2

Kurvtrend	TCAB TA	TCAB TB
Minskad		
Män	0%	20%
Kvinnor	0%	20%
Total	0%	20%
Oförändrad		
Män	0%	60%
Kvinnor	60%	60%
Total	30%	60%
Ökad		
Män	100%	20%
Kvinnor	40%	20%
Total	70%	20%

8.3 Instruktioner

Instruktionerna som togs fram till experimentuppsättning 2, har analyserats utifrån de uttalanden som gjort under intervjuer och även de kvalitetsresultat som bedömt genom beräkning av NPAC ovan.

8.3.1 Analys – informationsbärare och informationsinnehåll

Intervjusvaren tyder på att deltagarnas upplevelse av instruktionerna har förbättrats. 100 % av deltagarna sa att instruktionerna var bra vilket kan jämföras med tidigare 34,4 %.

De förbättringar som genomfördes byggde dels kvantitativa och dels kvalitativa bedömningar utifrån NPAC, intervjuer och designprinciper. Kombinationen gav en heltäckande bild av vad som behövde förbättras och förbättringarna gav mycket goda resultat.

Med den nya experimentuppsättningen minskade antalet gånger som montörerna i genomsnitt tittade på instruktionerna på läsplattan. Läsplattan var tidigare ett ibland tidskrävande inslag som en del upplevde som frustrerande. I och med införandet av översiktsbilderna kunde montören använda den bärare som passade bäst för stunden utifrån sina egna preferenser. Montören behövde inte heller avbryta monteringen för att bläddra fram rätt bild utan hade alltid översiktsbilderna till hands rakt framför sig. Under monteringen använde en del montörer aldrig översiktsbilderna medan en del uteslutande använde dem. Möjligheten att välja fick ett bra mottagande som framgick under intervjuerna.

Resultaten tyder på en stor förbättring av kvaliteten och dessutom en ökad produktivitet.

8.3.2 Analys vanligaste felen

Nedan analyseras de vanligast förekommande felen i experimentuppsättning 2. Procentsatsen av felen jämförs med procentsatsen från de vanligaste felen i experimentuppsättning 1.

Ej fastsatt axel var vid experimentuppsättning 1 66,88 % och vid experimentuppsättning 2 63,0 %. Skillnaden var mycket liten. Genom observation har det kunnat fastställas att felet uppstått på grund av tidsbrist. Montören har börjat montera axeln men inte hunnit färdigställa och montera den på växellådans bas, utan lagt axeln fritt på basen. *En eller flera av bitarna på axeln saknas* minskade är kopplat till samma orsak och minskade från 5,31 % till 5 %.

Fel placering av växellåda på bottenplatta minskade från 49,38 % till 27 % vilket är en klar förbättring. I de nya instruktionerna skrevs måtten från kanterna ut för att göra det lättare för montören att se var basen skulle placeras och även understryka att den skulle placeras på en bestämd plats.

Felet *pluggar under bottenplattan* minskade från 6,25 % till 0 %. I de nya instruktionerna visades en korrekt avbildning av växellådans undersida till skillnad från experimentuppsättning 1 vilket helt eliminerade denna typ av fel.

Vid axelmonteringen gick monteringen av drivknut och lilla axeln något snabbare än tidigare. Förändringen kan bero på att ordningen på monteringsstegen i instruktionerna bättre anpassats efter det effektivaste sättet att sätta ihop växellådan. Även det första steget i monteringen, placeringen av bottenplattan på monteringsfixturen, gick snabbare än tidigare.

8.4 Materialfasad

Materialfasaden analyseras utifrån värdeflödesanalys samt intervjuer och redovisas nedan.

8.4.1 Analys

I analys av materialfasaden är det intressant att kategorisera moment 2 (fäst bottenplatta) som är ett ej värdeadderande moment tillsammans med de värdeadderande momenten. Detta eftersom att förutsättningarna för att utföra moment 2 (fäst bottenplatta) är i likhet med de värdeadderande momenten oförändrade jämfört med den tidigare monteringen. I övrigt förändras förutsättningarna för de ej värdeadderande momenten, eftersom avståndet mellan monteringsplatsen och komponenterna har antingen ökat eller minskat.

De ej värdeadderande momenten förutom moment 2 (fäst bottenplatta) utgör de moment där spill i form av förflyttningar är möjliga att reducera.

Vid jämförelse av resultatet av värdeflödesanalys mellan den första och den andra experimentuppsättningen noteras att av de 19 ej värdeadderande momen-

ten ökades tiden för 12 av momenten, medan 7 av momenten fick en lägre tid. Av de 16 värdeadderande momenten ökade tidsåtgången för hälften av momenten och hälften minskade, se Tabell 7.9.

Tidsåtgången för moment 2, fäst bottenplatta, minskade med 1,06 sekunder. Det var den största minskningen av tidsåtgången för ett enskilt moment. Moment 2 tenderar att vara tidsmässigt osäker, dels för att antalet montörer var färre, men också eftersom tidsåtgången var väldigt varierande, både för olika montörer och för samma montörs olika monteringar, se Tabell 7.9. Detta gör denna tidsförändring svårbedömd.

Summan av medeltiderna för de värdeadderande momenten och moment 2 minskade med 0,11 sekunder. Det kan bero på att under experimentuppsättning 1 förekom det att montören förflyttade sig under de värdeadderande momenten vilket inte förekom i lika stor utsträckning i experimentuppsättning 2.

Spill som inte har kunnat kategoriseras i analysen av filmerna benämns övrig tid (se bilaga B.9 och C.7). Här kan en tydlig minskning, på 1,71 sekunder, ses vilket gör att totalt spill har minskat med 0,70 sekunder.

De moments tidsåtgång som hade minskat mest av de ej värdeadderande momenten, förutom moment 2 (fäst *bottenplatta*), var moment 26 och 28 (hämta *drivknut* och hämta *axel, liten*). Dessa moment innefattar att hämta de avslutande komponenterna för axelmonteringen. Minskningen kan ha berott på att under den andra experimentuppsättningen monterade flera montörer dessa komponenter direkt på axeln, medan under den första experimentuppsättningen monterade montörer oftare dessa komponenter efter att axeln monterats på basen.

De moment, vars tidsåtgång hade ökat mest av de ej värdeadderande momenten är moment 12 och 20 (*stopp gult*) samt 32 och 34 (Hämta *Brick röd hål, 2x1* (2 st.) och *Hämta platta, 8x2*).

Montörens upplevelse av materialfasaden skiljde sig mycket mellan de två olika experimentuppsättningarna. Under experimentuppsättning 1 upplevde endast en tredjedel att materialfasaden var bra medan i experimentuppsättning 2 var 7 av 10 positiva till materialfasaden. Den vanligaste kommentaren, med två kommentarer, var att det är dåligt att drivknuten inte låg på det övre hyllplanet. För att åtgärda problemet skulle hela monteringsstationen byggas om med förlängda hyllor och det sträcker sig utanför projektets gränser.

Intervjuåsikterna i allmänhet tyder på att den nya materialfasaden bidrar till en behagligare monteringssituation för montören trots att spiltiden inte har minskat nämnvärt. Däremot bör betonas att flera av de värdeadderande momenten hade förändrats i större utsträckning än de ej värdeadderande momenten.

8.5 Tid och kvalitet

Till skillnad från i analys av materialfasad är det inte intressant att sammanföra moment 2 (fäst *bottenplatta*) med de värdeadderande momenten eftersom moment 2 inte bidrar till att öka NPAC.

Resultatet i NPAC och NPAC/s visade på en tydlig förbättring i försöksuppsättning 2. För varje monterad komponent tog det i genomsnitt 1,5 sekunder mindre tid under montering med taktid A och 0,6 sekunder mindre tid under montering med taktid B.

Den största skillnaden i tid hittas i de värdeadderande momenten, vilket innebär att produktiviteten ökade med 2,13 % i den andra försöksuppställningen, se ekvation (2).

$$\frac{39,45/75,51}{38,50/75,26} = 1,021282809 \dots \approx 1,0213 \rightarrow \text{Ökning med } 2,13\% \text{ (2)}$$

Kvaliteten ökade med 15,14% i experimentuppsättning 2, se ekvation (3). Det framkommer dock att förbättringen mellan monteringsomgång 1 och 2 skiljde sig åt där förbättringen i experimentuppsättning 2 är mindre än den i experimentuppsättning 1.

$$\frac{134,8}{116,8} = 1,15410959 \dots \approx 1,1514 \rightarrow \text{Ökning med } 15,14\% \text{ (3)}$$

Fler montörer tittade på tiden under slutet på experimentuppsättning 2, vilket tyder på att ju närmare slutet av monteringen montören kom, desto oftare kollade denne på tidsdisplayen.

Likt i experimentuppsättning 1 tyckte de flesta montörerna att taktid B på 70 sekunder var en lämplig taktid. De flesta montörerna tyckte inte heller att möjligheten att kunna se tidsåtgången hade någon inverkan. Inga större generella åsiktsskillnader fanns mellan montörerna från experimentuppsättning 1 och 2.

På grund av de förändringar som har gjorts i materialfasaden har montörernas förflyttningar förändrats. Detta har medfört en produktivitetsökning på 2,13 % som ett resultat av minskat spill av typen förflyttningar.

I och med att montörerna monterar fler komponenter korrekt ökar den sammanlagda kvaliteten. Detta framgår av en kvalitetsökning på 15,14 % vilket visar på att spill av typen defekter minskats.

9 Diskussion och slutsatser

Rapporten visar att med förbättrade instruktioner och materialfasad kan en ökad kvalitet och produktivitet uppnås utan att montörens sinnesstämning på-

verkas negativt. En högre grad av exaltering och kontroll kan gynna montörens prestation.

Verktyget Q-sensor användes för att mäta den elektrodermala aktiviteten hos montörerna, vilket kan åskådliggöra tidsintervall av ökad kognitiv ansträngning (Murphy & Figner, 2011). Vidare visar analys av Q-sensorn att de montörer som presterade bäst enligt NPAC hade 42,5 % fler stora pikar, jämfört med de som hade lägst prestation. Efter förändring av den första experimentuppsättningen hade kurvan från graferna i Q-sensorn en minskad lutning. I den första experimentuppsättningen var det 13 % som påvisade en oförändrad kurvtrend jämfört med hela 30 % i den andra experimentuppsättningen. Ytterligare en observation utifrån den första experimentuppsättningen var att kvinnor i högre grad hade en oförändrad kurvtrend jämfört med männen.

I enlighet med teorin (Bradley & Lang, 1994), mättes montörens emotionella tillstånd med SAM-enkäterna. Sammanställning och analys av SAM-enkäterna påvisade ingen betydande förändring av montörernas upplevda sinnesstämning mellan de två experimentuppsättningarna. Däremot visade data från första experimentuppsättningen att följdordningen A-B skapade en högre känsla av kontroll och B-A bidrog till större negativ inverkan på humöret. NPAC-metoden användes för att mäta montörens prestation och kvalitet (bilaga A2). Analysen visar att alla de montörer som presterade lägst, 52 % sämre prestation enligt NPAC-metoden än de bäst presterande, befann sig i testgruppen som monterade i följdordningen B-A. Vidare bidrog följdordningen A-B till 17 % högre upplevelse av exaltering under monteringen, jämfört med B-A. Rapporten visade också att det fanns en korrelation mellan montörens sinnesstämning och prestation. En upplevelse av kontroll och exaltering bidrog till bättre resultat enligt NPAC.

De nya instruktionerna som togs fram med hjälp av designprinciper (Osvalder och Ulfvengren, 2010), intervjusvar och de vanligast förekommande monteringsfelen och bidrog till att förbättra kvaliteten och produktiviteten och fick positiv respons från deltagare. Efter att en översiktsbild på den färdiga produkten införts mer än halverades antalet gånger som montörerna i genomsnitt tittade på instruktionerna på läsplattan från 54,66 till 25,10. I snitt tittade montörerna 19,20 gånger på översiktsbilden.

Materialfasaden förändrades i enlighet med designprinciper (Osvalder och Ulfvengren, 2010), intervjuer och NPAC-resultat. Fler av montörerna uppfattade att den nya materialfasaden var bättre än den föregående. En tredjedel av den första experimentuppsättningens montörer ansåg att materialfasaden var bra, medan sju tiondelar av montörerna under den andra experimentuppsättningen. De förändringar som har genomförts verkar ha medfört en bättre monteringsmiljö för montörerna.

Med genomförda förändringar har kvaliteten, enligt NPAC-metoden (bilaga A.2), i produktionen ökat med 15,14 %. Eftersom värdeadderande moment tar hänsyn till NAP, och inte NPAC (bilaga A.2), behöver inte kvaliteten heller korrelera med produktiviteten. Produktiviteten har ökat med 2,13 %.

Oavsett experimentuppsättning ansåg de flesta montörer att en taktid om 70 sekunder är en lämplig taktid. Möjligheten att kunna se aktuell tidsåtgång utnyttjas i större utsträckning ju mer monteringserfarenhet montörerna tillförskansar sig.

Rapporten har bidragit till djupare förståelse av monteringssituation och hur olika faktorer påverkar montörens sinnesstämning och prestation. Vidare kan rapporten visa på att en viss grad av exaltering har en positiv påverkan på montörens prestation. Studien visar också att det är möjligt att förbättra montörernas prestation utan att ändra tiden genom att förbättra monteringssituationen. Rapporten har även medverkat till att finna korrelationer mellan elektrodermal aktivitet och händelser under monteringen.

Då EDA mättes med Q-sensorn, kalibrerades mätinstrumentet kortare tid än de rekommenderade. Detta kan ha resulterat i att kurvornas lutning i första delen av monteringen har en högre lutning än vad som annars hade visats. Dock har detta tagits i åtanke vid analys av kurvornas lutning.

Även SAM-enkäternas data kan diskuteras i huruvida montörernas individuella uppfattningar om vederbörandes sinnesstämning kan anses som objektiva. Men då urvalsgruppen i detta skede består av 50 personer anses den insamlade data ändå tillförlitlig.

Reliabiliteten vid intervjun kan diskuteras då intervjuaren oftast kände montörerna som intervjuades. Vidare kan det enligt (Jacobsen, et al., 2002) uppstå en så kallad intervjuareffekt och det bidrar till svaren blir vinklade efter intervjuaren och under rådande förhållande. Intervjuobjektens svar kan påverkas av artighet gentemot intervjuaren. Det kan även uppstå tolkningsfel (Jacobsen, et al., 2002) vid analys av intervjun då det är svårt att avgöra vikten av vissa utlåtanden. En frekvent förekommande inledningsfras var att instruktionerna var bra, vidare hade intervjuobjektet i de flesta fall ändå negativa åsikter om instruktionerna.

Då observationen var en direkt observation kan det uppfattas som ett störande moment för montören då observatören var placerad nära monteringsstationen (Osvalder, et al., 2010). Under experimentuppsättning 2 upplevde observatören att det var svårt att avgöra huruvida montören tittade på översiktsbilderna eller det övre hyllplanet i materialfasaden där översiktsbilderna är placerade. Det gör att resultatet för hur många gånger montören tittade på översiktsbilderna mer

borde användas som ett riktvärde då de är ganska osäkra.

Eftersom att tidsstudien var en indirekt observation där en filminspelning av monteringen användes, uppstod en del begränsningar (Osvalder, et al., 2010). Kamerans placering gjorde att montören ibland skymde sikten för observatören så att händernas rörelser inte kunde studeras. Det gjorde att observatören var tvungen att göra en bedömning med hjälp av montörens helkroppsrörelser för att avgöra gränsen mellan två olika moment. Det finns inte heller någon tydlig gräns för när montören byter moment men då dessa problem uppstår för alla montörer blir felet systematiskt vilket gör att den procentuella förändringen inte påverkas nämnvärt.

Vidare forskning kan fokusera ytterligare på hur tidsaspekten på verkar montörens prestation och sinnesstämning. Forskningsområdet kan även utvidgas genom att inkludera inlärningsaspekter. Ytterligare studier kan genomföras för att få djupare förståelse om data från Q-sensor eller liknande mätinstrument.

Intressanta frågeställningar kan behandla följande;

- Hur påverkas prestationen och sinnesstämningen av ytterligare variationer av takttiderna?
- Hur påverkar monteringsituationen den sociala hållbarheten?
- Finns det något samband mellan montörens sinnesstämning och kurv-trenderna?

10 Referenser

Affectiva Inc., 2013. *Emotional Arousal Measurement / Affectiva*. [Online] Available at: <http://www.affectiva.com/q-sensor/> [Accessed 12 02 2013].

Affectiva, 2013. *Emotional Arousal Measurement Q Sensor*. [Online] Available at: [www.qsensortech.com/assets/Q User Manual 20130329.pdf](http://www.qsensortech.com/assets/Q_User_Manual_20130329.pdf) [Använd 22 05 2013].

Affectiva, u.d. *Electrodermal Activity Q Sensor*. [Online] Available at: <http://www.qsensortech.com/resources/understanding-eda/what-is-eda/> [Använd 22 05 2013].

Allwood, C. M., 2004. *Perspektiv på kvalitativ metod*. Lund: Studentlitteratur.

Bellgran, M. & Säfsten, K., 2005. *Produktionsutveckling: Utveckling och drift sv produktionssystem*. s.l.:Studentlitteratur AB.

Bradley, M. M. & Lang, P. J., 1994. Measuring Emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 03, pp. 49-59.

Csikszentmihalyi, M., 1997. *Finding Flow: The Psychology of Engagement with Everyday Life*. New York: Basic Books.

Dixon, D., 2008. Value Stream Mapping. *Fabrication & Metalworking*, September, pp. 22-24.

Fasth, Å., 2012. *Människan slår roboten vid slutmonteringen*. [Online] Available at: <http://www.chalmers.se/sv/nyheter/Sidor/Manniskan-slar-roboten-vid-slutmontering.aspx> [Accessed 15 02 2013].

Feldmann, K. & Junker, S., 2003. Development of new concepts and software tools for the environment. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 52(1), pp. 1-4.

Fässberg, T. o.a., 2012. *Interaction between complexity, quality and cognitive automation*. Göteborg: Chalmers Publication Library.

Fässberg, T., Fasth, Å., Mattson, S. & Stahre, J., 2011. *Cognitive automation in assembly systems for mass customization*. Göteborg: Chalmers Publication Library.

Fässberg, T., Fasth, Å. & Stahre, J., 2012. *A classification of carrier and content of information*. Göteborg: Chalmers Publication Library.

Hansson, P. o.a., 2007. *Tillväxtanalys*. [Online] Available at: <http://www.tillvaxtanalys.se/download/18.56ef093c139bf3ef89027c6/1349863440071/svenskt-naringsliv-i-en-globaliserad-varld-effekter-av-internationaliseringen-pa-produktivitet-och-sysselsattning-07.pdf> [Använd 17 05 2013].

Hicks, B., 2007. Lean information management: understanding and eliminating waste. *International journal of information management*, 27(4), pp. 233-249.

Hägg, G. M., Ericson, M. & Odenrick, P., 2010. Fysisk Belastning. In: *Arbete och teknik på människans villkor*. Stockholm: Prevent, pp. 129-188.

Jacobsen, D. I., Sandin, G. & Hellström, C., 2002. *Vad, hur och varför: om metodval i företagsekonomi och andra samhällsvetenskapliga ämnen*. Lund: Studentlitteratur.

Lagopoulos, J., 2007. Electrodermal Activity. *Acta Neuropsychiatrica*, 10, pp. 316-317.

McKenzie, S., 2004. *No 27. Social sustainability: towards some definitions*. [Online] Available at: <http://w3.unisa.edu.au/hawkeinstitute/publications/downloads/wp27.pdf> [Accessed 08 02 2013].

Mendes, W. B., 2009. Assessing Autonomic Nervous System Activity. In: *Methods in Social Neuroscience*. New York: Guilford Press, pp. 118-147.

Murphy, R. O. & Figner, B., 2011. Using Skin Conductance in Judgement and Decision Making Research. i: *A Handbook of Process and Tracing Methods of Decision Making Research*. New York: Psychology Press, pp. 163-184.

Nilsson, T., 1999. *Ständig förbättring - om utveckling av arbete och kvalitet*. [Online] Available at: <http://www.fas.se/upload/dokument/ALI%20pdf-skrifter/isbn9170455171.pdf> [Accessed 08 02 2013].

Olsen, W., 2004. *Triangulation in social research: qualitative and quantitative methods can really be mixed*. [Online] Available at: <http://ccsr.ac.uk/staff/Triangulation.pdf> [Accessed 08 02 2013].

Olsson, S., 2013. *Social hållbarhet i ett planeringsperspektiv*. [Online] Available at: http://goteborg.se/wps/wcm/connect/c62d9e004a2fb920b8dfbfadc899f744/Artikel+om+social+hållbarhet.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=URL&CACHEID=c62d9e004a2fb920b8dfbfadc899f744 (2013-02-08) [Accessed 14 02 2012].

Osvalder, A.-L., Rose, L. & Karlsson, S., 2010. Metoder. i: M. Bohgard, o.a. red. *Arbete och teknik på människans villkor*. Stockholm: Prevent, pp. 477-576.

Osvalder, A.-L. & Ulfvengren, P., 2010. Människa-tekniksystem. i: M. Bohgard, o.a. red. *Arbete och teknik på människans villkor*. 2:1 red. Motala: Prevent, pp. 353-475.

Porter, M. E., 1996. What is strategy. *Harvard Bussiness Review*, 11.

Sveriges Television, 2012. *Stress vanligaste orsaken till sjukskrivning - Nyheter / Svt.se*. [Online] Available at: <http://www.svt.se/nyheter/vetenskap/stress-vanligaste-orsaken-till-sjukskrivning> [Accessed 15 02 2013].