



ISSN 1400-5719

Rapport RL 2001:41

*Tillbud ombord på flygplanet SE-DRE
under flygning mellan Stockholm och Malmö,
M län, den 12 november 1999*

Dnr L-102/99

SHK undersöker olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med undersökningarna är att liknande händelser skall undvikas i framtiden. SHK:s undersökningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar.

Det står var och en fritt att, med angivande av källan, för publicering eller annat ändamål använda allt material i denna rapport.

Rapporten finns även på vår webbplats: www.havkom.se

Statens haverikommission (SHK) Board of Accident Investigation

Postadress/Postal address
P.O. Box 12538
SE-102 29 Stockholm Sweden

Besöksadress/Visitors
Wennerbergsgatan 10
Stockholm
www.havkom.se

Telefon/Phone
Nat 08-441 38 20
Int +46 8 441 38 20

Fax/Facsimile
Nat 08 441 38 21
Int +46 8 441 38 21

E-mail Internet
info@havkom.se

Luftfartsverket

601 79 NORRKÖPING

Rapport RL 2001:41

Statens haverikommission har undersökt ett tillbud som inträffade den 12 november 1999 under flygning mellan Stockholm och Malmö, med ett flygplan med registreringsbeteckningen SE-DRE.

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

En översättning av rapporten till engelska bifogas.

Olle Lundström

Henrik Elinder

Innehåll

SAMMANFATTNING	6
1 FAKTAREDOVISNING	8
1.1 Redogörelse för händelseförloppet	8
1.1.1 <i>Flygningar före aktuell flygning</i>	8
1.1.2 <i>Aktuell flygning</i>	8
1.2 Personskador	9
1.3 Skador på luftfartyget	9
1.4 Andra skador	9
1.5 Besättningen	9
1.5.1 <i>Befälhavaren</i>	9
1.5.2 <i>Biträdande föraren</i>	10
1.5.3 <i>Övriga besättningsmedlemmar</i>	10
1.6 Luftfartyget	10
1.6.1 <i>Allmänt</i>	10
1.6.2 <i>Motorkonstruktion</i>	11
1.6.3 <i>Luftkonditioneringssystem</i>	12
1.6.4 <i>Tekniskt underhåll</i>	13
1.7 Meteorologisk information	13
1.8 Navigationshjälpmedel	13
1.9 Radiokommunikationer	13
1.10 Flygfältsdata	14
1.11 Färd- och ljudregistratorer	14
1.11.1 <i>Färdregistratorer (FDR, QAR)</i>	14
1.11.2 <i>Ljudregistratorer (CVR)</i>	14
1.12 Olycksplats och luftfartygsvrak	14
1.13 Medicinsk information	14
1.14 Brand	14
1.15 Överlevnadsaspekter	14
1.16 Särskilda prov och undersökningar	14
1.16.1 <i>Felsökning på flygplanet</i>	14
1.16.2 <i>Operativa förutsättningar</i>	15
1.16.3 <i>Provkörning av motorn</i>	15
1.16.4 <i>Resultat av luftprover tagna vid provkörning i testcell</i>	16
1.16.5 <i>Demontering och inspektion av motorn</i>	17
1.16.6 <i>Flygprov med flygplanet</i>	17
1.16.7 <i>Resultat av luftprover tagna vid flygprov</i>	18
1.17 Företagets organisation och ledning	20
1.18 Övrigt	20
1.18.1 <i>SHK:s undersökning</i>	20
1.18.2 <i>Kvalitet på kabinluft</i>	20
1.18.3 <i>Vidtagna åtgärder av flygföretaget</i>	22
1.18.4 <i>Vidtagna åtgärder av flygplanstillverkaren</i>	22
1.18.5 <i>Vidtagna åtgärder av CAA, England</i>	23
1.18.6 <i>Rekommendationer från AAIB, England</i>	23
1.18.7 <i>Syntetiska oljor</i>	24
1.18.8 <i>Flygföretagets nödrutiner</i>	25

2 ANALYS	25
2.1 Flygningen	25
2.1.1 <i>Besättningen</i>	25
2.1.2 <i>Landningen</i>	25
2.1.3 <i>Medicinska överväganden</i>	26
2.2 Tekniska undersökningar	26
2.3 Kvalitet på kabinluft	27
2.3.1 <i>Allmänt</i>	27
2.3.2 <i>Flygsäkerhet</i>	27
2.3.3 <i>Den flygande personalens hälsa</i>	28
2.3.4 <i>Inverkan av motorljor</i>	28
2.3.5 <i>Utformning av motorns luftavtappnings-system</i>	28
3 UTLÅTANDE	29
3.1 Undersökningsresultat	29
3.2 Orsaker till tillbudet	30
4 REKOMMENDATIONER	30

BILAGOR

- 1 Utdrag ur cert. reg. beträffande föraren (endast till Luftfartsverket)
- 2 Schema över luftkonditioneringssystem
- 3 Luftkonditioneringssystem i kabinen
- 4 Program för provkörning av motorn
- 5 Program för provkörning av flygplanet
- 6 Åtgärder att vidtagas vid påverkan av misstänkt dålig kabinluft
- 7 Rekommendationer från AAIB

Rapport RL 2001:41

L-102/99

Rapporten färdigställd 2001-11-23

<i>Luftfartyg: registrering, typ</i>	SE-DRE , BAe 146-200
<i>Klass/luftvärdighet</i>	Normal, gällande luftvärdighetsbevis
<i>Ägare/innehavare</i>	Meridian Trust Company, 35 North Sixth Street, Reading, 00000 PA 19601, USA / Braathens Malmö Aviation AB, Box 37, 201 20 Malmö
<i>Tidpunkt för händelsen</i>	1999-11-12 ca kl. 19.00 under mörker <i>Anm:</i> All tidsangivelse avser svensk normaltid (UTC + 1)
<i>Plats</i>	I luftrummet norr om Malmö/Sturup flygplats, M län, mellan FL ¹ 150 och FL 100
<i>Typ av flygning</i>	Linjefart
<i>Väder</i>	Metar Malmö/Sturup flygplats: vind 280°/08 knop, sikt 5 000 meter i dis, molnmängd 5–7/8 med bas 1 000 fot, temp./daggpunkt +8/+7 °C, QNH 1026 hPa.
<i>Antal ombord: besättning</i>	2/3
<i>passagerare</i>	68
<i>Personskador</i>	Inga
<i>Skador på luftfartyget</i>	Inga
<i>Andra skador</i>	Inga
<i>Befälhavarens:</i>	
<i> ålder, certifikat</i>	39 år, D
<i> total flygtid</i>	5 613 timmar, varav 3 082 timmar på typen
<i> flygtid senaste 90 dagarna</i>	89 timmar, samtliga på typen
<i> antal landningar senaste 90 dagarna</i>	80
<i>Bitr. föraren</i>	
<i> ålder, certifikat</i>	34 år, B med instrumentbehörighet
<i> total flygtid</i>	2 450 timmar, varav 2 020 timmar på typen
<i> flygtid senaste 90 dagarna</i>	127 timmar, samtliga på typen
<i> antal landningar senaste 90 dagarna</i>	111

Statens haverikommission (SHK) underrättades den 16 november 1999 om att ett tillbud ombord på ett flygplan med registreringsbeteckningen SE-DRE inträffat under flygning mellan Stockholm och Malmö, M län, den 12 november 1999 ca kl. 19.00.

Tillbudet har undersökts av SHK som företräts av Olle Lundström, ordförande, och Henrik Elinder, utredningschef. SHK har biträts av

¹ FL= Flygnivå, flyghöjden i 100 fot

Matts Aldman, Hans Grönkvist, Lars Hagman, och Mark Personne som medicinska experter samt Christina Östberg som mätteknisk expert.

Undersökningen har följts av Luftfartsverket genom Max Danielsson.

Akrediterad representant från NTSB² har varit Richard G. Rodriguez.

Akrediterad representant från AAIB³ har inte utsetts.

Sammanfattning

Besättningen skulle genomföra tre flygningar tur och retur mellan Stockholm och Malmö. Flygtiden på sträckan är ca en timme. Under den första flygningen upplevde kabinchefen en obehaglig känsla av svimning vid något tillfälle. Hon berättade detta för sina två kollegor i kabinpersonalen, som sade att de också hade känt någonting liknande. Någon speciell lukt kände de inte. Förarna hade inte märkt någonting onormalt.

Under den följande flygningen upplevde en av kabinpersonalen som var placerad i den främre delen av kabinen ett konstigt tryck i huvudet, att det kliade i näsan och gjorde ont i öronen. Även de två kollegorna i kabinen kände obehag och känslan av "moon walk" under arbetet. Förarna, som inte heller under den andra flygningen märkte någonting onormalt, diskuterade om problemet eventuellt kunde bero på något fel med kabintrycket.

Den tredje flygningen samma dag flögs av befälhavaren. Under flygningen, som skedde på marschhöjden FL 280, upplevde alla tre i kabinbesättningen liknande obehag som under de två tidigare flygningarna, men kraftigare. Under den första delen av flygningen kände ingen av förarna någonting onormalt, men kort innan de skulle lämna marschhöjden började befälhavaren att känna en lätt yrsel.

När flygplanet under inflygningen mot Malmö/Sturup flygplats passerade FL 150 sjunkande blev styrmannen plötsligt illamående och satte på sig syrgasmasken. Uppskattningsvis tio sekunder senare blev också befälhavaren plötsligt påtagligt illamående och satte skyndsamt på sig sin syrgasmask. Efter att ha andats i syrgasmasken under några sekunder kände sig styrmannen bättre och hade därefter inga problem att utföra sina uppgifter.

Befälhavaren däremot kände sig under ett par minuter påtagligt yr och omtöcknad. Han hade svårt med motoriken och simultanförmågan samt att fokusera. Han överlät till slut flygningen till styrmannen. Efter att ha andats syrgas under ett par minuter började även befälhavaren att känna sig bättre och förarna kunde därefter göra en normal inflygning och landing på bana 17 utan problem. Efter tillbudet gjorde flygföretaget en felsökning på flygplanet varvid man konstaterade ett smärre externt oljeläckage på motor # 2.

En omfattande teknisk undersökning har utförts på flygplanet och på motor # 2. I samband med motorprov i testcell och flygprov har luftprover från luftavtappnings- och luftkonditioneringssystemet tagits och analyserats. Proverna har inte givit någon indikation om vilken/vilka kemiska substanser som kan ha orsakat symtomen och något tekniskt fel som kan förklara tillbudet har inte hittats.

² NTSB = National Transportation Safety Board, USA

³ AAIB = Air Accidents Investigation Branch, England

SHK konstaterar i undersökningen bl.a. att placeringen av luftavtappningsuttaget till luftkonditioneringssystemet inte är den bästa på motortypen och att kunskaper saknas vad gäller moderna smörjoljors reaktion vid mycket höga tryck och temperaturer samt deras inverkan på människors hälsa. Vidare saknades instruktioner för hur besättningar skall agera under flygning då misstanke om förorenad kabinluft uppkommer.

Tillbudet orsakades av att förarna tillfälligt påverkades av sannolikt förorenad kabinluft.

Rekommendationer

Luftfartsverket rekommenderas att i samråd med berörda utländska luftfartsmyndigheter verka för:

- att befintliga nödchecklistor och nödträningsrutiner kompletteras med avseende på omedelbara åtgärder att vidtaga om misstanke uppkommer att kabinluften är förorenad. Instruktionen skall vid sådana tillfällen påkalla omedelbar användning av syrgasmask inställd på 100 % syrgas
(*RL 2001:41 R1*);
- att en handlingsplan tas fram för hur besättning och flygplan skall behandlas direkt efter landning om ett tillbud med förorenad kabinluft inträffat (*RL 2001:41 R2*);
- att en internationell databas upprättas med faktainformation från flygningar där misstanke om förorenad kabinluft föreligger
(*RL 2001:41 R3*); och
- att forskningsinsatser initieras vad gäller moderna smörjoljors reaktion vid mycket höga tryck och temperaturer och deras inverkan på människors hälsa (*RL 2001:41 R4*).

1 FAKTAREDOVISNING

1.1 Redogörelse för händelseförloppet

1.1.1 *Flygningar före aktuell flygning*

Besättningen samlades den 12 november 1999 ca kl. 14.30 på Stockholm /Bromma flygplats för att tillsammans genomföra tre flygningar tur och retur mellan Stockholm och Malmö. Flygtiden på sträckan är ca en timme.

Under den första flygningen från Stockholm till Malmö, med linjenummer BU 925, upplevde kabinchefen en obehaglig känsla av svimning vid något tillfälle när hon hade böjt sig ned för att hämta varor ur ett skåp och sedan rest sig upp. Hon berättade detta för sina två kollegor i kabinpersonalen, som sade att de också hade känt någonting liknande. Någon speciell lukt kände de inte. Under markstoppet i Malmö diskuterade hela besättningen den obehagliga känslan som kabinpersonalen känt. Förarna hade inte märkt någonting onormalt.

Under den följande flygningen från Malmö till Stockholm, med linjenummer BU 932, upplevde en av kabinpersonalen som var placerad i den främre delen av kabinen ett konstigt tryck i huvudet, att det kliade i näsan och gjorde ont i öronen. Även de två kollegorna i kabinen kände obehag och känslan av "moon walk" under arbetet. Under markstoppet på ca en timme i Stockholm talade besättningen ånyo om kabinpersonalens obehag. Förarna, som inte heller under den andra flygningen märkte någonting onormalt, diskuterade om problemet eventuellt kunde bero på något fel med kabintrycket. Problemet diskuterades inte med flygteknikerna på marken.

1.1.2 *Aktuell flygning*

Den tredje flygningen samma dag, som gick tillbaka till Malmö med linjenummer BU937, flögs av befälhavaren. I samband med att han startade motorerna gjorde han två felgrepp, som var för sig medförde att han, som han uttryckte det, "jag stängde av flygplanet". Under stigningen efter starten – kort efter det att skylten "Fasten seatbelt" hade släckts – kände befälhavaren i förarkabinen och kabinchefen i passagerarkabinen under ett kort ögonblick en lukt, som befälhavaren inte kunde beskriva men som kabinchefen förknippade med bränt svavel. Kabinchefen kontrollerade om lukten kom från kaffebryggaren eller toaletten men märkte ingenting onormalt. Lukten försvann snabbt och återkom inte. Den biträdande föraren (styrmannen) hade inte känt någon lukt, vilket enligt honom själv skulle ha kunnat bero på att han var förkyld.

Under flygningen, som skedde på marschhöjden FL 280, upplevde alla tre i kabinbesättningen liknande obehag som under de två tidigare flygningarna, men kraftigare. En av kabinpersonalen kände också en sorts sveda i hårbotten. Under den första delen av flygningen kände ingen av förarna någonting onormalt, men kort innan de skulle lämna marschhöjden började befälhavaren att känna en lätt yrsel. Även en annan förare i flygbolaget, som var passiv och satt i passagerarkabinen, uppgav till kabinpersonalen att han kände någonting underligt med kabinluften.

När flygplanet under inflygningen mot Malmö/Sturup flygplats passerade FL 150 sjunkande blev styrmannen plötsligt illamående och satte på

sig syrgasmasken. Uppskattningsvis tio sekunder senare blev också befälhavaren plötsligt påtagligt illamående och satte skyndsamt på sig sin syrgasmask. Efter att ha andats i syrgasmasken under några sekunder kände sig styrmannen bättre och hade därefter inga problem att utföra sina uppgifter. Befälhavaren däremot kände sig under ett par minuter påtagligt yr och omtöcknad. Han hade svårt med motoriken och simultanförmågan samt att fokusera. Han överlät till slut flygningen till styrmannen. När kabinchefen under inflygningen gick fram till förarna för att tala om att kabinen var klargjord för landning noterade hon att båda förarna hade syrgasmasker på sig. I sitt omtöcknade tillstånd hade befälhavaren bl.a. svårighet att ta tag i kabinchefens finger som kvittens på hennes klartecken.

Efter att ha andats syrgas under ett par minuter började även befälhavaren att känna sig bättre och förarna kunde därefter göra en normal inflygning och landning på bana 17 utan problem.

Förarna övervägde att använda nödchecklistan men gjorde det inte. Nödläge deklarerades inte till flygledningen.

När passagerarna, av vilka flera var regelbundna resenärer och bekanta för besättningen, lämnade flygplanet efter flygningen tyckte kabinpersonalen att flera av dem verkade passiva och mer trötta än normalt för att vara på en flygning en fredagskväll, men ingen beklagade sig.

Tillbudet inträffade i luftrummet norr om Malmö/Sturup flygplats, mellan FL 150 och FL 100.

1.2 Personskador

	<i>Besättning</i>	<i>Passagerare</i>	<i>Övriga</i>	<i>Totalt</i>
Omkomna	–	–	–	–
Allvarligt skadade	–	–	–	–
Lindrigt skadade	–	–	–	–
Inga skador	5	68	–	73
Totalt	5	68	–	73

1.3 Skador på luftfartyget

Inga.

1.4 Andra skador

Inga.

1.5 Besättningen

1.5.1 Befälhavaren

Befälhavaren var vid tillfället 39 år och hade gällande D-certifikat.

Flygtid (timmar)

senaste 24 timmar 90 dagar Totalt

Alla typer	4	89	5 613
Denna typ	4	89	3 082

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 80.

Inflygning på typen gjordes 1992-02-14.

Senaste PFT (periodisk flygträning) genomfördes 1999-09-13 på BAe 146 simulator.

1.5.2 *Biträdande föraren*

Biträdande föraren var vid tillfället 34 år och hade gällande B-certifikat med instrumentbehörighet.

Flygtid (timmar)

<i>senaste</i>	<i>24 timmar</i>	<i>90 dagar</i>	<i>Totalt</i>
----------------	------------------	-----------------	---------------

Alla typer	4	127	2 450
Denna typ	4	127	2 020

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 111.

Inflygning på typen gjordes 1996-03-14.

Senaste PFT genomfördes 1999-10-06 på BAe 146 simulator.

1.5.3 *Övriga besättningsmedlemmar*

Ombord fanns en kabinchef och två kabinvärdinnor med erforderliga behörigheter.

1.6 *Luffartyget*

1.6.1 *Allmänt*

LUFTFARTYGET

Tillverkare: British Aerospace

Typ: BAe 146-200

Serienummer: E2051

Tillverkningsår: 1986

Flygvikt: Max tillåten 40 596 kg, aktuell 34 483 kg

Tyngdpunktsläge: Index 46/Trim 3,1

Total gångtid: 18 744 timmar

Antal cykler: 20 281

Gångtid/cykler efter

senaste periodiska

tillsyner:

A-check 335/378, C-check 469/532

Bränsle som tankats

före händelsen:

Jet A1, 4 500 kg status ramp fuel

MOTOR

Motorfabrikat: Lycoming

Motormodell: ALF502R-5

Antal motorer: 4

Motor

Nr 1

Nr 2

Nr 3

Nr 4

<i>Total gångtid, timmar</i>	13 614,2	14 776,3	17 608,3	16 650,6
<i>Totalt antal cykler</i>	14 501	15 720	18 030	18 812
<i>Gångtid efter översyn</i>	1 639,7	3 984,3	1 646,0	1 626,6
<i>Cykler efter översyn</i>	1 814	4 435	1 819	1 736

Luftfartyget hade gällande luftvärdighetsbevis.

1.6.2 **Motorkonstruktion**

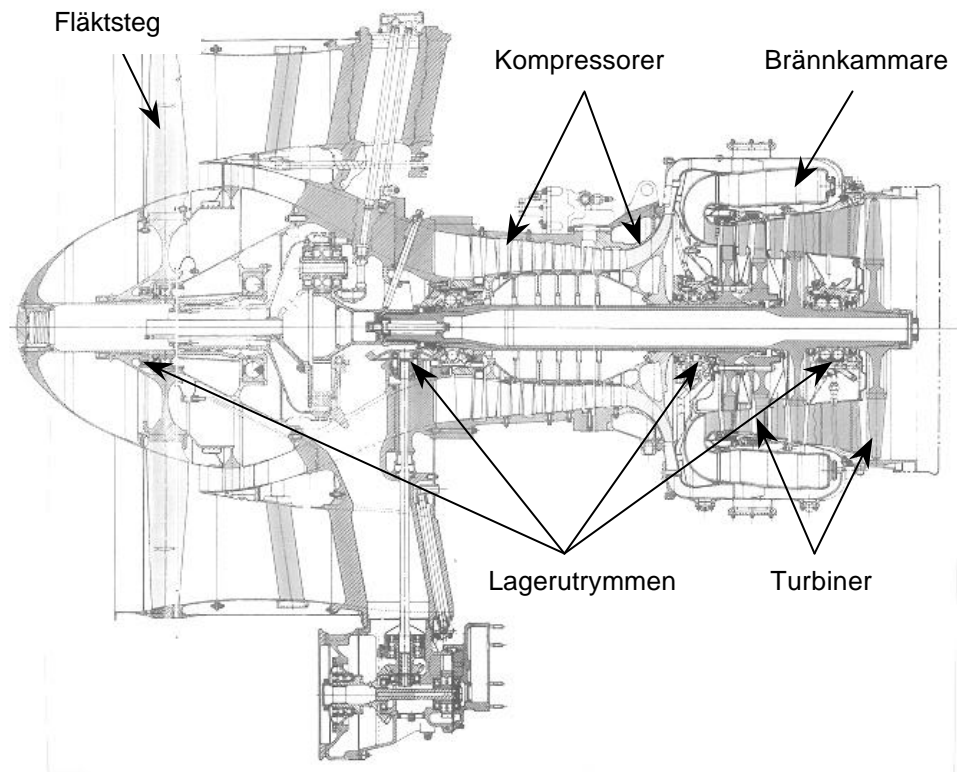
Grundkonstruktion

Motortypen utvecklades ursprungligen som en turboaxelmotor för helikopterbruk. För användning i flygplan försågs motorn med en fläkt del som drivs av motorns utgående axel via en planetväxel. Motorn består av en gasgenerator och en friturbin, vardera med en egen rotoraxel. Gasgeneratorn har en kompressordel, en brännkammardel och en turbin del monterad på samma rotoraxel. Kompressorn består av en sjustegs axialkompressor följd av en centrifugalkompressor. Brännkammaren har ett flamrör av ringtyp (annular). Rotoraxeln drivs av en tvåstegsturbin.

Rotorlager

Motorns rotoraxlar är lagrade i flera oljesmorda rull- och kullager, vilka är placerade i lagerutrymmen i motorns centrumlinje. Utgående axlar från dessa lagerutrymmen är tätade med koltätningar. Dessa smörjs och kyls av oljan som finns inne i respektive lagerutrymme. Om ett oljeläcke skulle uppstå från något av motorns främre lagerutrymmen märks detta erfarenhetsmässigt direkt i form av oljelukt i kabinen, vanligtvis innan man märkt detta genom hög oljeförbrukning.

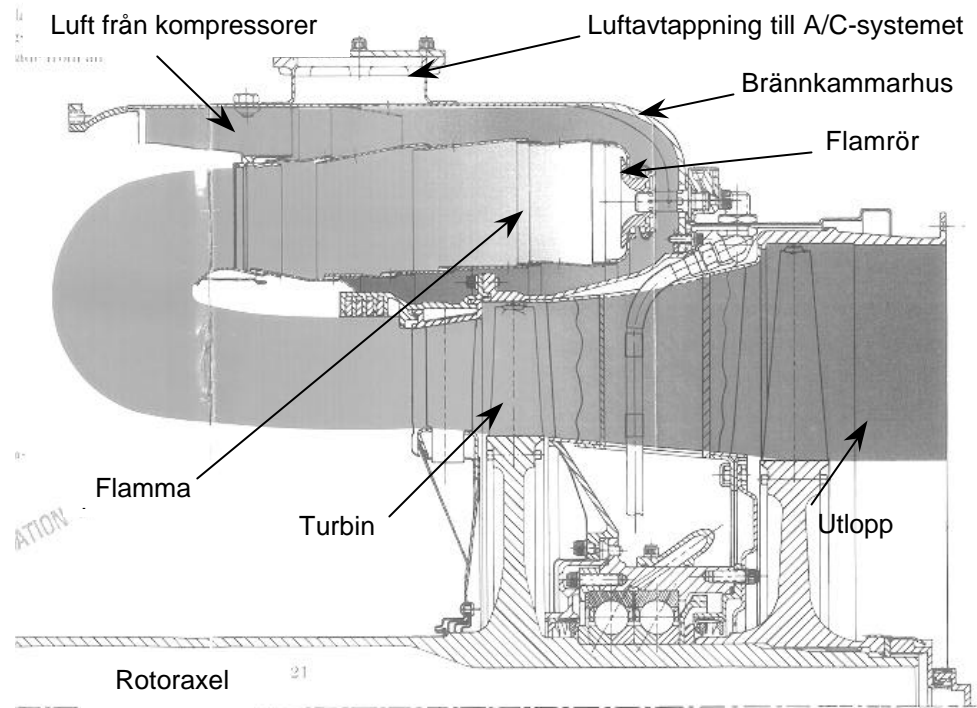
Motortypen saknar s.k. knivtätningar i anslutning till koltätningarna i lagerutrymme nr 1 (luftintaget till kompressorn). Knivtätningar är vanligt förekommande i många motortyper och har till uppgift att förhindra att eventuell utläckande olja från lagerutrymmen skall hamna i kompressorluften.



Motorn i genomsnitt

Luftavtappningssystem

På motorn finns uttag för luftavtappning dels till avisning, dels till flygplanets luftkonditioneringssystem. Luftavtappningen till luftkonditioneringssystemet sker via en ringformad spalt i brännkammarhusets yttre mantel i höjd med motorns flamrör. Uttaget är placerat i brännkammarmantelns övre del. Beroende av vilken effekt motorn opererar på varierar temperaturen på motorns avtappningsluft mellan 100 °C och 400 °C. På de flesta moderna jetmotorer sker luftavtappningen längre fram i motorn, dvs. någonstans från gasgeneratorns kompressor-del.



Brännkammardel

1.6.3 Luftkonditioneringsystem

Utöver luft från motorernas luftavtappningssystem kan luftkonditioneringsystemet förses med luft från flygplanets hjälpmotor (APU⁴). Vid markkörning och under start och landning används normalt luft från APU:n. Under övrig flygning sker all luftförsörjning från motorerna. Vid normal inställning av luftfördelningen går 30 % av avtappningsluften från motor #1 och #2 (på vänster ving) till förarkabinen och 70 % av luften till passagerarkabinen. Från motor #3 och #4 går 100 % av avtappningsluften till passagerarkabinen.

Innan avtappningsluften från motorerna förs in i förar- och passagerarkabinen tryckregleras och kyls den. Kylningen sker i två steg. Den första görs i en värmeväxlare (Pre-cooler) placerad i respektive motor-gondol. Kylningen sker med hjälp av luft från motorns fläktsteg. Efter värmeväxlaren är luftens temperatur 220–230 °C. Nästa steg i kylningen sker i två luftkonditioneringsenheter (Air Conditioning Packs) placerade under durken i bakre delen av flygplanet. I dessa sker den slutliga anpassningen av tryck och temperatur innan luften förs in i kabinerna. (Se bilagorna 2 och 3).

I drift kan olja och luftföroreningar som passerar genom motorn ansamlas i luftkonditioneringsenheterna (Air Conditioning Packs) och förorsaka dålig lukt i kabinluften. Flygplanstillverkaren utarbetade från början en särskild procedur för förbränning av dessa oönskade produkter vid behov, s.k. Burn Out. Vid "Burn Out" låter man het avtappningsluft från APU:n med maximalt flöde strömma genom enheterna under 15–20 minuter. Senare har tillverkaren dragit tillbaka sitt godkännande av denna procedur.

⁴ APU = Auxiliary Power Unit

Historik

Under de år som flygplanstypen varit i drift har några operatörer rapporterat återkommande händelser, då obehaglig lukt kommit från luftkonditioneringssystemet. Kabinluften har upplevts som unken eller luktat olja. För att komma tillrätta med detta problem har på vissa flygplan s.k. katalysatorer, en för varje motor, installerats i motorernas luftavtappningssystem. Det aktuella flygplanet var inte utrustat med katalysator.

Bland operatörer och besättningar på flygplanstypen är det ett känt fenomen att även ett litet internt oljeläckage i någon av motorerna kan ge sig till känna genom att det då luktar tydligt av olja i kabinen. Kabinluften kan då också anta en något blåaktig ton.

Eventuella hälsorisker vid långsiktig exponering av dålig kabinluft har internationellt varit föremål för flera aktioner från kabinpersonals sida. I dessa sammanhang är den aktuella flygplanstypen överrepresenterad.

1.6.4 Tekniskt underhåll

Flygplanet var underhållet enligt gällande föreskrifter. Någon anmärkning på luftkonditioneringssystemet under tiden före de aktuella flygningarna hade inte gjorts. Ingen av motorerna uppvisade någon onormalt hög oljeförbrukning. Det finns ingen dokumentation om när den senast utförda Burn Out av luftkonditioneringssystemet (Air Conditioning Packs) gjordes före tillbudet.

1.7 Meteorologisk information

Metar Malmö/Sturup flygplats kl. 18.50: vind 280°/08 knop, sikt 5 000 meter i dis, molnmängd 5–7/8 med bas 1 000 fot, temp./daggpunkt +8/+7 °C, QNH 1026 hPa.

1.8 Navigationshjälpmedel

Malmö/Sturup flygplats bana 17 är utrustad med ILS⁵. Flygplanet var utrustat för instrumentflygning.

1.9 Radiokommunikationer

Sedvanlig radiokommunikation mellan förare och flygledare förekom. Förarna meddelade inte flygledningen om vad som inträffat.

1.10 Flygfältsdata

Malmö/Sturup flygplats hade status enligt AIP-Sverige/Sweden.

⁵ ILS – Instrument Landing System

1.11 Färd- och ljudregistratorer

1.11.1 Färdregistratorer (FDR, QAR)

Flygplanet var utrustat med en färdregistrator av typ GEC-Plessey Avionics, Type PV1584J. Någon avspelning av inspelad information gjordes inte efter händelsen.

1.11.2 Ljudregistrator (CVR)

Flygplanet hade en ljudregistrator av typ Fairchild, Model A100 installerad. Någon avspelning av inspelat ljud gjordes inte innan flygplanet kontrollflögs efter motorbytet (se avsnitt 1.16.1).

1.12 Olycksplats och luftfartygsvrak

Inte aktuellt.

1.13 Medicinsk information

Bortsett från att kabinchefen inte hade hunnit äta någon lunch och att styrmannen och en av kabinpersonalen var förkylda kände sig samtliga i besättningen fullt friska vid tjänstgöringens början. Efter händelsen var befälhavaren darrig och kände sig kallsvettig. Han somnade dock snabbt på kvällen och sov gott hela natten. Han kände av symtomen under upp till ett dygn. Inga medicinska kontroller gjordes efter tillbudet.

1.14 Brand

Brand uppstod inte.

1.15 Överlevnadsaspekter

Samtliga ombord utsattes temporärt för en allvarlig risk under flygningen i samband med att båda förarna var delvis försatta ur funktionsdugligt skick.

1.16 Särskilda prov och undersökningar

1.16.1 Felsökning på flygplanet

Efter tillbudet gjorde flygföretaget en felsökning på flygplanet varvid man konstaterade ett smärre externt oljeläckage på motor # 2. Läckaget lokaliserades då till en koltätning för lager #2 och eftersom oljeläckage från detta område erfarenhetsmässigt kan förorsaka oljelukt i kabinen antog man att detta var hela förklaringen till besättningens illamående. Det aktuella oljeläckaget gick inte att åtgärda när motorn var monterad på flygplanet varför man valde att byta ut motorn. I samband med motorbytet gjordes en s.k. Burn Out av Air Condition Packs för att bränna bort eventuell olja som skulle kunnat ha ansamlats där till följd av oljeläckaget.

Efter åtgärden kontrollflögs flygplanet. Under flygningen kunde ingen oljelukt eller annat obehagligt i kabinluften konstateras. Luftprover togs under flygningen från förarkabinen, främre pentry, passagerarkabinen och bakre pentry med en kolmonoxid-indikator av typ Auer PRP 5146-701 (DIN33883). Mätningarna gav inget utslag. Flygplanet sattes åter i drift. Någon anmärkning om dålig kabinluft har därefter inte rapporterats.

1.16.2 Operativa förutsättningar

Förutom motorbytet och övriga åtgärder enligt ovan gjordes av flygföretaget i direkt anslutning till tillbudet en omfattande inventering av andra möjliga källor som skulle kunna ha givit upphov till något ämne eller någon gas i en sådan koncentration att besättningen påverkats. Inventeringen omfattade tänkbara källor såväl utanför som inuti flygplanet, såsom avisningsvätska, sanitetsvätskor, last, bagage, rengöringsmedel, brandsläckningsutrustning, hydraulutrustning etc. Ingenting i undersökningen tyder på att någon av de undersökta källorna skulle kunnat ha haft annat än möjligen marginell betydelse för besättningens upplevda obehag.

1.16.3 Provkörning av motorn

Eftersom kabinluften i flygplanet efter motorbytet var luktfri och några anmärkningar på kabinluften därefter inte förekom antogs att tillbudet orsakats av något fel på motor nr 2 och den avtappningsluft som motorn levererade till flygplanet. I samråd mellan SHK, flygföretaget, flygplans-tillverkaren och motortillverkaren beslöts att sända motorn (ALF502R-5, S/N LF05311) till motortillverkaren Honeywell i Phoenix, USA, för provkörning i testcell under överinseende av SHK. Provkörningen skulle genomföras med motorn i samma skick som när den demonterades från flygplanet. Avsikten var att ta prover på motorns avtappningsluft under olika driftförhållanden för att försöka ta reda på om det förekom hög koncentration av något giftigt ämne. Ett program för motorprovningen utarbetades och godkändes av berörda parter (*bilaga 4*).

I samband med den ankomstkontroll, som gjordes före monteringen av motorn i testcellen, hittades ytterligare ett smärre oljeläckage vid motorns fläktsteg som man lokaliserade till en läckande tätning för lager #9. Någon provtryckning av lagerutrymmena gjordes inte.

Flera olika metoder användes för insamling och analys av avtappningsluften. Ordinarie utrustning för provkörning av motorn i testcell kompletterades därför med särskild utrustning för insamling av motorns avtappningsluft i behållare för senare analys på laboratorium. Koncentrationen av vissa gaser och ämnen kunde dock avläsas direkt.

Motorn kördes därefter i testcellen enligt nedanstående särskilt utarbetat körschema. Detta avsåg att simulera de två sista flygningarna den aktuella dagen vad gäller inställda motoreffekter och körtider. Begränsade mätningar av avtappningsluftens kvalitet gjordes även i samband med direkta motorpådrag och motoravdrag.

Provkörningsprogram

Flight Phase	~Bleed Temp °F	~NH	Dwell (minutes)	Bleed Conditions				Summa Canister
				Engine	ECS	AC/AI	Nacelle	
Start	–	–	–	On	Off	Off	On	–
Idle/Taxi	220	10 000	15	Off	Off	Off	Off	–
Take-Off	700	18 900	3	Off	Off	Off	Off	1
Climb 1	590	17 600	5	On	On	On	On	1
Climb 2	590	17 600	15	Off	On	Off	Off	1
Cruise	550	16 500	20	Off	On	Off	Off	2
Decent 1	450	13 000	10	Off	On	Off	Off	3
Decent 2	340	10 000	5	On	On	On	On	3
Decent 3	330	10 000	5	Off	Off	Off	Off	3
Taxi/Idle	220	10 000	3	Off	Off	Off	Off	–

Beskrivning av använd provningsmetodik för utförda luftprover och resultatet av gjorda analyser har sammanfattats i avsnitt 1.16.4.

Den genomsnittliga oljeförbrukningen under de två provkörningarna beräknades till 0,65 quart (0,62 l) per timme. Max tillåten oljeförbrukning är enligt tillverkaren 0,5 quart (0,47 l) per timme. Överskridandet av den högsta tillåtna oljekonsumtionen bedömdes bero på en otillförlitlig mätmetod samt att ett nytt smärre oljeläckage uppstod från lager #4 under provkörningen, sannolikt i samband med någon av de snabba motorpådrag och motoravdrag som gjordes.

1.16.4 Resultat av luftprover tagna vid provkörning i testcell

Analysresultat av de luftprover som togs under provkörningen har redovisats i *Attachment 2 Air Quality Test Report (CMR 99248A)* i *Engineering Investigation Report Customer Bleed Air Testing Engine Model ALF502R-5, S/N LF05311 (Honeywell 21-11156m daterad den 3 mars 2000)*.

Resultatet har sammanfattats enligt nedan

- För fastställande av luftburna kemiska ämnen (gaser, ångor och aerosoler) i avtappningsluften från motorn genomfördes 20 minuters provtagning vid de tre faserna i varje simulerad flygning; *stigning, planflykt på höjd samt plané*⁶. Dessutom genomfördes ackumulerad insamling av gasprov över båda motorkörningarna.
- Gasprover för gaskromatografisk/masspektrometrisk analys (GC/MS) av flyktiga organiska ämnen, kolmonoxid, koldioxid och metan insamlades med hjälp av evakuerade kanistrar. För analys av gasformiga svärflyktiga ämnen och aldehyder sögs luften genom kanistrar med

⁶ Plané = höjdminskning inför landning.

polyuretanskum (PUF/XAD-2) respektive 2,4-Dinitrophenylhydrazine (DNPH) som absorbenter.

- De ackumulerade proverna analyserades senare i laboratorium med hjälp av GC/MS- respektive HPLC-teknik (high performance liquid chromatography). Med hjälp av ett mobilt laboratorium genomfördes också kontinuerlig analys av kolmonoxid, nitroösa gaser, koldioxid samt organiska föreningar.
- Resultaten från det första motorprovet indikerade en förhöjd halt av organiska ämnen (t.ex. olja och bränsle) i samband med maximalt gaspådrag. Ca två minuter efter att stigningen påbörjats återgick halterna till normalt låga nivåer. De därpå följande mätningarna visade halter inom de specifikationer som angivits för denna motormodell.
- Uppmätta halter av koldioxid, kolmonoxid, nitroösa gaser, kolväten och nedbrytningsprodukter från olja (som formaldehyd) låg inom de gränsvärden som fastställts av CAA⁷ i England och FAA⁸ i USA.

1.16.5 Demontering och inspektion av motorn

Eftersom de kontinuerliga luftanalyser som genomfördes under provkörningen i testcell inte visade på förekomsten av några giftiga gaser eller ämnen i onormalt höga koncentrationer beslutades att motorn skulle demonteras och inspekteras. På önskemål av flygföretaget gjordes denna undersökning vid Honeywells underhållsverkstad i Luton, England, vilket är flygföretagets ordinarie underhållsinstans för sina ALF502R-5-motorer.

Arbetet påbörjades den 10 januari 2000 och utfördes under överinseende av SHK samt med representanter från flygbolaget, flygplanstillverkaren och motortillverkaren. Motorn demonterades steg för steg i moduler. Demonteringsordning och demonteringstakt beslutades i samråd mellan deltagarna. Speciellt intresse ägnades åt att försöka finna något fel eller onormalt i motorn som skulle kunna resultera i att förbränningsgaser eller något annat oönskat ämne skulle kunna föras in i luftkonditioneringssystemet.

Motorns allmänna kondition befanns vara bättre än normalt i förhållande till den flygtid som den hade ackumulerat efter den senaste översynen. Förutom det oljeläckage som operatören påträffat och de smärre fel som sammanställts enligt nedan, kunde inget fel eller onormalt hittas som skulle kunna förklara ett eventuellt utsläpp av giftiga gaser eller ämnen i luftavtappningssystemet. Planheten på koltätningarnas ytor kontrollerades inte.

Konstaterade fel och avvikelser

- Koks-förekomst på koltätningar för lager #1. Tecken på att ett smärre oljeläckage förekommit.
- Två smärre sprickor i returoljerolet för lager #2.

⁷ CAA = Civil Aviation Authority

⁸ FAA = Federal Aviation Administration

- Koks förekomst på koltätningar för lager #2. Inget tecken på att oljeläckage förekommit.
- Koks förekomst på koltätningar för lager #4 och #5. Tecken på att oljeläckage förekommit.
- Koks förekomst på koltätningar för lager #9. Tecken på att oljeläckage förekommit.
- Tecken på att viss kontakt ("rubbing") förekommit mellan impeller och impellerhus i radialkompressorn. (Enligt motortillverkaren inte ovanligt på motorer i drift.)

1.16.6 Flygprov med flygplanet

Som komplement till de undersökningar som gjordes på motorn enligt ovan beslutades att utföra provflygning med det aktuella flygplanet SE-DRE. Provet gjordes utan den undersökta motorn eftersom den blivit översedd och därmed inte längre var representativ för den aktuella händelsen. Avsikten var att under flygning göra en kvalitetsanalys av tillskottsluften från luftkonditioneringssystemet till förar- och passagerarkabinerna.

Flygprovet gjordes i form av två flygningar, där tidigare representanter deltog. Provet utfördes den 11 mars 2000 enligt ett testprogram, BAe 146-200, SE-DRE Flight Test Plan March 11-12, 2000 (*bilaga 5*), som hade utarbetats och godkänts av berörda instanser. Målsättningen var att provet så långt som möjligt skulle simulera de två sista flygningarna den aktuella dagen. Under båda flygningarna, som flögs av förarna vid tillbudet, togs luftprover och gjordes luftanalyser under följande faser; taxning före start, stigning, planflykt på höjd, plané och taxning efter landning.

På samma sätt som vid motorprovet i Phoenix användes flera olika metoder för insamling och analys av luften. Totalt 29 säten togs bort för att ge plats åt erforderlig mätutrustning. Parallellt med de mätningar som motortillverkaren utförde, gjordes under flygningarna mätningar med hjälp av personal och mätutrustning från dåvarande FOA⁹.

Beskrivning av utförda prover och resultatet av gjorda analyser, har sammanfattats i avsnitt 1.16.7.

1.16.7 Resultat av luftprover tagna vid flygprov

Analysresultat av de luftprover som togs under flygningarna har redovisats i två separata rapporter;

A. Test Report Air Quality Test Performance on BAe 146-200 Aircraft Registration Number SE-DRE for the Swedish Board of Accident Investigation (Honeywell 21-11509)

⁹ FOA = Försvarets Forskningsanstalt, från den 1 januari 2001 FOI = Totalförsvarets Forskningsinstitut

Sammanfattning

Provtagningen genomfördes vid ventilatorer i förarkabinen (luftintag från motor 1 och 2) samt i bakre delen av passagerarkabinen (luftintag från motor 3 och 4).

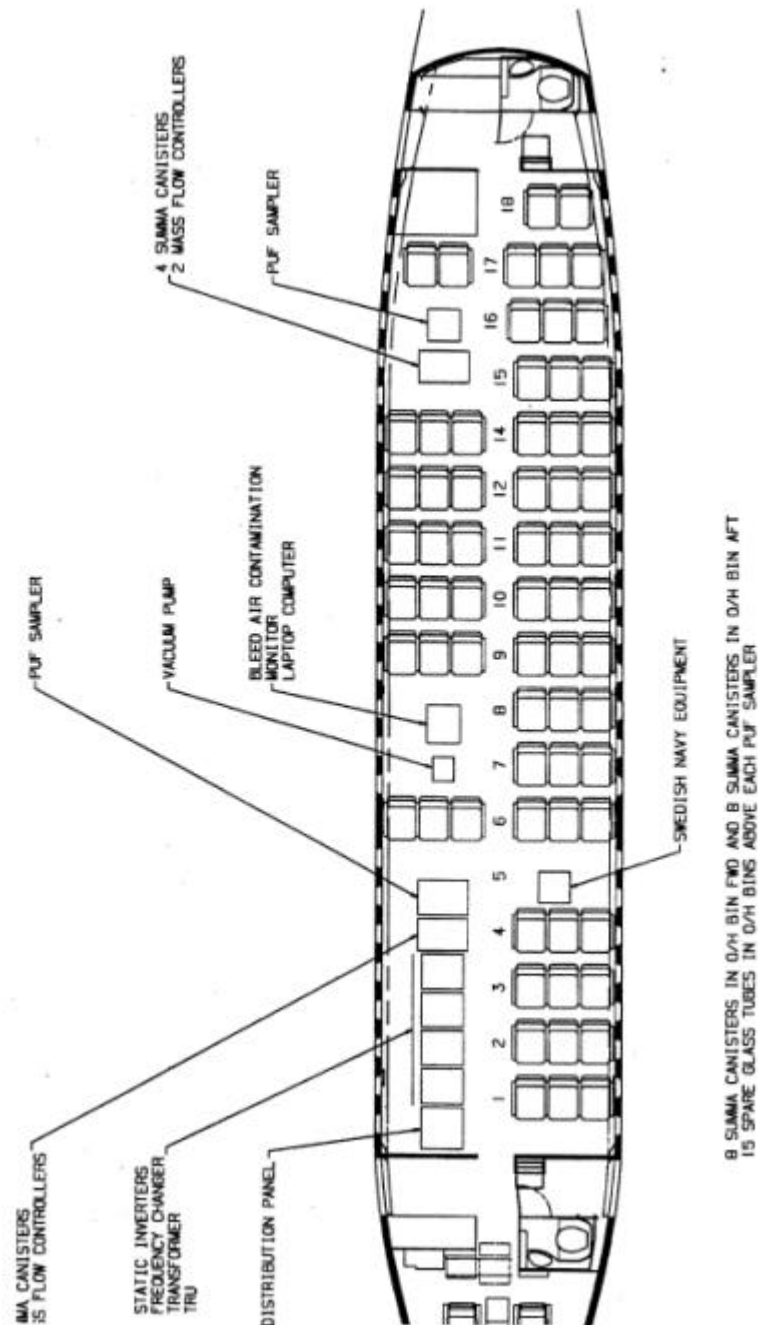
För analys av flyktiga organiska ämnen, kolmonoxid (CO), koldioxid (CO₂) och metan (CH₄) insamlades luftprover i evakuerade kanistrar.

För analys av gasformiga svärflyktiga ämnen och aldehyder sögs kabinluften genom kanistrar med polyuretanskum (PUF/XAD-2) respektive 2,4-Dinitrophenylhydrazine (DNPH) som absorberer.

Proverna analyserades senare i laboratorium med samma teknik som användes vid motorprovet (se 1.16.4). Koldioxid samt organiska ämnen (t.ex. olja och bränsle) analyserades kontinuerligt under hela provet. Med handhållna dosimeterbrickor och sensorer mättes koncentrationer av ozon och formaldehyd samt temperatur och luftfuktighet.

Resultaten visade att halterna av koldioxid, kolmonoxid, kolväten, oljenedbrytningsprodukter (som formaldehyd) samt ozon låg inom fastställda respektive generellt accepterade gränsvärden. Halterna av aldehyder, gasformiga halvflyktiga ämnen samt flyktiga organiska ämnen var genomgående låga. För dessa ämnen finns inga av FAA eller JAA¹⁰ fastställda gränsvärden. En genomgång av "ventilationsanläggningens olika inställningar" visade inte några märkbara förändringar i analysresultaten från kabinen vare sig kabinen ventilerades med frisk luft eller om kabinluften återcirkulerades.

¹⁰ Joint Aviation Authorities



Installation av mätutrustning i flygplanet

B. Air Quality Investigation, BAe 146-200 (FOA-R-00-01656-720-SE)

Sammanfattning

FOA:s uppdrag i samband med provflygningarna var att komplettera de luftanalyser som genomfördes av Honeywell.

Oxygen- (O_2), koldioxid- (CO_2), och kolmonoxidkoncentrationer (CO) i cockpit samt kabintryck och relativ fuktighet loggades kontinuerligt. Ammoniak (NH_3), kolmonoxid (CO), svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid

(NO₂) samt nitrosera gaser (NO_x) analyserades intermittent med hjälp av kolorimetrisk mätteknik (Drägers CMS). För analys av flyktiga organiska ämnen i avtappningsluften från motorerna till kabinen genomfördes, under flygningens olika faser, provtagning med hjälp av adsorbenttrör (TENAX TA). Proverna analyserades senare i laboratorium med hjälp av GC/MS-teknik.

Kabintrycket varierade mellan 740 och 1010 hPa. Det lägsta oxygenpartialtryck som uppmättes var 15,2 kPa och partialtrycket för koldioxid översteg aldrig 0,2 kPa. Halterna av ammoniak, kolmonoxid, svaveldioxid och kvävedioxid översteg aldrig den lägre detektionsgränsen för instrumenten. Vid två tillfällen uppmättes ökad halt av nitrosera gaser (>15 ppm) som inte kunde förklaras. Totalhalterna av flyktiga kolväten (TVOC) var mycket låga under stigning, planflykt på höjd och plané. I samband med taxning var koncentrationerna lätt förhöjda i jämförelse med den lägre gränsen, där problem med inomhusluften börjar uppträda (0,2 mg/m³ toluenekvivalenter). Denna generella gräns är fastställd genom jämförelser med det s.k. Örebroformuläret. Luftprover som togs i andra sammanhang under flygningarna har visat i huvudsak på förekomst av alifatiska kolvätena hexan och heptan samt glykoleter. Koncentrationshöjningen av TVOC kan bero på ventilationssystemet i flygplanet och då framför allt på placeringen av luftintag och eventuellt uppvärmningssystemet.

Ingen av de loggade parametrarna visade resultat utanför allmänt vedertagna gränsvärden. Några TVOC-analyser visade, som nämnts, förhöjda halter, men det är inte möjligt att utifrån så få mätningar precisera någon källa till föroreningarna. Det är inte heller möjligt att utesluta att de förhöjda NO_x värden som avlästs var orsakade av fel på mätutrustningen eller känslighet för andra gaser.

1.17 Företagets organisation och ledning

Braathens Malmö Aviation AB har sitt säte i Malmö och bedriver nationell och internationell linjetrafik med tunga luftfartyg. Vid tillfället för tillbudet opererade företaget med tio flygplan av typ BAe 146-200. Därutöver opererade företaget fyra flygplan av typ F-100 och två flygplan av typ B-737. Företaget hade ungefär 940 anställda.

1.18 Övrigt

1.18.1 SHK:s undersökning

Händelsen hanterades initialt inte som ett allvarligt tillbud utan som ett motorfel. SHK blev därigenom inte informerad om händelsen förrän efter fyra dagar. De åtgärder som flygföretaget gjorde på flygplanet under denna tid skedde därigenom utan deltagande av någon representant från SHK. SHK har emellertid fullt förtroende för de felsökningsåtgärder som gjordes och de faktauppgifter som företaget lämnat beträffande detta arbete och de iakttagelser som gjorts under denna tid.

Den fortsatta undersökningen av tillbudet har, som tidigare framgått, gjorts i nära samarbete mellan representanter från SHK, flygföretaget, flygplanstillverkaren och motortillverkaren.

1.18.2 *Kvalitet på kabinluft*

Kvalitet på kabinluften i moderna trafikflygplan med tryckkabin har under de senaste åren varit föremål för stor uppmärksamhet inom flygindustrin. Rapporterna berör inte endast flygplan av typ BAe 146. Även andra flygplanstyper är berörda, t.ex. MD 80 och B 757. Intresset gäller såväl eventuell skadlig hälsopåverkan vid långsiktig exponering av dålig luft som akuta kapacitetsnedsättningar hos besättningar vid kortvarig exponering av temporärt förorenad luft. Det finns ett flertal rapporter om flygsäkerhetshotande tillbud, där förare plötsligt påverkats med temporär mer eller mindre kraftig funktionsnedsättning som följd. En del av tillbuden har förknippats med oljelukt, annan lukt, eller med rök i kabinen. I andra fall har sådana tecken saknats. Flera fall förekommer vad gäller misstänkt skadlig eller invalidiserande påverkan av dålig kabinluft vid långsiktig exponering. Detta är ett problem som skapat en viss oro inom flygindustrin.

Flera utredningar har gjorts och många vetenskapliga artiklar har skrivits i ämnet. Problematiken är ännu inte löst. Nuvarande bestämmelser i JAR¹¹ 25.831 och FAR¹² 25.831 beträffande kabinluft specificerar inte i detalj vilka kvalitetskrav som skall ställas på kabinluften och hur detta skall kontrolleras.

En misstänkt komponent i sammanhanget är motorolja. Eftersom kabinluften under flygning vanligtvis tas från flygplanets motorer eller APU, kan ett smärre internt oljeläckage i motorn resultera i att tillsatsluften till tryckkabinen förorenas med oönskade oljeprodukter i någon form.

I artikeln *Rayman et al AsMA 1983* har 89 fall från olika delar av världen med misstänkt oljeförekomst i kabinluften sammanfattats. Symtomen i dessa fall har vanligtvis varit irriterade slemhinnor (ögon, mun, hals, luftrör) men också allvarliga symtom såsom huvudvärk, tomhetskänsla, illamående, förvirring, desorientering, synstörningar etc.

I rapporten *Van Netten Appl. Occup. And Env. Hygiene 2000* beskrivs – i samband med upphettning av syntetiska smörjolja av aktuella typer – bildandet av ett stort antal nya ämnen, såsom kolväten, kolmonoxid, och låga koncentrationer av organiska fosforföreningar, som är kända nervgifter. Det framgår emellertid inte av rapporten om koncentrationerna låg på sådana nivåer att det skulle vara hälsovådligt. På de prover som tagits av SHK och av flygplanstillverkaren anlidade oberoende experter har man inte hittat några organiska fosforföreningar, som når upp till internationellt accepterade säkerhetsnormer. I de flesta fall har över huvud taget inga spår av dessa föreningar påträffats.

Höga krav ställs på smörjegenskaperna hos moderna smörjolja och det exakta receptet är ofta en företagshemlighet. Detta försvårar bedömningen av olika oljors toxicitetsgrad. Bland många av de ingående substanserna är vidare toxiciteten inte känd.

Tillverkaren av BAe 146 har försökt att eliminera effekten av smärre oljeläckage från motorerna genom att, som tidigare nämnts, införa katalysatorer i luftavtappningssystemet, liknande den typ som finns på bensindrivna bilar. För att sådana skall fungera optimalt krävs dels hög

¹¹ JAR = Joint Aviation Requirements

¹² FAR = Federal Aviation Regulations

temperatur, dels att föroreningsgraden är relativt konstant, och inte överskrider vissa värden. Vid ett direkt oljeläckage tycks inte dessa katalysatorer klara av att omvandla alla olika förekommande kolväten till koldioxid och vatten, som vid bilavgaser. Det aktuella flygplanet var inte utrustat med katalysatorer.

Såvitt SHK känner till har inte några eller mycket begränsade medicinska undersökningar dokumenterats för de rapporterade sjukdomsfall som förmodas vara orsakade av förorenad kabinluft. Inget av de få medicinska prov som tagits på besättningsmedlemmar efter inträffade tillbud har visat några stora avsteg från normala värden.

Kabinluftens kvalitet har behandlats i ett senatsförhör i Australien. I en rapport från detta förhör finns flera rekommendationer om att vidtaga samordnade åtgärder från berörda instanser för att komma tillrätta med problemet. Den allmänna uppfattningen är att grundläggande forskning saknas när det gäller nedbrytningsprodukter av smörjoljor och deras biologiska effekter. Man önskar även att respektive luftfartsmyndighet tar initiativ till att införa en mer systematisk rapportering och uppföljning av inträffade tillbud. Däremot avstår man från att ha någon uppfattning om eventuella långtidseffekter hos kabinpersonal, någonting som i flera fall är föremål för processer i domstolar och prövning av försäkringsbolag.

Liknande initiativ pågår i England och USA. Kommittéer inom AsMA¹³ och ASHRAE¹⁴ arbetar också med dessa frågor.

1.18.3 Vidtagna åtgärder av flygföretaget

Förutom de felsökningsåtgärder som vidtagits av flygföretaget och som tidigare nämnts, har den flygande personalen informerats om det inträffade tillbudet. Ett handlingsprogram har tagits fram för hur besättningen skall agera efter landning om en liknande situation skulle uppstå igen. Programmet innebär att besättningen i ett sådant fall omgående skall kontakta en läkare och genomgå en medicinsk undersökning enligt ett fastställt program (*bilaga 6*). Avsikten är att om möjligt få information om vilka komponenter som kan vara bidragande till symtomen innan kroppen hunnit återhämta sig. Vid utgivande av denna rapport har inte något ytterligare fall inträffat inom företaget.

1.18.4 Vidtagna åtgärder av flygplanstillverkaren

Flygplanstillverkaren följer kontinuerligt upp inlämnade störningsrapporter från operatörer av flygplanstypen BAe 146. Följande uppgifter har lämnats därifrån.

Under perioden juni -92 till januari -01 har totalt 22 fall rapporterats där den flygande besättningens prestationsförmåga varit nedsatt. Av dessa har 7 st. bedömts som allvarliga då de påverkat flygsäkerheten negativt (MOR¹⁵).

Under perioden januari -96 till september -99 inlämnades från ett specifikt flygföretag till flygplanstillverkaren 212 rapporter om dålig kabinluft.

¹³ AsMA = Aerospace Medical Association

¹⁴ ASHRAE = American Society of Heat, Refrigeration, and Air conditioning Engineers

¹⁵ MOR = Mandatory Occurrence Report

Av dessa gällde 19 rapporter nedsättning av besättningens prestationsförmåga. Sju av rapporterna var inlämnade direkt av besättningsmedlemmar.

Från övriga 36 operatörer av flygplanstypen rapporterades under perioden maj -85 till december -00 totalt 227 händelser med avseende på dålig kabinluft. Av dessa gällde 11 rapporter nedsättning av besättningens prestationsförmåga.

Med anledning av problemet har flygplanstillverkaren bl.a. publicerat följande dokument till operatörer av flygplanstypen och där innebörden sammanfattats på svenska:

All Operator Message (AOM)

AOM Ref 99/020V

Risk för påverkan av CO₂ i samband med hantering av kolsyris.

AOM Ref 99/024V

Omedelbar användning av syrgasmask vid rök eller onormal lukt i kabinen.

AOM Ref 00/030V

Åtgärder att vidtagas vid rök eller lukt från luftkonditioneringsystemet.

AOM Ref 01/003V

Rekommenderade underhållsåtgärder på luftkonditioneringsystemet för att minska risken för dålig kabinluft.

AOM Ref 01/004V

Revidering av nödchecklista med avseende på dålig kabinluft.

Service Information Leaflet (SIL)

I SIL Ref 21-45 (26 sidor) behandlas åtgärder att vidtagas för att säkerställa erforderlig kvalitet på kabinluften samt olika felsökningsåtgärder med avseende på dålig luft.

Inspection Service Bulletin (SB)

I Inspection Service Bulletin, 21-150 föreskrivs periodisk inspektion och rengöring av komponenter i luftkonditioneringsystemet för att minska risken för dålig kabinluft.

1.18.5 Vidtagna åtgärder av CAA, England

Den engelska luftfartsmyndigheten CAA har givit ut ett luftvärdighetsdirektiv (Airworthiness Directive) Nr. 002-03-2001, vari föreskrivs att åtgärder enligt BAe SB 21-150 skall vidtagas på flygplanstypen.

1.18.6 Rekommendationer från AAIB, England

Den 5 november 2000 inträffade ett allvarligt tillbud med ett flygplan av typ BAe 146-200 under flygning från Paris CDG Aéroport i Frankrike till Birmingham International Airport i England. Tillbudet utreds av den engelska haverikommissionen AAIB.

När flygplanet hade lämnat marschhöjden och påbörjat inflygningen mot Birmingham började befälhavaren att må illa. Han frågade då styrmannen, som var den flygande föraren, hur denne mätte och fick till svar att han kände sig förfärligt dålig ("felt dreadful"). Han var vit i ansiktet och hade förstörade pupiller. Befälhavaren övertog då styrmannens sysslor och beordrade denne att sätta på sig sin syrgasmask. Självsatte han inte på sig syrgasmask. Styrmannen var under den fortsatta flygningen vid medvetande men var inte kapabel att på något vis delta i den fortsatta flygningen.

Befälhavaren, som kände sig allt sämre, bad kabinchefen att regelbundet titta in i förarkabinen och kontrollera förarnas tillstånd. Befälhavaren hade hög puls och var torr i munnen men bedömde att han var kapabel att fullfölja inflygningen och landa flygplanet själv. När han fick visuell bankontakt såg han dubbelt och hade svårt att bedöma flyghöjden. Efter landningen, som blev hård ("firm"), började både befälhavaren och styrmannen att må bättre.

Tidigare under flygningen hade några passagerare sagt till en flygvärdinna att de tyckte att det luktade olja i kabinen – någonting som ingen av besättningsmedlemmarna har kunnat verifiera.

Inget tekniskt fel på flygplanet som kan förklara händelsen har hittats. Bedömningen är emellertid att oljeprodukter från flygplanets motorer, tillsammans med andra luftföroreningar, sannolikt hade ackumulerats i flygplanets luftkonditioneringssystem och under inverkan av hög temperatur och högt tryck bildat giftiga komponenter som momentant tillförts kabinluften.

Med anledning av detta och flera liknade tillbud, vilka även drabbat andra flygplanstyper än BAe 146, har AAIB den 4 maj 2001 i en delrapport, (*AAIB Safety recommendations Ref: EW/C2000/11/04*) lämnat fem rekommendationer som sammanfattas enligt nedan:

Rekommendation Nr 2001-4

CAA rekommenderas att i samarbete med BAe taga fram erforderliga underhållsåtgärder och modifieringar för flygplanstypen BAe 146 som skall säkerställa att oljeprodukter inte kan ansamlas i luftkonditioneringssystemet och förorena kabinluften.

Rekommendation Nr 2001-5

FAA rekommenderas att i samarbete med Boeing taga fram erforderliga underhållsåtgärder och modifieringar för flygplanstypen Boeing 757 som säkerställer att oljeprodukter inte kan ansamlas i luftkonditioneringssystemet och förorena kabinluften.

Rekommendation Nr 2001-6

CAA rekommenderas att med hög prioritet initiera forskningsinsatser med avsikt att fastställa vilka ämnen som kan föras in i kabinluften på flygplanstypen BAe 146 om oljeläckage uppstår i motorerna.

Rekommendation Nr 2001-7

CAA rekommenderas att undersöka om någon eller några av de komponenter som identifierats enligt rekommendationen 2001-6 ovan fysiskt och/ eller neurologiskt kan negativt påverka ombordvarande. I

rekommendationen refereras till Flight Operations Department Communication (FODCM) 17/2000 som publicerades av CAA den 28 december 2000. I denna beskrivs åtgärder som omedelbart skall vidtagas om någon av besättningen under flygning verkar bli påverkad av dålig kabinluft.

Rekommendation Nr 2001-47

CAA rekommenderas att överväga att utarbeta kompletterande instruktioner för hur besättningen skall agera vid misstanke om ohälsosam kabinluft. Instruktionen skall påkalla dels att förarna skall använda syrgasmask inställd på 100% syrgas, dels att kabinpersonalen aktivt och regelbundet skall uppmärksamma förarnas hälsotillstånd.

Rekommendationerna i sin helhet, se *bilaga 7*.

1.18.7 Syntetiska oljor

Höga krav på fysiska smörj- och kylegenskaper ställs på syntetiska hydraul- och smörjoljor som används i moderna jetmotorer. De består av en blandning av estrar och med tillsatser av varierande typer av organiska fosforföreningar för att uppnå önskade egenskaper. Oljors reaktion om de utsätts för tryck och temperaturer som är väsentligt högre än de specificerats för är okänd i många fall. De kan omvandlas till olika typer av kolväten, kolmonoxid, koldioxid, och organiska fosforföreningar m.m. beroende på såväl oljetyp som under vilka omständigheter sönderdelningen och omvandlingen sker. Tillräckliga kunskaper saknas om dessa reaktioner och om de nybildade ämnenas inverkan på människan.

1.18.8 Flygföretagets nödrutiner

Vid genomgång av företagets instruktioner och nödrutiner, som gällde vid tiden för tillbudet, har SHK inte kunnat finna några klara instruktioner för hur besättningen skall handla om någon ombord plötsligt drabbas av förorenad luft som varken luktar eller syns. Detta synes inte heller behandlas under förarens eller kabinpersonals respektive utbildningsprogram.

2 ANALYS

2.1 Flygningen

2.1.1 Besättningen

Redan på den första av de tre flygningarna den aktuella dagen reagerade en i kabinbesättningen på att hon inte kände sig bra och även de två andra kände sig konstiga. Därefter upplevde de under nästa flygning att de kände sig konstiga på olika sätt och att de tyckte att det var någonting egendomligt med kabinluften.

De talade om problemet både under flygningarna och under markstoppen och det kan naturligtvis inte uteslutas att de därigenom kom att påverka varandra att kanske bli mer observanta på hur de mädde. Men under den sista flygningen för dagen reagerade även passagerare på att de kände obehag och kabinbesättningen upplevde att vad de känt på de båda tidigare flygningarna förstärktes. Dessutom kände både befälhavaren och

kabinchefen under ett kort ögonblick en speciell lukt under stigningen efter start. Befälhavaren kunde inte identifiera vad han kände men kabinchefen tyckte att lukten påminde om bränt svavel. Dessa förhållanden talar för att det redan före själva tillbudet fanns något onormalt i kabinluften som fick dem att må dåligt. För detta talar måhända också de felgrepp, som befälhavaren gjorde i samband med starten av motorerna.

SHK har försökt att finna andra faktorer än dålig kabinluft som skulle kunna vara förklaringen till besättningens upplevelser. Ingenting i undersökningen har emellertid visat på några sådana faktorer annat än sådana som möjligen haft marginell betydelse för händelseförloppet, såsom att kabinchefen inte hade hunnit äta lunch och att två av besättningsmedlemmarna var förkylda. Allt tyder i stället på att kvaliteten på kabinluften hade en avgörande betydelse.

Samtliga i besättningen kände sig dåliga under den sista av de tre flygningarna och det var under denna flygning som förarna drabbades akut. Huruvida det berodde på en ackumulerad effekt av någonting i kabinluften från de tidigare flygningarna eller om luften just då var som sämst har inte gått att fastställa.

2.1.2 Landningen

Förarna hade tidigare under dagen diskuterat kabinluften med de övriga i besättningen och man kan förmoda att de var mentalt uppmärksamma på eventuell onormal lukt eller annan egenskap i luften som skulle kunna påverka dem. När styrmannen plötsligt blev illamående reagerade han snabbt och korrekt genom att omedelbart sätta på sig sin syrgasmask. Om man antar att det var något ämne i den inströmmade luften från luftkonditioneringsystemet som orsakade hans illamående, kan hans snabbhet med att börja andas syrgas förklara varför han därefter tillfrisknade så snabbt. Befälhavaren satte på sig sin syrgasmask ca 10 sekunder senare och kan därigenom ha utsatts för ohälsosam luft under en något längre tidsperiod, vilket skulle kunna vara orsaken till varför det tog betydligt längre tid för honom att återhämta sig.

Mycket talar för att förarnas snabba och korrekta handlande bidrog till att avvärja en situation som skulle ha kunnat få mycket allvarliga konsekvenser. Vid det liknande tillbudet, som inträffade i England i november 2000, använde ingen av de båda förarna syrgas. När flygplanet landades var en av dem helt utslagen och den andra påtagligt sjuk, någonting som kanske skulle ha kunnat undvikas om båda förarna hade använt syrgas.

Genom att befälhavaren under den aktuella flygningen överlämnade flygningen till styrmannen – som efter att ha satt på sig syrgasmasken kände sig bra – kunde landningen genomföras utan problem. SHK har viss förståelse för att förarna inte deklarerade nödläge eftersom situationen var ovan och någonting man inte tränat för eller behandlat i samband med sin utbildning. En annan orsak kan vara att de var påverkade av någonting i luften.

SHK konstaterar att denna typ av tillbud – där besättningsmedlemmar, utan förvarning av onormal lukt eller annan indikation, momentant kan bli kraftigt sjuka av den luft som de andas – inte var omhändertagen i dåvarande nödchecklistor eller nödträningsrutiner. Behov synes därför föreligga att generellt se över nödchecklistor för alla berörda flygplanstyper och säkerställa att dessa föreskriver omedelbar användning av 100 %

syrgas vid minsta misstanke om att ohälsosam luft kan ha kommit in i flygplanet. (För BAe 146 har detta redan införts genom AOM Ref 99/024V.)

2.1.3 Medicinska överväganden

Som nämnts gjordes aldrig några medicinska kontroller av och provtagningar på besättningen, vilket bara är att beklaga. Det skulle måhända ha kunnat ge en fingervisning om vad som drabbat besättningen eller möjlighet att utesluta vissa orsaker till de upplevda symtomen. Flygföretaget har dock efter tillbudet vidtagit erforderliga åtgärder i dessa hänseenden för den händelse något liknande skulle inträffa igen.

SHK:s medicinska experter har med utgångspunkt i besättningens symptom och upplevda obehag försökt att hitta någon möjlig förklaring till det inträffade. Utan att gå in på några detaljer kan sägas att vissa iakttagelser har ansetts tala för en viss sorts toxicitet medan andra ansetts talat däremot. Någon gemensam nämnare som skulle kunna omfatta hela den bild som besättningen givit av vad de upplevt har experterna inte kunna finna.

2.2 Tekniska undersökningar

Som framgår av avsnitt 1.16 så har SHK, tillsammans med berörda intressenter, gjort en mycket omfattande teknisk undersökning av det aktuella flygplanet för att försöka förklara besättningens försämrade hälsotillstånd. Även ett antal operativa faktorer – som nämnts i 1.16.2 och som inte har med själva flygplanet att göra – har beaktats.

Eftersom ett oljeläckage hittades i motor #2 och flygplanet efter bytet av denna motor kunde sättas i drift och inga anmärkningar om dålig kabinluft därefter rapporterades, var det naturligt att misstänka att den motorn var källan till den dåliga kabinluften. Utan att göra några åtgärder på motorn monterades den därför in i en testcell och provkördes med extra utrustning för mätning av kvaliteten på avtappningsluften till flygplanets luftkonditioneringssystem. Emellertid visade inget av de prover som togs på förekomst av någon påtaglig koncentration av giftig gas eller annan giftig komponent. Analytresultatet visade i stället att koncentrationen av samtliga identifierade ämnen låg under gällande och accepterade gränsvärden.

Vid den följande demonteringen och inspektionen av motorn kunde inte någonting onormalt noteras. Motorn var i förhållandevis gott skick med hänsyn till sin gångtid. Några smärre oljeläckage hittades visserligen, men de var av en typ och omfattning som inte är ovanliga på motortypen efter en tids användning. Dessa läckage var av sådan art och omfattning att de erfarenhetsmässigt bedömdes inte kunna leda till något problem med kabinluften. Någon oljelukt hade inte heller rapporterats under flygning.

Inte heller vid den undersökning av kabinluften som gjordes under flygprovet, där de två sista flygningarna den aktuella dagen simulerades, framkom någonting som kunde kasta ljus över vad som förorsakat tillbudet. Analysresultatet av samtliga luftprover som togs visade på koncentrationer under gällande och accepterade gränsvärden för de gaser och ämnen som mättes.

SHK kan bara konstatera att de undersökningar som gjorts och de luftprover som tagits inte har lett fram till någon entydig förklaring till vad som orsakade det allvarliga tillbudet. De mätmetoder som har använts och de kunskaper som finns inom detta området har måhända inte varit tillräckliga för att avslöja sanningen. Ett minst lika möjligt alternativ är att föroreningen som orsakade symtomen bara uppträder under mycket speciella förhållanden, vilka inte förelåg vare sig vid motorprovet eller vid provflygningen.

Trots detta talar allt för att kabinluftens kvalitet haft en avgörande betydelse för det aktuella tillbudet och för andra liknande tillbud som inträffat hos andra flygbolag.

2.3 Kvalitet på kabinluft

2.3.1 Allmänt

Som framgår av avsnitt 1.18 har kvalitet på kabinluft alltmer uppmärksamats inom flygbranschen de senaste åren. Intresset gäller både flygsäkerhetsaspekten och eventuell långsiktig hälsopåverkan. Många åtgärder har vidtagits av myndigheter, flygplans- och motortillverkare samt operatörer för att komma tillrätta med problemet. Trots detta är problemet ännu inte löst. Flera av de åtgärder som rekommenderats avser också initiering av forskningsinsatser inom området.

2.3.2 Flygsäkerhet

Risken för att besättningar utan förvarning kan drabbas av giftig kabinluft som påtagligt försämrar deras prestationsförmåga eller temporärt kan slå ut enskilda besättningsmedlemmar utgör ett allvarligt hot mot flygsäkerheten. Trots det måste man beakta att utfallet av sådana händelser är ytterst litet i förhållande till den mängd flygtransporter som årligen utförs i världen.

Detta faktum gör det å andra sidan extra svårt att finna förklaringen till dessa händelser och att komma fram till lämpliga åtgärder för att förhindra att någonting liknande inträffar igen. Dålig kabinluft förefaller också kunna dyka upp plötsligt utan förvarning och försvinna lika snabbt. När man sedan felsöker flygplanet hittar man ingen säker förklaring. Vid de mätningar som har gjorts har analysresultaten visat på normala värden.

Eftersom utfallet generellt är lågt på alla flygplanstyper behövs en systematisk och världsomfattande insamling av data från dessa tillbud, kodning av specifika omständigheter och upprättande av en internationell databas. Med tillgång till en sådan databas borde det genom grundforskning vara möjligt att inom överskådlig tid finna förklaringen på problemet eller åtminstone få en vägledning om inom vilka områden man bör koncentrera den fortsatta forskningen.

I detta sammanhang är det av stor vikt att det hos flygbolagen finns framtaget en handlingsplan för hur besättningen och flygplanet skall behandlas direkt efter landning om ett tillbud av detta slag inträffar. Annars är risken stor att viktig information kan gå förlorad.

2.3.3 Den flygande personalens hälsa

Risker för varaktiga hälsoproblem till följd av långvarig exponering för mer eller mindre ohälsosam kabinluft torde det måhända vara mindre svårt att komma tillrätta med. Kompletterande grundforskning i ämnet kan vara nödvändig. Det borde t.ex. med hjälp av lämplig permanent installerad mätutrustning på några representativa flygplansindivider vara möjligt att kartlägga de flesta ingående faktorer som kan ha betydelse i sammanhanget. Faktorer såsom normal sammansättning av kabinluft, luftfuktighet, tryck, temperatur etc. Utifrån sådan information borde det också vara möjligt att fastställa relevanta gränsvärden och exponeringstider för flygande personal så att risken för kvarstående hälsoproblem minimeras.

2.3.4 Inverkan av motoroljor

Även om man ännu inte har lyckats att visa att så är fallet, så talar mycket för att motoroljan och i oljan ingående tillsätsmedel har stor betydelse i sammanhanget. Utläckande olja från t.ex. en motors lagerutrymmen kan komma ut i kompressorluften och senare hamna i flygplanets luftkonditioneringssystem. När sådan olja passerar genom brännkamarhuset finns risken att den kan utsättas för högre temperaturer än vad den är specificerad för.

Som nämnts tidigare kan överhettade oljor omvandlas till en stor mängd olika typer av kolväten, kolmonoxid, koldioxid, organiska fosforföreningar m.m. Information om vilka substanser som ingår i oljeprodukterna samt kunskap om toxikologi och medicinskt underlag för att ange en skarp gräns mellan skadlig och icke-skadlig halt saknas ofta. Än mindre är kunskapen om vilka ämnen som bildas vid höga temperaturer och vilka möjliga samverkans effekter som uppstår vid samtidig exponering av flera luftföroreningar. Det är även möjligt att en eventuell giftverkan kan förstärkas av syrets minskade partiella tryck som normalt förekommer i en tryckkabin under flygning.

Stora tryck- och temperaturskillnader förekommer i flygplans luftkonditioneringssystem mellan motorerna och luftmunstycken i kabinen (ca 400 °C /12 bar som reduceras till ca 50 °C /1 bar). Det bör därför utredas om risk föreligger för att luftkanalerna kan fungera som destillationskolonner för luft som innehåller oljeprodukter. Om så är fallet skulle det kunna medföra att giftiga substanser kan ansamlas i systemet under en längre tid och sedan momentant släppas ut i kabinen i större mängder och ge höga koncentrationer under korta stunder.

Det finns uppenbarligen ett behov av forskning också inom detta område.

2.3.5 Utformning av motors luftavtappningssystem

I de flesta moderna trafikflygplan med tryckkabin förses, som tidigare nämnts, luftkonditioneringssystemet med luft från flygplanets ordinarie motorer eller APU:n. Det innebär att det alltid finns en risk att någonting som sugts in i en motor – eller olja från ett internt läckage i en motor – kan förbrännas och dess förbränningsprodukter hamna i kabinluften.

Utformningen av luftavtappningssystemet för kabinluften är, som tidigare nämnts, olika för olika motor- och APU-typer. I vissa konstruktioner tappas luften av långt fram i motorn där kompressorluften inte är

så het och där ett oljeläckage ifrån ett lagerutrymme många gånger inte har en fysisk möjlighet att hamna i luftavtappningssystemet. I andra motorkonstruktioner tappas luften av längre bak i kompressorn där både tryck och temperatur är högre och risken för att eventuellt utläckande olja skall kunna leta sig ut via luftavtappningssystemet är större.

Den aktuella motortypen ALF502R-5 är i detta sammanhang speciell i två avseenden;

- Luftavtappningen sker osedvanligt långt bak i motorn. Avtappningen sker direkt från brännkamarhuset som sitter efter kompressorerna. Som framgår av figurerna i avsnitt 1.6.2 sitter i brännkamarhuset också själva flamröret. I flamröret kan temperaturen nå upp till ca 850 °C.
- Vissa tätningar för motorns lagerutrymmen saknar s.k. knivtätningar som skall ta hand om den eventuella olja som i små mängder normalt kan läcka ut från oljesmorda koltätningar efter en viss tid i drift.

Båda dessa förhållanden är ogynnsamma för kvaliteten på kabinluften och skulle kunna vara en förklaring till varför just flygplantypen BAe 146 med denna motortyp installerad är överrepresenterad när det gäller rapporter om dålig kabinluft.

Brännkamarhuset och flamröret är utformade så att den luft som tappas av till luftkonditioneringsystemet inte skall kunna innehålla några förbränningsgaser eller luft som har varit i kontakt med heta ytor i brännkammaren. I den motor som SHK har undersökt hittades inte heller något fysiskt fel i brännkamarhuset som skulle kunna tyda på att så skett.

Även om ett sådant fel inte har hittats i motorn, anser ändå SHK att det skulle kunna vara möjligt att oljedimma eller överhettade oljeprodukter, som momentant kommit in i flygplanets luftkonditioneringsystem, kan ha varit en bidragande orsak till problemet. Detta beroende på att oljeläckage är möjligt och luftavtappningen sker mycket nära flamröret.

AAIB föreslår också i sina rekommendationer nr. 2001-4 och 2001-6 åtgärder inom detta område.

3 UTLÅTANDE

3.1 Undersökningsresultat

- a) Förarna hade behörighet att utföra flygningen.
- b) Luftfartyget hade gällande luftvärdighetsbevis.
- c) Luftprover tagna vid motorprov och flygprov gav ingen indikation om vilken/vilka kemiska substanser som orsakat symtomen.
- d) Något tekniskt fel som kan förklara tillbudet har inte hittats.
- e) Placeringen av luftavtappningsuttaget till luftkonditioneringsystemet är inte den bästa på motortypen.
- f) Kunskaper saknas vad gäller moderna smörjoljors reaktion vid mycket höga tryck och temperaturer samt deras inverkan på människors hälsa.

- g) Instruktioner saknades för hur besättningar skall agera under flygning då misstanke om förorenad kabinluft uppkommer.

3.2 Orsaker till tillbudet

Tillbudet orsakades av att förarna tillfälligt påverkades av sannolikt förorenad kabinluft.

4 REKOMMENDATIONER

Luftfartsverket rekommenderas att i samråd med berörda utländska luftfartsmyndigheter verka för:

- att befintliga nödchecklistor och nödträningsrutiner kompletteras med avseende på omedelbara åtgärder att vidtaga om misstanke uppkommer att kabinluften är förorenad. Instruktionen skall vid sådana tillfällen påkalla omedelbar användning av syrgasmask inställd på 100 % syrgas
(*RL 2001:41 R1*);
- att en handlingsplan tas fram för hur besättning och flygplan skall behandlas direkt efter landning om ett tillbud med förorenad kabinluft inträffat (*RL 2001:41 R2*);
- att en internationell databas upprättas med faktainformation från flygningar där misstanke om förorenad kabinluft föreligger
(*RL 2001:41 R3*); och
- att forskningsinsatser initieras vad gäller moderna smörjoljors reaktion vid mycket höga tryck och temperaturer och deras inverkan på människors hälsa (*RL 2001:41 R4*).