

FLYG TENDENSER

STATISTIK, ANALYS OCH INFORMATION FRÅN TRANSPORTSTYRELSEN

02/2011

TEMA FLYGTEKNIK



När ny teknik introduceras resulterar det i nya utmaningar för användarna, men den tekniska utveckling som har präglat branschen har även varit en förutsättning för den positiva flygsäkerhetsutvecklingen. System har utvecklats för att undvika kollision i luften och på marken. Flygplanen blir alltmer datoriserade och samspelet människa och teknik blir alltmer komplex. Transportstyrelsen har som en av sina strategier att följa och fortlöpande anpassa regelverken efter den tekniska utvecklingen.

Ansvarig utgivare: Daniel Hellström, daniel.hellstrom@transportstyrelsen.se

Redaktör: Christina Berlin, christina.berlin@transportstyrelsen.se, telefon 010-495 36 42
Transportstyrelsen, 601 73 Norrköping.

FÖRORD

Området teknik fascinerar många och därför ägnas denna utgåva av Flygtendenser åt flygteknik i olika avseenden.

När ny teknik introduceras resulterar det i nya utmaningar för användarna, men den tekniska utveckling som har präglat branschen har även varit en förutsättning för den positiva flygsäkerhetsutvecklingen. System har utvecklats för att undvika kollision i luften och på marken. Flygplanen blir alltmer datoriserade och samspelet mänskliga och teknik blir alltmer komplext. Transportstyrelsen har som en av sina strategier att följa och fortlöpa anpassa regelverken efter den tekniska utvecklingen. Ett exempel på introduktion av ny teknik är att ett svenskt flygbolag var först i Europa med ett såväl operativt som luftvärdighets godkännande av ett EFB system (Electronic Flight Bag) där man använder sig av en Ipad som plattform. En utmaning för Transportstyrelsen är att hålla sig på framkant vad gäller ny teknik och genom t.ex. tillsyn upptäcka och förebygga eventuella negativa effekter av den nya tekniken.

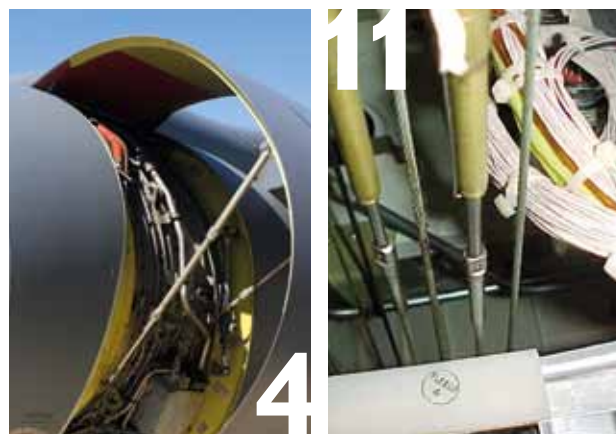
När det gäller konstruktion eller tillverkning av luftfartyg måste konstruktören/tillverkaren ha godkännande från en myndighet. Det är den europeiska flygsäkerhetsmyndigheten, European Aviation Safety Agency (EASA), som godkänner konstruktion av allt från reservdelar till hela motorer och luftfartyg. När konstruktionen är godkänd krävs ett tillverkningsgodkännande för att tillverkningen ska kunna inledas och det utfärdas av den nationella myndigheten.

För ultralätta luftfartyg och hembyggen samt vissa äldre luftfartyg, hanteras både konstruktions- och tillverkningsgodkännanden av den nationella myndigheten med hjälp av intresseorganisationerna Kungliga Svenska Aeroklubben (KSAK) och Svenska underavdelningen inom Experimental Aircraft Association (EAA Sverige).

Detta nummer av Flygtendenser inleds med en artikel som beskriver vilka regelverk som gäller för konstruktion, tillverkning och modifieringar av luftfartyg. Därefter följer artiklar som handlar om underhållsprogram för luftfartyg, nya generationens flygplan samt en artikel om obemannade luftfartyg. Och eftersom i princip all tillverkning, allt underhåll och alla modifieringar utgår från forskning och utveckling handlar även en artikel om flygteknisk utveckling.

Slutet ägnas i vanlig ordning åt marknadsstatistik och Flygsäkerhetsinfo inklusive en redovisning av 2011 års statistik. I detta nummer introduceras även ett bidrag med miljöfokus och tanken är att även detta ska bli en återkommande del.

Ingrid Cherfils
Luftfartsdirektör



INNEHÅLL

| | |
|--|----|
| Luftvärdighetssystemet – uppgifter, roller och ansvar | 4 |
| Fakta: Vulkanutbrott och dess påverkan på flyget | 10 |
| Utveckling av underhållsprogram | 11 |
| En ny generations flygplan | 17 |
| Fakta: Teknikern i tiden | 20 |
| Obemannade luftfartyg – UAS | 21 |
| Open rotor teknik – hur ska man avväga mellan buller och koldioxidutsläpp? | 25 |
| Flygteknisk forskning | 27 |
| Flygsäkerhetsinfo | 31 |
| Utblick – flygsäkerhet | 36 |
| Mänskliga faktorer och människa–teknik–organisation | 38 |
| Aktuell statistik | 43 |

Johan Brunnberg, johan.brunnberg@transportstyrelsen.se

Lars Haglund, lars.haglund@transportstyrelsen.se

LUFTVÄRDIGHETSSYSTEMET – UPPGIFTER, ROLLER OCH ANSVAR

Denna artikel handlar om reglerna för de luftfartyg som omfattas av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 216/2008. Det vi i dagligt tal kallar "EASA-luftfartyg". Hur är det tänkt att reglerna ska fungera så att luftfartygen förblir luftvärdiga och vem ansvarar för vad?

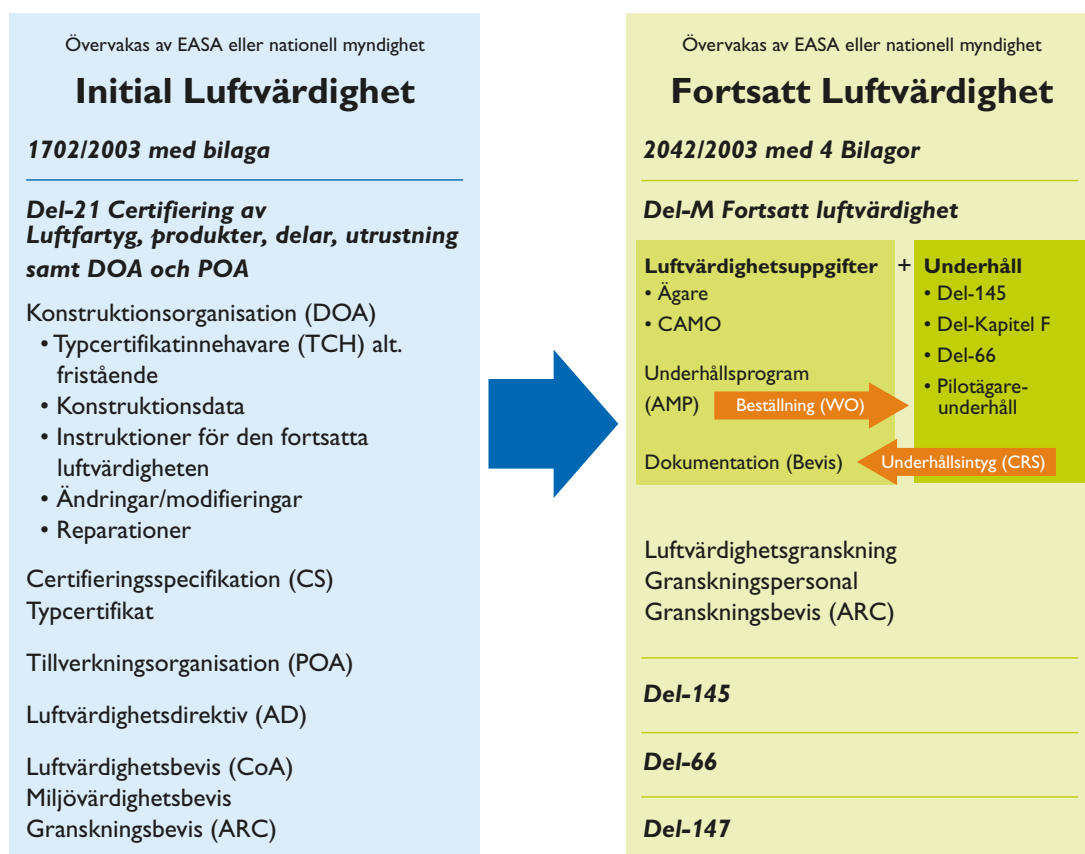
De regelverk som styr luftvärdighetssystemet är indelade i två delar, initial och fortsatt luftvärdighet. Förenklat innebär det att först tas ett luftfartyg fram enligt regelverket för initial luftvärdighet och sedan när luftfartyget tas i bruk, följer man reglerna för fortsatt luftvärdighet. I praktiken använder man sig av båda regelverken samtidigt under den fortsatta luftvärdigheten, om det bl.a. behövs nya delar och modifieringar.

I dessa två delar finns även regler för de nationella myndigheterna att följa som handlar om hur de ska övervaka att luftfartygen är luftvärdiga, att de olika personer/organisationer som verkar i systemet gör det som förväntas. Det innefattar bl.a. att utfärda olika tillstånd/certifikat, fortlöpande övervaka, godkänna förändringar och även återkalla, tillfälligt upphäva eller begränsa tillstånd om allvarliga brister finns.

ETT LUFTFARTYG BLIR TILL – INITIAL LUFTVÄRDIGHET (1702/2003¹, DEL-21) KONSTRUKTION

Någon som önskar tillverka ett luftfartyg behöver först ett tillstånd för att konstruera. För att erhålla ett sådant tillstånd krävs att man har en godkänd konstruktionsorganisation (DOA²).

FIGUR 1 Luftvärdighetssystemets två delar



Konstruktionsorganisationen tar sedan fram en design med tillhörande ritningar. Det krävs även instruktioner på hur den ska tillverkas, hur den ska flygas och sedan underhållas under drift.

Kravet på luftfartyget (konstruktionen) görs mot en certifieringsspecifikation (CS), t.ex. CS 25 Stora flygplan, CS 27 Små helikoptrar och CS-E Motorer.

När alla krav är uppfyllda enligt certifieringsspecifikationen kan luftfartyget erhålla ett typcertifikat enligt Del-21 och då kan även luftfartyget godkännas av EASA. Konstruktionsorganisationen blir då typcertifikathållare (TCH) och luftfartyget får ett typcertifikatdatablad (TCDS) med vad som gäller för just det luftfartyget. EASA blir då ”myndigheten” (State of design) som har ansvaret för övervakningen över luftfartygskonstruktionen.

I samband med godkännandet ansvarar även konstruktionsorganisationen för att instruktioner för den fortsatta luftvärdigheten finns, dvs. underhållsdata (vad som ska göras, hur det ska göras och med vilka intervall).

TILLVERKNING

För tillverkningen av luftfartyget krävs ytterligare ett tillstånd, tillverkningsorganisations (POA³). En godkänd tillverkningsorganisation får tillverka luftfartyg, delar och utrustning enligt de anvisningar de får från konstruktionsorganisationen.

REGISTRERING

Vid registrering utfärdar den stat där luftfartyget ska registreras sedan bl.a. luftvärdighetsbevis, granskningsbevis (ARC) och miljövärdighetsbevis enligt Del-21. Efter registrering med tillhörande dokument kommer luftfartyget att omfattas av reglerna för den fortsatta luftvärdigheten.

EFTERLEVAD OCH UTVECKLING AV INITIAL LUFTVÄRDIGHET

Efter det att alla tillstånd har godkänts följer fortsatt efterlevnad av reglerna och eventuell vidareutveckling av luftfartygskonstruktionen. Tillverkningsorganisationerna och konstruktionsorganisationerna (POA och DOA) kontrollerar kontinuerligt själva att de interna rutinerna följs och att reglerna efterlevs.

MYNDIGHETSÖVERVAKNING

De behöriga myndigheternas ansvarsområde beskrivs i avsnitt B (som finns i förordning 1702/2003); förfaranden för behöriga myndigheter. Där framgår ”hur den behöriga

myndigheten i medlemsstaten ska utöva sina uppgifter och förpliktelser avseende utfärdande, upprätthållande, ändring, upphävande och återkallande av certifikat, godkännanden och tillstånd”. EASA ansvarar för att övervaka konstruktionsorganisationen (DOA) samt utfärdar luftvärdighetsdirektiv (AD, Airworthiness Directive) om brister i konstruktionen upptäcks. Den nationella myndigheten övervakar tillverkningsorganisationen (POA).

FORTSATT LUFTVÄRDIGHET

När luftfartyget är tillverkat och registrerat med tillhörande dokument kommer reglerna för fortsatt luftvärdighet att gälla. Reglerna för att styra vad som krävs för att ett luftfartyg ska vara säkert och luftvärdigt att flyga med anges i kommissionens förordning 2042/2003⁴ med dess fyra bilagor.

De fyra bilagorna beskriver regler om: fortsatt luftvärdighet (Del-M), underhållsorganisation (Del-145), krav på certifierande personal, flygtekniker (Del-66) och krav på utbildningsorganisationer för certifierande personal enligt Del-66 (Del-147).

Reglerna i Del-M innehåller grunderna för hur den fortsatta luftvärdigheten ska säkerställas.

Regelverket delas tydligt upp i luftvärdighetsuppgifter (se beskrivning nedan) och underhåll. I de auktorisationsbevis (AUB) som användes tidigare var dessa uppgifter integrerade. Auktorisationsbevis används idag endast för de luftfartyg som inte omfattas av EASA-regelverket.

LUFTVÄRDIGHETSUPPGIFTERNA

Den luftvärdighetsansvarige (ägare eller luftvärdighetsorganisation, CAMO⁵) ansvarar för ”när, vad och hur” luftfartyget ska underhållas enligt det godkända underhållsprogrammet.

I luftvärdighetsuppgifterna ingår det även att:

- säkerställa tillsynen före flygning (PFI),
- fel åtgärdas före flygning,
- övervaka och införa:
 - luftvärdighetsdirektiv (AD),
 - operativa krav som påverkar den fortsatta luftvärdigheten,
 - nya regler som påverkar den fortsatta luftvärdigheten,
 - säkerhetsdirektiv från den nationella myndigheten.
- modifieringar och reparationer görs enligt Del-21
- övervaka och införa information från konstruktionsorganisation, tillverkare, nationella myndigheten eller EASA – t.ex. säkerhetsbulletiner (SIB).

UNDERHÅLLSPROGRAMMET (AMP⁶)

Underhållsprogrammet har en central uppgift när det gäller hur den fortsatta luftvärdigheten ska säkerställas. Ett underhållsprogram är en sammanställning av alla de underhållsuppgifter som krävs, baserat på konstruktionsorganisationens krav och övriga krav som har betydelse för att hålla ett luftfartyg luftvärdigt. Ett underhållsprogram ska utvecklas och anpassas unikt till luftfartygsindividens. Det ska sedan godkännas av myndigheten där luftfartyget är registrerat. I vissa fall får även en luftvärdighetsorganisation godkänna underhållsprogram. Underhållsprogrammet ska innehålla vad det är baserat på, vilka underhållsuppgifter som ska utföras, vid vilka intervaller och enligt vilka instruktioner. Det ska även anpassas till den flygoperation luftfartyget kommer att användas i.

Underhållsprogrammet ska sedan årligen kontrolleras för att säkerställa att det är uppdaterat enligt alla instruktioner och även utvärderas med avseende på om det har fungerat tillfredsställande för luftfartygets sätt att operera. Har man

haft onödiga driftavbrott som kan åtgärdas med ett annat underhållsintervall eller ska man införa en modifiering? Kan man bevisa att något underhåll görs utan att anmärkningar hittas kan man söka om att förlänga ett sådant underhållsintervall.

UNDERHÅLL

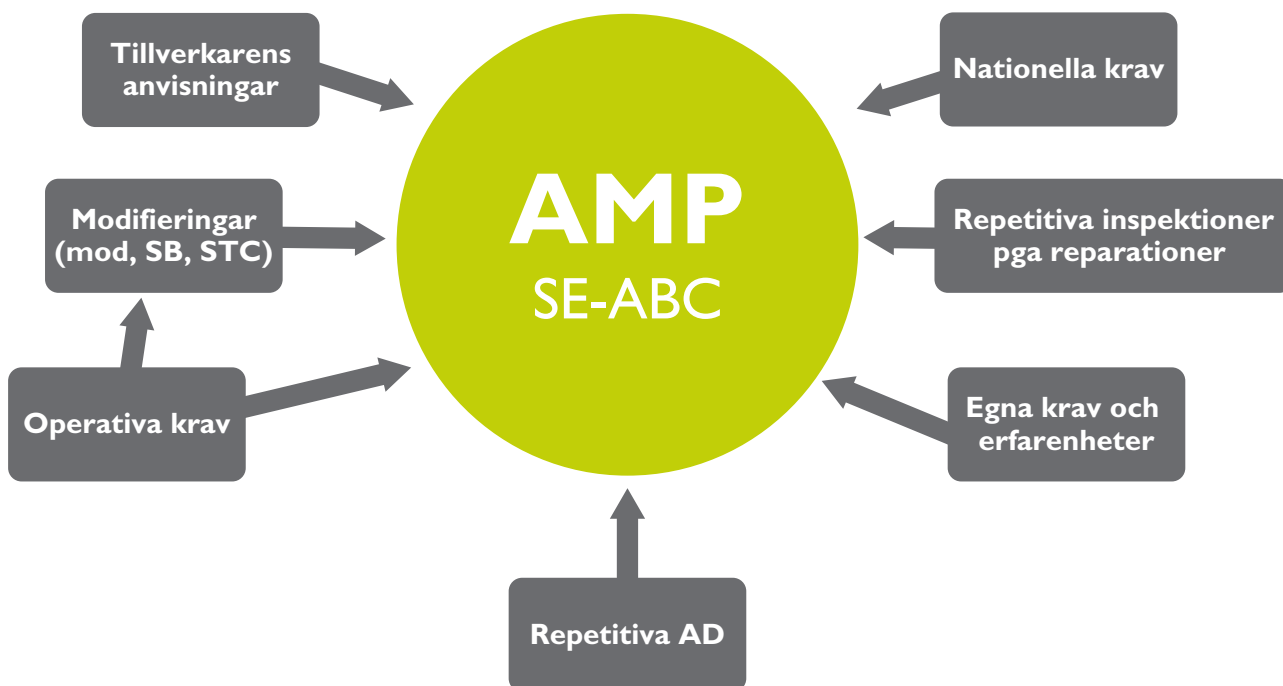
Den luftvärdighetsansvarige beställer de underhållsuppgifter, som ska utföras enligt instruktionerna i underhållsprogrammet.

Underhållet utförs och certifieras av godkänd underhållsorganisation eller person.

Följande organisationer eller personer får utföra underhåll på luftfartyg om rätt förutsättningar finns:

- Underhållsorganisation enligt Del-145 ("145-verkstad")
- Underhållsorganisation enligt Del-M kapitel F ("F-verkstad")

Vad baseras ett underhållsprogram på?



- Certifierande personal enligt Del-66 ("Fristående tekniker")
- Pilot/ägarunderhåll enligt Del-M.

Den som utför underhållet tar emot en beställning från luftvärdighetsansvarige. Underhållet utförs i enlighet med gällande instruktioner och metoder. Detta intygas med ett underhållsintyg (CRS) av den som utfört underhållet.

Den luftvärdighetsansvarige följer sedan upp att beställningen är utförd och att inga underhållsuppgifter som krävs enligt underhållsprogrammet eller enligt andra instruktioner (säkerhetsbulletiner, luftvärdighetsdirektiv, SB, etc.) har glömts. Dokumentationen uppdateras som bevis på att alla åtgärder är genomförda.

LUFTVÄRDIGHETSANSVAR VS UNDERHÅLL

Länken mellan luftvärdighetsuppgifterna och underhåll är underhållsprogrammet.

Det är den luftvärdighetsansvarige som ska veta vad som ska göras och när respektive underhållsuppgift enligt underhållsprogrammet ska utföras. Tekniker (certifierande personal enligt Del-66, Del-M kapitel F och Del-145) signerar ett underhållsintyg (CRS), som därmed certifierar att det som har utförts är rätt gjort enligt instruktioner och regler. Bedömningar ska göras enligt godkänd underhållsdata och ska inte vara baserade på egna erfarenheter.

DEL-66 KRAV PÅ CERTIFIERANDE PERSONAL (FLYGTEKNIKER)

Flygtekniker (certifierande personal enligt Del-66) har certifikat med olika behörigheter beroende på vilken utbildning de har genomgått t.ex. flygplan eller helikopter med kolv- eller turbinmotor. Beroende på kategori i certifikatet, skrov, motor, elsystem, avionik, finns det begränsningar i behörigheten vad gäller arbete. Dessutom krävs även att teknikern har luftfartygstypen i sitt certifikat. För arbetet med stora luftfartyg⁸ krävs utbildning av en utbildningsorganisation⁹ med rätt behörighet innan en flygtekniker kan få sitt certifikat utökat med luftfartygstypen.

MODIFIERINGAR OCH REPARATIONER (INITIAL LUFTVÄRDIGHET)

MODIFIERINGAR

Alla förändringar, modifieringar, som önskas på ett luftfartyg måste ha ett modifieringsgodkännande (gäller för "stort som smått") med tillhörande instruktioner i hur det ska utföras och med vilka delar.

Modifiering kan vara att montera in, ta bort, eller flytta utrustning, ombyggnad eller förbättringar. Modifieringar

delas in i större och mindre. Hur modifieringar klassificeras regleras i Del-21.

Godkännande av mindre modifieringar kan göras av en DOA (kan vara TCH eller en fristående). En större modifiering godkänns alltid av EASA.

Om en annan DOA än typcertifikathållaren (TCH) tar fram en större modifiering blir modifieringen ett komplement till typcertifikatet (STC).

Det är även möjligt som privatperson att ansöka om en mindre modifiering hos EASA.

TILLVERKNING

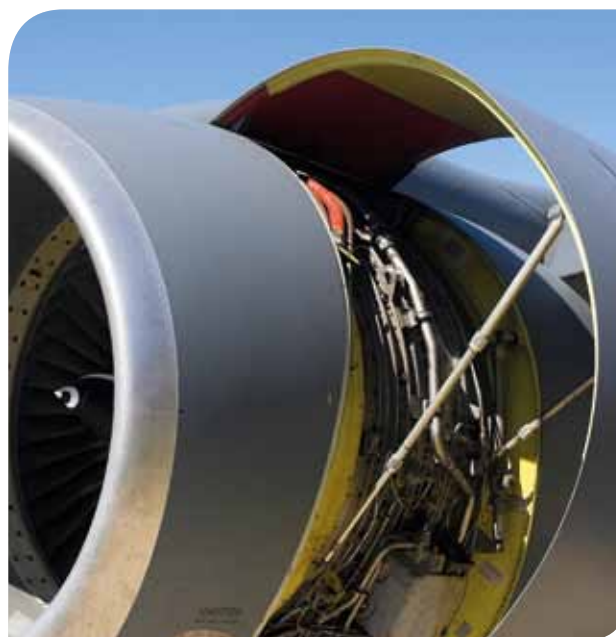
Tillverkning av delar sker sedan av en POA (Del-21), men även begränsad tillverkning kan utföras av underhållsorganisation godkänd enligt Del-145 eller Del-M, kapitel F.

UTFÖRANDET AV MODIFIERINGEN

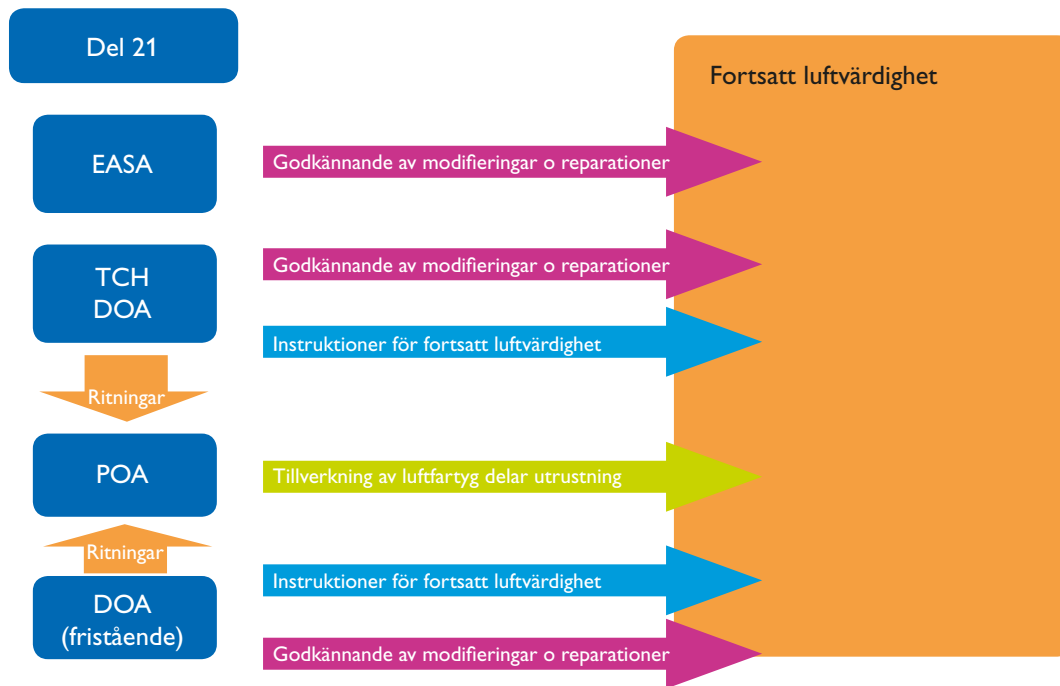
Modifieringen genomförs av godkänd underhållsorganisation eller person som efter utförandet utfärdar ett underhållsintyg.

REPARATIONER

Om underlag saknas för reparation i ursprunglig underhållsdata, ska sådana tas fram och godkännas. Konstruktören av luftfartygen med sin DOA kan ha möjlighet att ta fram underlaget. Är det fråga om mindre reparationer kan även en fristående DOA godkänna dessa.



INITIAL LUFTVÄRDIGHET 1702/2003



EFTERLEVNAD OCH UTVECKLING AV DEN FORTSATT LUFTVÄRDIGHETEN ORGANISATIONERNA

Luftvärdighetsorganisationen och underhållsorganisationen kontrollerar själva, bl.a. genom internkontroll, att organisationens interna rutiner följs och lever upp till reglerna, så att rätt resultat uppnås.

GRANSKNINGSPERSONAL (ARS)

Granskningspersonal granskar luftfartyget med tillhörande dokumentation (med 1–3 års intervall) och kontrollerar att det är luftvärdigt vid granskningsstillfället. Ansvaret för att luftfartyget är luftvärdigt mellan granskningsstillfällena ligger på den som är luftvärdighetsansvarig (ägare eller luftvärdighetsorganisation). Efter genomförd och godkänd granskning kan sedan ett granskningsbevis (ARC) utfärdas. Granskaren kontrollerar att reglerna har följts, bl.a. att luftfartyget överensstämmer med TCDS, att det underhållits enligt underhållsprogrammet, att alla installationer (modifieringar enligt Del-21) är godkända och att dokumentation finns som bevisar detta. Granskningspersonalen ska ha goda kunskaper i reglerna vad gäller initial och fortsatt luftvärdighet och de operativa kraven som påverkar luftvärdigheten.

Vem får granska?

- Utsedd granskningsperson i en luftvärdighetsorganisation

- Auktoriserad ELA 1 luftvärdighetsgranskare (Del-66 "fristående tekniker" godkända av myndigheten)
- Utsedd granskningsperson inom myndigheten.

MYNDIGHETSÖVERVAKNING

Styrda av avsnitt B i 2042/2003 kontrollerar myndigheterna:

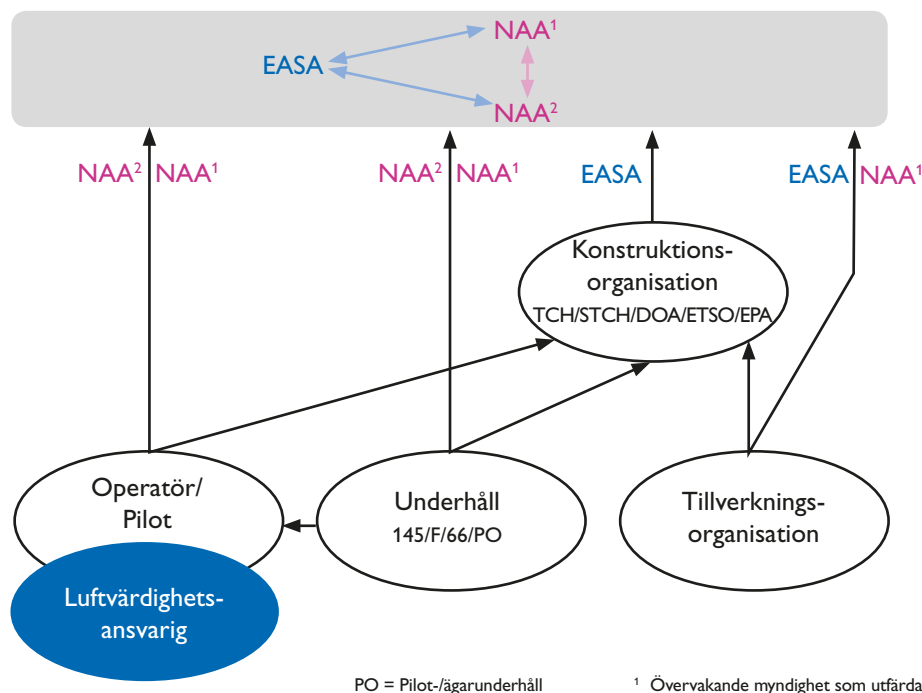
- Organisationernas (luftvärdighetsorganisationerna, underhållsorganisationerna) förmåga att följa sina egna rutiner och att implementera och följa reglerna.
- Luftfartygen
- Aircraft Continuing Airworthiness Monitoring (ACAM). Ett undersökningsprogram som övervakar hur de som utför luftvärdighetsuppgifter och underhåll på luftfartygen fungerar.

EASA

Genomför standardiseringsbesök¹⁰ i de olika länderna för att kontrollera hur reglerna har implementerats. De nationella myndigheterna ska varken införa hårdare eller lättare tolkningar – den gemensamma marknaden ska fungera på lika villkor.

UTVECKLING AV REGELVERKET/SYSTEMET

EASA har ett regelutvecklingsprogram där alla får kommentera nya regelförslag (NPA¹¹) och även kommentera de efterföljande kommentarerna på förslagen (CRD¹²). Alla kommentarer måste besvaras av EASA oavsett om kommentaren kommit från en person, organisation (även intresseorganisation) eller myndighet.

FRÅN AMC 20-8¹³

HÄNDELSERAPPORTERING

Ett stort gemensamt system kräver händelserapporter för att kunna identifiera och ta hand om säkerhetsrisker. En stor förändring i luftvärdighetssystemet jämfört med tidigare, är att det är EASA som ska påverka typcertifikathållaren om de anser att det finns brister i konstruktionen. En utförlig beskrivning finns i AMC 20-8, som alla berörda personer som verkar i både initial och fortsatt luftvärdighet ska följa.

Till exempel kan händelserapporter identifiera ett problem som konstruktionsorganisationen inte har haft möjlighet att kunna identifiera under certifieringsprocessen. Detta kan medföra att konstruktionsorganisationen förändrar en underhållsuppgift i sina instruktioner, alternativt inför en modifiering.

Vid brister i konstruktionens säkerhet kan EASA utfärda ett obligatoriskt luftvärdighetsdirektiv (AD). Vid akut behov ska även den nationella myndigheten göra det och samtidigt informera EASA så att de kan utfärda ett luftvärdighetsdirektiv för alla nationer eller att den nationella myndigheten återtar sitt om EASA finner att det inte ska vara en AD.

Det är inte bara rapportering om luftfartygen (eller delar, produkter) som är viktiga, även andra brister i organisationerna som kan påverka systemet ska rapporteras så att andra kan lära sig av misstagen.

¹ Kommissionens förordning (EG) nr 1702/2003 av den 24 september 2003 om fastställande av tillämpningsföreskrifter för luftvärdighets- och miljöcertifiering av luftfartyg och tillhörande produkter, delar och utrustningar samt för certifiering av konstruktions- och tillverkningsorganisationer.

² Design Organisation Approval.

³ Production Organisation Approval.

⁴ Kommissionens förordning (EG) nr 2042/2003 om fortsatt luftvärdighet för luftfartyg och luftfartygsprodukter delar och utrustning och om godkännande av organisationer och personal som arbetar med dessa arbetsuppgifter.

⁵ CAMO – Continuing Airworthiness Management Organization.

⁶ AMP – Aircraft Maintenance Programme.

⁷ F-verkstad får ej underhålla stora luftfartyg eller luftfartyg för kommersiell lufttransport.

⁸ Stort luftfartyg: ett luftfartyg klassificerat som ett flygplan med en maximal startmassa på mer än 5 700 kg, eller en flermotorig helikopter. Enligt artikel 2 (g) i förordning 2042/2003.

⁹ Då gäller Del-147 krav på utbildningsorganisationer för certifierande personal enligt Del-66.

¹⁰ Enligt Förordning 736/2006.

¹¹ NPA – Notices of Proposed Amendments.

¹² CRD – Comment Response Documents.

¹³ ED Decision 2003/12/RM.

Gunnar Ljungberg, gunnar.ljungberg@transportstyrelsen.se

FAKTA

VULKANUTBROTT OCH DESS PÅVERKAN PÅ FLYGET

EFFEKTEN AV UTBROTTE

Under utbrottet från Eyjafjallajökul i april 2010 stängdes merparten av det europeiska luftrummet i upp till sex dagar samt ytterligare någon tid i vissa lokala områden. De finansiella effekterna för flygbolagen beräknades till 1,8 miljarder USD i inkomstbortfall. (Källa IATA)
Cirka 10 miljoner passagerare och 100 000 flygningar fick ställas in under de sex dagarna.
Utbrottet från Grimsvortn 2011 blev inte lika förödande för luftfarten då utbrottet dels var mindre i omfattning samt att väderläget var mer gynnsamt.

VAD HAR HÄNT SEDAN DESS?

ICAO har uppdaterat den avbrottsplan som presenterar standardiserade riktlinjer för att alarmera flygplan när ett vulkanutbrott sker och procedurer som ska följas, EUR DOC 019 - Volcanic Ash Contingency Plan EUR and NAT Regions (2nd Edition).

ICAO har bildat arbetsgruppen IVATF, International Volcanic Ash Task Force, och tar bl.a. fram vägledande material för flygning i områden med vulkanisk aska.

ICAO har publicerat doc No. 9974, Flight safety and volcanic ash. Det är ett rådgivande material som civila luftfartsmyndigheter kan anvisa operatörer att följa vid prognostiserad förekomst av vulkanisk aska.

Olika europeiska aktörer, Eurocontrol, EASA och

nationella luftfartsmyndigheter bidrar till utveckling av kriskoordinering, förbättrade prognoser över spridning av vulkanisk aska, utveckling av regler och vägledning samt stöd till operatörer.

Transportstyrelsen har beslutat om regler och vägledande material för operation i områden med förekomst av vulkanisk aska (TSFS 2011:55). Reglerna är framtagna i enlighet med internationella standarder och rekommendationer. Detta innebär att operatörer ska ha en säkerhetsanalys framtagna baserad på luftfartyg och motortillverkarens uppgifter. Analysen tillsammans med operatörernas procedurer ska accepteras av Transportstyrelsen innan någon flygoperation i områden med medelhög koncentration av aska tillåts.

Flygning i områden med låg koncentration av aska är tillåten så länge man följer luftfartygs- och motortillverkarens rekommendationer och då behövs inte något myndighetsgodkännande.

14 svenska flygbolag har idag säkerhetsanalyser och procedurer accepterade för att flyga i områden med medelhög koncentration av aska. Inga flygbolag i det europeiska systemet har säkerhetsanalyser eller procedurer för att flyga i hög koncentration av aska.

Viss teknikutveckling pågår för att ta fram sensorer och instrument för installation i luftfartyg med syftet att besättningen ombord ska kunna se förekomst av vulkanaska.

Mycket arbete har lagts ned av många, flygbranschen och myndigheter är mycket bättre rustade för ett eventuellt nytt vulkanutbrott nu än 2010.



Magnus Johansson, magnus.johansson@transportstyrelsen.se



UTVECKLING AV UNDERHÅLLSPROGRAM

Underhåll av flygplan är ett område som är tidsödande, kostsamt och ofta komplicerat. Det är därför viktigt att underhållsprogrammen är optimerade så att man inte gör en massa onödiga åtgärder. Tillverkare av moderna passagerarflygplan ska, enligt certifieringskraven, tillhandahålla instruktioner för hur och när flygplanet ska underhållas för att det ska kunna fortsätta vara luftvärdigt. Den som opererar flygplanet ska i sin tur ta fram ett underhållsprogram baserat på tillverkarens anvisningar men anpassat efter den egna operationen. Detta innebär att man som operatör har stora möjligheter att påverka sitt underhållsprogram och optimera det så att det blir så kostnadseffektivt som möjligt utan att den operativa tillförlitligheten eller flygsäkerheten minskar. Arbetet med att ta fram och utveckla underhållsprogrammen är ett samspel mellan tillverkare, operatörer och myndigheter och vi ska titta närmare på hur det arbetet går till.

.....

TIDIGA UNDERHÅLLSPROGRAM

"Aircraft engines shall have a complete overhauling and replacement of worn parts at least once in 300 hours"

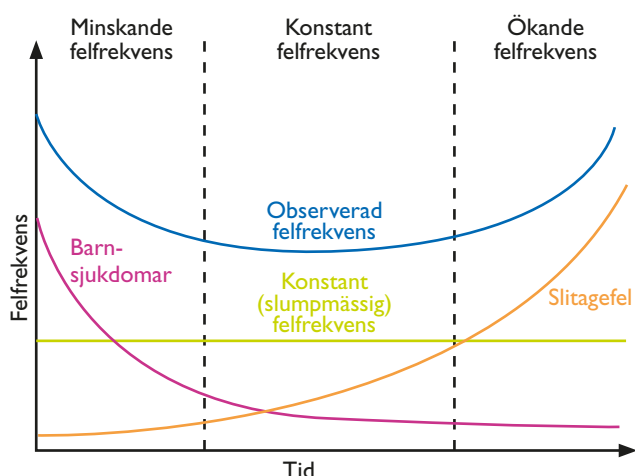
Detta är ett citat från 1930 ur en bulletin från Transport Airline Inspection Service, dåtidens motsvarighet till de amerikanska luftfartsmyndigheterna. Det har hänt en del sedan dess vad det gäller flygplanunderhåll.

Tidigt i flygets historia var underhållsprogrammen ofta enkla och framtagna av tillverkarna utan större analys. De byggde helt på tidigare erfarenheter, och den grundläggande filosofin bakom underhållsprogrammen var att göra åtgärder vid specifika tidpunkter. Man ansåg, eftersom mekaniska komponenter slits ut, att tillförlitligheten är knuten till tiden som en komponent varit i bruk och på så vis ansågs det att ju mer man underhöll systemen desto större var sannolikheten för att inte drabbas av fel.

OM DET FUNKAR – LAGA INTE!

Så småningom upptäckte man att vissa typer av fel uppträdde oavsett hur ofta man underhöll systemen och, i motsats till vad man tidigare trott, att sannolikheten för vissa fel inte påverkades över tid. Det kunde till och med visa sig vara sämre tillförlitlighet med täta underhållsintervaller och byten.

Det finns senare teorier, bl.a. den s.k. badkarskurvan, som visar att felbenägenheten hos vissa komponenter är större då den nyligen installerats och den befinner sig i en inkörningsperiod. Sedan planar kurvan ut och är närmast konstant under en tid för att mot slutet, då komponenten har utsatts för långvarigt slitage och åldrats, återigen bli mer felbenägen.



Badkarskurva.

Alla fel kan naturligtvis inte karaktäriseras med hjälp av badkarskurvan utan det finns ett flertal olika felkaraktärer och kurvor beroende på vilka system eller komponenter det rör sig om. Men, enligt en undersökning "Reliability Centered Maintenance" av Noland och Heap som kom 1978 kan tillförlitligheten hos 89 procent av alla komponenter inte relateras till brukstid och därmed skulle endast 11 procent vara behjälpta av att bytas eller underhållas på en given tid (hard-time).

Med intäget av den kommersiella jettrafiken i början av 1960-talet stod det snart klart att för att kunna få ekonomi i verksamheten måste underhållsfilosofin utvecklas. Underhållet gjorde att flygplanen stod för mycket på marken, det var för dyrt och det skapade även problem genom att man skruvade för mycket på flygplanen. Därtill kom ökade kostnader för bränsle, komponenter och reservdelar.

Även den tekniska utvecklingen och hårdare krav på systemsäkerhetsanalyser och mer feltoleranta konstruktioner drev på utvecklingen av underhållsprogrammen.

METODER UTVECKLAS

Det gjordes försök att organisera sig runt de nya erfarenheterna och 1968 utvecklade ett antal representanter för olika flygbolag en handbok, Maintenance Steering Group-1 (MSG-1) som innehöll metoder, analyslogik och beslutsprocesser avsedda för att operatörer tillsammans med tillverkare skulle kunna utveckla underhållsprogrammet för Boeing 747.

Erfarenheterna av detta var så positiva att man beslöt sig för att göra metoden mer allmän, varpå den rensades på "747-specifik" information och döptes om till MSG-2. På så sätt skulle den kunna användas för nya flygplan som togs fram. Efter ca tio år med MSG-2 beslöt man i slutet av sjuttiotalet att det var dags att göra en rejäl revision av metoderna. Orsaken var att flygplanen utvecklats, nya myndighetskrav tillkommit och bränslepriserna stigit ytterligare. Air Transport Association (ATA) gjorde en genomgång och identifierade ett antal områden som kunde förbättras. Arbetet som följde med att förbättra MSG-2 skedde sedan i samverkan med operatörer, tillverkare, underleverantörer och myndigheter och resulterade i MSG-3 vilket är det som gäller än idag, visserligen med ett antal revisioner, den senaste från 2011.

Skillnaden mellan MSG-3 och tidigare versioner är framför allt att man analyserar "top-down", vilket innebär att man tittar på vilka konsekvenser felfunktioner hos de olika systemen får snarare än att tidigare analysera vad som kan falla på komponentnivå. När MSG-2 tittar på vad som kan gå fel i en hydraulpump tittar MSG-3 på vad som kan gå fel i funktionen "trycksättning av hydraulsystemet" och vilka konsekvenser det kan få. Det innebär normalt att antalet underhållsåtgärder blir färre med MSG-3. Vidare är MSG-3-metoden bättre på att kategorisera de olika åtgärderna mellan t.ex. dolda fel som kan äventyra flygsäkerheten och fel som kan ge operationella eller ekonomiska konsekvenser. MSG-3 bygger på principen "Reliability Centered Maintenance".

MAINTENANCE REVIEW BOARD (MRB) – EN DEMOKRATISK PROCESS

MRB-processen som ska resultera i ett initialt grundläggande underhållsprogram, MRB-rapporten, är en process där tillverkare, underleverantörer, operatörer och myndigheter ingår. Arbetet är ett samspel som bedrivs i olika arbetsgrupper bestående av personer med goda kunskaper inom res-



Foto: FAA – Federal Aviation Administration

pektive område. Flygplantillverkaren planerar och driver arbetet och kallar till möten. Det är också tillverkaren och dess samarbetspartners (t.ex. tillverkare av motorer och landställ) som tar fram de systembeskrivningar, underlag och analyser som arbetsgruppen sedan går igenom på sina möten. De operatörer som deltar är ofta befintliga kunder av tidigare produkter och tilltänkta köpare av den nya produkten. De kan med hjälp av sina erfarenheter påverka det nya underhållsprogrammet i rätt riktning. Myndigheterna, t.ex. EASA och FAA, utser en ordförande och representanter inom varje område och utgör då det som kallas MRB. De deltar i processen från början och har en rådgivande funktion i de olika arbetsgrupperna för att säkerställa att arbetet bedrivs enligt de fastställda procedurerna och enligt MSG-3 metoden. Det är också de som gör granskningen för det slutliga myndighetsgodkännandet, vilket underlättas genom att de varit med från början.

Arbetsgången är att man har en styrgrupp, Industry Steering Committee (ISC), där en operatör är ordförande. ISC delegerar arbetet med att analysera flygplanetns olika system till ett antal arbetsgrupper, ”maintenance working groups”, normalt indelade i mekaniska system, motor, el/avionik, struktur och zonal. I arbetsgrupperna ingår operatörer, till-

verkare, underleverantörer samt myndighetsrepresentanten, den så kallade MRB-advisorn. Arbetsgrupperna utför analyserna och rapporterar sedan tillbaka till ISC. När ISC fått all information bereder de en MRB-rapport som lämnas till MRB för godkännande.

Det läggs ner tusentals timmar i MRB-processen, timmar som förhoppningsvis betalar sig i form av en bra slutprodukt; MRB-dokumentet, som operatörerna sedan baserar sitt underhållsprogram på.

MSG-3-METODEN

MSG-3-metoden finns beskriven i ett dokument som ges ut av ATA. Dokumentet beskriver hur man ska gå till väga när man gör sina analyser och hur man följer vissa givna steg, mallar och flödesscheman. MSG-3-dokumentet revideras med jämna mellanrum så det kan skilja mellan olika flygplanstypers underhållsprogramms uppbyggnad beroende på vilken revision de är baserade på.

Man börjar med att identifiera flygplanetns så kallade Maintenance Significant Items (MSI) bestående av flygplans- och motorsystem och Structural Significant Items (SSI) som består av flygplanetns struktur. Det är dessa ”Items” som sedan analyseras. Detta innebär också att inte alla system eller all struktur bedöms vara av sådan betydelse att de ska analyseras på MSI eller SSI nivå.

FAKTA

VILKA LUFTFARTYG HAR UNDERHÅLLSPROGRAM FRAMTAGNA GENOM MRB-PROCESSEN?

För flygplan, med över 13 000 kg max startvikt och helikoptrar med över 9 072 kg max startvikt är det obligatoriskt att underhållsprogrammet tas fram genom MRB-processen eller annan godkänd motsvarighet.

För flygplan mellan 5 700 och 13 000 kg är det frivilligt att ansöka om att få gå igenom MRB-processen. Detta blir allt vanligare då många har insett fördelarna. Många av dagens affärsjetplan har underhållsprogram framtagna genom MRB-processen.

Det innebär också att MSG-3 metoderna utvecklats till att inte bara passa större passagerarflygplan som var avsikten från början. Även inom militärt flyg och inom övrig industri förekommer att man använder sig av MSG-3.

FLYGPLAN- OCH MOTORSYSTEM

När man ska analysera de olika systemen gäller det att hitta en högsta hanterbar nivå. Att göra analysen på systemnivå kan fungera om det inte är ett alltför komplext system, men normalt fungerar delsystemnivå bättre medan komponentnivå oftast är för låg nivå. Vad menas då med detta? Jo, att t.ex. göra en analys på ett helt bränslesystem kan bli en för stor munsbit och för komplicerat med för många funktioner. I stället kanske man väljer att dela upp det i lämpliga delsystem som indikering, i- och urtankning, distribution och så vidare. Då får man en mer hanterbar analys.

För varje sådan analys görs en beskrivning där alla funktioner beskrivs ingående och presenteras med bilder och tillgängliga driftdata på ingående komponenter. Detta tjänar som underlag för arbetsgruppen för att de ska kunna ta rätt beslut i analysen.

Sedan identifieras alla funktioner (t.ex. trycksätta hydraulsystemet), alla felfunktioner (faller att trycksätta hydraulsystemet), alla feleffekter (inget tryck i hydraulsystemet) och alla felorsaker (fel på hydraulpump, ventil, filter etc.) och sammanställs i en tabell. Detta arbete ställer stora krav på den som tar fram analysen och är avgörande för om slutresultatet av analysen ska bli bra.

Efter det görs en analys "nivå 1" där man genom att besvara ett antal frågor fastställer en kategori på feleffekten. Det är här man kommer fram till om feleffekten är "Evident" eller "Hidden" samt om den är relaterad till "Safety, Operational eller Economical". Kategorierna som benämns 5, 6, 7, 8 och 9 kan man se för respektive underhållsåtgärd i det slutliga MRB-dokumentet.

I "analys nivå 2" gäller det att avgöra om det finns någon lämplig underhållsåtgärd och i så fall vilken för respektive felorsak. Här spelar kategorin från "nivå 1"-analysen roll. En kategori 8 (Hidden Safety) får normalt inte lämnas utan åtgärd medan en kategori 7, (Evident Economical) kan lämnas utan åtgärd om det inte finns någon effektiv sådan att välja.

Det gäller att välja en åtgärd som är effektiv. Det kan resultera i smörjning, rengöring, funktionstest, översyn, utbyte eller en kombination av dessa men också att man i vissa fall kommer fram till att en underhållsåtgärd visserligen är möjlig men inte effektiv och därför lämnar man det utan åtgärd.

Man väljer också ett underhållsintervall som kan vara i flygtimmar, kalendertid eller antal landningar beroende på vilken typ av system som berörs. Intervallerna brukar sättas så att åtgärderna kan grupperas i "paket" som kan utföras vid ett och samma tillfälle. På det här stadiet presenteras också en procedur med uppskattad tidåtgång och behov av speciell utrustning, allt för att arbetsgruppen ska kunna ta ett bra beslut.

KRAV FRÅN CERTIFIERINGEN

Under certifieringen av ett flygplan gör man säkerhetsanalyser av de olika systemen. I några fall kommer man fram till att underhållsåtgärder av flygsäkerhetskritiska system är nödvändiga för att systemen ska motsvara certifieringskraven. Det är dolda flygsäkerhetskritiska fel man vill undvika och genom att testa systemet minskar "exponeringstiden". Dessa åtgärder kallas "Certification Maintenance Requirements", CMR. Parallellt med certifieringsprocessen kan MSG-3-processen ha identifierat samma åtgärder och man brukar då koordinera mellan de två processerna. Det är dock viktigt att man vet varifrån åtgärden har sitt ursprung och därför är dessa åtgärder markerade och/eller listade separat i underhållsanvisningarna. För en CMR finns inte samma möjligheter att variera eller förlänga intervall temporärt, vilket kan vara möjligt med en del andra underhållsåtgärder.

STRUKTUREN

För att analysera flygplanet ser metoden lite annorlunda ut. De strukturdetaljer, SSI, som ska analyseras, kan vara skadetoleranta, vilket innebär att de kan behålla sin funktion för en period även om de utsatts för en skada, eller så har de en livstidbegränsning. Begränsningen fastställs genom utmattningsprov som tillverkaren utför i enlighet med fastställda certifieringskrav och som listas under "Airworthiness Limitations" i tillverkarens underhållsanvisningar.

Man tar också hänsyn till vissa strukturdetaljer som är primärdetaljer särskilt viktiga för strukturens förmåga att ta upp olika laster. Vidare tittar man på om strukturen är en metall eller icke-metall eller en kombination metall/icke-metall.

Det finns en mängd olika orsaker till att strukturskador uppstår. Det kan ske genom yttre påverkan av föremål på marken eller i luften som fågelkollision, blixtnedslag, hagel, andra fordon och miljöpåverkan som korrosion på metall och åldring av kompositmaterial samt materialutmattning. Även här finns dolda eller uppenbara skador att ta hänsyn till. Vissa skador syns inte på utsidan trots att skadan kan vara omfattande inuti materialet. Ett markfordon kan köra på ett flygplan och bucklan som uppstår i kompositen tycks "reparera sig själv" – på ytan, men inte inuti.

En annan viktig aspekt i analysen är hur man kan få åtkomst för inspektioner, finns det inspektionsluckor, kan man se in i utrymmet och kan man få in inspektionsutrustning?

Baserat på allt detta ska man sedan välja en lämplig inspektionsmetod. Det tre som brukar tillämpas är "General Visual Inspection" (GVI) en inspektion där man kan använda en spegel men i övrigt inga hjälpmedel och om inget annat sägs, på "armlängds" avstånd, Detailed Inspection

(DET) en mer intensiv inspektion av en särskild detalj där man kan använda en bättre ljuskälla, spegel, förstoringsglas eller annat hjälpmedel samt Special Detailed Inspection (SDI) där man använder sig av ännu mer sofistikerade metoder. En SDI kan t.ex. utföras med hjälp av penetrant, röntgen, ultraljud, magnetpulver eller boroskop. När man väljer inspektionsintervall tittar man på kvarvarande statistisk styrka i det skadade materialet samt sannolikheten för att skadan ska inträffa.

FAKTA

INSPEKTIONSMETODER

Det finns många inspektioner där det krävs mer resurser än blotta ögat. Vid exempelvis "Special Detailed Inspections" används bland annat följande metoder:

- **Virvelströmsprovning (Eddy Current).** Vanlig metod inom flygunderhåll. En sond som förs över en yta indikerar eventuella sprickor. Kan användas på lackerade ytor.
- **Magnetpulver.** Detaljen magnetiseras och därefter appliceras ett järnpulver. Skador visar sig genom att pulvret ansamlas i de läckfält som bildas vid dessa.
- **Ultraljud.** Ljudpulser sänds in i materialet och reflekteras från t.ex. defekter.
- **Röntgen.**
- **Boroskop.**

Optisk utrustning med okular i ena änden förbunden, via en flexibelt eller fast rör, med en lins i andra änden. Kan användas tillsammans med kamera, video eller dylikt. Används för att inspektera inuti utrymmen som t.ex. skrovdetaljer.

ZONINSPEKTIONER

Hur täcks då allt övrigt in, det som inte är system eller struktur? Kontrollerar man aldrig rörinstallationer, kablage, linor, genomföringar m.m.? Jovisst gör man det. Det sker genom zoninspektioner, Zonal Inspection Program (ZIP), där man kontrollerar varje zon av flygplanet för att upptäcka skador. Det innebär att alla detaljer, oavsett vilket system eller struktur de tillhör, i en specifik zon kontrolleras genom inspektioner. Normalt görs det genom en visuell inspektion (GVI). På senare år har det tillkommit att man för zoner som innehåller elkablage gör en förbättrad analys, Enhanced Zonal Analysis Program (EZAP). Detta kommer från arbetet med

att förbättra underhåll av Electrical Wiring Interconnection System (EWIS) eftersom det under åren har skett ett antal händelser med rök och brand som uppstått genom föroreningar som vätskor, skräp och ibland damm i kombination med elkablage. EZAP innebär att man i de zoner det finns kablage tittar på om det också finns andra saker som skulle kunna ställa till problem. Det kan vara ackumulering av damm eller annat brännbart material, närhet till komponenter, rörinstallationer eller strukturer som skulle kunna orsaka skavskador med påföljande gnistbildning. Analysen kan resultera i åtgärder som detaljerad inspektion (DET) men även rengöring kan vara en lämplig åtgärd. Dessa åtgärder brukar då övergå till system- eller strukturåtgärderna.

Ett annat område som också tillkommit på senare år är L/HIRF inspektioner. L/HIRF står för Lightning/High Intensity Radiated Fields och inspektionerna ska säkerställa att skydd mot blixtnedslag och högentensiv strålning som radiovägor hålls intakt. Inspektionerna kan bestå i att man kontrollerar skärmade kablage, ledande ytskikt på kompositpaneler och jordanslutningar t.ex. genom att mäta resistens.

ARBETET SOM ALDRIG BLIR KLART

När det initiala underhållsprogrammet är klart sammanställer tillverkaren alla underhållsåtgärder i en manual. Ibland kallas den kort och gott MRB, ibland Maintenance Planning Document, MPD, eller liknande. Manualen innehåller underhållsåtgärder från MRB-processen för system och motor, struktur och zoninspektioner, från certifieringsprocessen i form av CMR och ALI och ibland även "frivilliga" åtgärder som tillverkaren utarbetat för viss typ av operation.

MRB-processen slutar dock inte här. Under hela flygplanets liv fortgår arbetet om än med lägre intensitet. Det normala är att tillverkaren kallar till ett årligt möte där eventuella modifieringar och ändringar som påverkar MRB-dokumentet behandlas på samma sätt som beskrivits tidigare.

OPERATÖREN TAR ÖVER

För flygplan i kommersiell trafik ska operatören ta fram ett underhållsprogram som ska godkännas av luftfartsmyndigheten i det land flygplanet är registrerat.

Operatören baserar sitt underhållsprogram på MRB-rapporten (eller annat myndighetsgodkänt dokument i de fall MRB-rapport saknas) och luftvärdighetsbegränsningar från certifieringsprocessen. I underhållsprogrammet har man också med nationella myndighetskrav.

Man bör också ta till sig och värdera andra underhållsåtgärder som föreslås av tillverkaren men det är inte samma sak som att det måste ingå i det egna programmet. Det är en vanlig missuppfattning att allt som finns i Maintenance



Foto: FAA – Federal Aviation Administration

Planning Dokument är obligatoriskt när en del av åtgärderna riktar sig till en viss typ av operation eller flygning i vissa miljöer som kan kräva extra åtgärder. MRB-rapporten däremot bygger på en för flygplanstypen normal operation och ett definierat flygtidsuttag så det som finns i den ska vara omhändertaget i underhållsprogrammet. Den operatör som flyger utanför de ramar som ges i MRB, t.ex. om att man har en väldigt låg utnyttjandegrad av sitt flygplan, kan behöva omarbete sitt program utifrån detta tillsammans med tillverkaren. Har man en låg utnyttjandegrad kan man i stället ha något som kallas Low Utilization Maintenance Program (LUMP).

Men även de som flyger inom MRB-ramarna kan ha behov av att förändra sitt underhållsprogram. Det kan vara att man vill dela upp ”underhållspaketet” i mindre delar men

med bibehållen intervall. Man kanske vill göra några åtgärder fördelat på några nätter i stället för att ställa flygplanet en hel helg för underhåll. Detta kallas ibland fasat underhåll eller ”equalized maintenance”. Men man kan också behöva ändra intervall eller åtgärder.

En viktig del i ett MRB-baserat program är att man har ett ”reliability program” för att stämma av att man ligger i rätt nivå med sitt underhållsprogram vad det gäller åtgärder och intervaller. Reliabilityprogrammet kan visa att man bör utöka eller minska intervall på en åtgärd. Det kan också innebära att man inför åtgärder som inte ingår i tillverkarens anvisningar. Ett reliability program fungerar bäst då man har en större flotta av en viss typ men det finns sätt att skapa ett reliability program även för en mindre operatör.

I vilket fall som helst ska man alltid göra minst en genomgång per år av sitt underhållsprogram där minimum är att man implementerar revisioner av de dokument programmet baseras på samt värderar programmet baserat på sina operativa erfarenheter.

Det är då man, genom att utveckla sitt underhållsprogram, har möjlighet att uppfylla den grundläggande tanken med MSG-3 - ”reliability centered maintenance”.

FAKTA

FRAMTIDA UTMANINGAR

Som nämns på andra ställen i artikeln och i andra artiklar i tidningen har nya material och ny teknik inneburit nya utmaningar – så även för underhållsprogrammen. Med mer elektronik kommer en annan typ av fel som inte är lika förutsägbara som slitage på mekaniska komponenter. Å andra sidan finns det större möjligheter till redundans och diagnostik med felmeddelanden. Det kan göra att testning av vissa system blir överflödiga. Felen upptäckts långt innan underhållet ska utföras och det finns dessutom ett antal back-up funktioner som tar över.

Rémi Vesvre, remi.vesvre@transportstyrelsen.se

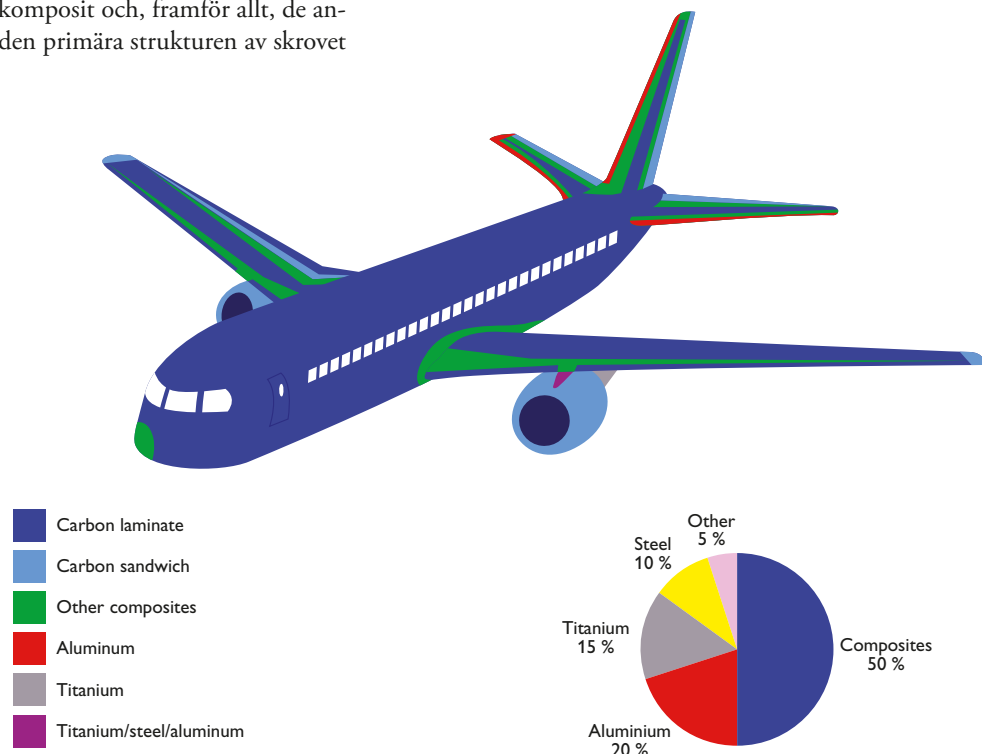
EN NY GENERATIONS FLYGPLAN

Världens verkstäder och flygbolag står inför stora utmaningar i och med att en ny generation flygplan, såsom Airbus A350 och Boeing B787, introduceras. Varför stora utmaningar? Framför allt p.g.a. den utbredda användningen av *kompositmaterial* men också för att flygplanen, som mycket annat, blir alltmer *digitaliserade*.

KOMPOSIT TAR ÖVER SOM KONSTRUKTIONSMATERIAL

Kompositmaterial såsom glas- eller kolfiber har använts länge inom flygindustrin, men dess användning har ofta varit begränsad till paneler, dörrar, golv och dylikt. Flygplans-tillverkare, framför allt på den civila sidan, har varit ganska konservativa i sina materialval för tillverkning av skrovet och dess struktur. Självklara val har ofta varit aluminium tack vare den relativt låga vikten och att aluminium är enkelt att reparera i jämförelse med komposit. Men nu kommer både Airbus och Boeing med flygplan, A350 och B787, som består av mer än 50 procent komposit och, framför allt, de använder komposit även för den primära strukturen av skrovet (se figur 1).

FIGUR 1
Konstruktionsmaterial



FAKTA

VAD ÄR KOMPOSIT?

Komposit är en kombination av två material, fiber och matris, som tillsammans bildar ett nytt material med egna egenskaper där fibern står för styvhet och draghållfasthet och matrisens roll är att hålla ihop fibrerna och även överföra kraft till fibrerna.

Vanliga fibrer är glasfiber, kolfiber och aramidfiber (kevlar) och vanliga matris är epoxiplast och polyesterplast. Man kan kombinera fiber och matris på ett oändligt antal sätt och man kan använda sig av förimpregnerad tejp eller väv, s.k. "prepreg".

Bearbetning av komposit är ofta en noggrann hantverksprocess med behov av autoklav för härdning av matrisen.

Komposit har många fördelar, t.ex. väger den mindre än aluminium, den har större utmattningshållfasthet, och angrips inte av korrosion, men den har också några nackdelar:

1. Skadorna är svåra att upptäcka med blotta ögat.
2. Färdiga kompositblandningar kan bara användas på en begränsad yta. Komposit är känslig mot fukt och ska bearbetas i kontrollerad miljö beträffande temperatur, tryck och fuktighet.
3. Skadorna är komplicerade att reparera.

Skador är särskilt förekommande vid kollision med markutrustning och andra fordon, 90 procent av alla skador uppstår när flygplanen befinner sig på marken. Av dessa rapporteras enbart omkring 70 procent direkt och ca 30 procent upptäcks i efterhand.

Skador kan även, i mindre omfattning, uppstå vid t.ex. kontakt med vätskor, hagel, blixtnedslag, fågelkollisioner eller ”skräp” på landningsbanan.

En skada på kompositmaterial kan se mycket annorlunda ut än en skada på t.ex. aluminium, den kan till och med vara osynlig (se bilderna nedan). Detta beror på att komposit består av flera lager av fiber inbäddad i en matris (plast, se faktarutan om komposit). Vid skadan kan fiber gå sönder, även om matrisen ser hel ut. Dessutom blir skadan allt mer omfattande längre bort från den punkt där skadan inträffade, ungefär som när man skjuter en kula genom en träbit där kulan kan ge ett litet ingångshål men ett många gånger större hål vid utgången.

Bilderna visar hur undersidan av en horisontell stabilisator kan se ut efter en markskada. I detta fall reparerades skadan på utsidan utan att intern inspektion genomfördes (bild 1). Denna gjordes vid ett senare tillfälle och då kunde man konstatera svåra interna skador, osynliga från utsidan (bild 2).



Bild 1. Källa: Simon Waite, FAA Damage Tolerance and Maintenance Workshop, Chicago, July 19-21, 2006

Visste du att ett flygbolag som Lufthansa varje dag har i genomsnitt 6 st. flygplan stående på grund av markskador?

Reparation av kompositskador är inte heller lika rutinartad som t.ex. reparation av aluminium. Färdiga reparationer i form av ”patch” som kan limmas på det skadade partiet finns i mindre utsträckning, men kräver noggrant förarbete och kontrollerade temperaturer samt fuktighet. Dessa reparationer är dessutom begränsade till mindre ytor eller antal lager på komposit. Nya flygplan har kompositelement som idag består av över 200 lager... och för dessa finns det än så länge inga standardreparationer godkända.

Det kan tilläggas att reparationskvaliteten är helt beroende av själva utförandeprocessen. Reparationer är ett tidskrävande hantverk där kvalitetskontroller är svåra att utföra och risken för kontaminering (fukt) av ytan vid reparation är påtaglig.

NY UTRUSTNING, NY KOMPETENS OCH NYA RUTINER KRÄVS

Flygbolag som kommer att använda sig av dessa flygplan måste skaffa kompetens och verktyg för hantering av komposit. Men det är många fler som rör sig omkring ett flygplan och det är därför av stor vikt att alla företag på en flygplats och all personal som kan komma att köra fordon på flygplatsen har förståelse för hur kompositmaterial beter sig och är medvetna om den rapporteringsprocedur som finns att använda.

Det är viktigt att rapportera samtliga händelser till berörd teknisk avdelning för vidare utvärdering, och alla företag som är verksamma på en flygplats bör ge rapporteringen hög prioritet.



Bild 2. Källa: Simon Waite, FAA Damage Tolerance and Maintenance Workshop, Chicago, July 19-21, 2006

Säkerhetskulturen med dess grundvärderingar spelar här en avgörande roll; *Rättvis, Rapportrande, Lärande, Flexibel och Informerad*. Det är alltför ofta som medarbetare inte vet hur man ska rapportera en incident eller tycker att det är komplicerat att rapportera. Det är meningen att det ska vara enkelt, och rapportörer förtjänar rättvisa och återkoppling. Rättvisa för att det är en förutsättning för en bra rapporteringskultur och återkoppling för att det ökar engagemanget hos alla. Norden har en kultur som främjar rättvisa, hur är det i ditt företag? Och hur är det i andra delar av Europa eller världen? Det är viktigt att rapportören inte råkar ut för represalier, för det skulle kunna försämla rapporteringsviljan och viktigt information riskerar då att gå förlorad.

ALLT MER DATORISERADE SYSTEM

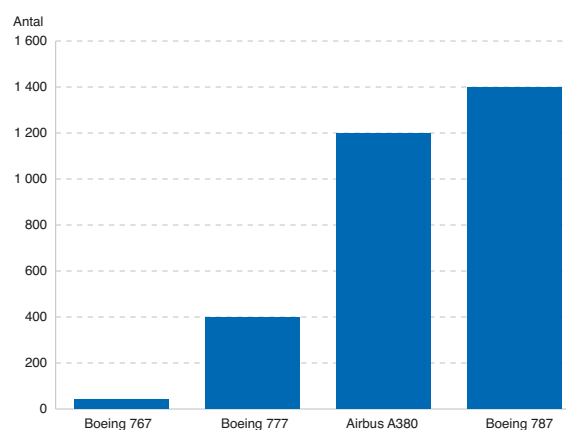
Luftfarten följer samma utveckling som resten av samhället som blir allt mer datoriserat. Som exempel kan nämnas att antalet programvaror eller "Field-loadable software" har trefaldigats mellan t.ex. modellerna Boeing 777 och Boeing 787, se diagram 1.

Flygplan kan uppdateras och uppgraderas. Det finns möjlighet att lägga till applikationer genom nya programvaror på ungefär samma sätt som med en dator, utan att nödvändigtvis byta hårdvaran eller datorboxen som teknikerna är vana vid.

Det är en utmaning för teknikerna att ha koll på kompatibilitet mellan olika programvaror, men även på uppföljning av samtliga olika programvaruversioner när man tar hand om olika maskiner med olika konfigurationer. Programvarutestning kommer att ta allt mer tid.

Det blir allt vanligare att felsökning sker genom att "koppla upp sig" med en laptop till huvuddatorer och avläsa felmeddelanden, och även detta är utmanande för en flygtekniker; kommer framtidens tekniker att vara IT-tekniker

DIAGRAM 1 Antal mjukvaror – utveckling



med visst intresse för flyg eller kommer dagens flygtekniker att utvecklas för att passa morgondagens behov? (se faktaruta av Jukka Salo om teknikern i tiden). Det är också vanligt att ett flygbolag opererar med ett antal olika versioner av samma flygplansmodell, och man strävar ofta efter att standardisera samtliga system för att underlätta arbetet för besättningar och tekniker.

Infrastrukturen kommer också att sättas på prov då dessa flygplan behöver allt mer IT-resurser på marken för att sköta driften och hantera mängden av information som genereras. Ett konstant flöde av data är det som väntar, tusentals mätningar i sekunden som behöver levereras på ett säkert sätt från hela världen för att slutligen analyseras. Nya arbetsuppgifter träder fram, där IT blir en större del av flygplans-tekniken¹.

¹ Läs mer om AMC 20-29 på <http://easa.europa.eu>

Jukka Salo, jukka.salo@transportstyrelsen.se

FAKTA

TEKNIKERN I TIDEN

Är tiden förbi då teknikern sågs komma i overall med en verktygslåda i ena handen och med en underhållsmanual under den andra armen? Har dagens tekniker istället en Laptop som huvudverktyg och är mer av en systemvetare? Kanske någonting däremellan. O tempora o mores!

Utbildningen till certifierad tekniker sker idag enligt det europeiska regelverket. Skolorna som bedriver grundutbildning är godkända enligt ett regelverk som heter Del-147 och har därmed ett tillstånd från, och är granskade av, Transportstyrelsen för att bedriva utbildningen. Frågan är hur utbildningarna tar hand om de utmaningar som den nya tekniken ställer vad gäller kompositser och dagens digitala teknik.

För att bli certifierad på en viss typ av luftfartyg krävs att man har ett certifikat dvs. en grundutbildning och praktik, samt en för typen specifik s.k. typutbildning bestående av teori och praktik. De specifika typutbildningarna är anpassade för en typ i allt vad det gäller underhåll och felsökning av luftfartygets olika system. Men det gäller att se till att den blivande teknikern i sin grundutbildning ges tillräckligt med kunskaper i ny teknologi för att klara av typutbildningen.

Grundutbildningen styrs av ett regelverk som kallas Del-66. I detta regelverk beskrivs längden på utbildningen, teorin och praktiken, och de examinationer, både teoretiska och praktiska, som ska klaras av. Där styrs även längden på den praktiska erfarenhet som krävs för att kunna ansöka om ett certifikat. Teoriutbildningen är uppbyggd av ett antal moduler; ämnen, t.ex. underhållsteknik, materiallära, digitalteknik, elektronik, motorlära etc. Modulerna genomgår uppdateringar allteftersom ny teknik uppkommer t.ex. inom digitalteknik och kompositser. Skolorna ska bedriva sin utbildning enligt dessa moduler och uppdatera sin utbildning efter hand. Procedurer för detta finns i skolornas verksamhetshandböcker. Även de undervisande lärarna har krav på sig att regelbundet genomgå vidareutbildning i ny teknologi för att på så vis tillgodose att kunskaperna som eleverna får är i paritet med den teknologi som dagens luftfartyg använder sig av.

Vi kommer aldrig helt att komma ifrån mekaniska system i ett luftfartyg som kräver sin del av underhåll såsom byte av slitna delar, smörjning, justeringar och fysiska kontroller. Dock "styrs" de mekaniska systemen mer och mer av digitala system. Databussar istället för linor och stötstänger. Men där ett mer "mekaniskt", eller ska vi säga analogt, flygplan gav teknikern en utmaning i att förstå mekaniken i ett system, och felsökning av ett system var mer beroende av teknikerns erfarenhet och kunskaper i teknik och mekanik och i s.k. "standard practises", så ger dagens flygplan teknikern en annan utmaning.

Idag gäller det mer att förstå hur olika system i ett luftfartyg samverkar med varandra och hur logiken i ett digitalt

system fungerar. Man kan säga att luftfartyg numera självt "talar om" vad som felas. Förekommande felsökningar styrs av ett program där teknikern till punkt och pricka ska följa de steg som ges av systemet. Ett missat steg kan ge helt fel värden eller föranleda att fel underhållsåtgärd görs. Samtidigt gäller det att ha så pass god kunskap om grunderna att man kan bedöma om resultat är realistiska. Om programmet säger att höger skevroder går ner när den bevisligen går upp ute på vingen gäller det att agera därefter och inte blint lita på systemet.

Även vad det gäller luftfartyg av den äldre generationen så utnyttjas den nya tekniken mer och mer avseende uppdateringar av t.ex. instrumentsystem och underhållsunderlag, som i stället för att finnas i pappersmanualer nu finns på en webbsida på internet.

Idag ser inte skolorna elevernas kunskaper i digitalteknik eller användandet av IT-teknik som ett problem. De elever som kommer till utbildningarna är uppväxta i IT världen men har inte "mekat" lika mycket som de som sökte utbildningen tidigare. "– Man får lägga mer tid på de rent tekniska handgreppen som att använda verktyg och mätinstrument, vad som är fram o bak på en skruvmejsel", som en lärare uttryckte sig. Det visar sig också att det inte i första hand alltid är ett brinnande intresse för flyg som fått eleven att söka till utbildningen (vilket nog kan sägas ha varit fallet några tiotal år tillbaka i tiden) utan mer ett intresse för den nya teknologin och möjligheten till en bred teknisk kunskap.

Även i klassrummen märks det att ny teknologi har gjort sitt intåg. Mer och mer av läromedlen finns på skolans nätverk och hämtas av lärare och elev vid behov. Användandet av olika typer av CBT (Computer Based Training) blir allt vanligare i klassrummet. Elever har även åtkomst till skolans nätverk hemifrån och kan ladda ner det material som önskas. Böcker i pappersformat är troligen snart ett minne blott!

I typutbildningar används laptops där man förutom utbildningsmanualer har tillgång till underhållshandböcker, scheman, felsökningsprogram osv. Vissa underhållsåtgärder kan man gå igenom i virtuella 3D-miljöer i stället för på ett luftfartyg.

Tillhör då verktygslådan och pappersmanualen en svunnen tid?

Som vi sett ovan så har flygteknikeryrket inte blivit på något sätt enklare. Snarare fått en dimension till. Teknikern av idag är inte endast en "smörjare" utan en kompetent blandning av tekniker och systemvetare.

Men, teknikern kommer även i fortsättningen att ha en skruvmejsel i fickan, för dataenheten som ska bytas sitter sannolikt bakom en lucka som är fastskruvad...

Erik Bergdahl, erik.bergdahl@transportstyrelsen.se

Christer Wikström, christer.wikstrom@transportstyrelsen.se

OBEMANNADE LUFTFARTYG – UAS



APID 60. Foto: CybAero

Drönare, UAV, RPV, RPAS, UAS – kärt barn har många namn. Det som är gemensamt är att det handlar om ett luftfartyg som flyger utan någon förare eller andra personer ombord. Luftfartyget kontrolleras istället från en annan plats via länk. Utvecklingen har gått fort och i Sverige finns redan idag ett stort antal konstruktörer, tillverkare och operatörer.

OBEMANNADE LUFTFARTYG – MODELLFLYG ELLER UAS?

En vanlig fråga som ställs är vad som skiljer modellflyg från UAS. Vad som avgör om ett obemannat luftfartyg kan definieras som modellflyg eller som UAS är användningsområdet. Om flygningen är för ren rekreation eller fritidssysselsättning kan det kallas för modellflyg. Skulle man däremot bedriva utprovning eller forskning, utföra kommersiella flygningar eller andra uppdrag, eller flyga med luftfartyget utom synhåll för piloten, då definieras det som UAS och kräver tillstånd.

VERKSAMHET I SVERIGE IDAG

I dagsläget har det utfärdats ett 90-tal tillstånd till verksamhet med UAS i Sverige. Dessa tillståndshavare finns utspridda i hela landet, men mer koncentrerat i södra och mellersta delen. Omkring tio stycken av tillståndshavarna bedriver utveckling och tillverkning av nya system. Detta innefattar allt från luftfartyget i sig till styrsystem och markstation. Inom UAS-världen finns i princip samma typer av luftfartyg som finns i den bemannade världen. För den verksamhet som bedrivs i Sverige motsvaras detta av en blandning av flygplan, helikoptrar och även blimpar¹. Massan på dessa luftfartyg sträcker sig från ca 1 kg för den minsta upp till 150 kg för den största.

Den absolut vanligaste verksamhetsformen är olika typer av flygfotografering och filmning. Små UAS har visat sig vara ett användbart hjälpmedel vid fotografering av t.ex. hus, där man ofta inte behöver komma upp på så hög höjd för att få en önskvärd fotovinkel. En typ av UAS som har blivit väldigt populär på senare år och som lämpar sig väl för husfotogra-



SmariOne C. Foto: Smariplanes

fering är multirotorluftfartygen. Dessa väger ofta inte mer än några kilo och är tack vare avancerad elektronik relativt lättflugna. Multirotorluftfartygen är ofta självstabiliserande med autopilot, vilket betyder att om du släpper styrspakarna så försöker luftfartyget automatiskt att bibehålla den aktuella positionen.

Transportstyrelsen ger ut tillstånd för civila UAS, men har ett nära samarbete med militära flyginspektionen. De har myndighetsansvar för försvarets UAS-verksamhet. Svenska försvarsmakten förfogar över ett antal olika obemannade luftfartygssystem, vilka bl.a. har använts i internationella insatser som t.ex. i Afghanistan.

TILLSTÅND OCH REGLER

Tillstånd för verksamhet med civila UAS i Sverige ges av antingen Transportstyrelsen eller Europeiska byrån för luftfartssäkerhet, EASA. Om ett UAS omfattas av förordningen (EG) nr 216/2008, ska tillstånd inhämtas från EASA. Detta gäller för konstruktion, tillverkning, modifiering, underhåll och verksamhet med civila obemannade luftfartyg som har en operativ massa på över 150 kg och som troligtvis kommer att serieproduceras. Men förordningen är inte tillämplig för UAS som är speciellt konstruerade eller ombyggda för forsk-

FAKTA

UAS är en förkortning av Unmanned Aircraft System och definieras av Transportstyrelsen som ett system bestående av obemannat luftfartyg samt övriga komponenter som är nödvändiga för att kunna kontrollera luftfartyget på avstånd av en eller flera personer; dessa övriga komponenter kan utgöras av t.ex. kontrollstation, kommunikationslänkar och kringutrustning som är nödvändiga för att starta, flyga eller landa det obemannade luftfartyget .

UAS regleras i Sverige av Transportstyrelsens föreskrifter om verksamhet med obemannade luftfartyg (UAS) TSFS 2009:88. Föreskrifterna ska tillämpas vid

1. utprovning och forskning,
2. kommersiella uppdrag,
3. uppdragsflygning, eller
4. flygning utom synhåll för piloten.

På Transportstyrelsens hemsida under följande adress <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Luftfart/Luftfartyg/Obemannade-luftfartyg-UAS/>, finns mer information om ansökan och tillstånd för UAS.



Mikrokopter Hexakopter. Foto: Skyview Flygfoto

ningsändamål eller experiment. Om inte EG-förordningen är tillämplig så är det Transportstyrelsens föreskrifter om obemannade luftfartyg – UAS, TSFS 2009:88, som gäller. Enligt denna föreskrift krävs Transportstyrelsens tillstånd för obemannade luftfartyg som används eller är konstruerade för

- utprovning eller forskning
- kommersiella ändamål, vilket här inbegriper all sorts verksamhet där ersättning erhålls för utfört arbete
- uppdragsflygning och liknande ändamål som inte är att betrakta som nöje eller rekreation, eller
- att flygas utom synhåll för piloten.

INTERNATIONELLT REGELARBETE

International Civil Aviation Organization (ICAO) är ett FN-organ som bl.a. utvecklar standarder och rekommendationer (SARPS) som Annex till den s.k. Chicagokonventionen. Dessa Annex är i dagsläget 18 till antal och behandlar internationell civil luftfart i form av exempelvis certifikat, trafikregler, operativa regler och luftvärdighet.

Inom ICAO arbetar en grupp experter från ICAO:s medlemsstater med en analys av hur man kan applicera verksamhet med obemannade luftfartyg på just dessa SARPS. Det

innebär att man på hög internationell nivå på allvar räknar med att UAS kommer att opereras i internationellt luftrum inom en relativt överskådlig framtid. Arbetet har pågått under snart fyra år, och kommer säkerligen att pågå under flera år till. Arbetsgruppen består av ca 20 medlemmar plus lika många rådgivare och observatörer. Sverige/Transportstyrelsen har en ordinarie representant i arbetsgruppen. Några av de frågor som är ”heta” i detta sammanhang är:

- Certifiering av själva luftfartygen samt tillhörande kontrollstationer.
- System för upptäckt av annan flygtrafik, och för undvikande av kollision, ”Sense and avoid”.
- System för styrning och kontroll av obemannade luftfartyg, ”Command and control” (C2). Där handlar det dels om allokering av frekvenser för obemannad luftfart dels om att förhindra att dessa frekvenser störs (medvetet eller omedvetet).
- Certifikat för ”piloter” och tekniker inklusive medicinska krav.
- Registrering och märkning av de i systemet ingående delarna.

Som tidigare nämnts i artikeln så finns det en mängd olika begrepp för sådant som utan ombordvarande pilot flyger i luften. I ICAO-sammanhang rör man sig för närvarande med följande begrepp:

- Unmanned Aircraft (UA) / Unmanned Aircraft Systems (UAS). Ett samlingsbegrepp för obemannade luftfartyg (och dess system), som kan delas in i:
- Autonoma luftfartyg. Ingen pilot/operatör är direkt inblandad i styrningen av luftfartyget (i dagsläget juridiskt otänkbart).
- Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), som i sin del består av:
- Remotely Piloted Aircraft (RPA), vilket är själva luftfartyget.
- Remote Pilot Station (RPS), vilket är kontrollstationen (eller kontrollstationerna) från vilken (vilka) luftfartyget styrs.

Som antytts här ovan så kan flera kontrollstationer vara involverade i styrning och kontroll av luftfartyget. I samband med längre flygningar är detta en nödvändighet med anledning av de fördröjningar som annars kommer att uppstå i systemet. Detta medför i sin tur att frågan om överlämnande av befälhavaransvar kan bli en juridiskt knepig fråga. Dessutom uppkommer frågan om nationalitet för systemet. Enligt Chicagokonventionens artikel 18 kan inte ett luftfartyg ha dubbla nationaliteter. Det innebär att om ett RPAS har

kontrollstationer i flera olika länder, så måste dessa ändå ha samma nationalitet som luftfartyget. Mycket arbete återstår med att lösa dessa frågor. UAS är en ny ”fågel” som på något sätt ska artbestämmas och passa in i det redan etablerade luftfartssystemet.

FRAMTIDA UTVECKLING

De civila UAS som flygs i Sverige idag är begränsade till att bara flygas inom synhåll för piloten, på en höjd över marken som är lägre än där det mesta bemannade flyget flyger. Dessutom är det stränga restriktioner för vad man får flyga över. För vissa verksamheter är detta tillräckligt, men för andra verksamheter krävs det att man kan flyga bortom synhåll för piloten på likvärdiga villkor som för den bemannade luftfarten. Verksamheter som ligger närmast till hands i det här fallet kan röra sig om olika typer av bruksflygverksamhet, så som övervakning, fotografering och mätning. Även visst fraktflyg kan vara aktuellt och sedan får framtiden utvisa hur långt mot passagerarflyg som UAS kommer att gå. Innan något av detta kan bli möjligt behöver de frågor som nämnts tidigare i artikeln lösas. För att lösa detta krävs insatser både från industri och från regelskrivare. Det pågår idag olika projekt, både i Sverige och i övriga världen, för att försöka hitta lösningar på dessa problem. Även om det kan ta sin tid så kommer UAS en dag att vara en integrerad del av den gemensamma luftfarten. De obemannade luftfartygen är här för att stanna.

¹ Blimpar är ett slags luftskepp utan inre skelett.

Marie Hankanen, marie.hankanen@transportstyrelsen.se

OPEN ROTOR TEKNIK – HUR SKA MAN AVVÄGA MELLAN BULLER OCH KOLDIOXIDUTSLÄPP?

De senaste åren har behovet av att minska bränsleförbrukningen accentuerats. Priset på flygbränsle har blivit en allt tyngre post för flygbolagen samtidigt som de omfattas av systemet för utsläppsrätter. Den tekniska utvecklingen har därför koncentrerats på att få fram mer bränslesnåla motorer, något som i sin tur ger lägre koldioxidutsläpp. Så kallad "open-rotor-teknik" är exempel på en sådan bränslebesparande teknik. Farhågor för att flygbullret kommer att öka med denna teknik finns dock, så här är utmaningen att göra avvägningar mellan buller och koldioxidutsläpp.

En vanlig jetmotor består av en fläkt som suger in luft i motorn, en kompressor som ökar lufttrycket, en förbränningskammare som hettar upp luften som sedan expanderar i den fjärde delen av motorn, turbinen. Turbinen driver kompressorn och fläkten, och jetstrålen som skickas ut från fläkt och turbin driver flygplanet framåt. Se figur 1 nedan.

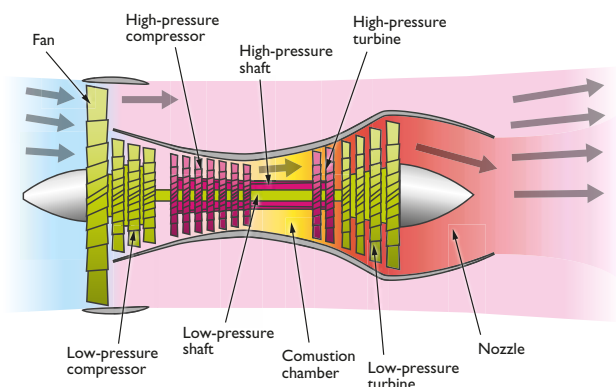
För att en motor ska bli så bränslesnål som möjligt bör fläkten vara så stor och långsam som möjligt och turbinen så

liten som möjligt. I en motor som är konstruerad med open-rotor-teknik är fläkten så stor att den inte kan kapslas in, på grund av att vikten då skulle bli för hög. Se figur 2 nedan.

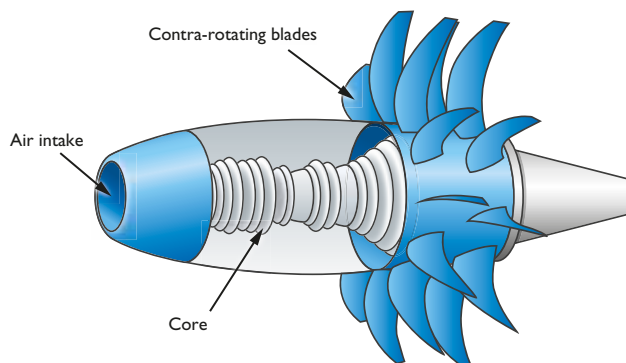
TEKNISK UTVECKLING OCH LJUDDÄMPNING

Försök med denna teknik gjordes redan på 80-talet, men på grund av att bränslepriserna sedan sjönk, fanns det inget marknadsintresse vid denna tid. Man visade dock att bränslebesparingar på upp emot 30 procent jämfört med en vanlig jetmotor skulle kunna uppnås. När nu denna teknik blivit aktuell igen, är den stora utmaningen att minska bullret. Industrin arbetar därför med att optimera propellerbladen med avseende på storlek, antal, hastighet, form, material och så vidare. Viktigt är också att minimera s.k. "installation effects", dvs. överföring av ljudenergi från motorn till övriga delar på flygplanet. För närvarande arbetar industrin med vindtunneltester och akustiska modelleringar för att kunna beräkna bullret från denna motorteknik så noggrant som möjligt. Tekniken har dock inte nått en sådan mognadsgrad att man i nuläget med rimlig noggrannhet kan utlova hur

FIGUR 1 Traditionell jetmotor



FIGUR 2 Motor med open-rotor-teknik



många EPNdB¹ man kan dämpa bullret jämfört med idag. Industrin bedömer att flygplan utrustade med open-rotor-motorer åtminstone ska vara 3–5 EPNdB tystare än dagens kapitel 4-flyg². I bästa fall skulle de kunna bli uppemot 13 EPNdB tystare, osäkerheten i bedömningarna är alltså mycket stor! Flygtester kan öka noggrannheten, men sådana bedöms bli aktuella först omkring år 2018.

Flygplanstillverkarna arbetar också med att hitta en optimal konstruktion för open-rotor-tekniken för att få ned både bullernivåer, kväveoxidutsläpp samtidigt som man ska minska bränsleförbrukningen.

FRÅGAN OM FRAMTIDENS BULLERKRAV ÄR AKTUELL

Parallellt med industrins arbete pågår även arbetet med att ställa bullerkrav på framtida flygplan, dvs. efterföljarna till

kapitel-4 flygplanen. Detta görs i ICAO³:s miljökommitté CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection). Frågan är om framtida traditionella jetflygplan ska certifieras med samma krav som flygplan med open-rotor-teknik eller om man bör sätta olika krav på de olika motorteknikerna. De framtida traditionella jetflygplanen kommer att bli betydligt tystare än open-rotor-varianterna. Det finns därför förespråkare för strängare bullerkrav på de vanliga jetflygplanen och mindre stränga bullerkrav på open-rotor-flygplanen, förutsatt att de istället blir betydligt bränslesnålare. Detta kan emellertid innebära att krav ställs på förbud av open-rotor-flygplan vid vissa flygplatser.



¹ I samband med certifiering av flygplan mäter man ljudnivån EPNL – Effective Perceived Noise Level. Denna ljudnivå mäts i tre punkter i flygplatsens närhet i enheten EPNdB.

² Flygplan certifieras enligt olika standarder, definierade i olika kapitel i ICAO Annex 16 (Chicagokonventionens bilaga 16). Från och med den 1 januari 2006 ska jetflygplan och propellerdrivna flygplan över 8 618 kg certifieras enligt kapitel 4.

³ International Civil Aviation Organization.

Christina Berlin, christina.berlin @transportstyrelsen.se



Foto: Göran Billeon

FLYGTEKNISK FORSKNING

Flygsäkerhet är viktigt och därför ställs det höga krav på utveckling av flygteknik. De allra flesta produkter tar lång tid att utveckla, men i gengäld har de lång livslängd. Inom den internationella civila luftfarten har Airbus, Boeing, General Electric, Pratt & Whitney och Rolls-Royce stor inverkan på den tekniska utvecklingen. Inom den svenska forskningen (civil och militär luftfart) återfinns, förutom flera universitet (t.ex. Linköpings universitet, Luleå Tekniska universitet och Kungliga Tekniska Högskolan), och aktörer som Saab AB och Volvo Aero AB. Den här artikeln presenterar övergripande målsättningar och befintliga aktörer inom flygteknisk forskning. Artikeln syftar inte till att beskriva alla pågående projekt eller alla verksamma aktörer inom området, utan redovisar bara ett axplock ur sfären, eftersom artikelns huvudsakliga syfte är att skapa intresse bland läsarna att vidare förkovra sig inom den flygtekniska utvecklingen.

EUROPEISKA VISIONER

Flyget har under sina 100 år genomgått omfattande förändringar och genom att möjligheten till flygtransport har utvecklats, har världen "krympt". Under de senaste 50 åren har

flygtrafiken flerdubblats och ökningen väntas fortsätta. Eftersom flyget idag har stor betydelse, utformades det en europeisk vision för den flygrelaterade forskningen år 2001 under ledning av kommissionären Philippe Busquin. Detta arbete utmynnande bl.a. i ett antal rekommendationer, varav en om långsiktigt samarbete mellan intressenter i branschen. Samarbetet konkretiserades genom etableringen av ett rådgivande organ, ACARE (the Advisory Council for Aeronautics Research in Europe)¹.

Från ACARE härrör bl.a. miljömålen som handlar om en halvering av flygets bränsleförbrukning och flygrelaterade utsläpp, halvering av uppfattat flygrelaterat buller samt en 80-procentig sänkning av flygrelaterade kväveoxidutsläpp. För att uppnå dessa mål etablerades bl.a. EU:s forskningsprogram Clean Sky².

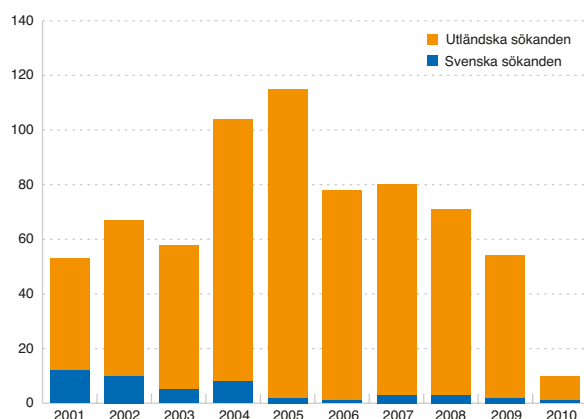
Från ACARE:s sida menar man att det är troligt att flyget kommer att få möta ytterligare utmaningar genom ökad miljömedvetenhet och en förändrad värld där själva transporten än mer blir en plats för såväl arbete som fritid. Dessutom tillkommer sektorns finansiella situation samt kravet på flygbranschens aktörer att vara innovativa för att behålla sin konkurrenskraft. Hittills har ACARE publicerat två forskningsagendor. I den första uttalades den övergripande ambitionen om möjligheten att erbjuda mer prisvärda, miljövänligare och säkrare flygresor. I den andra agendan pekades

riktningen ut för teknologisk förändring inom lufttransport-systemet. Exempelvis bedrivs Clean Sky och SESAR inom ramen för forskningsagendan.

SVERIGE OCH DEN FLYGTEKNISKA FORSKNINGEN

I dagsläget finns det såväl stora som små aktörer som arbetar med forskning och utveckling. För Sveriges del har arbetet gått från utveckling av hela system³ till deltagande i internationella system⁴. Det verkar även finnas en trend mot en minskning av antalet patentansökningar och patent (svenska och europeiska) under den senaste tioårsperioden (se figur 1). Bland de utländska ansökningarna och patentinnehavarna återfinns främst Airbus, Boeing och Thales och bland de svenska återfinns dels enskilda individer, dels svenske- eller svensktregistrerade företag. Minskningen i antalet enskilda patent och patentansökningar med svensk fysisk eller juridisk person kan bero på det omfattande internationella samarbetet och att flera aktörer ansvarar för delar i stora system. Under första hälften av 2000-talet utgjorde Saab AB och Volvo Aero AB största andelen i kategorin svenska patentinnehavare och patentansökningar, men de aktörerna är inte lika dominerande idag.

FIGUR 1 En sammanställning 2001–2010 för alla patentansökningar efter ingivningsdatum, svenska och europeiska patentansökningar inom klass B64 – flygmaskiner, luftfart och rymdfart.



Källa: PRV:s patenmdatabas

Sverige deltar i flera europeiska samarbeten inom flygteknisk forskning och för svensk del har en forskningsagenda för inriktningen av framtidens flygforskning i Sverige överlämnats till regeringen. Bakom forskningsagendan står en mängd aktörer⁵ på den svenska flygforskningscenen och agendan har samlat ståndpunkterna i en nulägesanalys, en framåtblick och en åtgärdslista.

FINANSIERING AV FORSKNING OCH UTVECKLING

Den flygtekniska forskningen finansieras bl.a. av VINNOVA⁶, FMV, FM, Stiftelsen för strategisk forskning och Vetenskapsrådet. NFFP genomförde t.ex. en andra utlysning inom det Nationella Flygtekniska Forsknings Programmet (NFFP5)⁷ under 2010⁸. Programledningen av NFFP sköts av VINNOVA⁹. Den senaste utlysningen inriktades på flygteknik, helhetsförmåga och konceptstudier, avancerad struktur, intelligenta ombordsystem, motorteknologi samt flygtrafikledning. Bland de totalt 34 bidragstagarna återfanns många projekt som ägs av Saab AB och Volvo Aero AB. Några exempel på projekt som pågår handlar om skydd av flygmotorer mot partiklar (inkl vulkanaska), postbucklande kompositstruktur samt avancerade kerambaserade lättviktskomponenter till flygande struktur¹⁰ – se även faktaruta sid 10 om vulkanaska (Gunnar Ljungberg) och artikel om utmaning för underhållet av den nya generationens flygplan (Rémi Vesvre) på sid 17.

VINNOVAS¹¹ inblandning i den flygtekniska forskningen började 1994 genom ett särskilt uppdrag från regeringen att starta NFFP tillsammans med FMV, Forsvarsmakten, Saab AB och Volvo Aero. NFFP:s huvudsyfte var då att stärka svensk flygindustris konkurrenskraft.

TRENDER OCH FRAMTIDEN – TVÅ RÖSTER FRÅN AKTÖRER INOM FLYGFORSKNING

Vilgot Claesson, programansvarig för NFFP på VINNOVA¹² berättar att försvaret har minskat på sin flygforskning de senaste åren och Claesson menar att de minskade militära satsningarna på flygforskning gör att den civila flygforskningen har blivit allt viktigare för att bevara och bygga upp en långsiktig svensk flygkompetens. Bland de stora europeiska flygnationerna finns ett fortsatt stort intresse för att ha en konkurrenskraftig flygindustri, menar Claesson. Konkurrensen ökar från flera håll. Flera flygplanstillverkare, t.ex. Bombardier C serie (Kanada), Embraer E-jets (Brasilien), Sukhoi SuperJet (Ryssland) och Mitsubishi Regional Jet (Japan) närmar sig marknaden för den attraktiva storleksklassen, där typerna Airbus 320 och Boeing 737 dominerar.

Claesson berättar vidare att Kina gör en storsatsning på flygplanssidan och har två nya flygplan på gång; en ARJ21 som konkurrerar med Bombardier, Embraer, etc. och den något större C919 som konkurrerar med Airbus 320 och Boeings 737. Om europeisk flygindustri ska fortsätta att vara stark kommer det att krävas fortsatta satsningar på europeisk flygforskning, tror Claesson, och troligtvis kommer EU:s fortsättning på ramprogrammen inom Vision 2020 att fortsatt innehålla mycket flygforskning, dock har trycket från andra branscher ökat, så det exakta utfallet återstår att se.

Som Claesson ser det är miljöfrågan den största utmaningen inom flygforskningen och det som präglar de europeiska flygsatsningarna är framförallt Clean Sky, men även SESAR och sjunde ramprogrammets flygforskningsprojekt som har tydligt miljöfokus¹³. Vad gäller framtiden och vilka områden som får finansiering tycker Claesson att det har blivit ett ökat fokus på forskning kring alternativt flygbränsle de allra senaste åren.

Claesson berättar också att VINNOVA i nära framtid kommer att presentera ett nytt program vid namn ”Grönt flygtekniskt demonstrationsprogram”, och det programmet har till syfte att stärka den svenska flygindustrins internationella konkurrenskraft genom stöd till den för flygindustrin speciellt utsatta demonstrationsfasen¹⁴. Programmet ska bidra till att demonstrerad grön teknologi snabbare kan föras in i kommande civila flygplan och dess tillhörande system, t.ex. lättviktsteknologi, energioptimerade system eller nya funktioner i trafikledningssystemet. Programmet ska möjliggöra ett starkt svenskt deltagande i internationella civila demonstrationsprogram, av typen Clean Sky och SESAR. Dessutom ska programmet medverka till att stora företag agerar motor och drar med sig små och medelstora företag (SMF) in i programmets projekt, men även vidare in i de internationella demonstrationsprogrammen.

Henrik Runnemalm, director research and technology, manager advanced engineering på Volvo Aero AB¹⁵ konstaterar att de flesta projekten bedrivs som globala projekt i vilka flera aktörer bidrar med var sin del. T.ex. om Volvo Aero ansvarar för 5–10 procent i utvecklingen av en motor så äger de motorn till motsvarande andel och eventuell vinst eller förlust på motsvarande faller på dem. Runnemalm menar att en trend inom den flygtekniska forskningen är att utvecklingen i dagsläget går betydligt snabbare inom den civila luftfarten än inom den militära luftfarten, som tidigare har varit teknikdrivande. Runnemalm uppskattar det till ca tio civila projekt på ett militärt. Specifikt för både civil och militär forskning är att den utgår från en noggrant uppräta kravspecifikation från användaren, berättar Runnemalm.

Precis som Vilgot Claesson på VINNOVA lyfter Runnemalm fram internationella trender och att även om Airbus och Boeing är dominerande inom segmentet stora flygplansmodeller så försöker t.ex. Bombardier komma in på den marknaden och även Kina försöker komma in i det segmentet med sitt flygplan C 919, som de planerar att släppa 2016. Till denna har de inte utvecklat en egen motor, men avser att komplettera med en egen motor under 2020/2021.

Runnemalm menar även att en trend inom forskning/utveckling är satsningen på s.k. re-engineering programs, vilka innebär att flygplanets struktur behålls och en helt ny motor utvecklas.

Vad gäller Volvo Aero berättade Runnemalm kort att de är involverade i flera projekt, varav deltagandet i Pratt & Whitneys GTF (Geared TurboFan) motorprojekt till nya generationens A320¹⁶ samt open rotor¹⁷ (se även artikel om open rotor av Marie Hankanen) är två exempel¹⁸. Båda dessa program ingår som en del i programmet Clean Sky.



FAKTA

Gunnar Ljungberg,
gunnar.ljungberg@transportstyrelsen.se

FRÅN FORSKNING TILL PRAKTISK UTVECKLING OCH TRANSPORTSTYRELSENS ROLL

Hur får man en uppfinning godkänd för att installeras i ett luftfartyg? Det som är viktigt att känna till är förstås kravbilden/byggnormen med allt vad den innebär. Det är bra att ha med sig från början, för att inte råka ut för oförutsedda saker som blir kostsamma att åstadkomma när tankarna och utvecklingen gått för långt.

I Europa är det den europeiska flygsäkerhetsmyndigheten EASA som godkänner design, från minsta reservdel till motorer och hela luftfartyg. För att kunna driva ett projekt inför ett godkännande av EASA ska man inneha ett tillstånd, ett designorganisationsgodkännande (Design organisation approval, DOA), om det inte gäller s.k. mindre modifieringar då det går bra utan DOA. Alla tillverkare av luftfartyg, motorer och propellrar har ett DOA och den färdiga produkten får ett typcertifikat utfärdat som ett bevis på att designen uppfyller de gällande certifieringsspecifikationerna eller om man så vill byggnormen. Det finns även möjlighet för en DOA-organisation att ta fram modifieringar eller utrustning även om den inte tillverkar hela luftfartyg och då kan designen få sitt godkännande via ett kompletterande typcertifikat (STC) eller vad gäller viss standardutrustning genom ett ETSO-godkännande (European Technical Standard Order).

När väl designen är godkänd så behövs ett tillverkningsgodkännande som kallas POA (Production organisation approval). Detta tillstånd utfärdas av de nationella myndigheterna, t.ex. Transportstyrelsen. Detta tillstånd ger rättighet att tillverka en design enligt det godkända designunderlaget som DOA-organisationen har fått godkänt. En del designprojekt blir alltså verklighet via tillverkaren av luftfartyget eller motortillverkarens designorganisation och en del projekt, som inte innebär alltför omfattande ändringar av ursprungsdesignen, kan godkännas via kompletterande typcertifikat framtagna av andra än tillverkaren. Att få tillgång till världsmarknaden för sin uppfinning är möjligt via de bilaterala avtal som EU har träffat med andra länder. Genom dessa avtal kan utrustningen eller modifieringen få godkännande på flera kontinenter och behöver inte genomgå flera fulla certifieringsprocesser.

För luftfartyg, delar och utrustning som är undantagna grundförordningen (EG) nr 216/2008 enligt dess bilaga II hanteras design- och tillverkningsgodkännanden fortfarande av varje nationell myndighet. Det gäller bl.a. luftfartyg som tillhör kategorin ultralätta och hembyggen samt även vissa äldre luftfartyg. Här är det Transportstyrelsens regler som gäller.

- ¹ ACARE (2010) Aeronautics and air transport: beyond vision 2020 (towards 2050) background document.
- ² Se vidare på http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/i23040_sv.htm.
- ³ Ett exempel är Gripen.
- ⁴ NRA Flyg (2010) En forskningsagenda.
- ⁵ Chalmers, FMV, FOI, Försvarmakten, HV, KTH, Linköpings universitet, Luleå Tekniska Universitet, Saab, SAI, Teknikföretagen, VINNOVA, och Volvo Aero.
- ⁶ VINNOVA är ett statligt verk under Näringsdepartementet och nationell kontaktsmyndighet för EU:s ramprogram för forskning och utveckling. VINNOVAs uppgift är att främja hållbar tillväxt genom finansiering i forskning <http://www.vinnova.se/sv/>.
- ⁷ En del av VINNOVAs finansiering inom detta program lades på NRA Flyg under 2010. Programmet grundar sig på ett samverkansavtal mellan VINNOVA, Försvarmakten, Försvarets materielverk och industriparterna Saab AB och Volvo Aero Corporation.
- ⁸ <http://www.vinnova.se/sv/Utlysningar/Effekta/NFFP-52009-2012Utlysning-2/NFFP5> löper till och med 2012 och förhoppningsvis kommer forskningspropositionen göra klart att det blir ett fortsatt stöd för ett förnyat NFFP, dvs. ett NFFP 6 som löper mellan 2013-2016.
- ⁹ Det finns flera finansiärer i NFFP; VINNOVA går in med 40 miljoner om året och FM/FMV med 15 miljoner per år. Totalt 220 miljoner under programperioden från offentlig sektor. Sedan går industrin (främst Saab och VAC) in med lika mycket och detta innebär att den totala projektbudgeten för NFFP 5 är ca 440 miljoner.
- ¹⁰ Mer finns att läsa om de olika projekten på VINNOVAs hemsida <http://www.vinnova.se/sv/Utlysningar/Effekta/NFFP-52009-2012Utlysning-2/>
- ¹¹ 1994 deltog en del av Nutek i NFFP som 2001 blev en del av VINNOVA.
- ¹² 2012-01-16. Personlig kommunikation.
- ¹³ http://www.acare4europe.com/docs/Flightpath2050_Final.pdf
- ¹⁴ En demonstrator är en plattform där tänkta egenskaper hos framforskade idéer och teknik kan provas och valideras.
- ¹⁵ 2012-01-17. Personlig kommunikation.
- ¹⁶ Där den synliga skillnaden för passageraren är en motor med större propeller.
- ¹⁷ En helt ny typ av motor.
- ¹⁸ Mer information finns på http://www.volvoaero.com/SiteCollectionDocuments/VAC/new%20site/documents/2011/AERen2_11.pdf



FLYGSÄKERHETSINFO

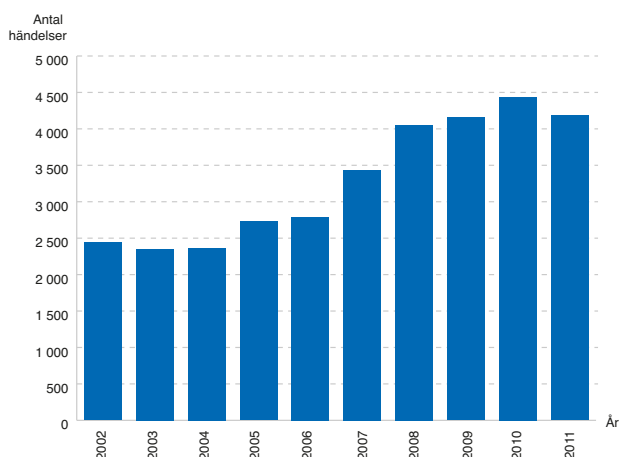
I Flygsäkerhetsinfo redovisas luftfartshändelser inom svensk luftfart. Här presenteras även aktuella frågor som Transportstyrelsens luftfartsavdelning arbetar med.

ALLMÄNT OM HÄNDELSERAPPORTERING TILL TRANSPORTSTYRELSEN

En viktig del i flygsäkerhetsarbetet är rapportering av händelser inom flyget. Händelserna delas in i tillbud, allvarliga tillbud och haverier beroende på allvarlighetsgrad och utfall. Systemet med händelserapportering bygger på att lärdomar av inträffade händelser ska leda till att de inte inträffar igen och på så sätt ska flygsäkerheten bli bättre. Sedan juli 2007 är rapportering av samtliga händelsetyper obligatorisk inom svensk luftfart. Från och med 2007 noteras också en ökning totalt av antalet rapporterade händelser (figur 1).

Kravet på vilka händelser som ska rapporteras och vem som är skyldig att rapportera finns huvudsakligen i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om rapportering av händelser inom civil luftfart (LFS 2007:68).

FIGUR 1 Antal inrapporterade händelser under en tioårsperiod.



Källa: Transportstyrelsen

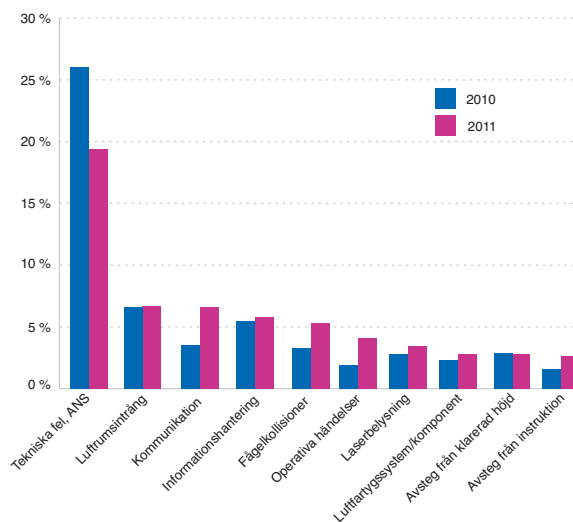
Varje enskild rapport som kommer in kodas enligt ett internationellt system och informationen matas in i en databas (ECCAIRS), som är gemensam för de europeiska staterna. Därefter analyseras händelsen och bedömning görs om eventuella åtgärder ska initieras. De uppgifter som läggs in i databasen är avidentifierade och används för att ta fram statistik som ger värdefull information i flygsäkerhetsarbetet.

Transportstyrelsen ger som regel inte återkoppling på enskilda rapporter, men övergripande återkoppling ges genom den statistik från händelserapporteringen som redovisas i Flygsäkerhetsinfo på Transportstyrelsens hemsida en gång per kvartal och i Flygtendenser. Myndigheten följer också utvecklingen i statistiken från händelserapporteringen genom trendbevakning och analyser som finns tillgängliga på Transportstyrelsens hemsida¹.

Bland rapportörerna återfinns flygplatser, flygledning, piloter, flygbolag och flygklubbar. Inflödet av rapporter varierar över året. Flest rapporter kommer som regel in till luftfartsavdelningen under sommarmånaderna.

Av de inrapporterade händelserna under 2011 var händelsetypen tekniska fel – flygtrafikfjänt störst och de utgjorde drygt 19 procent av alla händelser, därefter kommer händelsetyperna luftrumsintrång och kommunikation (båda motsvarar nästan 7 procent vardera av rapporterna), se vidare i figur 2 nedan.

FIGUR 2 Inrapporterade händelser i procent, fördelade efter händelsetyp 2011 i jämförelse med 2010



Källa: Transportstyrelsen

HAVERIER OCH ALLVARLIGA TILLBUD UNDER 2011²

ICAO (International Civil Aviation Organization) har i Chicagokonventionens bilaga 13 (Annex 13) definierat vad ett haveri är. Det finns även en definition i Europaparlamentets och i rådets förordning (EU) nr 996/2010 av den 20 oktober 2010 om utredning och förebyggande av olyckor och tillbud inom civil luftfart.

För att en händelse ska klassas som ett haveri krävs att luftfartyget används i avsikt att flyga och att:

- någon person omkommer eller skadas allvarligt genom händelsen och/eller
- luftfartyget får omfattande strukturella skador eller skador som påverkar luftfartygets flygegenskaper väsentligt och/eller
- luftfartyget saknas eller inte kan lokaliseras.

Det som skiljer haveriet från det allvarliga tillbudet är händelsens utgång. Klassificeringen av allvarlighetsgraden i en händelse görs med utgångspunkt i en internationellt fastställd standard.

Under helåret 2011 har det inträffat totalt 33 haverier, under helåret 2010 inträffade det 39 haverier, se även tabell 1 nedan.

Totalt sett har det under 2011 inte inträffat något haveri inom det kommersiella passagerarflyget. Inom luftfartygskategorin flygplan har 15 haverier inträffat, ett haveri har inträffat med helikopter, 10 haverier har inträffat inom kategorin ultralätta och sju haverier har inträffat inom kategorin skärm/hängflyg.

TABELL 1 Antal haverier med svenskregistrerade luftfartyg per kategori under 2010 och 2011

| Luftfartygskategori | 2010 | 2011 |
|---------------------|-----------|-----------|
| Flygplan | 13 | 15 |
| Helikopter | 4 | 1 |
| Ultralätt | 7 | 10 |
| Segelflyg | 2 | - |
| Skärmflyg/Hängflyg | 13 | 7 |
| Totalt | 39 | 33 |

Under 2011 har 10³ händelser inträffat som har klassats som allvarliga tillbud. Under 2010 klassades 26 händelser som allvarliga tillbud.

LUFTFARTAVDELNINGENS ANALYSARBETE

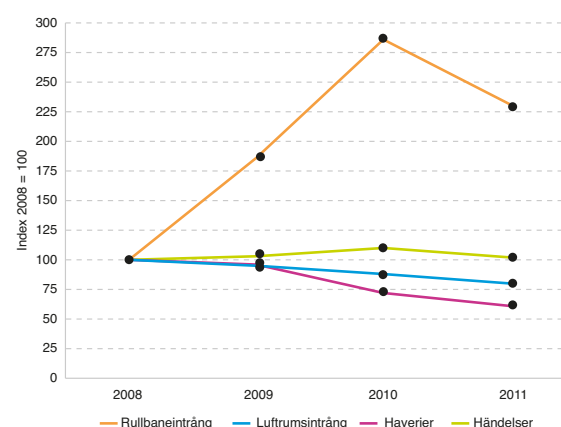
Säkerhetsnyckeltalen utgör ryggraden i luftfartsavdelningens flygsäkerhetsarbete med en kontinuerlig trendbevakning och analys av säkerhetsläget inom luftfarten. I denna strävan är vi också angelägna att regelbundet återkoppla resultatet av trendbevakning och analys till branschen, och utöver denna tidskrift sker detta även via vår hemsida.⁴

SAMMANFATTNING AV 2011 ÅRS SÄKERHETSNYCKELTAL

För att ge en överskådlig bild jämförs här utfallet för de fyra säkerhetsnyckeltalen för åren 2008–2011.

Säkerhetsnyckeltalen händelserapporter, luftrumsintrång och haverier visar på en stagnerad händelseutveckling från år 2008 till 2010 medan rullbaneintrång har en ökande trend. Från år 2010 till 2011 har samtliga säkerhetsnyckeltal en nedåtgående trend, vilket är positivt, i synnerhet för att den starkt ökande trenden för rullbaneintrång är bruten, se figur 1.

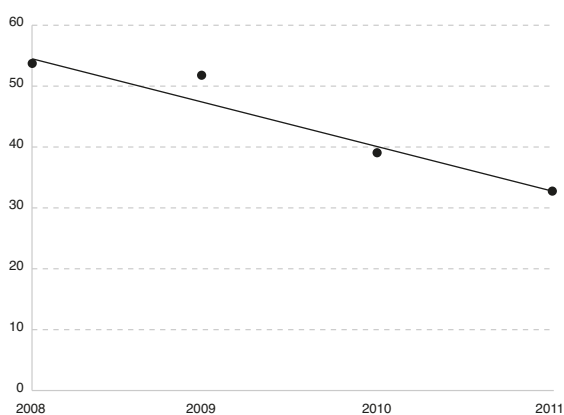
FIGUR 3 Säkerhetsnyckeltalens (rullbaneintrång, luftrumsintrång, haverier och händelserapporter) utveckling 2008–2011



HAVERIER

Antalet haverier 2008 till 2011 påvisar en nedåtgående trend, vilket är i rätt riktning för att uppnå de transportpolitiska målen, se figur 4.

FIGUR 4 Antal haverier 2008–2011

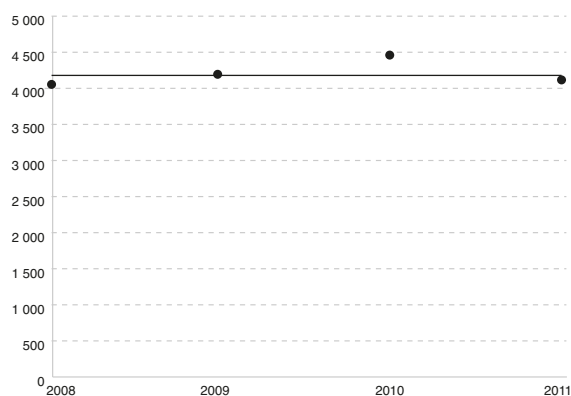


TOTALT ANTAL HÄNDELSERAPPORTER

Detta nyckeltal redovisar utvecklingen av samtliga händelserapporter mottagna av Transportstyrelsens luftfartsavdelning, exkl. rapporter som gäller luftfartsskydd. Dessa kommer att infogas så snart som möjligt.

Antalet händelserapporter ökade från 2008 till 2010. Från 2010 till 2011 minskade antalet rapporter något. Ökningen 2008 till 2010 var ca 6 procent, minskningen efterföljande år ca 8 procent. Den övergripande trenden är dock svagt ökande.

FIGUR 5 Totalt antal händelserapporter 2008–2011



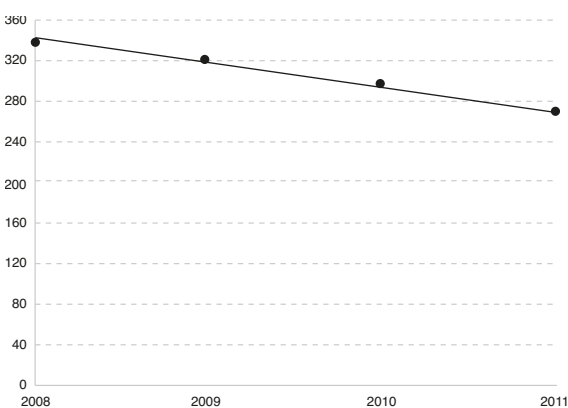
LUFTRUMSINTRÅNG

Ett luftrumsintrång inträffar när ett luftfartyg flyger i

- kontrollerat luftrum utan klarering
- trafikinformationszon (TIZ)
- trafikinformationsområde (TIA)
- avgränsade områden för militär övnings- och träningsverksamhet utan tillstånd, t.ex. farligt område, restriktionsområde och tillfälligt reserverade områden (TRA).

Trenden för luftrumsintrång är minskande, se figur 6. Transportstyrelsen arbetar aktivt med åtgärder för att minska antalet luftrumsintrång och i enlighet med den europeiska åtgärdsplanen mot luftrumsintrång är en svensk åtgärdsplan under framtagande. Ett seminarium arrangerades i juni 2011 och då utsågs kontaktpersoner för varje grupp av deltagare (flygtrafiktjänst, utbildningsorganisationer, luftrumsanvändare, leverantörer av flygbriefing- och flygvärdertjänst samt Försvarsmakten), de kommer att föreslå lämpliga åtgärder inom sina respektive områden. Dessa åtgärder i kombination med Transportstyrelsens åtgärder kommer sedan att utgöra underlag för den svenska åtgärdsplanen mot luftrumsintrång, som Transportstyrelsen planerar att färdigställa under våren 2012.

FIGUR 6 Antal luftrumsintrång 2008–2011



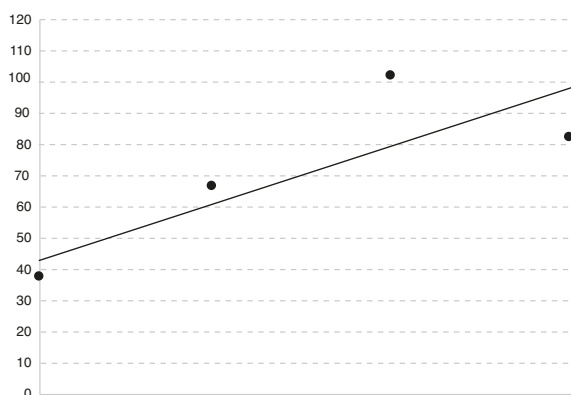
RULLBANEINTRÅNG

Ett rullbaneintrång inträffar när ett luftfartyg, ett fordon eller en person utan klarering/tillstånd befinner sig på det skyddade området för start och landning på en flygplats. Det skyddade området omfattar rullbanan och en buffertzona kring denna.

Den övergripande trenden är att antalet rullbaneintrång ökar, se figur 7, i synnerhet för åren 2008 till 2010. Under 2011 bröts den kraftigt ökande trenden och det inträffade färre rullbaneintrång än 2010. Transportstyrelsen arbetar aktivt med att

försöka minska antalet rullbaineintrång, och planerar för ett seminarium under hösten 2012. Seminariet ska adressera de två nyckeltalen rullbaineintrång och avåkning från rullbana.

FIGUR 7 Antal rullbaineintrång 2008–2011



NYA OMRÅDEN ATT BEVAKA UNDER 2012

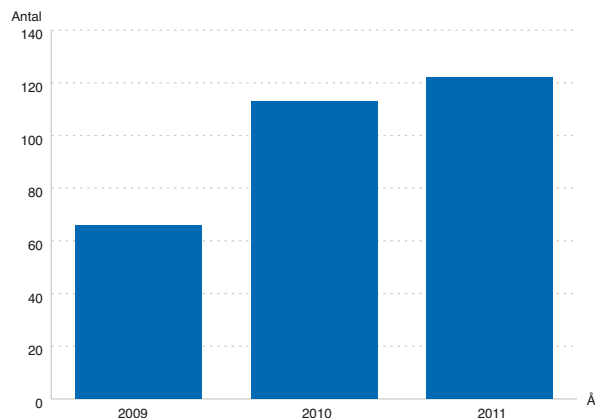
Inför årsskiftet fattades beslut om en uppdatering av de områden och säkerhetsnyckeltal som ska bevakas. Till de redan befintliga områdena som presenterats ovan har t.ex. omkomna och allvarligt skadade, avåkning från rullbana och händelser om laserbelysning tillkommit. Utöver dessa finns även områden som ska bevakas ur ett kvalitativt hänseende såsom "trötthet" samt "högautomatiserade tekniska system". Dessa två områden är uppmärksamade både internationellt och nationellt, varför luftfartsavdelningen är angelägen om att bevakas och arbeta med dem.

LASERHÄNDELSER INOM LUFTFARTEN

Laserhändelser innebär att privatpersoner använder s.k. laserpekare (oftast "grön laser") och riktar dessa mot luftfartyg, vanligtvis i samband med inflygning och landning. Detta kan få till följd att besättningens syn påverkas negativt och i värsta fall kan det även ge permanenta skador hos drabbade piloter. Även andra trafikslag, såsom buss och tåg, är drabbade.

I Sverige liksom i Europa har antalet laserhändelser ökat kraftigt de senare åren och flera åtgärder har vidtagits för att motverka trenden och minska antalet händelser. Transportstyrelsen samarbetar med Rikspolisstyrelsen, m.fl. i frågan och följer utvecklingen, se figur 8. Transportstyrelsen uppmanar rapportörer att anmäla händelser av laserbelysning inom luftfarten till både Transportstyrelsen och polisen, så att polisen kan vidta åtgärder.

FIGUR 8 Antal laserhändelser som har rapporterats till Transportstyrelsen 2009–2011



¹ Se vidare på <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Luftfart/Statistik-och-analys/>

² All statistik baseras på uppgifter som var kända i samband med publiceringstillfället.

³ Den administrativa rutinen för klassning av händelser som kan definieras som allvarliga tillbud har förändrats under 2010. Syftet är att luftfartsavdelningen och Statens haverikommission i huvudsak ska ha enad bedömning om klassning av de allvarliga tillbuden. Förändringen av rutinen för klassning påverkar inte luftfartsavdelningens arbete som bedrivs inom ramen för tillsynsupdraget när det gäller händelser som kan inverka på flygsäkerheten.

⁴ <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Luftfart/Statistik-och-analys/>.

Mats Törnvall, mats.tornvall@transportstyrelsen.se

UTBLICK – FLYGSÄKERHET

Myndigheters, företags och andra organisationers flygsäkerhetsarbete är avgörande för att man även fortsättningsvis ska lyckas behålla och höja den redan höga säkerheten. För att på bästa sätt dra nytta av det nationella och internationella flygsäkerhetsarbetet presenteras här ett urval av resultatet av det säkerhetsarbete och det säkerhetsmaterial som Eurocontrol m.fl. producerar.

www.skybrary.aero utgör ett viktigt fundament i det europeiska flygsäkerhetsarbetet, och definieras som ett elektroniskt arkiv för säkerhetskunskap relaterad till flygtrafiktjänsten och flygsäkerhet i allmänhet. Avsikten är att tillhandahålla en omfattande informationskälla och en referenspunkt för säkerhetsinformation där den görs tillgänglig för användare över hela världen. Webbplatsen innehåller också en sökfunktion för alla relevanta dokument från International Civil Aviation Organization (ICAO). Skybrary har ett liknande upplägg som Wikipedia, fast med skillnaden att allt material som publiceras genomgår en noggrann granskning för att säkerställa den nödvändiga kvaliteten, tillförlitligheten och enhetligheten som krävs.

Webbplatsen är framtagen av Eurocontrol i samarbete med följande organisationer:

- International Civil Aviation Organization (ICAO)
- The Flight Safety Foundation
- The UK Flight Safety Committee
- The European Strategic Safety Initiative och
- International Federation of Airworthiness.

Teknik är en fråga som är ständigt aktuell inom luftfarten, eftersom tekniken är i en ständig förändring och utveckling. Oftast innebär detta positiva förändringar för myndigheter, företag och anställda inom luftfarten, men vi ser ibland också exempel på där tekniken "springer för fort" och kanske inte fungerar på ett optimalt sätt tillsammans med organisationer, människor, manualer och annan befintlig teknik. Vi ser mer och mer av högautomatiserade tekniska system där människan tilldelas en alltmer tillbakadragen och övervakande roll. Ur vissa aspekter är den ökade automatiseringen positiv, men den medför också vissa negativa aspekter då människan som förväntas agera och ansvara för olika situationer kanske inte längre har samma möjligheter eller färdigheter för att agera korrekt. Det pågår mycket forskning på detta område, som är

uppmärksammat internationellt inom luftfartens olika organisationer och samarbetsorgan, t.ex. inom FN-organet ICAO, den internationella civila luftfartsorganisationen. Läs gärna mer om automation och samspelet mellan människa, teknik och organisation i efterföljande artikel på sidan 38.

Nedan presenteras utdrag från några artiklar från Skybrary med bäring på teknik. Artiklarna summeras kort och kan också läsas i sin helhet på engelska med hjälp av länkar till respektive artikel.

ISKRISTALLER OCH ISBILDNING PÅ HÖG HÖJD, EFFEKTER PÅ MOTORER

Internationell forskning och händelser inom luftfarten har visat att det föreligger en risk för att motorerna tillfälligt förlorar dragkraft på hög höjd där det förekommer hög täthet av små iskristaller i mycket kall luft. Iskristallerna ska inte leda till ett totalt motorbortfall, men de kan påverka flera motorer samtidigt. Eventuella störningar inträffar sannolikt också då luftfartyg framförs i flygförhållanden som normalt inte förutsätts höja risken för isbildning (i gällande flygmanual för luftfartyget, AFM). Flygplans- och motortillverkare har därför övervägt att utöka definitionen för flygförhållanden med isbildningsrisk och har utfärdat tillfälliga riktlinjer för flygbolagen.

De områden där onormalt höga koncentrationer av iskristaller tros förekomma härstammar från cumulonimbus moln, även kallade bymoln (cb) och kan förväntas driva i vindriktningen från områdets molntoppar.

Ett antal "varningssignaler" gällande förekomsten av iskristaller har identifierats:

- Lufttemperatur som är betydligt högre än atmosfärens motsvarande standardtemperatur
- Låg till måttlig turbulens
- Områden med kraftigt regn under fryspunkten
- Förekomst av små "fuktdroppar" på förarkabinens vindrutor (iskristaller som smälter av rutans värme)
- Ett tidigt fel i temperaturindikeringen (TAT) (värdet sjunker till noll på grund av isbildning på givaren)
- Inga tecken på isbildning på någon del av flygkroppen.

Läs artikeln i dess helhet: http://www.skybrary.aero/index.php/High_Level_Ice_Crystal_Icing_Effects_on_Engines

OPÅLITLIG FARTINDIKERING

Om en flygbesättning inte upptäcker och reagerar på en felaktig fartindikering kan detta resultera i att man förlorar

kontrollen över luftfartyget. Problemet kan också påverka ”fly-by-wire” flygplan negativt på så vis att det kan resultera i en återgång till flygmoder/lägen som inte skyddar flygningen lika bra som normalt flygläge, och det kan också leda till att autopiloten kopplar ur.

Tack vare *Pitot statiska system*¹ och kännedomen om olika typer av felaktiga indikationer som kan uppstå, kan piloter upptäcka eventuella problem och sedan följa sina checklistor för att behålla flygplanet i ett säkert flygläge. Detta med hjälp av återstående tillförlitlig information, i synnerhet gällande indikeringar om flygplanets attityd, dragkraftinställning och höjd, som kan verifieras från minst två liknande instrument.

HUR KAN BESÄTTNINGEN UPPTÄCKA OCH HANTERA EN OPÅLITLIG FARTINDIKERING?

Ett onormalt stort Machtal² eller en varierande indikerad hastighet (IAS³), och skillnader mellan indikeringarna vid respektive förarposition i cockpit, eller mellan önskad och verklig hastighet, kan tyda på en opålitlig fartindikering. Tyvärr kan det uppstå situationer där indikationerna är liktydiga men ändå opålitliga i de fall där problemet påverkar alla Pitot-statiska system - även om det är normalt för moderna certifierade luftfartyg att ha ett reserv pitotrör som är av en annan design än de två huvudsakliga rören.

- Undvik flygplanets min- och maxhastighetsområden
- Koppla bort ”autodragkraft”, Autopilot, och ”Flight Director”;
- Återgå till standardinställningar för attityd och dragkraft;
- Försök att stanna kvar i visuella väderförhållanden (VMC).

Läs artikeln i dess helhet: http://www.skybrary.aero/index.php/Unreliable_Airspeed_Indications

EJ INNESLUTNA DRIFTSTÖRNINGAR I FLYGMOTORER

Gasturbinmotorer är ”inneslutna”, så även om det vid driftstörningar lossnar delar inne i motorn, så stannar de antingen kvar där eller lämnar motorn med avgaserna (inneslutningen säkerställer med andra ord att delar inte ”skjuts ut” genom motorväggen/inneslutningen). Detta är en konstruktionsstandard för alla turbinmotorer och innebär att ett fel i en enda motor på flermotoriga flygplan inte ska utgöra någon omedelbar risk för flygsäkerheten. Stora delar som kastas ut kan dock utgöra en fara för personer på marken.

”Okontrollerade” motorstopp och driftstörningar kan dock vara våldsamma, och mycket allvarigare eftersom delarna som motorn skjuter ut i höga hastigheter kan utgöra en fara för

tryckkabinen, intelligande motorer, styrsystem och eventuellt direkt för flygplanets passagerare.

Av ovanstående anledningar måste alltid besättningar vara extra uppmärksamma i samband med driftstörningar i motorerna, och följa flygmanual för luftfartyget (AFM) för att isolera problemet och vid behov stänga av drabbad motor.

Läs artikeln i dess helhet:

http://www.skybrary.aero/index.php/Uncontained_Engine_Failure



¹ Ett system av tryckkänsliga instrument som används för att fastställa ett luftfartygs fart genom luften, luftfartygets hastighet presenteras för piloten på instrumenten på flightdeck.

² Machtalet är kvoten mellan hastigheten hos ett föremål och ljudhastigheten i dess omgivande medium, används ofta för att ange flygplans hastighet i luft på högre höjder.

³ Den hastighet som avläses på ett luftfartygs fartmätare.

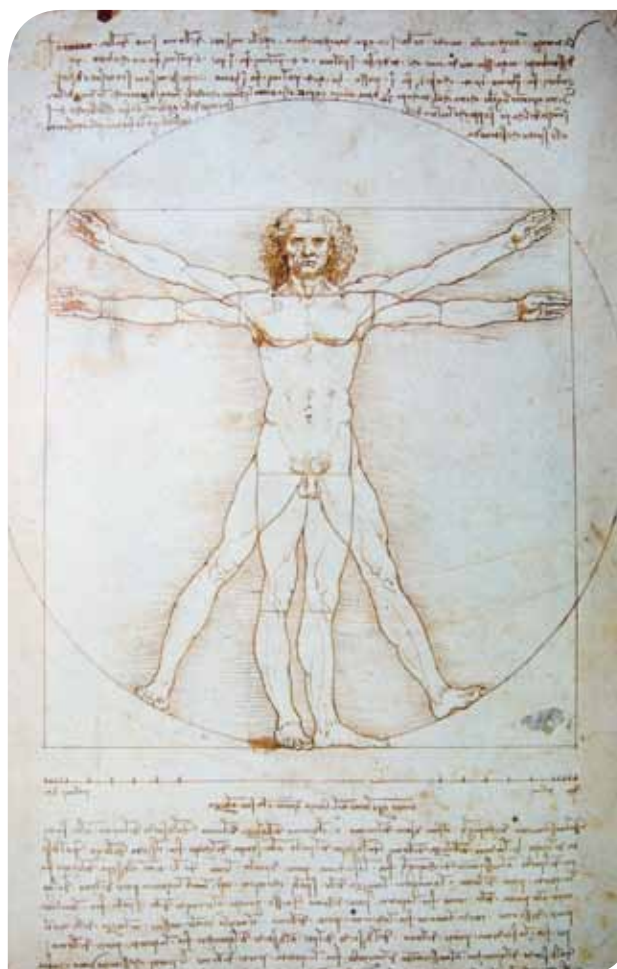
Nicklas Svensson, nicklas.svensson@transportstyrelsen.se

MÄNSKLIGA FAKTORER OCH MÄNNISKA-TEKNIK-ORGANISATION

Luftfartssystemet är ett komplext system med målet att transportera människor och gods utan uppkomst av negativa konsekvenser för säkerhet, hälsa och miljö. Systemet är komplext i den bemärkelsen att det består av flera olika faktorer som på olika sätt samverkar. En central faktor i systemet är människan. I säkerhetsarbetet inom olika transportsystem benämns ofta samverkan mellan människor och andra delar i systemet som Human Factors (HF) och/eller Människa-Teknik-Organisation (MTO). Transportstyrelsen har valt att i Flygtendenser ha med artiklar på det här temat, kopplat till de aktuella ämnesområdena. Det tidigare numret av Flygtendenser (nr 01/2011) innehöll ett HF/MTO-perspektiv på säkerhetsledningssystem. Det här numret introducerar en artikelserie om automation i förarkabinen (eng: cockpit). Första artikeln innehåller bl.a. en introduktion, historisk bakgrund och automationens inverkan på pilotens arbetssätt. Artikel nummer två tittar mer explicit på automation ur ett HF/MTO-perspektiv och beskriver bl.a. hur beaktande av HF/MTO kan bidra till bättre samspel mellan pilot och automation, s.k. Human-centered Automation, vanliga HF/MTO-problem och framtidens automation.

INTRODUKTION

Automation kan beskrivas som ett redskap för att förbättra och kontrollera prestationsförmågor och risker i vårt idag avancerade samhälle. Automation är inbyggt i den globala utvecklingen av dessa avancerade samhällen, och utgör ett verktyg för dels ökad komfort och effektivitet, dels ökad säkerhet. Automation kan beskrivas på olika sätt.¹ Tittar vi runt omkring oss kan vi se olika typer av automation inom många samhällsfunktioner som transporter, teknik, tillverkning, m.fl. Inom flyget har framför allt framsteg inom teknik lett till avancerad automation och associeras ofta med operativa funktioner som piloterna använder sig av vid kontroll och framförande av flygplan, som t.ex. autopiloten.² I termer av funktioner kan automation beskrivas som när tekniska system automatiskt utför arbetsuppgifter som tidigare utfördes manuellt av människan. Ett HF/MTO-perspektiv på automation innebär att man tar hänsyn till människans



fysiska, mentala och sociala förutsättningar i frågor som berör t.ex. interaktionen mellan pilot (människa) och automation (teknik) samt utbildning i hantering av systemen (organisation).

AUTOMATION INOM FLYGET – KORT HISTORISK BAKGRUND OCH BESKRIVNING

Automation av flygplans olika funktioner har under en lång period varit en viktig del av flygets utveckling. Våldigt tidigt identifierade man behov av att utveckla tekniken. Arbetet kan dateras så långt tillbaka som 1891, vilket är 12 år innan bröderna Orville och Wilbur Wrights första framgångsrika

motordrivna flygning 1903.³ Sir Hiram Maxim konstruerade 1891 den första gyroskopiska anordningen för ett flygplan. Konstruktionen, som tillförde stabilitet till ett då instabilt experimentflygplans höjdroder, patenterades samma år. Bröderna Wrights fortsatta arbete med stabilitet resulterade i en första autopilot 1908. Några år senare, 1914, uppfann Lawrence Sperry sin gyroskopiska stabilisator, en uppfinning som har legat till grund för alla framtida stabiliseringssystem inklusive de komplexa navigationssystem (INS, Inertial Navigation Systems⁴) som 1969 så framgångsrikt vägledde de första människorna till månen.

Efter andra världskriget var den tekniska utvecklingen snabb. Vakuumdrevna system som piloternas instrumentering ersattes av elektroniska system. Även markbaserade system introducerades, som t.ex. navigationsfyrar och ILS.⁵ Introduktionen av jetmotorn ledde till att transporter av passagerare och gods ökade markant. Nu kunde man flyga längre, högre och snabbare, vilket krävde nya och förbättrade system för säkerhet, precision, och navigation. Senare utveckling av moderna transportflygplan har lett till avancemang inom olika högteknologiska system som t.ex. Autothrottles⁶ och FMS.⁷

Automation av idag är allt genomträngande i cockpit. Det handlar inte bara om pilotens kontroll av flygplanet, utan även om olika nivåer av automation, dvs. vissa uppgifter som helt eller delvis utförs av piloten respektive automationen. Ett exempel på "lägre" nivå av automation kan vara information till piloten som stöd i processen för beslutsfattande, en s.k. kognitiv stödfunktion. Exempel på sådan information kan vara olika varningssignaler som kräver en åtgärd av piloten som t.ex. en konfigurationsvarning.⁸ En "högre" nivå av automation innebär i stället att uppgifter genomförs kontinuerligt utan att piloterna vidtar åtgärder, t.ex. flygplanets tryckkabin. Avancerad statusövervakning och felsökning av system faller även inom en sådan nivå, dvs. piloten informeras endast om fel uppstått eller om vissa parametrar överskrids. Europeiska flygplanet Airbus FADEC-system⁹ är ett exempel på en sådan avancerad nivå av automation.

VARFÖR AUTOMATISERA?

Det finns många olika beskrivningar av för- och nackdelar med automation.¹⁰ Många punkter förblir konstanta, andra förändras något beroende på t.ex. applikations- och forskningsområde. Vanliga fördelar som ofta nämns inom flyget är:



- *Säkerhet:* Automationen anses ha bidragit till ökad säkerhet, dvs. färre olyckor och tillbud.¹¹ Tidiga argument för automationens bidrag till ökad säkerhet stod att finna i att människan, dvs. piloten, ansågs vara den primära orsaken till olyckor vilket ledde till att man automatiserade vad som kunde automatiseras och inte vad som borde automatiseras. Oenkligen avlastar automationen piloter under olika faser av flygningen. Vidare bidrar system som t.ex. Autoland System¹² till stabilare inflygningar och säkrare landningar.
- *Avlägsnandet av mänskliga misstag:* Ett vanligt argument för att introducera automation är det förmodade bidraget till avlägsnandet av mänskliga misstag. Även om vissa typer av mänskliga misstag minskat i antal sedan införandet av automation, har det snarare skett en förskjutning av misstagen, dvs. automationens komplexitet har i stället bidragit till nya risker för mänskliga misstag. Ett exempel är svårigheter i att förstå logiken i automationens beteende, vilket gör det svårare för piloten att förutse automationens nästa drag.¹³
- *Tillgång till teknik:* Flygets utveckling har tillfört en hög nivå av komplexitet, en komplexitet som präglas av moderna flygplan med hög prestanda, tillväxt och hög densitet av flygtrafik, komplexa luftrum etc. På grund av komplexiteten behöver piloter redskap för säker hantering av flygplanen. Vidare måste flygplanens många olika parametrar övervakas på ett säkert och effektivt sätt.
- *Ekonomi och tillförlitlighet:* Automatiska anordningar som autopilot och auto-throttle framför flygplanet med högre precision, men även mjukare och jämnare än vad människan förmår, vilket leder till kostnadsreduktion i form av mindre slitage och lägre bränsleförbrukning. Det sistnämnda har även en positiv inverkan på miljön.
- *Minskad arbetsbelastning:* Automationen har minskat pilotens fysiska arbetsbelastning. Att slippa manuell handflygning av flygplanet frigör oenkligen utrymme för omhändertagande av andra arbetsuppgifter. Erfarenhet pekar dock på att den mentala arbetsbelastningen inte minskat i samma omfattning utan snarare ökat. Under planflykt minskar automationen den mentala arbetsbelastningen och under mer krävande situationer underlättar den inte i samma omfattning, utan snarare ökar belastningen. Detta kan framför allt ske under



Foto: Jacob Sjöman

flygfaser där arbetsbelastningen redan är hög, som vid t.ex. inflygnings- och landningsfasen.

- *Mer exakt kontroll och navigering:* Automationen ger större möjlighet till säkrare och kortare flygning genom att upprätthålla flygplanets olika prestandaparametrar (t.ex. höjdhållning i lufttrum med mycket flygtrafik) och noggrannare flygning (t.ex. bättre kurshållning och mindre drift från avsedd flygväg).

AUTOMATIONENS INVERKAN PÅ PILOTENS ARBETSSÄTT

Trenden i utformning av cockpit har under senaste halvsekllet varit en successiv minskning i bemanning, ökad digitalisering och systemintegration. I dagens moderna cockpit arbetar två piloter, en kapten och en styrman. För femtio år sedan var det inte ovanligt att besättningen på ett civilt transportflygplan bestod av fem medlemmar (två piloter, färdmekaniker, navigatör och radiotelegrafist). Med stöd av automationen och tekniken omhändertar idag två piloter det arbete som tidigare utförts av fem. Även om pilotens roll inte förändrats, dvs. den består fortfarande av att framföra flygplanet på ett så säkert och effektivt sätt som möjligt, har arbetssättet gått från att fysiskt handflyga flygplanet till att mer handla om att övervaka flygplanets många olika system. Automation betraktas traditionellt som ett redskap, eller verktyg för att hjälpa piloten att fullgöra sin traditionella roll. Det finns dock ingen tvekan om att arbetssättet har förändrats avsevärt.

Tidig forskning om automationens potentiella inverkan på piloters arbetssätt har bl.a. visat på risker med att öka nivån av automationen.¹⁴ Antagandet baseras på att piloter inte längre fysiskt handflyger flygplanen och att vi som människor vanligtvis är dåliga övervakare av komplexa och oftast välfungerande system. Automationen anses ha tagit över för stora delar av flygplans styr- och övervakningsfunktioner. Argumentet är att automation bidragit till högre nivåer av tristess och självgodhet, även kallat ”automation complacency”. Ytterligare risker som angavs var urholkning av kompetens och färdighet (i form av pilotens förmåga att manuellt framföra flygplanet) och förlorad situationsmedvetenhet av rum och tid. I olika olycksutredningar anges ibland riskerna ovan som direkta eller indirekta orsaker till olyckans eller tillbudets uppkomst. Åtgärder tenderar då att ligga på individnivå, dvs. piloten får kompletterande utbildning, procedurer skrivs om etc.

FRÅN INDIVID TILL SYSTEMPERSPEKTIV

Ett alternativ till synsättet ovan är ett perspektiv där man inte söker orsaken till problem i faktorer som t.ex. tristess och liknandhet. De som förespråkar ett sådant alternativ anser att det inte existerar några empiriska belegg för sådana förklaringar, dvs. piloterna förlorade inte sin situationsmedvetenhet, eller var inte för passiva i sin övervakning av flygplanet - snarare tvärtom. Ett sådant perspektiv på interaktionen mellan pilot och automation utgår från att automationen oftast fungerar precis som avsett, och att problemet i stället ligger i interaktionen mellan dem båda. Vi kan då delvis konstatera att samma faktorer som oftast leder till systemets framgång (interaktion) även kan bidra till misstag och i värsta fall även till olyckor och tillbud. Forskningen har funnit olika orsaker till automationens problem. Nedan redovisas några reflektioner:¹⁵

- **Fellägen (eng: mode errors):** Ett systems felläge beskrivs som att besättningen trodde att flygplanets dator var i ett läge, och gjorde vad den trodde var det rätta – men datorn var i ett annat läge, vilket faktiskt resulterar i att man gör fel.
- **Vilse i programvaran:** Inträffar som ett resultat av att piloten har relativt få skärmar (eng: displays) i förhållande till det höga antal aktiva processer som datorn utför. Det kan vara svårt att hitta rätt sida och/eller relevant datamängd.
- **Att bli överbelastad:** Automationen är tänkt att avlasta piloterna i deras arbete, men kräver ofta samspel och interaktion under flygfaser präglade av redan hög arbetsbelastning. Dessutom krävs det ofta att piloterna övervakar och analyserar stora mängder data, vilket p.g.a. den ökade arbetsbelastningen innebär risk för att viktig information inte uppmärksammas.

MÄNNISKA – TEKNIK – ORGANISATION (MTO)

Beskrivs bl.a. som ett systematiskt arbetssätt för att hantera risker i samspelet mellan människa, teknik och organisation. MTO tar ett systemperspektiv, dvs. tar hänsyn till helheten. Vidare ses MTO som metodik för att kunna arbeta systematiskt vid t.ex. utredning av inträffade händelser och förebyggande vid införande av nya system, ny teknik, ny organisation och nya föreskrifter.¹⁷

- Svårt att upptäcka förändringar i automationen: I ett komplext och högdatoriserat system är oftast data mer dold än synlig, dvs. automationen i sig osynliggör viktiga parametrar för piloten. Förändringar, processer och även avvikelser kopplade till automationens funktionalitet synliggörs inte för piloten. Skärmarna i cockpit tenderar att bara visa systemets status, det läge den är i, s.k. ”mode”, snarare än systemets beteende och prestanda.

SAMMANFATTNING

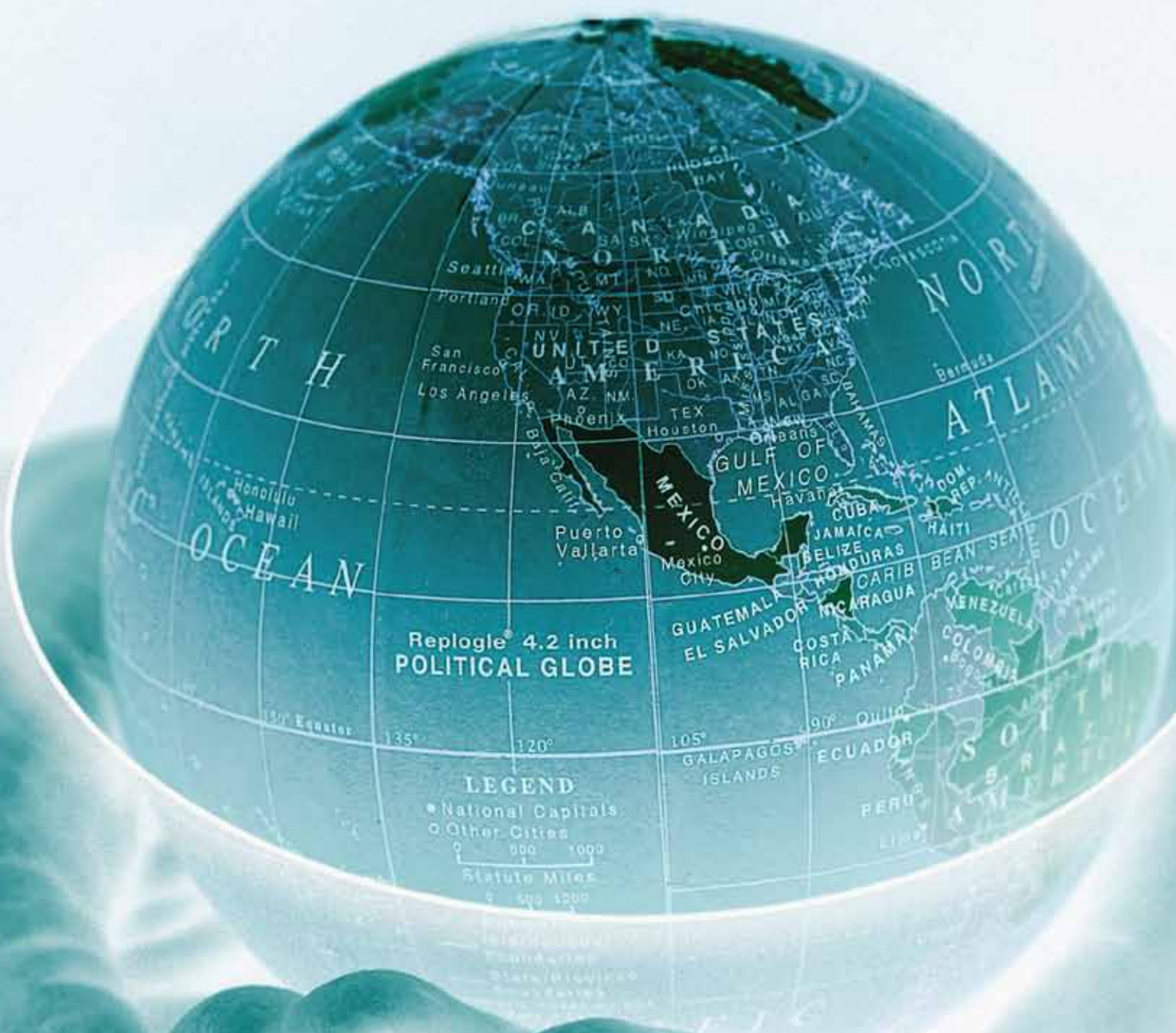
Flygets utveckling har under relativt kort period genomgått stora förändringar och mött nya kravbilder, vilket resulterat i många olika tekniska system. Systemen ska i sin tur bidra till bl.a. ökad säkerhet och effektivitet. Automation av flygplans många funktioner är ett exempel på ett sådant system. Automationen används av piloten som ett redskap för att framföra flygplanet på ett säkert sätt. Den snabba utvecklingen av framför allt tekniken inom flyget har lett till avancerad automation, vilket förändrat pilotens arbetssätt. Från att fysiskt handflyga flygplanet övervakar piloten i stället de olika flygplanssystemen. Detta har medfört både för- och nackdelar. Automationen har bidragit till en ökad säkerhet och effektivitet, men även tillfört ytterligare systemkomplexitet. Detta har bl.a. resulterat i att piloten inte alltid förstår logiken bakom automationen. Mot bakgrund av det säkerhetsansvar piloten har, blir sådan kunskap betydelsefull. Bra samspel mellan människa (pilot) och teknik (automation) är en förutsättning för att systemen ska fungera så som det var tänkt. Att beakta HF/MTO i ett tidigt stadium av automationens utformning är därför angeläget.

TRANSPORTSTYRELSENS BESKRIVNING AV HF/MTO

Att arbeta med HF/MTO i Transportstyrelsens verksamhet innebär att ta hänsyn till människans fysiska, mentala och sociala förutsättningar och begränsningar i frågor som rör människans samspel med övriga delar i transportsystemet (t.ex. befintlig teknik och infrastruktur, regelverk och organisatoriska förutsättningar).

- ¹ För generella beskrivningar, se bl.a. Svenska Ordboken (Studentlitteratur, 2005) där automation definieras som: ”en hög grad av automatisering”, ”automatiserad tillverkning” och Svenska Akademiens Ordlista: ”ett automatiskt sätt att fungera”. (http://www.svenskaakademien.se/svenska_spraket/svenska_akademiens_ordlista/saol_pa_natet/ordlista) För beskrivning av flygplansautomation, se ICAO (International Civil Aviation Organization, den internationella civila luftfartsorganisationen) vars beskrivning utgår från ett cockpitperspektiv: ”The assignment to the machinery, by choice of the crew, of some tasks or portion of tasks performed by the human crew to machinery” (ICAO, 1998). *Human Factors Training Manual*. Montreal, Kanada. ICAO Publishing.
- ² En autopilot kan på ett förenklat sätt beskrivas som en automatisk styrinrättning på flygplan som bl.a. bistår piloten helt eller delvis med att kontrollera olika parametrar som fart, höjd, kurs etc.
- ³ Se bl.a. Orlady, H.W. & Orlady, M. L. (2001). *Human Factors in Multi-Crew Flight Operations*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing.
- ⁴ INS (Inertial Navigation Systems), även kallat tröghetsnavigeringssystem, bygger på att man med noggranna accelerometrar mäter flygplanets lägesändringar under färd och utifrån dessa beräknar dess position..
- ⁵ ILS, Instrument Landing System, är ett markbaserat navigationssystem som ger piloten vertikal och lateral information om flygplanets läge i förhållande till en ”förlängd arm” av landningsbanan, en s.k. Localizer. Systemet ger möjlighet till inflygning och landning med högre precision och säkerhet, framför allt vid dåliga väderförhållanden som t.ex. nedsatt sikt p.g.a. dimma.
- ⁶ Autothrottle är ett gasreglage som automatiskt styr motorns olika parametrar, t.ex. bränsleflödet.
- ⁷ FMS, Flight Management System, kan beskrivas som ett automatiserat ”lednings-system” i vilket piloten programmerar den planerade flygningens färdplan. Systemet ger även viktig information som position, bränsleförbrukning, flygplatsdata, navigationshjälpmedel etc.
- ⁸ En konfigurationsvarning aktiveras när flygplanet av olika anledningar inte konfigurerats korrekt inför start på banan, t.ex. system och utrustning som klaffar, parkeringsbroms, trim etc.
- ⁹ FADEC (Full Authority Digital Engine Control) är ett digitaliserat automations-system för flygplansmotorer. Systemet styr motorns olika funktioner och informerar piloten om avvikelser uppstår.
- ¹⁰ Se bl.a. Harris, D. (2011). *Human Performance of the Flight Deck*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing.
- ¹¹ Se bl.a. Orlady, H.W. & Orlady, M. L. (2001). *Human Factors in Multi-Crew Flight Operations*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing. Se även Boeing Commercial Airplanes (2009). *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane accidents World wide Operations. 1959-2008*. Seattle, WA: Author. Statistiken visar på färre antal olyckor för moderna högautomatiserade flygplanskategorier i jämförelse med äldre flygplan.
- ¹² Ett Autoland är ett system som helt automatiserar landning av flygplan. Piloterna övervakar inflygning och landning, och taxar sen flygplanet till anvisad plats.
- ¹³ Se bl.a. Dekker, S.W. & Hollnagel, E. (1999). *Coping with Computers in the Cockpit*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing.
- ¹⁴ Wiener, E. L. & Curry, R. E. (1980). Flight Deck Automation: Promises and Problems. *Ergonomics*, 23, 1995-1011.
- ¹⁵ Se bl.a. Dekker S.W.A. (2004). On the Other Side of a Promise: What Should We Automate Today? I: Harris, D. *Human Factors for Civil Flight Deck Design* (sid. 183-98). Aldershot, UK: Ashgate.

AKTUELL STATISTIK



Replogle® 4.2 inch
POLITICAL GLOBE

LEGEND

- National Capitals
- Other Cities

0 500 1000
Statute Miles
0 500 1000

Håkan Brobeck, hakan.brobeck@transportstyrelsen.se

PASSAGERARUTVECKLINGEN

Antalet passagerare på de svenska flygplatserna uppgick till närmare 30,1 miljoner under 2011. Jämfört med föregående år är detta en ökning med 11,6 procent och motsvarar drygt 3,1 miljoner fler passagerare. Inrikestrafiken ökade med 13,5 procent och uppgick till 6,97 miljoner passagerare, utrikestrafiken ökade med 11,1 procent och uppgick till närmare 23,1 miljoner passagerare.

På 34 av de 40 svenska trafikflygplatserna ökade antalet passagerare under 2011. Den största relativa ökningen hade Karlstad flygplats med plus 30 procent. Bland de större flygplatserna hade Malmö den bästa tillväxten, plus 22 procent. Sämst har utvecklingen varit på Kiruna flygplats med minus 18 procent.

När det gäller inrikeslinjer till och från Stockholm ökade passagerarvolymen på samtliga av de mest passagerartunga sträckorna. Den största ökningen hade sträckorna Stockholm–Göteborg, och Stockholm–Malmö med passagerarökningar på runt 25 procent.

Bland de länder som Sverige trafikerar var Tyskland störst under 2011 med drygt 2,7 miljoner passagerare, följt av Storbritannien med 2,5 miljoner passagerare. Den största relativa förändringen hade Turkiet med en volymökning på 34 procent, följt av Spanien där ökningen var 21 procent. I absoluta tal var det Spanien som hade den största ökningen där antalet passagerare var 420 000 fler under 2011 jämfört med året innan.

LANDNINGAR, FLYGSTOLAR OCH KABINFÄKTORER

Antalet landningar inom passagerartrafiken uppgick under 2011 till närmare 234 000. Jämfört med 2010 är det en ökning med 9 procent, vilket motsvarar 19 000 fler landningar. Antalet utrikes landningar ökade med 10 procent. För inrikestrafiken var ökningen 8 procent.

Antalet utbudna flygstolar uppgick till cirka 42,8 miljoner, vilket var 4,9 miljoner fler än under 2010. I utrikestrafiken ökade stolsutbudet med 12 procent och i inrikestrafiken med 15 procent.

Kabinfaktorn, som mäter graden av beläggning på en flygning, var i genomsnitt 0,8 procentenheter lägre under 2011 jämfört med året innan och uppgick till 70,3 procent. I utrikestrafiken var den genomsnittliga kabinfaktorn 71,6 procent och i trafiken inrikes 66,2 procent.

Antalet överflygningar i det svenska luftrummet ökade under året med 7 procent. Överflygningar är trafik som sker i det svenska luftrummet utan att flygplanet har startat eller kommer att landa på någon svensk flygplats. Exempel på sådan trafik är flygningar som sker mellan de västra delarna av Europa och Fjärran östern.

MARKNADSANDELAR

I inrikestrafiken ökade Norwegian sin marknadsandel med mer än 5 procentenheter under 2011. SAS tappade 2,9 och Malmö Aviation 1,7 procentenheter under året.

Även i utrikestrafiken ökade Norwegian sin marknadsandel från 7,6 till 9,9 procent. Ryanairs andel minskade med 1,2 procentenheter och SAS tappade en procentenhet.

BILJETTPRISER

Transportstyrelsen samlar för varje månad in uppgifter om biljettpriser och antal försålda biljetter i inrikestrafiken. Beräkningarna visar på sjunkande biljettpriser. Prisnivån har för samtliga månader under januari till november varit lägre än för motsvarande månader 2010.



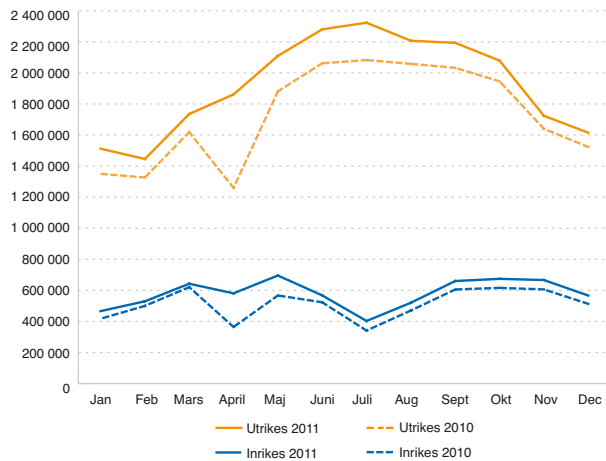
Håkan Brobeck, hakan.brobeck@transportstyrelsen.se

TRAFIKUTVECKLINGEN 2011

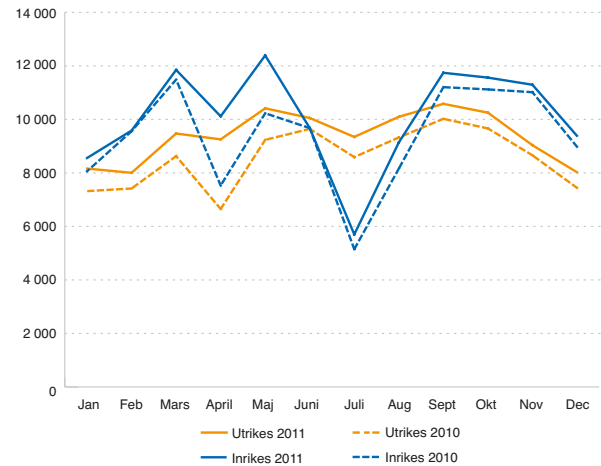
Antal ankommande och avresande passagerare i linje- och chartertrafik på svenska flygplatser.

| Flygplats | 2010 | 2011 | Förändring, antal | Förändring, % |
|------------------------|------------|------------|-------------------|---------------|
| Arvidsjaur | 42 494 | 49 320 | 6 826 | 16,1% |
| Borlänge | 33 811 | 36 375 | 2 564 | 7,6% |
| Gällivare | 34 106 | 42 195 | 8 089 | 23,7% |
| Göteborg-City | 714 798 | 772 669 | 57 871 | 8,1% |
| Göteborg-Landvetter | 4 129 471 | 4 899 973 | 770 502 | 18,7% |
| Hagfors | 3 392 | 2 917 | -475 | -14,0% |
| Halmstad | 93 640 | 104 755 | 11 115 | 11,9% |
| Hemavan | 10 733 | 12 099 | 1 366 | 12,7% |
| Jönköping | 73 000 | 82 805 | 9 805 | 13,4% |
| Kalmar | 166 461 | 176 877 | 10 416 | 6,3% |
| Karlstad | 83 670 | 108 893 | 25 223 | 30,1% |
| Kiruna | 199 146 | 164 142 | -35 004 | -17,6% |
| Kramfors-Sollefteå | 21 634 | 21 714 | 80 | 0,4% |
| Kristianstad | 38 394 | 39 347 | 953 | 2,5% |
| Linköping/Saab | 91 521 | 103 150 | 11 629 | 12,7% |
| Luleå/Kallax | 979 135 | 1 066 485 | 87 350 | 8,9% |
| Lycksele | 21 460 | 24 822 | 3 362 | 15,7% |
| Malmö Airport | 1 597 164 | 1 944 887 | 347 723 | 21,8% |
| Mora/Siljan | 8 144 | 9 565 | 1 421 | 17,4% |
| Norrköping/Kungsängen | 115 660 | 114 088 | -1 572 | -1,4% |
| Oskarshamn | 11 742 | 12 706 | 964 | 8,2% |
| Pajala/Ylläs | 2 651 | 3 333 | 682 | 25,7% |
| Ronneby | 208 790 | 227 497 | 18 707 | 9,0% |
| Skellefteå | 224 477 | 277 956 | 53 479 | 23,8% |
| Stockholm/Arlanda | 16 948 129 | 19 056 143 | 2 108 014 | 12,4% |
| Stockholm/Bromma | 2 037 388 | 2 181 064 | 143 676 | 7,1% |
| Stockholm/Skavsta | 2 507 772 | 2 581 639 | 73 867 | 2,9% |
| Stockholm/Västerås | 150 793 | 150 190 | -603 | -0,4% |
| Sundsvall/Härnösand | 256 132 | 282 245 | 26 113 | 10,2% |
| Sveg | 5 697 | 5 063 | -634 | -11,1% |
| Torsby | 2 955 | 2 614 | -341 | -11,5% |
| Trollhättan-Vänersborg | 39 603 | 43 488 | 3 885 | 9,8% |
| Umeå | 846 083 | 956 046 | 109 963 | 13,0% |
| Vilhelmina | 13 908 | 14 997 | 1 089 | 7,8% |
| Visby | 308 119 | 340 599 | 32 480 | 10,5% |
| Växjö/Kronoberg | 162 875 | 180 640 | 17 765 | 10,9% |
| Åre Östersund | 356 093 | 377 795 | 21 702 | 6,1% |
| Ängelholm | 376 234 | 396 757 | 20 523 | 5,5% |
| Örebro | 68 517 | 82 904 | 14 387 | 21,0% |
| Örnsköldsvik | 86 283 | 90 885 | 4 602 | 5,3% |

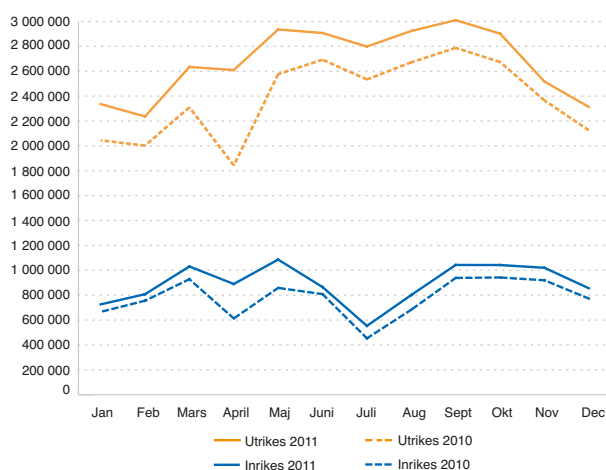
Antalet passagerare i linje- och chartertrafik 2010 och 2011 på svenska flygplatser



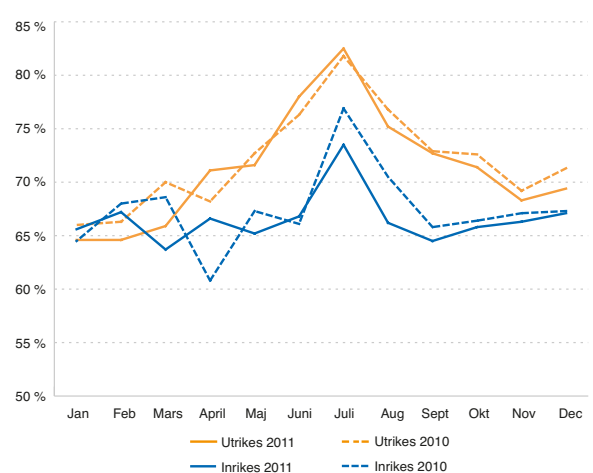
Antalet landningar (endast passagerarflygningar) i linje- och chartertrafik 2010 och 2011 på svenska flygplatser



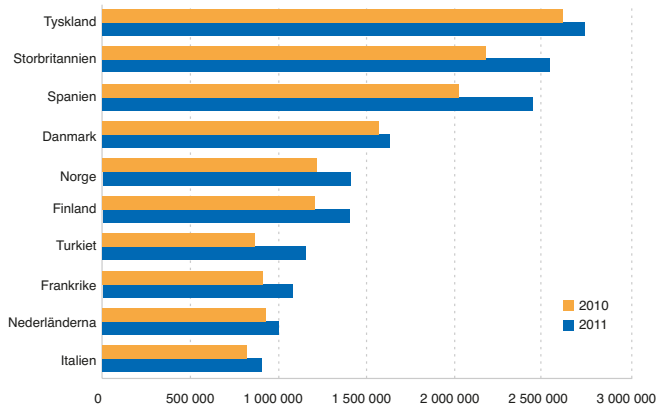
Antalet utbudna flygplanstolar i linje- och chartertrafik 2010 och 2011 på svenska flygplatser



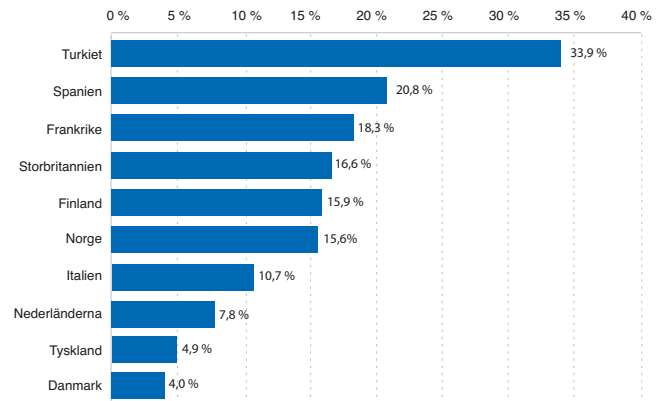
Kabinfaktorns utveckling i linje- och chartertrafiken 2010 och 2011



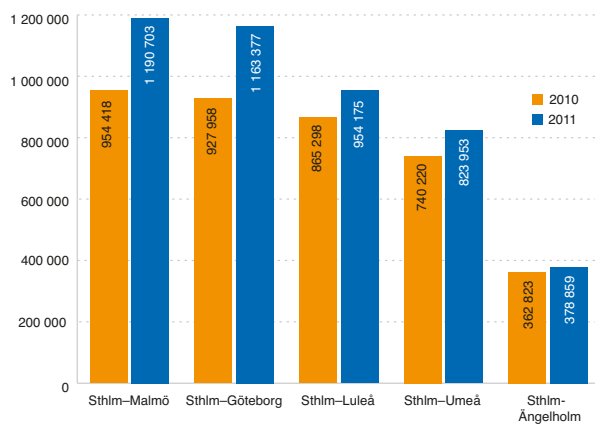
Antalet ankommande och avresande passagerare till/från de tio största länderna (första destination) 2010 och 2011



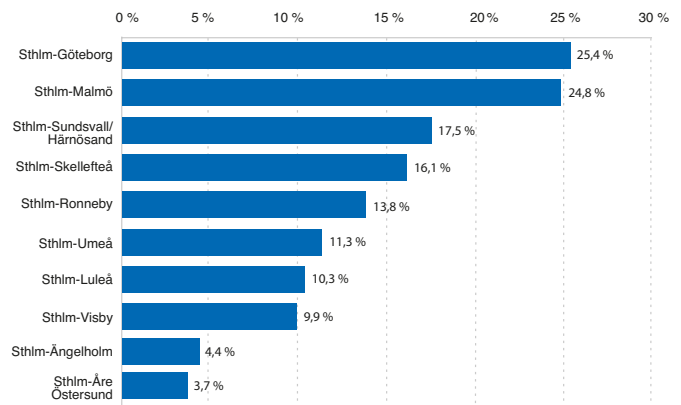
Relativ förändring för de passagerarmässigt tio största länderna (första destination) 2011



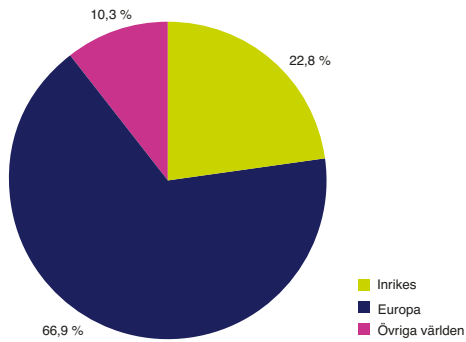
Antal passagerare på de fem största inrikes sträckorna under 2010 och 2011



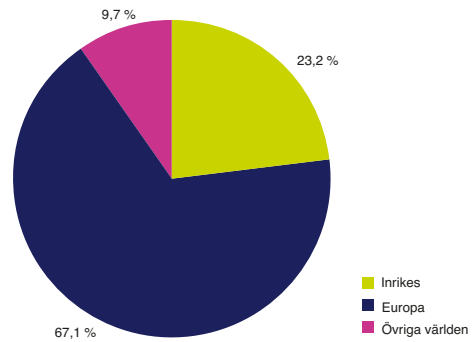
Relativ förändring på de tio passagerarmässigt största inrikessträckorna under 2011



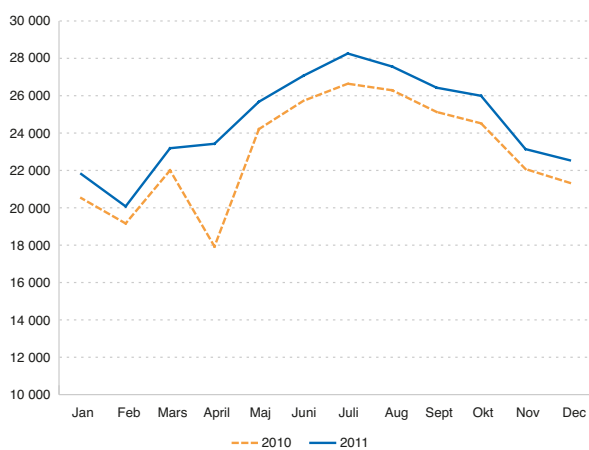
Passagerarnas fördelning efter region 2010 (första destination)



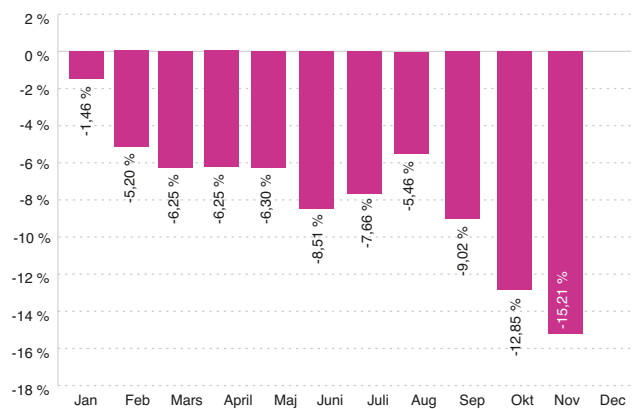
Passagerarnas fördelning efter region 2011 (första destination)



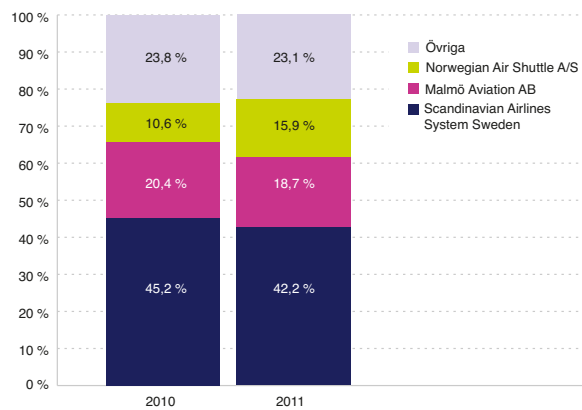
Antalet överflygningar i kontrollerat luftrum 2010 och 2011



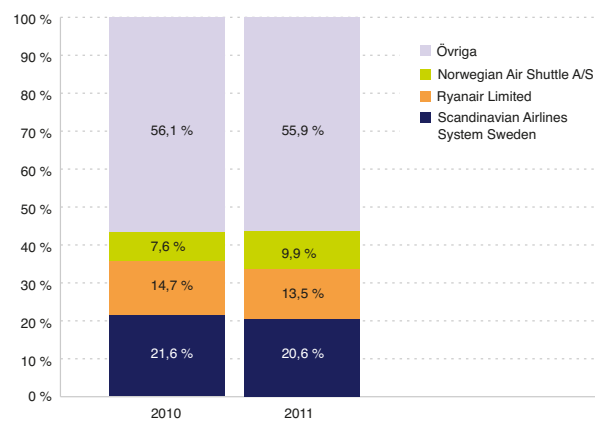
Biljettprisförändring realt i inrikestrafik per månad 2011 (jämförelse med samma månad föregående år)



Marknadsandelar i inrikes trafik helår. Avser 2010 och 2011.



Marknadsandelar i utrikes trafik helår. Avser 2010 och 2011.



FLYGTENDENSER – tidigare publikationer

1/2007 Tema: Lågkostnadsbolag
2/2007 Tema: Liberalisering och konkurrens
3/2007 Tema: Morgondagens flygplatssystem
4/2007 Tema: Miljö
2007 Flygsäkerhetstendenser (specialnummer till branschdagarna)

1/2008 Tema: Inrikesflyg
2/2008 Tema: Utrikesflyg
3/2008 Tema: Krisberedskap
4/2008 Tema: Allmänflyg

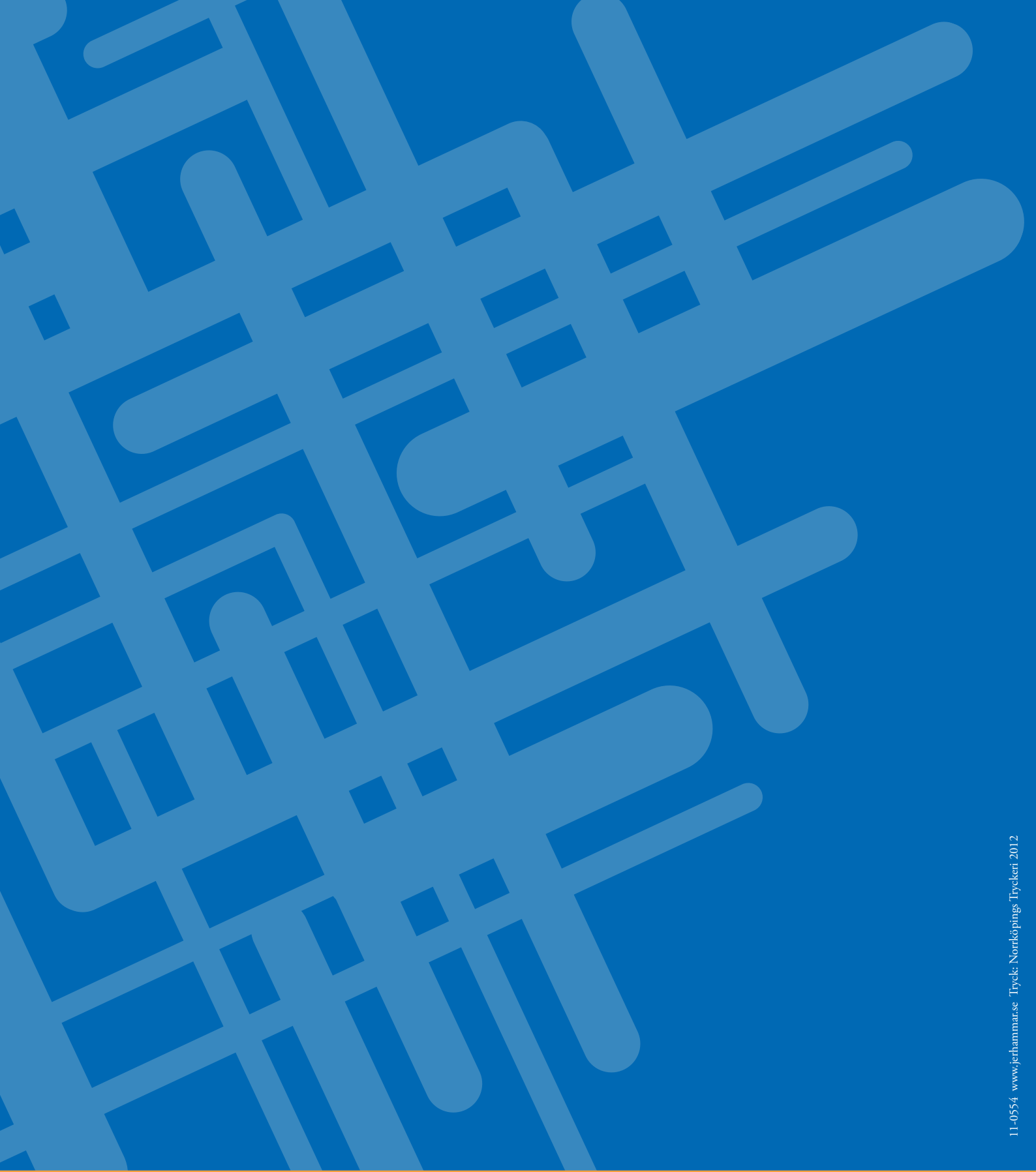
01/2009 Tema: Finanskris
02/2009 Tema: Inrikesflygets framtid
03/2009 Tema: Säkerhetskultur
04/2009 Tema: Fraktflyg
2009 Aviation Trends (engelsk utgåva)
2009 EU-special (specialnummer inför EU-ordförandeskapet)

01/2010 Tema: Luftfartens kostnader
02/2010 Tema: Svenskt flyg 100 år
03/2010 Tema: ICAO
04/2010 Tema: Bruksflyg
2010 Aviation Trends (engelsk utgåva)

01/2011 Tema: Flygsäkerhet

Du hittar publikationerna på:

<http://www.transportstyrelsen.se/sv/Publikationer/Luftfart/Flygtendenser>



 **TRANSPORTSTYRELSEN**

Transportstyrelsen. 601 73 Norrköping
www.transportstyrelsen.se