



*1150-57*

# HAVERI

Provflygplanet JAS 39-1

1989-02-02

UTREDNINGSRAPPORT M 1989:1  
Ärende JAS 39 4/89

Juni 1989



STATENS HAVERIKOMMISSION

Datum

Ärendebeteckning  
JAS 39 4/89

Chefen för flygvapnet

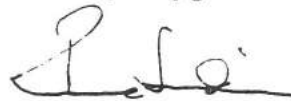
1989-06-22

## Utredningsrapport över haveriet 1989-02-02 med provflygplanet JAS 39-1 vid SAAB-SCANIAS flygfält i Linköping

Härmed översänds slutrapport över rubricerade haveri. De experter som medverkat i SHKs utredning ansluter sig till de slutsatser och rekommendationer som lämnas i rapporten.

Den öppna delen av slutrapporten behandlar i huvudsak hur luftvärdighetsarbetet och flygutprovningen har bedrivits vid försvarets materielverk (FMV) och SAAB-SCANIA och utgör endast en del av hela haveriutredningen. Det förtjänar påpekas att den inte ligger inom en haverikommissions uppdrag att uttala sig om sådant som görs bra, eftersom utredningen är en problemorienterad analys i syfte att fastställa haveriorsaken och föreslå åtgärder som främjar flygsäkerheten.

  
Olof Forssberg

  
Rune Lundin

INNEHÅLLSFÖRTECKNING		Sid
	HAVERIET	1
	KOMMISSIONEN	1
	SAMMANTRÄDEN	2
1.	FAKTAREDOVISNING	3
1.1	Arbetet efter delrapporten	3
1.2	Kompletterande tekniska undersökningar	3
1.3	JAS-kontraktet	5
1.4	Luftvärdighetsarbetet	6
1.4.1	Allmänt	6
1.4.2	Typarbetet	7
1.4.3	SAAB-SCANIAS organisation för JAS-projektet	8
1.4.4	Chefen för flygvapnets redovisning	8
1.4.5	Försvarets Materielverks redovisning	9
1.4.6	SAAB-SCANIAS redovisning	10
1.4.7	Vidtagna och planerade åtgärder	11
1.5	Flygutprovningen	12
1.5.1	Allmänt	12
1.5.2	Simulering	13
1.5.3	Planering	14
1.5.4	Genomförandet av flygutprovningen	14
1.5.5	Förrplaneringen	15
1.5.6	Vidtagna och planerade åtgärder	16
2.	ANALYS	17
2.1	Kompletterande tekniska undersökningar	17
2.2	JAS-kontraktet	18
2.3	Luftvärdighetsarbetet	19
2.4	Flygutprovningen	20
3	SLUTSATSER	23
4	REKOMMENDATIONER	24

**Bilagor:**

- 1 Delrapport
- 2 Teknisk rapport (Hemlig) endast till CFV, ÖB, FMV, IG JAS samt SHK arkiv
- 3 Bildebilaga

## HAVERIET

Provflygplanet JAS 39-1 havererade 1989-02-02 kl 11.27 vid landning bana 29 på SAAB-fältet i Linköping.

## KOMMISSIONEN

Statens haverikommission (SHK) underrättades samma dag ca kl 12.30 om haveriet.

Kommissionen, generaldirektör Olof Forsberg, ordförande och överstelöjtnant Rune Lundin, utredningschef, har biträtts av följande experter:

Överstelöjtnant	Krister Backryd (från 1989-04-03)	FS
Överstelöjtnant	Johan Gille	FMV:PROV
Överste Med K	Hans Hjort	FS
Överingenjör	Staffan Näsström	FMV:FUH
Flygdirektör	Jan Wikström	FMV:PROV
Överingenjör	Roland Scott	FMV:FLYGPLAN
Major	Mats Nilsson	FMV:PROV
Flygdirektör	Björn Johansson	FMV:PROV
Byrådirektör	Bengt Landervik	FMV:PROV

Som intressenter ur SAAB-SCANIA har deltagit:

Ingenjör	Lars Mebius
Ingenjör	Sven-Erik Jeppsson

Som skyddsombud för flygförarna vid SAAB-SCANIA har deltagit provflygare Weikko Sunell.

I arbetet med slutrapporten har Gille, Wikström, Scott och Nilsson inte medverkat i avsnitten om luftvärdighet och flygutprovning.

## SAMMANTRÄDEN

Tid	Plats	Deltagare
1989-02-02--03	SAAB-SCANIA, Linköping	Samtliga ovan utom Backryd
1989-02-08	Stockholm	Samtliga ovan utom Backryd, Mebius, Jeppsson och Sunell
1989-02-09	SAAB-SCANIA, Linköping	Samtliga ovan utom Backryd Hjort, Jeppsson och Sunell
1989-03-08--10	Rimforsa kursgård	Samtliga ovan utom Backryd och Sunell
1989-04-18	Flygstaben, Stockholm	Forsberg, Lundin, Backryd, Näsström
1989-04-19	FMV:FLYGMATERIEL, Stockholm	Forsberg, Lundin, Backryd, Näsström
1989-04-20	FMV:PROV, Linköping	Forsberg, Lundin, Backryd, Näsström
1989-04-21	SAAB-SCANIA, Linköping	Forsberg, Lundin, Backryd, Näsström
1989-05-29--06-02	Rimforsa kursgård	Forsberg, Lundin, Backryd, Näsström, Gille, Wikström, Scott, Nilsson, Johansson, Landervik, Mebius, Jeppsson, Sunell

SHK lämnade 1989-03-15 en delrapport (se bilaga 1) i vilken haveriorsaken fastställdes. I delrapporten redovisade fakta har inte upprepats i denna rapport.

## 1 FAKTAREDOVISNING

### 1.1 Arbetet efter delrapporten

Som framgår av delrapporten (se bil 1, s 13) gjordes i den inga bedömningar i fråga om flygutprovningen. När delrapporten lämnades hade SHK ännu bara hunnit påbörja utredningen i den delen, eftersom tyngdpunkten i utredningsarbetet dittills hade legat på den tekniska sidan. SHK angav i delrapporten de kvarstående frågor som SHK avsåg att undersöka i det fortsatta utredningsarbetet. En sådan fråga som SHK bedömde som central i sammanhanget var metodiken för den inledande flygutprovningen (enveloppöppningen). Genomförda utredningar indikerade vissa brister i metodik, planläggning och utvärdering. Bl a föreföll samspelet mellan systemingenjörer, provingenjörer och provflygare behöva förbättras.

SHK skulle också undersöka hur samarbetet hade fungerat mellan FMV som luftvärdighetsmyndighet och SAAB-SCANIA som ansvarig för utprovningen.

En annan fråga som SHK skulle undersöka närmare var valet av provflygare. SHK noterade att JAS 39-1 flugits sex pass av tre olika provflygare.

Slutligen skulle vissa kompletterande tekniska undersökningar göras.

### 1.2 Kompletterande tekniska undersökningar

Väsentliga delar av det arbete som utförts inom ramen för den tekniska utredningen sedan delrapporten gavs ut redovisas kortfattat nedan.

- All registreringsutrustning såsom mätbandspelare, flight recorder, telemetrisk överföring och kraschskyddade minnet (KSM) har undersökts med avseende på funktion. Vidare har det kraschskyddade minnets funktion och innehåll utretts ytterligare för att vinna erfarenheter från haveriutredningssynpunkt.
- Gyrosiktet i JAS 39-1 var inte i funktion under haveripasset. En analys har genomförts i syfte att utröna om detta förhållande inverkat på haveriförloppet.



- En analys av stabilitetsmarginalerna under tidigare flygna pass med JAS 39-1 har gjorts .
- Anpassningsenhet vapen (AVAP) gick inte att starta vid försök i simulator efter haveriet. Orsaken till detta har utretts.
- Den digitala back-up modens (DBU) egenskaper, främst i landningsfallet, har ytterligare analyserats.
- Konsekvensen av en eventuell nedkoppling till den analoga reservmoden (ABU ) vid haveriet har undersökts och analyserats.
- ABU har ej uppfattats som ett acceptabelt alternativ vid en eventuell styrsystemstörning. Detta förhållande har analyserats. Därtill har systemlösningen för ABU och funktionens driftsäkerhet granskats.
- Fristående utländska experters granskningsrapporter över styrsystemet i JAS 39-1 har studerats.
- En oberoende översyn av aerodynamiskt och flygmekaniskt underlag har utförts.
- Inverkan av autotrim på flygplanets stabilitet har studerats.
- SHK har informerats om styrspakskonceptet av den konstruktör på SAAB-SCANIA som från grunden utvecklat styrspaken.
- En undersökning av syrgassystemets täthet har skett.
- Biomekaniska effekter med anledning av haveriet har analyserats.
- Utredning beträffande lossnat EMI-filter i luftsystemet har genomförts.

### 1.3 JAS-kontraktet

SHK har översiktligt granskat JAS-kontraktet som ingicks år 1982. I avtalet har Industrigruppen JAS (IG JAS) åtagit sig att till FMV leverera 30 serieflygplan av typ JAS 39 (delserie 1) mot ett fast pris med indexuppräkning från kontraktstillfället. I kontraktet har IG JAS vidare förbundit sig att inom ett fastställt takpris offerera ytterligare 110 flygplan (delserie 2).

I kontraktet specificeras de krav på stabilitet, styrning, prestanda och funktioner som JAS 39 skall uppfylla. Några detaljerade tekniska lösningar är inte preciserade i avtalet utan parterna har räknat med att kunna utnyttja kommande tekniska landvinningar efterhand.

Enligt kontraktet skall IG JAS utföra typarbetet enligt existerande och tillämpbar god konstruktionspraxis successivt kompletterad med inom branschen allmänt känd teknikutveckling och skall därvid i alla avseenden på bästa sätt utföra sitt arbete med utnyttjande av sin samlade kunskap och erfarenhet.

IG JAS har vidare förbundit sig att successivt under typarbetet genom underlag, beräkningar, simuleringar och prov verifiera att under typarbetet definierat utförande av flygplanet JAS 39 uppfyller de specificerade kraven. I denna verifiering ingår även av FMV efter egna program utförd verifiering, s k evaluering.

Avtalsperioden för typarbetet indelas i ett antal delsteg. Slutpunkten i resp delsteg utgör s k projektvärderingstillfällen vid vilka en allsidig bedömning av arbetet skall göras. Vid dessa värderingstillfällen skall arbetets framåtskridande utvärderas med syfte att fastställa om planerade delmål har nåtts och att bedöma sannolikheten för att de slutliga projektmålen kan nås. Projektvärdering förutsätts ske vid sju tillfällen under grundtyparbetet. Till avtalet har bilagts FMVs då gällande tjänsteföreskrift för handläggning av luftvärdighetsfrågor. I avtalet finns vidare ett antal optioner.

Upphandlingen av JAS 39 skiljer sig från tidigare upphandlingar så till vida att det är första gången som ansvaret för upphandlingen av bl a styrautomat, motor och radar åvilar huvudleverantören. Vid tidigare flygplansbeställningar har FMV svarat för anskaffning av dessa delar som sedan integrerats i flygplanet av SAAB-SCANIA. Den avtalskonstruktion som har valts innebär bl a att industrin tar ett avsevärt större ansvar för produkten än i tidigare projekt.

En annan nyhet är fastpriskonstruktionen.



Enligt samstämmiga uppgifter från FMV och IG JAS har utformningen av JAS-kontraktet inverkat negativt på samarbetet mellan dem.

#### 1.4 Luftvärdighetsarbetet

##### 1.4.1 Allmänt

Begreppet luftvärdighet finns inte definierat i några för försvarsmakten gällande författningar. Av hävd används luftfartslagens definition, vilket innebär att luftfartyget anses luftvärdigt om det är konstruerat, byggt, utrustat och hållet i stand på ett sådant sätt samt har sådana flygegenskaper att säkerhetens krav är tillgodosedda, vilket också framgår av FMVs tjänsteföreskrift 1986:1.

Av 15 kap 1 § luftfartslagen (1957:297, omtryckt 1986:166) och 134 § luftfartsförordningen (1986:171) följer att chefen för flygvapnet (CFV) är ansvarig luftfartsmyndighet för militära luftfartyg. CFV har i FFS 1988:22 delegerat tillsynen över militära luftfartygs luftvärdighet till FMV:FLYGMATERIEL. Ansvar för att handlägga flygsäkerhetsärendena inom FMV:FLYGMATERIEL åligger flygsäkerhetskontoret (FMV:Flygsäk) som ingår i systemavdelningen (FMV:FSYST). Det direkta ansvaret för tillsynen över luftvärdigheten åvilar linjeorganisationen inom FMV:FLYGMATERIEL. Bestämmelser för FMVs tillsyn över luftvärdigheten hos militära luftfartyg och flygmateriel finns i FMVs tjänsteföreskrifter 1986:1-3.

Luftvärdighetsgodkännande för ett provflygplan meddelas i form av ett flygutprovningstillstånd. Tillståndet gäller för viss utprovningsperiod. Tillverkaren av provflygplan skall presentera erforderlig dokumentation som underlag för flygutprovningstillståndet. I dokumentationen skall bl a särskild förarinstruktion (SFI) samt huvud- och delprogram för utprovning ingå.

Tillverkaren skall vidare ge FMV:FLYGMATERIEL möjlighet till granskning av provflygplan – om möjligt parallellt med tillverkarens egen granskning. Sådana ändringar av konstruktion och utrustning samt avsteg från huvudprogrammet som tillverkaren har rätt att besluta om skall anmälas till FMV:FLYGMATERIEL, om åtgärderna bedöms påverka provflygplanets luftvärdighet. Kompletterande flygutprovningstillstånd liksom tillfälligt hävande av eller begränsningar i flygutprovningstillståndet meddelas av FMV:FLYGMATERIEL. I de fall hävandet eller begränsningen av flygutprovningstillståndet föranleds av allvarliga anmärkningar mot provflygplanets luftvärdighet skall CFV orienteras.

Inom FMV:FLYGMATERIEL åligger det provningsavdelningen (FMV:PROV) att såsom ansvarig instans för övervakning av luftvärdigheten i samband med provning bereda och meddela flygutprovningstillstånd med några undantag, bl a för första flygning med första provflygplan. I det fallet lämnas tillståndet av chefen för FMV:FLYGMATERIEL

I det för JAS 39-1 utfärdade flygutprovningstillståndet föreskrivs att "Proverfarenheter, driftstörningar eller avsteg från för flygutprovningstillståndet gällande förutsättningar, som kräver förnyad bedömning av luftvärdigheten skall anmälas till FMV-PROV MC".

#### 1.4.2 Typarbetet

Det arbete som krävs för att utveckla och definiera en ny flygplanstyp kallas typarbete. Grundtyparbetet för JAS 39 omfattar typutveckling och utprovning fram till leverans av det första serieflygplanet. Hela typarbetet är enligt JAS-avtalet inte slutfört förrän alla avtalade egenskaper hos flygplanssystemet verifierats och serieproduktionsunderlaget definierats. Detta kan inträffa flera år efter det att serieleverans har påbörjats.

Flygplanssystemet i JAS 39 består av mer än tjugo delsystem av vilka styrsystemet utgör ett. Alla delsystem kräver en omfattande och väl avvägd utvecklingsinsats avseende konstruktion, provning och verifiering för att uppfylla de krav som ställs på prestanda och säkerhet.

I utvecklingsarbetet deltar ett stort antal specialistfunktioner som exempelvis systemutveckling, skrov- och elkonstruktion, simulatorcentral, mark- och flygprov, flygsäkerhet, mekanisk och elektrisk miljö, kvalitet och inköp.

Under grundtyparbetet skall som angetts under avsnitt 1.3 arbetets framåtskridande utvärderas vid sju projektvärderingstillfällen (PVT) med syfte att bedöma sannolikheten för att de slutliga projektmålen innehålls. Före haveriet har fyra sådana värderingar gjorts. Vid varje PVT har IG JAS rapporterat det tekniska, tidsmässiga och ekonomiska läget till FMV. Med detta underlag som grund har FMV redovisat sina bedömningar av projektet till CFV, överbefälhavaren och regeringen.

I stort har den tekniska projektsäkerheten vid varje PVT bedömts vara god trots att omfattande ny teknik för framtiden in-tecknats från början. Typarbetet har bedrivits så att ingående system i provflygplanen från början planerades ha serie-

utförande. Arbetsinsatsen att åstadkomma detta har varit större än vad som förutsågs. Detta medförde att förseningar och ändrat utförande av provflygplanen redovisades vid varje PVT.

#### 1.4.3 SAAB-SCANIAS organisation för JAS-projektet

För genomförande av JAS-projektet finns en särskild projektledning (T39) som är en fristående enhet direkt under flygdivisionens chef.

Projektledningen har kundansvar gentemot FMV. Under projektledningen har sektor militära flygplan (TF) kvalitetsansvaret för produkten.

Projektledningen leder projektet i fråga om teknik, tid och ekonomi i linjeorganisationen med hjälp av objektblockledare och objektledare. Dessa kanaliserar information om tekniskt läge och tidsplaner till FMV genom särskilda samarbetsgrupper som består av representanter för både IG JAS och FMV.

För varje objekt utarbetas ett "Verksamhetsprogram" där verksamhet och ansvar beskrivs. Verksamheten för de olika objektblocken genomförs i linjeorganisationen inom de berörda sektorerna.

Objektledaren preciserar behov av utprovning till avdelningen flyg- och systemprov (TUF) som utarbetar flygprovprogram, genomför prov samt utvärderar och rapporterar provresultat till den som har beställt flygprovet. Chefen för TUF har högsta luftvärdighetsansvar i fråga om militära luftfartyg inom SAAB-SCANIA.

Flygtjänsten vid SAAB-SCANIA bedrivs enligt bestämmelser som chefen för flygvapnet meddelat i FFS 1988:22 och leds med motsvarande flottiljchefs ansvar enligt ordnings- och säkerhetsföreskrifter för militär flygning (OSF) av chefen för provflygkontoret (TUFF) som ingår i avdelning flyg- och systemprov.

#### 1.4.4 CFVs redovisning

Som angetts under 1.4.1 är CFV ansvarig luftfartsmyndighet och har som sådan det övergripande flygsäkerhetsansvaret inom försvarsmakten. Inom myndigheten leds flygsäkerhetstjänsten av chefen för flygsäkerhetsinspektionen. Genom den delegering av luftvärdighetsansvaret som skett utövar CFV inte någon tillsyn över luftvärdighetsfrågor.

När det gäller själva flygtjänsten under flygutprovning vid SAAB-SCANIA godkänner CFV namneligen personal för flygtjänst som provflygare. Chefen för TUFF skall insända förslag på besättningsmedlemmar till CFV via chefen för FMV:FLYGMATERIEL.

#### 1.4.5 FMVs redovisning

För luftvärdighetsgranskningen finns särskilda rutiner framtagna för samarbetet mellan IG JAS och FMV.

Enligt FMV har IG JAS ansett att luftvärdighetsarbetet inom FMV präglats av alltför stor byråkrati. FMV har vidare uppgett att rutinerna för tillsyn av luftvärdigheten till en början inte fungerat väl vare sig inom FMV eller inom SAAB-SCANIA. Inom FMV har bristerna rättats till medan SAAB-SCANIA enligt FMVs bedömning fortfarande har problem, bestående av bl a svårigheter att få fram information i rätt tid och genom rätta kanaler.

FMV:PROV har gjort gällande att SAAB-SCANIA inte kunnat leva upp till villkoren i flygutprovningstillståndet bl a på grund av att det inte funnits någon oberoende luftvärdighetssammanhållande funktion och att det saknats övergripande instruktioner inom SAAB-SCANIA.

FMV:PROV har vidare framhållit att flera flygprovprogram inte kunde granskas från flygsäkerhetssynpunkt, eftersom de inte innehöll tillräckligt detaljerad information om bl a utförande, turordning, restriktionsavveckling samt utvärderingskrav. FMV:PROV framförde då till SAAB-SCANIA att det krävdes ett övergripande flygprovprogram som reglerade enveloppöppningen. Någon månad före den första flygningen erhöll FMV:PROV för granskning ett sådant program i arbetsexemplar. Dokumentet ansågs vara ofullständigt och återsändes. Ca två veckor före flygningen erhöles ett fastställt flygprovprogram utan att några väsentliga ändringar hade gjorts i förhållande till arbetsexemplaret. En ytterligare omarbetning hade försenat den första flygningen, varför programmet accepterades. Samtidigt anmälde FMV:PROV att man avsåg att ta upp frågan i koordinationsgrupp luftvärdighet, vilket också gjordes.

FMV anser inte att det skett någon sammanblandning av rollerna som luftvärdighetsmyndighet och kund.

#### 1.4.6 SAAB-SCANIAS redovisning

SAAB-SCANIA delar inte FMV:s uppfattning beträffande efterlevnaden av villkoren i flygutprovningstillståndet. Utprovningsledningen har informerat FMV:PROV i de fall då en förnyad bedömning av luftvärdigheten krävts enligt de rutiner som tillämpats vid utprovningen av militära luftfartyg vid SAAB-SCANIA. Däremot har information som vållat missförstånd ibland nått FMV på andra vägar.

JAS-kontraktet anger att FMV:PROV skall delges flygprovprogram för information om möjligt fem dagar före prov. Något krav på granskning och godkännande från FMV:PROVs sida föreligger ej. Det övergripande flygprovprogrammet togs fram i arbetsexemplar 1986-06-12 som underlag för diverse informationer till bl a FMV och översändes i fastställt skick till FMV 1988-11-23. Flygprovprogrammet för styrsystemprov översändes till FMV 1988-11-08. SAAB-SCANIA känner ej igen FMVs beskrivning av handläggningen. Ej heller har kritik framförts i samarbetsgrupp utprovning.

Inom SAAB-SCANIA finns en tekniskt handläggningsansvarig utsedd för varje system och delsystem. Denne svarar för luftvärdighetsarbetet i fråga om det egna systemet och integrationen med andra system. Den tekniskt handläggningsansvarige svarar också för den dokumentation som behövs för att visa det egna systemets luftvärdighet. För samordning av luftvärdighetsarbetet svarar kontoret luftvärdighet/central granskningssamordning (TFQG) inom avdelningen kvalitet och luftvärdighet (TFQ). För den överordnade samordningen av luftvärdighetsfrågorna finns ett särskilt luftvärdighetsråd. Chefen för TUF godkänner luftvärdighetsbeskedet som är den sammanfattande redogörelsen för hur kraven på luftvärdighet tillgodosetts.

Enligt SAAB-SCANIA har luftvärdighetsarbetet påverkats av en besvärande byråkrati inom FMV som haft svårt att skilja på kundrollen och rollen som luftvärdighetsmyndighet. Av det skälet anser SAAB-SCANIA att det inom FMV bör finnas en enda instans som svarar för luftvärdighetsfrågorna.

#### 1.4.7 Vidtagna och planerade åtgärder

##### *Arbetsgrupper ur FMV och SAAB-SCANIA*

Efter haveriet ansåg SAAB-SCANIA det angeläget att granska den arbetsmetodik som tillämpats vid styrsystemets utveckling för att söka efter möjliga förbättringar. Därför tillsatte FMV och SAAB-SCANIA en arbetsgrupp (metodikgrupp) med målsättningen att nå fram till en gemensam uppfattning om hur utvecklingsprocessen skall kvalitetssäkras i ordnade och överblickbara former med tonvikten på luftvärdighetskritiska funktioner. Dessutom tillsattes en arbetsgrupp (envelopppöppningsgrupp) med målsättning att ge FMV:PROV möjlighet att i sin roll som luftvärdighetsmyndighet på ett säkert och rationellt sätt kunna följa verksamheten vid SAAB-SCANIAS flygdivision. Grupperna skulle också granska envelopppöppningsprocessen vilket redovisas i punkt 1.5.6.

Grupperna har redovisat uppdragen i rapporter 1989-05-12 och 1989-06-02 och funnit en del brister som redovisas i det följande.

I fråga om arbetsgången vid utveckling av styrlagarna för JAS 39 har identifierats ett antal brister, bl a otillräcklig interngranskning av styrlagarna, begränsad erfarenhet hos provflygarna av styrsystemutveckling samt för liten medverkan av provflygarna i arbetet med styrlagarna och deras utveckling.

När det gäller styrsystemutvecklingen har även pekats på att tidsplaner inte kunnat hållas, att resurser för styrlagsutveckling och flygmekanik varit otillräckliga samt att styrsystemets centrala betydelse inte återspeglas i organisationen.

I fråga om flygutprovningen har anmärkts på att gransknings- och godkännandeprocessen för systemrapporter och flygprovprogram inte är logiskt anpassad till SAAB-SCANIAS organisation.

Slutligen har metodikgruppen konstaterat att det saknas en definierad kanal för entydig information om luftvärdighetsläget till FMV:PROV. Envelopppgruppen har ej avrapporterat resultat i denna fråga vilket var avsikten.

Grupperna har också lämnat förslag på hur bristerna bör åtgärdas utom avseende FMV:PROVs möjlighet att utöva sin roll som luftvärdighetsmyndighet på SAAB-SCANIA.



## SAAB-SCANIAS internutredning

SAAB-SCANIA har uppdragit åt f d generaldirektören vid SHK att utreda de interna förhållanden vid SAAB-SCANIA som kan ha inverkat på haveriet. Utredaren har avrapporterat resultatet till SAAB-SCANIAS ledning. SHK har fått en muntlig redovisning av rapporten och konstaterar att de problem som identifieras där även varit föremål för SHKs granskning. De rekommendationer som förts fram rör i huvudsak befogenheter och ansvarsförhållanden i syfte att kvalitetssäkra arbetsformerna för projektet.

Dessa rekommendationer håller SAAB-SCANIA på att genomföra.

## FMVs luftvärdighetsorganisation

Som ett led i den långsiktiga organisationsutvecklingen inom FMV har FMV: FLYGMATERIEL redan före haveriet tagit fram ett principförslag som innebär att en luftvärdighetsinspektörsfunktion inrättas direkt under chefen för FMV:FLYGMATERIEL. Inspektören föreslås bli en "controller" med uppgift att bevaka hur tillsynen av luftvärdigheten skall tillgodoses både inom och utom FMV. Den långsiktiga utvecklingen kan medföra att samma inspektör dessutom kan komma att få uppgift som materielsysteminspektör vid FMV:FLYGMATERIEL.

CFV har till SHK redovisat att han stöder FMV:s förslag till organisationsutveckling.

Inom FMV:PROV har de arbetsordningar som reglerar uppföljningen av utprovningen vid SAAB-SCANIA omarbetats.

### 1.5 Flygutprovningen

#### 1.5.1 Allmänt

Den inledande flygutprovningen (enveloppöppningen) av en ny flygplanstyp ställer stora krav på den för proven ansvariga organisationen. Ansvarsförhållandena måste vara klara. Det måste finnas en hög organisatorisk och teknisk kompetens. Den tekniska utrustning som används vid utprovningen måste hålla en hög standard. Det övergripande kravet är att verksamheten under hela utprovningen bedrivs så att flygsäkerheten beaktas.

Med envelopp menas här de begränsningar i storheter som fart, höjd, lastfaktor etc, men även av flygegenskaper, väderförhållanden m m som definierar det mångdimensionella rum inom vilket flygsäkerheten kan anses vara under kontroll.

Det berättigade kravet att snabbt utöka provenveloppen måste hela tiden ställas mot återmatningen från tidigare prov så att rätt beslut om fortsättningen fattas.

Envelopppöppningen skall karaktäriseras av:

- Ett provprogram, som i steg definierar envelopppöppningen genom specifika provpunkter.
- En noggrann uppföljning med tillhörande stödsimuleringar och kontrollberäkningar.
- Ett nära samarbete mellan provflygare, provingenjörer och systemkonstruktör.
- Ett provflygplan med mätutrustning som registrerar relevanta storheter och telemetrerar dessa till en markstation för realtidsövervakning.
- Ett regelverk som klart anger vem som avgör när nästa provpass kan utföras med tillfredsställande flygsäkerhet.

### 1.5.2 Simulering

Vid utvecklingen av styrsystemet till JAS 39-1 användes olika typer av beräkningsmodeller för att dimensionera och utveckla flygegenskaper.

Formell verifiering av styrsystemet genomfördes i manöversimulatorn (MASIM) som består av en hydraul- och styrsystemrigg (HS-rigg), fast kabin med enkel omvärldspresentation samt datormodeller för aerodynamik, turbulens, motordragkraft m m.

Resultaten från simuleringarna var avrapporterade och visade - förutom den övergripande slutsatsen att systemet var moget för flygutprovning - att det utförts ett stort antal kontroller av önskade funktioner, att ett stort antal registreringar utvärderats till numeriska värden på styrsystemegenskaperna samt att ett antal svagheter identifierats men inte bedömts behöva åtgärdas före envelopppöppningen.

Rapporten innehöll också sammanfattande kommentarer av två av de provflygare som deltagit i simuleringarna.

### 1.5.3 Planering

Se även delrapporten, bil 1 sid 6

Av det övergripande flygprovprogrammet för den inledande flygutprovningen med JAS 39 framgår en sammanställning och turordning i stort av planerade provpass. Vidare framgår att olika former av prov skulle blandas under provpassen. Fladderprov anges vara ledande för utökning av enveloppen. Inga detaljerade anvisningar med avseende på flygegenskapsutprovning och utvärdering finns i programmet. Däremot finns vissa separata systeminriktade flygprovprogram som innehåller anvisningar beträffande provuppläggning och utvärdering. Detta gäller dock inte programmet för flygegenskapsutprovning.

Målsättningen med flygutprovningen av *styrsystemet* var "att få en snabb återmatning av ev problemområden, kontroll av mät- och utvärderingssystem och metoder samt jämförelse med simulatorresultatet för ev uppdatering av simulatordata". Resultaten från proven skulle "ligga till grund för prioritering av den fortsatta utprovningen".

Därför ansågs flygegenskaperna vara acceptabla om inte problem eller avvikelser noterades i förhållande till MASIM av provflygare eller genom granskning av quick-look-data efter flygning. Först då skulle en djupare analys av mätdata utföras.

Flygprovprogrammet för flygegenskapsutprovning återspeglade ej generellt kända svagheter i simulatoren (t ex landningsfallet) och ej heller refererades till avrapporterade erfarenheter från verifieringen i MASIM. Provprogrammet utarbetades av de provingenjörer som deltog i förberedelser, genomförande och utvärdering av simuleringarna i MASIM och som senare medverkade vid flygproven. Dock saknades en entydig och täckande provmetodik i fråga om utförande, tidsföljder, kontrollstationer och kriterier för utvärdering.

### 1.5.4 Genomförandet av flygutprovningen

Se även delrapporten bil 1, sid 6-9.

Första flygpasset genomfördes i stort sett planenligt med undantag för ett stort antal falskvarningar för fel i bränslemätsystemet. Det dominerande intrycket var att

egenskaperna mycket väl stämde med erfarenheterna från MASIM, men med större känslighet i rollkanalen. Sammanfattningsvis upplevde provflygaren flygegenskaperna som mycket positiva.

Utvärderade mätdata från starten av pass 2 (SPAK-mod) visar att en dämpad tippsvängning förekom under ca fyra sekunder efter lättningen. Provflygarens styrning i roll påverkade hans styrning i tipp. Rollpendlingar förorsakade av sidvind och turbulens efter lättningen gjorde att provflygaren styrde med maximala spakutslag i roll under ca fyra sekunder. Maximal rodervinkelhastighet utnyttjades ett flertal gånger. Kvarvarande stabilitetsmarginal i den förarslutna loopen (både tipp och roll) var liten (3-4 dB).

Under pass 2 inträffade en automatisk nedkoppling till DBU som inte har lika goda egenskaper som SPAK-mod. Passet avbröts. Utvärdering av mätdata från landningen visar en svag tippending under landningsplanén. Provflygaren styrde med relativt stora spakutslag. En stående tippsvängning började under övergångsbågen 8,5 sekunder före sättningen och den var direkt kopplad till provflygarens spakkommandon. Under ca två perioder divergerade svängningen. Därefter övergick provflygaren till "öppen-loop styrning", varvid amplituden stabiliserades. Provflygaren styrde under de sista sex sekunderna före sättningen med mycket snabba och vid åtta tillfällen med maximala spakutslag i tipp. Trots maximalutslagen erhöles inga rate-begränsade roderrörelser. Stabilitetsmarginalen i den förarslutna loopen under övergångsbågen var obefintlig (0 dB).

Provflygarens kommentarer till egenskaperna under DBU-landningen i flygprovprotokoll var:

"Enda svårigheten noterades i tipp i landningens slutskede där övergångsbågen ett par gånger övergick i stigning i stället för sättning. Den relativt höga farten bidrar. - Pilot Rating (en tiogradig skala för betygssättning av flygegenskaper, där 1 är högsta betyg) för landningen blev 5 fram till höjd 15 m och 6 därefter. - Flygplanet upplevdes återigen ha mycket god överensstämmelse med MASIM, vilket underlättade uppläggning och genomförande av landningen i DBU".

### 1.5.5 Förrarplanering

SHK har i delrapporten (se bil 1, sid 6) redogjort för hur de olika förarna var inplanerade för flygning med JAS 39-1.

De tre provflygare som flög 39-1 hade mycket begränsad praktisk erfarenhet av flygegenskapsutprovning. Holmström och Lindholm hade genomgått en begränsad kurs i flygegenskapsutprovning (3 veckor teori och flygning) vid Calspan år 1986. Alla tre hade dock lång erfarenhet av andra typer av provflygning.

Det kan anmärkas att den provflygare som tidigt under utvecklingsarbetet hade ansvaret för styrsystemet och var inplanerad att delta i flygegenskapsutprovningen omkom år 1986.

#### 1.5.6 Vidtagna och planerade åtgärder

##### *Arbetsgrupper ur FMV och SAAB-SCANIA*

Enligt överenskommelse mellan SAAB-SCANIA och FMV tillsattes en arbetsgrupp med uppgift att kritiskt granska enveloppöppningsprocessen och en annan arbetsgrupp med uppgiften att genomföra en granskning och översyn av arbetsmetodiken internt inom SAAB-SCANIA och samarbetet mellan SAAB-SCANIA och FMV (se 1.4.7).

Målsättningen var att komma fram till en modell för en kontrollerad öppning av enveloppen.

Enveloppöppningsgruppen har redovisat uppdraget i en rapport 1989-06-02 och metodikgruppen i en rapport 1989-05-12. Gruppernas förslag redovisas i sammanfattning nedan.

Ett ramprogram för enveloppöppningen bör tas fram inför slutlig luftvärdighetsprovning för JAS 39-2 som bygger på enveloppöppningsgruppens rapport.

Kraven på personella och administrativa resurser bör framgå av kompetensbeskrivningar eller motsvarande.

Restriktioner och restriktionsavveckling bör för de olika systemen klart framgå av systemrapporten. Kraven på återmatning före nästa enveloppöppningssteg bör definieras i förväg.

Kriterier som måste uppfyllas bör i tillämpliga fall framgå av flygprovprogrammet. I fråga om styrsystem- och flygegenskaper krävs dessutom att jämförelse görs med simulatorresultat och beräkningar.

Slutligen föreslår enveloppsöppningsgruppen att behovet av en speciell organisatorisk funktion under enveloppöppningen utreds.

### *SAAB-SCANIAS internutredning*

I SAAB-SCANIAS internrapport (se 1.4.7) har utretts de interna förhållanden som bedöms kunnat ha inverkat på haveriet. De problem som där lyfts fram har även varit föremål för granskning vid SHK.

De rekommendationer som förts fram rör i huvudsak befogenheter och ansvarsförhållanden samt metodiken för identifiering av problem vid utprovning.

Som angetts under avsnitt 1.4.7 håller SAAB-SCANIA på att genomföra rekommendationerna.

## **2 ANALYS**

### **2.1 Kompletterande tekniska undersökningar**

Analysen av stabilitetsmarginalen vid flygningarna med JAS 39-1 visar bl a att:

- Maximal eller nära maximal rodervinkelhastighet har utnyttjats vid samtliga flygpass.
- Vid starten under det andra flygpasset var den kvarvarande stabilitetsmarginalen liten (3-4 dB).
- Vid DBU-landningen under samma pass erhöles en stående tippsvängning under övergångsbågen 8,5 sekunder före sättningen. Under ca två perioder divergerade svängningen. Därefter övergick provflygaren till "öppen-loop styrning" varvid amplituden stabiliserades.

Vid de rekonstruktionsflygningar som skedde i MASIM efter haveriet uppstod i flera fall tippstörningar av samma art som vid haveriet. I några av dessa fall kopplade förarna ner till ABU i ett försök att åter få kontroll över flygplanet. Effekten av nedkopplingen visade sig vara beroende av rodrens och flygplanets läge vid ögonblicket för nedkopplingen.



SFI föreskriver nedkoppling till ABU vid divergens, d v s när flygplanet blir ostyrbart. SHK har uppfattat en viss tveksamhet till användande av ABU. Orsaken till denna tveksamhet har varit att brister funnits i systemlösningen samt att osäkerhet rått om funktionens driftsäkerhet. Att osäkerhet råder kring en tänkt "räddningsplanka" är ej acceptabelt, särskilt som tid för eftertanke i aktuella situationer är mycket kort. Förhållandet har dock inte haft någon inverkan på haveriet.

Flera fristående utländska konsulter granskade styrsystemet i JAS 39-1 inför första flygningen. Hur resultaten från dessa granskningar handlagts har analyserats. Av SAAB-SCANIA vidtagna åtgärder har i en del fall varit mindre väl grundade.

Ovan angivna förhållanden visar på att en sammanhållande instans inom SAAB-SCANIA för all granskning är nödvändig så att alla indikerade problem fångas upp och handläggs på ett riktigt sätt.

## 2.2 JAS-kontraktet

JAS-kontraktet innebär för IG JAS ett åtagande att till fast pris utveckla JAS 39 samt att leverera 30 serieflygplan.

Kontraktskonstruktionen är mycket ovanlig för ett så sammansatt flygplanskoncept som JAS-projektet där t o m viss teknikutveckling intecknades i förväg. Den gängse formen av kontrakt för utvecklingsobjekt av detta slag är att kontrakten i tidiga skeden av utvecklingen är förhållandevis "löst" konstruerade, exempelvis bok- och räkningskontrakt, för att efterhand som utvecklingen fortskrider och slutförs avtalen får allt "fastare" form, exempelvis fastpriskontrakt för viss serieproduktion.

Både FMV och SAAB-SCANIA har för SHK pekat på att avtalets rigorösa form tillsammans med tekniska svårigheter under utvecklingsarbetets gång lett till en del negativa konsekvenser utöver de positiva effekter som avtalsformen medfört.

De redovisade negativa konsekvenserna är bl a:

- Drivkraften att i samverkan söka optimala tekniska lösningar är liten.
- Nödvändigheten av tidiga avtalstolkningar har skapat en "kärv" samverkansmiljö.

- Mera omfattande dokumentationsflöde än beräknat mellan intressenterna.

Enligt SHK har i dessa förhållanden inte inverkat på haveriet. SHK vill dock peka på att avtalskonstruktionen kan medföra att de begränsade inhemska resurser som i huvudsak finns inom FMV och de industrier som deltar i JAS-projektet inte utnyttjas på ett optimalt sätt. Därmed finns en risk för att man hamnar i mindre bra lösningar och konstruktioner. Den "svenska profilen" bygger på samverkan mellan myndigheterna och försvarsindustrin som inte var för sig har råd att hålla sig med kompetens inom alla områden och därför är beroende av varandra för att kunna utveckla komplicerade materielsystem.

### 2.3 Luftvärdighetsarbetet

Den utredning som gjorts efter det att delrapporten lämnades ger inte SHK anledning att riktas kritik mot det sätt på vilket luftvärdighetsarbetet bedrivits fram till den första flygningen med JAS 39-1.

Både FMV och SAAB-SCANIA har emellertid uppgett att rutinerna för luftvärdighetsarbetet varit tungrodda i början av flygutprovningen. SHK har också identifierat brister inom såväl FMV som SAAB-SCANIA i vad avser kompetens, metodik och organisation från och med första flygning, vilket sammantaget lett till att arbetet bedrivits mindre bra vid flygutprovningen på SAAB-SCANIA.

SHK är medveten om vidden och komplexiteten i luftvärdighetsarbetet vid framtagning av ett nytt stridsflygplan på teknikens framkant där luftvärdighetsarbetet måste bedrivas ihärdigt, förutseende och balanserat alltifrån det studier inleds fram till dess flygplantypen avvecklas ur organisationen.

Vad som är nytt och särskilt komplicerat med JAS 39 är mångfalden av systemfunktioner och deras inbördes förhållanden och beroenden, vilket skapat en ny och högre systemnivå jämfört med tidigare flygplantyper.

Mot bakgrund av bl a ovanstående vill SHK betona vikten av att luftvärdigheten bevakas särskilt noga när flygutprovning inleds med ett flygplan med ny och förhållandevis oprövad teknik. Det ställs då stora krav på att de instanser som deltar i provningen kan värdera den information som erhålls från mätdata och provflygaren.

Från luftvärdighetssynpunkt är det också viktigt att det står klart för alla som deltar i flygutprovningen dvs provflygare, systemingenjörer och provingenjörer, att de har skyldighet att slå larm och verka för att flygningen avbryts, om t ex provflygarnas kommentarer eller provresultat innehåller information som visar att flygsäkerheten kan äventyras.

SHK finner vidare att FMV inte har förmått klargöra för SAAB-SCANIA vad FMV:s roll som luftvärdighetsmyndighet innebär. Exempelvis framgår av SAAB-SCANIA:s redovisning att SAAB-SCANIA inte har förstått det övergripande flygprovprogrammets betydelse för luftvärdighetsprovningen. SHK konstaterar också att FMV alltför okritiskt litat på SAAB-SCANIA:s egna möjligheter att svara för sin del av luftvärdighetsarbetet.

SHK har tagit del av alla inblandade parter överväganden och förslag som redovisats i de problemorienterade analyser som genomförts med anledning av haveriet och delrapportens förslag. SHK konstaterar att föreslagna åtgärder är i överensstämmelse med de slutsatser som SHK kommit fram till.

FMVs förslag att inrätta en luftvärdighetsinspektion direkt under chefen för FMV:FLYGMATERIEL med kontrollansvar över luftvärdighetsarbetets bedrivande såväl inom som utom FMV bedömer SHK som ändamålsenligt för det fortsatta samarbetet mellan SAAB-SCANIA och FMV.

SHK konstaterar således att de överväganden och förslag till åtgärder som FMV och SAAB-SCANIA i de redovisade utredningarna kommit fram till pekar i rätt riktning från luftvärdighetssynpunkt. SHK vill dock betona vikten av att föreslagna åtgärder inte stannar vid förslag utan att de även omsätts i praktiken.

#### 2.4 Flygutprovningen

Det övergripande kravet vid en enveloppöppning är att verksamheten utformas så att flygsäkerheten tillgodoses. De krav som detta ställer på ansvarsförhållanden, organisation, teknisk kompetens, övergripande program, styrning och samordning m m står inte att finna på ett klart och definierat sätt.

Utvecklingen av styrsystemet har huvudsakligen genomförts med hjälp av olika teoretiska beräkningsmodeller. Utvecklingssimuleringar har utnyttjats i alltför begränsad omfattning, bl a beroende på begränsade simulatorresurser.

Simulatorsystemet MASIM var det hjälpmedel som användes för att så långt som det var möjligt visa att flygegenskaperna var acceptabla för att öppna enveloppen och att styrsystemet var dimensionerat så att tillräckliga marginaler fanns för de storheter som begränsade systemets prestanda (t ex roderutslag, rodervinkelhastighet, tidsfördröjningar, förstärknings- och fasmarginaler etc).

Det är nödvändigt att konstruera simulatormed så god förarmiljö att en provflygare får möjlighet att bedöma flygegenskaperna med god noggrannhet och repe-terbarhet. Simulatormed bör vara uppbyggd i form av en kabinattrapp med omvärldspresentation, typlika reglage för styrsystems- simulerings samt presentation för att kunna utföra styruppgifter.

MASIM har en fast kabin. Omvärldspresentationen i MASIM är av enkelt men acceptabelt utförande. Reglagen för styrsimulering är typlika. Sammantaget innebär utformningen av MASIM att den i allt väsentligt uppfyller de krav som kan ställas. Vissa simuleringar, t ex landnings- simulerings i kytigt väder, blir dock mindre verklighetstroga än andra.

När man påbörjade flygutprovningen visste man således att simulatormed hade begränsningar som kunde dölja egenskaper som påverkade flygsäkerheten beträffande ett så dimensionerande flygtillstånd som landningen. Ett sätt att skapa större säkerhet i landningssimuleringen är att simulera detta i luften. Detta genomfördes också för JAS 39 med hjälp av ett amerikanskt företag, Calspan, i ett specialbyggt flygplan, dock på ett tidigt stadium och med ett ofullständigt styrsystemunderlag.

Utprovningen i simulatormed och flygprov måste stödja varandra under enveloppenöppningsfasen. För att förstärka förtroendet för simulatormed behöver man kunna visa att flygplanet uppför sig i luften på det sätt som provflygaren upplevt det i simulatormed. Flygprovprogrammet synes utom vad beträffar enveloppen och reglerna för DBU och ABU ej vara påverkat av resultatet från valideringen i MASIM.

Då det är av största vikt att ha ett fungerande styrsystem med tillräckliga marginaler till instabilitet och pilot induced oscillation (PIO) måste styrsystemenveloppen öppnas med försiktighet. Små stabilitetsmarginaler kan vara dolda för provflygaren och kan därför endast upptäckas och kontrolleras med mätdata.

Systemet har flera styrytor som delvis kan ersätta varandra. Enstaka "rate stall" är därför inte en entydig varningssignal.

I det styrsystem som används i JAS 39 blandas provflygarens kommandon med de stabilitetskommandon som datorn ger. Detta innebär att varken provflygaren eller stabiliseringssystemet har tillgång till hela styrsystemets auktoritet.

För enveloppöppningen bör allmänna restriktioner sättas i förväg på bl a:

- Bankonditioner, vindstyrkor, sidvindskomponenter, molnhöjd, turbulens etc.
- Tillåtna manövrer, tyngdpunktslägen, yttre last etc.

Detta lägger en kraftig hämsko på utprovningen, men kraven kan lindras i den takt som proven visar att det finns marginaler för detta.

Samtliga provflygare har noterat varierande grad av problem med styrningen i rolled. Efter pass två infördes en vindrestriktion i förarinstruktionen eftersom provflygare och systemkonstruktören gemensamt bedömde att rollproblemen genererades av vindstörningar. Denna restriktion, som ungefär motsvarade de vindförhållanden som rådde under pass två i kombination med öppen-loop styrning i roll bedömdes göra problemet hanterbart i avvaktan på ett förbättrat styrsystemprogram.

Vid landningen i pass två styrde provflygaren med mycket hög förstärkning och maximala spakutslag i tipp. Ca åtta sekunder före sättningen började en divergerande PIO i tipp, som provflygaren hävde genom öppen-loop styrning. Provflygaren har inte förmått att analysera eller förmedla det kritiska förloppet under landningen vid debriefingen.

De problem vid starten i pass två som påtalades av provflygaren föranledde ingen fördjupad analys av mätdata trots att egenskaperna avvek från resultaten i simulatorn. Inte heller analyserades mätdata från landningen, trots att den genomfördes i DBU (reservmod) som vid simuleringar fått relativt dåliga omdömen av provflygarna.

Någon i förväg programlagd utvärdering av mätdata med avseende på dimensionerande prestanda och stabilitetsmarginaler i styrsystemet har inte genomförts.

Internationell jämförelse och även jämförelse med tidigare genomförd enveloppöppning på fpl 37 och SF 340 visar att man normalt endast använder två-tre

provflygare under den inledande flygutprovningen. Av dessa provflygare skall minst en, helst två, vara specialutbildad på flygegenskapsutprovning till en nivå motsvarande den som erhålls vid provflygarskolor för att rätt kunna planera, utföra och värdera flygegenskapsprov i nära samverkan med systemkonstruktörer och provingenjörer. Även provingenjörerna bör ha motsvarande utbildning inom sitt område.

Ovanstående principer bedöms ha varit kända både inom FMV och SAAB-SCANIA, varför planerat val av provflygare och att en tredje provflygare flög redan sjätte passet är anmärkningsvärt.

Sammanfattningsvis konstaterar SHK att det funnits brister beträffande genomförande av flygutprovningen och att dessa brister behandlats i de av FMV och SAAB-SCANIA tillsatta arbetsgrupperna. Liksom SHK framhållit i avsnitt 2.3, betonas vikten av att föreslagna åtgärder omsätts i praktiken.

### 3 SLUTSATSER

- Resultaten från de kompletterande tekniska undersökningarna som redovisas i bilaga 2 har inte visat på någonting som ger SHK anledning att revidera den haveriorsak som anges i delrapporten.
- Kritik kan inte riktas mot det sätt på vilket luftvärdighetsarbetet bedrivits fram till första flygning med JAS 39-1.
- Luftvärdighetsarbetet har bedrivits mindre bra från första flygningen.
- FMV har inte uppträtt tillräckligt kraftfullt och tydligt i rollen som luftvärdighetsmyndighet.
- Planeringen av enveloppöppningen har varit ofullständig.
- Rollfördelningen mellan provflygare, provingenjörer och systemkonstruktörer har inte varit tillräckligt väl definierad.
- Utvecklingssimuleringar i experimentellt syfte för styrsystemet har utnyttjats i alltför begränsad omfattning.
- Verifiering av styrsystemet i JAS 39-1 har inte genomförts i flygande simulator.



- Mätdata har ej utvärderats tillräckligt vare sig på ett i förväg planerat systematiskt sätt eller när problem har indikerats.

- Provflygningarna hade sannolikt avbrutits i avvaktan på ett reviderat styrsystemprogram, om mätdata från starten och landningen under pass 2 hade utvärderats med avseende på stabilitetsmarginaler, tidsfördröjningar, ratebegränsningar i styrsystemet och provflygarens spakarbete.

- Bland provflygarna för de första sex passen fanns ingen med tillräcklig utbildning för flygegenskapsutprovning.

- För många provflygare (tre) var engagerade under de första sex passen.

#### 4 REKOMMENDATIONER

I den tekniska rapporten har lämnats ett antal förslag till åtgärder som syftar till att öka flygsäkerheten under typarbetet. SHK har övervägt att höja upp dessa förslag till rekommendationer.

SHK har också övervägt om de brister som SHK konstaterat beträffande luftvärdighetsarbetet och flygutprovningen motiverar rekommendationer.

Under förutsättning att föreslagna åtgärder genomförs finner dock SHK vid en samlad bedömning att påtalade brister är omhändertagna på ett sådant sätt inom såväl FMV som SAAB-SCANIA att det inte från flygsäkerhetssynpunkt är påkallat att lämna CFV några rekommendationer.

1989-03-15

Bilaga 1  
JAS 39 4/89

DELRAPPORT

Chefen för flygvapnet  
och sändlista

## JAS 39-1-haveriet 1989-02-02

Statens haverikommission (SHK) får härmed avge delrapport över rubricerade haveri.

De experter som medverkar i utredningsarbetet ansluter sig till kommissionens överväganden och slutsatser.

Olof Forssberg

Rune Lundin

**Sändlista:**

Chefen för Försvarsdepartementet (ej bilagan)  
Överbefälhavaren (ej bilagan)  
Försvarets Materielverk  
Industrigruppen JAS

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
1. <b>Inledning</b>	1
2. <b>Faktaredovisning</b>	2
2.1          Händelseförloppet	2
2.2          Flygplanet	2
2.3          Föraren	3
2.4          Personskador	4
2.5          Skador på flygplanet	5
2.6          Vädret	6
2.7          Flygutprovningen	6
2.8          Teknisk utredning	9
3. <b>Analys</b>	10
3.1          Händelseförloppet	10
3.2          Teknisk funktion	11
3.3          Flygutprovningen	14
4. <b>Slutsatser</b>	14
4.1          Undersökningsresultat	14
4.2          Haveriorsak	15
5. <b>Rekommendation</b>	15
6. <b>Fortsatt utredning</b>	15
<b>Bilaga</b>	Teknisk delrapport (Hemlig, endast till CFV, FMV och IG JAS)

## 1 INLEDNING

SHK underrättades 1989-02-02 ca kl 12.30 om att provflygplanet JAS 39-1 samma dag kl 11.27 havererat vid landning på SAAB-fältet i Linköping.

Händelsen utreds av SHK som företräds av generaldirektör Olof Forsberg, ordförande och överstelöjtnant Rune Lundin, utredningschef.

SHK biträds av följande experter:

Överstelöjtnant Johan Gille	FMV:PROV
Överste MedK Hans Hjort	FS
Öing Staffan Näsström	FMV:FUH
Flygdirektör Jan Wikström	FMV:PROV
Öing Roland Scott	FMV:FLYGPLAN
Major Mats Nilsson	FMV:PROV
Flygdirektör Björn Johansson	FMV:PROV
Byrådirektör Bengt Landervik	FMV:PROV

Som intressenter ur SAAB-SCANIA deltar:

Ingenjör Lars Mebius  
Ingenjör Sven-Erik Jeppsson

Som skyddsombud ur SAAB-SCANIAS provningsavdelning deltar provflygare Weikko Sunell.

SHK har hittills sammanträtt:

1989-02-02--03	i Linköping
1989-02-08	i Stockholm
1989-02-09	i Linköping
1989-03-08--10	i Rimforsa

SHK har tidigare överlämnat preliminär rapport 1989-02-03 och information om haveriet 1989-02-09.

Kommissionens arbete har hittills inriktats på att klarlägga händelseförloppet och med hjälp av registreringar under landningsfasen försöka finna haveriorsaken.

Arbetet har bedrivits skyndsamt och resultat från alla undersökningsuppdrag föreligger ännu inte.

## 2 FAKTAREDOVISNING

### 2.1 Händelseförloppet

Provflygplanet JAS 39-1 startade 1989-02-02 kl 10.36 från SAAB, Linköping för en provflygning.

Provflygningen förlöpte normalt och helt enligt det planerade programmet fram till landningsfasen. Under landningsplanén kom flygplanet i pendling i rolled. Föraren parerade störningarna med små till måttliga spakutslag i roll. På låg höjd ökade föraren spakutslagen till maximala för att parera rollpendlingarna. På 15-10 meters höjd började flygplanet pendla också i tipped. Föraren försökte parera pendlingarna med spakutslag i tipp vilka snabbt ökade till max utslag. Pendlingarna i tipp divergerade, varför föraren försökte att dra på och gå om genom att tända efterbrännkammaren. Flygplanet slog dock i banan med vänster vingpets och huvudställ samt nospartiet. Strax därefter gjorde föraren ett försök att skjuta ut sig men greppade på fel ställe efter utskjutningshandtaget. Flygplanet kanade därefter av banan under våldsamt rotation i rolled och blev liggande på rygg ca 85 m från banan.

Flygplatsens räddningsstyrka var snabbt på platsen, släckte en mindre bränslebrand i motorns utloppsdel och hjälpte föraren ur flygplanet.

Föraren ådrog sig en fraktur i vänster armbåge och diverse muskelsträckningar.

### 2.2 Flygplanet

Provflygplan JAS 39-1 flög första gången 1988-12-09 och hade 5,3 timmars flygtid vid haveriet. Motor RM12 nr 755046-2G har 38 timmars drifttid i flygplanet, varav 33 minuter med tänd efterbrännkammare. Under flygningen vilken var den sjätte var flygplanet försett med en blind robot 74 i varje vingpetsbalk och - för första gången - med kamerakapsel på den centrala kroppsbalken.

Förarna har i samband med de fem första flygningarna gjort totalt 16 anmärkningar. Efter den första flygningen har 14 modifieringar införts i flygplanet.

För flygplanet fanns en speciell förarinstruktion (SFI).

## 2.3 Föraren

### 2.3.1 Bakgrund

Föraren, Lars Rådeström, som är född år 1944, har följande flygbakgrund:

År	Flygtjänst	Förband	Infly fpltyp
1962	GFU	F5	SK50, SK och J28
1963	Fältflygare GFSU, Jakt	F10	J34, SK16
1966	Flyglärare FIK	F5	SK60
1971	Fältflygare	F10	SK och J35
1977	Provflygare	FMV:PROV	AJ, S, SK och JA37 A och J32, SK61 Hkp 2, 5 och 6
1984	Provflygare	SAAB	SAAB 340, Baron MFI 15

Rådeström har därutöver varit uppvisningsförare på JA37, bl a i Farnborough.

Han har av sina kollegor bedömts vara en lugn, noggrann och ambitiös person. Som pilot anses han som mycket duktig. Han flyger mjukt och med stor precision samt har alltid visat mycket gott omdöme.

Rådeström har tidigare inte varit utsatt för haveri eller annat allvarligt flygtillbud.

### 2.3.2 Flygtrim

Rådeströms totala flygtid enligt besättningskort från 1989-02-03 uppgår till 4 032 timmar, varav 24 timmar under de senaste sex månaderna.

Rådeström har också civilt trafikflygcertifikat (B+I) och helikoptercertifikat. Fram till haveriet hade han civil flygtid av totalt ca 400 timmar, främst på SAAB 340 och Beachcraft Baron. De senaste sex månaderna har han 37 timmar på dessa typer och tio timmar på helikopter Hughes 300.

### 2.3.3 Utbildning som provflygare

För utbildningen av provflygare under första flygperioden fanns en av Saab fastställd utbildningsplan.



Rådeström har deltagit i projektarbetet för JAS inom följande specialområden:

- Hjälpkraftsystem
- Räddningssystem
- Luftsystem
- Bränslesystem
- Mätsystem
- Minneslistor

Rådeström har ansvarat för utformningen av förarinstruktionen för dessa system och i övrigt deltagit i det mycket omfattande arbetet att slutligt utforma och granska SFI för JAS 39-1.

Han har medverkat i ett stort antal simuleringar i presentations- och manövreringssimulatore (PM-simulatore). Under hösten 1988 har han flugit ca 30 timmar i manöversimulatore (MASIM) (styrsystemutveckling). Det aktuella passet förtränaades i MASIM under vecka 4 innevarande år.

Rådeström har under hela projektarbetet tagit del i arbetet med kabinutformning och i granskningar av kabinattrappen och den verkliga kabinen.

Veckan före flygningen har han vid två tillfällen suttit i JAS 39-1 och fått totalt ca två timmars sitskännedom.

Rådeström har genomfört tre motorkörningsprov på marken.

Han genomförde 1989-02-01 ett pass markrullning som omfattade motorstart, mätdatainmatning, taxning och markrullning upp till 200 km/tim.

Som ansvarig för räddningssystemet har Rådeström deltagit i flertalet av alla stolgranskningar, hängningsprov med selen, parasail samt utbildning i styrning av fallskärmskalotten.

Flygningen som slutade med haveriet var Rådeströms första flygning med JAS 39-1. Någon specifik förarträning var inte inplanerad och genomfördes inte under flygpasset.

#### 2.4 Personskador

Rådeström var godkänd avseende medicinsk tjänstbarhet för JAS 39-1 fr o m 1988-06-21. Vidare var kraven på fysisk och psykisk hälsa uppfyllda enligt flygvapnets ordnings- och säkerhetsföreskrifter för flygtjänst.

Vid markkollisionen erhöill han ryggsmärtor samt under det fortsatta haveriförloppet en skada på vänster armbågsled och diverse muskelsträckningar. Efter bärgning och medicinskt omhändertagande av läkarlag (kommunala räddningstjänsten) fördes föraren till sjukhus. Röntgenundersökning av bl a kotpelare visade därvid normalförhållanden, däremot konstaterades en urlidvridning av vänster armbågsled samt mindre fraktur.

Efter behandling och observation utskrevs Rådeström i gott skick och återgick 1989-03-06 i flygtjänst.

## 2.5 Skador på flygplanet

Vid flygplanets islag mot banan skadades yttre delen av vänster vinge samt knäcktes vänster huvudställ och nosstället. När nosen träffade marken, lossnade nosdelen samt skadades nospartiets undre del och de där placerade apparaterna. Under rotationen efter islaget skadades huvud- och nosvingar samt fenan medan kroppen klarade sig utan större skador.

Huvuglasets var intakt ända tills flygplanet stannade på rygg, då vänstra övre delen krossades. Förarkabinen erhöll endast små deformationer.

Motorn hade sugit i sig en stor mängd jord. Några yttre skador konstaterades inte.

Den mindre bränslebrand som släcktes i motorns utloppsdel orsakade inga skador på flygplanet.

Med hänsyn till skadorna bedömer SHK flygplanet som totalhavererat.

## 2.6 Vädret

Prognos för Saab/Malmen utfärdad av väderavdelningen på Malmen angav:

Vind 250°, 25–35 km/t. Sikt 10 km, ökande till 30 km. 3–5/8 cirrusmoln på hög höjd. QNH 1021. Vidare framgår att förutsättning för isbildning eller blixn inte fanns i den flygna enveloppen.

Vid tiotiden drev icke förutsedda stratocumulusmoln med molnbas 5–600 m in över Linköpingsområdet.

Flygledaren vid Saab angav vinden under fm enligt följande: Riktning 260°–290°, styrka 25 ±3 km/t. Stabil i riktning och styrka.

SMHI, som på SHKs uppdrag gjort en vindutredning, har i fråga om vindförhållandena vid Saab-fältet dragit slutsatsen att medelvinden varit ca 25 km/t, att någon vindby uppgått till ca 43 km/t och att luften i gränsskiktet upp till ca 600 m varit turbulent och väl blandad.

Beräknade vinddata ur JAS 39-1 mätdata och den film som satt i kamerakapseln, anger för de 30 sista sekunderna före haveriet följande:

- \* Medelvind ≈ 30 km/t
- \* Vindvariation ≈ 14 km/t
- \* Max vindby ≈ 45 km/t
- \* Max sidvindskomponent ≈ 30 km/t

- \* Ca 10 sekunder före haveri avtar vinden under ca 3 sekunder från 30 km /t till 14 km/t.
- \* Ca 4 sekunder före haveri vrider vinden under 1 sekund från 250° till 285° och ökar från ≈ 18 km/ till ≈ 29 km/t.

## 2.7 Flygutprovningen

### 2.7.1 Planering av 1:a flygperioden och genomförande pass 1-5

Ändamålet med 1:a flygperioden anges i det övergripande flygprovprogrammet enligt följande:

"Att på snabbaste sätt komma fram till full fartenvelopp med hänsyn till fladderfrihet, säkra systemfunktioner och acceptabla egenskaper i övrigt".

Syftet var främst att kartlägga problemområden/prestanda och endast lösa problem som krävde åtgärd före fortsatt enveloppöppning eller av flygsäkerhetsskäl.

Det är mycket svårt att med fastställda provprogram bilda sig en klar uppfattning om på vilket sätt och i vilken tidsföljd proven var tänkta att utföras, eftersom det övergripande programmet anger att avsikten var att blanda olika provmoment ur olika delsystemprogram för att uppnå maximal effektivitet.

Även delsystemprogrammen är svårtolkade eftersom de normalt endast beskriver vad som skall provas utan att i detalj ange hur det skall gå till och i vilken tidsföljd det skall ske.

Under första flygprovperioden (ca 33 pass) var det inplanerat att fyra provflygare ur SAAB och två provflygare ur FMV skulle flygas in.

Att chefsprovflygaren militära flygplan, Stig Holmström, skulle flyga 1:a passet ansågs som självklart, och var meddelat till massmedierna sedan lång tid tillbaka.

Som andreman var Arne Lindholm inplanerad sedan det stod klart att Jård Gisselman (ansvarig för flygegenskaper och styrsystem, pf-skola) skulle sluta vid SAAB under våren 1989.

FMV hade som sin förste provflygare utsett major Mats Nilsson (ansvarig för flygegenskaper och styrsystem, pf-skola). Nilsson var inplanerad att flyga flygegenskapspass nr 2, JAS-pass nr 9 enligt ursprungsplaneringen.

Rådeström var inplanerad som nr 3 av SAABs provflygare.

Ovanstående planering var känd och accepterad av FMV. Dock fördes informella samtal mellan provflygavdelningarna vid SAAB och FMV där man ansåg att Gisselman borde utnyttjas några pass, eftersom han bedömdes ha de bästa kunskaperna om flygegenskaper och styrsystem bland provflygarna på JAS 39. Detta önskemål avvisades av utprovningssledningen.

Av flygprovprotokollet från 1:a passet framgick att det fanns rollproblem, som man sedermera kunde härleda till yttre störningar.

Starten pass 2 beskrevs i flygprovprotokollet enligt följande: Omedelbart efter lättning uppstod svårigheter att parera vindbyar (kytt) som orsakade störningar, främst i roll. Störningarna uppträdde som snabba, stötiga rollattitydändringar. Blandat med förarens ev överkorrektioner, flygplanets mycket snabba rollrespons och viss fördröjning i styrningen blev resultatet rörelser som var svåra att förutse och kontrollera. Som omedelbar åtgärd rekommenderades att reducerad rollkänslighet provas, samt att försvårande vindförhållanden t v undviks.

Landningen pass 3 beskrevs i protokollet på följande sätt: Vid fartreduktion och plané uppstod rollproblem. Efter ställutfällning och fartminskning till fart motsvarande  $\alpha \approx 10^\circ$  ökade störningen markant. Planén från avstånd 10 km upplevdes som klart besvärlig p g a rollkanalen. Detta trots att flygplanet i tipp, gir och delvis fart var mycket stabilt och där krävde lite arbete. Momentant upplevde föraren att han inte hade kontroll över flygplanet i roll. Då problemet tilltog med sjunkande fart bibehölls  $\alpha 10^\circ$  till utflytning. Sättning gjordes efter en lång utflytning.

Passage genom ändvirvlar i pass 4 beskrevs på följande sätt i protokollet: Svängväxling avbröts efter passage genom ändvirvel på 4–500 m avstånd. Öväntad stor och snabb störning uppkom på hela flygplanet (tipp + rollstörning).

Enligt provflygarna hade de på debriefingen efter passen beskrivit dessa egenskaper i enlighet med provflygprotokollen, men inte ställt några krav på utvärdering före fortsatt flygning. Provflygarna bedömde efter teknisk redovisning av hur girstörningar överförs till rollkanalen att den införda vindrestriktionen (se nedan) i kombination med att förarna kände till problemet och därmed tillämpade en anorlunda styrteknik, s k öppen-loopstyrning, var tillräckligt för att hantera problemet från flygsäkerhetssynpunkt. Några tippproblem bedömdes inte finnas i spakmod.

Från ingenjörssidan på flygprov har man under debriefingen inte uppfattat provflygarnas redovisningar av flygegenskaperna som alarmerande. Formuleringarna i flygprovprotokollen, som man fått ta del av först efter haveriet, anser man vara mer alarmerande och skulle möjligen ha lett till en fördjupad utvärdering om de varit kända. Efter pass 1 gjordes en jämförelse med simulatorresultat som visade stor överensstämmelse.

Efter starten pass 2 som upplevdes som orolig vid TV-följningen från mätcentralen gjordes en "quick-look" på mätdata utan att man fann något anmärkningsvärt. Någon fördjupad analys gjordes inte eftersom man litade på provflygarnas bedömning att problemen var hanterbara med den införda vindrestriktionen och öppen-loopstyrningen.

Efter landningen pass 3 förstärktes uppfattningen att det inte fanns några grundläggande systemfel eftersom provflygaren klart identifierat problemet som vindstörningar och inte PIO (Pilot induced oscillation = förarinducerad svängning).

Systemingenjörerna som följt utprovningen och konsulterats som experter har delat provsidans bedömningar att inga grundläggande problem fanns. Systemsidan har fått del av flygprovprotokollen direkt efter utgivningen och anser inte att däri fanns information som inte förmedlades under debriefing.

Som komplement till verbala kommentarer om flygplanets egenskaper har provflygarna betygsatt dessa enligt den s k Cooper-Harperskalan (CHR). Denna betygsmall anger som en grundläggande förutsättning att piloten måste ha en mycket väl definierad uppgift att betygsätta, där bl a "adequate" och "desired performance" måste finnas angivna. Både Holmström och Lindholm var utbildade och vana att använda denna mall.

I flygprovprogrammet för flygegenskaper finns klart definierade uppgifter för t ex landning, roteflygning och siktning.

I flygprovprotokoll finns många betyg avgivna utan att uppgift och krav är klart angivna eller framgår av flygprovprogrammet.

På uppdrag av Holmström analyserades bl a rolltidskonstanten och tidsfördröjningar i rollkanalen. Denna handskrivna och informella utvärdering sändes ut två dagar före haveriet. I denna påtalades även att maximala rodevinkelhastigheter uppnåtts vid flera tillfällen. Rapporten föranledde inga omedelbara reaktioner.

Efter pass 2 då provflygarna bedömde att flygplanet var rollkänsligt, rekommenderades att reducerad rollkänslighet skulle provas samt att försvårande vindförhållanden t v skulle undvikas. Detta resulterade, efter teknisk förklaring till problemet, i att provflygararna gjorde bedömningen att max vind skulle motsvara det flugna fallet ( $270^\circ/37$  km/t enligt flygledaren). Max acceptabel byighet bedömdes till  $\pm 10$  km/t och max sidvindskomposant till 20 km/t. En vindrestriktion infördes i SFI. Samtidigt påbörjades systemarbete med att åtgärda rollkänsligheten.

Lindholm som flög pass 3 med lägre vindstyrka men större sidvindskomposant ( $210^\circ/15$  km/t enligt flygledaren) upplevde dessa vindförhållanden som besvärliga p g a rollproblemen. Han bedömde vindrestriktionen som "tuff", men krävde ingen ytterligare sänkning.

Efter pass 4 och 5 (vind  $260^\circ/11$  km/t,  $270^\circ/12$  km/t) har båda provflygarna (Holmström och Lindholm) snarare känt sig stärkta i sin uppfattning att restriktionen "låg rätt" än tvärtom.

En del av problemen under tidigare pass bedömdes bero på ovana med den speciella styrtekniken. Det bedömdes att en förare snabbt lärde sig att kompensera för ofullkomligheterna vid vindbystörningar.

## 2.7.2 Planering och genomförande av pass 6

Pass 6 var ett extra pass som tillkom för att kontrollera en åtgärd mot vissa falskvarningar i bränslesystemet som JAS 39-1 haft allt sedan markrullnings-



proven. Rådeström valdes som pilot eftersom han var systemansvarig bland SAABs provflygare för bränslesystem samt var inplanerad som provflygare nr 4.

För pass 6 var utgett dels ett flygprovprogram "JAS 39-1. Bränslesystem. Test av tanktrycksättning", 1989-01-12, dels ett mera detaljerat program, daterat 1989-01-24.

Rådeström visste att han skulle flyga pass 6 ca en vecka före den aktuella flygningen och flög - som tidigare nämnts - igenom passet i MASIM.

Genomgång av passet med provledare och följeförare (Lindholm i en J32 och Gisselman i en SH37) hölls fm 1989-02-01. På tekniska problem sköts passet till 1989-02-02 då en förnyad genomgång hölls efter den ordinarie väderbriefingen.

Under tiden fram till flygningen har aktuell vind kontrollerats ett flertal gånger med flygledaren på SAAB.

Under fm före passet arbetade Rådeström med en ny minneslista som var förändrad av ändring nr 8 till SFI 39-1 som utgavs 1989-02-02.

Under istigning, fastspänning och uppstartning har Rådeström av personal som såg och talade med honom bedömts som koncentrerad och inte stressad.

Passet genomfördes enligt programmet (några moment utgick på tidsbrist) utan problem. Rådeström var under passet lugn och genomförde alla uppgifter snabbt och noggrant.

Ingen speciell genomgång av det kända rollproblemet genomfördes i direkt anslutning till flygningen. Den något annorlunda styrteknik som krävdes ansågs vara väl känd av Rådeström eftersom han deltagit i debriefingar efter pass 1-5 samt deltagit i de diskussioner som förts om problemet. Under förträning i MASIM har tekniken att flyga "öppen-loop" vid rollstörning varit uppe till diskussion.

## 2.8 Teknisk utredning

En uttömmande teknisk utredning, som är hemlig finns i bilagan. Här ges bara en beskrivning av styrsystemet och en redogörelse för uppläggningsen av den tekniska utredningen.

Flygplan JAS 39 är utrustat med ett digitalt elektriskt styrsystem. Styrsystemets två huvudfunktioner är att:

- \* Alstra och överföra automatiska styrsignaler som stabiliserar bl a det i tippled aerodynamiskt instabila grundflygplanet.
- \* Överföra flygförarens styrkommandon.

Den centrala delen av styrsystemet utgörs av en elektronikenhet. Denna enhet består av tre redundanta digitala kanaler samt för reservfunktion tre redundanta analoga kanaler. Elektronikenheten kommunicerar med flera flygmekaniska givare, samt andra i flygplanet ingående elektroniksystem. Med information från dessa givare och elektroniksystem som grund görs styrlagsberäkning med hänsyn

till flygfas, fart m m. Styrsystemet försörjs av flygplanets el-, hydraul- och luftsystem.

Flygplanets primära styrytor består av yttre och inre vingroder, nosvingar samt sidroder. Till sekundära styrytor räknas framkantklaff (ej inkopplad i JAS 39-1) och luftbroms.

Flygföraren styr flygplanet med hjälp av en centralt placerad liten styrspak (s k ministic) samt konventionella pedaler. Styrspaks- respektive pedalutslag avkännes av lägesgivare som alstrar en elektrisk signal till styrsystemets elektronikenhet för beräkning och styrning av styrytor. Beroende på flygfas - start, landning, manöver etc - optimeras styryornas lägen för att ge en flygplanrespons svarande mot vad flygföraren har kommenderat. De i styrsystemets elektronikenhet alstrade styrsignalerna för stabilisering används kontinuerligt och även dessa påverkar således styryorna.

Omedelbart efter haveriet hördes föraren och det mycket omfattande mätdata- och filmunderlag som fanns tillgängligt granskades. Det framstod därvid som mycket sannolikt att styrsystemet och dess funktion skulle komma att inta en central plats i den tekniska utredningen.

Arbetet indelades därför i två avsnitt, med olika tidsplaner och med olika prioritet på utredningsarbetet, nämligen en bred och heltäckande utredning och en upp- snabbad styrsystemutredning.

En mängd utredningsuppdrag lades ut till olika expertinstanser.

Under hela kraschförloppet har vissa data registrerats i det kraschskyddade minne (KSM) som för första gången användes i ett militärt flygplan.

### 3 ANALYS

#### 3.1 Händelseförloppet

När flygplanet kom in för landning visar beräkningar som bygger på data registrerade i JAS 39-1 att den aktuella vindstyrkan överskred de värden som var angivna i prognosen respektive rapporterad från flygledaren. Detta innebar att flygplanet utsattes för svårare vindförhållanden än som gällande restriktion medgav. (Max sidvindskomposant överskreds med ca 10 km/t, max vindstyrka överskreds med ca 5 km/t och max vindvariation överskreds med ca 4 km/t.) Av SMHI:s utredning framgår att luften i gränsskiktet upp till ca 600 m höjd dessutom varit turbulent.

På grund av vindens inverkan på flygplanet har det på finalen fått mycket frekventa rollpendlingar. Denna typ av rollstörning orsakades av en kraftig gir-roll koppling i styrsystemet. Denna effekt var känd från de tidigare provflygningarna men bedömdes då vara kontrollerbar genom den efter pass 2 införda vindrestriktionen och användning av öppen-loopstyrning.



När föraren på låg höjd försökte parera de kraftiga rollstörningarna nådde han snabbt de i styrsystemet inlagda kommandobegränsningarna. Detta upplevdes av föraren som tidsfördröjningar.

Dessa tidsfördröjningar, tillsammans med en relativt hög rollvinkelacceleration (kort rolltidskonstant) gjorde att föraren inte kunde kontrollera rollpendlingarna och inducerade en svängning med inledningsvis divergerande rollvinkel. Detta drev med stor sannolikhet upp förarens spakarbete och förstärkning till en mycket hög nivå.

När föraren samtidigt på 15–10 meters höjd upplevde att flygplanet låg något för högt, gav han ett litet spakutslag framåt. Närheten till marken och därmed en ökande anspänning hos föraren gjorde att han upplevde att han inte fick någon respons på detta spakutslag. Därför ökade han snabbt sitt spakutslag framåt till mer än halvt tillgängligt utslag. En divergerande tipp Rörelse startade nu som föraren försökte häva med flera max spakutslag i tipp. Efterhand som tipp Rörelsen divergerade nådde flera roder sina max rodervinkelhastigheter.

Föraren hade med hänsyn till den låga höjden ingen möjlighet att häva förloppet och undvika haveriet.

### 3.2 Teknisk funktion

Sammanfattningsvis visar utredningsresultaten att provflygplan JAS 39-1 i alla relevanta tekniska avseenden fungerat utan anmärkning vid haveritillfället och att styrsystemet uppträtt på ett för provflygplanet avsett sätt (typenligt).

I enlighet med vad som sagts har dock flygplanet kommit in i en ökande svängning i tippled i ett sent skede av landningen, som inte varit kontrollerbar.

Detta förhållande har genererat följande frågor:

- Var aerodynamik och tyngdpunkt normala för flygplanet?
- Var styrsystemet och dess angränsande system i full och normal funktion under inflygning för landning och omedelbart före haveriet?
- Vilka var flygplanets flygegenskaper vid haveriet?
- Hur kunde svängningarna i tippled uppstå?
- Vilka signifikanta parametrar har påverkat förloppet?

Genom olika undersökningar har det kunnat konstateras att flygplanets massa, tyngdpunkt och aerodynamiska egenskaper varit typenliga för JAS 39-1. Som exempel kan nämnas att den kamerakapsel, som var monterad på flygplanet för första gången, inte haft någon nämnbar effekt på flygegenskaperna.

Vad gäller funktionen hos de angränsande systemen till styrsystemet kan konstateras att försörjning och informationsutbyte har varit helt normala. Det granskade mätunderlaget är mycket omfattande och vältäckande varför säkerheten i uttalandet om normal funktion i försörjning och kommunikation med angränsande system måste anses mycket stor.

Det finns ingenting som tyder på att styrsystemet varit stört av elektromagnetisk interferens (EMI) under inflygningen för landning och under haveriet.

Styrsystemet har analyserats genom att:

- \* Den modell av styrsystemet som ingår i "Digital Modell JAS" har använts genom att till modellen mata in de givarvärden och trimlägen som utgjorde insignaler till styrsystemet i samband med haveriet och som registrerats på mätdata i 39-1. Modellen har sedan beräknat en teoretisk dynamik för samtliga aktuella styrytor under förloppet omedelbart före haveriet. De så beräknade roderlägena som funktion av tiden har sedan jämförts med de faktiska roderlägena som registrerades i 39-1. Jämförelsen mellan teoretiska värden för styrytorernas lägen och de faktiskt uppmätta visar god överensstämmelse.
- \* En korskontroll av styrsystemets givare och de givare som finns i mätsystemet och i övrigt i flygplanet, har genomförts. Analyserna visar god överensstämmelse mellan redundanta givare i flygplanet.

De båda typerna av analys täcker tillsammans styrsystemets hela funktionskedja.

Tillsammans visar utredningarna av funktionen hos styrsystemet och dess angränsande system att en för provflygplan 39-1 typenlig funktion förelegat vad gäller styrning vid haveriet. Detta innebär bl a att styrsystemet har stabiliserat det i tippad aerodynamiskt instabila flygplanet på avsett sätt.

Styrsystemets egenskaper vid haveriet var emellertid sådana att föraren inte kunde kontrollera flygplanet vid landningen. I ett sent skede under landningen har tidsfördröjningar uppträtt i tippad, vilket resulterat i stora spakutslag och en ökande tipp rörelse. Det får anses som sannolikt att det angivna kontrollproblemet i rollad haft en bidragande inverkan på händelseförloppet.

De reglertekniska parametrar som är speciellt betydelsefulla är systemets förstärkning och de olineäriteter i form av begränsningar som uppnåddes.

Systemets förstärkning består av:

- Systemets styrkonstant som är ett mått på utstyrning av en styryta per enhet insignal till styrsystemet.
- Styrytans effektivitet som varierar med flygfallet (rodereffektivitet).

- Förarens förstärkning som kan mätas i ansatt spakraft per enhet av den parameter han vill korrigera.

Det primära problemet i samband med haveriet var enligt ovan att summan av förstärkning i systemet blev för hög, vid den frekvens där systemet är benäget att svänga i tippel. Förarens förstärkning var dubbelt så stor som den förstärkning som enligt beräkningarna gav instabilitet. Övriga delförstärkningar vid haveriet stämde väl med de tidigare ansatta, således också rodereffektiviteten.

De begränsningar i systemet som uppnåddes och olineäriteter som direkt påverkat förloppet var:

- \* Hastighetsbegränsningen av styrspakens utsignal.
- \* Integratorer och andra element i styrlagarna (t ex automatiska trimrar) som genom sin implementering tar stabilitetsmarginal i anspråk.
- \* De begränsningar av hastighetskommenderingen till de hydrauliska servon som finns i styrlagarna.
- Styrspakens stora mekaniska bandbredd som bidrog till att föraren enkelt uppnådde maximal kommandosignal.

### 3.3 Flygutprovningen

I fråga om flygutprovningen har SHK ännu bara hunnit påbörja utredningen, eftersom tyngdpunkten i utredningsarbetet hittills legat på den tekniska sidan. Detta innebär att SHK i denna delrapport inskränker sig till att ange de frågor som SHK kommer att studera i det fortsatta utredningsarbetet.

En central fråga som kommer att studeras ingående är metodiken för öppning av flygenveloppen. Hittills genomförda utredningar indikerar vissa brister i metodik, planläggning och utvärdering. Bl a förefaller samspelet mellan systemingenjörer, provingenjörer och provflygarna behöva förbättras.

I detta sammanhang kommer SHK också att studera hur samarbetet har fungerat mellan FMV som luftvärdighetsmyndighet och SAAB-SCANIA som ansvarig för flygutprovningen.

En annan fråga är valet av provflygare. SHK noterar att JAS 39-1 flugits sex pass av tre olika förare. Allmänt sett kan sättas i fråga om detta varit lämpligt.

SHK förutsätter att FMV och SAAB-SCANIA trots att SHK utreder ovanstående frågor själva överväger lösningar inom de problemområden som SHK visat på.

## 4 SLUTSATSER

### 4.1 Undersökningsresultat

- A Provflygplanet JAS 39-1 hade giltigt flygutprovningstillstånd.
- B Föraren var behörig att utföra flygningen.
- C Flygningen genomfördes enligt fastställt flygprovprogram.
- D En vindrestriktion var utfärdad för flygplanet.
- E Aktuell väderprognos medgav flygning utifrån gällande vindrestriktion.
- F Verklig vind under slutfasen av landningen överskred värdena för gällande vindrestriktion.
- G Besvärande rollstörningar hade identifierats vid tidigare provflygningar.
- H Flygplanet har fungerat typenligt.
- I Spakarbetet har överskridit de värden som använts vid dimensionering av styrsystemet.
- J Styrspakens effektivitet har varit så stor att föraren med lätthet kunnat överskrida de värden som använts vid dimensioneringen.

- K Maximal styrsignal till flera roderservon har uppnåtts under senare delen av landningen.
- L Några EMI-störningar har inte uppträtt i styrsystemet.
- M Vid haveriet fungerade styrsystemet på sådant sätt att föraren inte hade möjlighet att häva förloppet och undvika haveriet.

#### 4.2 Haveriorsak

Haveriet orsakades av att flygplanet under landningens slutfas kom in i en ökande tippsvängning (divergent dynamisk instabilitet) som inte var kontrollerbar. Detta berodde på att styrspaksarbetet i tippled överskred de värden som förutsatts vid dimensioneringen av styrsystemet, varvid stabilitetsmarginalerna överskreds vid den kritiska frekvensen.

Bidragande faktorer har varit:

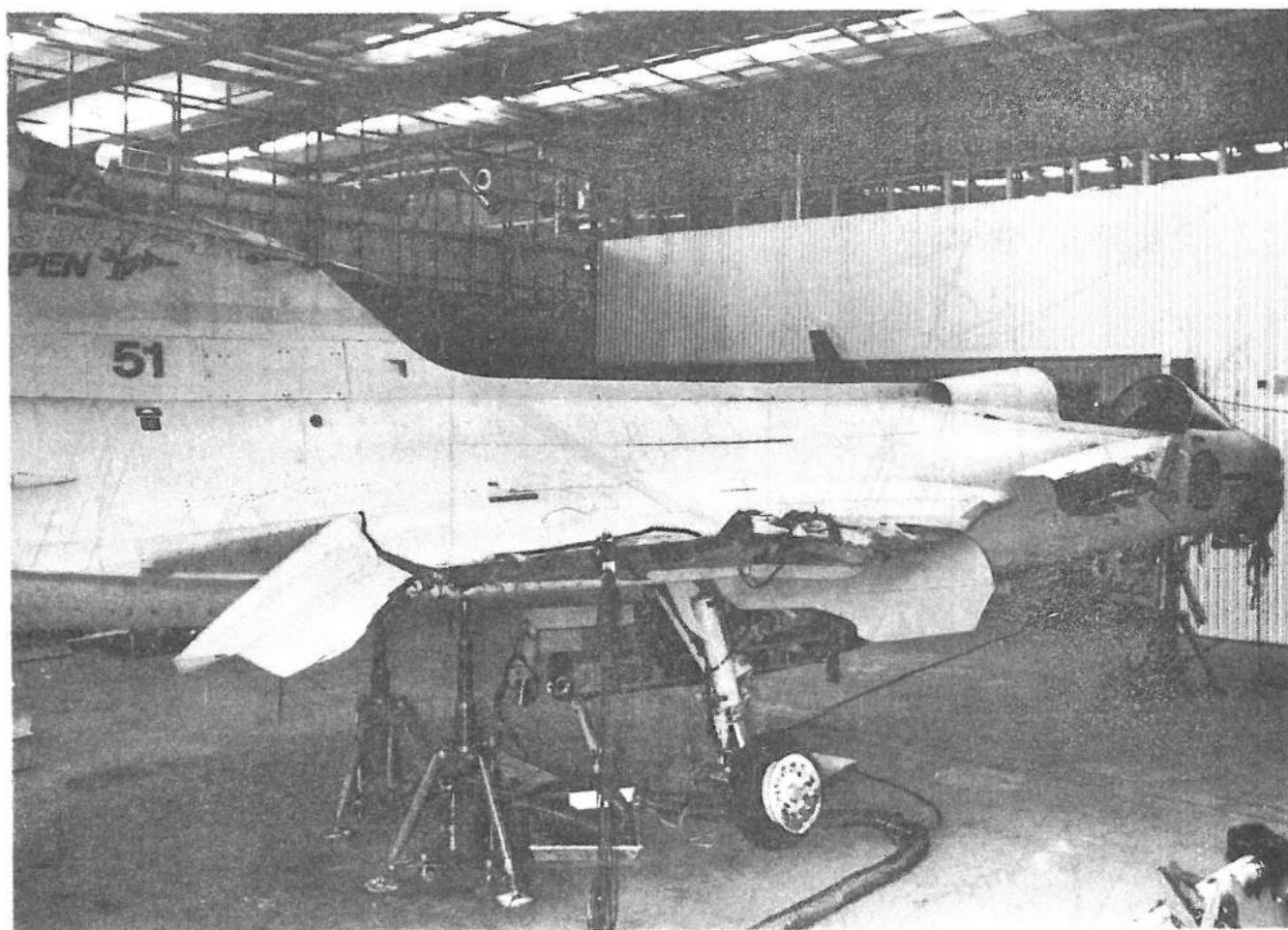
- \* Vindens byighet
- \* Kraftig gir-rollkoppling i JAS 39-1
- \* Styrsystemets korta rolltidskonstant.
- \* Styrspakens stora mekaniska bandbredd
- \* Förhållandet att dimensioneringen av styrsystemet vid denna frekvens var sådan att den tillät för hög förstärkning

#### 5 REKOMMENDATIONER

SHK avstår från att på nuvarande underlag avge detaljerade rekommendationer men förutsätter att berörda parter bearbetar i delrapporten påtalade problemområden.

#### 6 FORTSATT UTREDNING

SHKs fortsatta arbete kommer att inriktas främst på de frågor som behandlas i avsnitt 3.3.



JAS 39-1 uppställd i rigghallen efter haveriet



