



Datum 1993-12-06 Ärendebeteckning JAS 39 ML-03/93

Chefen för flygvapnet, C FVL

Rapport ML 1993:3.

Statens haverikommission (SHK) har undersökt en luftfartshändelse som inträffade den 8 augusti 1993 vid Långholmen, Stockholm, AB-län, med flygplanet JAS 39.102 ur F 7/FMV:PROV.

SHK överlämnar härmed enligt 14 § förordningen (1990:717) om undersökning av olyckor en rapport över undersökningen.

SHK berör inte i denna rapport frågan om flyguppvisningar över tätbebyggt område i allmänhet och redovisar inte någon granskning av räddningstjänsten. SHK avser att återkomma till dessa frågor i en senare rapport.

Olof Forssberg

Rune Lundin

Innehåll

Innehåll.....	1	1.4.	Luftvärdighetsprocessen	23
Förkortningar	2	1.4.1.	Allmänt	23
Inledning.....	3	1.4.2.	Avvikelseberättelser.....	24
Haveriet 3		1.4.3.	Personal	26
Kommissionen	3	1.4.4.	Valideringsprocessen.....	28
Arbetet efter		1.4.5.	Vidtagna och planerade	
preliminärberättelsen.....	4		åtgärder.....	36
Kompletterande undersökningar	4	1.5.	Särskilda prov och	
			undersökningar	38
1. Faktaredovisning	5	1.5.1.	Bärgning och	
1.1. Allmänt	5		miljöundersökning	38
1.1.1. Redogörelse för		1.5.2.	Teknisk utredning.....	39
händelseförloppet	5	1.6.	Övrigt.....	42
1.1.2. Personskador	6	1.6.1.	Inspektioner och kontroller av	
1.1.3. Skador på flygplanet	6		rutiner	42
1.1.4. Övriga skador.....	6	1.6.2.	FMV:s evaluering av JAS 39	44
1.1.5. Föraren.....	6	2. Analys.....	46	
1.1.6. Flygmedicinsk utredning	7	2.1.	Flygningen	46
1.1.7. Haveriplats	7	2.1.1.	Haveriförlopp.....	46
1.1.8. Meteorologisk information	7	2.1.2.	Planläggningen av	
1.1.9. Radiokommunikationer	7		uppvisningen	48
1.2. Flygningen vid		2.1.3.	Förarens genomförande av	
Vattenfestivalen.....	8		flyguppvisningen	48
1.2.1. Allmänt	8	2.2.	Flygplanet	49
1.2.2. Beslut om deltagande i		2.2.1.	Allmänt	49
flyguppvisningar	9	2.2.2.	Styrspaken	49
1.2.3. Flygprovprogrammet	10	2.2.3.	Registreringsutrustning	50
1.2.4. Planläggning av		2.3.	Luftvärdighetsprocessen	51
flyguppvisningen	11	2.3.1.	Allmänt	51
1.2.5. Förberedelser inför		2.3.2.	Valideringsprocessen.....	51
flygningen.....	12	2.3.3.	Avvikelseberättelser.....	52
1.3. Flygplanet.....	13	2.3.4.	Personal	53
1.3.1. Grunddata	13	2.4.	Övrigt.....	54
1.3.2. Seriekonfiguration	13	2.4.1.	Inspektioner och revisioner	54
1.3.3. Leveranskontroll.....	15	2.5.	Varför inträffade	
1.3.4. Registreringsutrustning	15		haveriet?	55
1.3.5. Flygplanssystem	15	3. Utlåtande	58	
1.3.6. Beskrivning av flygegenskaper i		3.1.	Undersökningsresultat	58
SFI.....	17	3.2.	Haveriorsak.....	59
1.3.7. Styrsystem	17	4. Rekommendationer	60	
1.3.8. Flygegenskaper.....	19			
1.3.9. Styrlagsutveckling	22			
1.3.10. JAS-flygplanens styrspak.....	23			

Bilagor

Teknisk rapport (hemlig)

Upprättad endast i 5 exemplar och bilagd rapporterna till CFV, FMV, IG JAS, F 7 samt SHK:s arkiv-exemplar.

Förkortningar

α	Anfallsvinkel, vinkel mellan flygplanets x-axel (längdaxel) och anströmmande luft.	MLL	Maneuver Load Limit. Ett system som aktivt hindrar föraren från att överskrida gränser i flygenveloppen (bl.a. a och n_z).
CFhL	Chefen för flygsäkerhetsledningen inom CFV.	n_z	Den del av summan av centrifugal- och tyngdacceleration som är riktad längs flygplanets z-axel (rakt nedåt).
CFV	Myndigheten Chefen för flygvapnet.	OPF	Operational flight program. JAS 39:s styrsystemprogramvara. Efter OPF anges aktuell version t.ex. R9:13 som var den som 39.102 hade vid haveriet.
CHR	Cooper-Harper Rating. Mått på flygplanets flygegenskaper i en skala från CHR 1 till CHR 10 (CHR 1 är bäst).	OSF	Ordnings- och säkerhetsföreskrifter för militär flygverksamhet.
CO	COMBAT, benämning på normalflygmod i JAS 39.	PA/FR39	Rapporteringsystem inom Saab MA för avvikelser inom JAS 39:s tillverkning och utveckling.
DA	Driftstörningsanmälan.	PAR	Provavvikelse rapport. Rapportsystem utnyttjat av Saab MA under utveckling och validering av styrsystemprogramvara till JAS 39.
DC	Divisionschef.	PCT	Pilot confidence test. Vid validering av styrsystemprogram en av piloten själv upplagd flygning inom ramen för öppnad envelopp.
DGA	Franska motsvarigheten till FMV. Ansvarig för luftvärdighet på franska militära flygplan.	PIO	1) Pilot induced oscillations. Förarinducerade svängningar 2) Mått på flygplanets PIO-egenskaper i en skala från PIO 1 till PIO 6 (PIO 1 är bäst).
EBK	Efterbrännkammare.	PLUA	Potentiell luftvärdighetsanmärkning.
EFCS	Electrical flight control system. Elektriskt styrsystem.	PR	Problemrapport. Ändringsstyrnings- och rapportsystem utnyttjat av Saab MA för utveckling av styrsystemprogramvara till JAS 39.
EVA	Evalueringsflygningar genomförda av FMV:PROV för att kontrollera JAS 39:s användbarhet.	SA10	Styrautomaten i JAS 39.
F 7	Skaraborgs Flygflottilj i Sätenäs.	Saab MA	Saab Military Aircraft.
F 16	Upplands Flygflottilj i Uppsala.	SD	Systemdatorm i JAS 39.
FI	Flyglägesindikator. Presentationsyta i JAS 39:s kabin. Monitor där flygläget presenteras.	SFI	Speciell förarinstruktion för militärt flygplan som omfattar såväl teknisk beskrivning som handhavande.
FIK	Flyginstruktörskurs.	SHK	Statens haverikommission.
FMV	Försvarets materielverk.	SI	Siktlinjesindikator. Presentationsyta i JAS 39:s frontruta. Information kan presenteras i SI vilket innebär att denna kan ses samtidigt med omgivningen när föraren ser ut genom frontrutan.
FMV:PROV	Provningsavdelningen i Linköping inom FMV.	SYSIM	Systemsimulator för JAS 39.
FS	Flygstaben.	TI	Taktisk indikator. Presentationsyta i JAS 39:s kabin. Monitor där olika information kan presenteras, t.ex. elektronisk karta.
G	Tyngdacceleration, den kraft som jordaccelerationen utövar på varje kropp i vila eller rörelse Jfr n_z .	TRAB	Teknisk rapport och arbetsbeställning.
GFSU	Grundläggande flygslagsutbildning.	TU JAS	Taktisk utprovningseenhet inom flygvapnet för JAS 39.
GFU	Grundläggande flygutbildning.	VBS	Videobandspelare i JAS 39. Registrerar omvärldskamerans bilder genom frontrutan samt data från vissa flygplanssystem.
IG JAS	Industrigrupp JAS. Konsortium av Saab MA, Volvo Flygmotor, Ericsson och FFV Aerotech som är ansvarigt för utveckling, produktion och leverans av JAS 39.		
KSM	Kraschskyddade minnet i JAS 39 ("svarta lådan").		
LO	LIFTOFF, benämning på flygmod efter lättning med landställ ute med JAS 39.		
MAHS	Manövreringssimulator med verkligt hydraulsystem.		
MIL SPEC	Internationell militär kravstandard.		
MG	Materielgrupp. Indelning av JAS 39 arbetet inom IG JAS.		

Inledning

Haveriet

I ett uppdrag från Chefen för flygvapnet (CFV) hade Provningsavdelningen inom Försvarets Materielverk (FMV:PROV) fått i uppgift att vid två tillfällen under sommarsäsongen 1993 genomföra flyguppvisning med JAS 39 vid flygdagsevenemang. Ett av dessa var Stockholm Water Festival (Vattenfestivalen) söndagen den 8 augusti. För uppgiften hade FMV:PROV omsatt flyguppvisningsuppgiften till ett särskilt flygprovprogram. I uppdraget angavs såväl flygplansindivid som förare. Flygningen beordrades av FMV:PROV och genomfördes av en från Saab Military Aircraft (Saab MA) inlånad provflygare.

I samband med denna flyguppvisning havererade serieflygplan JAS 39.102 den 8 augusti 1993 kl 14.09 på Långholmen i Stockholm.

Kommissionen

Statens Haverikommission (SHK) underrättades om haveriet samma dag som det inträffade.

SHK, generaldirektör Olof Forssberg, ordförande och överstelöjtnant Rune Lundin, utredningschef, har biträtts av följande experter:

Direktör	Jan Närlinge (från 93-09-08)	QM Kvalitetsledning AB
Överstelöjtnant	Jan Andersson	F7
Flygdirektör1.	Björn Johansson	FMV:PROV
Flygdirektör	Peter Malmberg	FMV:PROV
Överstelöjtnant	Jan Linder	FS
Flygpsykolog	Kristina Pollack	FS

Experterna Johansson och Malmberg har inte medverkat i avsnittet om luftvärdighetsprocessen.

Som intressenter har deltagit:

Chefsutredare	Lars Mebius	Saab MA
Civilingenjör	Lennart Vestin	Saab MA
Civilingenjör	Bengt Lundgren	Volvo Flygmotor AB

Som skyddsombud för flygförarna vid Saab MA har deltagit chefsprovflygaren Arne Lindholm.

Arbetet efter preliminärreporten

Likheterna mellan detta haveri och haveriet med JAS 39-1 i februari 1989 har föranlett SHK att, förutom avslutande av den allmänna tekniska undersökningen, mera i detalj utreda hur utvecklings- och luftvärdighetsarbetet i JAS-projektet förändrats och bedrivits, med särskild inriktning mot materielgrupp (MG) 34¹, vid Saab MA, eftersom brister i styrsystemet var orsaken till båda haverierna.

SHK har koncentrerat utredningen på valideringsprocessen av styrsystemprogram och på kvalitetssäkringssystemet. Arbetet har bedrivits genom samtal med befattningshavare inom såväl Saab MA som Försvarets Materielverk (FMV) och CFV. SHK har vidare tagit del av de instruktioner som reglerar utvecklings- och valideringsprocessen inom MG 34.

För att vidga sin kunskap om hur styrsystem och styrlagar utvecklas och valideras internationellt har SHK tagit del av de erfarenheter av flygutprovning som finns hos den franska motsvarigheten till FMV – DGA.

Såväl Saab MA som FMV har genom etablerade kanaler och kontinuerligt samarbete tillgång till de erfarenheter som vunnits inom de pågående amerikanska projekten F-16, YF-16, YF-17, F-18, "Rymdfärjan", B-2, C-17 och YF-22. Dessa erfarenheter har delgetts SHK.

Kompletterande undersökningar

Övriga väsentliga delar av det arbete som utförts inom ramen för kommissionens utredningar sedan preliminärreporten gavs ut redovisas nedan:

- Undersökning av styrsystemets funktion före, under och efter det okontrollerade läget har fullföljts.
- En flygmekanisk analys av haveriförloppet har slutförts. Analys av styrsystem och flygegenskaper har gjorts och jämförts med motsvarande data från andra uppvisningsflygningar.
- Undersökning av eventuella felfunktioner hos andra delsystem, t.ex. motorfunktion och räddningssystemfunktion, har genomförts. Kvalitet och föroreningar i bränsle, smörjoljor och tryckoljor har undersökts. Analys av orsaken till isärdragna hydraulkopplingar har genomförts.
- Systemdatorn (SD) med sitt massminne blev svårt skadad vid haveriet. Ett omfattande arbete har utförts för att identifiera minneskretsar och hänföra dessa till rätt plats på kretskortet. Informationen har sedan lästs ut och analyserats.
- Flygplanet har undersökts med avseende på inverkan av yttre störningar.
- Konsekvenserna av förarens val av flygutrustning samt att föraren överskred begränsningar i α och belastning har analyserats. En analys av förarens fysiska och psykiska status har genomförts.
- Informationsrutiner och kvalitetssäkring inom Saab MA beträffande styrsystem och flygegenskaper har undersökts. Valideringsrutinerna och felrapporteringen har analyserats.
- Genom ett stort antal samtal och diskussioner med personal inom såväl Saab MA, FMV och CFV på olika nivåer har – förutom granskning av lednings- och ansvarsfunktionerna – kommissionen analyserat kvalitén och informationsstrukturen i förhållande till det formella regelverket.

¹ Arbetet med JAS 39 har indelats i ett stort antal materielgrupper (MG). Arbetet med styrning inklusive flygegenskaper bedrivs inom MG 34.

1. Faktaredovisning

1.1. Allmänt

1.1.1. Redogörelse för händelseförloppet

Flygplanet startade klockan 13.51 från SAAB-fältet och steg till 8 000 m höjd på väg mot Bromma. Under flygningen uppstod ett fel på en av flygplanets indikatorer som innebar att den elektroniska kartan inte kunde presenteras. Efter plané till 300 m höjd fortsatte flygplanet via Bromma in över Riddarfjärden för flyguppvisningen.

Flyguppvisningen inleddes med en förbiflygning som följdes av en gunga i öster. Därefter gjordes en ny förbiflygning på ca 300 m höjd och med en fart av ca 500 km/tim. Efter att ha gjort en gunga i väster accelererade föraren flygplanet till ca 700 km/tim och genomförde en högersväng där maxbelastningen momentant uppgick till 7,2 G. Efter att ha avslutat 360°-svängen tog föraren åter upp i en gunga för att reducera farten inför nästa moment. Detta utgjordes av ytterligare en 360°-sväng, nu åt vänster och med låg fart.

Svängen utfördes med tänd efterbrännkammare (EBK) under fartökning från 275 km/tim till 300 km/tim. Under svängen var anfallsvinkelns (α) medelvärde 21,7° och belastningen (n_z) ca 2 G. Vid urgången ur svängen vid fart ca 300 km/tim ansatte föraren kortvarigt fullt spakutslag åt höger för upprollning samtidigt som han förde fram spaken för att inta planflykt. Under upprollningen minskade α till $< 10^\circ$. När flygplanet rollat ca 20° ansatte föraren motsatt rollspakutslag. Trots detta rollade flygplanet förbi planflyktsläget med ungefär 20°.

Vid korrektion av denna överroll upplevde föraren en oväntad nos-upp rörelse som han korrigerade genom att föra spaken framåt. Därefter kom flygplanet in i en slingrande rörelse i roll och tipp. Efter två svängningar hade flygplanet en attityd med ett nosläge 7° under horisonten och 35° bankning åt höger. Strax innan flygplanet hade intagit denna attityd, tog föraren spaken bakåt, varvid flygplanet överstegrades till ett mycket högt nosläge med låg fart.

I detta läge lämnade föraren flygplanet med hjälp av räddningssystemet. I samband därmed sögs gaser in i motorn varvid motorn pumpade.

Motorn återhämtade sig efter pumpningen och gick med tänd EBK ända till markslaget.

Efter uthoppet försökte föraren styra sin fallskärm för att undvika bebyggelse och landade i vattnet strax öster om Pålundsbron.

Flygplanet fortsatte i det överstegrade läget och slog ned på Långholmen strax öster om Västerbrons södra landfäste. Vid nedslaget som skedde i stort sett rätt på vingarna fattade flygplanet eld. Efter ca åtta minuter hade branden släckts av den kommunala räddningstjänsten.

1.1.2. Personskador

Föraren undkom oskadd.

Ett 15-tal personer har uppgett att de skadades i samband med haveriet. Skadorna var sammanfattningsvis relativt lindriga. En kvinna brännskadades i ansiktet, på underarmar och händer, vilket föranledde ca 3 veckors sjukhusvistelse. Några personer har uppgett psykiska skador.

1.1.3. Skador på flygplanet

Totalhavererat.

1.1.4. Övriga skador

Ringa skador på träd och vegetation samt några totalförstörda cyklar.

1.1.5. Föraren

Föraren, född år 1944, hade följande flygbakgrund:

År	Flygtjänst	Förband	Inflygning flygplanstyper
•1962	GFU	F 5	SK 50, SK- och J 28
•1963	Fältflygare, GFSU, Jakt	F 10	J 34, SK 16
•1966	Flyglärare, FIK	F 5	SK 60
•1971	Fältflygare	F 10	SK- och J 35
•1977	Provflygare	FMV:PROV	AJ-, S-, SK- och JA 37, A- och J 32, SK 61, Hkp 2, 5 och 6
•1984	Provflygare	SAAB	Saab 340, Baron, MFI 15, JAS 39

Föraren har lång och bred flygerfarenhet. Han har bl.a. varit uppvisningsförare på JA 37 och utfört cirka 50 flyguppvisningar med JAS 39, bl.a. 1992 års flygutställning i Farnborough. Han bedömdes väl lämpad som uppvisningsförare beroende på sin stora flygskicklighet i kombination med gott omdöme och stabil personlighet.

Föraren har tidigare varit utsatt för haveri med JAS 39-1 år 1989.

1.1.5.1 Flygtrim m.m.

Förarens totala militära flygtid var 4 364 timmar, varav 115 timmar på JAS 39. Flygtiden de senaste sex månaderna uppgick till totalt 48 timmar varav 40 timmar på JAS 39.

1.1.5.2 Utrustning

Föraren använde under flygningen sommarflygdräkt. Under denna bar han en så kallad förstärkt G-dräkt, godkänd för flygning upp till en belastning av 7 G.

1.1.6. Flygmedicinsk utredning

Genom SHK:s medicinske expert har en utredning av förarens medicinska status gjorts. Denna visar att föraren har genomgått föreskrivna läkarundersökningar. Det har inte under utredningen framkommit någonting som tyder på att föraren skulle ha haft sin fysiska eller psykiska prestationsförmåga nedsatt under flygningen.

1.1.7. Haveriplats

Position: 5919N, 1804E.

Flygplanet slog ned på en asfalterad cykelväg, omgärdad i norr av ett bergsparti, i väster av Västerbrons södra landfäste, i söder av flackt sluttande terräng ned mot Pålsundet med gräsytor och grusbelagda parkeringsplatser samt i öster av ett bergsparti och byggnader tillhöriga ett båtvarv.

Raketstolen slog ned i anslutning till en parkeringsplats ca 150 m sydost om flygplanets nedslagsplats. Förarens fallskärm fastnade i träd på södra stranden vid Pålsundets östra mynning mot Riddarfjärden.

1.1.8. Meteorologisk information

Enligt uppgift från Regional vädercentral mitt (R VädC M) var vädret vid haveriplatsen 1-4/8 cumulusmoln med molnbas 1200-1500 m, sikten 50 km och markvinden NV 5-10 knop.

Mätningar av vind som kontinuerligt görs av Stockholms miljö- och hälsoskyddsförvaltning med en SODAR placerad på Långholmen visar att medelvinden på 175 m höjd mellan klockan 13.52 och 14.52 var 331° och 3,8 m/s samt på 50 m höjd 341° och 2,6 m/s.

Det förekom ingen nederbörd, isbildningsrisk eller risk för blixtnedslag.

1.1.9. Radiokommunikationer

Utöver normala radiokommunikationer gjorde föraren inga anrop på radio före uthoppet.

Föraren hade inte meddelat några problem eller begränsningar vid anmälan på flyguppvisningsfrekvensen.

1.2. Flygningen vid Vattenfestivalen

1.2.1. Allmänt

1.2.1.1 Styrning av verksamheten med serieflygplan vid FMV:PROV

I FMV:s beslut om typgranskningsbevis¹ har angetts bl.a. att serieflygplan skall flygas enligt samma rutiner som provflygplan. Detta innebär att flygverksamhet med serieflygplan 39.102 skulle genomföras enligt flygprovprogram och följa FMV:PROV:s ordinarie rutiner.

CFV har beslutat om de lednings- och ansvarsförhållanden som skall gälla för verksamheten till den 1 oktober 1995. Av beslutet framgår att flygsäkerhetsansvaret enligt OSF skall ligga på Chefen för FMV:PROV.

Bestämmelser för provningsverksamheten finns i Arbetsordning Prov Malmen. Där anges i stort följande:

- Provprogram skall finnas för alla flygningar.
- Huvudprogram skall upprättas för utprovning av större system.
- Ramprogram skall upprättas för större prov inom huvudprogrammet, d.v.s. då flera delaktiviteter skall hållas samman på ett praktiskt sätt.
- Delprogram skall upprättas vid behov för viss fas av verksamheten.
- Flyg- och markprovprogram skall upprättas för separata mark- eller flygprov och för prov som ingick i program enligt ovan.

JAS 39-verksamheten inom FMV:PROV:s ansvar vid Malmen och inledningsvis vid Saab MA är reglerad i huvud- och ramprogram.

I huvudprogrammet för JAS 39:s provverksamhet vid Saab MA och FMV:PROV regleras FMV:PROV:s interna lednings- och ansvarsförhållanden, organisation, uppgifter, ansvar och ansvarsfördelning.

Den inledande JAS 39-verksamheten för inflygning av personal ur F7 regleras av ett ramprogram. För flygningen av JAS 39 vid Vattenfestivalen bedömdes det att behov av ramprogram inte förelåg.

I flygprovprogram för enskild flyguppvisning regleras bl.a. ändamål, flygplan, utförande och avsteg från gällande bestämmelser. I bilaga 1 till provprogrammet för enskild flyguppvisning reglerades i detalj uppvisningen vid Vattenfestivalen.

¹ Se 1.3.2 Seriekonfiguration, sidan 13.

Flygsäkerhetsansvar

Flygsäkerhetsansvaret enligt ordnings- och säkerhetsföreskrifter för militär flygverksamhet (OSF) för aktuell flygning samt för den inledande JAS 39-verksamheten i flygvapnet hade fastställts enligt nedan:

- **Flottiljchef** C FMV:PROV
- **Stf flottiljchef** C FMV:ProvM¹
- **Flygchef** C FMV:ProvMP
- **Teknisk chef** C FMV:ProvD
- **Divisionschef** Ansvarig projektprovflygare vid FMV:ProvMP

Ett visst samordnings- och flygsäkerhetsansvar åvilade den militäre uppvisningsledaren².

Tekniska anvisningar och tjänsteföreskrifter

Flygmaterieltjänsten beträffande serieflygplan vid Saab styrs av tekniska anvisningar utfärdade av FMV.

Anmärkningar och erfarenhetsåtermatning av flygsäkerhetskaraktär skall ske enligt "PLUA, DA och TRAB-hantering mellan Saab MA och FMV:PROV" för säkerställande av luftvärdighet för serieflygplanen samt överförande av erfarenheter mellan flygutprovning och seriebruk.

I tjänsteföreskrift "JAS 39A. Övervakning av flygverksamheten i FMV:PROV regi" har fastställts rutiner för serieflygplanens flygning.

1.2.2. Beslut om deltagande i flyguppvisningar

Beslutet att 39.102 skulle visas upp vid Vattenfestivalen den 8 augusti 1993 fattades av CFV. Förutom vid Vattenfestivalen var det planerat att JAS 39 skulle delta vid flygvapnets huvudflygdag på F 16 den 28 - 29 augusti 1993. Utöver detta var ingen ytterligare flyguppvisning med JAS 39 planerad under 1993.

CFV uppdrog åt F 7 och FMV att planera och genomföra flyguppvisningen vid Vattenfestivalen. I uppdraget angavs att Chefen FMV:PROV skulle ansvara för flyguppvisningen samt att serieflygplan 39.102 skulle användas med provflygplan 39-101 som reserv. I uppdraget angavs även vem som skulle vara förare.

Att flygplan 39.102 valdes berodde på att flygplanet var levererat till flygvapnet samt att utnyttjandet av provflygplan utanför provverksamheten utsätter provflygplanen för onödig risk. Några invändningar av flygsäkerhetsskäl framfördes inte från FMV mot JAS 39:s deltagande i flyguppvisning. Däremot finns inom FMV en allmänt restriktiv inställning mot flyguppvisningar med provflygplan då verksamhet utanför utprovningsprogrammet kan försena projektet.

¹ Flottiljchefens ansvar enligt OSF är beträffande verksamhet i huvudprogram JAS 39 tekniska och taktiska provverksamhet – fastställande av provprogram, samrådstecknande på utbildningsanvisningar som tagits fram av TU JAS – delegerad av C FMV:PROV till C FMV:ProvM efter medgivande från CFV.

² Se 1.2.4. Planläggning av flyguppvisningen, sidan 11.

CFV:s val av förare grundades på att den aktuella föraren var den ende JAS-föraren som hade erfarenhet av flyguppvisningar med JAS 39.

1.2.3. *Flygprovprogrammet*

Flyguppvisning respektive förevisning definieras i OSF enligt följande:

Flyguppvisning

"Visning av förares utbildningsnivå eller förmåga samt visning av flygplans prestanda och manöverförmåga inför publik på särskilt angiven plats."

Förevisning

"Visning av del/delar av uppdrag enligt taktiska anvisningar inför publik på särskilt angiven plats."

Viss skillnad finns mellan flyguppvisning och förevisning i fråga om ansvarsförhållanden.

På grund av att målsättningen med en flyguppvisning normalt är att visa upp flygplanetens maximala prestanda och manövreringsförmåga styrs såväl uppdrag, uttagning av förare, förträning och flyguppvisningsprogram hårdare för uppvisning än för förevisning.

Vid flyguppvisning gäller enligt OSF att uppdrag att genomföra flyguppvisning med avancerad flygning lämnas av försvarsgrenschef. Övrig flyguppvisning och förevisning får beslutas av flottiljchef. Flottiljchefen ansvarar för uttagning av förare och godkänner flyguppvisningsprogram. Flyguppvisning förbereds och genomförs enligt allmänna råd för flygutbildning och fastställda flyguppvisningsprogram samt i tillämpliga delar enligt handbok för flyguppvisningsförare. Divisionschef ansvarar för utbildning och träning av förare.

Flygprovprogrammet för den aktuella flyguppvisningen var framtaget enligt FMV:PROV:s ordinarie rutiner. Ansvarsfördelning regleras i "Arbetsordning Prov Malmen".

Arbetsgången vid framtagning kan i stort beskrivas i följande steg:

- **Ett provbehov föreligger.**
 - I detta fall flyguppvisningen.
- **Analys av enveloppen för provbehovet. Provpunkter fastställs i enveloppen.**
 - I detta fall målsättningen med flyguppvisningen.
- **Inventering av provresursbehov.**
 - I detta fall flygplan 39.102 med -101 som reserv.
- **Genomförande i detalj. Detta innebär framtagande av ett flygprovprogram i dialog med provflygaren.**
 - I detta fall flyguppvisningsprogrammet.
- **En flygsäkerhetsanalys görs.**
 - Risknivån bedömdes i detta fall som låg
- **Samråd tas med berörda sektioner.**
 - I detta fall togs samråd bl.a. med Saab MA

Avsikten var att flygprovprogrammet skulle kunna användas även vid flygdagen på F 16 samt vid andra eventuella flyguppvisningar. Därför var ramarna i flygprovprogrammet generellt hållna. För varje enskilt flyguppvisningstillfälle skulle en särskild bilaga tas fram där flyguppvisningen skulle styras i detalj. Detta gjordes i fråga om flyguppvisningen vid Vattenfestivalen.

Vid framtagning av bilagan tolkades uppgiften som en förevisning. Bilagan utarbetades i detta fall av Saab MA. Skälet till detta var att flyguppvisningen skulle bygga på gamla erfarenheter, innehålla manövrer ur Farnborough-programmet och genomföras av samma provflygare ur Saab MA som tidigare genomfört flyguppvisningar med JAS 39. Jämfört med flyguppvisningen vid Farnborough var programmet vid Vattenfestivalen enklare och rörelserna bedömdes ligga inom en relativt begränsad del av JAS 39:s flygenvelopp. De avsteg som gjordes från serieflygplanet SFI bedömdes inte påverka flygsäkerheten¹.

Uppvisningsprogrammet diskuterades även med flyguppvisningsledaren och Chefen för flygsäkerhetsledningen (CFhL) genom Saab MA:s försorg, dock utan att detaljerade värden för varje manöver gick igenom.

Genom att flyguppvisning inte var en normal flygprovföreteelse blev rollen för FMV:s flygprovingenjör inte lika styrande för utformningen av flygprovprogrammet som normalt. Ansvarig flygprovingenjör fick i detta fall mera karaktären av formell instans vid framtagningen och fastställandet av programmet.

Tidsförhållandet mellan CFV:s beslut om deltagande och uppvisningens genomförande ställde krav på att flygprovprogrammet skulle tas fram på kort tid under semesterperioden.

Den inträffade händelsen under flygning med tung last² tre dagar före uppvisningen föranledde en förnyad flygsäkerhetsgranskning av uppvisningsprogrammet.

1.2.4. Planläggning av flyguppvisningen

Inför flygningarna vid Vattenfestivalen utsåg CFV en militär uppvisningsledare ur F 16. Denne beslutade om målsättning, ansvarsförhållanden, flyguppvisningsområde samt ramarna för innehållet i de militära flyguppvisningarna.

Målsättningen med deltagandet var att:

- Visa upp svenskt militärflyg.
- Främja rekrytering till flygvapnets yrken.

Målsättningen för genomförandet var:

- Planflyktssvängar med lätta gungor.
- Maximal säkerhet inför en publik som till övervägande del saknade ingående kunskaper om flyg.
- Inget behov av att visa upp maximala prestanda.

¹ Se 1.2.5.3 Beslut om flygning, sidan 12.

² Se 1.3. Flygplanet, sidan 13.

1.2.5. Förberedelser inför flygningen

1.2.5.1 Planering

Divisionschefen (DC)¹ hade inför genomförandet meddelat särskilda bestämmelser för uppvisningens genomförande. I dessa utsågs bl.a. – utöver av CFV utvald förare – programledare, provledare och provgruppchef. DC hade inga invändningar mot CFV:s val av förare.

I bestämmelserna fanns även en lista med jourtelefonnummer till befattningshavare nödvändiga för flyguppvisningens genomförande samt till dem som skulle kontaktas i händelse av haveri eller annan allvarlig händelse.

1.2.5.2 Förträning

Enligt flygprovprogrammet skulle förträning genomföras som momentträning, omfattande samtliga positioner i programmet, och utföras om möjligt i samband med normal flygverksamhet.

Någon förträning över Stockholm bedömdes inte vara nödvändig då föraren genomfört i stort sett samma program vid 1992 års Vattenfestival.

Förträningen genomfördes under ett pass på förmiddagen den 8 augusti. Under passet genomfördes flyguppvisningsprogrammets flygbanor, först över en sjö för att efterlikna förhållandena över Riddarfjärden och därefter ytterligare en gång över SAAB-fältet. Förträningsspasset genomfördes utan anmärkning. Det lämnades därefter åt föraren att bedöma om förträningen var tillräcklig.

Förträningen den 8 augusti var den enda flyguppvisning som hade genomförts med flygplan 39.102. Tidigare flyguppvisningar hade gjorts med provflygplan.

1.2.5.3 Beslut om flygning

Efter genomförd förträning, lunchuppehåll och väderbriefing fattade DC beslut om flygning.

Förevisningsprogrammet gick ånyo igenom och flygningen beordrades på föreskrivet sätt.

För flygningen skulle följande begränsningar gälla:

- Max α 20°.
- Fart min 200 km/tim.
- n_z max. 8 G.
- Lägsta flyghöjd 300 m.
- Väderminima: Molnbas 500 m, sikt 8 km. För att genomföra sista momentet (dubbel topproll) krävdes molnbas över 2400 m.

Ovanstående begränsningar innebar avsteg från SFI för serieflygplanet 39.102 i följande hänseenden:

- n_z max. 8 G (enligt SFI max. n_z 7 G).

¹ Projektprovflygaren JAS 39 ur FMV:ProvMP

- Min fart 200 km/tim (enligt SFI min fart 230 km/tim).

1.2.5.4 Förarens utrustning

Föraren valde själv att genomföra flygningen med sommarflygdräkt och förstärkt G-dräkt godkänd för flygning med n_z upp till 7 G, eftersom han inte avsåg att under flyguppvisningen överskrida denna gräns.

1.3. Flygplanet

Flygplan 39.102 levererades som första serieflygplan till flygvapnet den 8 juni 1993.

Efter leverans av flygplanet hade ett antal föraranmärkingar skrivits. Dessa hade antingen åtgärdats och avskrivits eller medfört att flygplanet tillåtits för flygning med restriktioner.

Tre dagar före haveriet hade flygplanet flugits med tung last. Under en loopingrörelse inträffade en rekonfigurering¹ av styrsystemet vilket provflygaren upplevde som att normal belastning inte kunde tas ut. Efter landning skrev provflygaren en anmärkning. Anmärkningen föranledde en restriktion för fortsatt flygning med tung last. I övrigt fick flygproven fortsätta. Flyguppvisningsprogrammet granskades mot bakgrund av den införda restriktionen. Det klarlades att anmärkningen inte kunde påverka uppvisningen.

1.3.1. Grunddata

Tillverkare	Saab Military Aircraft
Ägare	Flygvapnet, tilldelat F 7
Utlånat till	FMV:PROV
Flygplantyp, och seriestatus	JAS 39A, Seriestatus 93-1:1
Serienummer	39.102
Vikt och last	Ca 8 ton, två robotattrapper i vingspetsarna
Motortillverkare	Volvo Flygmotor
Motortyp och serienummer	RM12, Serienummer 12104
Total flygtid	40 timmar
Styrsystemprogramedition	OFP R9:13

Ett antal kvarstående anmärkingar fanns på flygplanet. Dessa saknade betydelse för flyguppvisningsprogrammets genomförande.

¹ Förändring av styrlagarna som innebar förändrade flygegenskaper.

1.3.2. Seriekonfiguration

Typgranskningsbevis för JAS 39 A seriestatus 93-1:1 utfärdades den 1 juni 1993 av FMV. Till grund för utfärdandet låg en av FMV genomförd typgranskning samt följande dokumentation:

- **Systemrapport MG 01**
- **Typgranskningsrapport**
- **Speciell Förarinstruktion, SFI, Del 1 och 2**

Av beslutet om utfärdande av typgranskningsbevis framgår att FMV:s godkännande omfattade dels luftvärdigheten för seriestatus 93-1:1, dels att denna seriestatus var acceptabel för leverans.

Vidare framgår att FMV på grund av försening i typarbetet inte kunde godkänna JAS 39A på avtalsmässiga grunder. FMV skapade därför en metod att utfärda ett interimistiskt typgranskningsbevis. Metoden byggde på att genom ett tidssnitt i typgranskningsprocessen definiera aktuell status för JAS 39A och utnyttja detta för att utfärda "Typgranskningsbevis för seriestatus". Enligt beslutet innebär beviset endast ett godkännande av JAS 39A av viss definierad status och inte ett godkännande av den avtalsenliga typen utan fastmera att typarbetet och typgranskningen skulle fortsätta till dess slutligt typgodkännande kunde utfärdas.

Bakgrunden till beslutet var bl.a. följande:

- Att så tidigt som möjligt i typgranskningsarbetet få in erfarenheter från operativ tjänst med flygplanets normala verksamhetsformer utan att göra avsteg från den säkerhet som erhålls om erfarenheter, kunskaper och rutiner vid provningsinstanserna utnyttjas.
- Att kunna utöva en strikt konfigurationsstyrning och ensning i utförandet beträffande de första serieflygplanen.
- Att på ett metodiskt sätt kunna värdera inte bara luftvärdigheten utan även hur brister i utförandet visavi avtalade krav bedöms påverka säkerheten och utbildningen i flygvapnet under den inledande operativa verksamheten.
- Att åstadkomma en restriktionsbild och användningsprofil som inte enbart grundas på sedvanliga utprovningrutiner utan även på normal operativ tjänst i flygvapnet.

I beslutet fastställdes att

- flygplanen skulle stationeras vid FMV:PROV samt att den inledande verksamheten skulle bedrivas inom FMV:PROV:s ansvarsområde och parallellt med fortgående flygutprovning vid IG JAS och FMV:PROV,
- FMV före förbandsintroduktion av JAS 39 på F 7 skulle utföra en förnyad prövning av luftvärdighetsläget för då gällande seriestatus och därtill hörande typgranskningsbevis och tillse att kraven för normal förbandstjänst innehålls,
- FMV efter ansökan från IG JAS skulle pröva när JAS 39A på avtalsmässiga grunder slutligt skulle kunna typgodkännas och, när så skett, utfärda ett typcertifikat, benämnt Typgranskningsbevis för JAS 39A med avtalsmässig status.

FMV genomförde även en evaluering¹, EVA II, eftersom erfarenheterna av operativa flygningar med JAS 39 var mycket begränsade på grund av att utprovningsprogrammet huvudsakligen är inriktat mot specifika systemprov.

¹ Se 1.6.2.2 Resultat och värderingar EVA II, sidan 45.

1.3.3. Leveranskontroll

Flygplanet var före leverans kontrollflyget och godkänt.

Leveranskontrollflygning hade genomförts av provflygare ur Saab MA och FMV:PROV. Eftersom 39.102 var det första serieflygplanet genomfördes, utöver det formella antalet pass, ett antal extra pass för att drifterfarenheter av flygplanet skulle erhållas.

1.3.4. Registreringsutrustning

Flygplanet var bl.a. utrustat med följande registreringsutrustningar:

- Kraschskyddat minne, (KSM).
- Videobandspelare, (VBS)
- Systemdatorns minnesfunktion, (SD).
- Styrautomatens minnesfunktion, (SA10).

1.3.5. Flygplanssystem

1.3.5.1 Carefree manuevering

Människans beteende är anpassat till analog information, d.v.s. till att förändringar sker kontinuerligt. Om man t.ex. inte skulle känna att värmen stiger när man närmar sig en eld, skulle man hamna i elden utan att man reagerade för det. I system som är binära¹ måste väsentlig information omarbetas till analog form, om rätt beslut skall kunna fattas.

Återföring till föraren av försämringar i flygegenskaperna sker i ett konventionellt flygplan analogt. Föraren kan förutom via sina instrument normalt även från sina sinnen avgöra närheten till flygplanets enveloppsgräns. Det innebär att en duktig förare genom att utnyttja informationsnivåerna kan nå flygplanets maximala prestanda utan att kontrollen över flygplanet förloras.

JAS 39 med sitt styrsystem ger flygegenskaper som i princip är binära, d.v.s flygplanet beter sig normalt ända tills det utan förvarning blir okontrollerbart, "faller över kanten"². JAS 39 ger dessutom till skillnad från de flesta andra flygplan föraren svaga sinnesstimulerande signaler i form av ljud, spakkrafter, vibrationer m.m. om var i flygenveloppen han befinner sig. Detta ställer extra stora krav på att antingen föraren har tillgång till andra återkopplingar som ger en kontinuerlig information om flygläget eller att funktioner i systemet gör det omöjligt för honom att överskrida några begränsningar.

I elektriska styrsystem tillkommer förutom de begränsningar som fanns i tidigare generationers flygplan även en begränsning satt av styrsystemets kapacitet. Vill man maximera plattformens prestanda måste styrsystemet konstrueras så att föraren kan nå ända fram till gränsen utan risk för att överskrida den. En förare kan inte klara detta utan en information som kontinuerligt anger närheten till enveloppsgränsen. En be-

¹ Med binära menas att endast två tillstånd finns, t.ex 1 eller 0, till eller från, fungerar eller inte fungerar.

² "Cliff-effect"

gränsningsfunktion som gör det omöjligt för föraren att "falla över kanten" medför alltid försämring av prestanda.

JAS 39 har ett begränsningssystem, MLL, som ännu inte är färdigutvecklat. Målsättningen är att flygplanet skall tillåta "carefree manuevering" d.v.s. föraren skall inte behöva riskera att överskrida tillåtna begränsningar. Ingen analog information finns om närheten till "kanten". Vidare finns som komplement till MLL ett gränsvärdesvarningssystem (GVV). Dessutom används under utprovningsskedet en varning benämnd STYRSÄK. Enveloppen begränsas även av restriktioner gällande bl.a. α , n_z , snedanblåsningvinklar och fart.

JAS 39:s MLL är ännu inte färdigutvecklad. Nivåinformation om närhet till styrsystemets begränsningar saknas. Flygplanet ger svaga sinnesstimulerande signaler om flygläget. Allt detta kan medföra att föraren inte får någon information om försämrade flygegenskaper innan han "faller över kanten".

1.3.5.2 Maneuver Load Limiter (MLL)

Maneuver Load Limiter (MLL) funktion som är avsedd att begränsa n_z , rollvinkelhastighet samt α - och snedanblåsningvinklar så att maximalt tillåtna värden inte överskrids och därigenom ge s.k. "carefree manuevering". MLL-funktionen grundar begränsningarna bl.a. på flygplanets vikt och eventuell yttre last.

Denna funktion är ännu inte färdigutvecklad. I ett gult tillägsblad till SFI angavs därför att MLL ännu ej har fullständiga prestanda och inte fick användas som enda begränsningsfunktion.

1.3.5.3 Gränsvärdesvarning (GVV)

För att ge föraren information om att flygplanet närmar sig enveloppsgränsen avseende α , n_z och fart används GVV, som är ett ljudvarningssystem.

GVV upplyste föraren om:

- Närhet till max. α eller n_z (förvarning).
- Uppnående av max. α och n_z samt för låg fart (varning).

Förvarningston gavs i aktuell OFP R9:13 vid $\alpha 16^\circ$. Varningen gavs vid $\alpha 20^\circ$.

1.3.5.4 STYRSÄK-varning

Mot bakgrund av risken för att vid speciella prov nå begränsningar av rodervinkelhastighet har en varning för detta införts i styrsystemprogramvaran. Varningen presenteras på varningsfältet STYRSÄK på varningstablån. På en av monitorerna i kabinen anges felet i klartext för att kunna identifieras som rodervinkelhastighetsbegränsning.

STYRSÄK skall varna provflygaren när rodren rört sig med maximal vinkelhastighet under viss tid, så att han kan minska sin styrning. Varningen skall tas bort i serieflygplanen.

En generell fördröjning av samtliga varningar med cirka 1 sekund hade gjorts för att minska risken för falskvarningar från vissa givare. Denna fördröjning hade införts utan att effekten av varje enskild varnings betydelse har analyserats.

1.3.6. Beskrivning av flygegenskaper i SFI

I flygplanets förarinstruktion (SFI) finns flyg- och styregenskaper, baserade på erfarenheter från flygning med JAS 39, översiktligt beskrivna. Det förändrade flygplansbeteendet till följd av automattrimfunktionens urkoppling, förflyttning av flygplanets normala rollaxel samt risken för överstegring vid upprepade stora spakutslag har inte redovisats.

När ett flygplans beteende avviker från det normala gäller att föraren, sedan han tagit hand om sitt flygläge, skall analysera avvikelsen och vidta åtgärder enligt SFI. I SFI:s nödinstruktion anges att föraren vid försämrade flygegenskaper skall kontrollera varningstablån och därefter vidta åtgärder i definierade steg.

1.3.7. Styrssystem

1.3.7.1 Styrssystem allmänt

Ett bemannat flygplan måste kunna styras och kontrolleras av föraren. Det system som verkställer förarens beslut så att flygplanet flyger i en önskad bana kallas styrssystem. Förarfunktionen är därför en integrerad del av styrsystemet.

Styrsystemets möjlighet att påverka flygplanets flygbanor är begränsad av en mängd faktorer, som alla är delar av styrsystemet. Konstruktören kan påverka många av faktorerna, t.ex. sättet att överföra förarens signaler till rodren, användbara roderytor, hastigheten och kraften att förändra rodrens läge samt rodrens momentarm i förhållande till tyngdpunkten.

Andra faktorer såsom luftkrafter och andra fysikaliska lagar samt människans begränsningar kan inte påverkas av flygplanskonstruktören. Summan av alla dessa styrsystemsfaktorer, där förarfunktionen är en viktig faktor, benämns flygegenskaper.

Goda flygegenskaper förutsätter bl.a. att förarens kommandon med kontrollorganen ger förväntade svar från flygplanet. D.v.s. föraren måste kunna förutse hur hans kommandon kommer att påverka flygplanet för att han skall kunna styra flygplanet. Avviker flygplanets svar från det förväntade kan föraren inte längre förutse vilket styrkommando som skall ges för ett förväntat flygplansvar. I värsta fall kan detta leda till att flygplanet blir okontrollerbart för föraren.

Kravet på ett säkert styrssystem är att det alltid skall vara kontrollerbart. Ett flygplans aerodynamiska stabilitet eller instabilitet har inte med styrsystemets stabilitet att göra. Däremot ställs betydligt större krav på styrsystemet i ett instabilt flygplan.

Noteras bör att ett aerodynamiskt stabilt flygplan kan ha ett instabilt styrssystem och därför vara oacceptabelt.

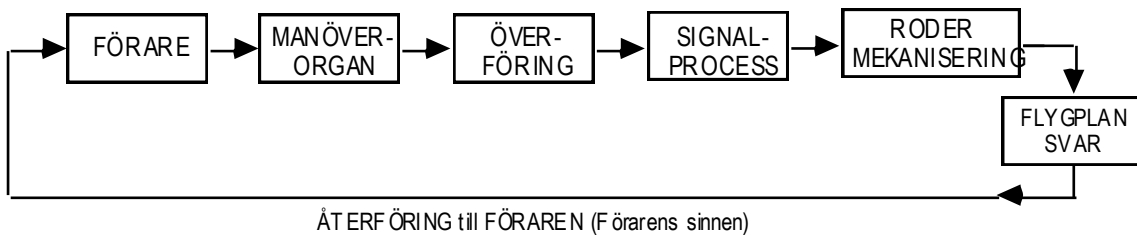
Målsättningen vid all styrsystemsutveckling är att skapa goda flygegenskaper med höga prestanda genom ett styrssystem som kan stabilisera flygplanet inom tillåten envelopp. Alla ingående komponenter – förare, spak, pedaler, överföringssystem, återföringar, signalprocessenheter och datorer, rodermekanisering och flygplanets utformning – påverkar flygegenskaperna.

Styrsystemet omfattar alla ingående komponenter. Styrsystemets funktion kan således inte säkerställas och kontrolleras förrän hela kedjan är komplett. Dessutom måste

funktionen säkerställas och kontrolleras med samma komponenter och system som finns i flygplanet.

I tidigare generationers flygplan genomfördes denna kontroll, validering, huvudsakligen genom provflygning i luften.

ENKELT STYRSYSTEM



1.3.7.2 JAS 39:s styrsystem

Kraven på styrsystemet i JAS 39 är som beskrivits ovan att flygplanet skall kunna styras och kontrolleras av föraren. Eftersom JAS 39 är aerodynamiskt grundinstabilt ställer detta stora krav på styrsystemet.

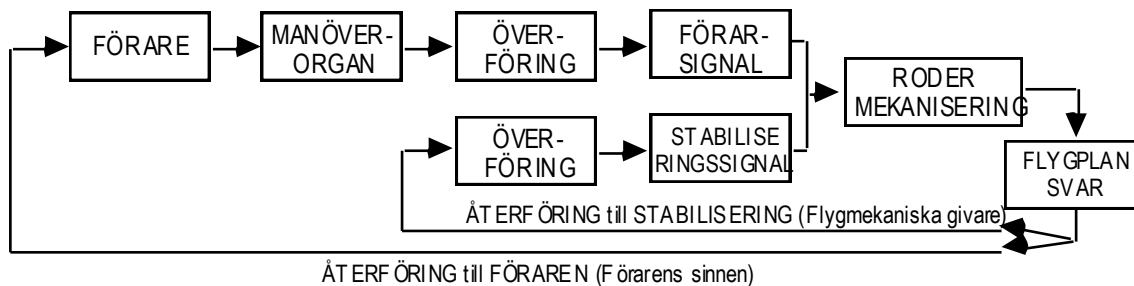
Människans sinnen och reaktionsförmåga är inte tillräckliga för att märka och korrigera störningar och förändringar hos ett instabilt flygplan, vilket medför att styrsystemet måste skapa konstgjord aerodynamisk stabilitet för att föraren skall kunna styra och kontrollera flygplanet.

Den konstgjorda stabiliteten skapas utan förarens medverkan. Ur förarens synvinkel är flygplanet således stabilt.

JAS 39:s styrsystem måste dessutom tillåta att både föraren och stabiliseringen samtidigt kan utföra sina uppgifter utan konflikt. Detta medför att styrsystemet alltid måste balansera förarens auktoritet (via styrspakskommandon) och de stabiliserande funktionerna så att goda flygegenskaper med höga prestanda finns inom tillåten envelopp.

I JAS-generationens flygplan genomförs valideringen genom marksimulering.

PRINCIP JAS STYRSYSTEM



Alla faktorer och delar i styrsystemet måste anpassas så att styrsystemet blir säkert. Svårigheten är att balansera faktorerna så att maximala prestanda erhålls ur systemet.

1.3.8. Flygegenskaper

Ett av de grundläggande fundamenten för luftvärdighet är att flygplanet har flygegenskaper som tillgodoser säkerhetskraven. Flygegenskaperna påverkas av styrsystemet. I styrsystemet i JAS 39 ingår bl.a. förutom programvara och de rent mekaniska komponenterna även människan, förarfunktionen.

Det är därför viktigt att i luftvärdighetsarbetet noggrant analysera samspelet människa-maskin om flygsäkerhetskraven skall kunna uppfyllas.

Som exempel på de skillnader i förarbeteenden som påverkar flygegenskaperna kan bl.a. nämnas:

- Förarens spakaktivitet i olika situationer.
- Förarens mentala och fysiska förutsättningar.
- Förarens kunskap om systemet.
- Förarens utbildningsbakgrund.
- Förarens tidigare upplevelser och erfarenheter.
- Förarens utrustning.
- Förarens förmåga, färdighet och flygtrim.
- Förarens fysiska och psykiska kondition.

Det finns många fler skillnader mellan olika förare förutom de som räknas upp ovan. Därtill kommer faktorer som t.ex. miljön och hotbilden.

1.3.8.1 Bedömning av flygegenskaper

Bedömning av flygegenskaper görs subjektivt av föraren enligt en särskild skala, Cooper-Harper Rating (CHR). Skalan har fått sitt namn efter dess upphovsmän och används över hela världen.

Bedömningen görs mot en väl definierad på förhand given uppgift eller specificerad verksamhet som föraren skall utföra. Med betyget anges flygplanets lämplighet för detta. Utnyttjandet av CHR kräver utbildning och måste ske enligt en fastställd metodik.

Skalan graderar flygegenskaperna i varje uppgift från CHR 10 – *kontrollen över flygplanet kommer att förloras under någon del av uppdraget* – till CHR 1 – *kompensering av föraren erfordras ej för att uppnå önskade resultat i den givna uppgiften*.

CHR 1 – CHR 3 innebär att flygegenskaperna är tillfredsställande för uppgiften utan förbättringar, CHR 4 – CHR 6 att flygegenskaperna borde förbättras för uppgiften, CHR 7 – CHR 9 att flygegenskaperna i uppgiften kräver förbättring och CHR 10 att flygegenskaperna är så otillfredsställande att flygplanet är okontrollerbart vid angiven uppgift.

Vid utnyttjande av CHR-skalan för bedömning av flygegenskaper framgår klart att föraren är en integrerad del av flygegenskaperna. Entydiga erfarenheter visar också att samma flygplan med identiska programvaror och komponenter kan ges olika flygegenskapsbetyg beroende på skillnader i förarbeteendet.

De kvantitativa storheter, mätvärden, som finns angivna i MIL SPEC¹ beskriver oftast ett beteende där föraren inte aktivt är en del i systemet. Specifikationen kan därför

¹ MIL SPEC är en kravstandard som utges i USA. Den utnyttjas över hela världen.

endast i begränsad omfattning tjäna som norm för flygegenskaper. Internationella erfarenheter visar att uppgiften ofta kan lösas trots att de krav som anges i MILSPEC inte är uppfyllda. Även det omvända förhållandet gäller.

De kvalitativa storheterna, uppgiftsbedömningarna, angivna i MILSPEC, ställer endast krav på flygegenskaperna inom generella uppgifter som landning, start m.m.

Prestandakrav i form av formulerade flygegenskapskrav i taktiska uppgifter har i begränsad omfattning ställts i projektspecifikationen för JAS 39. De flesta av projektspecifikationens krav har sitt ursprung hämtade från MILSPEC. I projektspecifikation anges dock att kvantitativa krav kan ändras eller kompletteras som ett resultat av förarbedömningar.

1.3.8.2 Pilotinducerade svängningar (PIO)

PIO är en beskrivning av ett fenomen där föraren på grund av avvikande flygplanssvar reflexmässigt via sina spakutslag försätter flygplanet i svängning. Innebörden av PIO är således att föraren viljemässigt inte kan förhindra svängningar. Människan blir vid PIO endast ett maskinelement i reglersystemet.

Det som föraren kan göra är att koppla bort sig från styrsystemet, d.v.s. släppa spaken. PIO-känslighet kan förekomma såväl i konventionella- som elektriska styrsystem. Risker för PIO fanns därför i gårdagens flygplan liksom det finns i dagens.

PIO är resultatet av en disharmoni mellan förarens styrning och flygplanssvaret. Förutsättningen för PIO är således att flygplanet inte reagerar som föraren förväntar sig.

Orsakerna till PIO är kända. En PIO kräver:

- **Responsivt flygplan**, dvs hög känslighet för spakkommandon.
- **Krävande styruppgift**, dvs en väldefinierad uppgiftsrelaterad precisionsstyruppgift.
- **Utlösande faktor**, "*trigger*" dvs något som överraskar föraren t.ex. förändrade flygegenskaper eller fågelkollision. (Det behövs inte alltid en trigger).

Disharmonin kan skapas av:

- Stora tidsfördröjningar/fasförluster.
- Olinjära egenskaper i styrsystemet. Dessa kan bl.a. bero på:
 - Abrupta förstärkningsändringar.
 - Rodervinkelhastighetsbegränsningar uppnås.
 - Rodervinkelbegränsningar uppnås.
 - Glapp eller stora död-zoner i styrspaken.

Bedömning av PIO görs subjektivt av provflygaren enligt en skala från 1 - 6. Skalan är inte lika förfinad som CHR-skalan, men ger ändå en indikation på egenskaperna.

Uppgiftsrelatering är mycket svagare än för CHR. Skalan är uppbyggd så att 1-2 innebär att uppgiften kan lösas. PIO-gradering > 2 innebär att uppgiften måste överges. PIO-gradering 5 och 6 innebär att provflygaren måste släppa spaken för att återfå kontrollen. PIO 6 är dessutom divergent.

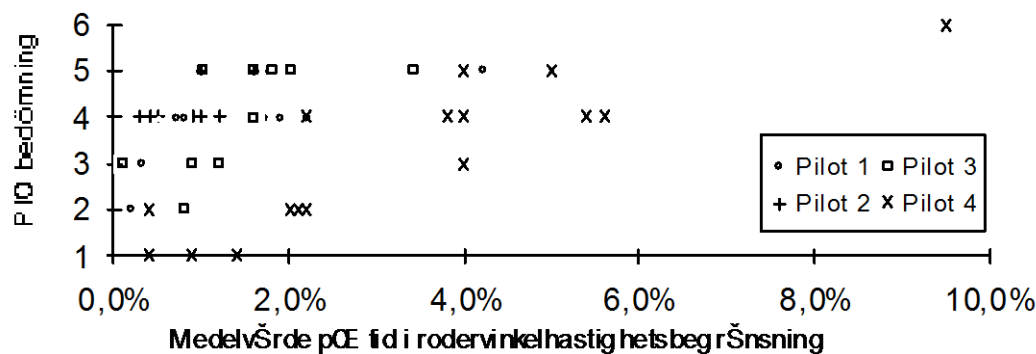
1.3.8.3 Effekter av rodervinkelhastighetsbegränsning

Hur flygegenskaperna påverkas av rodervinkelhastighetsbegränsning har studerats av Saab MA genom simuleringar. Vid simuleringarna ökades turbulensen undan för undan för att tvinga föraren att öka sin styrning så att rodervinkelhastighetsbegränsning uppnåddes. De viktigaste slutsatserna från dessa simuleringar är:

- Då medelvärdet av de fyra vingrodren var i hastighetsbegränsning mer än ca 2% av tiden för styruppgiften, var flygegenskaperna sådana att mycket omfattande kompensation erfordrades av föraren för bibehållande av kontrollen. (CHR >8)
- Flygegenskaperna degraderades snabbt om rodervinkelhastighetsbegränsning uppnåddes.
- Vid landning på jämförbart sätt var spakaktiviteten och därmed roderaktiviteten lägre i simulator än under verklig flygning med likartad turbulens.

Under dessa prov betygsatte provflygarna förutom flygegenskaperna i CHR även PIO-tendensen. I materialet redovisas inga slutsatser beträffande PIO. Med redovisade data från Saab MA:s rapport som underlag har SHK plottat nedanstående diagram:

PIO tendens som funktion av tid i rodervinkelhastighetsbegränsning



Avsikten med ovanstående diagram är endast att påvisa att en plottning av PIO som funktion av rodervinkelhastighetsbegränsning är möjlig från det underlag som Saab MA förfogar över.

1.3.8.4 Simulatoreffekter

Under samma prov som redovisades ovan jämfördes även "simulatoreffekter" med verklig flygning.

Nedanstående tabell visar medelvärden för roderaktivitet, spakaktivitet och turbulens från ett antal landningar vid flygprov respektive i simulatorn.

Provflygare	Roderaktivitet	Spakaktivitet	Turbulens
Nr 1 Flygprov	23	14	2,5
Nr 1 Simulator	21	10	2,4
Nr 2 Flygprov	36	24	2,4
Nr 2 Simulator	19	7	2,4
Nr 3 Flygprov	18	11	2,4
Nr 3 Simulator	25	2	2,2

Man kan konstatera att spakaktiviteten genomgående var klart lägre i simulatoren än vid flygprov. Detta gällde alla provflygarna och berodde på simulatoreffekter. Exempel på sådana effekter var:

- Den förhållandevis enkla omvärldspresentationen i simulatoren gav helt andra synintryck än vid riktig landning.
- Eftersom simulatoren inte rörde sig fick föraren inte några sinnesintryck i form av n_z eller vinkelhastigheter.
- Stressförhållandena var helt annorlunda i simulatoren än vid flygprov.

1.3.9. Styrlagsutveckling

I och med tillkomsten av elektriska styrsystem har möjligheten ökat att utforma styrlagar som ger goda prestanda och flygegenskaper inom en större envelopp. Denna möjlighet innebär att styrlagarna i ett flygplan som JAS 39 har blivit mycket komplexa.

Signaler till styrsystemet kommer bl.a. från styrspaken, men förutom spaken finns många andra signalgivare. Ju flera givare och signaler som matas in i styrlagsberäkningarna desto mera finputsning kan göras av flygegenskaperna. Det negativa resultatet av komplexiteten är att styrningen kan störas vid ett fel eller en oväntad signal från någon av dessa givare. Det positiva är att redundans finns.

Att analysera effekter på styrsystemet av fel i andra delsystem i flygplanet blir en svår uppgift. Kombinationer av fel i andra delsystem, flygfas och felfunktioner inom styrsystemet skapar en matris av en sådan storlek att den kan vara svår att överblicka med avseende på flygsäkerhetskritiska förändringar av flygegenskaperna.

Ett programmerbart elektriskt styrsystem öppnar förutom möjligheten att anpassa styrningen till föraren även möjlighet till förfining och anpassning av flygegenskaperna till det aktuella flygfall. I JAS 39 med styrytor såväl framför som bakom tyngdpunkten samt aerodynamisk instabilitet kan prestanda förbättras genom t.ex. motståndsminimering, asymmetriska rodervinklar m.m. Dessutom kan förarens arbetsbelastning minskas genom att styrsystemet aktivt begränsar den envelopp inom vilken föraren tillåts flyga.

Ett flygplan bör ha egenskaper som är kända till alla delar. En för föraren oväntad förändring av flygegenskaperna beroende på byte av utnyttjade styrlagar kan medföra allvarliga tillbud. Med den komplexitet som styrlagarna fått har oönskade effekter införts. Detta har inneburit att föraren utsatts för överraskningar genom oväntade flygegenskaper vid olika flygfall, där inte effekterna var väl kartlagda och dokumenterade i SFI. Flera exempel på överraskningar har inträffat under flygningarna, en del allvarliga och andra av mindre allvarlig art.

Som exempel kan nämnas:

- Anmärkningen tre dagar före haveriet¹
- Överraskande tipprörelse under rollkommando vid haveriet.

Styrlagar utvecklas av högt specialiserade systemingenjörer. I vårt land finns endast den kompetensen hos ett fåtal personer inom Saab MA.

¹ Se 1.3. Flygplanet, sidan 13.

1.3.10. JAS-flygplanens styrspak

Styrspaken är en s.k. minispak, placerad i kabinens centrumlinje. Föraren kan röra spaken helt fritt inom de vinkelbegränsningar som spakens geometri tillåter. Inga begränsningar av hur fort eller hur stort spaken kan röras finns. Spakkrifter skapas genom linjär fjäderbelastning. Spaken har ingen återmatning av några aerodynamiska eller mekaniska begränsningar i flygplanet.

JAS-föraren utnyttjar precis som i ett vanligt flygplan spakens utstyrningsvinkel framåt-bakåt för att få en förändring av tippvinkeln. Däremot finns en stor skillnad i hur spakutslaget vinkelstorlek påverkade förändringen i n_z . I JAS 39 ger alltid (om det är möjligt med hänsyn till farten) en viss spakvinkel samma n_z . Spakvinkeln styr alltså direkt hur många G som föraren önskar.

Samma likheter och skillnader jämfört med ett konventionellt flygplan gäller också i JAS 39 för spakens utstyrningsvinkel i sida. Strävan är att en viss vinkel alltid skall ge samma rollvinkelhastighet (om det är möjligt med hänsyn till farten).

Styrspaksutslag för tipp görs i flygplanets x-axel och för roll i flygplanets y-axel. Spaken är konstruerad för att manövreras med högerhanden och ge rotationspunkten i handflatan. Flygplanet styrs således i tipp huvudsakligen genom vridning av handleden och i roll genom vridning av underarmen.

Genom att spaken är placerad mitt framför föraren har högerarmen en vinkel avvikande från flygplanets x- och y-axel när föraren fattat tag om spaken. Detta medför att en kombination av de ovan beskrivna rörelserna, vridning av handled respektive underarm, måste utföras för att få en ren rörelse i tipp respektive roll.

Det har redovisats i ett flertal flygprovprotokoll att rollkommandon oavsiktligt har påverkat tippstyrningen och att tippkorrekationer har gett oönskade rollutslag.

Flera olika styrspakslösningar finns under utprovning. Alla spakar som vid tidpunkten för haveriet var aktuella i utprovningsprogrammet har lika utstyrningsvinklar i tipp-led. Utstyrningsvinklar i rolled och därigenom maximalt möjlig kommanderad rollvinkelhastighet, spakkräftsgradient samt dämpning är däremot olika.

1.4. Luftvärdighetsprocessen

1.4.1. Allmänt.

Inom luftvärdighetsprocessen är kvalitetssäkring en integrerad del. Med kvalitetssäkring menas i JAS-projektet alla planerade och systematiska åtgärder för att ge tillräcklig tilltro till att de sammantagna egenskaperna hos JAS 39 har förmåga att tillfredsställa uttalade eller underförstådda behov.

Ett flygplan är luftvärdigt om det är konstruerat, byggt, utrustat och vidmakthållet samt har sådana flygegenskaper att säkerhetens krav är tillgodosedda.

De närmare bestämmelserna för militär luftvärdighet finns i CFV:s föreskrifter om militära flygplan samt i FMV:s tjänsteföreskrifter. Bestämmelserna har legat till grund för IG JAS interna regelverk och styrning av luftvärdigheten.

För den övergripande nivån finns formella krav på grundläggande dokument och beslut. Beslutsvägar och ansvariga är utpekade i regelverket. Ansvarsuppdelningen mellan IG JAS och FMV som luftvärdighetsmyndighet är också formellt klargjord på ett entydigt sätt.

Formella kompetenser finns fastställda endast för ett fåtal specifika delar av processen. Formella krav på beslutsgången är uppstyrd i grundhandlingarna.

Samma rutiner som nyttjas under utvecklingsarbetet utgör grund för beslut i luftvärdighetsfrågor. För verksamheten inom Saab MA:s olika materielgrupper (MG) finns ett stort antal rutiner.

SHK har begränsat sin detaljgranskning av luftvärdighetsarbetet till utvecklingsarbetet inom den materielgrupp, MG 34 - styrning inklusive flygegenskaper, inom vilken styrsystemet handläggs. Arbetet och processerna beskrivs som de var vid haveritidpunkten, om inte annat anges.

1.4.2. Avvikelserapportering

En av hörnstenarna inom kvalitetssäkring är avvikelserapportering. SHK har valt, förutom att granska befintlig avvikelserapportering vid styrsystemsvalideringen, att även belysa några andra viktiga komponenter i kvalitetssäkringen av JAS 39-projektet.

Avvikelse- och ändringshantering är uppstyrd i regelverket. Där finns tre rapportsystem som reglerar avvikelser inom MG 34. Principen för avvikelserapportering gällande MG 34 är i huvudsak tillämplig även på övriga MG.

Den kontroll med olika befattningshavare som SHK har gjort visar att det råder viss osäkerhet om i vilket system en avvikelse skall rapporteras. Olika system för avvikelserapportering tillämpas beroende på under vilken fas av utprovningprocessen avvikelsen noteras.

Vid samtal med ansvariga för avvikelserapporteringen har framkommit att vissa svårigheter finns att genom befintliga rapportsystem insamla all den information som systemen är avsedda för. Ingen risk föreligger dock att väsentlig information om kända problem går förlorad. Problemet är att den som skall rapportera själv sätter en högre tröskel på vad som är rapporterbart än vad som avsetts i rapporteringssystemet.

Vidare har vid samtal med systemansvariga framkommit att den insamlade informationen bör kunna utnyttjas på ett bättre sätt inom materielgrupperna.

1.4.2.1 PA/FR39

Instruktion

Problem och fel som uppmärksammas i samband med utprovning i riggar, simulatorer och provflygplan samt vid tillverkning av serieflygplan skall rapporteras enligt en instruktion som benämns "System för Problemanmälan/Felrapport Fpl 39"(PA/FR39). Rapporteringen skall göras på en särskild blankett kallad PA/FR.

Syftet med instruktionen är att säkerställa dels att berörda instanser får information om uppkomna problem och felyttringar, dels att all teknisk problem- och felrapportering samlas och registreras i en gemensam databas.

I instruktionen anges att PA/FR skall skrivas även för Potentiella Luftvärdighetsanmärkningar (PLUA) samt för problem/fel som skall utredas av Materielutredningsgrupp (MUG).

Rapportering av problem eller fel i styrsystemets programvara skall påbörjas vid starten för verifiering och validering av en specifik utgåva av programvaran. Rapportering skall ske från systemprov i riggar, simulatorer och flygplan, där styrsystemet med dess programvara ingår som delsystem.

Enligt en anmärkning i instruktionen skall problem eller fel som direkt kan hänföras till styrsystem rapporteras genom problemrapport "EFCS problem report (PR)". Om felet eller problemet är att betrakta som "*felhändelse*" skall dock en PA/FR skrivas i vilken PR-kopia skall ingå som bilaga.

Funktion

PA/FR är mekaniserat i en modern relationsdatabas med stora sökmöjligheter. Listor och rapporter kan utformas helt enligt beställarens önskemål. Uppgifter om samtlig information som inrapporterats kan beställas. Informationen kan struktureras och analyseras i flera dimensioner.

Arbete pågår med att integrera data från FMV:s driftdatasystem (DIDAS) i PA/FR:s databas inom det s.k. BEDA II projektet.

PA/FR är inte ett ändringsstyrningssystem utan ett rapporteringssystem.

1.4.2.2 PR

Var och en som i sin verksamhet observerar problem eller avvikelser från normala funktioner inom styrsystemet är skyldig att snarast göra en anmälan. Den skall göras enligt "Ändringsstyrning av styrsystem. EFCS problem report/problemrapport (PR)". PR uppdrättas och tillställs den administrativa instansen för ändringshandläggning.

Rapporteringsskyldigheten enligt ovan omfattar alla avvikelser ifråga om hårdvara (apparater enligt apparatförteckning), programvara (i SA10 elektronikenhet och programvarueditioner i AVAP, AFPL och SD), funktioner etc.

Även planerade och beordrade ändringar inom styrsystem och ändringar utifrån på styrsystemet (t.ex. från annan MG) skall initieras med PR och i övrigt hanteras enligt denna rutin.

Enligt vad som angavs ovan skall i tillägg även en PA/FR skrivas vid "*felhändelse*" och hanteras i PA/FR-rutinen.

Funktion

PR är underlag för bedömning av eventuella förändringar av styrsystemprogramvaran. En utfärdad PR tas upp vid ändringskonferens som äger rum en gång per vecka med deltagande av särskilt utsedda befattningshavare.

PR databehandlas inte i databas.

1.4.2.3 PAR

Från och med fas 2¹ skall vid simuleringar för JAS 39 i MAHS och SYSIM provavvikelsesrapport (PAR) skrivas omedelbart när oväntade eller farliga beteenden observeras vid genomförande eller utvärdering av prov. PAR kan även skrivas om procedurer eller metodiker bedöms olämpliga.

Var och en som upptäcker avvikelser ansvarar för att en PAR upprättas.

Rutinen är införd för att:

- Säkerställa omgående uppföljning och rapportering av alla misstänkta fel och avvikelser under simulatorprov.
- Filtrera bort alla missförstånd, simulatoreffekter etc. innan formella felrapporter och ändringsbegäran skrivs.
- Underlätta rapportering av provresultat genom att hänvisning kan ske till PAR för problem.
- Säkerställa att tillräckligt mycket data insamlas vid uppkomna problem, så att vidare undersökning möjliggörs.

Följande principer skall tillämpas:

- Enkel obyråkratisk handläggning, anpassad till respektive provtyps krav.
- Den som är ansvarig för provomgången ansvarar för hantering av PAR.

Vid direkt luftvärdighetsgrundande prov gäller:

- Avslutning skall endast ske genom överföring till felrapporteringsystem (PA/FR, PR), ändringsbegäran, uppdatering av provspecifikation eller genom direkt förklaring av problemet på aktuell PAR. Avslutningen skall godkännas av konstruktionsansvarig, provansvarig och, om en förare varit inblandad, en representant för provflygarna.²

Funktion

PAR är inte ett ändringsstyrningssystem utan ett rapporteringssystem. Någon databehandling i databassystem görs inte.

Erfarenhetsinsamling

Något övergripande system för registrering av felutfall, avvikelser och andra erfarenheter från utvecklings- och valideringsfasen som medger bearbetning och sökning i en databas finns inte.

¹ Se 1.4.4.1. Valideringsprocessen, allmänt, sidan 28.

² Den s.k. PAR-gruppen

1.4.3. Personal

I ett underlag till SHK har Saab MA och FMV:PROV redovisat personalens åldersstruktur, bakgrund och utbildning samt hur länge var och en deltagit i system- respektive provverksamhet.

Den personal som deltar i styrsystemsutvecklingen och flygutprovsningsverksamheten har en väldokumenterad formell kompetens på hög nivå och därtill lång erfarenhet av verksamheten, inte minst gäller detta ledningen.

Provflygarna inom båda organisationerna har en bred och allsidig flygbakgrund från flygvapnet kompletterad med vidareutbildning under tiden som provflygare. Några av dem har dessutom civilingenjörsutbildning.

Inom Saab MA sträcker sig yrkeserfarenheten som provflygare mellan 6 - 16 år och åldersstrukturen ligger mellan 34 - 49 år. Motsvarande för FMV:PROV avseende provflygarerfarenhet är 2 - 28 år och åldersstruktur 31 - 52 år.

Utvecklingsingenjörernas utbildning ligger med få undantag på högskolenivå, kompletterad med en omfattande specialutbildning inom verksamhetsområdet.

Av provingenjörerna har flertalet gymnasieingenjörskompetens med vidareutbildning inom yrkesfacket. Flera av provingenjörerna har flygcertifikat.

1.4.3.1 Kommunikation och erfarenhetsöverföring inom Saab MA och FMV:PROV

SHK har genom samtal och diskussioner med personal inom såväl Saab MA, FMV och CFV informerat sig om kvalitén och informationsstrukturen i förhållande till det formella regelverket.

SHK redogör nedan för några av de problem som har påtalats.

Auktoritets- och rollfördelning

SHK konstaterade i sin rapport efter haveriet med JAS 39-1 att rollfördelningen mellan provflygare, provingenjörer och systemkonstruktörer inte var tillräckligt väl definierad samt att samspelet mellan dem borde förbättras.

Trots de förbättringar som hade gjorts framgick att det fanns vissa svårigheter att förstå och inse dialogens rätta innebörd och konsekvenser. Ett exempel är avsaknaden av ett beskrivande dokument inom området flygegenskaper.

Vidare har framkommit att den tekniska komplexitet som kännetecknar JAS 39 kräver kunskaper som finns hos ett fåtal människor. Detta har fått till följd att samma personer som konstruerat system även måste delta i kvalitetssäkringen av systemet. På grund av svårighetens art uteblev följaktligen den ifrågasättande dialogen och tendensen att förlita sig på auktoriteter blev uppenbar.

Påtecknande av dokument

På det av SHK granskade dokumentationsunderlaget som styr utprovsningsverksamheten i form av provrutiner, provuppdrag, provomfattning, granskningar, slutrapporter m.fl. dokument såväl inom Saab MA som inom FMV har många befattningshavare genom signering angett att de utfärdat, granskat, tecknat samråd, eller lämnat godkännande.

Det har inte gått att klarlägga i vilken utsträckning eller med avseende på vilken del av underlaget som ansvar har tagits.

Pensionsavgångar m.m.

Inom ramen för den allmänna översynen av försvarsmaktens organisation har möjlighet öppnats för försvarsmaktens tjänstemän att avgå med pension i förtid. Många befattningshavare i FMV på nyckelpositioner inom luftvärdighetsprocessen för JAS 39 har valt att utnyttja denna möjlighet.

Den funktion som FMV:PROV inrättat för att internt övervaka luftvärdighetsarbetet för provflygplan är till följd härav vakant från 1 oktober 1993. Övrigt luftvärdighetsarbete inom FMV:PROV berörs inte. FMV:PROV för diskussioner med FMV:LuftI som övervakar luftvärdighetsarbetet avseende militära prov- och serieflygplan hur detta arbete skall bedrivas i framtiden.

Vidare har FMV:s chefsingenjör för JAS 39 som varit typgranskningssammanhållande valt möjligheten till förtidspension och lämnat sin tjänst vid utgången av oktober 1993.

SHK har också erfarit att arbetsuppgifterna har förändrats för den nuvarande befattningshavaren för sammanhållning och kvalitetssäkring av luftvärdighetsdokumenten för provflygplan (TSQG) inom Saab MA:s kvalitetsavdelning.

1.4.4. Valideringsprocessen

1.4.4.1 Allmänt

Alla ändringar av den primära funktionen hos styrsystem inom Saab MA går igenom en valideringsprocess. Processen skall säkerställa, testa och kontrollera att funktionen hos styrsystemprogrammet är luftvärdigt. Ansvar för uppläggning och genomförande av processen samt rapportering av utfallet åvilar Saab MA.

Processen regleras av ett flertal dokument. Dessa omfattar såväl allmän arbetsmetodik som programspecifika dokument vilka reglerar i detalj hur respektive programutgåva skall testas.

Valideringsprocessen delas in i tre faser:

Fas 1

- Fas 1 är en experimentell fas som genomförs med eller utan formellt program. Dock skall resultat från de delar av programmet som man avser att gå vidare med till nästa fas presenteras, motiveras och diskuteras.

Fas 2

- Fas 2 skall säkerställa att validering inte påbörjas med något fel som kan förhindra validering. Fas 2 regleras av ett formellt program med samråd från alla berörda. Möte skall hållas med alla inblandade, inklusive alla aktuella provledare och provflygare, där programmet, tidsplaner och utvärderingskrav går igenom. Utfallet från fas 2 skall resultera i ett provbesked som vid ett utlyst möte skall ligga till grund för beslut om validering skall ske.

Validering

- Valideringen¹ skall ge det underlag som behövs för luftvärdighetsbedömningen.

¹ Den formella luftvärdighetsbedömningen.

Saab MA är som nämnts ovan ansvarigt för och utför hela valideringen.

FMV deltar eller har möjlighet att delta i valideringsprocessen vid följande tillfällen:

- Granskning av Saab MA:s framtagna preliminära valideringsprogrammet utförs av FMV.
- FMV provflygare deltar i försimuleringar fas 2.
- Vid beslutsmöte med underlag från försimulering fas 2, där beslut om validering skall genomföras kan FMV delta med både provingenjörer och provflygare.
- FMV provflygare deltar i valideringen (simulatorflygning). Vid behov kan även provingenjörer och sakhandläggare från FMV delta.
- I den del av valideringen som omfattar fri simulatorflygning inom angiven envelopp deltar provflygare från FMV. Resultaten redovisas i simulatorprotokoll som distribueras inom FMV.
- Vid genomgång av valideringsresultaten får representanter för FMV delta. Det kan vara provflygare, provingenjörer eller sakhandläggare.
- Granskning av remissutgåva av valideringsrapporten görs av FMV:s provflygare, provingenjörer och sakhandläggare.
- En representant för FMV:FlygFL har möjlighet att delta som observatör i en inom Saab MA inrättad intern granskningsgrupp som granskar egenskaper hos nya mjukvarueditioner baserade på resultat från validering i simulator.
- FMV godkänner den systemrapport i vilken valideringsrapporten ingår som delunderlag.

1.4.4.2 Simulering

I valideringsprocessen används simulatorer. Valideringen genomförs i en simulator som utnyttjar flygplansidentiska komponenter i styr- och datorsystemet. Vidare är simulatormkopplad till ett flygplansidentiskt hydraul- och rodermekaniseringssystem. Simulatorns aerodynamiska återföringar skapas av en datamodell.

Simulatorm består av en fast flygplanskabin med en svart/vit datamonitor med en mycket enkel omvärldspresentation. Det visuella systemet är konstruerat så att tidsfördröjningar i presentationen av flygplanets svar på styrkommandon minimeras. Begränsade precisionsstyruppgifter kan göras med hjälp av den visuella informationen.

Valideringen består av tre huvuddelar:

Felanalys

- Möjliga fel på givare, datorer och övriga flygplanssystem introduceras för att kontrollera att resultaten blir de som förväntas.

Egenskapskontroll

- För att kontrollera ändringarna i programmeditionen lägger en provingenjör upp flygprofiler som flygs av en provflygare. Vidare kontrolleras att objektiva mätdata visar att i projektspecifikationen angivna parametrar ligger inom tillåtna gränsvärden.

Fri simulatorflygning (PCT)

- PCT upplagd av den enskilda provflygaren inom tillåten envelopp genomförs för att belysa de allmänna flygegenskaperna.

Om endast en konstantändring görs i styrsystemprogrammet genomförs endast delar av valideringen, dock genomförs alltid PCT. I valideringen deltar provflygare från både Saab MA och FMV:PROV.

Före haveriet med 39.102 genomfördes under valideringen inga speciella prov, t.ex. frekvenssvep, för att fastställa om det fanns styruppgifter som kunde leda till PIO.

1.4.4.3 Flygprov

Verkliga flygningar genomförs för att kontrollera att den aerodynamiska modellen som simulatören utnyttjar ger de rätta återföringarna. Överensstämmelsen mellan simulatörens modell och verkligheten har visat sig vara god.

Ett fåtal flygegenskapsflygningar med operativ målsättning har genomförts inom Saab MA för att verifiera flygplanets kvalitativa nivå med hänsyn till önskade prestanda. FMV:PROV har genomfört två s.k. evalueringsperioder¹ (EVA I och II).

1.4.4.4 Validering av aktuellt styrsystem

SHK har tagit del av allt underlag från Saab MA och FMV - uppdrag för validering, ramplan för validering, valideringsprogram, flygprovprogram, ramprogram för pilot confidence test (PCT), delrapporter, slutrapport, PARar, PR, provvärdighetsdeklaration, valideringsrapport, granskningsrapport och systemrapport - beträffande luftvärdigheten av det installerade programmet OFP R9:13

Av underlaget framgår att en komplett validering genomfördes med OFP R9:10. Under denna validering ändrades editionen till OFP R9:11. OFP R9:11 innefattade endast konstantändringar vilket medförde begränsad omkörning av vissa test. PCT genomfördes med OFP R9:11.

Programeditionerna OFP R9:12 och OFP R9:13 (installerad programvara) omfattade endast konstantändringar och medförde inte fullständig valideringsprocess. Endast begränsade test och PCT gjordes.

Uppdraget för validering av OFP R9:10/11 angav bl.a. flygplankonfiguration 39-2 med styrspak tillåtande 9° rollvinkelutstyrning. Av valideringsrapporten framgick att valideringen genomfördes i konfiguration 39-3 med vissa prov i 39-2 konfiguration. Spaken hade den stipulerade vinkelkonfigurationen men hade breakout. Med vilken spakraftsgradient systemet verifierades framgår inte av underlaget. Den spak som refereras till i valideringsrapporten har inte kunnat återfinnas bland de spakar som redovisas som utnyttjade i flygplanen.

Valideringsuppdraget av OFP R9:12 samt OFP R9:13 anger ingen flygplanskonfiguration men styrspak med 7° rollvinkelutstyrning. Av valideringsrapporterna framgår att valideringen genomfördes i flygplankonfiguration 39-3 och styrspak med rollvinkelutstyrning 7°. Spakraftsgradienten framgår inte av underlaget.

Sammanfattningsvis anger samtliga ovan relaterade valideringsrapporter att de utöver den provade konfigurationen 39-3 har validitet för flygplanen 39-2, -4, -5, -101 och .102. Inga begränsningar för installerad styrspak anges.

¹ Se 1.6.2 FMV:s evaluering av JAS 39, sidan 44.

PAR angående risk för överstegring

Under den process som via OFP R9:10/11 ledde fram till validering av OFP R9:13 upptäckte en provingenjör vid en simulering under fas 2 att stabilitetsmarginalen i styrsystemet var låg vid ett visst flygfall i normalflygmod (CO). Provingenjören lyckades med några få maximala styrspaksutslag framkalla en överstegring. Upptäckten rapporterades i en PAR.

Vid uppföljning av rapporten kunde en provflygare i simulatoren återskapa överstegringen, dock inte lika lätt som provingenjören. Marginalerna bedömdes av provflygaren vara tillräckliga och inget hinder för validering eller flygning ansågs föreligga.

PARen avskrevs genom kryssning av ruta "No action" på PAR-blanketten, vilket innebär att ärendet i princip var slutbehandlat.

Den aktuella PARen behandlades dock även inom "Granskningsgruppen för flygegenskaper". I protokollet anges att vid frekvenssvep utförda i simulator hade flygplanet hamnat i okontrollerbart läge. I protokollet sades vidare: "*Rent allmänt gäller att den typ av manövrering som nu har genomförts inte är sluten loop¹ på samma sätt som täta styruppgifter och är därför inte ett speciellt bra mått på flygplanets egenskaper och eventuella PIO-benägenhet*". Slutsatsen blev att en fortsatt analys av egenskapen skulle ske, eventuellt skulle en problemrapport (PR) skrivas.

Någon PR blev inte upprättad, vilket innebär att underlag för ändring av kommande programvaror inte formellt fanns upprättat.

Eftersom den aktuella avvikelserna upptäcktes under fas 2, redovisades den inte som avvikelse i valideringsrapporten. Endast PAR under validering medtas i valideringsrapporten. Den finns dock omnämnd i en delrapport som bifogas som bilaga. Även där konstateras att den är avskriven med referens till Granskningsgruppens ställningstagande enligt ovan.

Under validering upptäcktes en liknande egenskap i startmod (LO) som också rapporterades med PAR. I valideringsrapporten redovisas den enligt följande:

PAR: "I LO-mod verkar marginal mot departure vara mindre än i PAL. Vid prov då departure erhålls, tändes ej STYRSÄK"

Åtgärd/kommentar: "STYRSÄK tänds ej i operationsfas LO, för att ej störa föraren. Dessutom ges större auktoritet i LO för att få ut tillräckliga rotationskommandon. Marginalen mot departure i LO är lägre, men ändå tillräcklig. Dock rekommenderas att GVV-gränsen sätts till 20°. Ärendet har behandlats i "Granskningsgruppen för flygegenskaper" ref. TURCA-92.027 Ovanstående ställningstagande kvarstår.

Även denna PAR avskrevs med samma motivering som den föregående. Eftersom marginalerna bedömdes som tillräckliga och ärendet hade behandlats tidigare, uppdaterades inte SFI med beskrivning av egenskapen.

Fpl 39.102 avvikelser från provflygplanen

Massa, massfördelning och tyngdpunktsläge

I valideringsuppdraget för OFP R9:13 har inte angetts någon flygplanskonfiguration. I de valideringsuppdrag som utfärdades efter haveriet noterar SHK att konfiguration har specificerats.

¹ Slutent loop innebär att piloten styr flygplanet aktivt. (SHK:s anmärkning)

Fpl 39.102:s massa understeg provflygplanens med mer än 10%. Tyngdpunktens läge såväl i längd som i sida varierar mellan de olika flygplanskonfigurationerna.

Styrspaksgeometri

Valideringsuppdraget för OFP R9:13 anger spakgeometri $\pm 7^\circ$ roll.

I 39.102 fanns vid haveritillfället en spak med 2° större auktoritet åt varje håll i roll, $\pm 9^\circ$. Av valideringsrapporterna kan inte utläsas med vilka spakkraftsgradients validering har skett. Spakkraftsgradienten i den installerade spaken i 39.102 var 20% lägre i både roll och tipp än den som var installerad i provflygplan 39-3.

Restriktionsbild

Det system som skulle förhindra föraren att överskrida tillåtna manöverlastvärden Manoeuver Load Limit (MLL) var inte anpassad till begränsningarna i 39.102.

1.4.4.5 Internationell jämförelse av valideringsprocessen

Frankrike

För att få en representativ oberoende referens har SHK vänt sig till Frankrike, där utvecklingen av ett flygplanprojekt – Dassaults projekt RAFALE – med elektriskt styrsystem och aerodynamiskt grundinstabil plattform i samma generation som JAS 39 pågår.

SHK togs emot av DGA (motsvarar FMV) vid ett besök, den 27 oktober 1993.

Nedan redogörs översiktligt för den information som SHK delgavs. Informationen koncentrerades runt RAFALE programmet och de erfarenheter som ligger till grund för detta projekt.

Historisk utveckling av elektriska styrsystem

Frankrike har under mer än 20 år kontinuerligt utvecklat elektriska styrsystem och styrlagar. Fler än sju större militära projekt i kontinuerlig stegringsföljd har genomförts. Till detta kan läggas erfarenheter från de civila utvecklingsprogrammen inom bl.a. Airbus. Utvecklingen har gett kunskap och erfarenhet om bl.a.:

- **Digitala styrsystem.**
- **Styrspakar.**
- **Instabila plattformar.**
- **Valideringsmetodiker.**

Kortfattad information om RAFALE

RAFALE är ett tvåmotorigt flygplan med digitalt elektriskt styrsystem och sidoplacerad spak i samma generation som JAS 39. Flygplanet utvecklas för flera roller liknande JAS 39:s. RAFALE skall även kunna operera från hangarfartyg och kommer även att finnas i en tvåsitsig vapenbärarversion.

RAFALE är tyngre än JAS 39 och beräknas bli betydligt dyrare per enhet. Projektet utvecklas på löpande räkning.

RAFALE är aerodynamiskt instabilt. Den första prototypen (ACX) flögs första gången 1986. Fortlöpande omkonstruktion har sedan skett till RAFALE D som premiärflögs 1991. Projektet beräknas bli leveransklart till försvaret i slutet av 1990-talet.

Totalt har RAFALE flugits ca 1300 timmar .

Validering av styrsystemprogram

I stort påminner tillvägagångssättet vid validering av styrsystemprogram i Frankrike med det svenska. Det finns dock skillnader.

Likheter med det svenska:

- Industrin är ansvarig för genomförande av hela valideringsprocessen.
- All validering utförs i simulatorer.
- Validering utförs huvudsakligen av förare.
- För slutvalidering utnyttjas icke rörlig simulator i realtid med riktiga flygplanssystem (datorer, hydraulsystem, programvara m.m.).
- Avvikelse noteras och registreras.
- DGA är luftvärdighetsmyndighet.
- Aerodata¹ kontrolleras för validitet.

Skillnader mot det svenska:

- DGA måste formellt ta ställning till och godkänna processen vid flera kontrollpunkter. (Programutformning, testprogram, förvalideringsresultat).
- Förbandsförare utnyttjas redan vid validering av program för första flygning.
- Valideringsflygningar består till mycket stor del av uppgiftsrelaterade flygningar med precisa krav. Detta ställer höga krav på presentation i simulatören.
- Registreringar av hur förarna i realtid rör spak och kontrollorgan körs efteråt i en automatiserad analysfas genom hela flyggenveloppen. Syftet med detta är att fastställa samtliga tillfällen där närhet eller överskridande av fysiska begränsningar av någon form sker (aerodynamiska, hydraul, rodervinkel etc). Alla dessa fall analyseras och därefter elimineras möjligheterna att komma till fysiska begränsningar genom mjukvarubegränsningar av förarens styrkommandon.
- DGA har kompetens för och granskar kontinuerligt styrlagsutvecklingen i detalj. Detta utförs normalt av två samarbetande personer från DGA.
- Vid avskrivning av anmärkningar skall godkännande från DGA föreligga.

Metoder för att undvika PIO

Enligt DGA finns inga problem med PIO i RAFALE-projektet. Man upplever att PIO-problemet är löst i tidigare generationers flygplan och utprovningssprojekt.

- Inga fastställda PIO-kriterier eller specifikationer finns.
- Nedanstående förebyggande PIO-åtgärder vidtas under utvecklingsprocessen:

Vid projektering av styrsystem

- Respekt för teoretiska regler beträffande:

¹ Den datoriserade modell av verkligheten som simulatören utnyttjar för att efterlikna alla påverkande krafter i verkligheten.

- Kortperiodens frekvens och dämpning.
- Minimering av tidsfördröjningar.
- Större hänsyn till konstruktörens erfarenhet än till MIL SPEC.
- Tidigare erfarenheter tillvaratas.

Vid marksimulering

- Simulator med riktiga flyglanssystem. (Dator, styrlagar, hydraulsystem, elsystem).
- Många och varierande förarkommandon. Dessa förändras även beträffande inbördes ordningsföljd.
- Objektiv verifiering av kortperiodig frekvens och dämpning.
- Systematisk och automatisk utforskning av alla kritiska parametrar. Detta gäller särskilt vid närhet till eller överskridande av fysiska systembegränsningar. (α , snedanblåsningsvinkel, roderläge, rodervinkelhastighet, m.m.).

Flygsimulering

- Ingen utprovning i flygande simulator har utförts inom Mirage 2000 eller RAFALE programmen.

Flygprov

- Stegvisa styrkommandon genomförs för objektiv verifiering av kortperiodiska egenskaper hos flygplanet.
- Frekvenssvop under flygning för analys av PIO har utförts i mycket begränsad omfattning i RAFALE programmet.
- Stor andel precisionsstyruppgifter utförs så tidigt som möjligt. (Roteflygning, siktning, luft-tankning, precisionsinflygning och landning, mm).

Kontrollorgan och spakar.

DGA har inte någon erfarenhet av en centralt placerad minispak men underströk spakens avgörande betydelse för goda flygegenskaper.

DGA:s grundidé beträffande flygegenskaper.

Flygegenskapskraven i Frankrike ställs huvudsakligen i form av kvalitativa krav.

Uppfyllandet av specifikation mäts genom flygprov av provflygare med hjälp av en väldefinierad precisionsuppgift och Cooper-Harper bedömning. Fransmännen betraktar de objektiva numerära specifikationskrav som anges i MIL SPEC som rekommendationer och har vid utvärdering av moderna flygplan konstaterat att goda flygegenskaper kan finnas trots att objektiva mätdata ligger utanför MIL SPEC och vice versa.

DGA:s grundidé beträffande ett modernt krigsflygplan kan sammanfattas på följande sätt:

- Fastställ det mest kritiska fallet och låt detta dimensionera övergripande konstruktion.
- Stabiliseringssystemet skall alltid ha tillräcklig auktoritet, vilket innebär att förarens styrkommando ignoreras i vissa situationer.
- Förarens styrkommandon får aldrig leda till att flygplanet når sina begränsningar
- Att ovanstående medför begränsningar av maximala prestanda hos flygplanet anses helt acceptabelt.

Styrlagar

Den mekanisering av styrlagar som utnyttjas i Frankrike är densamma som i Sverige:

- Tipp – n_z kommando.
- Roll – Rollvinkelhastighetskommando.
- Filosofi – Carefree manuevering.

Den nivå man nått för att säkert förhindra flygplanet att överskrida de satta begränsningarna innebar att man redan vid utprovningen av Mirage 2000 fattade beslut om att inte utföra spinnprov. Spinnprov avses inte heller att genomföras under RAFALE-utprovningen.

USA

Som komplement till de franska referensuppgifterna har SHK tagit del av material som FMV mottagit från amerikanska experter.

Teknikutvecklingen sker i USA hos ett flertal flygplanstillverkare och inom det nationella flyg- och rymdforskningsorganet NASA.

Sedan ett antal år pågår ett teknik- och erfarenhetsutbyte mellan Sverige och USA beträffande flygplansprojektutveckling. Före första flygning med JAS 39 besökte en grupp styrsystemsexperter Sverige och avgav muntligt ett granskningsuttalande för bedömning av luftvärdighetskonfidens. Efter haveriet 1989 med 39-1 bildades den s.k. LION-gruppen, bestående av amerikanska experter, med vilken Saab MA och FMV utbytte idéer om flygutprovning och styrlagar i elektriska styrsystem. Denna grupp har därefter formaliserats och återkommit flera gånger för konceptgranskningar.

Under september 1993 besökte LION-gruppen åter FMV och Saab MA med anledning av det nu aktuella haveriet.

Utvecklingshistorik

Erfarenheter från utveckling av elektriska styrsystem finns i USA alltsedan 1960-talet. För systemsäkerhet krävdes en stor datorberäkningskapacitet som dessutom behövde funktionssäkras med hjälp av dubblingar för att beräkningar från flera datorer skulle erhållas som jämförelse. Med datorteknikens utveckling blev detta möjligt och i mitten av 1970-talet flögs en prototyp av YF-16 med primärt analogt fyrkanaligt styrsystem utan reservsystem (backup). I efterföljande prototyper av F-16 prövades digitalt trekanaligt styrsystem med analog backup.

Utvecklingen av instabila flygplan med digitala elektriska styrsystem har under senare år fortsatt med bl.a. X-29, F-22, X-31 och F-15 STOL. Dessa senare projekt liknar i fråga om aerodynamisk karaktär och styrsystemsoppbyggnad JAS 39 även om vissa skillnader i utformning föreligger.

LION-gruppens synpunkter på JAS 39-projektet

I USA har till karaktären påminnande styrsystemsproblem som hos JAS 39 förelegat på YF-22, C-17, YF-16 och den s.k. Rymdfärjan. Gruppen konstaterade att det inte finns tillräckligt bra metoder att förutsäga eller förutbestämma flygegenskaper. Man får därför räkna med att problem uppstår vid flygutprovningen. Således kan flygegenskaperna optimeras först i samband med flygprov vilket medför behov av modifieringar under

pågående provverksamhet. Inom flertalet projekt har man efter genomförd process lyckats åstadkomma förväntade flygegenskaper.

Beträffande den för JAS 39 tillämpade utvecklings- och provmetodiken påpekades att den i stort påminner om i USA använd metodik.

I en rimlighetsbedömning av möjligheten att nå framgång med JAS-projektet framförde gruppen att så var fallet. De tekniska problem som uppstått bedömdes hanterbara. Erforderliga förbättringar kan nås genom relativt enkla mjukvaruändringar som i mera detaljerad form framförts av gruppen. En förbättring av styrspaken bör också övervägas.

Avslutningsvis nämner gruppen att det sedan första haveriet gjorts förbättringar beträffande start- och landningsegenskaperna så att dessa nu är utmärkta samt att flygprovsväsendet också genomgått en avsevärd förbättring.

1.4.5. Vidtagna och planerade åtgärder

Haveriet medförde ett omedelbart flygstopp för alla JAS 39:s flygningar. Formellt skrevs en potentiell luftvärdighetsanmärkning (PLUA), vilket medförde hävning av gällande flygutprovningstillstånd på samtliga JAS 39.

SHK har tagit del av de åtgärder som genomförts, påbörjats och planerats inom respektive organisation som en följd av haveriet. Även om alla aktiviteter som påbörjats är integrerade har två huvuduppgifter kunnat särskiljas.

Den ena är processen för att utfärda nytt flygutprovningstillstånd för JAS 39. Huvudman för den processen är FMV.

Den andra huvudaktiviteten gäller arbetet inom Saab MA och omfattar en systemsäkerhetsgranskning av alla väsentliga delsystem i JAS 39. Processen inom Saab MA berör stora delar av Saab MA:s organisation. För att kritiskt granska och bedöma resultat och rapporter från respektive MG samt sammanställa materialet, har skapats en grupp, den s.k. beredningsgruppen. I beredningsgruppen har ingått befattningshavare från Saab MA och FMV.

1.4.5.1 FMV:s process för att bereda återtagande av flygning.

Som underlag för prövning av nytt flygutprovningstillstånd har FMV redovisat en arbetsmodell där följande huvudaktiviteter skall genomföras:

- Genomlysning av luftvärdighetsprocessen för provflygplan skall göras.
- Snabbutredning av flygprovverksamheten skall göras bl.a. av provflygarnas och provingenjörernas roll i beslutsprocessen samt hur avvikelshanteringen skall hanteras beträffande styrsystem.
- Utredning av styrsystemet skall genomföras.
- Analys och värdering skall göras av de slutsatser och bedömningar som Beredningsgruppen¹ lämnar på delsystemgranskningarna av JAS 39.
- Forskningsverksamheten som bedrivs inom människa/maskin området inom flygindustrin och forskningscentra i Sverige med bäring på JAS 39 och haverisituationen skall snabbt redas.

¹ Se 1.4.5.2 Beredningsgruppens arbetet, sidan 37.

Resultaten för dessa huvudaktiviteter skall utgöra en del av grunden för ett nytt flygutprovningstillstånd.

1.4.5.2 Beredningsgruppens arbete.

Beredningsgruppens slutrapport har lämnats till SHK. Vidare har beredningsgruppen redovisat arbetsuppläggning och resultat. Vid redovisningen gavs möjlighet för SHK att genom frågor få ytterligare klargöranden.

Beredningsgruppen rapport berör i tre huvudområden:

- **Haveriets tekniska bakgrund, analys och åtgärder.**
- **Ändringar i flygplanets konfiguration och övriga åtgärder före nästa flygning**
- **JAS 39A. Åtgärder på sikt enligt genomförd systemsäkerhetsgranskning.**

Haveriets tekniska bakgrund, analys och åtgärder.

Förutom beskrivningen och analysen av haveriet har beredningsgruppen utvecklat tankar om styrsystemet generellt i en vidare analysdel, där följande citat är hämtade:

"Gruppen anser att problemet var att ff¹ var fri att ge större och snabbare styrkommandon än vad som erfordrades och som systemet klarar av att ombesörja, d.v.s. systemlösningen har ej förmått skapa en naturlig och effektiv begränsning av för systemet alltför stora och snabba förarkommandon vid låga farter."

"Den pilotslutna loopens förstärkning återfinnes inte som en enda komponent i systemet utan som summan av ett stort antal aktiva komponenters förstärkning. En av dessa komponenter är styrspaken".

"En informationskanal bör skapas mellan ff och systemet som informerar om begynnande överbelastning av systemet. En sådan information skall vara så utformad att den på ett naturligt sätt ger ff impulser att backa av i tid och därmed optimera styningen."

"I tidigare generationer av styrsystem erhöll ff på ett naturligt sätt information via styrspaken eftersom denna var mekaniskt kopplad till rodersystemet, direkt eller indirekt. En motsvarande informationskanal i fpl 39 vore i för sig önskvärd, men nackdelarna med den därmed förknippade komplexitetsökningen bedöms överväga."

Ändringar i processen och flygplanets konfiguration före nästa flygning.

Sammanfattningsvis redovisas följande förslag:

- Ny PAR-instruktion.
- Nya direktiv och regler för "Granskningsgruppen för flygegenskaper".
- Ny sektion bildas inom flygdynamik för koncept och studier av styrlagar och flygegenskaper.
- Referensgrupp till "Granskningsgruppen för flygegenskaper" med deltagande av experter från USA och England bildas.
- Stabsfunktion inom styrsystem bildas. Uppgiften omfattar bl.a. att ansvara för PAR-hantering.
- Ta bort tidsfördröjningen av STYRSÄK-varning.

¹ ff = Flygföraren (SHK:s anmärkning)

- Styrsystemprogramändringar för att göra flygplanets svar mjukare.
- Restriktioner innan ny enveloppsöppning skett.
- Analys av vilka effekter felutfall i angränsande system kan föranleda i styrsystemet.
- Uppstyrning av avvikelserapporterings- och avvikelsebedömningsrutiner
- Skärpning av valideringsrutiner.
- Komplettering av SFI.

Fpl JAS 39A. Åtgärder på sikt enligt genomförd systemsäkerhetsgranskning.

Sammanställningen redovisade såväl processer som direkta åtgärder som skall genomföras på sikt. Åtgärderna är sorterade materielgruppsvis.

Sammanställningen är inte bearbetad och skall enligt gruppen betraktas som en aktuell probleminventering inom samtliga materielgrupper som ett led i den normala, successiva utvecklingen av kvalitetssäkringen av JAS-arbetet.

1.5. Särskilda prov och undersökningar

1.5.1. Bärning och miljöundersökning

Omedelbart efter haveriet avspärrades haveriplatsen genom polisens försorg. Särskild vikt lades vid tillträdesskyddet eftersom flygplanet klassades som militärt skyddsobjekt. En relativt stor yttre avspärrning gjordes för att säkerställa att inga vrakdelar skulle försvinna och för att ingen åskådare skulle exponeras för eventuella hälsofarliga ämnen.

Bärningen av vraket inleddes den 23 augusti med demontering av motorn som direkt transporterades på lastbil till Volvo Flygmotor i Trollhättan. Flygplansresterna fördes till FMV:PROV i Linköping för vidare undersökning.

Under hela bärgningsarbetet bar personalen skyddsoverallar, handskar och andningskydd. En avstädning av platsen gjordes varvid ytjordskiktet på platsen togs bort. Under bärgningen gjordes mätningar av luftens innehåll av damm och fibrer. Det högsta värdet, 5,6 mg/m³ luft, uppmättes vid kapning av aluminiumdetaljer. Den genomsnittliga dammexponeringen var lägre än det gällande hygieniska gränsvärdet på 3 mg/m³ luft.

Förekomsten av oorganiska fibrer har studerats, bl.a. i andningsfilter. Resultatet visar en koncentration på 0,029-0,10 fibrer/ml luft. Motsvarande hygieniska gränsvärde är 1 fiber/ml luft.

Bärgningsarbetet var avslutat den 25 augusti.

Genom en oberoende konsult har markområdet vid haveriplatsen analyserats med avseende på kvarvarande miljöfarliga ämnen. I ett yttrande anges att halterna är sådana att inget hinder för allmänhetens tillträde föreligger.

1.5.2. Teknisk utredning

1.5.2.1 Allmänt

Den tekniska utredningen inleddes ca tre timmar efter haveriet. Därvid konstaterades att flygplansdelarna låg samlade inom ett mycket begränsat område.

Stora delar av flygplanskroppen bakom kabinen liksom nosvingar och huvudvinge hade skadats svårt av brand. Flygplanets fena som lossnat vid nedslaget återfanns helt oskadad ca tio meter bakom kroppen. Det kraschskyddade minnet återfanns på sin plats i fenroten. Videobandspelaren återfanns ca tio meter snett framför flygplanskroppen. Dess ytterhölje var skadat men videobandet var i gott skick. Styrautomatens elektronik och systemdatorn urmonterades dagen efter haveriet.

Av vrakdelarnas placering och skadebild kunde konstateras att flygplanet slagit ned med mycket brant banvinkel, svag nos-nedattityd, ca 30° bankning åt höger och kurs ca 065°. Vid nedslaget uppstod en kraftig bränslebrand.

1.5.2.2 Resultat av tekniska undersökningar

Utläsning av data från KSM

Det kraschskyddade minnet befanns vara helt oskadat vilket möjliggjorde utläsning av data. Förutom referensdata från starten fanns data från ca fem minuter före och ända fram till flygplanets nedslag.

Den funktion som skulle stoppa KSM-registrering 30 sekunder efter uthopp hade inte fungerat som avsett. Orsaken till detta var att den ledning som skulle förmedla uthoppssignalen slets av vid utskjutningen innan signalen hann registreras.

Utläsning av data från VBS

Videobandspelaren visade sig innehålla information från starten i Linköping till uthoppet då strömförsörjningen till VBS upphörde.

Förutom omvärldskamerans bild av vad föraren sett hade VBS registrerat parametrar såsom tipp-, banknings-, anfalls- och snedanblåsningsvinklar. På grund av skador på videobandet var de sista två sekundernas information av försämrad kvalitet.

Utläsning av data från SA10

Styrautomatminnets information var intakt och medgav utläsning av OFP R9:13, vilket var korrekt i samtliga tre kanaler.

Fel- och diagnostikindikatorerna som sparas under hela flygningen innehöll inga felvarningsflaggor satta före ingången i det okontrollerade flygläget. Den batteristödda delen av minnet innehöll data från de sista 2,27 sekunderna före strömavbrott. Dessa visade att alla tre styrsystemskanalerna hade arbetat i digital mod fram till nedslaget.

Utläsning av data från systemdatorns massminne.

Systemdatorn skadades svårt vid nedslaget. På grund av dess placering underst i det centrala apparatrummet fick den ta upp stora laster vid nedslaget. Ett antal minneskret-

sar hade därför lossnat från kretskortet vilket medförde ett omfattande identifieringsarbete.

Varje upphittad krets lästes dock ut varefter man med mjukvarustöd placerade in informationen på rätt plats till en utvärderingsbar datafil. Flera av minneskretsarna var skadade varför minnesluckor fanns i flera tidsavsnitt. Analyserade data avvek inte från data som erhållits från KSM och VBS.

Undersökning av fördröjningen av STYRSÄK-varningen

Riggprov har genomförts för att bestämma den tidsfördröjning som fanns från det att STYRSÄK-varningen genererades av styrsystemet till dess att varningen presenteras för föraren. Proven visar att tiden varierar mellan 1,5 och 1,9 sekunder. Det aktuella värdet vid haveriet var $2,0 \pm 0,1$ sekunder räknat från 0,2 sekunder efter det något roder första gången nådde maximal vinkelhastighet till dess huvudvarning hördes i förarens hörlurar.

En avsiktlig fördröjning med 1 sekund har införts för alla varningar för att minska falskvarningar. Systemet fungerade typenligt.

Undersökning av hydraulkopplingar

Vid den tekniska undersökningen konstaterades att några hydraulrörskopplingar hade gått isär. En detaljerad undersökning av dessa visar att de har varit korrekt sammansatta och sannolikt delat sig på grund av de krafter som uppkom vid flygplanets sönderdelning möjligen i kombination med värmepåverkan av branden efter nedslaget.

Flygmekanisk analys av haveriförloppet

Med hjälp av diverse analysprogram har det varit möjligt att fastställa, att i KSM och VBS-registrerade data var korrekta. Genom att därefter mata in dessa data i digitalmodeller av flygplanets styrsystem och jämföra modellens ut signaler till roder med registrerade roderutslag har det gått att fastställa, att styrsystemet fungerade typenligt.

Genom att mata in kontrollerade data i en digital aerodynamisk modell av flygplan JAS 39 har det även varit möjligt att kontrollera att någon yttre störning inte var orsak till flygplanets beteende.

De olika roderyornas vinkelhastigheter har studerats. Detta har klarlagt den tid under vilken roderyorna var i hastighets- och vinkelbegränsning och den effekt som detta hade på flygplanets rörelse.

Undersökning av övriga flygplanssystem

En mterielgruppsvis genomgång av registrerade data visar att flygplanets samtliga delsystem fungerade, förutom den indikator (TI) som skulle ha visat elektronisk kartbild.

Undersökning av räddningssystemet visade att funktionen i stort var den avsedda. Arminhållningsfunktionen fungerade dock inte helt som avsett. Detta kan medföra ett något försämrat flöjlingsskydd vid uthopp i höga farter.

Vid uthoppet förblev fallskärmens styrlinor kvar i parkeringsläge mellan fallskärmskalottens bärremmar. Förhållandet medförde att föraren inte hittade styrlinorna och därmed inte kunde styra skärmen på avsett sätt efter uthoppet.

Motorfunktionen har undersökts dels genom analys av registrerade data, dels genom en undersökning av motorn efter haveriet. Sammantaget visar dessa att motorn gick med

tänd EBK ända fram till nedslaget. Under utskjutningsförloppet sögs raketmotorns krutgaser in i motorn och orsakade en kortvarig pumpning. Denna kan också iakttas på videofilmer tagna från marken.

Rekonstruktion av flygbanor

Med bl.a. KSM-data som underlag har en analys av flygbanan och flygplanets flygenskaper gjorts.

Av analysen framgår:

- Spakläget vid upprollning ur lågfartssvängen var 2° höger och ca 10° bakåt.
- Att spakkommandot vid upprollningen började 2° höger innebar att kommenderad rollvinkelhastighet blev betydligt högre än normalt.

KSM-data har även jämförts med data från förträningen samt andra flyguppvisningspass. Analysen visade att spakutslaget i roll vid upprollningen var obetydligt större än vid motsvarande kommando under förträningen.

1.5.2.3 Rekonstruktion i simulator

Med hjälp av förarens beskrivning av haveriförloppet kunde detta repeterbart rekonstrueras i simulator dagen efter haveriet.

Vid fortsatta simuleringar visade det sig möjligt att få flygplanet att haverera vid betydligt lägre α än 20°.

1.5.2.4 Undersökning av yttre störningar

Parallellt med den tekniska utredningen har SHK undersökt om det förekommit någon yttre störning mot flygplanet som har kunnat inverka på haveriet.

Undersökningen har omfattat:

- Förekomst av isbildning.
- Förekomst av blixurladdningar.
- Inverkan av turbulent luft.
- Störning genom elektromagnetisk strålning.
- Sabotage mot flygplanet på marken.
- Fågelkollision.
- Kollision med andra främmande föremål.

SHK har inhämtat uppgifter från Saab MA, FMV:PROV, klargöringspersonalen ur F 7, vädertjänsten, polisen, militära underrättelse- och säkerhetstjänsten och Telia Mobitel AB.

I de delar av flygningen som videofilmats har detaljgranskning av ett antal sådana upptagningar gjorts.

Undersökningen ger inte stöd för att någon yttre störning inverkade på haveriet. I den tekniska utredningen har inte heller hittats någonting som indikerar yttre störningar.

1.6. Övrigt

1.6.1. *Inspektioner och kontroller av rutiner*

1.6.1.1 **Förändringar i luftvärdighetsprocessen efter haveri med 39-1**

Efter haveriet med JAS 39-1 år 1989 redovisade såväl FMV som Saab Scania (nuvarande Saab MA) för SHK förslag till åtgärder. Det var främst åtgärder som syftade till att förbättra samarbetet i luftvärdighetsprocessen i stort.

Åtgärderna omfattade bl.a:

- Anpassning av organisationerna för funktionellt samarbete.
- Inrättande av en luftvärdighetsinspektörsfunktion inom FMV.
- Tydligare åtskillnad mellan FMV:s roll som luftvärdighetsmyndighet respektive kund.
- Förändring av inställning och attityd inbördes mellan FMV och Saab p.g.a. förbättring/förändring i avtalskonstruktionen.
- Inrättande av luftvärdighetssammanhållande funktion inom Saab MA.
- Förbättring av övergripande instruktioner inom Saab MA.

SHK har genom FMV och Saab MA erfarit att åtgärderna genomförts med bedömt gott resultat.

1.6.1.2 **Inspektion av luftvärdighetsprocessen gällande provflygplan.**

FMV har genom FMV:PROV utfört revision av Saab MA:s (Saab-Scania AB) system för tillsyn av luftvärdighet vid två tillfällen efter haveriet med JAS 39-1.

Vid båda revisionerna har granskningen avsett uppföljning av tillsynen av luftvärdighet gällande flygplan med flygutprovningstillstånd. Ingen särskild granskning har vid dessa tillfällen gjorts av utvecklings- och valideringsfasen. FMV:PROV har däremot granskat kvaliteten av systemrapporten som är slutprodukten av utvecklings-, kvalificerings- och valideringsarbetet och som utgör underlag för utfärdande av flygutprovningstillstånd.

Den första revisionen avsåg Saab-Scania AB:s (nu Saab MA) system för luftvärdighetshandläggning och genomfördes den 25 april 1991. Revisionen inriktades i huvudsak mot den övergripande instruktionen för luftvärdighetsfrågor inklusive dess referensinstruktioner som i utgåva upprättad efter haveriet med 39-1 varit i kraft ett år.¹

I protokollet gjordes följande noteringar och konstateranden:

- Instruktionen för typgranskning var under omarbetning och var inte färdig. FMV ansåg att arbetet skulle prioriteras.

¹ Denna instruktion reglerar bl.a. PA/FR39 och PR beskrivet i 1.4.2. Avvikelseberättelse, sidan 24.

- Saab-Scania ansåg att det egna regelverket tenderat att bli alltför "snårigt". Utredning av möjligheterna till omstrukturering hade påbörjats. FMV såg positivt på detta.
- Av instruktionen framgick inte klart var avvikelserapporteringen skulle påbörjas gällande ett nytt provflygplan. FMV ansåg att detta skulle förtydligas.
- FMV framförde att kvalitén på systemrapporterna sammantaget inte var bra och föreslog att kvalitetsavdelningen på Saab-Scania skulle vara ett nålsöga för filtrering och ensning av systemrapporternas innehåll och omfång inklusive referenser innan systemrapporterna gavs ut. Detta skulle enligt FMV minska anmärkningarna och förkorta handläggningstiden.
- FMV orienterades om att framtagning av en luftvärdighetsmanual pågick inom Saab-Scania för att ytterligare strukturera luftvärdighetsarbetet. FMV ansåg att initiativet var föredömligt.
- Vidare anmälde Saab-Scania att rutinen för driftstörningsanmälan (DA) utreddes. Utredningen omfattade även kopplingen mot potentiell luftvärdighetsanmärkning (PLUA). FMV avvaktade resultatet av utredningen.

Den andra revisionen som var planlagd före haveriet med JAS 39.102 genomfördes under två dagar, den 24 augusti och den 23 september 1993. Revisionen avsåg även denna gång i huvudsak att granska den övergripande instruktionen för luftvärdighetsfrågor inklusive dess referensinstruktioner.

Av protokollet från den andra revisionen framgår följande:

- Noterades att p.g.a. haveriet med 39.102 en genomlysning av hela luftvärdighetsprocessen för prov- och serieflygplan hade beslutats.
- Instruktionen för typgranskning hade omarbetats.
- Beslut hade nu fattats om att överse Saab MA:s regelverk men genomförandet återstod. Vid FMV revisionstillfälle den 23 september konstaterades att strukturen var fastställd –den var anpassad till ISO 9000– samt att ambitionen var att översynen skulle vara genomförd inom 5 år (1998).
- Av instruktionen framgick inte klart var avvikelserapporteringen skulle påbörjas gällande ett nytt provflygplan. FMV konstaterade att aktiviteten kvarstår.
- Kvalitén på systemrapporterna konstaterades vara acceptabel. FMV betraktade aktiviteten som avslutad.
- Luftvärdighetsmanualen var utgiven men behövde uppdateras regelbundet för att inte förfalla. Uppdatering borde utföras så att den kunde vara underlag för utbildning av ny personal. FMV konstaterade att aktiviteten kvarstår.
- Saab MA:s rutin för driftstörningsanmälan (DA) och kopplingen mot potentiell luftvärdighetsanmärkning (PLUA) överlämnades till FMV för granskning och acceptans.

Vidare gjordes följande noteringar, huvudsakligen initierade av haveriet:

- FMV:PROV har inte alltid aktuella utgåvor av Saab MA instruktioner.
- Luftvärdighetshandläggning av rena serieflygplan måste ses över.
- Koppling mellan PA/FR och TRAB måste ses över så att kopplingen mellan dessa rutiner och därmed informationsöverföringen mellan prov- och serieflygplan blir tydlig och entydig.

1.6.1.3 Flygsäkerhetsinspektion

Vid Saab MA i november 1992

Chefen för flygsäkerhetsledningen (CFhL) genomförde 25 november 1992 en flygsäkerhetsinspektion vid Saab MA.

I ett protokoll daterat den 1 mars 1993 bedömdes flygsäkerhetsutvecklingen vid Saab MA som god med få inträffade incidenter och ett högt flygsäkerhetsmedvetande på alla nivåer.

Vid FMV:PROV i november 1992

CFhL genomförde den 26 november 1992 en motsvarande inspektion av flygsäkerhetstjänsten vid FMV:PROV.

I ett protokoll daterat den 2 mars 1993 bedömdes flygsäkerhetsutvecklingen som god. I övrigt noterades ett mindre antal iakttagelser som föranledde handläggning dels lokalt vid FMV:PROV, dels av CFV.

Den enda iakttagelse som direkt berörde JAS 39 var att ansvaret för ledning av flygverksamheten vid TU JAS 39 skulle fastställas, innan flygtjänsten påbörjades. Detta har genomförts av CFV, F 7 och FMV:PROV.

1.6.2. FMV:s evaluering av JAS 39

1.6.2.1 Beskrivning

Ett antal evalueringsperioder där FMV:PROV skall bedöma JAS 39:s egenskaper har överenskommit med IG JAS. Evalueringen skall göras mot bakgrund av en bestämd uppgift. Två evalueringsperioder har genomförts.

Den första evalueringsperioden (EVA I) genomfördes under januari-februari 1992, och hade som syfte att:

- Granska systemutformning och systemlösningars ändamålsenlighet från användarsynpunkt.
- Evaluera vissa prestanda.
- Genomföra prov med alternativa provmetoder.
- Undersöka områden där problem indikerats

Evalueringen genomfördes dels som flygprov, dels som markprov. Resultaten från EVA I har bedömts och sammanfattats i ett antal rekommendationer till förbättringar av de evaluerade funktionerna i JAS 39. Som referens vid bedömningarna har använts JAS Projektspecifikation (PS) och kunskaper om miljö och förutsättningar för förbandsanvändning av krigsflygplan.

De flygningar som utförs vid evalueringen är till sin karaktär betydligt friare och liknar mera den flygning som kommer att utföras med flygplanet i operativ tjänst än de som utförs under utprovningen vid Saab MA eller FMV:PROV.

Den andra evalueringsperioden¹ (EVA II) genomfördes under mars-april 1993. Det övergripande ändamålet med EVA II var att utvärdera 39.102 av seriestatus 93-1:1 mot det tilltänkta användandet under ett inledningsskede, främst inflygning av nya förare ur flygvapnet, och inte mot det slutliga användandet på förband. Erhållna anmärkningar har dock klassats in i respektive senare skeden när dessa kan kräva åtgärd.

1.6.2.2 Resultat och värderingar EVA II

Flygningarna genomfördes i provflygplan och utvärderingen omfattade 18 flygpass vilka påvisade följande fyra oacceptabla egenskaper för inflygningsskedet:

- Rollkanalens känslighet vid små spakutslag är för stor vid start och landning.
- Lastfaktortransient vid övergång mellan yttre och inre bränsle.
- Begränsningar i utformningen av Gränsvärdesvarningen (GVV).
- Avsaknad av viss SI-information under flygning till SFI:s gränsvärden vid avancerad flygning och vid offset-landningar.

Egenskaperna bedömdes dock av FMV:PROV vara av sådan art att man genom förändringar i användandet och med eventuella restriktioner kunde acceptera dessa under inflygningsskedet.

Av de övriga resultat som erhöles under EVA II kan nedanstående noteras:

- Flygplanets rollkänslighet innebar att oönskade rollrörelser erhöles i vissa flygfall.
- Vid ett tillfälle under tät styruppgift upplevde föraren PIO-tendens i roll.
- Störande STYRSÄK-varning erhöles på VAT vid kraftig manövrering, bl.a. vid roll i låg fart. Då inga degraderade flygegenskaper upplevdes rekommenderades att varningsnivån skulle sänkas eller helt tas bort.
- Spakens utformning innebar svårigheter att identifiera var spaken befann sig i förhållande till maxutslag.
- I vissa fall gav föraren oönskade kommandon i roll när tipp önskades och vice versa.

2. Analys

2.1. Flygningen

2.1.1. Haveriförlopp

SHK har på grundval av data från KSM, VBS och det interna felmeddelandeminnet i SA 10, förarens redogörelse för haveriförloppet samt videofilmer från uppvisningsflygningen kunnat fastställa följande haveriförlopp.

¹ Se 1.3.2 Seriekonfiguration, sidan 13.

Lågfartssvängen

Lågfartssvängen inleddes på 230 m höjd med tänd EBK. Farten var 275 km/tim. Under svängen var bankningsvinkeln ca 65° , n_z ca 2G och medelvärdet av α $21,7^\circ$. Rollauto-trimmen var automatiskt urkopplad, vilket typenligt sker vid $\alpha > 20^\circ$. På grund av detta och flygplanets asymmetriska massfördelning krävdes ett spakutslag ca 2° höger och knappt 10° bakåt för att behålla konstant bankningsvinkel under svängen. Vid urgången ur svängen var flygplanets fart 300 km/tim och höjden 270 m.

Upprollningen efter lågfartssvängen

I avsikt att få flygplanet i planflykt gjorde föraren ett spakutslag åt höger och något framåt. α minskade härvid till $< 10^\circ$.

SHK har jämfört spakutslagets storlek med motsvarande under förträningen och konstaterat att spakutslagen är i stort sett lika stora. Att spakrörelsen startade med spaken 2° höger om neutralläget innebar dock att spaken kortvarigt nådde maximal utstyrning åt höger och gav en betydligt större rollhastighet än under förträningen. Till detta bidrog att spakgradienten¹ i roll ökade vid spakens passage förbi 5° för att vid 8° motsvara maximalt kommando. Den höga rollvinkelaccelerationen som var ca 25% högre än vid förträningen bidrog till att flygplanet rollade över åt höger.

Den i styrautomaten inbyggda funktionen för att undvika roderlägesbegränsning aktiverades av det stora rollkommandot, vilket av föraren upplevdes som att han fick "*en väldig släng på flygmaskinen åt höger*"².

Funktionen innebar att rodren inte ställdes ut på normalt sätt vilket fick till följd att korskoppling från roll till tipp erhöles. Detta medförde att flygplanets rollaxel kom att förändras. Korskopplingen medförde också att den av föraren kommenderade nossänkningen kortvarigt uteblev, vilket fick till följd att föraren förde fram spaken ytterligare.

Korrektion av upprollning

På grund av den höga rollvinkelaccelerationen påbörjade föraren sin spakrörelse mot neutralläge i roll ovanligt tidigt – redan vid ca 45° bankningsvinkel. När spaken nådde sitt neutralläge för roll var bankningsvinkeln ca 20° vänster under fortsatt roll. Föraren fortsatte därför spakrörelsen åt vänster och framåt i ett försök att snabbt stoppa rollrörelsen och samtidigt sänka nosen.

Spakutslaget ledde till att rodren började röra sig med maximal vinkelhastighet. Detta medförde allt större tidsfördröjningar mellan spakutslag och flygplanssvar i roll och tipp, vilket ledde till att en pilotinducerad svängning (PIO) byggdes upp i både roll och tipp vilket föraren upplevde på följande sätt: "*Den rollar förbi ungefär 10° mot där jag hade tänkt mig så att jag korrigerar tillbaka vänster och ska sänka nosen. Och jag sänker nosen sedan känner jag inte riktigt igen mig. När jag sänker nosen är det – hur ska jag beskriva det – sitter uppe på en kula på något vis*".

De följande spakkommandona innebar att flygplanet återigen kom att rolla förbi neutralläget, nu med ca 35° bankning åt höger, samtidigt som nosen sjönk till ca 7° under horisonten.

¹ Med spakgradient menas förhållandet mellan spakutslagets storlek och förändring av kommenderad rollvinkelhastighet.

² Texten med kursiverad stil anger direkta citat från det förhör som SHK höll med föraren samma dag som haveriet inträffade.

Föraren beskrev detta som: "*Det svänger iväg på ett mycket konstigt sätt för mig. Det är liksom, det blir nån nos-ned-rörelse och nån nos-upp*"

Överstegringen

Innan flygplanet hunnit inta denna attityd gav föraren ett kraftigt spakutslag bakåt och åt vänster i avsikt att få flygplanet i planflyktsläge. På grund av tidsfördröjningarna strävade i samma ögonblick även styrsystemets stabiliserande funktioner i samma riktning vilket ledde till en mycket kraftig nos-upp rörelse.

Flygplanets svar blev enligt förarens beskrivning: "*Och sedan kommer flaket rätt i ansiktet på mig*".

På grund av den snabba nos-upp rörelsen ökade stabiliseringsfunktionernas behov av korrigerande roderutslag snabbare än rodren kunde förflytta sig. Detta medförde att behovet av korrigerande roderutslag till slut blev större än vad som var mekaniskt möjligt, vilket medförde att flygplanets α inte längre kunde begränsas – trots att föraren förde spaken fullt framåt i syfte att stoppa den uppåtgående nosrörelsen – och flygplanet överstegrades.

Föraren konstaterade att urgång ur det överstegrade läget var omöjlig på grund av den låga höjden. Han beslutade sig därför för att lämna flygplanet med hjälp av räddningssystemet.

Tidsförhållande

Hela förloppet från det att föraren gav upprollningskommando för urgång ur sväng till dess att föraren lämnade flygplanet tog 6,2 sekunder. Tiden från urgång ur lågfartsväng till dess att flygplanet var okontrollerbart var ca 2,5 sekunder.

STYRSÄK-varningen

STYRSÄK-varningen presenterades för föraren en sekund efter att det kraftiga spakutslaget bakåt påbörjades och ungefär samtidigt som föraren förde spaken fullt framåt i syfte att stoppa den uppåtgående nosrörelsen. Fördröjningen av varningen innebär att den presenterades vid en tidpunkt då föraren saknade styrauktoritet för att korrigera flygläget.

SHK ifrågasätter dessutom om presentationen av denna typ av varning via de normala varningstablaerna är tillräckligt tydlig för att kunna uppmärksammas av förare i kritiska lägen.

2.1.2. Planläggningen av uppvisningen

Mot bakgrund av de definitioner på flyguppvisning respektive förevisning som finns i OSF finner SHK att korrekt benämning av JAS 39 flygningen vid Vattenfestivalen är flyguppvisning. CFV:s uppdrag inför uppvisningen vid Vattenfestivalen har motsvarat de krav som gällde för flyguppvisning enligt OSF.

Mot bakgrund av målsättningen för flyguppvisningen - inga behov av att visa maximala prestanda - kan behovet av avsteg från SFI ifrågasättas. Av samma skäl borde programmet ha innehållit en α -begränsning med marginal till prestandagränsen i SFI för serieflygplanet ($\alpha 20^\circ$).

Förklaringen till att inte ovanstående beaktades kan vara att $\alpha 20^\circ$ för serieflygplanet var en temporär begränsning med god marginal till den verkliga prestandagränsen samt

att flygning över $\alpha 20^\circ$ hade genomförts inom utprovningens verksamheten. Programmet byggde dessutom på gamla erfarenheter från provflygplansuppvisningar som hade genomförts vid flera tillfällen. Dessutom var föraren mycket rutinerad och hade deltagit i utprovningens programmet från början.

Det korta tidsförhållandet mellan CFV:s beslut om deltagande och uppvisningens genomförande gjorde att framtagningen av flygprovprogrammet skedde under tidspress vilket inte borde ha varit nödvändigt.

OSF anger att flyguppvisning skall förberedas och genomföras enligt allmänna råd för flygutbildning, fastställt flyguppvisningsprogram samt, i tillämpliga delar, handbok för uppvisningsförare.

För JAS 39 finns ännu inga utbildningsanvisningar vilket gör att förträning inför flyguppvisning inte fanns uppstyrd i något av CFV fastställt dokument utan angavs i flygprovprogrammet för enskild flyguppvisning med JAS 39. Den förträning som gjordes före flyguppvisningen har fyllt de krav som anges i flygprovprogrammet.

Mot bakgrund av FMV:s restriktiva hållning mot JAS 39:s deltagande i flyguppvisningar med hänvisning till att utprovningen störs, vill SHK understryka att, i den mån JAS 39 skall delta i uppvisningar, tillfälle till träning också måste rymmas inom utprovningens verksamheten.

2.1.3. Förarens genomförande av flyguppvisningen

I flyguppvisningsprogrammet angavs bl.a. följande begränsningar:

- Max α 20°
- Lägsta höjd 300 m .

Under svängen som föregick haveriet överskred föraren α -gränsen och underskred lägsta höjd. Medelvärdet på α var $21,7^\circ$ och lägsta höjd var 230 m .

För föraren presenterades α och n_z på flyglägesindikatorn (FI) och på siktlinjesindikatorn (SI). Uppvisningsflygning flygs till största delen med hjälp av yttre referenser. Den information som föraren behöver därutöver hämtas i första hand från SI. Vid höga α i kombination med rollvinkel försvinner α och n_z ur förarens normala synfält i SI. Dessa brister i presentationen hade i samband med FMV:s evaluering EVA II av JAS 39 påtalats som en allvarlig systemanmärkning.

Föraren var medveten om bristerna i SI-presentationen och använde därför gränsvärdesvarningssystemet (GVV). Vid $\alpha 20^\circ$ förändrades GVV-tonen vilket informerade föraren om att han hade nått tillåtet α . Denna GVV-varning borde ha lett till att föraren minskat α så att varningen upphörde.

Utöver detta hade föraren, vid $\alpha 20^\circ$ och däröver, möjlighet att följa upp aktuellt α i SI då fartvektorsymbolen vid $\alpha 20^\circ$ övergår till att bli en attitydsymbol med presentation av α i siffror. Denna presentation kan vara svår att uppfatta.

SHK konstaterar dock att föraren mot bakgrund av tillgänglig information hade tillgång till aktuellt α och därmed möjlighet att hålla sig inom ramen för den fastställda α -gränsen.

De avsteg från flyguppvisningsprogrammet som gjorts bedömer SHK ha sin grund i:

- Hög ambition att genomföra flyguppsvinningsprogrammet inom det inre flyguppsvinningsområdet.
- Ambition att genomföra flyguppsvinningsprogrammet så optimalt som möjligt inom givna ramar.
- Felaktigt utnyttjande av GVV- systemet.
- Ofullständig presentation i SI.
- Höjdhållning med hjälp av yttre referenser är betydligt svårare på 300 m än på normal flyguppsvinningshöjd 100 m.

En hög ambition får dock enligt SHK:s mening inte leda till överskridande av begränsningar som tillkommit i flygsäkerhetens intresse.

2.2. Flygplanet

2.2.1. Allmänt

SHK:s genomgång av typgranskningsbevis, leveranskontrollhandlingar, flygplansdokumentation och loggbokshandlingar visar att flygplanet var luftvärdigt.

Flygplanet hade vid starten ett antal kvarstående anmärkningar. Ingen av dessa påverkade haveriet. Under flygningen mot Stockholm slocknade indikatorn för kartpresentation (TI). Detta inverkar inte på haveriet. Den tekniska utredningen visade att inga andra felfunktioner fanns i flygplanet.

I räddningssystemets funktion konstaterades brister i arminhållningsfunktionen respektive fallskärmens styrlinor. Ingen av dessa påverkade räddningsförloppet vid uttoppet men bedöms kunna inverka vid andra uthoppssparametrar.

2.2.2. Styrspaken

SHK har vid insamling av fakta delgetts kritiska synpunkter på styrspaken i JAS 39. Kritiken är mer eller mindre uttalad och finns såväl inom Saab MA som FMV.

SHK har särskilt noterat följande anmärkningar på spaken:

- Spaken saknar flygfallsberoende återkopplingar.
- Svårigheter att veta hur nära maximal utstyrningsvinkel spaken är.
- Spaken saknar begränsningar mot stora och snabba utslag.
- Förarnas finmotoriska muskler i underarmen tröttnas onödigt vid manövrering p.g.a. spakens utformning.
- Svårigheter att utföra annan uppgift, t.ex. kartvikning eller manövrering av strömställare, utan att oavsiktligt påverka spakutslaget.
- Spakens storlek, utformning och placering mitt i kabinen har inneburit svårigheter för förarna att ge entydiga kommandon i den riktning som avsetts i vissa fall.

Även beredningsgruppen¹ har diskuterat de problem som rör styrspakens väsentliga funktion som återföringskanal.

Styrspakens brister har inte entydigt kunnat fastställas. Spaken ingår som en väsentlig del i styrsystemet och måste därför integreras så att systemet blir säkert. SHK anser att en genomgående analys av styrspakens konstruktionslösningar relaterat till hela styrsystemets funktion bör göras.

2.2.3. Registreringsutrustning

I flygplanet befintlig registreringsutrustning har fungerat och medgett en fullständig rekonstruktion av flygningen från starten i Linköping till nedslaget på Långholmen. Den tekniska utredningen har utöver utläsning av tillgängliga data även omfattat en fördjupad analys av utrustningarnas funktion, parameterinnehåll, placering i flygplanet och kraschsäkerhet.

De skador som orsakades på registreringsutrustningen vid nedslaget har varit lindriga förutom skador på SD där ett antal minneskretsar inte kunde utvärderas. Orsaken till detta bedöms vara SD:s placering underst i det centrala apparatrummet. Placeringen medför att SD vid de flesta tänkbara fall av haverier kommer att erhålla svåra skador. Möjligen skulle en annan placering av SD kunna ha gett ett bättre skydd.

Vid utläsning av data från KSM användes den s.k. systemriggen hos Saab MA. Förfarandet var både tidsödande och förenat med risker att förlora minnesinnehållet. Då denna rigg sannolikt inte kommer att bibehållas i framtiden är det viktigt att ett permanent utvärderingssystem för KSM tas fram. Vid utläsningen konstaterades också att data presenterats i omvänd ordning eller med felaktiga tidsangivelser. Även detta förhållande visar att ett smidigare permanent utvärderingssystem behövs.

KSM-analysen har även visat på behov av ändringar i samplingstakt och tillägg av parametrar som f.n. saknas. I detta övervägande har en utökning av parametrarna på bekostnad av den totala registreringstiden föreslagits.

VBS-bandspelaren har gett värdefull information för utredningen. Den tekniska utredningen föreslår att dess bandmedia bör förbättras för att kvalitén vid upprepade inspelning skall säkerställas. VBS föreslås också registrera flera parametrar som kan vara av stort värde för en haveriutredning. För att förbättra möjligheten att lokalisera videokassetten efter ett haveri föreslås att en färgmärkning införs.

2.3. Luftvärdighetsprocessen

2.3.1. Allmänt

Genomförd granskning av luftvärdighetsprocessen visar att denna i huvudsak fungerat bra. Saab MA har gjort stora ansträngningar för att skapa ett väl fungerande kvalitets-säkringssystem. SHK har dock funnit att följande övergripande åtgärder skulle kunna höja nivån på kvalitetssäkringen:

¹ Se 1.4.5.2. Beredningsgruppens arbete, sidan 37.

- Grundlig analys av avvikelserapporter.
- Större förståelse för samspelet mellan människa-maskin inom hela utprovningförloppet.
- Ett mera lättillgängligt regelverk.
- En bättre dialog inom och mellan materielgrupper.
- En genomgripande analys av hur de i styrsystemet ingående delarna förare, styrorgan, styrsystemprogram och rodermekanisering samverkar och påverkar den totala funktionen.

2.3.2. Valideringsprocessen

Den beredningsgrupp som Saab MA och FMV bildade efter haveriet har redovisat ett stort antal förslag till åtgärder att på kort och lång sikt förbättra luftvärdighetsprocessen. SHK finner att åtgärderna är väl motiverade.

SHK vill därutöver framhålla följande:

- Valideringen av flygegenskaper i systemrapporten för MG 34 bygger endast på simuleringar där möjligheten att verifiera flygegenskaperna (flygplan och förare) är begränsade. Då flygutprovningssystemet hittills innehållit endast ett fåtal pass där flygningens karaktär överensstämmer med den flygning som sker på förband gör detta att flygegenskaperna godkänts utan att de tillfullo verifierats genom flygning.
- För föraren oväntade förändringar av flygegenskaperna kan leda till allvarliga tillbud eller haverier. Dessa förändringar är i vissa fall avsiktliga beroende på var i enveloppen flygningen genomförs. Rutinerna för att överföra kunskaper om avsiktliga förändringar i flygegenskaper har inte fungerat. SHK anser att behovet av funktioner, där byte av styrlagar i prestandaförbättrande syfte sker, utan förarens medverkan, måste granskas kritiskt. Vidare måste effekterna - i den mån de påverkar flygegenskaperna - göras kända för föraren.
- Förståelsen av flygegenskaper och egenskapsförändringar skulle enligt SHK:s mening förbättras om en verbal beskrivning av flygegenskaperna görs vid ändringar i styrlagarna. En sådan beskrivning skulle även kunna ligga till grund för beskrivning av flygegenskaperna i SFI.
- Flygplanets MLL-funktion är ännu inte färdigutvecklad. SFI anger att MLL-funktionen inte har fullständiga prestanda och att den inte får användas som enda begränsningsfunktion. För att en väl fungerande MLL-funktion skall kunna realiseras torde det krävas en systematisk utforskning av alla kritiska parametrar där begränsningar av någon form kan uppstå till följd av förarens sätt att styra. Risker med att systemet sänker förarens uppmärksamhetsgrad på flygläget bör analyseras.
- Behovet av en mera komplett validering än vad som idag görs vid konstantändring borde analyseras. Även om en begränsad PCT belyser hur piloten uppfattar flygegenskaperna inom ramen för öppnad envelopp, kan vid ett större antal konstantändringar oväntade effekter uppstå.
- Den formella kompetensen att utveckla JAS 39 med fullgod flygsäkerhet finns enligt SHK:s bedömning i Sverige. SHK är av den åsikten att ett brett internationellt utbyte av erfarenheter och diskussioner om problemlösningar sannolikt kan bidra positivt till ett framgångsrikt JAS-projekt.

Det går inte att få en fullständig bild av ett flygplans flygegenskaper genom enbart marksimuleringar. Fri flygning inom den tillåtna enveloppen görs därför för att belysa

och värdera de allmänna flygegenskaperna. Ändå är orsaken till de haverier som drabbat JAS-projektet ytterst att man inte under valideringen förmått att rätt analysera dåliga flygegenskaper.

Mot bakgrund härav anser SHK att man bör överväga att komplettera valideringen med flygningar för utvärdering av funktionen flygplan/förare i luften.

Enligt SHK:s uppfattning skulle luftvärdighetsprocessen kunna utföras som nu med en första del innehållande den nuvarande valideringsprocessen. I tillägg till detta skulle därefter verkliga flygningar med en utpräglat taktisk-operativ inriktning genomföras inom den nyöppnade enveloppen efter styrsystemsförändringar. Målet med flygningarna skulle vara att få en bekräftelse av marksimuleringarnas validitet¹, en utvärdering av flygegenskaperna mot taktisk-operativa uppgifter samt underlag för en verbal beskrivning av ändringarnas effekt på flygegenskaperna.

Den taktisk-operativa flygningen skulle, förutom en bättre enveloppsfarenhet, öka möjligheten att i systemrapporten dokumentera flygegenskaper grundade på den integrerade funktionen mellan förare och flygplan. Möjligheter skulle även öppnas att – som förutsatts i projektspecifikation – ändra eller komplettera kvantitativa krav som ett resultat av förarbetningar.

2.3.3. *Avvikelse­rapportering*

En fungerande avvikelse­rapportering, d.v.s. att rapportering alltid sker när överensstämmelse inte finns med specificerade krav, är grundstenen i ett kvalitetssäkringssystem.

Kraven på avvikelse­rapporteringssystemet ökar med ökande komplexitetsgrad på den produkt som skall säkerställas. Komplexiteten i JAS 39 har enligt SHK:s uppfattning nått den nivå att det inte är möjligt för en enskild människa att överblicka det totala systemets funktion. Avvikelse­rapportering är den enda metod som kan utnyttjas för att med säkerhet upptäcka brister.

En fungerande kvalitetssäkring bygger på att avvikelserna omhändertas och analyseras och att relevanta åtgärder vidtas. För att detta skall fungera krävs att alla i organisationen väl känner till hur systemen fungerar. Stora krav ställs även på att informationen om vad systemen upptäcker och de åtgärder som följer sprids på ett sätt som är förståeligt och relevant för varje nivå i organisationen.

SHK har funnit brister i de system för avvikelse­rapportering som utnyttjas inom Saab MA. Ett exempel på detta är den PAR-hanteringsrutin som gällde vid haveriet.

Bristerna inom avvikelse­rapporteringssystemen föreligger främst på följande punkter:

- Regelverket är mycket svårt att överblicka.
- Systematisering av avvikelser och erfarenheter under konstruktions- och utvecklingsfasen görs inte i tillräcklig grad.
- En bristande kunskap föreligger om uppbyggnad, funktion och möjligheter.
- Tröskeln för rapporteringsbarhet sätts högre än vad som avsetts med systemen.
- Utnyttjandet av den befintliga informationen är inte optimal.
- Samma personer hanterar både upprättande, bedömning och avskrivning av PAR.

¹ Aerodata insamling.

Enligt SHK:s mening skulle en allmän översyn av systemen och kunskapen om deras möjligheter inom hela organisationen kunna medföra en högre nivå på kvalitetssäkringen och luftvärdighetsprocessen.

SHK anser att ett övergripande system för registrering av felutfall, avvikelser och andra erfarenheter från validering, provning och drift som medger bearbetning och sökning i en databas skulle kunna vara av stort värde inte bara för JAS 39-projektet utan även för eventuella framtida flygplansprojekt. Möjligheterna att skapa ett sådant övergripande system bör övervägas.

2.3.4. Personal

Nivån på personalens kompetens inom kvalitetssäkringsprocessen bedöms vara mycket god. Eftersom kompetensen är fördelad på få individer inom specifika kunskapsområden är utvecklingsarbetet sårbart och i vissa fall helt beroende av några få nyckelpersoner. Konsekvensen blir att dessa individer kontinuerligt har en hård arbetsbelastning. En annan konsekvens blir att tiden för en utvecklande professionell dialog inom och mellan de olika fackområdena blir begränsad och förståelsen av budskapets rätta innebörd kan utebli.

Vilken utbildningsbakgrund som skall förordas vid utveckling av komplexa tekniska system går inte generellt att fastställa. SHK vill peka på vikten av att en bredd i kompetensen hos den personal som deltar i utvecklingen av ett så komplicerat projekt är minst lika viktig som dess nivå. Likaså måste det finnas en förståelse för betydelsen av att kommunicera och en förmåga att nå fram i dialogen.

För specialområdet flygegenskaper är kompetens motsvarande provflygarskola nödvändig för att rätt kunna planera, utföra och värdera flygegenskapsprov i nära samverkan med systemkonstruktörer och provingenjörer. Denna kunskapsnivå kan också nås genom specialkurser och erfarenhet. Även de provingenjörer som arbetar med flygegenskapsutprovning bör ha motsvarande utbildning. Kommunikationen mellan provflygare och provingenjörer underlättas om de utbildas gemensamt.

Enligt SHK:s mening har både provflygar- och provingenjörskåren en sådan sammansättning att kraven på såväl bred som hög kompetens är tillgodosedda. SHK har noterat att provflygarnas medelålder är hög, vilket innebär att många kommer att sluta samtidigt. SHK vill framhålla vikten av att återväxten och inte minst kunskapsöverföringen tryggas.

Även fast den tekniska och operativa kompetensen inom kvalitetssäkringsarbetet är god, kan ifrågasättas om man i tillräckligt hög grad tagit hänsyn till människans begränsningar att verka i komplexa tekniska system.

SHK finner vidare att man i allt för hög grad förlitat sig på varandras fackkompetens. Tilltron till auktoriteter kan ha medfört att den dynamiska dialogen i utvecklingsprocessen har tunnats ut.

Slutligen vill SHK peka på betydelsen av en insiktsfull förståelse för systemdelarnas inverkan på helheten och nödvändigheten av att alla som arbetar i projektet på ett beprövat sätt kan överföra kunskap och information till varandra.

Organisationsminskning och neddragningar

SHK anser att speciell vikt bör läggas på att analysera effekterna av den förändrade ålders- och erfarenhetsstruktur som uppstått framför allt inom FMV, med anledning av att befattningshavare med unika kompetenser valt att avgå med pension.

Ökat samarbete mellan FMV:PROV, Saab MA och CFV.

Sverige har begränsade personella resurser för bedrivandet av ett så omfattande utvecklingsprojekt som JAS 39. SHK anser mot bakgrund av framtida kompetensbehov och minskade provvolymerna att en förutsättningslös analys av utnyttjandet av de samlade utprovningensresurserna bör övervägas.

2.4. Övrigt

2.4.1. Inspektioner och revisioner

SHK finner att de inspektioner som CFV genomfört under 1992 av Saab MA och FMV:PROV varit inriktade på den förbandslika verksamheten såsom ledning av flygtjänst, flygsäkerhetsutveckling och genomgång och analys av incidenter. I de delar som denna inspektion omfattat utprovningensverksamheten har det uteslutande inneburit att se över statusen på den personal som arbetar med flygutprovning.

Efter 39-1 haveriet har det skett en anpassning av organisationerna och instruktionerna vid FMV och Saab MA som lett till ett mera funktionellt samarbete. En märkbar förbättring av inställning och attityd kan noteras i rollerna som kund/tillverkare och luftvärdighetsmyndighet.

SHK:s förslag efter 1989 års haverirapport om entydigare ansvar för luftvärdighet inom organisationerna har lett till inrättandet av en luftvärdighetssammanhållande funktion vid Saab MA och en luftvärdighetsinspektör vid FMV.

Som ett resultat av deras arbete har rutinerna för luftvärdighetsprocessen vad gäller provflygplan detaljstyrt. Revisioner har utförts 1991 och 1993. Vidare har en genomgång av typgranskningsprocessen genomförts i samband med utfärdandet av typgranskningsbevis för 39-1:1.

2.5. Varför inträffade haveriet?

Orsaken till ett haveri är nästan aldrig någon enstaka händelse. Haverier inträffar när ett flertal till synes obetydliga faktorer samverkar på ett ofördelaktigt sätt. En till synes obetydlig eller felaktigt värderad faktor kan således utlösa en händelsekedja som resulterar i en olycka. Haveriet med 39.102 utgör inget undantag från denna regel.

Flygutprovningens syfte är att svagheter i systemen tidigt skall identifieras, värderas och avhjälpas så att var för sig obetydliga fel inte adderas och leder till oacceptabla risker. Trots ett kontinuerligt arbete inom MG 34 för att metodiskt bedöma varje enskild faktors betydelse (risk) har en rapporterad avvikelserisk analyserats men inte förstått på ett riktigt sätt.

Ofullkomligheter i styrsystemet

Det skall inte vara möjligt att styra på ett sådant sätt att flygplanet överraskar föraren med ett oväntat beteende.

Förarens styrkommandon

Föraren är inte en statisk komponent vilket gör att styrsystemet måste ta hänsyn till förarens alla tänkbara beteenden. Ett exempel på detta är att flygplanets uppträdande måste anpassas till förarnas förväntningar. En förare måste alltid kunna förutse effekten av sina spakutslag.

Styrspakens egenskaper.

Styrspaken begränsar endast föraren i ringa grad. Detta innebär att det som begränsar förarens möjliga styrutslag är hans förmåga att göra stora och snabba arm- och handrörelser.

Styrsystemprogrammets dimensionering (styrlagar)

Den styrinformation som föraren via spaken överför till styrlagarna i datorn kan naturligtvis även begränsas genom filtrering och dämpning så att inte föraren får full auktoritet över rodrens rörelse. Genom anpassade styrlagar kan de via styrspaken överförda kommandona från föraren reduceras genom att t.ex. minska storleken på kommandona även om snabbheten finns kvar. Styrlagarna i JAS 39 ger föraren stor styrauktoritet även efter det att en viss filtrering och dämpning hade skett.

Rodermekaniseringens inverkan

Flygplanet kan på grund av begränsningar¹ inte omvandla all den information som överförs via spaken och styrlagarna till förväntade flygplanssvar. Begränsningarna är dimensionerande för hur mycket styrkommandon som kan omsättas i verkligheten. Att ändra begränsningarna genom t.ex. ökning av rodrens momentarm, rodrens maximala vinkelhastighet eller rodrens maximala utslag är naturligtvis möjligt men kräver omfattande förändringar av flygplanet.

Eftersom JAS 39 är ett aerodynamiskt instabilt flygplan delar föraren roderytorna med stabiliseringssystemet. Flygplanets instabilitet ställer ett ovillkorligt krav på att det alltid finns styrauktoritet kvar för stabiliseringsfunktionen.

Ofullkomligheten

Föraren kunde via styrspaken ge så mycket signaler in till styrsystemet att detta blev mättat innan rodren hann ge förväntat flygplanssvar. Detta var ofullkomligheten.

¹ Rodervinkelhastigheter, rodervinklar m.m.

Grundläggande faktorer för haveriet i det ännu inte färdigutvecklade styrsystemet var således obalansen mellan:

- **Av föraren kommenderad förändring av flygbanan (styrkommandon).**
- **Styrspakens egenskaper.**
- **Styrlagarnas dimensionering.**
- **Rodermekaniseringens begränsningar.**

Faktorerna ovan måste balanseras så att ett säkert system erhålls. Svårigheten är att göra balansen så att systemet blir säkert samtidigt som tillräckliga prestanda uppnås.

Var problemen kända?

Under framtagning av den styrsystemsrevision som fanns i 39.102 hade man konstaterat att flygplanet kunde överstegras. Marginalen bedömdes dock som tillräcklig. Bedömningen grundades på att en förare inte styr så att det uppstår en situation där faktorernas sammanlagda effekt medför överstegring och risk för haveri. Bedömningen medförde att egenskapen inte infördes i SFI och kom därför inte till samtliga förarens kännedom.

SHK anser att bedömningen var rimlig. Däremot anser SHK – mot bakgrund av tillgänglig information om PIO-egenskaper vid begränsningar av rodervinkelhastigheter eller rodervinkelutstyrning – att egenskapen borde ha föranlett en djupare analys.

Problemet med rodervinkelhastighetsbegränsningar under landning var grundligt analyserat. Resultaten visade entydigt att, förutom den försämring av flygegenskaperna som rapporterades av piloterna, även en ökad PIO-benägenhet uppstår vid uppnådda rodervinkelhastighetsbegränsningar.

Slutsats

Flygplanets styrsystem hade således en egenskap som i vissa situationer kunde leda till haveri. Det enda som erfordrades för ett haveri var en utlösande faktor. Alla JAS 39 flygplan hade samma inbyggda ofullkomlighet.

Medverkande faktorer

Skillnader mellan provflygplan och serieflygplan

Fpl 39.102 avvek från provflygplanen på flera sätt. De avvikelser som har noterats är bl.a:

- Massan var väsentligt lägre, vilket innebar att flygplanet blev känsligare i tipp och att dragkrafts/massförhållandet blev större.
- Spakraften var väsentligt lägre, vilket innebar att det var lättare att göra ett stort utslag.
- Styrspakens större utvridningsvinkel i roll medgav att en större rollvinkelhastighet kunde genereras än vid validering av aktuell styrsystemsrevision.
- Massfördelning var olika, vilket innebar att flygplanet "hängde" på vänstra vingen när roll-autotrimmen kopplades ur. För att motverka detta var föraren tvungen att hålla emot med ca 2° spakutslag åt höger under vänstersväng.

Inverkan av varje avvikelse för sig går inte att med säkerhet fastställa men SHK anser dock att avvikelserna sammantagna har inverkat på haveriförloppet.

Genomförande

Analyser som gjordes efter haveriet visar att rollauktoritet hos 39.102 – vid ett maximalt utslag vid upprollning ur brant sväng med distinkta korrektioner i roll och tipp – ledde till att styrsystemet blev mättat. Det överskridande av α som föraren gjorde innebar att rollautotrimmen typenligt kopplades ur.

Utlösande faktorer

Förutsättningar

Bedömningen av överstegringsegenskapen grundades på att en förare normalt inte styr så att egenskapen utlöses. I detta fall krävdes en PIO för att utlösa ofullkomligheten.

Uppvisningssituationen innebar att föraren hade en väl definierad precisionsstyrupp-gift vilket är en av de nödvändiga kriterierna för PIO. Eftersom uppvisningssituationen inte kan simuleras avvek förarens handlingsmönster under denna uppvisning från det som under valideringen bedömdes som normalt förarbeteende.

Trigger

För att utlösa en PIO krävs normalt något som föraren inte förväntar sig. Det som föraren själv beskrev som en "väldig släng på flygmaskinen åt höger" – förändringen av rollaxelns normala läge – som uppstod vid det första rollkommandot var en överraskning. Troligen har föraren omedvetet reagerat redan på den oväntat stora rollvinkelacceleration som erhöles vid upprollningen, d.v.s. här fanns den trigger som utlöste ett antal korrektioner som inte gav förväntade flygplansvar.

Redan under det första upprollningskommandot med korrigeringar för den höga rollvinkelhastigheten och överrollen har ännu flera av förutsättningarna för PIO uppfyllts genom att rodervinkelhastighetsbegränsningar uppnås, vilket medförde uppbyggnad av tidsfördröjningar och fasförluster.

Fullbordat faktum

Förarens korrektioner skedde nu instinktivt i syfte att återta planflyktsläge. Föraren förlorade utan förvarning kontrollen över flygplanet, "cliff-effect", eftersom MLL inte för-mådde begränsa α och inte heller någon information nått föraren om mätnaden av styrsystemet.

Summan av förarens och stabiliseringssystemets roderkommandosignaler gjorde att tippendingarna inom ca 2,5 sekunder blev så stora att tippörelsen till slut inte kunde begränsas. Detta ledde att flygplanet överstegrades. Överstegringen skedde på så låg höjd att föraren saknade möjlighet att återta kontrollen.

3. Utlåtande

3.1. Undersökningsresultat

1. Flygplanet var luftvärdigt.
2. Flygplanet hade inga kvarstående anmärkningar som påverkade haveriet.
3. Förutom en felfunktion på TI fungerade flygplanet typenligt.
4. Ingen yttre störning inverkar på haveriet.
5. Det kraschskyddade minnet innehöll utläsbara data från hela haveriförloppet. Dessutom gav SD, VBS och SA10 värdefull information om flygningen.
6. Föraren hittade inte fallskärmens styrlinor efter uthoppet.
7. Flygningen var beordrad på föreskrivet sätt.
8. Förarens fysiska och psykiska prestationsförmåga var utan anmärkning.
9. Föraren var behörig och rätt utrustad för att utföra flygningen.
10. De ramar som angavs i flygprovprogrammets bilaga svarade inte mot målsättningen med flyguppvisningen. Inte heller var de undantag från SFI som gjordes i flygprovprogrammets bilaga motiverade.
11. Föraren följde inte de för uppvisningen i flygprovprogrammet fastställda begränsningarna för höjd och α .
12. Rollautotrimmen var under lågfartssvängen typenligt urkopplad (kopplas automatiskt ur över α 20°). Detta krävde att föraren höll styrspaken ca 2° höger om neutralläget för att behålla konstant bankningsvinkel.
13. Förarens spakutslag för upprollning ur lågfartssvängen var i stort sett lika stort under uppvisningen som vid förträningen.
14. Att spakrörelsen startade vid 2° höger om neutralläget innebar att spaken kortvarigt nådde maximal utstyrning och gav en betydligt större rollhastighet än under förträningen.
15. Upprollning ur lågfartssvängen medförde att rodren började röra sig med maximal vinkelhastighet, vilket i sin tur förorsakade allt större tidsfördröjningar mellan spakutslag och flygplanssvar i roll och tipp.
16. Tidsfördröjningarna medförde PIO i både tipp och roll som efter några svängningar blev divergent i tipp och ledde till att flygplanet överstegrades.
17. STYRSÄK-varningen presenterades för föraren först efter det att flygplanet hade blivit okontrollerbart.

18. Den låga höjden vid överstegringen gav inte föraren någon möjlighet att vidta åtgärder för att återta kontrollen över flygplanet. Förarens beslut att lämna flygplanet var riktigt.
19. Simuleringar efter haveriet av liknande flygfall har visat att det var möjligt att överstegra flygplanet vid betydligt lägre α än 20° .
20. De förändrade flygegenskaperna vid stora rollvinkelkommandon eller den förändring av spakläget som urkoppling av rollautotrimmen medförde var inte beskrivna i SFI.
21. Överföring och förståelse av fackkunskap och information mellan och inom materielgrupper var inte tillfredsställande.
22. Komplexiteten i styrlagarna medförde svårigheter att vid granskning till fullo genomlysna funktionen.
23. Konsekvenserna av rodervinkelhastighetsbegränsning och rodervinkelbegränsning hade inte tillräckligt ingående analyserats för hela den öppnade flygvelloppen.
24. Brister fanns i systemet för avvikelserapportering.
25. Valideringsprocessen hade inte till fullo lyckats identifiera flygplanets PIO-egenskaper.
26. Gränser hade inte entydigt fastställts för tillåtna avvikelser i flygplankonfiguration mot de validerade innan kompletterande validering skall ske.
27. Förarnas spakarbete i simulator var lägre än under flygning med likartad uppgift.
28. Styrsystemet tillät obalans mellan förarens kommandon, spakens egenskaper, styrlagarnas dimensionering och rodrens möjlighet att påverka flygbanan.
29. Obalansen i styrsystemet kunde i vissa situationer leda till haveri. Det som krävdes för att orsaka ett haveri var en utlösande faktor. Alla JAS 39 hade samma inbyggda ofullkomlighet i styrsystemet.

3.2. Haveriorsak

Haveriet orsakades av en obalans i styrsystemet. Obalansen tillät föraren att ge sådana styrkommandon att rodren inte hann ge förväntat flygplansvar. De tidsfördröjningar som uppstod ledde till en kombinerad PIO i roll- och tippel. Styrsystemet förmådde inte begränsa kommandosignalerna, vilket medförde att tippsvängningarnas storlek kontinuerligt ökade. Summan av förarens och stabiliseringssystemets roderkommandosignaler gjorde att tippendlingarna inom ca 2,5 sekunder blev så stora att tippörelsen till slut inte kunde begränsas. Detta ledde att flygplanet överstegrades. Överstegringen skedde på så låg höjd att föraren saknade möjlighet att återta kontrollen.

4. Rekommendationer

SHK rekommenderar att CFV

1. bevakar att en fördjupad analys av alla i styrsystemet ingående delar genomförs i syfte att skapa ett balanserat system,
2. verkar för att flygningar med taktisk-operativ inriktning utökas för att möjliggöra en bättre bedömning av funktionen flygplan-förare,
3. kontrollerar att föreslagna åtgärder till förbättringar av kvalitetsäkringen i luftvärdighetsprocessen genomförs,
4. ser till att de förslag som lämnas i den tekniska utredningsrapporten om åtgärder till förbättring av räddningssystemets funktion genomförs.

I den tekniska utredningsrapporten framförs ytterligare förslag som i huvudsak rör tekniska förbättringar av registrerings- och utredningsmöjligheter samt hantering av eventuella hälsorisker. Dessa förslag berör inte direkt flygsäkerheten, varför SHK utan att framföra dem som rekommendationer ändå vill fästa CFV:s uppmärksamhet på förslagen.