



Magisteruppsats i
Ergonomi och MTO

2012

**Presentation av taktisk information på bildskärm:
Head-Up Display som stöd för tidsstyrd taxning med flygplan**

Rikard Eklund

Examensarbete



Magisteruppsats i
Ergonomi och MTO

2012

**Presentation av taktisk information på bildskärm:
Head-Up Display som stöd för tidsstyrd taxning med flygplan**

Rikard Eklund

Examensarbete

KTH STH, Stockholm, 2012-06-30

Handledare: Anna-Lisa Osvalder, Chalmers Tekniska Högskola

Magisterutbildningen i Ergonomi och MTO (60 hp) genomförs i samarbete mellan Kungliga Tekniska högskolan och de tekniska högskolorna i Jönköping och Linköping. Den primära målgruppen är yrkesverksamma och universitets- eller högskolestuderande med akademisk utbildning inom ena eller flera områdena hälsovetenskap, teknik eller samhälls- och beteendevetenskap. Utbildningen är fördelad på fem kurser om 6 hp vardera samt en projektkurs och ett examensarbete på 15 hp vardera. Temat för de 5 kurserna omfattar organisation, människa-teknik-organisation (MTO), metodkunskap, kognitiv ergonomi och belastningsergonomi. Examensarbetet genomförs ofta i nära anknytning till en arbetsplats eller i anknytning till något större projekt eller forskningsprogram vid någon av de nämnda skolorna. Utbildningen är tvärdisciplinär för att få en bred belysning av dagens såväl som morgondagens ergonomiska frågeställningar i arbetslivet. Magisterutbildningen kan också leda vidare till forskarutbildning.

Förord

Det har varit ett omfattande åtagande att skriva magisteruppsats i Ergonomi och MTO. Förutom allokering av tid och energi, vid sidan av arbetet som pilot, har jag kommit i kontakt med nya kunskapsområden. Det har varit arbetsamt, men också givit den största behållning. Färdigställandet av denna magisteruppsats var inte det enda målet – resan dit var också viktig.

Jag har haft nöjet att få studera vid Kungliga Tekniska högskolan i Stockholm och de tekniska högskolorna i Linköping och Jönköping under magisterkursen. Jag har fått möta många inspirerande och intressanta lärare och kurskamrater. Merparten av det praktiska arbetet med magisteruppsatsen har dock förlagts till Göteborg och Chalmers tekniska högskola.

Magisterkursen i Ergonomi och MTO har hjälpt mig att sy ihop säcken vad avser tidigare studier. Min bakgrund som pilot, beteendevetare och doktorand i ämnet design och human factors och på Chalmers har gett mig möjlighet att nyttja överlappande domänkunskap inom dessa områden. Jag har alltså inte behövt uppfinna hjulet mer än en gång. Mitt intresse för historia och speciellt militär historia fick jag även utlopp för då informationsdon av typen Head-Up Display (HUD) härstammar från de gyrostabiliserade kanonsikten vilka utvecklades för jaktflygplan vid tiden för andra världskriget.

Jag vill tacka lärare och kurskamrater på utbildningen: Jörgen Eklund vid Kungliga Tekniska högskolan, kursansvarig och den som lockade mig tillbaka till magisterkursen när jag nästan gett upp hoppet om att hinna med, min handledare Anna-Lisa Osvalder vid Chalmers tekniska högskola som styrt upp saker och ting och delat med sig av sin erfarenhet och kunskap, samt Martina Berglund vid Tekniska högskolan i Linköping och Anette Karlton vid Tekniska högskolan i Jönköping för tålamod och hjälpsamhet. Speciellt tack till Rickard Nilsson Luleå Tekniska universitet för värdefull handledning och hjälp med examensarbetets statistiskdelar.

Jag riktar också ett speciellt tack till min mor Anna-Lena och min mormor Stina för ovillkorligt stöd och uppmuntran – oavsett vilka projekt i livet jag än embarkerat på.

Rikard Eklund

Göteborg i juni 2012

Sammanfattning

Elektroniskt stöd för *navigering* under markkörning med flygplan (taxning) har introducerats för att komma till rätta med tillbud och olyckor. Elektroniska kartor, datalänk och bildskärmsteknik t.ex. Head-Up Display (HUD) ger piloterna sådant stöd. Grafisk informationspresentation för *tidsstyrning* av taxning saknas i stort sett i dagens operativa cockpitmiljö. Syftet med förevarande examensarbete är att förbättra möjligheten för piloter att ankomma till klarerad position på rätt *tid*. Detta förväntas reducera flygplanens bränsleförbrukning och trafikbelastningen på flygplatser. Målet är att presentera en skärmbild för presentation av tidsstöd under taxning.

Förevarande examensarbete bestod av två delar; dels utvecklades fyra skärmbilder för HUD och dels utvärderades dessa fyra skärmbilder i simulerad försöksmiljö. Försöksdeltagarna, som alla var aktiva piloter, skattade sex stycken variabler kopplade till de fyra skärmbilderna. En intervju kompletterade skattningarna. Resultatet visade att grafisk tidsstyrningsinformation av typen stapeltyp (*Speed-Tape*) i kombination med alfanumerisk deskriptiv såväl som prediktiv information uppfattades som mest användbar.

Fortsatta utvärderingar med navigeringsstöd i *kombination* med tidsstöd är av intresse och skulle kunna lämpa sig för en mer omfattande undersökning. En sådan undersökning skulle kunna genomföras i syntetisk miljö såväl som under fältförhållanden.

Nyckelord: flygplan, taxning, Head-Up Display (HUD), Head-Down Display (HDD), gränssnitt, bildskärm, skärmbild, cockpit, användbarhet

Abstract

Electronic support designed as a *navigational* aid when conducting ground operations (taxi) with aircrafts has been introduced to minimize the risk of having incidents and accidents. Electronic airport maps, data link and display-technology such as Head-Up Display (HUD) provide such support to the pilots. Means to provide graphical information in the operational flight-environment for *time-controlled* taxi is at present time more or less lacking. The purpose of the present degree thesis is to improve the possibilities for the pilots to arrive at the accurate position at the correct time. The goal of the present degree thesis is to provide a display-solution to function as a time control aid during taxi.

The present degree thesis consists of two parts: first four display-solutions for HUD were developed and secondly these four display-solutions were evaluated during synthetic experimental sessions. The test-subjects, all of them active pilots, assessed six variables connected to these display-solutions. An interview supplemented these estimations. The result suggests that a graphical presentation in the shape of a bar (Speed-Tape) in combination with alphanumerical as well as predictive information was perceived as the most useful one.

Continued evaluations regarding *combination* of navigational aid in addition to time-control aid is deemed interesting and suitable for a more expanded survey. Such a survey could be conducted in a synthetic environment as well as in a field environment.

Keywords: aircraft, taxi, Head-Up Display (HUD), Head-Down Display (HDD), interface, display, cockpit, usability

Innehållsförteckning

1	Inledning	10
1.1	Bakgrund	10
1.1.1	Head-Up Display (HUD)	11
1.1.2	Fart- och kurskontroll vid taxning	12
1.1.2.1	Färdtillstånd	12
1.1.2.2	Taxikartor	12
1.1.3	SESAR och NextGen	13
1.2	Beskrivning av problem	13
1.3	Syfte	14
1.4	Mål	14
1.5	Frågeställningar	14
2	Litteraturstudie	15
2.1	Metod litteraturstudie	15
2.2	Avgränsningar	15
2.3	Formulering av plan för litteraturstudie	15
2.4	Sökmetod och urval	15
2.5	Sökbegrepp	16
2.5.1	Sammanställning sökresultat	16
2.6	Litteratursökning	17
2.7	Tolkning och värdering av sökresultat	17
2.8	Resultat litteraturunderstudie	17
2.8.1	Runway Incursions	18
2.8.2	Övervakning och uppföljning av färdtillstånd	18
2.8.3	Taxiway Navigation and Situation Awareness	19
2.8.4	Surface Guidance System	20
2.8.5	SESAR	21
2.8.6	Surface Movement Guidance and Control System	21
2.8.7	ALICIA	22
2.9	Utvecklingslinjer	22
2.9.1	Datalänk	23
2.9.2	ADS-B och TIS-B	23
2.9.3	Runway Advisory and Awareness System	24
2.9.4	Synthetic Vision System	24
2.9.5	Enhanced Flight Vision System	24
2.9.6	Fyrdimensionell taxning	25
2.9.7	Systemintegrering	26
2.10	Sammanfattning litteraturstudie	26

3	Framtagning av skärmbild	28
3.1	Teoretiskt ramverk	28
3.1.1	Ecological Interface Design	28
3.1.2	SRK-modellen	29
3.1.3	Abstraktionshierarki	29
3.1.4	Människa, teknik, organisation	30
3.1.5	Control Movement Stereotypes	31
3.1.6	Kontroll-instrumentkvot	32
3.1.7	Kontroll-instrumentanpassning och mapping	32
3.1.8	Generella designprinciper för gränssnitt	33
3.1.9	Standardisering av symboler	34
3.1.10	Specifika designprinciper för gränssnitt	35
3.1.10.1	Uppmärksamhet	35
3.1.10.2	Perception	35
3.1.10.3	Minnesfunktioner	36
3.1.10.4	Mentala modeller	37
3.1.11	Informationshantering och beslutsfattande	37
3.1.12	Informationshantering	37
3.1.13	Beslutsfattande	39
3.1.13.1	Naturalistiskt beslutsfattande	39
3.1.13.2	Heuristik	39
3.1.13.3	SRK-modellen	39
3.1.14	Sammanfattning teori	40
3.2	Beskrivning av tänkt design	41
3.2.1	Framtagningsprocess	41
3.2.2	Översikt skärmbilder	41
3.2.2.1	Skärmbilder	42
3.2.2.2	Översiktlig beskrivning Skärmbild 1 och 2	43
3.2.2.3	Översiktlig beskrivning Skärmbild 3 och 4	44
4	Utvärdering av skärmbild	45
4.1	Försöks- och utvärderingsmetod	45
4.2	Avgränsningar	45
4.3	Försöksdeltagare och bortfall	46
4.4	Försöksuppställning	46
4.5	Försöksutrustning	47
4.6	Genomförande av försök	47
4.6.1	Introduktion	47
4.6.2	Enkät för basdata	47
4.6.3	Försöksinstruktioner	48
4.6.4	Försöket	48
4.6.4.1	Försöksvinjetter	48
4.6.4.1.1	Försöksvinjett 1-4	49
4.6.4.2	Intervjuer	49

5	Resultat	50
5.1	Deskriptiv analys	50
5.1.1	Basdata	50
5.2	Enkät	51
5.2.1	Flygtid	51
5.2.2	Generell skattning alla försöksvariabler	52
5.2.3	Information	53
5.2.4	Belastning	54
5.2.5	Situationsmedvetande	55
5.2.6	Stress	56
5.2.7	Stöd	57
5.2.8	Användbarhet	58
5.3	Intervjuer	59
5.3.1	Information	59
5.3.2	Belastning	60
5.3.3	Situationsmedvetande	61
5.3.4	Stress	62
5.3.5	Stöd	62
5.3.6	Användbarhet	63
5.3.7	Sammanfattning intervjuer	63
6	Diskussion	64
6.1	Inledning	64
6.2	Generell användbarhet	64
6.3	Specifika variabler	65
6.4	Flygtid	66
6.5	Avgränsning	66
6.6	Framtida utvecklingslinjer	67
6.7	Framtida forskning	67
7	Slutsats	69
8	Referenser	70
9	Bilagor	74

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

Efter introduktionen av jetdrivna transportflygplan under början av 1960-talet har antalet olyckor och tillbud minskat och planat ut på en relativt låg nivå. Denna positiva utveckling beror dels på att flygplanen tekniskt sett blivit mer pålitliga och dels på att piloterna lärt sig operera jetflygplan på ett säkert och effektivt sätt (Boeing, 2010). Om den tekniska utvecklingen tidigare handlat om flygplanens konstruktion och framdrivning så påbörjades under 1980-talet utvecklingen av elektroniska navigerings- och övervakningsstöd. Introduktionen och utvecklingen av sådana (digitala) system avsåg att dels stödja och avlasta piloterna, dels minska bränslekostnaderna. Flyguppdragen kunde därmed optimeras. Primärt introducerades styrautomat (*Autopilot*), elektroniska styrsystem (*Fly-By-Wire*) och avancerade navigeringsdatorer *Flight Management Systems* (FMS). Ytterligare fördelar med den här utvecklingen var att piloternas situationsmedvetande ökade samt att de, delvis som ett resultat av detta, kunde avlastas en del betungande psykomotoriska uppgifter. Energi kunde läggas på planering, övervakning samt uppföljning av flyguppdraget.

Förseningar och trafikstockningar på marken såväl som i luften har i takt med flygindustrins expansion kommit att bli ett allt mer överskuggande problem. Flygplan tvingas ibland under långa tider att köa vid startbanan och/eller för att korsa taxibanor. Navigeringsfel eller osäkerhet om egen position och färdväg bidrar förutom till förseningar även till risken för kollisioner mellan flygplan och fordon ökar. Taxning i dålig marksikt och/eller mörker komplicerar saken ytterligare. Forskning pekar på att situationen inte enbart blir bättre ur ett trafikalt perspektiv om flygplatsernas manöverområden utökas. Det krävs också mer exakt taxning och en förbättrad koordination från trafikledningen (Cheng m.fl., 2001).

En sådan koordinering skulle kunna tänkas komma på sikt, inte bara genom att trafikledningen får nya och mer effektiva tekniska system att använda, utan också för att tidsstyrning och navigeringsstöd för taxning tillkommer och automatiseras. *Surface Management Systems* (SMS) är exempel på ett sådant system där information och rekommendationer presenteras som beslutsstöd för flygplatsens trafikledning. Flygplan och andra fordon kan då automatiskt koordineras och tilldelas färdtillstånd som gör det möjligt att på ett mycket exakt sätt placera ett flygplan på startbanan vid rätt tid via den mest effektiva taxirutten, samt att göra detta utan att

komma i konflikt med andra objekt på vägen. Detta skall dessutom kunna vara möjligt i alla vädersituationer (Hecker 2001; Cheng 2002).

1.1.1 Head-Up Display (HUD)

Gränssnittet människa och maskin, *Human-Machine-Interaction/Interface* (HMI), är en viktig del i en automatiseringsprocess. Historiskt sett presenterades rå information, processad information samt annan systeminformation på elektromekaniska instrument i cockpit. Över tid och i takt med att elektroniska digitala system introducerades kunde information presenteras på elektroniska skärmar. Sådan information presenterades dock på redan befintliga instrumentpaneler *Head-Down Display* (HDD), det vill säga instrumentpaneler positionerade nedanför pilotens siktlinje framåt-utåt.

Vid tiden för andra världskriget påbörjades en utveckling av kanonsikten till jaktflygplan där riktvärden för flygplanens vapen presenterades för piloten i dennes visuella siktlinje. Inom militär flygning insågs även värdet av att kunna projicera taktisk flyginformation som attityd, fart, höjd och kurs i pilotens siktfält på en semitransparent glasskärm, en så kallad *Head-Up Display* (HUD). Flygplanets attitydindikator (AI eller horisontgyro) inkorporerades snart delvis i HUD-tekniken; exempelvis utrustades Flygplan 37 Viggen (SAAB) tidigt med ett sådant system, kallat siktlinjesindikator (SI). Liknande system letade sig ganska snart in även i civil pilotmiljö, framförallt som stöd vid landning i nedsatt sikt och är idag mer eller mindre standard i moderna trafikflygplan. Den huvudsakliga vinsten med ett HUD-system är att piloternas situationsmedvetande ökar då deras visuella uppmärksamhet riktas framåt/utåt i siktlinjen.



Bild 1.1 Head-Up Display (i bildens övre vänstra hörn), i cockpit Boeing 737-900

1.1.2 Fart- och kurskontroll vid taxning

Taxning sker med hjälp av flygplanets egna motorer. Piloten, vanligtvis befälhavaren, använder flygplanets gasreglage (*Throttles*) (se bild 1.2 nedan) och hjulbromsar för att manövrera och kontrollera flygplanets fart samt noshjulsstyrning för att kontrollera dess kurs. Propellerdrivna flygplan kan också använda propellerreversering för att bromsa eller till och med backa. Denna möjlighet finns för jetdrivna flygplan, där luftströmmen kan vändas framåt (reversering), men används i princip inte – däremot kan differentierat kraftuttag för utökad kurskontroll vid taxning användas.



Bild 1.2 Gasreglage i cockpit Airbus A320



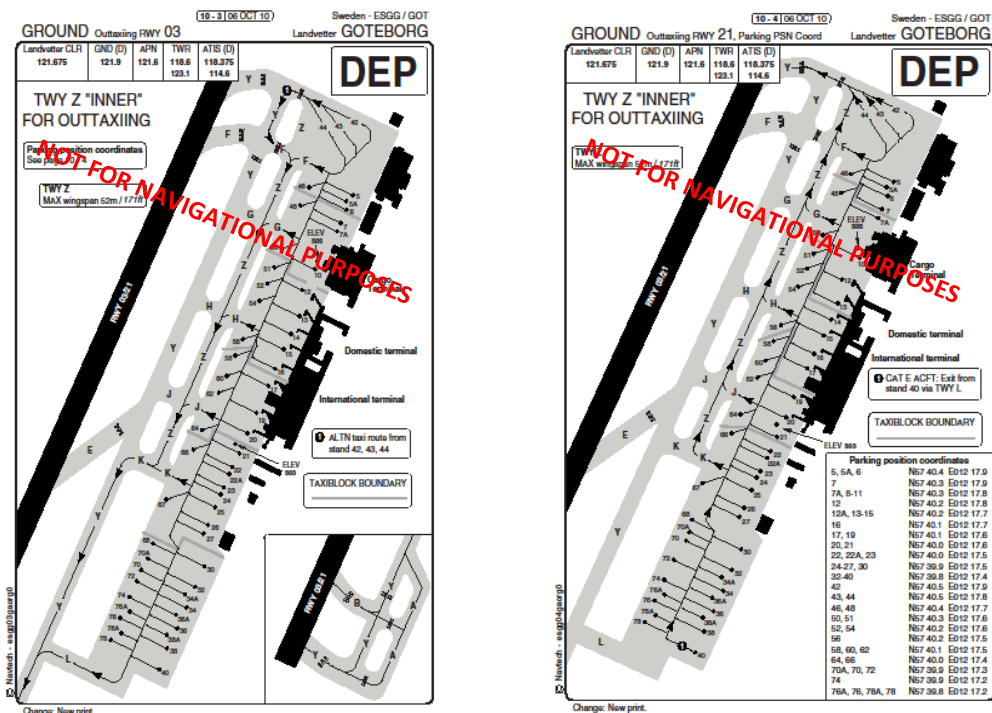
Bild 1.3 Ratt för noshjulsstyrning i cockpit Airbus 320

1.1.2.1 Färdtillstånd

Flygplan och andra luftfartyg får i princip inte framföras på marken utan färdtillstånd (*Clearance*) från trafikledning. Färdtillstånd tas emot och kvitteras med hjälp av radiotelefoni eller via datalänk. Färdtillstånd via datalänk med presentation på HUD och som textmeddelande är en sannolik utveckling. Olika radiofrekvenser används för trafikledning av flygplan och andra fordon på marken såväl som i luften.

1.1.2.2 Taxikartor

Taxning genomförs i enlighet med färdtillstånd och med navigeringsstöd i form av kartor, antingen i pappersform eller i elektronisk form presenterad på bildskärm. De flesta flygföretag tillämpar en procedur där befälhavaren ansvarar för flygplanets taxning och styrman följer upp navigering och sköter radiokommunikation. Kartunderlag ställs till förfogande via certifierade leverantörer och administreras av aktuellt flygföretag (figur 1.1 nedan).



Figur 1.1 Taxikartor Göteborg/Landvetter flygplats bana 03 respektive 21

1.1.3 SESAR och NextGen

Parallella processer pågår i Europa och Nordamerika, såväl som t.ex. i Asien, för att komma till rätta med förseningar, trafikbelastning, säkerhet, ekonomi och miljöfrågor i luftrummet. I Europa har inom ramen för EU skapats ett projekt benämnt SESAR (*Single European Sky Air Traffic Management Research*) vilket har till uppgift att effektivisera och optimera flygtrafiken i luften såväl som på marken. I Nordamerika benämns motsvarande projekt NextGen och är i princip identiskt med SESAR. Flera av projekten handlar om automatisk kontroll och övervakning av flygplatsrörelser (Vaughn, 2009). SESAR avser presentera bl.a. ett trafikledningssystem där färdtillstånd presenteras elektroniskt via datalänk och direkt till piloternas HUD, rörliga flygplatskarta (AMM) samt som textmeddelande. En sådan färdtillståndsprocess sker utan radiokommunikation, vilket i sig är en målsättning då flygplatsernas radiofrekvenser är eller håller på att bli överbelastade.

1.2 BESKRIVNING AV PROBLEM

I dagsläget saknas i stort sett skärmbilder för att hjälpa piloterna att ankomma på *rätt tid* till klarerad position på ett flygplatsområde (tidsstyrningsstöd). Funktioner för *navigeringsstöd* är emellertid föremål för forsk-

ning och utveckling. Både SESAR och NextGen arbetar med forskning och utveckling kring dessa frågor.

1.3 SYFTE

I en komplex och dynamisk trafikmiljö som på flygplatser är det väsentligt att flygplan kan taxas på marken på ett säkert, effektivt och miljöanpassat sätt, vilket skall kunna uppnås under allvädersförhållanden. Förevarande undersöknings syfte är att förbättra möjligheterna för piloter att säkerställa rätt ankomsttid till klarerad position på flygplatsens manöverområde.

1.4 MÅL

Förevarande undersökning delas in i två delmål: dels (1) *framtagande* av en ny typ av skärmbild som möjliggör presentation av tidsstyrningsinformation i cockpit, dels (2) *utvärdering* av en sådan skärmbild.

1.5 FRÅGESSTÄLLNINGAR

Undersökningen kopplad till delmål 2 avsåg att pröva fyra skärmbilder för tidsstyrningsstöd. De fyra skärmbilderna bestod av två grafiska presentationer kompletterade med alfanumerisk information, samt två presentationer vilka enbart visade alfanumerisk information. Tre av skärmbilderna hade också predikterande funktioner. Frågeställningarna var:

- Vilken av de fyra skärmbilderna upplevdes som mest användbar avseende presentation av tidsstyrningsinformation?
- Fanns det skillnader i hur ålder och/eller erfarenhet påverkade piloternas bedömning av de fyra skärmbildernas användbarhet?

2 LITTERATURSTUDIE

En litteraturstudie genomfördes för att sondera forskningsfältet avseende skärmbilder för tidsstyrning av flygplan under taxning.

2.1 METOD LITTERATURSTUDIE

Litteraturstudien baserades på en deskriptiv modell där en övergripande metodik enligt Goodmans (1993) sju steg används: (1) precisering syfte, (2) inklusions- och exklusionskriterier, (3) formulering av plan, (4) genomförande, (5) tolkning av resultat, (6) sammanställning resultat och (7) identifiering av vidare forskning. Initialt genomfördes en litteraturundersökning med domänspecifika frågeställningar rörande taxning med flygplan, vilken sedan kompletterades med tidsstyrning av taxning samt perception.

2.2 AVGRÄNSNINGAR

Inklusionskriterier för litteraturstudien definierades till fulltextartiklar, såväl granskade (*Peer-Reviewed*) som icke granskade. Exklusionskriterier var andra språk än svenska och engelska samt artiklar äldre än tjugofem år. Ett ytterligare exklusionskriterium var att artiklar behäftade med beställningskrav inte analyserades, ej heller avhandlingar samt litteratur generellt.

2.3 FORMULERING AV PLAN FÖR LITTERATURSTUDIE

Initialt formulerades en plan för litteraturstudien. Ytterligare en faktor för litteraturstudiens avgränsningar var mängden tid avsatt för uppgiften. Med avseende på examensarbetets omfång (15 hp) bedömdes själva litteraturstudien ta cirka 1 vecka. Analys, värdering och sammanställning av uppgifter bedömdes ta cirka 2,5 veckor i anspråk. Relevanta databaser identifierades med hjälp av kurslitteratur, handledning och andra erfarenheter. Manuell sökning i referenslistor från artiklar och tidskrifter utgjorde kompletteringar till sökning i databaser.

2.4 SÖKMETOD OCH URVAL

Litteraturstudien avgränsades till 12 stycken databaser baserat på bedömd lämplighet: SCOPUS, SCIRUS, PsycARTICLES, PsycINFO, JSTOR, Cambridge Journals Online, NASA Human Centered Systems Lab, ScienceDirect, SAGE Journals Online, Informaworld, SPRINGERLINK samt Academic Search.

Dessa databaser bearbetades via ingångar från Kungliga Tekniska högskolan och Göteborgs universitet. Multipla sökträffar på samma artikel i olika databaser sållades bort och redovisades inte i sökhistoriken.

2.5 SÖKBEGREPP

Sökbegrepp formulerades utifrån tillgänglighetsprincipen. Nya formuleringar eller bruket av andra sökbegrepp, synonymer, manipulering av grammatik eller motsvarande gav bara marginella resultatförändringar. Litteratursökningen genomfördes med hjälp av följande fyra sökbegrepp:

1. "Head-Up display AND aviation"
2. "Head-Up display AND taxi operations"
3. "Head-Up display AND perception"
4. "Head-Up display AND aviation AND HUD"

2.5.1 Sammanställning sökresultat

Tabell 2.1 Sökresultat litteratursökning

Sökbegrepp	Antal träffar	Antal lästa titlar	Antal lästa abstract	Antal Peer-Review	Antal använda artiklar
"Head-Up display AND aviation"					
"Head-Up display AND taxi operations"					
"Head-Up display AND perception"					
"Head-Up display AND aviation AND HUD"					
SCOPUS	127	127	17	3	5
JSTOR	163	163	1	1	0
Cambridge Journals Online	39	39	9	9	0
Human Centered Systems Lab	60	60	43	0	34
SAGE journals online	32	32	12	0	2
Informaworld	139	139	39	0	6
SPRINGERLINK	60	60	6	0	0
Academic Search Elite	86	86	1	4	1
PsycARTICLES	5	5	2	5	0
PsycINFO	62	62	8	47	0
ScienceDirect	1815	0	0	0	0
SCIRUS/Journals	60	60	0	0	0
Totalt	2648	706	138	69	48

2.6 LITTERATURSÖKNING

Totala antalet sökträffar uppgick till 2648. Ett större ej relevant sökresultat (1815 artiklar) i ScienceDirect/SCIRUS bearbetades ett steg längre genom att sökbegreppet utökades till "Head-Up Display AND aviation AND HUD". Efter denna korrigerings minskade antalet träffar till 833 som efter titelanalys reducerades till 138 träffar. Sammanfattningar (*Abstracts*) för dessa 138 artiklar lästes varefter ytterligare urval där vetenskaplig granskning (*Peer-Review*) genomförts återstod 69 artiklar. Efter granskning och värdering utifrån (a) bortfall för artiklar med samma innehåll, (b) relevans för litteraturstudiens primära frågeställningar, (c) artiklar äldre än 25 år samt (d) avgiftsbelagda artiklar återstod 48 relevanta artiklar. Av dessa 48 artiklar användes likväl 45 stycken ej granskade, i huvudsak på grund av sin relevans.

2.7 TOLKNING OCH VÄRDERING AV SÖKRESULTAT

Litteraturstudiens genomförande grundas till vissa delar på principer föreslagna av Willman och Stoltz (2006) där artiklarna värderades i termer av kvalitet och relevans.

Ett anmärkningsvärt resultat av litteraturstudien är den koncentration av artiklar vilka publicerats i Nordamerika, framförallt i USA och under åren strax efter millennieskiftet. Merparten av dessa artiklar hade dessutom tillkommit företrädesvis hos NASA:s (*National Aeronautics and Space Administration*) Ames Research Center. Det bedömdes dock som mindre relevant var artiklarna kommit ifrån i geografiska termer – det viktiga var deras vetenskapliga relevans.

2.8 RESULTAT LITTERATURSTUDIE

Litteraturstudiens resultat presenteras under tre huvudrubriker: (1) resultat litteraturstudie, (2) utvecklingslinjer samt (3) sammanfattning litteraturstudie. Litteraturstudien resulterade i att totalt 48 stycken relevanta artiklar användes för examensarbetet. En oväntad källa till kunskap om litteraturstudiens frågeställning utgjordes av (mestadels nordamerikanska), patentsökningar. Sådana dokument användes som bakgrundsmaterial. Logiken bakom dessas relevans är att patentsökaren måste beskriva sin produkt på ett överskådligt sätt samt specificera, i t.ex. översikter och sprängskisser, sin produkt.

2.8.1 Runway Incursions

I dag är taxning trots den komplexa trafikmiljön ett av flyguppdragets minst sofistikerade operativa områden. Den teknologi och de procedurer som ställs till piloternas förfogande har inte utvecklats nämnvärt sedan tvåvägs radiotelefoni introducerades under 1940-talet. De två huvudsakliga hjälpmedel piloter använder för att begära, kvittera och följa upp färdtillstånd för taxning är radio och flygplatskartor. Sådana kartor kan vara av traditionell pappersmodell eller av elektroniskt typ. Många flygplatser är utrustade med markradar, vilken trafikledningen använder för att följa upp och övervaka flygplansrörelser på marken. Markradar ökar väsentligt trafikledningens situationsmedvetande, speciellt i väderlägen med dålig sikt och/eller under mörker

Traditionellt sett har piloter inte kunnat verifiera sin position annat än genom att jämföra yttre visuella referenser med kartunderlag. Fartreduktion plus samarbete i felpilotsystem är de två huvudsakliga metoderna att minska riskerna för felnavigering. Två övergripande risker har identifierats; dels att felaktigt navigera flygplanet ut på en aktiv start- och landningsbana och dels att kollidera med flygplan eller andra fordon på marken.

Om piloten skulle förlora uppfattningen om flygplanets realposition är standardproceduren att omedelbart stanna flygplanet och att därefter meddela trafikledningen via radio om denna åtgärd. Ett sekundärt problem är att navigeringsproblem på marken och osäkerhet kring flygplanets position kräver tidsödande radiokommunikation. I tillägg till dessa två faktorer kan generellt fartreduktion räknas. Sammantaget ger detta effekter på flygplatsernas trafikflöden och deras planering. I ett redan överbelastat system genereras förseningar och ökad bränsleförbrukning. Det är rimligt att anta att det finns möjligheter till förbättringar avseende taxning. En sådan förbättring vad gäller säkerhet, tid, ekonomi och miljö kan ske genom implementering av ny teknologi såsom HUD i cockpit (Foyle m.fl., 1996).

Litteraturstudien pekade på att antalet tillbud identifierade som Runway Incursions planade ut och rentav minskade runt 2005 för att sedan öka igen (Boeing, 2010). Orsaken till en sådan utveckling kan vara av kognitiv karaktär då problemet initialt uppmärksammades under en viss tid. En annan tänkbar förklaring kan vara att den generella trafikökningen skett i begränsad omfattning i en redan befintlig infrastruktur.

2.8.2 Övervakning och uppföljning av färdtillstånd

Historiskt sett har piloterna själva ansvarat för övervakning och uppföljning av flygplanets färdtillstånd. Visuellt övervakning såväl som övervakning med

hjälp av radar har använts av trafikledning för att ytterligare säkerställa att konflikter mellan flygplan och flygplan och andra fordon emellan inte inträffar. Piloternas kognitiva resurser har därmed belastats till nackdel för övriga bedömningar, planering, beslutsfattande och uppföljning av flyguppslaget. På toppen av övervaknings- och uppföljningskraven kan tidsbegränsningar för avgång läggas; främst CTOT (*Calculated Take-off Time*) eller "slot-tid" men även uppehållandet av tidtabeller liksom tjänstgöringsbegränsningar. Exempel på faktorer då piloter inte uppföljt kriterier för erhållet färdtillstånd både i tid och rum, kan vara (a) problem med mental visualisering av erhållen färdväg, (b) undermåliga förberedelser och/eller briefing i planeringsstadiet, (c) brister i kommunikation mellan piloter ingående i flygbesättningen, (d) väder- och ljusförhållanden, (e) distraktion under taxning (f), osäkerhet på aktuell position eller på färdtillståndet som sådant, (g) samarbetsproblem i cockpit, (h) tidspress, (i) familjaritet (övertro) såväl som icke familjaritet med flygplatsens infrastruktur, (j) problem med icke fungerande heuristik (tumregler) inte i en komplex infrastruktur, t.ex. en flygplats samt (k) felaktiga och/eller tvetydiga färdtillstånd från trafikledning.

2.8.3 Taxiway Navigation and Situation Awareness

Den amerikanska flyg och rymdstyrelsen (NASA) initierade under slutet av 1990-talet ett forskningsprogram för att komma till rätta med ovan nämnda problem. Detta forskningsprogram utmynnade i ett förslag på en integrerad systemlösning i cockpit benämnd T-NASA (*Taxiway Navigation and Situation Awareness*). Systemet i fråga hade som mål att dels öka piloternas situationsmedvetande och dels att bistå med navigeringsstöd. Systemet i fråga hade tre delkomponenter där den första var rörlig flygplatskarta (AMM) inkluderande kartunderlag för flygplatsen, realtidsuppdatering och uppföljning av egen position samt grafisk presentation av färdtillståndet, det vill säga flygplanets tilldelade färdväg från start till mål. Den andra komponenten i systemet var överlagrad realtidspresentation av den omgivande yttre miljön virtuellt presenterad på en HUD i piloternas siktlinje. Den tredje och sista komponenten var ett audiellt markkollisions- och varningssystem kallat GCAW (*Ground Collision Avoidance Warning*) vilket uppmärksammade piloterna audiellt i tre dimensioner på riktningen för ett eventuellt konfliktande flygplan eller fordon (Foyle m.fl., 1996). I tillägg till T-NASA användes också möjligheten att få färdtillstånd för taxning via datalänk i stället för via radiokommunikation. Kombinationen av T-NASA och datalänk var effektiv med avseende på att reducera felnavigering under taxning (McCann m.fl., 1998).

För att verifiera T-NASA och dess effektivitet sattes över tid ett antal försök upp. Användandet av AMM i kombinationen med HUD i nedsatt sikt testades i syntetisk miljö (flygsimulator). Sexton flygbesättningar genomförde 21 försök, varje försök bestående av en automatisk inflygning och landning på Chicago O'Hare följt av taxning till terminalbyggnaden. Jämfört med basvärdet (papperskarta enbart) ökade piloternas taxningsfart med 21 % då de dessa använde AMM/HUD och en reducerad frekvens för felnavigering med 100 %. Sammantaget ökade användandet av AMM och HUD effektivitet och säkerhet under taxning högst påtagligt (McCann m.fl., 1998).



Bild 2.1 Surface Guidance System (SGS) med HUD, AMM och datalänkskärm

2.8.4 Surface Guidance System

1984 certifierade amerikanska luftfartsmyndigheten, Federal Aviation Administration (FAA) ett av de första civila kommersiella HUD-systemen. Systemet benämndes *Head-Up Guidance System (HGS)* och blev något av en branschstandard för inflygning och landning. Erfarenheter och kunskap från försöken med T-NASA (taxningsdelen av flyguppsdraget) implementerades över tid då HGS uppgraderades med ny programvara. Det nya konceptet benämndes *Surface Guidance System (SGS)* vilken integrerade flygplanets HGS, FMS och navigationsdatabas (NDB). Resultatet blev att piloterna med hjälp av SGS kunde få sin tilldelade taxirutt, från till exempel landningsbanan till flygplatsens terminalbyggnad, presenterad direkt på en HUD (Proctor, 2000).

SGS aktiveras strax efter landning och visar med hjälp av specifika symboler, presenterade på piloternas HUD, exakt väg för taxning enligt tilldelat färdtillstånd. Symboler överlagras i pilotens siktlinje framåt-utåt och visar taxibanans begränsningar i sida. Andra symboler ger styrkommandon i sida när färdtillståndet tarvar ändring i färdriktning eller om piloterna avviker från taxibanans mittlinje. Fart- och/eller andra värden presenteras digitalt på respektive HUD. Procedurmässigt genomförs taxning på så sätt att piloten i vänsterstol (befälhavaren) framför flygplanet med hjälp av HGS (Head-Up) och piloten i högerstol (styrman) övervakar flygplanets position i realtid med hjälp av AMM (Proctor, 2000). Det råder oklarhet om samtliga delar av T-NASA (HUD, AMM samt auditiva 3D-varningar) implementerats i SGS.

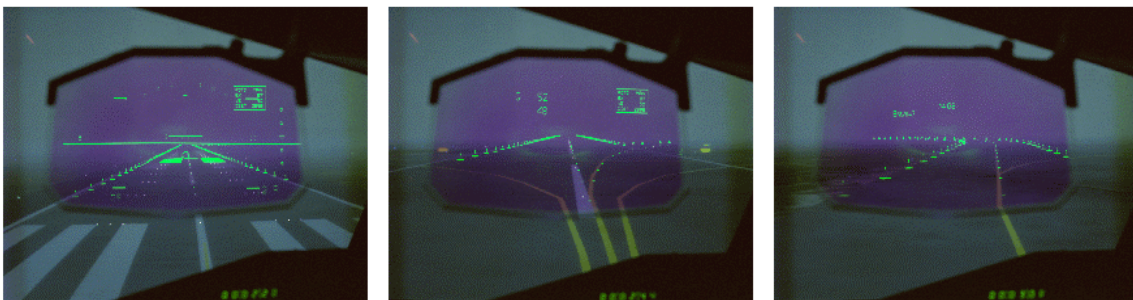


Bild 2.2 Surface Guidance System (SGS), notera den syntetiska överlagringen framåt-utåt på den reella infrastrukturen och då speciellt skärpedjupet

2.8.5 SESAR

EU-kommissionen och Eurocontrol har i Europa i formen av ett överstatligt projekt kallat SESAR (*Single European Sky Air Traffic Management Research*) uppdragit åt organisationer, myndigheter och företag inom flygindustrin att söka effektivisera och optimera det europeiska luftrummet. SESAR-projektet är ett forsknings- och utvecklingsprojekt som över tid avser leverera ett antal tekniklösningar för att uppnå mål om mer effektiva flyguppdrag, minskad miljöpåverkan samt ökad flygsäkerhet. SESAR har identifierat automation som ett huvudsakligt sätt att uppnå dessa satta mål – den mänskliga operatörens (pilotens) förutsättningar och begränsningar är avgörande i gränssnittet med automation (EUROCONTROL, 2007, 2010).

2.8.6 Surface Movement Guidance and Control System

Flera europeiska flygplatser har under de senaste åren blivit skådeplatser för olyckor/tillbud under taxning. Internationella luftfartsorganisationen (ICAO) initierade därför en plan och kriterier skapades för att hantera

ovanstående problem. Resultatet blev ett system där bland annat skyltning, ledljus, radar och övervakning introducerades för att säkerställa att flygplan (och andra fordon) navigerar korrekt. Systemet benämns SMGCS (*Surface Movement Guidance and Control System*) och modifierades under slutet av 1990-talet främst därför att graden av automation ökat. Under 2006 ledde detta fram till att A-SMGCS (Advanced SMGCS) kunde börja testas på olika nivåer. För närvarande är ett antal flygplatser i Europa utrustade med A-SMGCS nivå 1 (övervakning) och nivå 2 (kontroll). Nivå 3 (ruttplanering) och nivå 4 (styrkommandon) kommer att implementeras inom ramen för SESAR (EUROCONTROL; 2007, 2010).

Specifika SESAR-projekt som t.ex. projekt 6 7 1 (*Support tools for pilots during taxi*), 6 7 2 (*A-SMGCS routing and planning*) and 6 7 3 (*A-SMGCS guidance function*) ansvarar mer i detalj för att effektivisera taxikörning i tungt belastad flygplatsmiljö. ATC matar A-SMGCS med varierande indata som t.ex. flygplansrörelser, start- och landningsbana i användning, restriktioner såsom stängda taxibanor samt taxitider och tilldelad parkeringsplats (Gate/Stand). Systemet genererar därpå en optimerad taxirutt där kortast sträcka är prioriterad. Taxitider är av intresse i samband med förevarande examensarbete då det visar sig att ATC-personal matar in uppgifter om olika flygplans taxifart baserat på statistik och egna erfarenheter (tumregler). Flygplan kategoriseras baserat på detta underlag i tre grupper: Light, Medium och Heavy beroende på flygplanens massa.

2.8.7 ALICIA

EU-kommissionen har finansierat ytterligare ett forsknings- och utvecklingsprojekt benämnt ALICIA (*All Condition Operations and Innovative Cockpit Infrastructure*) vars syfte är att utveckla nya cockpitapplikationer avsedda att öka verkningsgraden i allväderssituationer (nedsatt sikt eller t.ex. mörker) och att minska separation mellan flygplan med bibehållen eller högre flygsäkerhet för att på så sätt öka effektiviteten i luftrummet. Över tid avser ALICIA därigenom samtidigt också minska trafikförseningar inom luftfarten. ALICIA kan ses som ett forsknings- och utvecklingsprojekt vilket avser realisera forskning- och utvecklingsresultat från SESAR och omsätta dessa i nya tekniska cockpitlösningar (ALICIA, 2007).

2.9 UTVECKLINGSLINJER

Litteraturstudien visade att flygindustrin befinner sig i en utvecklingsfas där integrerade system, som har till uppgift att höja säkerhet och effektivitet

samt söka minska miljöpåverkan på flygplatser och i luftrummet runt dessa, får ökad betydelse. En något fragmenterad bild framkom där antalet vetenskapliga relevanta artiklar var begränsad. Dessutom pågår olika projekt och utvärderingar av system och procedurer parallellt i Europa såväl som i Nordamerika. För att kunna tillhandahålla en generell bild av vad som sker i nu-tid och i den närmaste framtiden får nedanstående sammanställning tjäna som exempel.

2.9.1 Datalänk

Textmeddelanden som ersättning och/eller komplement till dubbelriktad radiokommunikation mellan trafikledning och flygplan kan projiceras i skärmmiljö i cockpit. Dels kan sådana meddelanden läsas, sändas och kvitteras av piloterna och dels kan färdtillstånd presenteras direkt på en HUD. Med hjälp av HGS och SGS presenteras färdtillståndets begränsning t.ex. som en barriär av koner tvärs den taxibana flygplanet befinner sig på. Ett datalänksystem benämnt CPDLC (*Controller Pilot Data Link Communication*) är föremål för utprovning/driftsättning.

2.9.2 ADS-B och TIS-B

Ett flygplan eller något annat fordon position i realtid är viktig att känna till. Historiskt sett har detta lösts genom att en trafikledare på en flygplats haft visuell kontakt med ett flygplan, etablerat dubbelriktad radiokommunikation och/eller använt radarstöd. I nedsatt sikt har detta reducerats till radarstöd och radiokommunikation enbart.

Över tid introducerades *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast* (ADS-B) vilken är en utrustning ombord på t.ex. flygplan (eller vilket annat fordon som helst) och som har till syfte att automatiskt sända sin position i realtid till andra fordon, flygplan eller till trafikledningen. Fördelen med ett sådant system är att objekt utrustade med ADS-B i princip kan se sig själva och alla andra objekt med motsvarande utrustning (FAA, 2008). Det är sannolikt att ADS-B kombinerat med andra system i framtiden kommer att ersätta traditionell radarutrustning.

Som en kompletterande informationskanal kan *Traffic Information Service-Broadcast* (TIS-B) integreras i ett trafikledningssystem. Målsättningen är att integrera all känd information som finns i hela trafikledningssystemet (ATC) och presentera detta bland annat för flygbesättningar i cockpitmiljö. (FAA 2005; RTCA 2003). En sådan målsättning ställer höga krav på utformningen av gränssnittet mellan pilot och flygplan, t.ex. bildskärmar.

2.9.3 Runway Advisory and Awareness System

De flesta trafikflygplan av idag är utrustade med terrängvarningssystem benämnda GPWS (*Ground Proximity Warning System*), vilket varnar och larmar för verklig terräng som flygplanet riskerar att komma i konflikt med. En förbättrad version (*Enhanced GPWS*) kallad EGPWS presenterar syntetisk terränginformation för piloterna. EGPWS kan även användas som stöd för taxning om dess mjukvara uppgraderats. RAAS (*Runway Awareness and Advisory System*) är en sådan uppgradering; piloterna kan då följa upp flygplanets rörelser i förhållande till start/landningsbana. Auditiv verifiering av aktuell startbana kan erhållas, såväl som larm när fel taxi- eller startbana används eller om en ej godkänd start (acceleration) inleds (Airbus, 2004).

2.9.4 Synthetic Vision System

I början av 1980-talet inleddes forskningsansträngningar kring möjligheterna att använda information i olika databaser och projicera syntetisk information på skärmar i cockpit. Terrängförhållanden, geopolitiska förhållanden eller hydrologiska karakteristika kunde med tiden presenteras syntetiskt på piloternas navigeringsskärmar. Sådana system betecknas SVS och finns idag ombord på många trafikflygplan. Flygplanets position uppdateras med hjälp av satellit och blir således oberoende av markstationer (Theunissen m.fl., 2005).

Detaljerad syntetisk terrängåtergivning i kombination med återgivning av unik karaktäristik (mikrostruktur) för infrastruktur som t.ex. taxibanor skapar förutsättningar för att piloternas mentala och verkliga uppfattning överensstämmer med varandra (Foyle m.fl., 1992, 1995, 1996).

2.9.5 Enhanced Flight Vision System

Övergången från instrumentreferenser till visuella referenser vid landning är en utmaning för piloter. Dålig sikt i regn eller dimma, mörker eller andra väderförhållanden gör den sista biten av inflygningen innan landning krävande. Introduktion av bildförstärkare, vilken baseras på infraröd (IR) teknik, har över tid skapat förutsättningar att starta och landa i dålig sikt. *Enhanced Flight Vision System* (EFVS) är ett system baserat på bildförstärkning med hjälp av IR. Yttre förhållanden (landningsbana, terräng med mera) projiceras på piloternas HUD samtidigt med information om bl.a. flygplanets fart, kurs, höjd och attityd. Piloterna opererar i detta sammanhang med respektive HUD som huvudskärm och flyttar inte blicken från denna skärm (Theunissen m.fl., 2005).



Bild 2.3 Synthetic Vision System (SVS) presenterat på pilotens Primary Flight Display (PFD).

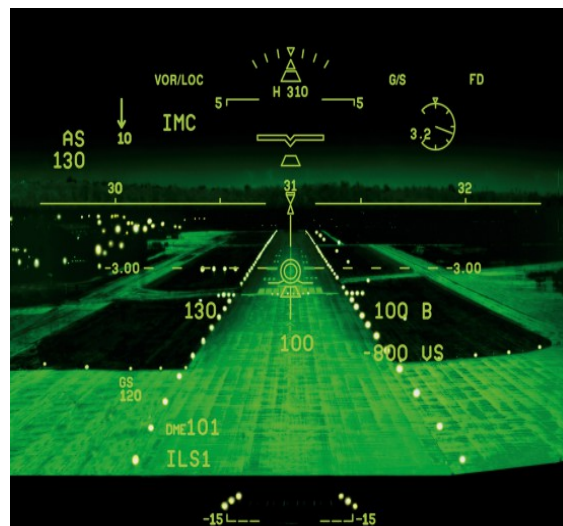


Bild 2.4 Enhanced Flight Vision System (EFVS) presenterat på pilotens Head-Up Display (HUD) under landningsfasen.

2.9.6 Fyrdimensionell taxning

Forskning i huvudsak hos NASA Ames Research Center pekar på att piloter är betjänta av att inte bara fart eller tidsbegränsningar projiceras på en HUD i samband med färdtillstånd i 4D-miljö (X-, Y-, och Z-axeln plus tid) utan också av att både fart och tid presenteras *samtidigt*. Detta har uppmärksamats under simulatorförsök vilka också visade att piloter kontinuerligt utförde kognitiva beräkningar för att säkerställa ankomst på rätt tid (Williams, 2006).

Cheng m.fl. (2009) genomförde försök under vilka piloter i flygsimulator genomförde taxning med respektive utan hjälp av HUD-teknik, där resultatet i huvudsak visade att HUD-teknik föredrogs av piloterna.

Ett av litteraturstudiens resultat var att majoriteten av den här typen av försök inkluderar projicering av *alfanumerisk* data på piloternas HUD. Det torde finnas mer effektiva sätt att projicera sådan information, det vill säga att mer adekvata grafiska symboler borde kunna nyttjas med gott resultat.

Forskning- och utveckling inom SESAR handlar till stora delar om att facilitera 4D-operationer, både på marken och i luften. Att anlända på rätt plats och på rätt tid är en nyckelförutsättning för att effektivisera det europeiska luftrummet. Inom SESAR har *Reference Business Trajectory* (RBT) introducerats som en betydelsefull del av denna målsättning. RBT, som i egentlig mening är en flygning *inkluderande* taxi, sker i 4D-miljö. RBT-begreppet redovisar dock inte närmare tanken på att presentera tidsstyrningsdata för piloter för att effektivisera taxi-delen av RBT (Airbus, 2011).

2.9.7 Systemintegrering

Litteraturstudien visade att ett flertal tekniska system tillkommit under de senaste 25 åren, system som har till uppgift att öka flygsäkerhet och effektivitet samt att minska bränslekostnader; kort sagt att optimera flyguppdraget. Varje system i sig är kraftfullt och har god verkansgrad. Det är dock först när sådana system integreras som den verkliga styrkan visar sig.

Kombinationen av syntetisk data (SVS) och bildförstärkare (EFVS) under inflygning och landning är kraftfull då piloten initialt får terränginformation projicerad på bildskärm (HDD). Under den senare delen av inflygningen smälter SVS ihop med EFVS och piloten kan tidigt få visuell markkontakt. Under inflygningens sista del landar piloten behjälplig av EFVS och övrig taktisk flyginformation projicerad på en HUD (Hooey & Foyle, 2003)

Det finns stora fördelar med att nyttja SVS även för taxning i dålig sikt eller mörker. Nyttjas SGS för taxning i kombination med SVS får piloterna även styrkommandon via sin HUD. En samlad bild över situationen fås med hjälp av ADS-B, TIS-B, elektronisk rörlig karta (AMM), RAAS-varningar och färdtillstånd via CPDLC, koordinerade med annan trafik av A-SMGCS som övervakar och kontrollerar alla rörelser i realtid på flygplatsens manöverområde. Slut användaren, det vill säga piloterna, skulle sammantaget avlastas betydligt om den ovan nämnda systemintegreringen kommer till sin fulla potential. Kan dessutom navigering i 4D-miljö säkerställas över tid blir det totala integrerade systemet kraftfullt.

2.10 SAMMANFATTNING LITTERATURSTUDIE

Förevarande litteraturstudie hade som mål att kartlägga forskningsläget avseende tidsstyrning av taxning. Det visade sig vara svårt att undvika begreppet *Runway Incursions*. Begreppet är intimt kopplat till tidsstyrning av taxning då navigerings- och tidsstyrningsstöd är tänkta att presenteras delvis på samma bildskärm (HUD). En annan dimension är att piloter och trafikledning inte har optimerade verktyg för övervakning och uppföljning av färdtillstånd utan att detta hämmas av externa såväl som interna faktorer; mellan maskiner, mellan människor och maskiner samt mellan människor och människor. Under sent 1990-tal presenterade NASA ett system kallat T-NASA avsett att stödja navigeringsfasen under taxning – tanken om att presentera stöd för tidsstyrning kan också skönjas. Över tid tillämpades erfarenheterna från T-NASA på ett befintligt system för HUD-stöd under inflygning och landning (HGS). Resultatet blev SGS där piloterna fick både navigeringsstöd såväl som tidsstyrningsstöd, det sistnämnda dock i begränsad alfanumerisk form. En något fragmenterad bild framträder avseende hur

forskningsläget ser ut idag och hur det kan utvecklas i framtiden. De båda projekten SESAR och ALICIA, finansierade av EU-kommissionen, inriktar sig på forskning och utveckling för att effektivisera det europeiska luftrummet. I dessa ansträngningar ingår taxidelen av flyguppdraget, dock med tyngdpunkt på navigerings- och inte tidsstöd för taxi. *Datalänk* är en sannolik utveckling där kommunikation mellan aktörer i systemet sker utan radiotelefoner. Textmeddelanden är grunden i ett sådant system. Fördelen med data-länk är att all information i systemet kan delas av alla användare; information kan sändas, omvandlas till text eller grafik eller nyttjas bakom kulisserna i automatiserade system. Automatiserade övervaknings- och driftssystem för flygplatser introducerades under 1990-talet i Europa, *A-SMGCS* har en framträdande roll i dessa sammanhang. I dagsläget använder trafikledning (ATC) detta system på nivå 1 (övervakning) och nivå 2 (kontroll/larm), men i framtiden avses nivå 3 (planering) och nivå 4 (vägledning/kontroll) implementeras. Den bedömt delvis godtyckliga kategorisering i grupper som sker av ATC avseende taxifart och för inmatning i *A-SMGCS*, är av intresse att synkronisera med tidsstyrningsdata och dess presentation i cockpit. *Syntetisk information (SVS)* såväl som *bildförstärkare (EFVS)* kan modifieras för att presentera mikrotextur (syntetisk avbildning av infrastruktur) såväl som för en förstärkt visuell funktion i mörker och/eller dålig sikt.

Resultatet av förevarande litteraturstudie visade att flygindustrin ännu inte i speciellt hög grad uppmärksammat möjligheterna att presentera tidsstyrningsinformation för taxning med hjälp av HUD.

3 Framtagning av skärmbild

3.1 TEORETISKT RAMVERK

Ett teoretiskt ramverk definierade teorier och riktlinjer för framtagning av en skärmbild. Framtagningen delades in i fyra faser: (1) litteraturstudie, (2) forskningsfas, (3) designfas och (4) utvärderingsfas. Litteraturstudien inledde framtagningen där forskningsläget för skärmbilder för tidsstyrd taxning undersöktes och utifrån detta drogs riktlinjer upp för den tänkta skärmbilden. Forskningsfasen avsåg undersöka hur en skärmbild för tidsstyrd taxning skulle utformas utifrån användarkrav hos piloter. Denna fas baserades på ett antal HMI-teorier. Designfasen byggde på att förslag togs fram via författarens erfarenheter av flygdomänen samt på resultat från litteraturstudie och forskningsfas. Utvärdering av designförslag genomfördes i simulerad miljö där piloter fick skatta skärmbilders användbarhet utifrån definierade variabler.

Användbarhetsprincipen har legat till grund för framtagningen av skärmbilder. Användbarheten refererar inte enbart till skärmbildens funktion i sig utan söker också optimera interaktionen människa-tekniksystem (MTS), uppgiften och den miljö systemet skall verka i (Bohgard, 2008).

3.1.1 Ecological Interface Design

Ecological Interface Design (EID) är en metod för att skapa användargränssnitt inom komplexa, dynamiska och sociotekniska system. Sådana system kännetecknas av snabba förändringar – oftast i realtid. Till skillnad från användarcentrerad design (*User-Centered Design*, UCD) – där fokus ligger på *användaren*, till och med en enskild användare och/eller en specifik uppgift – ligger fokus för EID på operatörens *miljö och arbetsdomän*. EID kan tänkas ligga på ena änden av en tänkt skala, och den enskilda individens kognitiva funktioner på den andra änden (Schuler & Namioka, 1997).

EID baseras på två teorier: *abstraktionshierarki* (AH) (se 3.1.3 nedan) samt *SRK-modellens* teoretiska ramverk (se 3.1.2 nedan). SRK-modellens beskrivning av användarbeteenden och AH-metoden som analytiskt verktyg kombineras inom EID (som har sina rötter i kognitiv ergonomi) och kan användas inom komplexa uppgifter som problemlösning och beslutsfattande. Genom att söka reducera kognitiv belastning och stödja kunskapsbaserade funktioner ökar EID människa-tekniksystemets prestanda främst genom att avgränsningar och förhållanden i en komplex miljö, till exempel förarkabinen på ett flygplan, åskådliggörs på ett logiskt sätt (Burns & Hajdukiewicz

2004; Vicente 1999b; Rasmussen 1983, 1985, 1990; Vicente & Rasmussen 1992).

Förevarande skärmbilder har delvis baserats på EID-teori beroende på den komplex sociotekniska miljön, hög dynamisk nivå samt att fler än en användare interagerar med systemet samtidigt.

3.1.2 SRK-modellen

SRK-modellen ligger inom EID till grund för hur information skall presenteras för att optimera användarens *perception*. SRK-modellen kan även användas separat inom t.ex. analyser av beslutsfattande. Människans förutsättningar för att samverka med tekniksystemet (fokus på beslutsfattande) kräver enligt SRK-modellen ett användargränssnitt som designats så att färdighets- (*Skill*), regel- (*Rule*) samt kunskapsbaserat (*Knowledge*) beteende kan tas om hand. Färdighetsbaserat beteende baseras på handlingar utan aktivt medvetande och kan betraktas som rutinmässigt beteende. Regelbaserat beteende baseras på regler, rutiner eller förvärvad kunskap. Kunskapsbaserat beteende baseras på aktivt tänkande och problemlösning. Inom EID fokuseras designansträngningarna på att öka stödet för kunskapsdelen av SRK-modellen och att söka reducera kognitiv belastning. Människa-tekniksystemet ökar då i prestanda, både i normala såväl som i onormala situationer (Burns & Hajdukiewicz 2004; Vicente 1999b; Rasmussen 1983, 1985, 1990). I tillägg till detta kan individen befinna sig på olika beslutsfattande- och beteendenivåer samtidigt beroende på stundens förutsättningar och begränsningar.

Förevarande skärmbilder har delvis baserats – och då främst ur ett användarperspektiv – på SRK-modellen, då detta är ett effektivt sätt att studera piloters personliga såväl som interpersonella beteendenivåer. I en komplex och dynamisk socioteknisk arbetsmiljö avspeglar SRK-modellen flygbesättningens varierande erfarenhet, ålder och förmåga.

3.1.3 Abstraktionshierarki

Abstraktionshierarki (AH) ligger till grund för hur och vilken information som skall presenteras för användaren. Användarens arbetsmiljö, såväl ur ett specifikt användarperspektiv såväl som ur ett generellt omgivningsperspektiv kan analyseras med hjälp av AH. Hierarkin i modellen baseras på fem nivåer: fysisk form, fysisk funktion, generell funktion, abstrakt funktion och funktionens syfte. Nivåerna beskrivs i fallande form, där komponenter högre upp i hierarkin beskriver behov och syften med systemet. Lägre nivåer beskriver hur komponenter ser ut och är konstruerade. Varje nivå i AH

är en unik och uttömmande beskrivning av arbetsdomänen. En analys av arbetsdomänen (WDA) kan ge en eller flera abstraktionshierarkier (Burns & Hajdukiewicz 2004; Vicente 1999b; Rasmussen 1983, 1985, 1990).

Förevarande skärmbilder har delvis baserats på de högre nivåerna av AH i första hand som designstöd, eftersom de lägre nivåerna delvis redan är implementerade i systemet; manöverdonsdesignen är redan avslutad och det är bara informationsdonet som är föremål för undersökning.

3.1.4 Människa, teknik, organisation

Flyg- och kärnkraftsindustrin har genomfört ett likartat systematiskt säkerhetsarbete över tid. Fokus inom flygindustrin har riktats mot människans interaktion med sin omvärld och att effektivt utnyttja tillgängliga resurser i olika former. Kärnkraftsindustrin riktade sitt fokus mot interaktionen mellan människan och det omgivande tekniska systemet samt den bakomliggande organisationen. Resultatet blev MTO (*människa-teknik-organisation*). Flygindustrins CRM (*Crew Resource Management*) påminner om kärnkraftsindustrins MTO-begrepp där den mänskliga operatören och dennes interaktion med omgivningen lyfts fram (Eklund, 2003).

Domänerna teknik, beteendevetenskap och organisation överlappar varandra vid studier av redan befintliga människa-tekniksystem. Det finns även anledning att redan i designfasen ta hänsyn till dessa faktorer. En sådan övergripande tanke fångas upp i MTO-perspektivet där idén är att de tre delarna tillsammans utgör komponenter i systemet. Samspelet mellan människa, teknik och organisation är i fokus. Systemmässigt är helheten större än delarna; tillsammans skapar analyser av delarna en bättre förståelse för hur ett tekniskt system kan förbättras i termer av säkerhet, effektivitet och t.ex. ergonomi.

Människan i MTO-systemet studeras utifrån faktorer som ergonomi, psykosociala såväl psykologiska som socialpsykologiska utgångspunkter samt arbetsmiljö-, design och produktionsfrågor. Tekniken i MTO-systemet kan studeras för att öka teknisk prestanda så att önskade mål kan uppnås. Organisationen i MTO-systemet fångar upp bland annat ledningsfunktioner, planering och genomförande samt övergripande funktioner typ förändringsarbete. Organisationsperspektivet kopplas också till kulturella, sociala och andra organisatoriska faktorer (Rollenhagen, 1997).

Förevarande skärmbilder har delvis baserats på MTO-perspektiv, främst med avseende på att arbetets förutsättningar i cockpit tydligt bedrivs med avstamp i alla tre komponenterna. Människan (piloten) samverkar intimt med tekniken (flygplanet) och organisationen (flygföretaget och t.ex. trafik-

ledningen). Tyngdpunkten hos förevarande skärmbilder ligger huvudsakligen på människans samspel med de övriga två komponenterna.

3.1.5 Control movement stereotypes

Människor har förväntningar på hur manöverdon skall användas; en strömbrytare till belysning fälls (vanligtvis) ner för att tända en lampa, i alla fall i Europa. I USA sker detta (vanligtvis) genom att strömbrytaren fälls uppåt. Förväntningar på hur t.ex. apparatur kontrolleras är således kulturella; vi lär oss redan som barn vad som händer om vi trycker på en knapp, vrider ett reglage eller trampar ner en pedal (Van Cott & Kinkade, 1972). Även om det finns kulturskillnader mellan olika länder så släcks dessa skillnader till stor del ut av industrispecifika överenskommelser (standard). Flygmateriel är konstruerat efter viss standard, där tydliga designprinciper råder. Stereotyp kontrollåterkoppling (*Control Movement Stereotypes*) mellan manöverdon och utfall presenteras i nedanstående tabell (Hawkins, 1987).

Förevarande skärmbilder har baserats delvis på sådan kontrollåterkoppling. Den kognitiva logiken – förväntan om vad som skall synas – mellan manöverdon (gasreglage) och informationsdon (HUD) med skärmbild är så långt det bedömts möjligt uppfyllt.

Tabell 3.1 Sammanställning av manöver och utfall (Van Cott & Kinkade 1972; US Department of Defence Design Criteria Standards 1999; Hawkins 1987).

Förväntat utfall	Manöver
Till (on)	Upp, höger, framåt, medsols, medurs
Av (off)	Ner, vänster, bakåt, motsols, moturs
Höger	Höger, medsols, medurs
Vänster	Vänster, motsols, moturs
Lyfta	Upp, bakåt
Sänka	Ner, framåt
Fälla in	Upp, bakåt, dra
Fälla ut	Ner, framåt, tryck
Öka	Framåt, upp, höger, medsols, medurs
Minska	Bakåt, ner, vänster, motsols, moturs
Öppna	Vänster, motsols, moturs
Stänga	Höger, medsols, medurs

3.1.6 Kontroll-instrumentkvot

Relationen mellan manöver- och informationsdon är en viktig designfråga då en anbringad rörelse på ett manöverdon skall resultera i motsvarande rörelsemängd på ett informationsdon. Kontroll-instrumentkvot (*Control Display Ratio*) är ett uttryck för manöverdonets känslighet och är viktig för att skapa en god återkoppling mellan handgrepp och utfall (Hawkins, 1987).

Distansen mellan manöver- och informationsdon är också av betydelse. Människor är bra på att operera i system där sådana avstånd är korta och/eller tydliga. Längre avstånd, speciellt där förloppet inte kan följas på ett naturligt sätt, ställer krav på att människan använder mentala bilder och modeller som stöd för att uppfatta vad som händer.

Förevarande skärmbilder är bedömt användarvänliga då manöverdonets (gasreglagets) avstånd från informationsdonet (bildskärmen) och vice versa är bedömt kort både i sträcka och i placering. Även om det tekniska avståndet mellan manöver- och informationsdon är stort och komplicerat, är återkopplingen mellan handgrepp och utfall logiskt och tydligt. Kontroll-instrumentkvoten är bedömt bra mellan gasreglage och skärmbild.

3.1.7 Kontroll-instrumentanpassning och mapping

Användargränssnittet i ett människa-tekniksystem är avgörande för att systemet skall fungera bra. Användargränssnittet består generellt av manöverdon, vilka används för att manövrera eller kontrollera systemet eller delar av detsamma, samt informationsdon vilka visar systemets status. För att undvika problem eller tvetydigheter med manöver- och informationsdon behöver t.ex. användandet av ett reglage otvetydigt och utan större kognitiv ansträngning resultera i att användaren förstår *vad* som kommer att ske och *var* i systemet detta kommer att ske. Denna princip kallas kontroll-instrumentanpassning (*Control Response Compatibility*) och är i dag etablerad designstandard (Helander 2006; Bohgard m.fl. 2008; Hawkins 1987).

Genom att genomföra utvärderingar av återkoppling mellan manöverdon och lokalisering av utfall (*Mapping*) kan kompatibilitetsproblem minskas. Utan adekvat mapping tvingas användaren ha i minnet var någonstans utfallet av ett handgrepp kommer att ske. Kompatibilitet kan i huvudsak betraktas som ett kognitivt begrepp eftersom det vilar på inlärd och/eller erfarenhetsbaserade förväntningar. Sambandet mellan manöverdon och utfall bör optimeras på så sätt att användaren utan kognitiva svårigheter kan se eller föreställa sig vad som kommer att ske (Hawkins, 1987).

Förevarande skärmbilder bedöms uppfylla kraven för Control Response Compatibility och Mapping då manövrerandet av gasreglaget resulterar i

att flygplanets fart ökar respektive minskar, vilket återges på pilotens HUD. Två designprinciper hamnade dock i konflikt då fartindikering normalt placeras till vänster på pilotens PFD (den placerades på skärmbilden i stället till höger); kontroll-instrumentanpassning och mapping stödjer högerplacering till nackdel för traditionell vänsterplacering på PFD.

3.1.8 Generella designprinciper för gränssnitt

Bildskärmar (informationsdon) är en vanlig del i gränssnittet mellan människa och maskin. Reglage (manöverdon) är en annan viktig del av gränssnittet. Informationsdonen visar teknisksystemets status och är intimt förknippade med manöverdonen vilka kontrollerar systemet.

Tre huvudprinciper gäller för informationsdon: information måste kunna upptäckas, igenkännas och förstås. En bildskärm skall kunna avläsas oberoende av ljusförhållanden och t.ex. inte vara skymd för användaren. Rätt information skall presenteras vid rätt tillfälle, vara otvetydig samt inte ta för mycket av användarens kognitiva resurser i anspråk (Bohgard m.fl. 2008; Hawkins 1987).

En bildskärm kan visa text, grafik eller kombinationer av dessa, och är ett vanligt informationsdon. Grafik kan visas i form av symboler, figurer, diagram eller t.ex. flödesscheman. Grundläggande principer för hur information bör presenteras på bildskärmar finns, emellertid utan att utgöra internationell standard. Till sådana principer hör Schneidersmans (1998) åtta gyllene regler (datakonsekvens, möjlighet till användargenvägar, informativ återkoppling, tydlig avslutningsåterkoppling vid processlut, felsäkerhet och felacceptans, möjlighet att återställa funktioner, stödet av egenkontroll samt minskad belastning på korttidsminnet). Användbarhetsheuristik enligt Nielsen (2001), Schneiderman (1998), och amerikanska försvarsdepartementets (1999) riktlinjer för gränssnittsdesign är andra exempel.

Skärmbilder kan visa olika typer av information. Kvalitativ, kvantitativ och representativ information kan presenteras, såväl som trender och estimeringar och/eller predikteringar. Beroende på användardimension kan informationsdon dessutom kategoriseras på flertalet andra sätt. Dynamisk och statisk presentation skiljer sig inom flygdomänen genom att dynamisk information ändras i takt med omvärlden; fartmätare, höjdmätare och kurspresentation är sådana exempel medan varningstexter, tabeller och skyltar är exempel på statisk information. Begreppet kvantitativ information används också med avseende på höjd, fart, kurs eller t.ex. bränslemängd, medan kvalitativ information visar trender som t.ex. vertikalhastighet eller bränslepredikteringar (Bohgard m.fl. 2008; Hawkins 1987).

En HUD är föremål för samma grundläggande designprinciper som andra informationsdon. Design och konstruktion av gränssnitt inom flygdomänen ställer höga krav på förståelse för människans förutsättningar och begränsningar (Hawkins, 1987).

Förevarande fyra skärmbilder är till del baserade på ovanstående principer. Exempelvis presenteras ökad indikerad fart (Ground Speed) eller föreslagen fartökning (Required Ground Speed) i riktningen upp respektive åt höger. Prediktiv och deskriptiv information presenteras enligt principer om tillgänglighet, närhet och tydlighet. Belastning på korttidsminne minimeras genom enkelhet, redundans av presentationssätt och symboler.

3.1.9 Standardisering av symboler

Symboler kan användas i samband med design av manöver- och informationsdon, larm samt användarinstruktioner och riktlinjer för hantering eller drift av annan utrustning. Omfattande forskning har genomförts vilken lett fram till standardiserade ikoner för informationspresentation inom hemelektronik, fordon och t.ex. datorer. Användaren bör inte ha några kognitiva svårigheter med att känna igen och förstå ikoner och symboler. Informationsdon av den här typen kallas ibland *representativa* informationsdon.

Förevarande skärmbilder bygger på principen om representativ informationspresentation; symboler och förkortningar som används historiskt inom flygdomänen har använts för skärmbilderna.

Tabell 3.2 Sammanställning av de fyra skärmbilderna och deras karaktäristik.

Princip	Skärmbild			
	1	2	3	4
Alfanumerisk	X	X	X	X
Grafisk			X	X
Deskriptiv	X	X	X	X
Prediktiv		X	X	X
Information		X	X	X
Kommandon				X
Kvalitativ		X	X	X
Kvantitativ	X	X	X	X
Integrerad information			X	X
Informationsredundans*		X	X	X

1: Alfanumerisk, deskriptiv

2: Alfanumerisk, deskriptiv, prediktiv

3: Alfanumerisk, grafisk, semicirkulär typ, deskriptiv, prediktiv

4: Alfanumerisk, grafisk, stapeltyp, deskriptiv, prediktiv

* Information presenteras på olika sätt men med samma datakälla

3.1.10 Specifika designprinciper för gränssnitt

Nedan presenteras specifika designprinciper vilka kategoriserats efter (1) uppmärksamhet, (2) perception, (3) minnesfunktion samt (4) mentala modeller (Bohgard m.fl. 2008).

3.1.10.1 Uppmärksamhet

Situationen i vår omvärld påkallar varierande uppmärksamhet. Ibland är operatören selektiv i sin uppmärksamhet och måste sälla bland inkommande information. Människans uppmärksamhetsförmåga varierar med tid och omgivning. Operatören skall inte behöva leta efter information på olika platser; information som hör ihop skall presenteras nära varandra och informationskällorna skall helst koncentreras till samma ställe.

Det finns vinster med att integrera olika informationskällor i samma skärmbild. Det kan innebära att symboler, grafer och text från tid till annan kan användas samtidigt eller parallellt. Placeringen av olika information på samma ställe, kodning i form av färg eller typsnitt samt avgränsningar i form av boxar eller pilar hjälper operatören att slippa dela sin uppmärksamhet. Användarinformation kan delas upp och överföras via flera informationskanaler. Visuellt såväl som auditiv information kan överföras i kombination för att undvika överbelastning av ett sinne.

Förevarande skärmbilder har designats med uppmärksamhetskrav i åtanke. Nödvändig information visas i samma skärmbild, redundans finns i form av grafisk såväl som alfanumerisk information. Endast visuella signaler har använts men reducerats till ett minimum så att den visuella informationskanalen inte skall bli överbelastad (Bohgard m.fl. 2008).

3.1.10.2 Perception

Människans informationshantering är komplex. Genom inkommande stimuli från sinnesorganen får individen information från den omgivande världen. Denna information saknar mening så länge den inte uppmärksammas och jämförs med minnet. Perceptionen ger inkommande stimuli mening. Perception är en kognitiv funktion och därmed känslig för störningar. För att säkerställa en bra perception behöver inkommande stimuli vara av god kvalitet, vilket dels är beroende av individens biologiska förutsättningar och begränsningar (Bohgard m.fl. 2008) och dels av den omgivande miljön.

Majoriteten av inkommande stimuli baseras på visuella signaler är av visuell karaktär. Bildskärmsdesignen är därmed föremål för olika krav: ljus-

och kontrastkvaliteten skall vara god och avståndet till och vinkel på skärmen skall vara god. Eftersom HUD-tekniken inte har samma karaktäristik som en vanlig bildskärm t.ex. av katodrörstyp (CRT), utan bygger på att ljus projiceras t.ex. med hjälp av en optisk spegelmekanism på en glasskiva, tillkommer en del HUD-specifika design- och användarproblem. Första generationens HUD-teknik byggde på att energi projicerade på en fosforskärm – denna teknik är fortfarande den vanligast förekommande inom civilflyget. Med avseende på presentation av information med hjälp av *olika* färger bär dagens HUD-teknik på vissa begränsningar; vanligast förekommande är en skarp grön nyans vilken dock ger god synlighet och kontrastverkan både i ljus och i mörker.

Specifika utmaningar råder i samband med projicering av syntetisk information i piloternas siktlinje framåt-utåt. Eftersom samma skärpedjup önskas såväl för den verkliga siktlinjen som för den syntetiska (så att piloterna slipper fokusera om mellan in- och utsida) råder krav på ljusstrålarnas kollimering (parallella riktning) enligt samma princip som för kikare och/eller teleskop. En annan utmaning är storleken på HUD-ramarna; ett optimalt mått tillåter operatören att röra på huvudet i förhållande till en tänkt box (*Head Motion Box*) vilket ger visuell kontakt med skärmen. Ljustyrka och kontrast behöver kunna moduleras i realtid i dynamisk miljö och denna reglering bör vara automatisk men justerbar via manuella inställningar. Avslutningsvis måste den syntetiska och den verkliga bilden vara synkroniserad i samtliga tre axlar (X, Y och Z) för att operatören på ett säkert och meningsfullt sätt skall kunna använda systemet.

Förevarande skärmbilder är inte i begreppets egentliga mening designade som ett konkret förslag på en tänkt framtida lösning. Syftet med skärmbilderna är att undersöka piloternas uppfattning och självskattning kring den information som finns tillgänglig och inte informationen i sig eller dess utseende. Övergripande hänsyn till perceptuella förutsättningar och begränsningar gäller även för de föreslagna skärmbilderna. Text och grafik är t.ex. projicerade med grön färg och med tydlig kontrast.

3.1.10.3 Minnesfunktioner

En viktig del av operatörens perception är användandet av lång- och korttidsminnet (LTM/KTM) för att begripliggöra inkommande stimuli. LTM garanterar att operatören kan hantera och förstå ett tekniskt system korrekt. Däremot skall KTM belastas i mindre utsträckning – operatören skall inte behöva hålla aktuell systemstatus i minnet. Konsekvent presentation är en annan viktig designfaktor: gränssnitt skall över tid vara konsekventa där

kända och tydliga symboler skall användas i systempresentation. Samma princip gäller för begrepp och förkortningar (Bohgard et al, 2008).

Förevarande skärmbilder bedöms belasta KTM relativt lågt; designens enkelhet och kompatibilitet med andra liknande informationsdon inom flygdomänen säkerställer detta. Den initiala kognitiva utbildnings- och träningsinsatsen, förståelsen för systemfunktionen, lagras däremot i LTM (Bohgard m.fl. 2008).

3.1.10.4 Mentala modeller

Operatören behöver stöd för att upprätthålla en mental modell, en representation av systemet och dess status. Symboler, grafer och t.ex. begrepp bör följa kända principer och riktlinjer. Det är av vikt att placering av informationsdon sker på ett sådant sätt att detta korrekt avspeglar vad som sker i en process. Dynamisk presentation av information som till exempel fart, bör ske i logisk riktning och följa principer för logisk återkoppling mellan manöver- och informationsdon (Bohgard m.fl. 2008; Hawkins 1987; Helander 2006).

Förevarande två grafiska skärmbilder baseras på dessa principer. Pilotens mentala modell är t.ex. att ökad motoreffekt ger högre fart vilket skall kunna förstås utan större ansträngning via respektive skärm. Nödvändig information för tidsstyrning av taxning finns presenterad på piloternas HUD i logiska kluster.

3.1.11 Informationshantering och beslutsfattande

De fyra föreslagna skärmbilderna visade varierande information vilket ställde varierande krav på försöksdeltagarnas mentala förmåga. Situationsmedvetande, analys av beslutsunderlag, bedömningar, beslutsfattande, omdöme och återkoppling är exempel på faktorer som rör sig i en beslutsrymd.

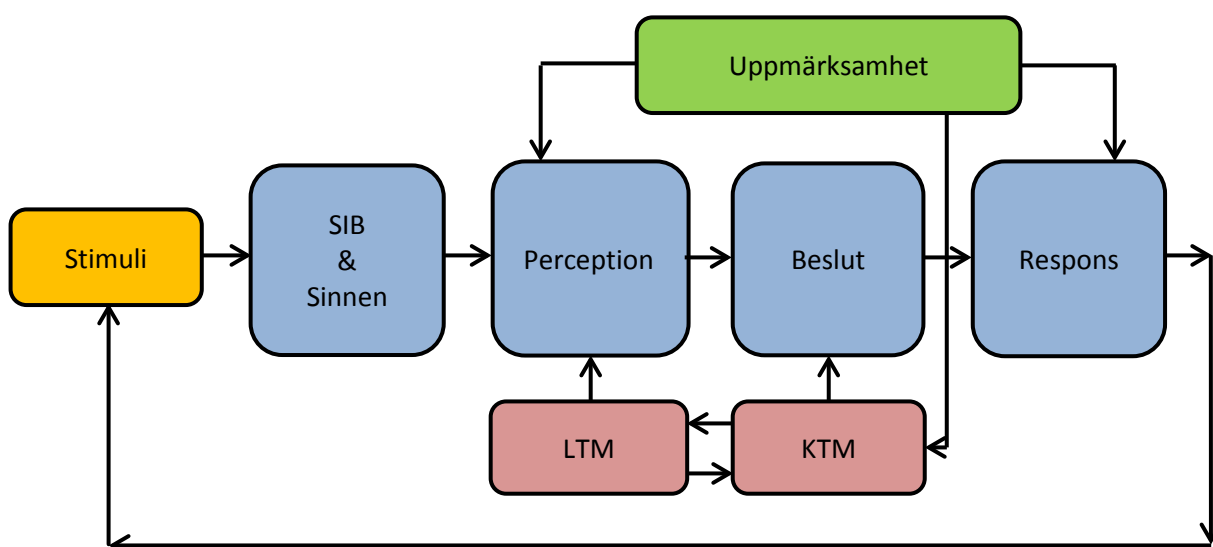
3.1.12 Informationshantering

Människan varseblir omvärlden genom sina sinnen och kompletterar dessa med lagrad minnesinformation, fattar beslut och genomför därpå en handling. Inadekvata inkommande stimuli sållas bort genom en omedveten process. Människans förutsättningar och begränsningar påverkar intaget av stimuli via sinnesapparaten. Denna sållning är fundamental för att individen skall kunna hantera informationsmängden. Resterande stimuli samlas i en sensorisk informationsbuffert (SIB). Sådan information är fortfarande otolkad. Perception handlar i mångt och mycket om att tolka inkommande

stimuli eller sinnesintryck, att bli varse omgivningen och ge densamma mening. Uppmärksamhet är en nyckelfaktor i varseblivningsprocessen eftersom den reglerar mängden och riktningen på den energi som finns tillgänglig. Förmågan att upprätthålla uppmärksamhet kallas vigilans.

Perception är en komplex process och den förutsätter att individen kan rikta sin uppmärksamhet och reglera densamma över tid, vilket ställer krav på att uppmärksamhet kan delas och att individen klarar av att genomföra selektering av inkommande i stimuli. Den perceptuella processen är beroende av inre såväl som yttre faktorer. Behov, erfarenheter, känslor, strategier och förväntningar hos individen samspelar med yttre faktorer som kvalitet och storlek på inkommande stimuli. Den perceptuella processen är känslig för störningar, både i korttidsminnet (KTM) och i långtidsminnet (LTM). Korttidsminnet (arbetsminnet) är ett realtidsminne för temporär informationslagring och är känsligt för stress. Dess kapacitet är i stort sett det som sker i nutid och någon minut bakåt och i informationsmängd cirka 7 plus/minus 2 dataenheter. Långtidsminnet har stor lagringskapacitet och innehåller individens samlade erfarenheter. Information i LTM är lagrad (inlärdd) och finns tillgänglig över tid. I LTM jämförs inkommande stimuli med tidigare erfarenheter, LTM har därför en central roll i varseblivningen (Bohgard m.fl. 2008).

Förevarande skärmbilder har designats med avseende på beskrivna principer för den mänskliga informationshanteringen, främst avseende kravet på att minimera mängden information som piloten måste hålla i KTM.



Figur 3.1 Schematisk modell av den mänskliga informationshanteringen baserad på Wickens m.fl. (2004).

SIB: Sensorisk informationsbuffert
 LTM: Långtidsminne
 KTM: Korttidsminne/Arbetsminne

3.1.13 Beslutsfattande

3.1.13.1 Naturalistiskt beslutsfattande

Naturalistiskt beslutsfattande (*Natural Decision Making*, NDM) bygger på en beslutsdriven process och inte en normativ, till skillnad från mer rationella beslutsmodeller. En annan skillnad mellan NDM och annan beslutsteori är att individer som använder NDM också använder sitt situationsmedvetande till större del, samt gör fler och mer kontinuerliga bedömningar av rådande situation. Kontexten är en annan viktig del av NDM då den i huvudsak avgör vilka beslut som skall fattas. NDM-orienterade organisationer delegerar till stor del beslutsfattande till lägre nivåer på grund av den situationsdrivna beslutsmiljön. NDM kan sammanfattas som en situationsdriven såväl som kontextdriven modell att fatta beslut efter, ofta med undermåligt eller ringa beslutsunderlag eller i en snabbt skiftande beslutsmiljö. Begränsad mängd tid till förfogande är också ett kännetecken för en sådan miljö (Zsombok & Klein, 1997).

Förevarande skärmbilder är designade med tanke på att NDM ligger i linje med arbetet i cockpit och förutsättningarna för detta arbete. Situationsmedvetande är en portalfråga såväl inom NDM som inom arbetet i cockpit och en av de förväntade vinsterna med just HUD-teknik.

3.1.13.2 Heuristik

Heuristik kan ses som en erfarenhetsbaserad problemlösningsteknik och beslutsfattandemodell där tumregler, kvalificerade gissningar och intuitiva bedömningar är nyckelord. Problemlösning, inläring och upptäckande sker efter dessa principer. Heuristik är en metod för beslutsfattande då det är ont om tid och/eller då omfattande datainsamlingar inte är genomförbara av varierande orsaker. Sannolikheten för ett utfall grundar sig i första hand på subjektiva och inte objektiva bedömningar (Kahneman m.fl. 1982).

Förevarande skärmbilder bygger delvis på heuristiskt beslutsfattande; från tid till annan använder piloter tumregler och estimeringar baserade på erfarenhet. Denna procedur är dessutom användbar för att värdera rimligheten i människa-tekniksystemets status – vilket i sig är av stor vikt.

3.1.13.3 SRK-modellen

Beslutsfattande sker på olika medvetandenivåer, allt från automatiska handlingar till väl genomtänkta. SRK-modellen (Rasmussen, 1983) bygger på tre olika beslutsnivåer: färdighets-, regel- och kunskapsbaserat beslutsfat-

tande (*Skill, Rule, Knowledge*). *Färdighetsbaserat* beslutsfattande ligger nära automatiskt beteende där handling följer snabbt på inkommande stimuli. Inlärt och reflexartat beteende kan räknas hit. Medvetandegraden är relativt låg, erfarenhet och träning är en förutsättning för ett sådant beslutsfattande. Det finns gott om plats i KTM för andra uppgifter. Det *regelbaserade* beslutsfattandet handlar mer om bekanta situationer med bekanta avgränsningar. Regler, bestämmelser, organisatoriska funktioner och handlings scheman finns lagrade i LTM. Regelbaserat beslutsfattande sker ganska snabbt. *Kunskapsbaserat* beslutsfattande används vid okända och nya situationer, ofta där det inte finns regler. Större kognitiva resurser tas i anspråk med högre stresskänslighet. KTM utnyttjas i större utsträckning. Gränsen mellan de olika nivåerna är suddig. Skillnader finns mellan individer, och individen kan med tiden utveckla ett beslutsfattande från kunskaps- via regel- till ett färdighetsbaserat sådant. Träning och utbildning är nyckelord i denna process (Rasmussen, 1983).

Förevarande skärmbilder bygger på SRK-modellens utvecklingsteorier speciellt med tanke på att flygbesättningen vanligtvis består av två piloter med varierande ålder, erfarenhet och kunskapsnivå.

3.1.14 Sammanfattning teori

Framtagningen av de fyra skärmbilderna baserades till stor del på de teoretiska designgrunder vilka beskrivits enligt ovan. Nedan följer en sammanställning av respektive designteori kopplad till de fyra skärmbilderna.

Tabell 3.3 Sammanställning designteori skärmbilder 1-4

Uppfyllda designkriterier	Skärmbild 1	Skärmbild 2	Skärmbild 3	Skärmbild 4
Ecological Interface Design	delvis	delvis	delvis	delvis
SRK-modellen	delvis	delvis	delvis	delvis
Abstraktionshierarki	delvis	delvis	delvis	delvis
Människa, teknik, organisation	delvis	delvis	delvis	delvis
Control Movement Stereotypes	delvis	delvis	ja	ja
Kontroll-instrumentkvot	nej	nej	ja	ja
Distans kontroll/instrument	ja	ja	ja	ja
Kontroll-instrumentanpassning	nej	nej	ja	ja
Mapping	ja	ja	ja	ja
Generell design för gränssnitt	ja	ja	ja	ja
Standardisering symboler	ja	ja	ja	ja
Specifik design för gränssnitt	ja	ja	ja	ja
Beslutsfattande generellt	delvis	devis	ja	ja

3.2 BESKRIVNING AV TÄNKT DESIGN

3.2.1 Framtagningsprocess

Framtagningsprocessen inleddes med att en gruppintervju genomfördes med fem trafikpiloter och där målet var att erhålla förståelse för deras behov och krav på framtida utrustning för taxning med tidsstöd. Det material som framkom under gruppintervjun analyserades med hjälp av en induktiv tematisk analys enligt Braun och Clarke (2006) och där materialet sammanställdes i kluster. Den tematiska analysen resulterade i sex stycken kluster vilka i sin tur definierades till följande variabler; information, belastning, situationsmedvetande, stress, stöd och användbarhet.

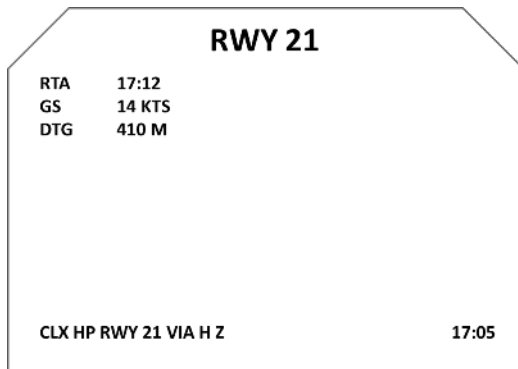
Baserat på (1) det teoretiska ramverket, (2) gruppintervjun och (3) författarens tillämpade erfarenhet från flygdomänen, utvecklades fyra tänkbara skärmbildsprototyper. En andra gruppintervju hölls med fem ytterligare trafikpiloter, detta för att utvärdera framkomna bildskärmsprototyper. Erfarenheter från denna andra gruppintervju inkorporerades i framtagningsprocessen där, efter justeringar och kompletteringar, fyra förbättrade skärmbilder kunde presenteras. Den enklaste var Skärmbild 1, något mer utvecklad än vad som utprovats i dagsläget för taxning med flygplan (figur 3.2) och Skärmbild 4, den mest avancerade (figur 3.5), baserades på en grafisk stapeltyp (Speed-tape) redan i användning under flyguppdragets flygfas. De två övriga skärmbilderna, Skärmbild 2 (figur 3.3) och Skärmbild 3 (figur 3.4), var varianter av de andra två skärmbilderna. Skärmbild 3 och 4 var av grafisk karaktär, Skärmbild 2, 3 och 4 var av prediktiv typ till skillnad från Skärmbild 1 som enbart var deskriptiv.

Bakgrunden till att de fyra olika skärmbilderna fick just den utformning de fick baseras på den komplicerade sociotekniska miljön i förarkabinen på ett flygplan, där olika besättningsmedlemmar skall kunna fungera tillsammans i ett flerpilotssystem oberoende av erfarenhet, ålder, utbildningsbakgrund och kognitiva arbetssätt. Skärmbild 1-4 kan därför passa olika besättningsmedlemmar samtidigt – vilket är analogt med SRK-modellen för beslutsfattande, beteende och interaktion med tekniska system.

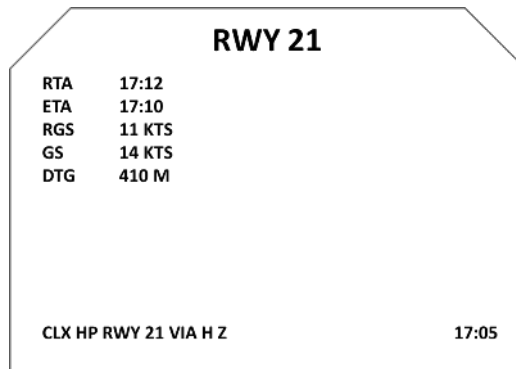
3.2.2 Översikt skärmbilder

Fyra skärmbilder framställdes i enlighet med delmål 1 (framtagning av skärmbilder) baserade på det teoretiska ramverket (sektion 3.1 ovan). Figur 3.2 till 3.5 nedan presenterar dessa skärmbilder på det sätt de kan komma att se ut i en operativ miljö. Figur 3.6 till 3.9 ger en mer ingående beskrivning av de fyra skärmbilderna.

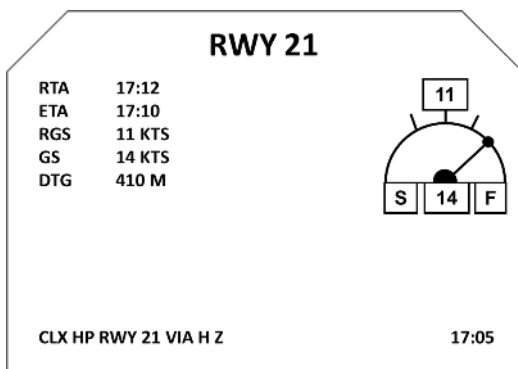
3.2.2.1 Skärmbilder



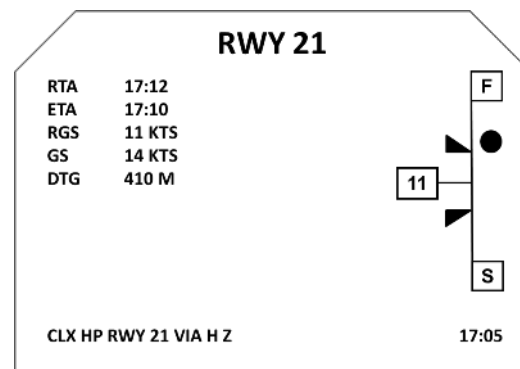
Figur 3.2 Alfnumerisk skärmbild med deskriptiv information på HUD.



Figur 3.3 Alfnumerisk skärmbild med deskriptiv och prediktiv information på HUD.

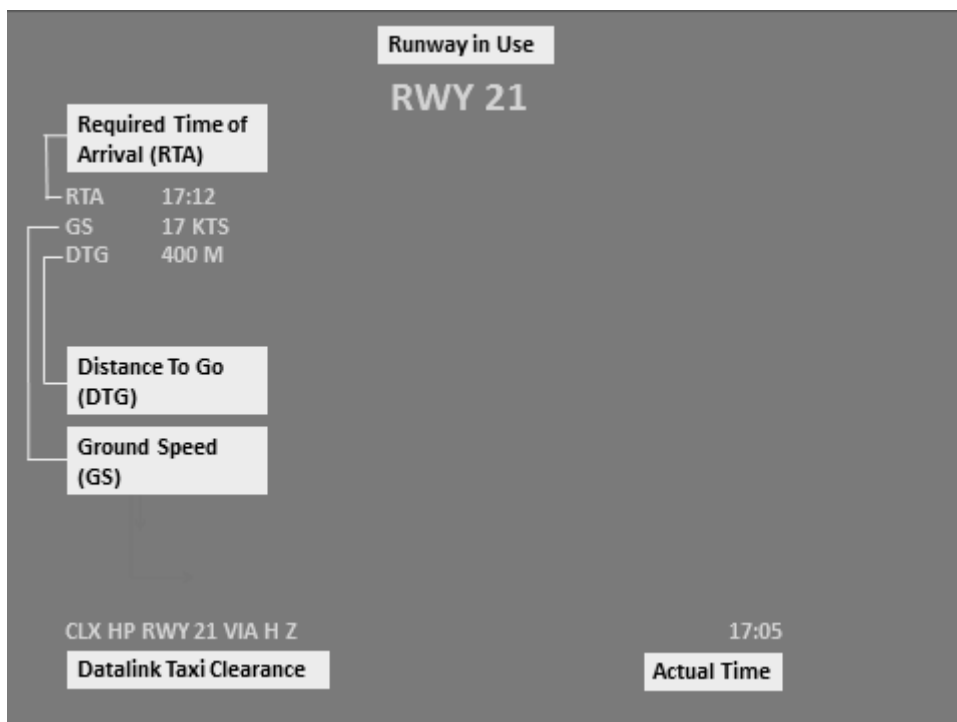


Figur 3.4 Grafisk och alfnumerisk semicirkulär skärmbild med deskriptiv och prediktiv information på HUD.

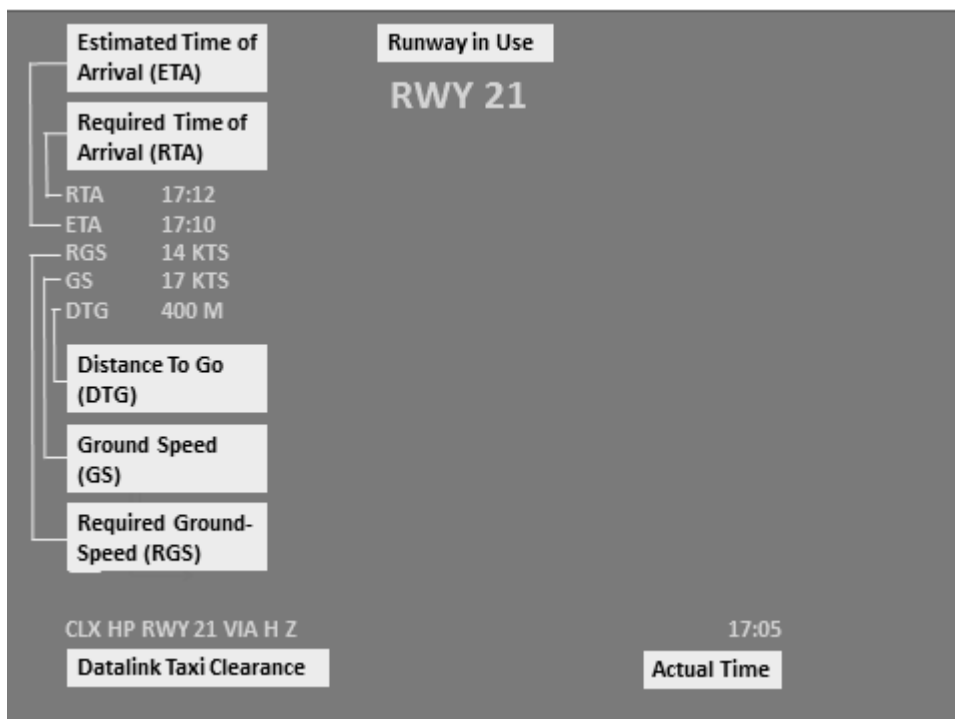


Figur 3.5 Grafisk och alfnumerisk skärmbild av stapeltyp och deskriptiv och prediktiv information på HUD.

3.2.2.2 Översiktlig beskrivning Skärmbild 1 och 2

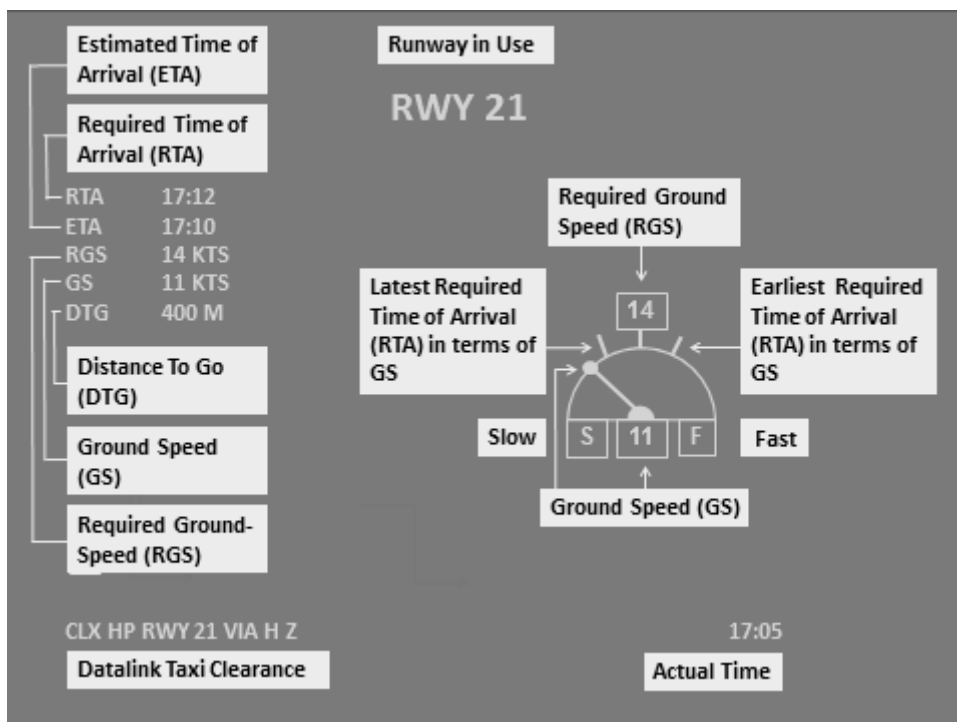


Figur 3.6 Översiktlig beskrivning Skärmbild 1

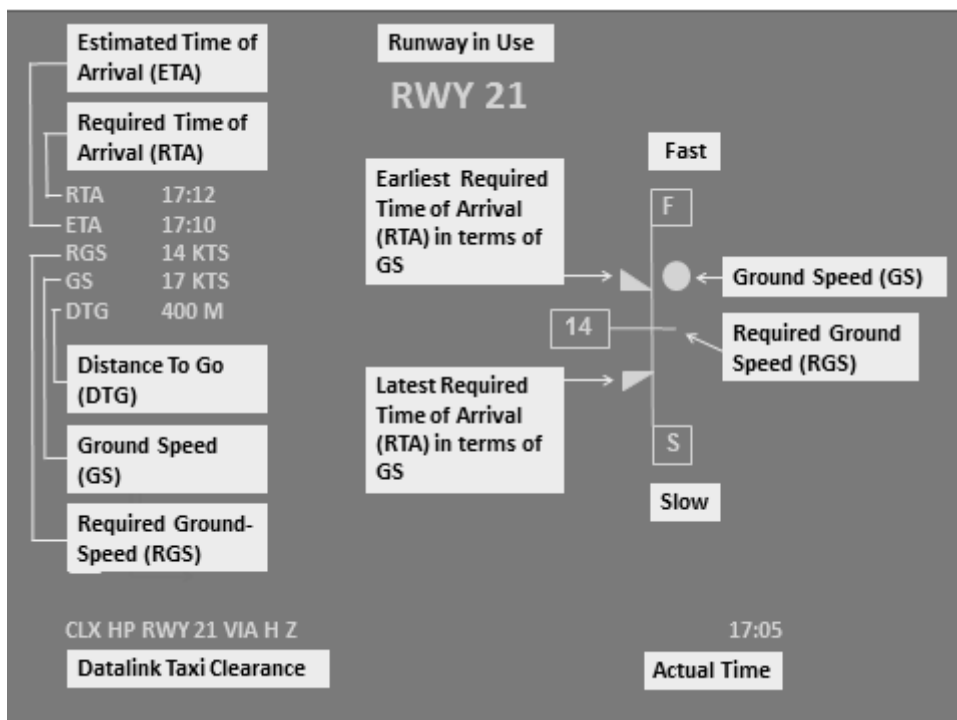


Figur 3.7 Översiktlig beskrivning Skärmbild 2

3.2.2.3 Översiktlig beskrivning Skärmbild 3 och 4



Figur 3.8 Beskrivning Skärmbild 3



Figur 3.9 Beskrivning Skärmbild 4

4 Utvärdering av skärmbild

Utvärderingen baserades på en simulerad försöksserie i PC-miljö. Försöks-serien bestod av sex försökstillfällen vilka genomfördes under en period av två månader. Sammantaget genomfördes 32 försök i form av PC-baserade bildspel under denna tid. Varje försök bestod av fyra olika övningar vilket totalt resulterade i 128 enskilda försökskörningar.

4.1 FÖRSÖKS- OCH UTVÄRDERINGSMETOD

Försöket var kvantitativt såväl som kvalitativt. Försöksdeltagarnas självskattningar – insamlade med hjälp av enkäter – användes som underlag för analyserande statistik. Subjektiva åsikter fångades även upp i en informell intervju baserad på metodik enligt Krueger och Casey (2000). Försöken var också användarorienterade då försöksdeltagarna utvärderade skärmbilder participativt och inte genom observationer eller aktiv styrning av en eller flera försöksledare (Bohgard 2008; Hawkins 1987; Helander 2006).

En användarbaserad metod bestående av intervjuer och enkäter valdes för att utvärdera skärmbilderna. Skärmbilderna hade under designproce-sen även kontinuerligt utvärderats och jämförts med designteorier och/eller annan standard (se figur 3.2). Försöksdeltagarnas självskattningar analyserades med hjälp av variansanalys (ANOVA) i SPSS version 15/18.

4.2 AVGRÄNSNINGAR

Försöksdeltagare var piloter med genomförd trafikflygutbildning eller pilo-ter vilka genomförde kompletterande delar av sin trafikflygutbildning. Alla piloter hade flygcertifikat vilket tillät yrkesmässig flygtjänstgöring. Försöksdeltagarna talade svenska, vilket bedömdes viktigt för att instruktioner och andra förutsättningar och begränsningar skulle uppfattas och förstås på samma sätt. Delar av försöket genomfördes med engelska begrepp, vilket var nödvändigt då standardspråket inom flygdomänen är engelska. Utvärderingen skedde med hjälp av enkäter vilka mätte deltagarnas subjektiva uppfattningar och åsikter. Mätningar rörande körtid för taxning, felnavigering eller andra variabler gjordes inte.

Förevarande försök avgränsades till att undersöka fyra olika sätt att pre-sentera taktisk information på bildskärm (HUD). Försöket avsåg inte att un-dersöka HUD-funktionen som sådan. Det som var av intresse var piloternas bedömningar av *vilken* taktisk information som ansågs vara mest använd-bar. Avsikten med försöket var inte heller att undersöka andra typer av in-

formation på HUD t.ex. navigeringsinformation som kurshållning eller larm för trafikkonflikter under taxning.

4.3 FÖRSÖKSDELTAGRE OCH BORTFALL

Försöksdeltagarna varierade i ålder, utbildningsbakgrund och arbetslivserfarenhet. Båda könen var representerade. Av 39 tillfrågade försöksdeltagare genomförde 32 försöket framgångsrikt. Sex deltagare kunde inte medverka i försöken och en deltagare fick avbryta försöket på grund av andra orsaker. Två förstudier, med en pilot i varje försök, genomfördes innan huvudserien startade, vilka pekade på en del problem och/eller försökstekniska tvetydigheter. Den efterföljande utvärderingen korrigerades med dessa erfarenheter som grund. Resultaten av förstudierna ingick inte i sammanställningen av huvudförsöken.

Försöksdeltagarna rekryterades på privat basis och deltog av eget intresse. Ingen ersättning annat än lätt förtäring utgick. Det bedömdes vara av intresse om erfarenhet av flygdomänen påverkade försöksresultatet. Därför valdes försöksdeltagare med varierande bakgrund och erfarenhet ut. Ett sätt att mäta och värdera piloters erfarenhet är att undersöka deras ackumulerade flygtid. Flygtid generellt sett ger dock en något diffus bild av den samlade flygerfarenheten och behöver kompletteras med specificerade flygtidsuppgifter. Ett flyguppsdrag kan genomföras med hjälp av t.ex. kolv- eller turbinmotor, militärt eller civilt, med hjälp av instrumentflygregler, i mörker eller en- eller flerpilotsystem, privat eller i yrkesfart. En sådan specificering bedömdes inte avgörande för försöken; dock kan vissa effekter förväntas då försöken genomfördes i enpilotmiljö, vilket inte är standard för flygbesättningar i normal kommersiell transportflygverksamhet.

4.4 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING

Försöket skedde i uniform miljö. Majoriteten av försöken genomfördes i liknande kontorsmiljö med likartade förutsättningar och begränsningar. Ljus-, ljud- och luftfuktighetsnivåer i försöksmiljön bedömdes vara liknande. I tillägg till detta tillhandahölls samma utrustning vid varje försökstillfälle. Försöksseriens omfattning i tid, det vill säga två månader under sommarperioden, bedömdes inte påverka försöken nämnvärt. Samtliga försök genomfördes på förmiddagen för aktuell försöksdag och enligt samma körschema.

4.5 FÖRSÖKSUTRUSTNING

Identisk försöksutrustning tilldelades varje försöksdeltagare. Av praktiska orsaker användes en bärbar persondator (PC) av modell HP Pavilion Entertainment PC TX 1320 med Windows 7 som standardprogram. Försöksspecifik programvara var Microsoft Powerpoint 2010, Microsoft Word 2010 samt Adobe Acrobat X Pro 2010. Följande utrustning och material tilldelades varje försöksdeltagare vid försökstillfället:

- Kulspetspenna
- Anteckningspapper
- Stoppur
- Skriftliga instruktioner
- Muntliga instruktioner
- Frågeformulär
- Kartunderlag
- Användarbeskrivning Skärmbild 1-4

4.6 GENOMFÖRANDE AV FÖRSÖK

Tågordningen för vart och ett av de 32 enskilda försöken var identisk och följde samma principer. För att undvika risken för en alltför klinisk social inramning tilläts försöksdeltagarna röra sig utanför fastställda försöksramar; en situation som exempelvis kunde uppstå vid eventuella frågor eller missförstånd. Försöksledaren fanns tillgänglig i realtid. Skärmbildernas turordning varierades enligt ett fastlagt schema (roterades) för varje försöksdeltagare, detta för att släcka ut inlärningseffekter under försökets gång.

4.6.1 Introduktion

Försöksdeltagaren hälsades välkommen till försöket och erbjöds kaffe/te, vatten eller alkoholfri dryck samt en smörgås och/eller kaffebröd. Därpå introducerades försöksdeltagaren till försökets upplägg och tillvägagångssätt samt försökets syfte. Tidsåtgång för introduktionen var 20 minuter.

4.6.2 Enkät för basdata

Försöksdeltagaren ombads fylla i basdata som namn, adress- och kontaktuppgifter, ålder, kön samt flygerfarenhet i ett formulär (Bilaga 3) vilket skulle komma att ligga till grund för deskriptiva analyser av försöksresulta-

ten samt möjliggöra eventuella andra tillkommande analyser. Formuläret kompletterade även den efterföljande huvudenkäten samt den avslutande intervjun. Tidsåtgång för ifyllande av basdata var 10 minuter.

4.6.3 Försöksinstruktioner

Skriftliga försöksinstruktioner (Bilaga 2) delades ut och försöksdeltagarna ombads läsa dessa noggrant. Direkt efter denna genomläsning upprepade försöksledaren instruktionerna muntligt. Försöksdeltagaren ombads därpå återkoppla med eventuella frågor eller oklarheter. Därpå fick försöksdeltagaren tillgång till användarinstruktioner (Bilaga 6a och 6b) för de olika skärmbilderna som presenterades under försöket. Försöksinstruktioner samt användarinstruktioner fanns tillgängliga för försöksdeltagarna under hela försöket, dels i pappersform och dels som första bild i respektive bildspelsvinjett. Tidsåtgång för skriftliga och muntliga försöksinstruktioner samt genomläsning av användarinstruktioner uppgick till totalt 30 minuter.

4.6.4 Försöket

Försöket startade då försöksdeltagarnas geografiska position angavs på den bifogade flygplatskartan (Bilaga 8). Försökets övriga förutsättningar, såsom att bogsering var slutförd vid denna position och att flygplanet var redo för taxning, kommunicerades därefter av försöksledaren. Tidsåtgång 5 minuter.

4.6.4.1 Försöksvinjetter

Initialt visades användarinstruktionen i 2 minuter. Bildspelet (Bilaga 7a-7d) startades därpå med aktuell försöksvinjett där försöksdeltagaren fick ett muntligt såväl som ett skriftligt färdtillstånd för taxning. Försöksvinjetten bestod av fyra geografiska positioner vilka representerade flygplanets progression från startpositionen (gate) mot slutpositionen (startbana). Under taxning ändrades förutsättningarna – precis som så kan ske i en dynamisk omvärld – då taxningen fick stoppas på grund av trafiksituationen. Taktisk information presenterades för försöksdeltagaren med hjälp av en Skärmbild 1-4 (HUD). Efter varje försöksvinjett ombads försöksdeltagaren i enkätform göra en självskattning (Bilaga 4) rörande 6 variabler (*information, belastning, situationsmedvetande, stress, stöd och användbarhet*) enligt en Likertskala. Definitioner för försöksvariablerna (Bilaga 5) presenterades innan försöket startade. Försöksdeltagarna fick 5 minuters rast mellan varje försöksvinjett.

4.6.4.1.1 Försöksvinjett 1-4

Skärmbild1 (bilaga 7a) var av deskriptiv karaktär och information presenterades med hjälp av alfanumerisk information. Skärmbild 2 (bilaga 7b) var av deskriptiv såväl som av prediktiv karaktär och information presenterades med hjälp av alfanumerisk information. Skärmbild 3 (bilaga 7c) var av deskriptiv såväl som av prediktiv karaktär och information presenterades med hjälp av alfanumerisk såväl som av grafisk information (semicirkulär typ). Skärmbild 4 (bilaga 7d) var av deskriptiv såväl som av prediktiv karaktär och information presenterades med hjälp av alfanumerisk såväl som av grafisk information (stapeltyp). Tidsåtgång för varje försöksvinjett var 32 minuter.

4.6.4.2 Intervjuer

När de fyra försöksvinjetterna genomförts och försöksdeltagaren fått ta en rast (15 min), genomfördes en intervju där försöksdeltagarens egna subjektiva upplevelser av de fyra skärmbilderna söktes. Tidsåtgång för intervjun var 20 minuter.

Intervjuerna lagrades elektroniskt på en speciell extern hårddisk och transkriberades därefter. Beroende på den omfattande mängden intervju-material (10:40 totalt) avgränsades intervjuredovisningen till kortare relevanta sammanfattningar kring de sex variablerna samt i förekommande fall till citat. Det transkriberade intervjuunderlaget analyserades huvudsakligen med tematisering som metod.

5 Resultat

5.1 DESKRIPTIV ANALYS

Utvärderingen delades upp i tre delar:

- Insamling av basdata från försöksdeltagare
- Insamling av självskattningar med hjälp av enkät
- Avslutande intervju

5.1.1 Basdata

Totalt deltog 32 piloter i försöken där medelåldern var 36 år, medianen 36 år och typvärdet 32 år. Av deltagarna var 8 stycken kvinnor och 24 män. Av de 32 deltagarna arbetade 21 som piloter och 11 var arbetslösa piloter med annan sysselsättning. De 21 piloter som arbetade som piloter flög i flerpi-lotsystem där 12 av försöksdeltagarna arbetade som befälhavare (kaptener) och innehade ett ATPL (*Airline Transport Pilot Licence*), 9 hade CPL (*Com-mercial Pilot Licence*) och av dessa arbetade alla som styrmän. Alla piloter hade behörighet för instrument- (IR) och flermotorflygning (ME) och de 21 piloterna med CPL hade även gällande ATPL-teori. Av de 21 piloter som hade arbete som pilot innebar detta tillsvidareanställning på flygföretag med europeiskt säte, dessutom arbetade 7 av försökets piloter även som flyglärare inom olika områden.

Tabell 5.1 Sammanställning försöksdeltagare

Kategori				Summa
Pilotgrupp/nr	(1)	(2)	(3)	3
Antal grupp	8	11	13	32
Medelålder/år	24,3	35,4	47,6	36,5
Kvinna/man	4/8	2/6	2/10	8/24
Flygtid/timmar	5 408	58 345	147 777	211 530
Flygtid/medel	540,8	5 834,5	12 314,8	6 610,3
Arbete, ja/nej	2/8	8/2	11/1	21/11

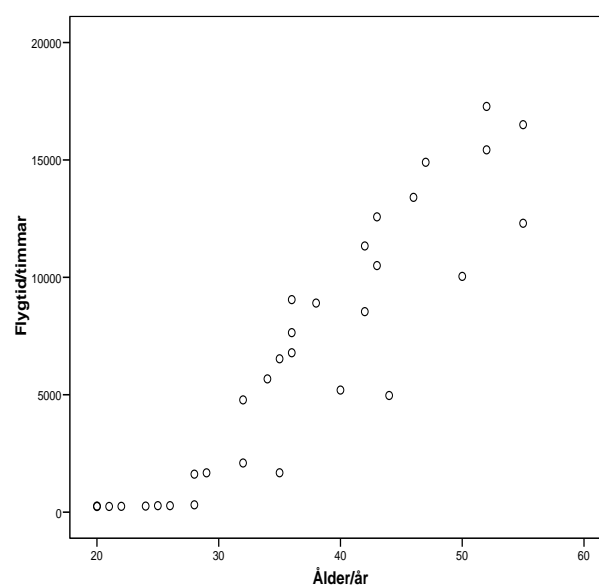
5.2 ENKÄT

Försöksdeltagarna ombads i enkätform genomföra en självskattning av de 4 skärmbilderna med stöd av 6 stycken försöksvariabler; *information, belastning, situationsmedvetande, stress, stöd* och *användbarhet*. Dessa 6 variabler bedömdes relevanta då de utgör signifikanta dimensioner av människa-tekniksystemet och hade dessutom sitt ursprung i den inledande gruppintervjun.

5.2.1 Flygtid

Även om piloters flygtid inte är ett absolut och rättvisande mått på flygerfarenhet, förmåga att hantera information och t.ex. stress, så är flygtidsmättet en vanlig måttstock vid jämförelser och utvärderingar av piloter. En korrelationsanalys (Pearson, tvåsvansad) genomfördes för att granska om flygtid kunde användas i stället för personålder. En positiv korrelation fanns mellan de två variablerna ($r = ,919$, $n = 32$, $p = 0,01$). Ett spridningsdiagram summerar resultaten (figur 5.1). Sammantaget fanns det en stark positiv korrelation mellan flygtid och personålder; ökad personålder korrelerar mot ökad flygtidsmängd. Korrelationen innebär dock inte att det föreligger ett kausalitetssamband mellan flygtid och personålder.

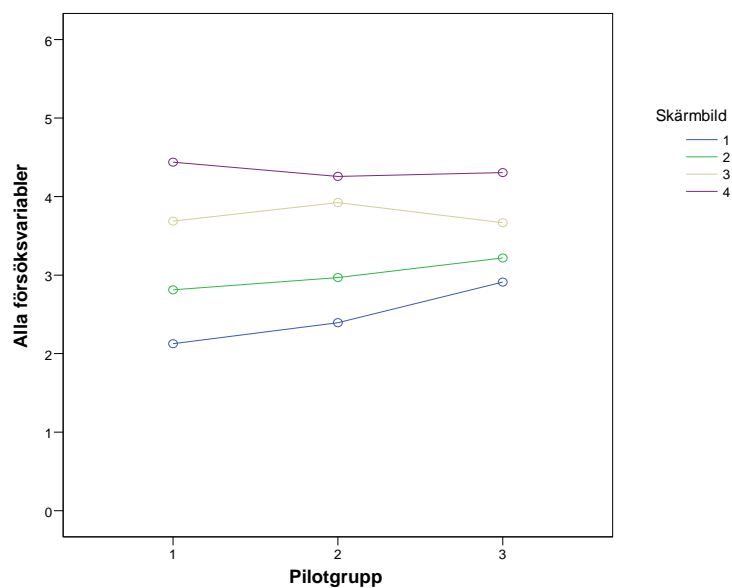
Baserat på flygtidsmättet delades försöksdeltagarna upp i 3 grupper: Pilotgrupp 1-3 (tabell 5.1) där flygtidsmättet i huvudsak utgjorde avgränsningen.



Figur 5.1 Spridningsdiagram för flygtid och personålder

5.2.2 Generell skattning alla försöksvariabler

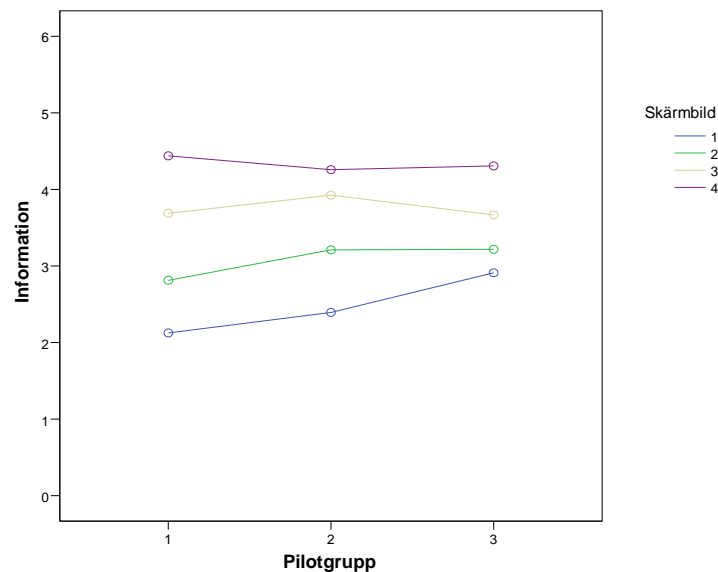
En faktoriell variansanalys (ANOVA), 3(Pilotgrupp) x 4(skärmbild), på alla sex variabler, med upprepad mätning på den andra faktorn, visade att pilotgruppernas skattningar överlag skilde sig ($F(2, 29) = 5,84, p < .001$) och att skärmbilderna överlag skattades olika ($F(3, 87) = 182,74, p < .001$) samt att skillnaderna mellan hur skärmbilderna skattades varierade mellan pilotgrupperna ($F(3, 87) = 5,18, p < .001$). Eftertest med Scheffés metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att Pilotgrupp 3 gav högre skattningar av skärmbilderna än vad Pilotgrupp 1 gav och att Pilotgrupp 2:s skattningar inte skilde sig från de två andra gruppernas skattningar. Eftertest med Bonferronis metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att samtliga skärmbilder skattades signifikant olika. Högst skattningar gavs Skärmbild 4, därefter följde Skärmbild 3, 2 och lägst skattningar gavs Skärmbild 1. Figur 5.2 visar att den signifikanta interaktionen mellan respektive pilotgrupp och skärmbild orsakas av att piloter med större flygerfarenhet skattade skärmbilderna mer lika än vad piloter med mindre flygerfarenhet gjorde.



Figur 5.2 Skattning alla försöksvariabler, Skärmbild 1-4, Pilotgrupp 1-3

5.2.3 Information

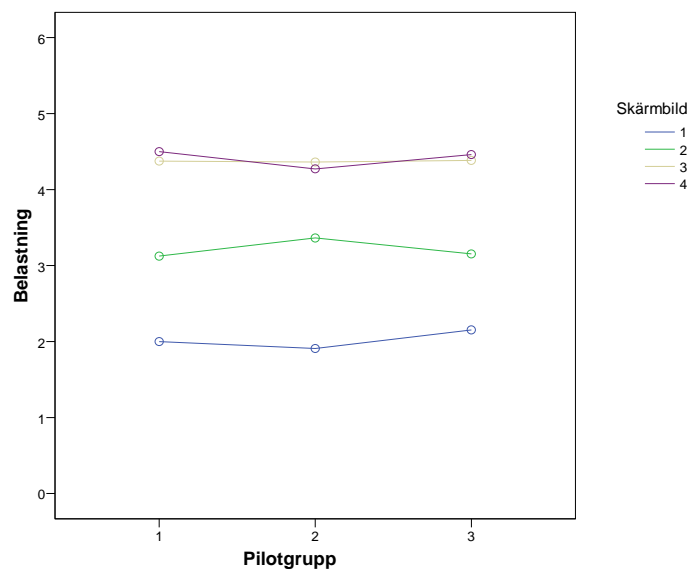
En faktoriell ANOVA, 3(Pilotgrupp) x 4(skärmbild) med upprepad mätning på den andra faktorn, visade att pilotgruppernas skattningar överlag skilde sig ($F(2, 29) = 7,05, p < ,001$) och att skärmbilderna överlag skattades olika ($F(3, 87) = 113,72, p < ,001$), samt att skillnaderna mellan hur skärmbilderna skattades varierade mellan pilotgrupperna ($F(3, 87) = 3,44, p = ,004$). Eftertest med Scheffés metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att Pilotgrupp 3 gav högre skattningar av skärmbilderna än vad Pilotgrupp 1 gav och att Pilotgrupp 2:s skattningar inte skilde sig från de två andra gruppernas skattningar. Eftertest med Bonferronis metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att samtliga skärmbilder skattades signifikant olika. Högst skattningar gavs Skärmbild 4, därefter följde Skärmbild 3, 2 och lägst skattningar gavs Skärmbild 1. Figur 5.3 visar att den signifikanta interaktionen mellan respektive pilotgrupp och skärmbild orsakas av att piloter med större flygerfarenhet skattade skärmbilderna mer lika än vad piloter med mindre flygerfarenhet gjorde.



Figur 5.3 Skattning information, Skärmbild 1-4, Pilotgrupp 1-3

5.2.4 Belastning

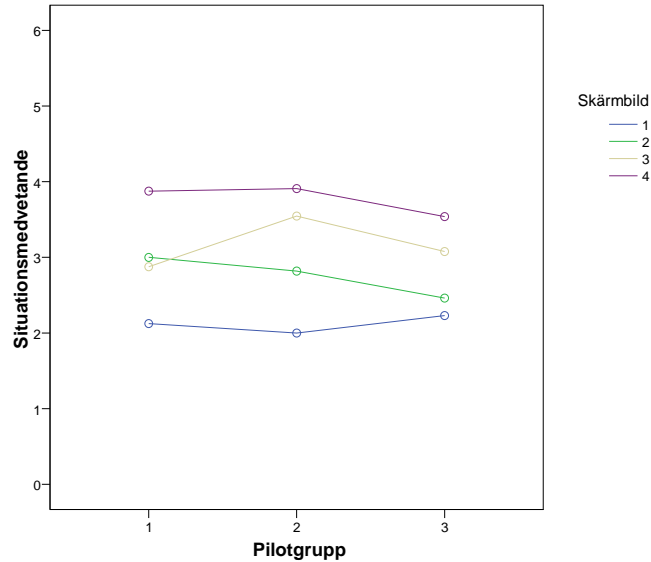
En faktoriell ANOVA, 3(Pilotgrupp) x 4(skärmbild) med upprepad mätning på den andra faktorn visade att pilotgruppernas skattningar överlag inte skilde sig ($F(2, 29) = ,15, p = ,86$) men att skärmbilderna överlag skattades olika ($F(3, 87) = 78,33, p < ,001$) samt att skillnaderna mellan hur skärmbilderna skattades inte varierade mellan pilotgrupperna ($F(3, 87) = 0,31, p = .93$). Eftertest med Scheffés metod visade ingen skillnad mellan pilotgrupperna med avseende på skattningarna av skärmbilderna. Eftertest med Bonferronis metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att alla skärmbilder skattades signifikant olika, utom Skärmbild 3 och 4 när dessa jämfördes med varandra. Högst skattningar gavs Skärmbild 3 och 4, därefter följde Skärmbild 2 och lägst skattningar gavs Skärmbild 1. Figur 5.4 visar ingen signifikant interaktion mellan respektive pilotgrupp och skärmbild orsakad av att piloter med större flygerfarenhet skattade skärmbilderna mer lika än vad piloter med mindre flygerfarenhet gjorde.



Figur 5.4 Skattning belastning, Skärmbild 1-4, Pilotgrupp 1-3

5.2.5 Situationsmedvetande

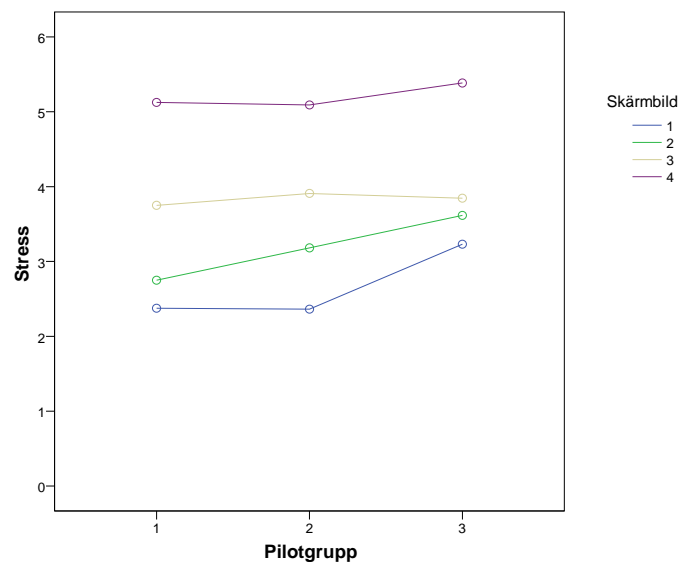
En faktoriell ANOVA 3(Pilotgrupp) x 4(skärmbild) med upprepad mätning på den andra faktorn visade att pilotgruppernas skattningar överlag inte skilde sig ($F(2, 29) = .93, p = .40$), men att skärmbilderna överlag skattades olika ($F(3, 87) = 19.15, p < .001$) samt att skillnaderna mellan hur skärmbilderna skattades inte varierade mellan pilotgrupperna ($F(3, 87) = .82, p = .55$). Eftertest med Scheffés metod visade ingen skillnad mellan pilotgrupperna med avseende på skattningarna av skärmbilderna. Eftertest med Bonferonis metod, med signifikansgräns $\alpha = 0.05$, visade att alla skärmbilder skattades signifikant olika utom Skärmbild 4 och 3 vilka jämfördes med varandra samt Skärmbild 3 och 2 när dessa ställdes i jämförelse med varandra. Högst skattningar gavs Skärmbild 4, därefter följde Skärmbild 3, 2 och lägst skattningar gavs Skärmbild 1. Pilotgrupp 1 skattade dock Skärmbild 3 och 2 i stort sett lika högt. Figur 5.5 visar att den signifikanta interaktionen mellan respektive pilotgrupp och skärmbild orsakas av att piloter med större flygerfarenhet skattade skärmbilderna mer lika än vad piloter med mindre flygerfarenhet gjorde.



Figur 5.5 Skattning situationsmedvetande, Skärmbild 1-4, Pilotgrupp 1-3

5.2.6 Stress

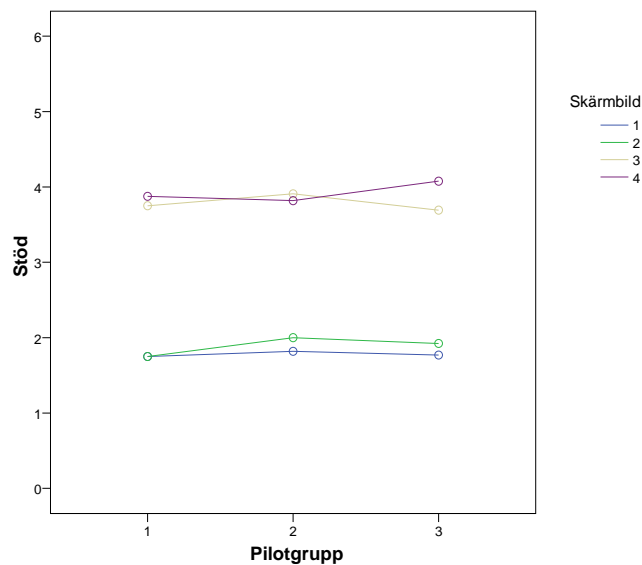
En faktoriell ANOVA 3(Pilotgrupp) x 4(skärmbild) med upprepad mätning på den andra faktorn visade att pilotgruppernas skattningar överlag skilde sig ($F(2, 29) = 4,73, p < ,05$) och att skärmbilderna överlag skattades olika ($F(3, 87) = 245,45, p < ,001$), samt att skillnaderna mellan hur skärmbilderna skattades inte varierade mellan pilotgrupperna ($F(3, 87) = 2,54, p = ,097$). Eftertest med Scheffés metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att Pilotgrupp 3 gav högre skattningar av skärmbilderna än vad Pilotgrupp 1 gav, och att Pilotgrupp 2:s skattningar inte skilde sig från de två andra gruppernas skattningar. Eftertest med Bonferronis metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att samtliga skärmbilder skattades signifikant olika utom när Skärmbild 1 och 2 jämfördes med varandra. Högst skattningar gavs Skärmbild 4, därefter följde Skärmbild 3, 2 och lägst skattning gavs Skärmbild 1. Figur 5.6 visar att den signifikanta interaktionen mellan respektive pilotgrupp och skärmbild orsakas av att piloter med större flygerfarenhet skattade skärmbilderna mer lika än vad piloter med mindre flygerfarenhet gjorde. Skärmbild 4 skattades dock högre än de övriga skärmbilderna.



Figur 5.6 Skattning stress, Skärmbild 1-4, Pilotgrupp 1-3

5.2.7 Stöd

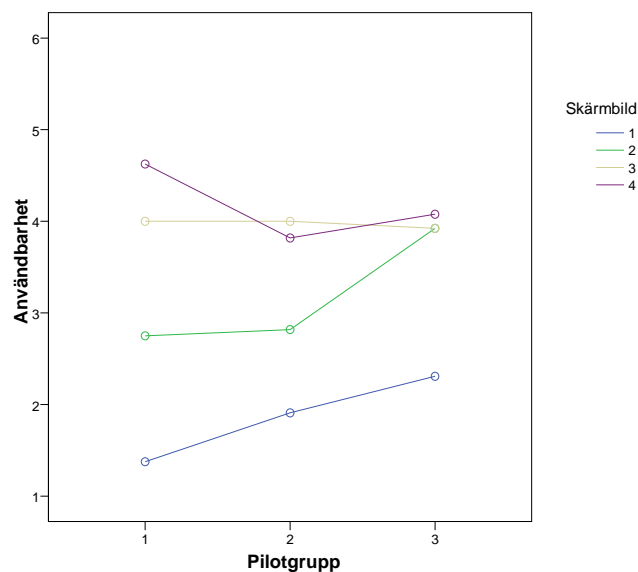
En faktoriell ANOVA 3(Pilotgrupp) x 4(skärmbild) med upprepad mätning på den andra faktorn visade att pilotgruppernas skattningar överlag inte skilde sig ($F(2, 29) = 0,24, p = ,79$) men att skärmbilderna överlag skattades olika, $F(3, 87) = 146,55, p < ,001$, samt att skillnaderna mellan hur skärmbilderna skattades inte varierade mellan pilotgrupperna ($F(3, 87) = ,13, p = ,88$). Eftertest med Scheffés metod visade ingen skillnad mellan pilotgrupperna med avseende på skattningarna av skärmbilderna. Eftertest med Bonferonis metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att alla skärmbilder skattades signifikant olika utom när Skärmbild 4 och 3 jämfördes med varandra samt Skärmbild 2 och 1 när dessa jämfördes med varandra. Högst skattningar gavs Skärmbild 4, därefter följde Skärmbild 3, 2 och lägst skattning gavs Skärmbild 1. Figur 5.7 visar ingen signifikant interaktion mellan respektive pilotgrupp och skärmbild orsakad av att piloter med större flygerfarenhet skattade skärmbilderna mer lika än vad piloter med mindre flygerfarenhet gjorde.



Figur 5.7 Skattning stöd, Skärmbild 1-4, Pilotgrupp 1-3

5.2.8 Användbarhet

En faktoriell ANOVA 3(Pilotgrupp) x 4(skärmbild) med upprepad mätning på den andra faktorn visade att pilotgruppernas skattningar överlag inte skilde sig ($F(2, 29) = 4,62, p = ,018$) och att skärmbilderna överlag skattades olika ($F(3, 87) = 64,84, p < ,001$), samt att skillnaderna mellan hur skärmbilderna skattades varierade mellan pilotgrupperna ($F(3, 87) = 3,96, p = ,001$). Efter test med Scheffés metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att Pilotgrupp 3 gav högre skattningar av skärmbilderna än vad Pilotgrupp 1 gav, och att Pilotgrupp 1:s skattningar inte skilde sig från de två andra gruppernas skattningar. Eftertest med Bonferronis metod, med signifikansgräns $\alpha = 0,05$, visade att samtliga skärmbilder skattades signifikant olika utom när Skärmbild 4 och 3 jämfördes inbördes. Högst skattningar gavs Skärmbild 4, därefter följde Skärmbild 3 och 2; lägst skattning gavs Skärmbild 1. Figur 5.8 visar att den signifikanta interaktionen mellan respektive pilotgrupp och skärmbild orsakas av att piloter med större flygerfarenhet skattade skärmbilderna mer lika än vad piloter med mindre flygerfarenhet gjorde.



Figur 5.8 Skattning användbarhet, Skärmbild 1-4, Pilotgrupp 1-3

5.3 INTERVJUER

Efter försöksvinjetterna genomfördes muntliga intervjuer med försöksdeltagarna. Intervjuerna genomfördes med samma självskattningsfrågor som grund som de som återfanns i enkäterna. Försöksdeltagarna ombads att med egna ord och begrepp beskriva sina upplevelser av de fyra skärmbilderna. Intervjuresultaten är indelade på samma sätt som enkätfrågorna. Avsikten med intervjuerna var att fånga upp försöksdeltagarnas självskattningar och bedömningar från olika håll (triangulering).

5.3.1 Information

Att ställa en fråga om information är detsamma som att ställa en fråga på många olika sätt. Meningen med frågans formulering var att vaska fram individuella tolkningar, bedömningar och upplevelser av respektive skärmbild. Den subjektiva bedömningen av mängden nödvändig information och kvaliteten på densamma avspeglar individuella erfarenheter, krav och kunskaper såväl som en mängd andra kognitiva dimensioner.

Skärmbild 1 (alfanumerisk) gav endast deskriptiv information, men genererade mer information än de flesta piloter i dagsläget har tillgång till. Det är viktigt att hålla i minnet att taktisk information för taxning, presenterad på informationsdon som t.ex. HUD, inte finns operativt i dagsläget. Piloter använder istället förhållandevis rudimentära metoder för att ankomma till en viss position vid en viss tidpunkt. Tumregler (heuristik) baserade på tidigare erfarenheter används till stor del. Tid-, fart- och avståndsp parametrar används dagligen för att avgöra när flygplanet behöver påbörja sin bogsering (*Push-back/Pull-back*) från brygga (*Gate*) eller parkering (*Stand*) till position för att röra sig för egen maskin, det vill säga påbörja taxning. En erfaren kapten uttryckte saken som följer:

”Det brukar ta ungefär åtta minuter från push till att man kommer till holding bana tjugoett på Landvetter”

Dagens tidsmarginaler för ankomst till väntläge vid startbana följt av start (*Holding*), vid slot-tid (*CTOT*) är plus 10 respektive minus 5 minuter. Ett tidsfönster på 15 minuter kan tyckas vara tillräckligt för att uppnå god precision, men i den komplexa och dynamiska miljö en trafikflygplats utgör är det från tid till annan svårt att hålla dessa tider. Det bör påpekas att i en kommande utveckling enligt tidigare beskrivning (*SESAR* och *NextGen*) reduceras kanhända tidsfönstret till plus minus en minut för start.

Flertalet försöksdeltagare menade att taxning med ankomstmarginaler på plus minus en minut inte var möjliga eller svåra att uppnå, eller i alla fall kognitivt belastande på grund av manuella huvudberäkningar och ständig manuell uppföljning av tid, fart och återstående sträcka. Skärmbild 1 inkluderade information om återstående sträcka vilket underlättade ankomstberäkningar menade majoriteten av försöksdeltagare.

Det ligger i Skärmbild 1 och dess konstruktion att piloterna förvisso inte behövde titta nedåt (*Head-down*) för att övervaka aktuell fart (*Ground Speed*) men att själva informationsmängden inte i övrigt tillförde så mycket.

Många av försöksdeltagarna uppskattade Skärmbild 2 (alfanumerisk) med *både* deskriptiv och prediktiv information. Förutom att presentera aktuell fart (GS), kvarstående sträcka och nödvändig ankomsttid (RTA) så presenterades även kommenderad fart (RGS) samt predikterad ankomsttid, Estimated Time of Arrival (ETA). Flertalet försöksdeltagare menade att det räckte att matcha GS och RGS för att uppnå korrekt ankomsttid. Större delen av den kognitiva belastningen reducerades därmed markant.

Den allmänna uppfattningen kring Skärmbild 4, grafisk stapeltyp (Speed-tape) plus alfanumerisk presentation i kombination med deskriptiv/prediktiv funktion, var att tillförd information var tillräcklig för uppdraget. Flera försöksdeltagare uppskattade redundansen i presentationssätt då grafisk information och rudimentär fart-, tid och sträckinformation fanns till hands. Dessutom fanns RTA/ETA-funktionen också tillgänglig – inalles tre olika sätt att använda tillgänglig information på informationsdonet. Skärmbild 3, grafisk semicirkulär typ med deskriptiv/prediktiv funktion, fick positiva omdömen från flera försöksdeltagare. Omdömena var i stort sett av samma karaktär som för Skärmbild 4, men synpunkter fanns på stapel- respektive semicirkulär utformning. Ytterligare kategorisering av försöksdeltagarna visade att yngre och/eller mindre erfarna piloter tycktes föredra Skärmbild 4 (stapeltyp) framför Skärmbild 3 (semicirkulär typ). I princip alla försöksdeltagare föredrog Skärmbild 3 och 4 framför Skärmbild 1 och 2.

Ökad informationsmängd och bättre informationskvalitet upplevdes positivt med avseende på den kognitiva belastningen. Prediktiva funktioner upplevdes positivt såväl som grafiska funktioner. Redundans var också en positiv faktor, eftersom information presenterades på olika sätt

5.3.2 Belastning

Den kognitiva belastningen för Skärmbild 3 och 4 uppfattades sjunka jämfört med Skärmbild 1 och 2. Några försöksdeltagare menade att matematiska beräkningar och/eller andra mer avancerade kognitiva ansatser inte

var nödvändiga med Skärmbild 3 och 4. Informationsredundansen i systemet kunde nyttjas som kontrollvärde. En relativt erfaren styrman menade rörande Skärmbild 4 att:

”Det är ju bara att hålla klotet inom max- och mintidsmarkeringarna med hjälp av gasreglaget så är du hemma.”

Minskande mental belastning skapar utrymme för andra aktiviteter, menade flertalet försöksdeltagare. Att få tid och energi över för andra uppgifter upplevdes positivt. En styrman menade att det initialt tog tid och energi att lära sig de nya funktionerna för de fyra skärmbilderna, men att vinsten i mental belastning snabbt övervägde detta.

5.3.3 Situationsmedvetande

Några försöksdeltagare upplevde att den mentala belastningen minskade med Skärmbild 3 och 4 men också att situationsmedvetandet å ena sidan minskade då manuella kontrollberäkningar inte utfördes:

”Man var inte med i loopen riktigt men så är det ju med moderna flygplan, mycket sker med hjälp av autopilot och FMS [Flight Management System] och auto-thrust [farthållare].”

Samma personer ansåg å andra sidan samtidigt att situationsmedvetandet ökade då mer tid och energi kunde läggas på uppmärksamhet, övervakning och uppföljning. Flera yngre såväl som medelålders piloter uppskattade de grafiska skärmbilderna medan ett par äldre piloter ansåg att:

”Saker och ting var inte så komplicerade för bara tio år sedan, vad händer om all teknik inte fungerar längre, finns det någon back-up då?”

Några försöksdeltagare hade funderingar kring exakt hur mycket de kunde släppa på den del av sitt situationsmedvetande som annars skulle används för att verifiera fart, tid och sträcka och/eller andra beräkningar. Frågeställningen handlade om, menade en styrman, att kunskapen eller förmågan att genomföra t.ex. taxning utan HUD med tiden riskerade att erodera.

”Situationsmedvetande handlar ju om att du vet var du är i tid och rum, med speed-tape modellen [Skärmbild 4] litar du ju blint på automatiken.”

5.3.4 Stress

Generellt sett uttryckte få av försöksdeltagarna att de kände sig stressade av uppgiften eller i uppgiften ingående moment och bedömningar. Några av de äldre piloterna uttryckte dock att det var mycket att lära sig på kort tid, och att de trodde att yngre individer hade lättare för att lära sig nya saker. Några försöksdeltagare menade att gammal kunskap och erfarenhet kunde kompensera vid inläring av nya färdigheter – men att detta också kunde hämma inläring av nya saker.

Erfarenhet och rutin kunde dämpa upplevelsen av stress, ansåg en annan pilot. Några av de yngre och mindre erfarna piloterna rapporterade enbart små stresskänningar och smärre svårigheter med att överblicka vad som hände, speciellt i samband med Skärmbild 3 och 4. En del trodde att detta kunde bero på de konventionella informationsdon de var vana vid, det vill säga klock- eller stapelliknande mätare och givare. Vad gäller Skärmbild 1 och 2 tyckte många försöksdeltagare att stressnivån ökade, dock inte så att det var besvärande. Endast en person hade uppfattningen att det var bättre för stressnivån att inte använda någon av skärmbilderna.

En kapten hade uppfattningen att ett fullt implementerat system med fungerande automatiserade processer skulle kunna bidra positivt till att stressnivåerna minskade. En förutsättning var dock att:

”Tekniken fungerar som den skall och att allt är utprovat och certifierat.”

5.3.5 Stöd

Majoriteten av försöksdeltagarna tyckte att erhållet stöd, deskriptivt såväl som prediktivt, grafiskt såväl som alfanumeriskt, utgjorde ett bra stöd för uppdragets utförande. Uppfattningen var också att de båda grafiska skärmbilderna gav bäst stöd och en frekvent uppfattning var att Skärmbild 4 (grafisk stapeltyp) genererade bäst stöd.

Endast ett fåtal av försöksdeltagarna rapporterade att nivån på stödet var för hög, det vill säga att de fick tillgång till för mycket information. Med avseende på Skärmbild 3 och 4 vilka hade en hög grad av redundans var fallet uteslutande så, medan Skärmbild 1 och 2 ansågs erbjuda lagom med stöd. En försöksdeltagare menade att det:

”Inte skulle finnas för mycket att välja på, det kan bara skapa förvirring som jag ser det. Bättre då att skala av det du ser på HUD:en så att endast viktiga saker syns.”

5.3.6 Användbarhet

Generellt verkar alla tre pilotgrupperna ha skattat Skärmbild 4 som mest användbar. Användbarhet skall i den här bemärkelsen betraktas som en sammanvägd skattning av skärmbildernas generella övergripande funktion. Några yngre och mer oerfarna piloter menade att Skärmbild 1 var användbar eftersom den var mer komfortabel för estimeringar, medan majoriteten föredrog Skärmbild 4 just på grund av upplevd egen rutin. Predikerande funktioner uppskattades eftersom sådana funktioner kan vara ett värdefullt stöd. Mer erfarna piloter skattar alla fyra skärmbilderna som mer användbara, undantaget äldre piloter vilka skattade Skärmbild 3 som lika användbar som Skärmbild 1. En äldre pilot med mycket flygtid menade att:

”Fartmätaren på den tredje modellen är ju inte av samma typ som den som finns på en normal PFD, det blir förvirrande”

En sådan analys kan vid första anblicken förefalla rimlig, men pekar också på ett djupare plan på värdet av att följa kända och accepterade designprinciper. Piloten ifråga var van vid en fartmätare av typen ”speedtape” (stapeltyp) och inte vid en hel- eller semicirkulär typ, vilken från tid till annan återfinns i många flygplan. Den äldsta pilotgruppen hade kraftigast aversion mot Skärmbild 3, vilket kan förklaras med deras längre yrkesvana vid stapeltypen i Skärmbild 4.

5.3.7 Sammanfattning intervjuer

Flera piloter återkopplade intuitivt till de bakomliggande designprinciper och de två gruppintervjuer som skärmbilderna baserats på. Det teoretiska ramverket återkommer därmed i försöksdeltagarnas egna utvärderingar. Denna återkoppling är positiv och värdefull då den indikerar att framtagningsprocessen av en ny skärmbild för taxning med tidsstöd är robust.

6 Diskussion

6.1 INLEDNING

Förevarande examensarbete hade två delmål; dels att ta fram en skärmbild för tidsstyrning av taxning och dels att testa en sådan skärmbild. Taktisk information för tidsstyrning presenterades på en HUD. Skärmbilden tog inte hänsyn till *hur* försöksdeltagarna uppfattade och tog till sig information, utan *vilken* information dessa skattade som mest användbar enligt sex olika variabler.

Förevarande utvärdering genomfördes i huvudsak med hjälp av enkäter och intervjuer. Tillgänglighetsprincipen avgjorde urval av försöksdeltagare. Med avseende på att utvärderingens försöksdel inte mätte några kvantitativa variabler av typen frekvens felnavigering, tidsåtgång eller motsvarande utan fokuserade på försöksdeltagarnas skattningar, kunde kraven på försöksmiljön sänkas. Tidsstyrningsförsök i operativ flygsimulator bedöms kunna ge ett mer omfattande och uttömmande resultat i form av mätningar och skattningar. Försök avseende navigeringsstöd skulle även kunna genomföras i kombination med tidsstyrning.

Det är av intresse att kommentera de åsikter vilka framkom i de intervjuer försöksdeltagarna genomgick. Ett tydligt mönster är att försöksdeltagarnas tankar och åsikter korrelerar relativt väl med gängse designprinciper. Försöksdeltagarnas reaktioner kan ses som en återkoppling på att rätt eller i alla fall att en rimlig designprincip använts. Ett mönster är att erfarna piloter nyttjar sin erfarenhet i form av heuristik; genvägar, tumregler och erfarenhetsbaserade bedömningar är exempel på detta. I vissa fall tycktes mer erfarna piloter, speciellt de i Pilotgrupp 3 använda sådana metoder i större utsträckning samtidigt som de skattade de två grafiska skärmbilderna lägre än Pilotgrupp 1 och 2. Ett sådant resultat är i huvudsak i linje med SRK-modellens principer.

Enkätunderlaget, och inte uteslutande enbart den operativa simulatormiljön, bör förbättras i samband med vidare forskning. NASA-TLX, ett enkätformulär utvecklat av NASA, kan användas för att förbättra statistiska analyser främst med avseende på reliabilitet.

6.2 GENERELL ANVÄNDBARHET

Enkät- och intervjuresultatet indikerade att alla tre pilotgrupperna generellt tycktes skatta skärmbilderna i stigande i ordning från Skärmbild 1 till 4 angående ett sammantaget medelvärde för alla 6 försöksvariablerna (inform-

ation, belastning, situationsmedvetande, stress, stöd och användbarhet). Detta innebär att Skärmbild 1 (alfanumerisk, deskriptiv) skattades sämst och att Skärmbild 4 (alfanumerisk, grafisk, deskriptiv, prediktiv, stapeltyp) skattades högst. Pilotgrupp 2 skattade Skärmbild 1, 2 och 4 generellt likadant fast högre på skattningsskalan med ett undantag: Skärmbild 3 upplevdes som mer generellt användbar än de andra skärmbilderna. Skärmbild 1 och 2 skattades generellt bättre av Pilotgrupp 3 jämfört med Pilotgrupp 1 medan Skärmbild 3 och 4 inte påvisade någon större skillnad mellan Pilotgrupp 1 och 3. I en framtida applikation bör det finnas möjlighet till partiella personliga inställningar av den information som presenteras.

6.3 SPECIFIKA VARIABLER

Genom att betrakta de 6 försöksvariablerna i kombination med de fyra skärmbilderna är det tydligt att alla pilotgrupper skattar informationsmängden som linjärt förbättrad för Skärmbild 1-3, men att Skärmbild 4 är likvärdig med Skärmbild 3. De två grafiska skärmbilderna levererar alltså samma mängd information. Belastningen avtog i stort sett linjärt från Skärmbild 1 till 4, vilket talar för att alla försöksdeltagare bedömt Skärmbild 4 som minst kognitivt belastande. En sådan skattning indikerar att deskriptiva funktioner i kombination med prediktiva dito och grafisk framställning är positivt för piloternas mentala belastning. Grafisk stapelpresentation (Speed-Tape) uppfattades som mest användbar ur detta perspektiv. Situationsmedvetande skattades linjärt ökande från Skärmbild 1 till 3, för att därefter öka brantare. Detta innebär att Skärmbild 4 skattades markant högre än Skärmbild 1-3 vilket är positivt, eftersom ett av huvudmotiven till att introducera HUD för tidsstyrd taxning är att öka piloternas situationsmedvetande. Stress skattades i stort sett likadant för Skärmbild 1 och 2, men skattades lägre för Skärmbild 3 och 4. Stressvariabeln skiljer sig något åt i jämförelse med de andra fem variablerna just i denna polariserade skillnad; de två icke-grafiska skärmbilderna skattas lågt medan de två grafiska skärmbilderna skattas högt. Upplevelsen av stöd påvisar en avtagande icke-linjär trend från Skärmbild 1 till 4. Detta kan tolkas som att Skärmbild 2-4 erbjuder ökat operatörsstöd och att detta visserligen ökar men planar ut på en hög nivå där Skärmbild 4 ger högst stöd. Användbarhet, den sjätte och sista försöksvariabeln, är skattad som högst för Skärmbild 4 och lägst för Skärmbild 1. Skattningen ökar för Skärmbild 2 men minskar markant för Skärmbild 3. Alla tre pilotgrupperna ansåg alltså att Skärmbild 3 var mindre användbar än Skärmbild 2 och 4.

6.4 FLYGTID

Ålder och flygerfarenhet korrelerar ganska väl enligt basdata för försöksdeltagarna. Det är sannolikt att ålder och flygerfarenhet inte automatiskt genererar förbättrad förmåga i termer av kognitiv funktion, stresstålighet eller situationsmedvetande. Mer erfarna piloter nyttjar förmodligen sin erfarenhet i form av generella tumregler (heuristik) i stället för av analytiska problemlösningar jämfört med yngre piloter, vilka möjligen arbetar tvärtom. Generellt verkar alla försöksdeltagare ha uppskattat skärmbilderna i rangordning 1-4, där Skärmbild 1 uppskattats minst och Skärmbild 4 uppskattats mest. Detta gällde generellt för alla åldersgrupperna, men specifikt för Pilotgrupp 3.

Inom yrkesmässig flygverksamhet samspelar två piloter i en flygbesättning med varandra. Organisatoriska såväl som sociala, kulturella och t.ex. erfarenhetsmässiga skillnader finns naturligt i en flygbesättning. Piloternas sammanlagda erfarenhet, kunskap och förmåga antas ge god beslutsgrund. Sammantaget bedömdes det rimligt att använda flygtid som variabel för indelning i de tre pilotgrupperna just på grund av interaktionseffekterna i en flerpilotbesättning. Flygtidens varierande karaktäristik i termer av allvädersflygning, en- eller flermotoroperationer, en- eller flerpilotsystemmörkerflygning, flygning med jet- eller propellermotorer, militär eller civil flygning bör dock tas i beaktande när begreppet flygtid används.

6.5 AVGRÄNSNING

Framtagning av skärmbilden följde generella konventioner och designprinciper i så stor utsträckning som detta var möjligt och/eller rimligt. För att ta fram en användarvänlig och logisk skärmbild bedömdes det som nödvändigt att göra mindre avsteg från accepterade designprinciper och konventioner; den grafiska skärmbilden placerades därför till höger på informationsdonet. Enligt konventioner placeras flygplanets fartmätare oavsett konstruktion till vänster på pilotens instrumentpanel eller på dennes PFD (Fitts, 1951). Eftersom de flesta flygplan taxas av befälhavaren (i vänsterstol) och följaktligen höger hand används för att manövrera gasreglagen, var det logiskt att placera skärmbilden med de grafiska funktionerna till höger. En sådan designlösning uppfyller psykomotoriska krav, då rörelser med höger arm ger återkoppling på höger sida av informationsdonet. Ett motargument är att användare söker efter information där de intuitivt förväntar sig finna sådan information. I en sådan situation söker användaren information uppe till vänster, t.ex. på en HUD. Det är oklart varför detta tycks gälla, men det

är möjligt att kulturella aspekter, till exempel läsvana och till viss del vana av den analoga klockan, ligger bakom en sådan preferens (Wickens & Hollands, 2000).

I en framtida applikation är det sannolikt att piloten vid ankomst till startposition ställer om skärmbilden från markläge till flygläge och där fartindikeringen sedan återfinns på skärmbildens vänstra sida. Den kognitiva belastningen av en sådan reversering bedöms som liten, om än närvarande. En sådan bedömning är också i linje med vad försöksdeltagarna uttryckte både i enkäten såväl som under intervjuer.

6.6 FRAMTIDA UTVECKLINGSLINJER

I en framtida flygplatsmiljö är det rimligt att anta att system för navigeringsstöd, t.ex. Surface Guidance System (SGS), leder till att förflyttningar kan genomföras på ett säkert och ekonomiskt sätt. Elektroniska kartor och färdtillstånd via datalänk samt presentation av färdtillstånd på HUD är en sannolik utveckling. Integration av navigeringsstöd såväl som av tidsstyrning i en och samma skärmbild är önskvärd. Implementering av sådana stöd möjliggör taxning i allvädersmiljö, på komplexa flygplatser under hög trafikbelastning. Förväntade vinster beräknas bli säkrare navigering genom ökat situationsmedvetande hos piloter och lägre belastning på radiofrekvenser. Automatiska larm- och varningssystem vilka gör piloter (och trafikledare) uppmärksamma på felnavigering och/eller kollisionsrisker är en annan vinst. Ytterligare en vinst är att flygplan kan taxas snabbare i allväderssituationer eftersom piloternas situationsmedvetande ökar.

I förlängningen innebär navigerings- och tidsstyrningsstöd att piloten i princip taxar med hjälp av en Flight Director (FD). Detta förfaringsätt innebär att piloten använder styrkommandon men manuellt framför flygplanet. Det är inte orimligt att anta att flygplanet kan framföras med styrautomat (*Autopilot, A/P*) och fartkontroll (*Autothrust, A/T*) även på marken på samma sätt som det kan framföras i luften. Piloternas uppmärksamhet kan då fördelas på uppföljning och övervakning i stället för på manövrering.

6.7 FRAMTIDA FORSKNING

Det är intressant att förbättra och utöka undersökningen genom att utföra försök i syntetiskt miljö (flygsimulator) för att mer exakt utvärdera skärmbildens användarvänlighet. Detta skulle kunna uppnås genom att mäta försöksdeltagarnas prestanda genom per jämförelse av tidsåtgång och felnavi-

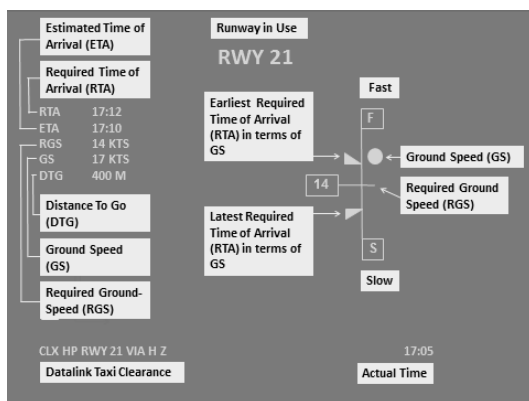
gering i tillägg till egenskattningar av stress, belastning och t.ex. bedömningar om mängden nödvändig information.

Det vore av intresse att undersöka hur tids- och navigeringsstöd kan kombineras och presenteras på HUD. Kombinationen av två sådana system bedöms som mycket verkansfull och förväntas reducera piloternas arbetsbelastning. Vidare bör undersökas hur en skärmbild med reverserad informationspresentation, det vill säga med grafisk fartmätarindikering till vänster, skulle uppfattas av försöksdeltagarna.

Eftersom majoriteten av flyguppdragen inom modern transportflygverksamhet sker i flerpilotsystem är det av värde att anpassa kommande försök till detta. Således bör två piloter genomföra försöket analogt med flerpilotoperationer.

7 Slutsats

- Litteraturstudien visade att det i dagsläget endast har tagits fram relativt primitiva skärmbilder för tidsstyrning av taxning.
- I utvärderingen av fyra nya skärmbilder för tidsstyrning av taxning, bedömde piloter att en skärmbild av stapeltyp (Speed-Tape) med alfamerisk/grafisk/deskriptiv/prediktiv information, var den mest användbara alla variabler sammantaget (figur 7.1 och bild 7.2 nedan).
- Försöksresultatet gav stöd för att de bakomliggande designprinciperna fungerat tillfredsställande.
- Kombinationen självskattning och intervju bedöms ha fungerat tillfredsställande som utvärderingsmetod.
- Fortsatt forskning bör baseras på ytterligare försök, där tidsstyrningsfunktion och navigeringsstöd kombineras i realistisk syntetisk försöksmiljö, det vill säga flygsimulator och i flerpilotsystem. En framtida möjlighet är att genomföra sådana försök i operativ flygplatsmiljö under verkliga förhållanden.
- Fortsatt forskning bör ske på eventuella effekter av det föreslagna skiftet av grafisk information från höger till vänster sida på skärmbilderna.



Figur 7.1 Instruktion Skärmbild 4

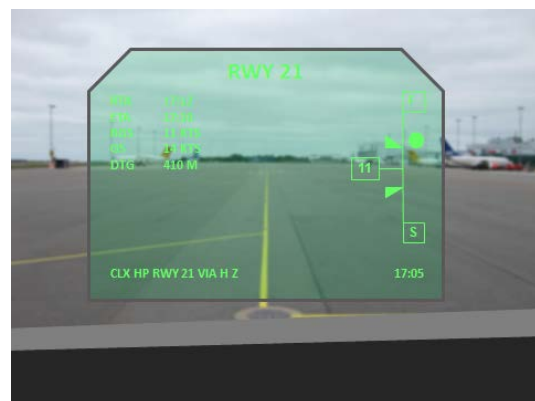


Bild 7.2 Vinjettposition 1 Skärmbild 4

8 Referenser

Airbus (2011). 4D-Trajectory Management Aerodays – 31 March 2011

Airbus (2004). Flight Operations Briefing Notes, Runway and Surface Operations, Preventing Runway Incursions, Airbus Customer Services, Flight Operations Support and Line Assistance

ALICIA (2007). <http://www.alicia-project.eu/CMS/>

Boeing (2010). Aviation Safety Commercial Airplanes, Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959 – 2009

Bohgard, M., et al (2008). Arbete och teknik på människans villkor. Solna: Åtta-45

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in psychology*, 3, 77-101

Burns, C. M., & Hajdukiewicz, J. R. (2004). *Ecological Interface Design*. Boca Raton, FL: CRC Press

Cheng, V. H. L., et al. (2001). A study of aircraft taxi performance for enhancing airport surface traffic control, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 2, No. 2, pp. 39 - 54

Cheng, V.H.L., & Foyle, D.C. (2002). Automation tools for enhancing ground-operation situation awareness and flow efficiency, *Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*, 2002-4856, Monterey, CA

Cheng, V.H.L. (2009). 9th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (ATIO) & Air, "Information Requirements for Pilots to Execute 4D Trajectories on the Airport Surface", 21 - 23 September 2009, Hilton Head, South Carolina

Department of Defense Design Criteria Standard Human Engineering MIL-STD-1472F, (1999)

Eklund J. (2003). *An extended framework for humans, technology and organization interaction*. Human factors in organizational design and management VII

EUROCONTROL. (2003). Validation Plan for A-SMGCS Implementation Level 1 DSA. http://www.eurocontrol.int/airports/gallery/content/public/a_smgcs/library/validation_master_plan_impl_level1.pdf

EUROCONTROL (2007). A-SMGCS. http://www.eurocontrol.int/airports/gallery/content/public/a_smgcs/index.html

EUROCONTROL. (2010). A-SMGCS http://www.eurocontrol.int/airports/public/standardpage/APR2_Projects_ASMGCS_2.html

FAA (2005). U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Air Traffic Bulletin, Issue # 2005-3, August 2005

FAA (2008). Federal Aviation Administration, 14 CFR Part 91, [Docket No. FAA–2007–29305; Amdt. No. 91-314], RIN 2120–AI92, Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS–B) Out Performance Requirements to Support Air Traffic Control (ATC) Service

Fitts, P.M. (1951). Engineering psychology and equipment design, Handbook of Experimental Psychology, S.S., Stevens Ed. New York: John Wiley & Sons

Foyle, D. C., Ahumada, A. J., Larimer, J., & Sweet, B. T. (1992). Enhanced/synthetic vision systems: Human factors research and implications for future systems. SAE Transactions: Journal of Aerospace, 101, 1734-1741

Foyle, D.C., McCann, R.S., & Shelden, S.G. (1995). Attentional issues with superimposed symbology: Formats for scenelinked displays. In R. S. Jensen, & L. A. Rakovan (Eds.), Proceedings of the 8th International Symposium on Aviation Psychology, 98-103. Columbus, OH: Ohio State University

Foyle, D.C., Andre, A.D., McCann, R.S., Wenzel, E., Begault, D. & Battiste, V. (1996). SAE Transactions: Journal of Aerospace, 105, 1411-1418

Gerard W.H. van Es (2001). NLR, Review of ATM-related Accidents worldwide from 1980 to 2001 by the National Aerospace Laboratory (NLR) – Netherlands

Goodman, C. (1993). Literature Searching and Evidence Interpreting for Assessing Health Care Practices. Stockholm: Nordstedts Tryckeri AB

Hawkins, F.H. (1987). Human factors in flight, second edition. Burlington: Ashgate Publishing Company

Hecker, P., Doehler, H. U., Korn, B., & Ludwig, T. (2001). Extending enhanced vision capabilities by integration of advanced surface movement guidance and control systems (A-SMGCS). Proceedings of SPIE, the International Society for Optical Engineering, Vol. 4363, pp. 58-66

Helander, M. (2006). A Guide to Human Factors and ergonomics, second edition. Boca Raton: CRC Press

Hooey, B.L., & Foyle, D.C. (2003). Monterey Technologies, Inc., NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA

- Kahneman, D., Tversky, A. & Slovic, P. eds. (1982) *Judgment under Uncertainty: Heuristics & Biases*. Cambridge, UK, Cambridge University Press
- Krueger, R.A., & Casey, M.A. (2000). *Focus groups: a practical guide for applied research*. (pp. 21-33). SAGE: Thousand Oaks, USA
- McCann, R.S., Hooey, B.L., Parke, B., Foyle, D.C., Andre, A.D. & Kanki, B. (1998). SAE Transactions: Journal of Aerospace, 107, 1612-1625
- Nielsen, J. (2001). *Usability engineering*. Första upplagan, London: Elsevier Science & Technology
- Proctor, P. (2000). Aviation Week & Space Technology, New York, New Head-Up Tool Aims to Cut Runway Incidents
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 13, 257-266
- Rasmussen, J. (1985). The role of hierarchical knowledge representation in decision making and system management. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 15, 234-243
- Rasmussen, J. (1990). Mental models and the control of action in complex environments. In D. Ackermann, D. & M.J. Tauber (Eds.). *Mental Models and Human-Computer Interaction 1* (pp. 41-46). North-Holland: Elsevier Science Publishers
- RTCA (2003). Radio Technical Commission for Aeronautics. *Minimum Operational Performance Standards for 1090 MHz Extended Squitter Automatic Dependent Surveillance — Broadcast (ADS-B) and Traffic Information Services — Broadcast (TIS-B)*. [DO-260A](#)
- Rollenhagen, C. (1995). MTO: en introduktion: Sambanden människa, teknik och organisation. Lund: Studentlitteratur
- Schuler, D., & Namioka, A. (1997). Participatory Design, Lawrence Erlbaum 1993 and chapter 11 in Helander's Handbook of HCI, Elsevier
- Shneiderman, B. (1998). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction (3rd ed.)*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing
- Theunissen, E., et al. (2005). Guidance, Situation Awareness and Integrity Monitoring with an SVS+EVS, AIAA GNC Conference Proceedings
- Van Cott, H.P. & Kinkade, R.G. (1972). *Human Engineering Guide to Equipment Design*, Washington, DC

Vaughn, M. (2009). Communications, Navigation and Surveillance/Aeronautical Information Resource Services (CNS/AIRS) Section, Air Navigation Bureau (ANB), International Civil Aviation Organization

Vicente, K. J. & Rasmussen, J. (1992). Ecological Interface Design: Theoretical foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 22, 589-606

Vicente, K. J. (1999b). Ecological Interface Design: Supporting operator adaptation, continuous learning, distributed collaborative work. *Proceedings of the Human Centered Processes Conference*, 93-97

Wickens, C. D. & Hollands J. G. (2000). *Engineering Psychology and Human Performance*. Third Edition. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall Inc

Williams, J.L., Hooey, B.L. & Foyle, D.C. (2006). 4-D taxi clearances: pilots' usage of time- and speed-based formats. Proceedings of the AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, Paper AIAA-2006-6611

Willman, A & Stoltz, P. (2006). Evidensbaserad omvårdnad: en bro mellan forskning och klinisk verksamhet Lund: Studentlitteratur

Zsombok, C.E. & Klein, G. (1997). *Naturalistic Decision Making*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ

9 Bilagor

Bilaga 1 missivbrev försöksdeltagare

Utvärdering av skärmbild för tidsstyrd taxning med flygplan

Du har fått det här brevet eftersom du visat intresse för att vara med i utvärdering av en skärmbild för tidsstyrd taxning. Med detta introduktionsbrev vill jag ta tillfället i akt att redogöra för försöket som sådant och dess förutsättningar.

Inom flygindustrin är idag intrång på aktiva start- och landningsbanor, felnavigering under taxning samt kollisioner mellan flygplan och mellan flygplan och andra fordon ett allvarligt problem. Ett annat problem är den allt ökande trafikbelastningen på flygplatser där förseningar blir ett givet resultat. Att anlända på rätt plats, på rätt tid och att genomföra detta på ett säkert, ekonomiskt och miljövänligt sätt är en utmaning. Ett sätt att förbättra piloternas förutsättningar för att undvika ovanstående problem är att öka deras situationsmedvetande under taxning och detta i allvädersmiljö.

Förevarande examensarbete avser att framställa och utvärdera en skärmbild där tidsdelen av taxningen är av primärintresse; hur skall taktisk information för tidsstyrning på bästa sätt presenteras med hjälp av en Head-Up Display (HUD) i cockpit? Det är viktigt att förstå att navigeringsstöd i form av styrkommandon, taxningsinformation, antikollisionsdata samt uppföljning på elektronisk flygplatskarta inte är föremål för examensarbetet. Det är alltså uteslutande tidsstyrning som är av intresse.

Det övergripande syftet med utvärderingen är att fånga upp din uppfattning och dina erfarenheter av en ny skärmbild. I simulerad cockpitmiljö kommer du att få prova några olika skärmbilder operativt. Utvärderingen ingår i ett examensarbete inom ergonomi och MTO (människa-teknik-organisation) på Kungliga Tekniska högskolan (KTH) i Stockholm samt på Chalmers tekniska högskola i Göteborg.

Du kommer att bli inbjuden till utvärderingen som kommer att genomföras i Göteborg någon gång under perioden maj till juli 2011. Du kommer att få vidare instruktioner och information om hur utvärderingen kommer att gå till på plats när försöksperioden närmar sig. Jag kan redan nu säga att utvärderingen är anonym och att all data kommer att avkodas för personuppgifter och/eller annan information. Efter försöket kommer all data dessutom att destrueras.

Har du frågor eller funderingar är du välkommen att kontakta mig, min examinator eller min handledare enligt nedan. Jag vill också passa på att tacka dig för att du visat intresse. Din medverkan är en förutsättning för att skärmbilden och därmed även examensarbetet skall bli av hög kvalitet; i förlängningen gagnar din medverkan även flygsäkerhet, ekonomi och miljö.

Göteborg i maj 2011

Bästa hälsningar

/Rikard Eklund

Rikard Eklund, eklund.rikard@telia.com, 070-799 85 28
Examinator KTH: Jörgen Eklund, jorgen.eklund@sth.kth.se
Huvudhandledare: Anna-Lisa Osvalder CTH, alos@chalmers.se

Försöksinstruktioner

Inledning

Välkommen till utvärdering av skärmbild för tidsstyrd taxning. Här får du en sammanställning av förutsättningarna för det här försöket. Detta brev kommer att presenteras både skriftligen till dig och i tillägg till detta även läsas muntligt för dig. Det är viktigt att du förstår vad som kommer att hända – även om försöket som sådant är relativt enkelt.

Inledande möte (30 min)

Försöksdagen inleds med möjlighet till enkel förtäring där du får möjlighet att ställa frågor om examensarbetet och där vi kan ta upp andra saker som kan vara viktiga för att du skall trivas under försöksdagen.

Försöksdel 1 basdata (15 min)

Under den första försöksdelen tilldelas du en kulspetspenna, anteckningspapper, skriftliga försöks- och användarinstruktioner samt kartmaterial. Försöket som sådant inleds med att du får fylla i bakgrundsdata av olika typer, detta kommer att avkodas och ingå i statistiska analyser i försöksrapporten. All personlig data kommer efter avkodning att förstöras, du är garanterad anonymitet. För en kortare tid kommer jag att behålla dina kontaktuppgifter eftersom jag kan behöva återkomma i någon fråga senare. Även dina kontaktuppgifter kommer därefter att förstöras.

Försöksdel 2 introduktion (30 min)

Du får nu tid på dig att läsa igenom brevet med försöksinstruktioner samt att läsa igenom användarinstruktionerna för fyra stycken olika skärmbilder. Både försöks- och användarinstruktioner finns därefter tillgängliga för dig under hela försöket.

Försöksdel 3 genomförande av försök 1 (10 min)

Försöket inleds med att du ombeds sätta dig vid en datorterminal med bildskärm. Du kommer inte att hantera dator, bildskärm eller annan försöksutrustning. Försöksledaren sköter dator och annan utrustning. Du kommer att få reda på din position på en tänkt flygplats och det färdtillstånd du har erhållit från trafikledningen. Därefter börjar själva försöket.

Försöksdel 3 vinjett 1-4 (1:38 min)

Du kommer att få genomgå en utvärdering av fyra försöksvinjetter med fyra olika skärmbilder. Varje försöksvinjett får ta 9 minuter. Förutsättningarna är desamma för alla fyra försöksvinjetterna. När respektive försöksvinjett är avslutad kommer du att bli ombedd svara på en kortare skriftlig enkät rörande sex olika variabler. Enkäten får du 10 minuter på dig att fylla i. Efter det att varje försöksvinjett är avslutad och enkäten ifylld får du en kortare rast på 5 minuter. När du avklarat alla fyra försöksvinjetterna inklusive enkäten får du möjlighet till en rast på 15 minuter.

Försöksdel 4 intervju (20 min)

Under intervjudelen kommer du att få möjlighet att kommentera dina upplevelser av de fyra försöksvinjetterna i form av en muntlig intervju. Här har du en möjlighet att uttrycka din uppfattning om försöksvinjetterna, skärmbilderna och andra saker du tycker är viktiga och/eller intressanta.

Försöket avslutas i och med att intervjun är avklarad. Tack för din medverkan.



BASDATA FÖRSÖKSDELTAGARE

Datum _____

Namn _____ Telefonnummer _____

1. Ålder

20 - 25 26 - 30 31 - 35 36 - 40 41 - 45 46 - 50 51 - 55

2. Kön

- Kvinna
 Man

3. Arbetsförhållande

- Tillsvidareanställd Arbetsökande
 Visstidsanställning Studerande
 Egen företagare Annat _____
 Kapten
 Styrman

4. Certifikat och behörigheter

- PPL IR MCC
 CPL ME Flyglärare
 ATPL ATPL-teori

5. Flygtid

Totalt..... Enmotor..... Flermotor..... Enpilot..... Flerpilot..... IR.....



UTVÄRDERING AV SKÄRMBILD 1 2 3 4

Här nedan finns några påståenden om hur du upplever den första skärmbilden.
Markera det alternativ som stämmer bäst för Dig på den 6-gradiga skalan.

1. Jag upplever att jag hade tillräckligt med information för att lösa uppgiften

Stämmer inte alls

Stämmer mycket bra

1 2 3 4 5 6

Eventuella kommentrer _____

2. Jag upplever inte att min mentala belastning var hög

Stämmer inte alls

Stämmer mycket bra

1 2 3 4 5 6

Eventuella kommentrer _____

3. Jag upplever att mitt situationsmedvetande var gott

Stämmer inte alls

Stämmer mycket bra

1 2 3 4 5 6

Eventuella kommentrer _____

4. Jag upplever inte att jag kände stress när jag försökte lösa uppgiften

Stämmer inte alls

Stämmer mycket bra

1 2 3 4 5 6

Eventuella kommentrer _____

5. Skärmbilden gav mig det stöd jag bedömer att jag behövde

Stämmer inte alls

Stämmer mycket bra

1 2 3 4 5 6

Eventuella kommentrer _____

6. Skärmbilden var användbar för att genomföra uppdraget

Stämmer inte alls

Stämmer mycket bra

1 2 3 4 5 6

Eventuella kommentrer _____

Begreppsdefinition enkät

Inledning

Du skall få prova fyra olika skärmbilder i den här undersökningen. Efter det att varje skärmbild blivit testad av dig kommer du att få fylla i en kortare enkät med sex frågor. Det är viktigt att du och jag uppfattar respektive fråga på samma sätt. Därför kan du nedan läsa litet om hur jag definierar begreppen.

De sex frågorna handlar om följande begrepp:

- Information
- Belastning
- Situationsmedvetande
- Stress
- Stöd
- Användbarhet

Information

Begreppet handlar om ett budskap som kan kommuniceras exempelvis genom tecken, bilder och symboler. Du kan fundera i termer av om du fick för litet, lagom eller för mycket information och om du hade nytta av den information du fick. Du kan också fundera på om du förstod och/eller kunde tolka den information du fick tillgång till.

Belastning

Begreppet handlar om hur pass krävande du tyckte att din mentala belastning var i termer av beslutsfattande, beräkningar och t.ex. informationssökning. Människor har förenklat uttryckt en viss mental kapacitet eller förmåga. Denna förmåga varierar från tid till annan beroende på en mängd faktorer. Beroende på situation och uppgift belastas denna kapacitet olika mycket.

Situationsmedvetande

Begreppet handlar om du känner att du "har koll på läget". Förstår du vad som har hänt, händer och kan förväntas komma att hända?

Stress

Begreppet kan definieras på flera olika sätt. I den här undersökningen tänker jag mig att du skall fundera på om du känner dig orolig, irriterad, bekymrad eller kanske blockerad när du försöker lösa uppgiften. Eller kände du dig t.ex. avslappnad och tyckte att övningarna var roliga.

Stöd

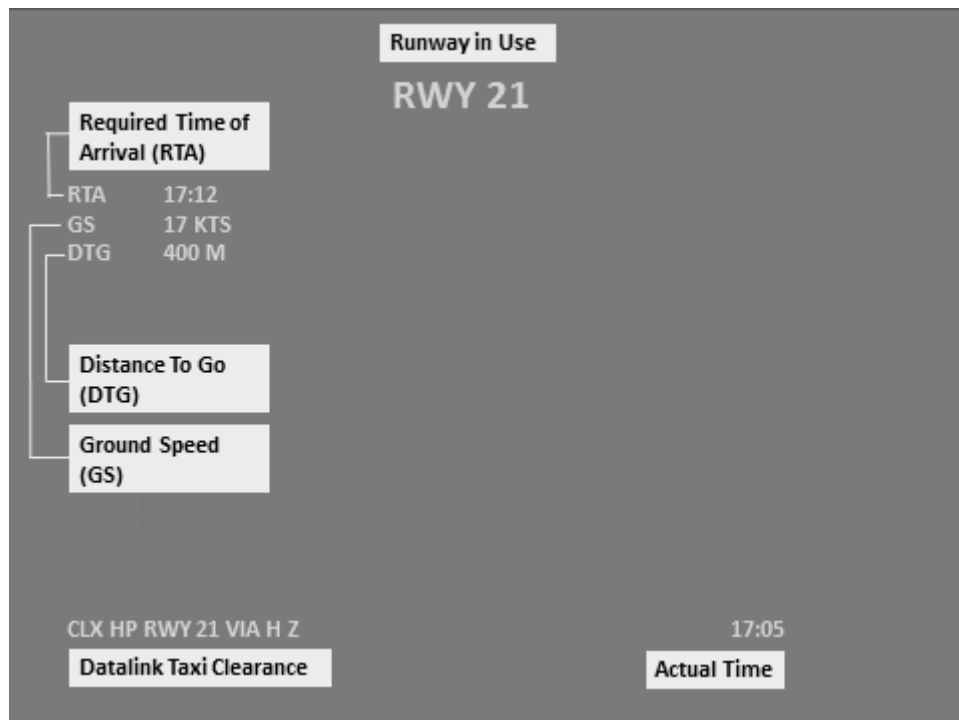
Begreppet handlar om du anser att skärmbilden gav dig hjälp med att lösa din uppgift. Kunde du hantera uppgiften på ett bra och effektivt sätt med hjälp av skärmbilden eller kände du att den inte var till nytta?

Användbarhet

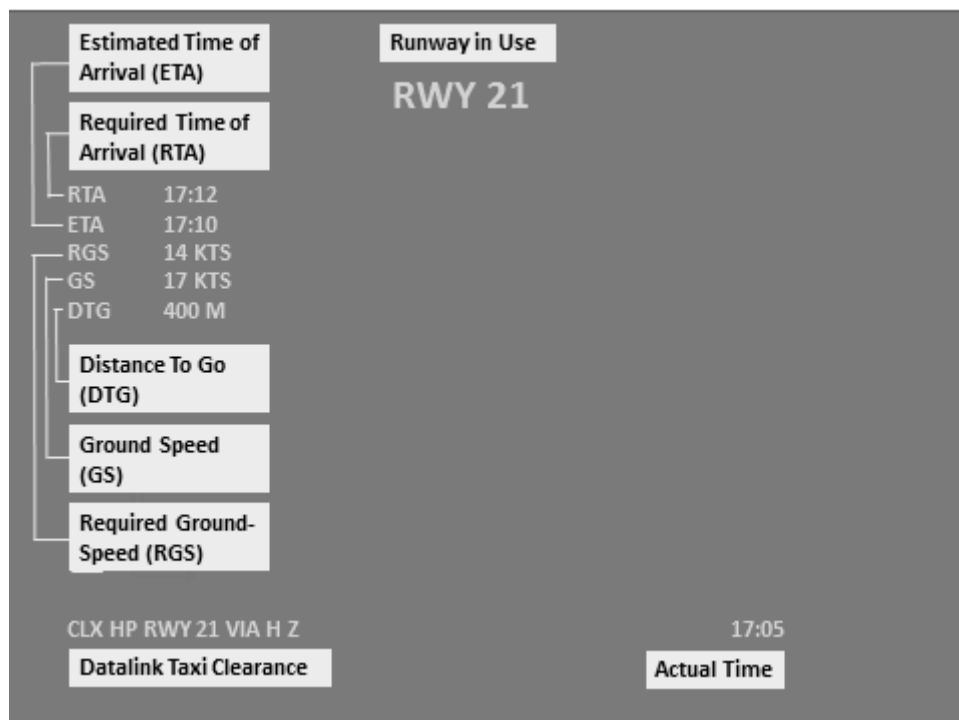
Begreppet handlar om hur du generellt och sammantaget bedömde att skärmbilden var användbar. Du kan väga in alla de andra fem variablerna enligt ovan i denna bedömning. Jag är intresserad av din sammantagna bedömning.

Användarinstruktioner Skärmbild 1-2

Skärmbild 1

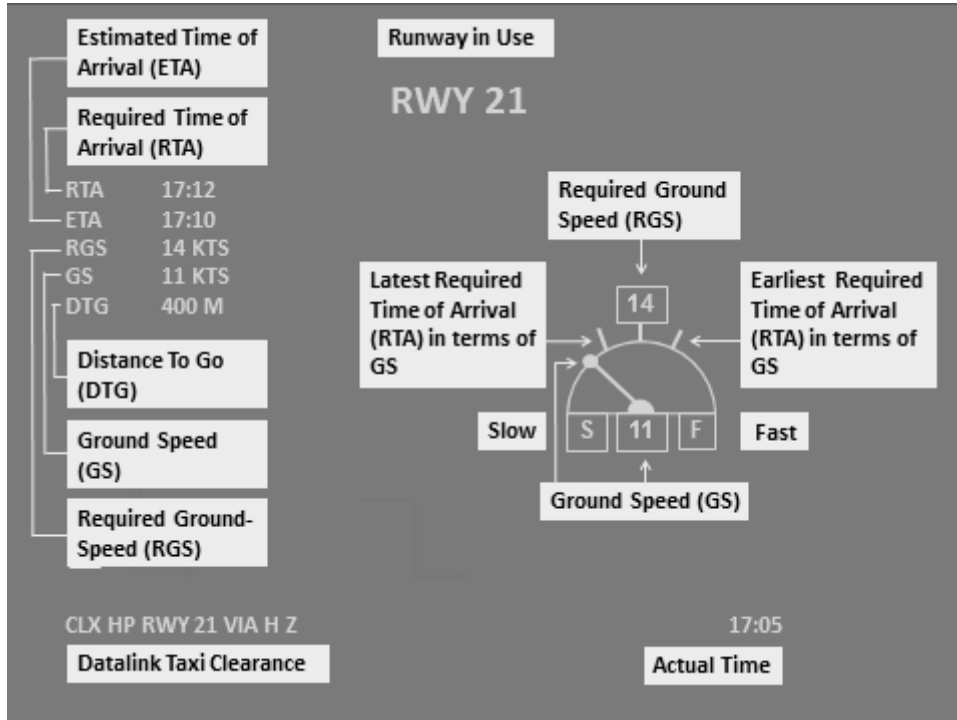


Skärmbild 2

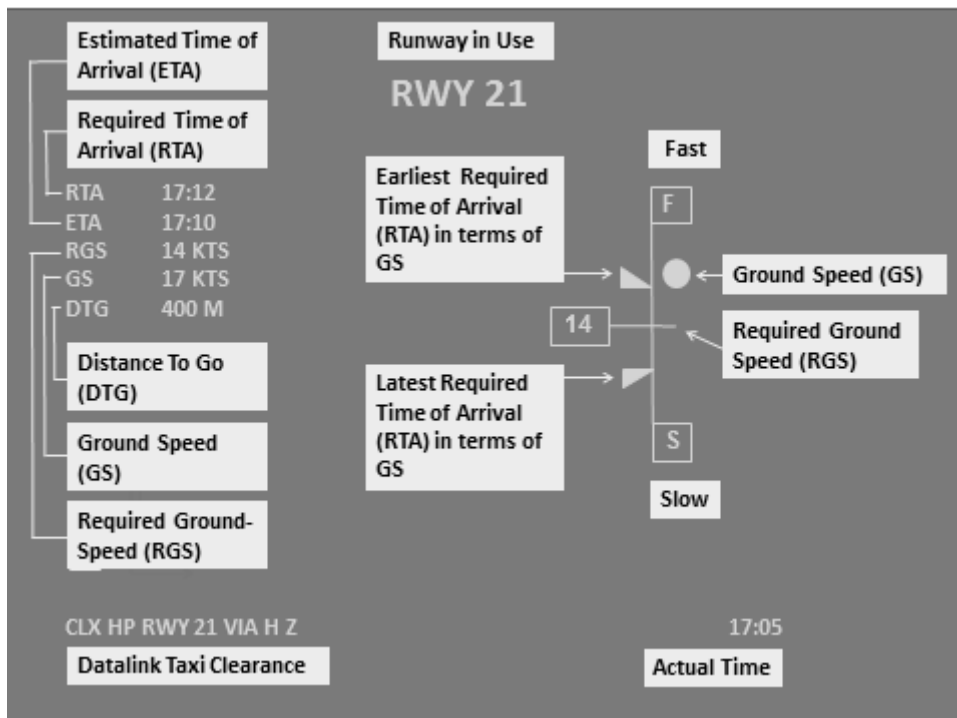


Användarinstruktioner Skärmbild 3-4

Skärmbild 3



Skärmbild 4



Bilaga 7a försöksvinjett 1

Vinjettposition 1 Skärmbild 1



Vinjettposition 2 Skärmbild 1



Bilaga 7a försöksvinjett 1

Vinjettposition 3 Skärmbild 1

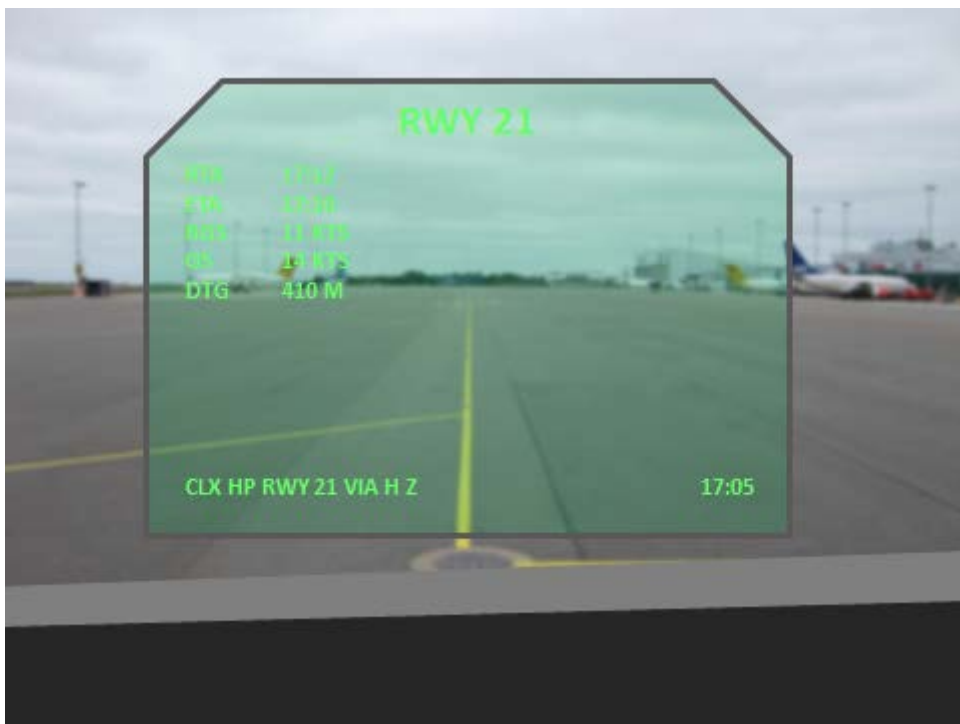


Vinjettposition 4 Skärmbild 1



Bilaga 7b försöksvinjett 2

Vinjettposition 1 Skärmbild 2



Vinjettposition 2 Skärmbild 2



Bilaga 7b försöksvinjett 2

Vinjettposition 3 Skärmbild 2



Vinjettposition 4 Skärmbild 2

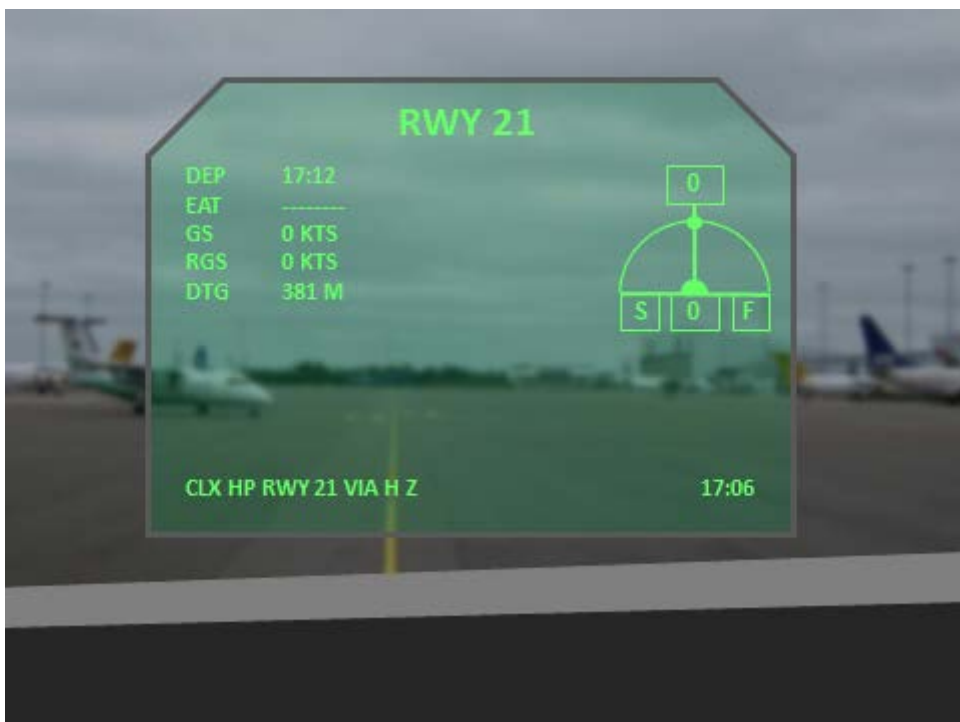


Bilaga 7c försöksvinjett 3

Vinjettposition 1 Skärmbild 3



Vinjettposition 2 Skärmbild 3



Bilaga 7c försöksvinjett 3

Vinjettposition 3 Skärmbild 3

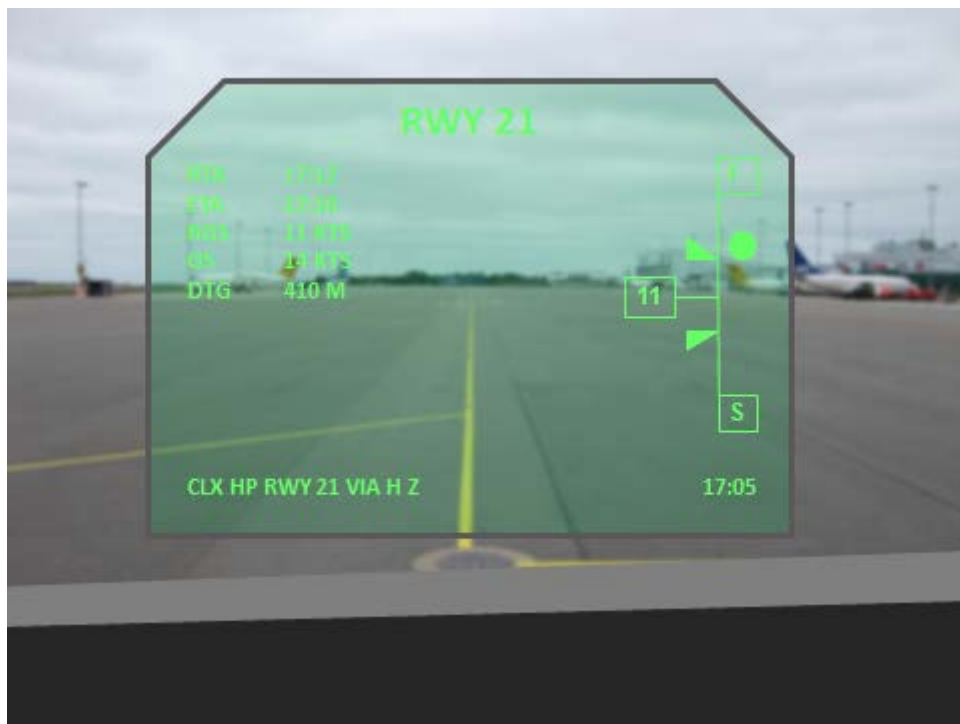


Vinjettposition 4 Skärmbild 3

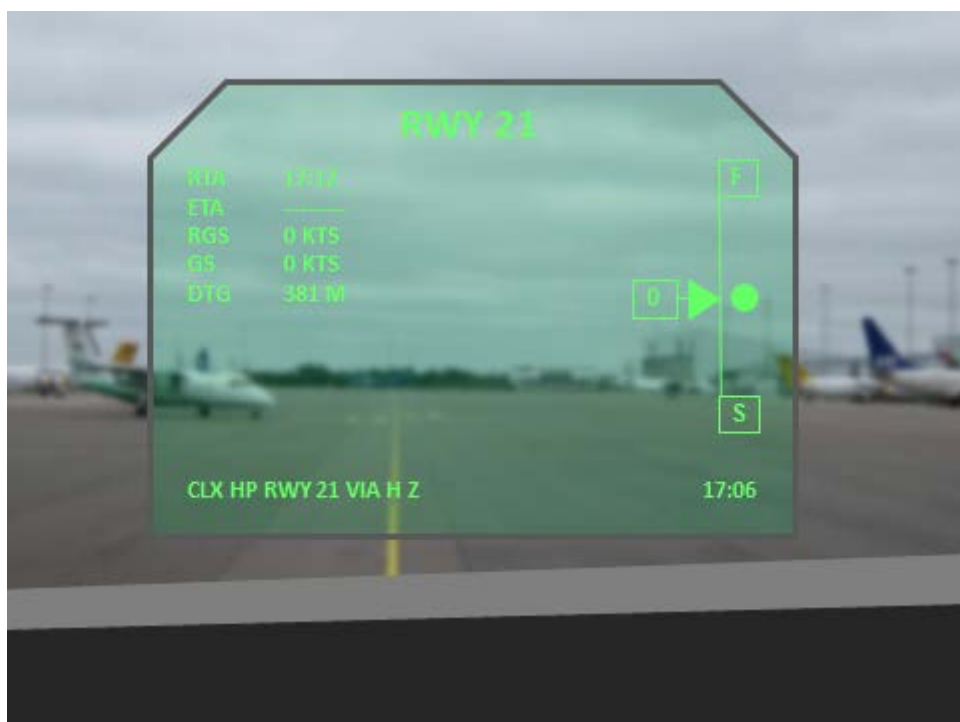


Bilaga 7d försöksvinjett 4

Vinjettposition 1 Skärmbild 4



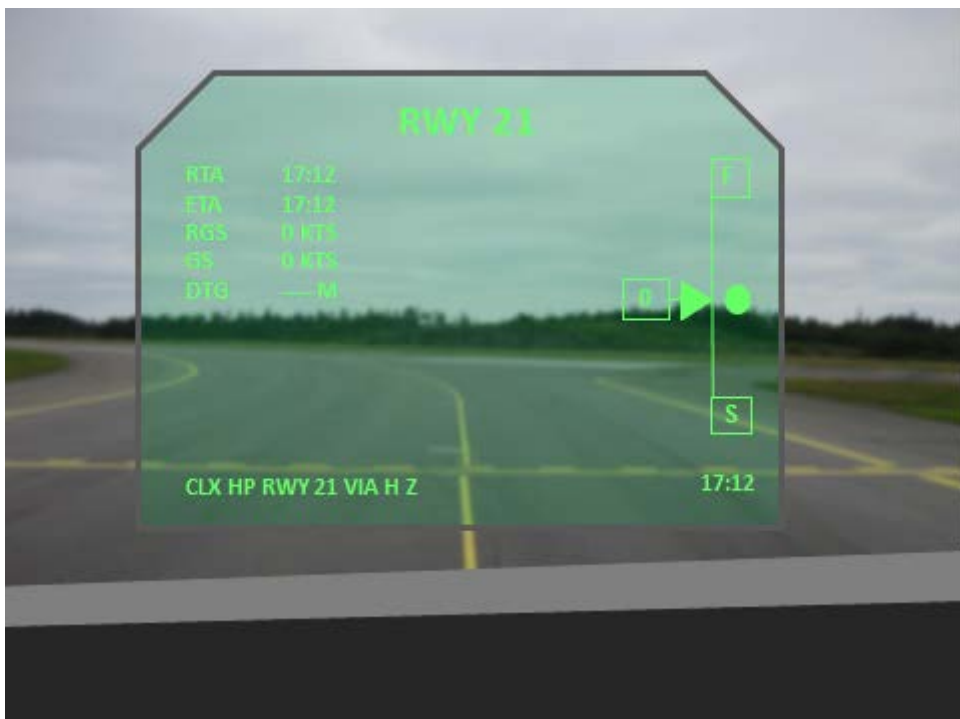
Vinjettposition 2 Skärmbild 4

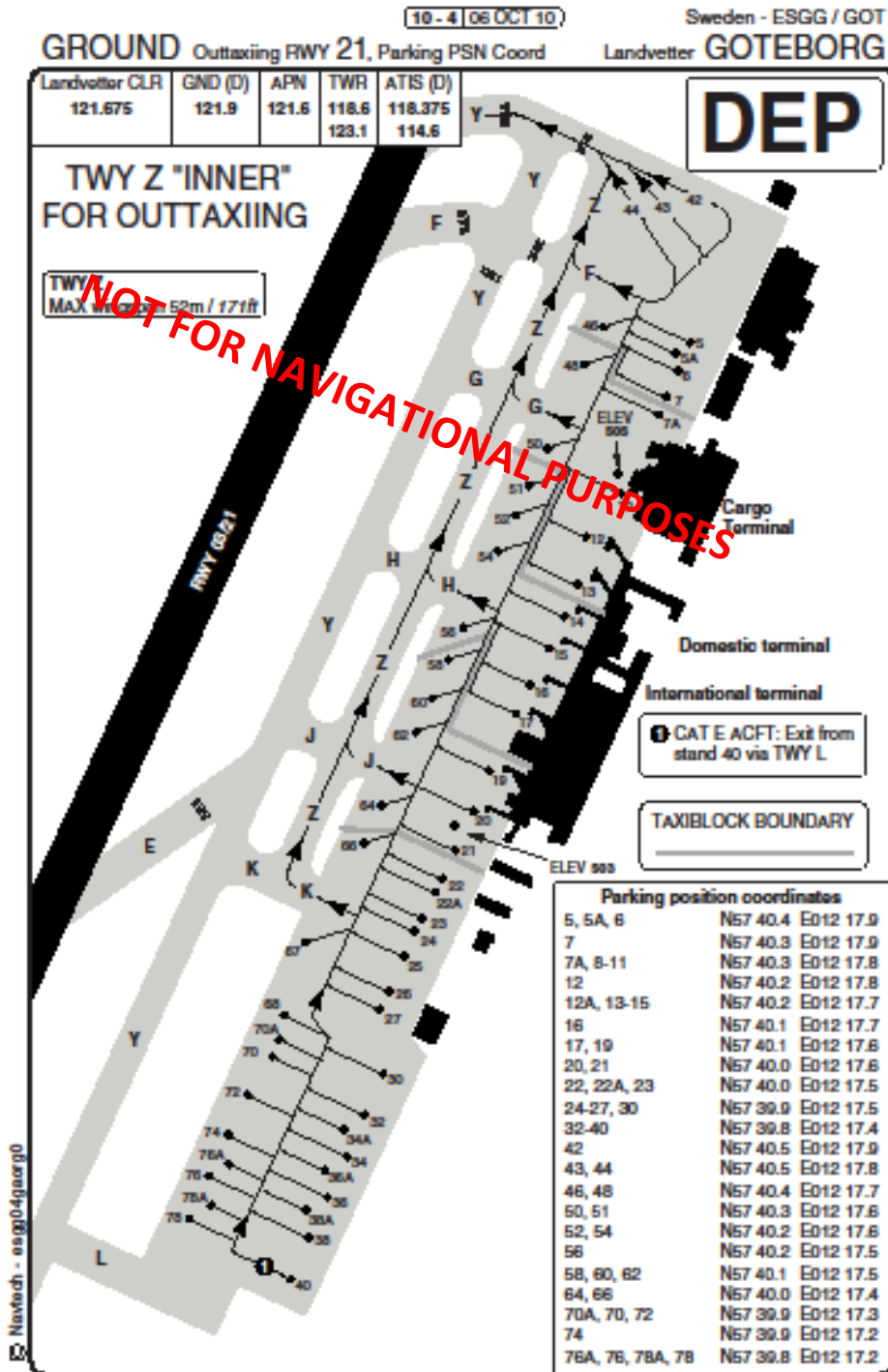


Vinjettposition 3 Skärmbild 4



Vinjettposition 4 Skärmbild 4





Bilaga 9 Begrepp

Förkortning/Begrepp	Engelska	Svenska
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast	Automatiskt övervakningssystem för fordon
AH	Abstraction Hierarchy	Abstraktionshierarki, en metod att analysera t.ex. arbetsuppgifter
Alfanumerisk	Alphanumeric	Teckenuppsättning med både siffror och bokstäver
ALICIA	All Condition Operations and Innovative Cockpit Infrastructure	Forsknings- och utvecklingsprojekt avsett för att skapa en ny standard för cockpit att fungera i allvädersmiljö
AMM	Airport Moving Map	Rörlig elektronisk flygplatskarta
AP	Autopilot	Styrautomat, utrustning för styrning av farkoster
A-SMGCS	A-SMGCS	Advanced surface movement guidance and control system
AT	Auto-Thrust/Auto-Throttle	Farthållare
ATC	Air Traffic Control	Trafikledning för luftfarten, ansvarar för separation
ATPL	Airline Transport Pilot License	Trafikflygarcertifikat, befälhavare i flerpilotsystem
ATPL-teori	ATPL-theory	Trafikflygarcertifikat, befälhavare i flerpilotsystem (teori)
CPDLC	Controller Pilot Data Link Communication	Datalänk, kommunikation utan röstöverföring, bland annat text-meddelanden eller annan automatisk dataöverföring
CPL	Commercial Pilots License	Trafikflygarcertifikat för biträdande befälhavare i flerpilotsystem
CRT	Cathode Ray Tube	Katodstrålerör, skärmbildsteknik i t.ex. äldre TV-apparater
CTOT	Calculated Take Off Time/Slot Time	Tidsfönster för avgång (start) som måste ske inom -5/+10 minuter
EASA	European Aviation Safety Agency	Europeiska byrån för luftfartssäkerhet (myndighet)
EFVS	Enhanced Flight Vision System	Bildförstärkare
EID	Ecological Interface Design	Design för komplexa sociotekniska miljöer med hög dynamik
Ergonomi	Ergonomics/Human Factors	Läran om hur arbetsredskap och arbetsmiljö påverkar människan
ETA	Estimated Time of Arrival	Beräknad ankomsttid
EUROCONTROL	Eurocontrol	Europeisk flerstatlig trafikledningsmyndighet
FAA	Federal Aviation Administration	Luftfartsmyndigheten i USA
FBW	Fly By Wire	Elektroniskt styrsystem där elektroniska signaler styr t.ex. roder
FMS	Flight Management System	System som ger datorstöd i en mängd ombordfunktioner
Färdtillstånd	Clearance	Tillstånd för att förflytta ett fordon i luften eller på marken
Gasreglage	Throttle	Manöverdon för att öka kontrollera t.ex. dragkraft i motorer
GCAW	Ground Collision Avoidance Warning	Tredimensionellt auditivt varningssystem avsett för cockpit
GPS	Global Positioning System	Satellitnavigeringssystem
GPWS	Ground Proximity Warning System	Terrängvarningssystem
GS	Ground Speed	Fart relativt marken
HCD	Human Centred Design	Design som tar hänsyn till människan under designprocessen
HDD	Head-Down Display	Bildskärm placerad nedanför pilotens siktlinje framåt-utåt
HF	Human Factors	Människans förutsättningar och begränsningar
HGS	Head-Up Guidance System	Civilt HUD-system
HMI	Human-Machine-Interaction	Människa-maskininteraktion, användargränssnitt
HP	Human Performance	Människans prestationsförmåga
Horisontgyro/attitydindikator	Attitude Indicator/Artificial Horizon	Flyginstrument för horisontell lägesinformation
HUD	Head-Up Display	Siktlinjesindikator
Incident	Incident	Händelse som kunde ha blivit en olycka men inte blev det
Informationsdon	Display	Visuellt gränssnitt

IR	Instrument Rating	Behörighet att flyga enligt instrumentflygregler
Kapten	Captain, Commander	Befälhavare
Kontroll-instrumentanpassning	Control Response Compatibility	Kontroll-instrumentanpassning, kontroll/utfall synkroniserade
KTM	Short term memory	Korttidsminne
LTM	Long Term Memory	Långtidsminne
Manöverdon	Control	Anordning för att kontrollera t.ex. maskiner eller processer
Mapping	Mapping	Organiserandet av informations- och manöverdon
ME	Multi-engine	Flermotor
MMI	Human-Machine-Interaction	Människa-maskininteraktion
MTO	N/A	Människa, teknik, organisation
MTS	N/A	Människa-tekniksystem
Människa maskinsystem	(Hu)man-Machine-System	Människa maskinsystem,
Människa- tekniksystem	N/A	Begrepp inkluderar mer än maskiner, t.ex. datorer
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Federal myndighet för rymdfart i USA
NASA-TLX	NASA Task Load Index	Enkät för att utvärdera arbetsbelastning
NDM	Naturalistic Decision Making	Modell för beslutsfattande där miljön är central
NextGen	N/A	Nordamerikanska motsvarigheten till SESAR
Olycka	Accident	Händelse där flygplan och/eller egendom skadats och/eller händelse där människor skadats eller omkommit
Perception	Perception	Mental process som tolkar varseblivna stimuli hos människan
PFD	Primary Flight Display	Skärmbild med basdata för flygning t.ex. fart, höjd och kurs
RAAS	Runway Advisory and Awareness System	Elektroniskt system som hjälper piloten att bestämma sin position relativt start- och landningsbana i användning
RBT	Reference Business Trajectory	Flyguppdrag inom civil luftfart
RTA	Required Time of Arrival	Bestämd ankomsttid
Runway Incursion	Runway Incursion	Otillåtet intrång på aktiv start- eller landningsbana
SESAR	Single European Sky Air Traffic Management Research	Forskningsprojekt inom EU avsett att effektivisera luftrummet i Europa, öka flygsäkerhet och minska flygindustrins miljöpåverkan
SGS	Surface Guidance System	Uppgraderad HGS
SI	Head-Up Display	Siktlinjesindikator
SIB	Sensory Information Buffer	Sensorisk informationsbuffert
SMS	Surface Management System	Automatiserat system som stöder trafikledning på flygplats
Situationsmedvetande	Situational Awareness	Uppfattning/tolkning om vad som sker i omvärlden i tid och rum
SRK	Skill-Rule-Knowledge	Modell för att beskriva beslutsfattande
STM	Short Term Memory	Korttidsminne
Stress	Stress	Kognitiv reaktion på belastning
Styrman	Co-pilot	Biträdande befälhavare
SVS	Synthetic Vision System	Syntetisk presentation av terräng
Taxi	Taxi	Markkörning med flygplan, taxning
Tidsstyrning	Time-control	Föreslagen teknik för att koordinera trafik på flygplats
Tillbud	Near accident/Incident	Händelse som riskerat leda till en olycka
TIS-B	Traffic Information System-Broadcast	System som kompletterar ADS-B med information t.ex. radar
T-NASA	Taxiway Navigation and Situation Awareness	System för att förstärka situationsmedvetandet för piloter under taxning utvecklat av NASA
UCD	User Centered Design	Designprocess där slutanvändarens behov och krav är i centrum

Vigilans

WDA

Vigilance

Work Domain Analyses

Förmågan att upprätthålla uppmärksamhet

Kartläggning av den miljö i vilken en arbetsuppgift skall utföras

Bilaga 10 index

4D-taxi, 23, 24

Abstraktionshierarki, 26-28, 38, 89

ADS-B, 21, 24, 89

AH, 26, 27-28, 38, 89

Airline Transport Pilots Licence, 47, 89

Air Traffic Control, 22, 89

ALICIA, 22, 26

AMM, 12, 18-20, 22, 24, 89

Användbarhet, 51-52, 56, 58-59, 73

Användargränssnitt, 26-27, 30

AP, 61, 89

A-SMGCS, 21, 24-25, 89

ATPL, 47, 89

Attitydindikator, 10, 89

AT, 61, 89

ATC, 22, 89

Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, 21, 24

Autopilot, 61, 89

Autothrust, 61, 89

Belastning, 12, 26-27, 31-33, 45, 48-49, 51-52, 54-55, 59-60, 73

Bildskärm, 4, 11, 22, 24, 31, 33, 43, 45, 49, 61, 69

Clearance, 11

Commercial Pilots Licence, 47

Control Display Ratio, 29

Control Movement Stereotypes, 28, 29

Control Response Compatibility, 30

CPDLC, 19, 24

CPL, 47

Datalänk, 4, 11, 12, 18, 20, 21, 25, 57, 64

Display, 89

EASA, 89

Ecological Interface Design, 26, 38-89

EFVS, 22-24, 89

EGPWS, 21, 89

Enhanced GPWS, 22, 89

Ergonomi, 3, 26, 28, 89

Estimated Time of Arrival, 58-59

ETA, 58, 89

EUROCONTROL, 20, 89

FAA, 19, 89

Federal Aviation Administration, 19, 89

Flermotor, 47

Flight Management System, 5, 9, 20, 59-60, 89

Fly-By-Wire, 89

Flygtid, 44, 48-49, 62, 65, 89

Fyrdimensionell taxning, 24

FMS, 5, 9, 20, 59-60, 89

Färdtillstånd, 10, 12-13, 18-19, 21-22, 24-25, 46, 66, 89

GPS, 89

GCAW, 19, 89

GPWS, 23, 89

Ground Collision Avoidance Warning, 19, 89

Global Positioning System, 89

Ground Proximity Warning System, 23, 89

Ground Speed, 59, 89

GS, 59, 89

HDD, 5-6, 11, 25, 89

Head-Up Display, 4-6, 11, 16-17, 24, 89

Head-Up Guidance System, 20, 89

Head-Down Display, 5-6, 11, 25, 89

Heuristik, 19, 32, 38, 57, 62, 64, 92

HGS, 20, 89

HMI, 11, 27, 91

Horisontgyro, 11, 91

HUD, 4-6, 11-14, 17-22, 24-26, 30-36, 38, 40, 43-44, 46, 58, 60-66, 73, 89

Human-Machine-Interaction, 11, 27, 91

EID, 26-27, 30, 38, 89

ICAO, 21, 91

Instrument Rating, 91

IR, 91

Kapten, 48, 58, 61, 91
 Korttidsminne, 35, 37, 91
 KTM, 35, 37, 91
 Long Term Memory, 91
 LTM, 91
 Långtidsminne, 91
 Mapping, 31, 39, 91
 Manöverdon, 29-32, 91
 MTO, 3-4, 29, 91
 NASA, 15, 17, 19, 24-25, 63, 91
 NextGen, 13-14, 91
 NDM, 37-38, 91
 Olycka, 91
 Perception, 15-16, 28, 33-37, 91
 PFD, 24, 62, 65, 91
 Primary Flight Display, 24, 91
 RAAS, 23, 25, 91
 RBT, 25
 RGS, 59
 RTA, 59, 91
 Runway Incursions, 18, 22, 25, 91
 Runway Advisory and Awareness System, 23, 25, 91
 SESAR, 13-14, 22, 91
 SGS, 20-22, 25, 66, 91
 Short Term Memory, 91
 SI, 11, 63, 91
 SIB, 36-37, 91
 Siktlinjesindikator, 11, 63, 91
 Skärmbild, 5, 14, 15, 27-30, 32-43, 45, 47, 58-67, 90
 SMS, 10, 91
 SRK, 27-28, 38-39, 63, 91
 Styrman, 12, 21, 60, 61, 76, 92
 Synthetic Vision System, 23-26, 91
 Taxi, 6, 10, 12-13, 16, 19-24, 92
 Taxning, 5, 10-12, 15, 18-21, 24-25, 27, 36, 44, 46, 58, 59, 63-64, 66, 68, 92
 Tidsstyrning, 5, 10, 14-15, 25-26, 63, 66, 68, 92
 T-NASA, 19-21, 25, 92
 Throttle, 11, 90
 Tillbud, 5, 18, 91
 TIS-B, 22-23, 25, 92
 Traffic Information Service-Broadcast , 22-23, 25, 92
 Trafikledning, 10, 12-13, 18-19, 21-25, 29, 90
 UCD, 27-28, 92
 Uppmärksamhet, 33, 34, 60
 User Centered Design, 27-28, 92
 Utvecklingslinjer, 17, 21, 66
 Vigilans, 36
 WDA, 27, 29, 92
 Work Domain Analyses, 27, 29, 92

Bilder	Sid	Tillstånd/källa
1.1	11	Med tillstånd av Boeing Intellectual Property Management Photo ID k63473, Boeing License Number 5964
1.2	12	Med tillstånd av Diego Pedraglio via Mike Adamo
1.3	12	Med tillstånd av Transportation Safety Board of Canada
2.1	20	Med tillstånd av NASA Ames Research Center
2.2	21	Med tillstånd av NASA Ames Research Center
2.3	24	Öppen källa
2.4	24	Öppen källa

Tabeller

2.1	15	Författaren
3.1	30	Författaren
3.2	33	Författaren
3.3	39	Författaren
5.1	48	Författaren
5.2	57	Författaren
5.3	57	Författaren

Figurer

1.1	13	Med tillstånd av Navtech Inc.
3.1	37	Författaren
3.2	40	Författaren
3.3	40	Författaren
3.4	40	Författaren
3.5	40	Författaren
3.6	41	Författaren
3.7	41	Författaren
3.8	42	Författaren
3.9	42	Författaren
5.1	49	Författaren
5.2	50	Författaren
5.3	51	Författaren
5.4	52	Författaren
5.5	53	Författaren
5.6	54	Författaren
5.7	55	Författaren
5.8	56	Författaren
7.1	68	Författaren
7.2	68	Författaren

Bilagor

1	73	Författaren
2	74	Författaren
3	75	Författaren
4	76	Författaren
5	78	Författaren
6 a	79	Författaren
6 b	80	Författaren
7 a	81	Författaren
7 b	83	Författaren
7 c	85	Författaren
7 d	87	Författaren
8	89	Författaren
9	90	Med tillstånd av Navtech Inc.
10	92	Författaren
11	93	Författaren