



Tutkintaselostus

C 3/2002 L

Tutkaporrastusminimin alittuminen Helsingin lähestymis- alueella 17.1.2002

HA-LMD Fokker F28 Mk0070

FF-3 Fokker F27-400M

Kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimuksen liitteen 13 (Annex 13) kohdan 3.1 mukaan ilmailuonnettomuuden ja sen vaaratilanteen tutkinnan tarkoituksena on onnettomuuksien ennaltaehkäiseminen. Ilmailuonnettomuuden tutkinnan ja tutkintaselostuksen tarkoituksena ei ole käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tämä perussääntö on ilmaistu myös onnettomuuksien tutkinnasta annetussa laissa (373/85) sekä Euroopan Unionin neuvoston direktiivissä 94/56/EY. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

TIIVISTELMÄ

Torstaina 17.1.2002 klo 14.18 UTC tapahtui Helsingin lähestymisalueella vaaratilanne, kun aika-
taulunmukaisella reittilennolla Budapestistä Helsinkiin ollut unkarilaisen Malev-lentoyhtiön käyt-
tämä Fokker F28 Mk 0070, kutsumerkiltään MAH742 ja Jyväskylästä Helsinkiin matkalla ollut
Suomen ilmavoimien käyttämä Fokker F27-400M, kutsumerkiltään C21, ohittivat toisensa noin
1,85 merimailin (NM) etäisyydeltä alittaen viranomaisen määräämän tutkaporrastusminimin. Por-
rastusminimi alittui, koska MAH742 ei aloittanut aluesuunnistusmenetelmän mukaista ennako-
kaarta ennen reittipistettä HK707, kun se lensi tuloksetyksessä annettua Helsinki-Vantaan Por-
voo 1C -RNAV-transitioreittiä. MAH742:ssä oli 22 matkustajaa ja viiden hengen miehistö.
C21:ssä oli 21 matkustajaa ja kolmen hengen miehistö. Onnettomuustutkintakeskus asetti
29.1.2002 virkamiestutkinnan tapahtuman selvittämiseksi. Puheenjohtajaksi nimettiin tutkija Vesa
Palm ja jäseneksi tutkija Ari Huhtala. Lentotoiminnan asiantuntijoiksi kutsuttiin liikennelentäjät
Lauri Laine ja Pauli Perttula. Unkarin onnettomuustutkintaviranomainen ei nimennyt valtuutettua
edustajaa tutkintaan.

MAH742 oli selvitetty RNAV-transitioon kiitotielle 15 ja laskeutumaan 2000 jalkaan. C21 oli tutka-
vektoroinnissa ohjaussuunnalla 230° ja ilmoitti säilyttävänsä 4000 jalan lentokorkeuden. MAH742
näki yhteentörmäysvaarasta ilmassa varoittavan järjestelmän (TCAS) avulla risteävällä lentora-
dalla lentävän C21:n lähes samalla lentokorkeudella. Kun lennonjohto havaitsi, että MAH742 ei
aloittanut menetelmän mukaista kaarta Porvoo 1C -transitiossa ennen reittipistettä HK707, se
käski MAH742:n kaartamaan vasemmalle ohjaussuuntaan 220° ja C21:n kaartamaan oikealle
ohjaussuuntaan 330°. Kolmen merimailin tutkaporrastusminimi alittui tässä tilanteessa.

Tutkinnassa käytettävissä olleen aineiston perusteella MAH742:n ilma-aluksen järjestelmissä ei
havaittu vikoja. Ilmailulaitoksen Helsinki-Vantaan RNAV-transitiomenetelmät suunniteltiin P-
RNAV-perusteisiksi, mutta menettelytavat toteutuksen sekä julkaisutoiminnan osalta eivät vas-
tanneet tapahtumahetkellä voimassa ollutta EUROCONTROL:n ohjeistusta. MAH742 ja useat
muutkin ilma-alukset lensivät Helsinki-Vantaan tarkkuusaluesuunnistusmenetelmiä (P-RNAV)
perusaluesuunnistuslaittein ja -hyväksynnöin (B-RNAV). Myös ohjaamomiehistön ja lennonjohta-
jien toiminnassa ilmeni lieviä puutteita.

Tutkaporrastusminimin alittumisen syynä oli, että MAH742 ei seurannut tuloksetyksessä annet-
tua Helsinki-Vantaan PVO 1C -transitioreittiä. Ilma-alus ei aloittanut ennakkokaarta ennen reitti-
pistettä HK707. Syytä tähän ei pystytty varmuudella selvittämään. Teknillisen vian tai miehistön
virhetoiminnan mahdollisuutta ei voitu täysin sulkea pois. Myötävaikuttavana tekijänä oli se, että
Ilma-aluksen päällikkö ei luopunut lennonhallintajärjestelmän sivuttaissuunnistustoiminnasta eikä
siirtynyt automaattiohjauksen ohjaussuuntatoimintoon tai siirtynyt manuaaliohjaukseen ja pyytä-
nyt tutkavektorointia tilanteessa, jossa hän näki transitioreitin ohjaamon karttanäytöllä suorakai-
teen muotoisena ilman ennakkokaartoreititystä. Lisäksi tapahtumien kulkuun on saattanut vaikut-
taa se, että aluesuunnistusmenetelmän taso tai laitevaatimukset eivät olleet selkeästi tunnistetta-
vissa Helsinki-Vantaan RNAV-transitiokartoista. Jos menetelmä olisi ollut tunnistettavissa, kuten
EUROCONTROL:n ohjeistus edellyttää, MAH742N miehistö olisi voinut havaita, ettei heillä olisi
ollut kelpuutustensa puitteissa mahdollisuutta noudattaa annettua RNAV-transitioselvitystä. Len-
nonjohto ei myöskään valvonut suunnittelemansa korkeusporrastuksen toteutumista MAH742 ja



ilmavoimien C21:n välillä ennen tutkaporrastusminimin alittumista. Jos korkeusporrastus olisi toteutunut suunnitellulla tavalla, vaaratilanteelta olisi todennäköisesti välttytty.

Tutkijat esittävät turvallisuussuosituksissaan, että Ilmailulaitoksen lennonvarmistusosaston ja Lentoturvallisuushallinnon toimivien organisaatioiden sekä Ilmailulaitoksen liikelaitoksen ja Lentoturvallisuushallinnon laadunvarmistusjärjestelmien tulisi kehittää toimintoja varmentavia mekanismejaan, joiden avulla esimerkiksi lentomenetelmien suunnittelussa ja toteutuksessa esiintyvät puutteet voidaan havaita varmemmin ja puuttua niihin riittävän ajoissa. Lisäksi lennonvarmistusosaston tulee varmistaa, että ilmailukennepalveluyksiköillä on joka hetki käytettävissään riittävän kattavat lentosuunnitelmatiedot. Unkarin Ilmailuviranomaisen tulee vaatia Malev-lentoyhtiötä lisäämään lentotoimintakäsikirjan osaan A (Flight Operations Manual, Part A, FOM-A) menettelytavat lennonrekisteröintilaitteen ja ohjaamoäänittimen tallenteiden käsittelyn osalta kuten niistä on määrätty JAA:n JAR-OPS 1:ssä. Tämän lisäksi Malev-lentoyhtiön tulee vaatia ohjaamomiehistöltään mahdollisimman tarkkaa raportointia erityisesti RNAV-toiminnassa ilma-alusten lennonhallintajärjestelmässä ilmenneistä vioista tai toimintahäiriöistä sekä välittää saamansa havainnot laitevalmistajille ja lentomenetelmien suunnittelijoille.

EUROCONTROL:n julkaiseman ilmailukenteen hallinnassa esiintyvien turvallisuustapahtumien vakavuusluokitteluoheen (ESARR 2 Guidance to ATM Safety Regulators, EAM 2/GUI 1, Severity Classification Scheme for Safety Occurrences in ATM, Edition 1.0, edition date 12-11-1999) mukaan vaaratilanne luokitellaan luokkaan A3.



SUMMARY

An air traffic incident occurred within Helsinki Terminal Control Area (TMA) on Thursday 17 January 2002 at 14.18 UTC, when a Fokker F28 Mk 0070 aeroplane, call sign MAH742, which was operated by the Hungarian Malev Airlines on a scheduled passenger flight from Budapest to Helsinki, and a Fokker F27-400M aeroplane, call sign C21, operated by the Finnish Air Force on a flight from Jyväskylä to Helsinki, passed each other with a distance of about 1.85 nautical miles (NM) violating the radar separation minima required by the authority. The separation minima was violated because MAH742 did not initiate an anticipation turn before waypoint HK707 in accordance with the area navigation (RNAV) procedure, while flying the Porvoo 1C RNAV transition route for Helsinki-Vantaa airport as specified in its arrival clearance. MAH742 had 22 passengers and five crew members on board. C21 had 21 passengers and a crew of three. The Accident Investigation Board, Finland, initiated an official investigation of the incident on 29 January 2002. Vesa Palm was appointed as investigator-in-charge, and Ari Huhtala as a member of the investigation commission. Airline transport pilots Lauri Laine and Pauli Perttula were also invited as experts on flight operations. The Hungarian accident investigation authority did not appoint an accredited representative for the investigation.

MAH742 had been cleared for RNAV transition to runway 15 and to descend to 2000 feet. C21 was being radar vectored on heading 230° and reported maintaining the altitude of 4000 feet. The Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS) of MAH742 indicated C21 flying on an intersecting track almost at the same altitude. When the air traffic controller noticed that MAH742 did not initiate a turn before waypoint HK707 as required by the Porvoo 1C transition procedure, he told MAH742 to turn left to heading 220° and C21 to turn right to heading 330°. The required radar separation minima of three nautical miles was lost in this situation.

The material available for investigation revealed no malfunctions in the systems of MAH742. On the other hand, the RNAV transition procedures for Helsinki-Vantaa were designed by the Finnish Civil Aviation Administration (FCAA) to be based on Precision Area Navigation (P-RNAV), but the methods used in their implementation and publication were not in accordance with EUROCONTROL rules effective at the time of the incident. MAH742 and several other aircraft were flying the P-RNAV procedures of Helsinki-Vantaa with equipment and approvals valid only for Basic Area Navigation (B-RNAV). The investigation revealed also minor deficiencies both in cockpit crew and air traffic controllers operations.

The reason for the infringement of radar separation minima was that MAH742 did not follow the Helsinki-Vantaa PVO 1C transition route as given in its arrival clearance. The aircraft did not initiate an anticipation turn before waypoint HK707. The exact cause of the incident could not be determined with certainty in the investigation. A technical malfunction or crew error could not be fully excluded. A contributing factor was that the pilot-in-command did not abort the lateral navigation conducted by the Flight Management System (FMS) and change into HEADING mode of the autopilot, or change into manual control and request radar vectoring, although he saw in the cockpit the transition route on the navigation display as rectangular, without anticipation turn routing. Moreover, the level of and device requirements for the RNAV procedure were not clearly indicated on Helsinki-Vantaa transition charts, which may also have affected the sequence of events. If the procedure had been easily identifiable, as required by EUROCONTROL instruc-



tions, the crew of MAH742 could have noticed that they were not appropriately certified to comply with the RNAV transition clearance given. In addition, the air traffic control did not monitor that the planned vertical separation was achieved between MAH742 and the Air Force C21 either. If the vertical separation had been achieved as planned, the incident would probably have been avoided.

As a result of the investigation, the investigators recommends that the current organizations of the FCAA Air Navigation Services Department and Flight Safety Authority, as well as the quality assurance systems of both the FCAA public utility company and Flight Safety Authority, should develop the mechanisms for safeguarding their operations so that e.g. any deficiencies in the design and implementation of navigation procedures could be detected more certainly and corrected in time. Furthermore, the Air Navigation Services Department shall ensure that air traffic services units always have adequate flight plan data at their disposal. The Hungarian CAA shall require Malev Airlines to revise the Flight Operations Manual, Part A (FOM-A) to contain procedures for the handling of FDR and CVR recordings as specified in the JAA requirement JAR-OPS 1. In addition, Malev Airlines shall require their cockpit crews to report as precisely as possible any faults and malfunctions detected especially in aircraft FMS in RNAV operations, as well as to inform flight safety authority and manufacturers of equipment of their observations.

According to EUROCONTROL guidance material (ESARR 2 Guidance to ATM Safety Regulators, EAM 2/GUI 1, Severity Classification Scheme for Safety Occurrences in ATM, Edition 1.0, edition date 12-11-1999) this incident is classified as A3.



SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
SUMMARY	5
KÄYTETYT LYHENTEET	9
1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET	13
1.1 Vaaratilanelento	13
1.2 Henkilöstö	16
1.2.1 Lennonjohdon henkilöstö	16
1.2.2 Ilma-aluksen henkilöstö	17
1.3 Ilma-alus	18
1.4 Sää	19
1.5 Suunnistuslaitteet	19
1.6 Radiopuhelin- ja puhelinyhteydet	20
1.7 Vaaratilannepaikka	20
1.8 Lennonrekisteröintilaitteet	20
1.9 Lääketieteelliset tutkimukset	21
1.10 Yksityiskohtaiset tutkimukset	21
1.10.1 Aluesuunnistus (Area Navigation, RNAV)	21
1.10.2 RNAV-transitioiden suunnitteluperusteet	24
1.10.3 RNAV-toimintaa koskevat ilmailutiedotuspalvelun julkaisut	27
1.10.4 RNAV-transitioiden toteutus Helsinki-Vantaalle	29
1.10.5 Lentosuunnitelmatiedot ja APP-lennonjohdon työskentelyohjeet	34
1.10.6 B- ja P-RNAV-menetelmien toimintaan ja käyttöön liittyvät vaatimukset	35
1.10.7 HA-LMD:n FMS-järjestelmä	36
1.10.8 Simulaattorijäljittelylento	39
1.10.9 FMS-laitteiden erikoistutkimukset	40
1.11 Organisaatiot ja johtaminen	41
1.11.1 Ilmailulaitos	41
1.11.2 Lentoyhtiö Malev Plc.	45
1.12 Onnettomuusuhan havaitseminen	47
2 ANALYYSI	49
2.1 RNAV-menetelmien perusteet, suunnittelu ja toteutus	49
2.1.1 Turvallisuustarkastelun vaara-analyysi	49
2.1.2 Selvitystyö Helsinki-Vantaalle liikennöivien ilma-alusten P-RNAV-toimintakyvystä	50
2.1.3 RNAV-transitioiden hyväksyminen	50



2.2	RNAV-toiminnan lentokelpoisuushyväksyntä ja toimilupa.....	51
2.3	Lentosuunnitelma.....	52
2.4	Lennonjohdon toiminta.....	53
2.5	Mahdollinen ohjaamomiehistön virhetoiminta tai laitevika.....	54
2.5.1	Ohjaamomiehistö	54
2.5.2	Lennonhallintajärjestelmä	55
2.6	Tutkinnan turvaaminen	56
3	JOHTOPÄÄTÖKSET	57
3.1	Toteamukset	57
3.2	Vaaratilanteen syy.....	59
4	TURVALLISUUSUOSITUKSET	61
	LÄHDELUETTELO	63
Liite 1	Ilmailulaitoksen Lentoturvallisuushallinnon lausunto 11.8.2003, Dnro 3/02/02.....	65
Liite 2	Ilmailulaitoksen Lennonvarmistusosaston lausunto 28.8.2003, Dnro 36/51/02.....	67
Liite 3	Unkarin Siviili Ilmailuviranomaisen lausunto 1.9.2003, Letter No 510338/2/2003	69



KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Englanniksi	Suomeksi
ACC	Area Control Center or Area Control	Aluelennonjohtokeskus tai aluelennonjohto
AFCAS	Automatic Flight Control and Augmentation System	Automaattinen lentotilan hallintajärjestelmä
AIC	Aeronautical Information Circular	Ilmailutiedotus
AIP	Aeronautical Information Publication	Ilmailukäsikirja
AIRAC	Aeronautical Information Regulation and Control	Ilmailutiedotusten säätely ja valvonta
AIS	Aeronautical Information Services	Ilmailutiedotuspalvelu
ANNEX	Annex to the convention on international civil aviation	Kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimuksen liite
AOC	Air Operator Certificate	Ansiolentolupa
AP	Autopilot	Automaattiohjaus
APP	Approach Control Office	Lähestymislennonjohto
ARR	Arrival Air Traffic Control	Tulotutkalennonjohto
AT	Autothrottle	Automaattinen tehonsäätö
ATIS	Automatic Terminal Information Service	Lähestymisalueen automaattinen tiedotuspalvelu
ATM	Air Traffic Management	Ilmaliikenteen hallinta
ATS	Air Traffic Services	Ilmaliikennepalvelu
BKN	Broken (clouds 5-7/8)	Melkein pilvistä (pilvisyys 5-7/8)
B-RNAV	Basic Area Navigation	Perusaluesuunnistus
°C	Degrees Celsius (Centigrade)	Celsius-astetta
CDU	Control and Display Unit	Hallinta- ja näyttölaite
DA/H	Decision Altitude/Height	Ratkaisukorkeus keskimääräisestä merenpinnasta tai määrättyinä kiitotien kynnyksen vertailutasosta
DCVR	Digital Cockpit Voice Recorder	Digitaalinen ohjaamoäänitin
DFDR	Digital Flight Data Recorder	Digitaalinen lentoarvotallennin
DIR	Direct to a Fix	Suoraan reittipisteelle
DME	Distance Measuring Equipment	Etäisyydenmittauslaite
ECAC	European Civil Aviation Conference	Euroopan siviili-ilmailukonferenssi
EFES	Area Control Center, South Finland	Etelä-Suomen Lennonvarmistuskeskus
EFHK	Helsinki Airport	Helsingin lentoasema
EFIS	Electronic Flight Instrument System	Elektroninen lennonvalvontamittaristo
EETT	Area Control Center, Tallinn	Tallinnan aluelennonjohto, Viro
FIR	Flight Information Region	Lentotiedotusalue
FD	Flight Director	Lennonohjaustoiminto ja -näyttö
FDR	Flight Data Recorder	Lentoarvotallennin
FL	Flight Level	Lentopinta
FEW	Few (clouds 1-2/8)	Vähän pilviä (pilvisyys 1-2/8)
FMC	Flight Management Computer	Lennonhallintatietokone
FMP	Flight Mode Panel	Lentotilan valintapaneeli



FMS	Flight Management System	Lennonhallintajärjestelmä
FOM	Flight Operations Manual, Malev	Lentotoimintakäsikirja, Malev
FPL	Filed Flight Plan	Esitetty lentosuunnitelma
FT	Feet (dimensional unit)	Jalka (mittayksikkö)
FT/MIN	Feet per minute(s)	Jalkaa minuutissa
GEN	Aviation Regulations, Part General	Ilmailumääräykset, Osa yleinen
GNSS	Global Navigation Satellite System	Maailmanlaajuinen satelliittisuunnistusjärjestelmä
GPS	Global Positioning System	Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä
H	Hour	Tunti
HCAA	Hungarian Civil Aviation Authority	Unkarin Ilmailuviranomainen
HPA	Hecto Pascal	Hehtopascal
IAS	Indicated Airspeed	Mittarinopeus
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö
ILL	Finnish Civil Aviation Authority, FCAA	Suomen Ilmailulaitos
ILS	Instrument Landing System	Mittarilaskeutumisjärjestelmä
INS	Inertial Navigation System	Inertiasuunnistusjärjestelmä
IRS	Inertial Reference System	Inertiapaikannusjärjestelmä
JAA	Joint Aviation Authorities	Euroopan ilmailuviranomaisten yhteistyöelin
JAR	Joint Aviation Requirements	Yhteiseurooppalaiset ilmailumääräykset
KG	Kilogram	Kilogramma
KM	Kilometer(s)	Kilometri(ä)
KT	Knot(s)	Solmu(a)
LLC	Limited Liability Company	Kommandiittiyhtiö
LPOM	Working Orders or Directives of Chief of Helsinki ATC	Helsingin Lennonjohdon päällikön toimintaohje tai määräys
M	Meter(s)	Metri(ä)
MDA	Minimum Descent Altitude (MSL)	Minimilaskeutumiskorkeus keskimääräisestä merenpinnasta (MSL)
MDH	Minimum Descent Height	Minimilaskeutumiskorkeus tietyistä tasosta
MFDU	Multifunction Display Unit	Monitoiminäyttölaite
MK	Mark	Malli
MHz	Megahertz	Megahertsi
MIN	Minute(s)	Minuutti(a)
MSG	Message	Sanoma
MSSR	Mono Pulse Secondary Surveillance Radar	Monopulssitoisiovalvontatutka
NAV	Lateral Navigation	Sivuttaissuunnistus
ND	Navigation Display	Suunnistusnäyttö
NDB	Navigation Data Base	Suunnistustietojen tietokanta
NM	Nautical Mile	Merimaili
OPS	Flight Operations	Lentotoiminta
OM-A	Operations Manual, Part A, General instructions	Toimintakäsikirja, Osa A, Yleiset ohjeet



OM-B	Operations Manual, Part B, Aircraft Type Related instructions	Toimintakäsikirja, Osa B, Konetyyppikohtaiset ohjeet
OM-C	Operations Manual, Part C, Route Manual	Toimintakäsikirja, Osa C, Reittikäsikirja
PF	Pilot Flying	Ohjaava ohjaaja
PFD	Primary Flight Display	Perusmittarinäyttö
PLC	Public Limited Company	Julkishallinnollinen yhtiö
PNF	Pilot Not Flying	Ei-ohjaava ohjaaja
PPL(A)	Private Pilot License (Aeroplanes)	Yksityislentäjän lupakirja (Lentokoneet)
P-RNAV	Precision Area Navigation	Tarkkuusalue suunnistus
PROF	Vertical Navigation	Korkeussuuntainen suunnistus
PVO	Porvoo	Porvoo
QNH	Altimeter sub-scale setting to obtain elevation from the mean sea level	Korkeusmittariasetus, jolla saadaan korkeustaso keskimääräisestä merenpinnasta
RA	Resolution Advisory	Toimintaohje
RAIM	GPS Receiver Autonomous Integrity Monitoring	GPS –järjestelmän toiminnan tarkkuuden itsenäisen valvonta
RNAV	Area Navigation	Aluesuunnistus
RNP	Required Navigation Performance	Vaadittu suunnistustarkkuus
RPL	Repetitive Flight Plan	Toistuvaislentosuunnitelma
SID	Standard Instrument Departure	Vakiolähtöreitti
STAR	Standard Instrument Arrival	Vakiotuloreitti
TA	Traffic Advisory	Liikennetiedote
TAR	Terminal Area Surveillance Radar	Lähestymisalue tutka
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System	Yhteentörmäysvaarasta ilmassa varoittava järjestelmä
TGL	Temporary Guidance Leaflet (JAA)	Tilapäinen ohjelehtinen (JAA)
TMA	Terminal Control Area	Lähestymisalue
TWR	Aerodrome Control Tower	Lähilennonjohto
UTC	Coordinated Universal Time	Koordinoitu maailmanaika
VHF	Very High Frequency (30-300 MHz)	Hyvin suuret taajuudet (30-300 MHz)
VOR	VHF Omni-directional Radio Range	VHF-monisuuntamajakka
WGS84	World Geodetic System (1984)	Maailmanlaajuinen geodeettinen järjestelmä (1984)



1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET

1.1 Vaaratilanelento

Tutkintaselostuksessa on käytetty koordinoitua maailmanaikaa (Universal Time Coordinated, UTC, tapahtuma-ajankohtana Suomen aika -2 h).

MAH742:n miehistön työpäivä alkoi 17.1.2002 noin klo 05.30. He lensivät silloin ensimmäisen lentonsa Budapestistä Frankfurtiin aamulla alkaen klo 06.40. Lennon kesto oli kaksi tuntia. Takaisin Budapestiin he tulivat aikataulun mukaan klo 11.10.

Malevin lento MAH742 lähti Fokker 70 (Fokker F28 Mk0070) -suihkumatkustajakoneella (HA-LMD) Budapest-Ferihegystä klo 12.10 aikataulun mukaiselle reittilennolle Helsinki-Vantaalle, jonne se laskeutui klo 14.22. Toistuvaislentosuunnitelman (Repetitive Flight Plan, RPL) mukainen reitti kulki Budapestistä Krakovan (Puola), Suwalkin (Puola), Sialian (Liettua), Riikan (Latvia) ja Tallinnan (Viro) yli Helsinkiin. Ilma-aluksen päällikkö toimi lennolla ohjaavana ohjaajana (Pilot Flying, PF). Perämies toimi ei-ohjaavana ohjaajana (Pilot Not Flying, PNF) ja vastasi lennolla muun muassa radiopuhelinliikenteen hoidosta.

MAH742 saapui Tallinnan lentotiedotusalueelle (Flight Information Region, FIR) klo 13.38. Tallinnan aluelennonjohto (EETT) selvitti MAH742:n lentämään suoraan ilmoittautumispaikalle BALTI ja laskeutumaan lentopinnalta (Flight Level, FL) 350 alaspäin FL 130:lle. Koneen ohjaamomiehistö sai tiedon EETT:ltä, että Helsinki-Vantaalla on laskeutumista varten käytössä kiitotie 15. Noin 10 merimailia (Nautical Miles, NM) ennen BALTI:a Tallinnan aluelennonjohto siirsi MAH742:n lennonjohtovastuun ja radioyhteyden Helsinki-Vantaan lähestymislennonjohdolle.

Helsinki-Vantaan lähestymislennonjohdossa oli miehitettynä lähestymistutkalennonjohdon (APP) ja tulotutkalennonjohdon (ARR) työpisteet. Lennonjohtajien työvuoro oli alkanut vuorolistan mukaisesti klo 13.45. ARR-lennonjohtajan (Arrival Radar Controller, ARR) vuorossa työskentelivät vastaava tutkalennonjohtaja ja tutkakelpuutusharjoittelua suorittava lennonjohtaja. Harjoittelija työskenteli kouluttajaksi nimetyn vastaavan lennonjohtajan valvonnassa. Lennonjohtajat valmistautuivat vuoroonsa lennonjohdossa vallinneen käytännön mukaisesti. APP- ja ARR-lennonjohtajan välinen työskentely oli voimassa olleen yhteistoimintasopimuksen mukaista.

MAH742 ilmoitettiin lähestymistutkalennonjohtajalle (Approach Radar Controller, APP) juuri ohitettuaan BALTI:n klo 14.08 ja kertoi olevansa liu'ussa FL 130:lle sekä kuunnelleensa Helsinki-Vantaan lentoaseman lähestymisalueen automaattisen tiedotuspalvelun (Automatic Traffic Information Service, ATIS) lähetyksen "Quebec". Ohjaamomiehistö käytti suunnistukseen Jeppesen Sanderson Inc:n reittikäsikirjan karttaa "HELSINKI, FINLAND Vantaa, 22 JUN 01, sivu 10-2E", jossa oli kuvattuna kiitotien 15 lyhyt transiitoreitti PVO 1C ja pitkä transiitoreitti PVO 1D.

APP-lennonjohtaja ilmoitti MAH742:lle tutkayhteydestä ja selvitti tämän seuraamaan PORVOO 1C -transitioreittiä suoraan reittipisteelle HK710 sekä antoi MAH742:lle luvan laskeutua 5000 jalkaan (feet, FT) ilmanpaineasetuksella 1009 hehtopascalialla (hPa) keskimääräisestä merenpinnasta (QNH). Lennonjohtaja oikaisi MAH742:n lentoreittiä noin 11 NM ja käski klo 14.10 tämän pitää yllä suurta lentonopeutta. MAH742 hyväksyi saamansa selvitykset. Ilma-aluksella oli tuolloin laskeutumiseen kuljettavaa matkaa noin 51 NM.

Ilmavoimien Fokker 27 (Fokker F27-400M) -potkuriturbiinikone, kutsumerkillä C21, lähti kuljetuslennolle Jyväskylästä Helsinki-Vantaalle klo 13.45. C21 otti yhteyden klo 14.10 Helsingin APP:n liukuessaan alaspäin läpi FL 109 selvityskorkeuteen FL 100. APP-lennonjohtaja ilmoitti saaneensa C21:een tutkayhteyden ja antoi sille tulokset selvityksen lentää ohjaussuuntaan 220° ja luvan laskeutua FL 80:lle. Tämän lisäksi ohjaamomiehistö sai tiedon tutkavektoroinnista vasemman kautta Helsinki-Vantaan kiitotielle 15 ja että heillä oli kuljettavaa matkaa 41 NM. Hieman myöhemmin klo 14.11 APP-lennonjohtaja käski C21:n jatkaa laskeutumistaan 5000 jalkaan QNH:lla 1009 hPa. C21 luki takaisin saamansa selvitykset. Vaikka C21:llä oli tuolloin noin 9 NM vähemmän kuljettavaa matkaa MAH742:n nähden, APP-lennonjohtaja päätti ottaa MAH742:n lähestymään ensin kiitotietä 15 tämän suuremman lentonopeuden ja muodostumassa olevan liikennetilanteen takia. APP-lennonjohtaja siirsi MAH742:n lennonjohtovastuun ja radioyhteyden klo 14.14 ARR-lennonjohtajalle. APP-lennonjohtaja antoi C21:lle luvan jatkaa laskeutumista 4000 jalan lentokorkeuteen ja siirsi tämän lennonjohtovastuun ja radioyhteyden ARR-lennonjohtajalle klo 14.15. ARR-lennonjohtaja oli tietoinen koneiden tulojärjestyksestä ja hyväksyi sen. APP-lennonjohtaja luovutti molemmat ilma-alukset hyvissä ajoin ARR-lennonjohtajan vastuulle.

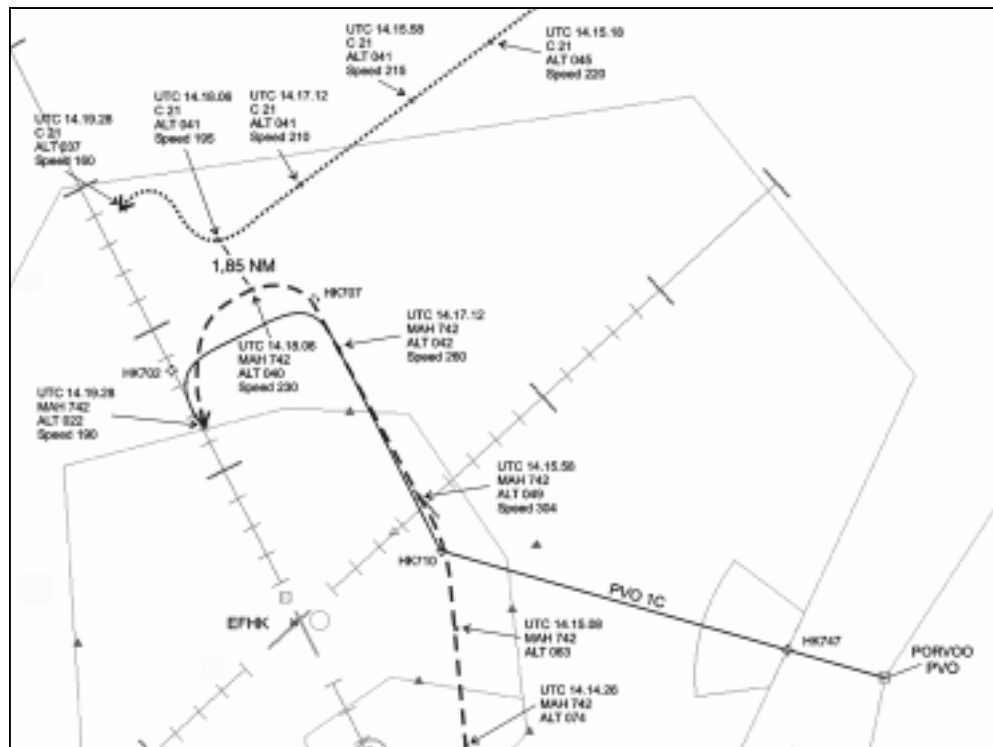
MAH742 ilmoitti ARR-lennonjohtajalle klo 14.14 läpäisevänsä 7500 jalkaa liukuessaan selvityskorkeuteen 5000 jalkaa. ARR-lennonjohtaja ilmoitti tutkayhteydestä ja antoi MAH742:lle luvan jatkaa liukuaan 3000 jalkaan ja noin minuuttia myöhemmin edelleen 2000 jalkaan. MAH742 loivensi liukua 5000 jalan alapuolella pienentääkseen nopeuttaan loppulähestymistä varten. C21 ilmoitti ARR-lennonjohtajalle klo 14.15 säilyttävänsä 4000 jalkaa ja lentävänsä ohjaussuunnalla 230°. Lennonjohtaja ilmoitti C21:lle saaneensa siihen tutkayhteyden. ARR-lennonjohtaja ja lennonjohtoharjoittelija tiedostivat muodostumassa olleen liikennetilanteen MAH742:n ja C21:n välillä.

ARR-lennonjohtaja selvitti klo 14.16.09 MAH742:n ILS-lähestymiseen kiitotielle 15 ja pyysi sitä ilmoittamaan, kun ilma-alus on ILS:n suuntasäteessä. MAH742 ilmoitti lennonjohtajalle klo 14.17.07: *"Malev 742, we have traffic information 5 miles ahead, below 100 feet."* Miehistö ilmoitti liikenteestä, joka oli 5 NM heidän edessään ja 100 jalkaa heidän alapuolellaan. He saivat tämän tiedon ilma-aluksen yhteentörmäysvaarasta ilmassa varoittavasta järjestelmästä (Traffic Alert and Collision Avoidance System, TCAS). Järjestelmä ei kuitenkaan antanut toisesta ilma-aluksesta liikennetiedotetta (Traffic Advisory, TA) eikä toimintaohjetta (Resolution Advisory, RA). Miehistö näki liikenteen myös omin silmin ohjaamosta ja tunnisti sen Fokker 27:ksi. Tuolloin MAH742 oli noin 3 NM kaakkoon reittipisteeltä HK707 lentäessään PVO 1C transitioreittiä. MAH742:n ilmoitettua TCAS-havainnosta ARR-lennonjohtaja vastasi ilmoitukseen korostaen, että MAH742 seuraisi PVO 1C -transitioreittiä kaartamalla vasemmalle ja selvitti ilma-aluksen toista-

miseen ILS-lähestymiseen sanomalla: *“Malev 742, follow Porvoo 1C transition, turn left and you are cleared for ILS approach.”* MAH742 luki takaisin ARR-lennonjohdon selvityksen ilmoittaen aloittavansa vasemman kaarron ja että se oli selvitetty ILS-lähestymiseen: *“Turning left and cleared ILS approach, 742.”*

Havaittuaan klo 14.17.32, että MAH742 ei aloittanut PVO 1C -transition mukaista vasenta kaartoa ennen reittipistettä HK 707, ARR-lennonjohtaja käski MAH742:n aloittaa välittömästi vasemman kaarron ohjaussuuntaan 220°. MAH742 kuittasi saamansa käskyn. Ohjaamomiehistön kertoman mukaan ilma-aluksen lennonhallintajärjestelmä (Flight Management System, FMS) aloitti kaarron perusosalle saman aikaisesti. Miehistö näki Fokker 27:n (C21) yläpuolellaan kaarron aloitushetkestä aina siihen asti, kunnes he itse liukuivat pilveen. ARR-lennonjohtaja käski klo 14.17.47 ilmavoimien C21:n kaartaa oikealle ohjaussuuntaan 330°. Tuolloin C21 säilytti 4100 jalan lentokorkeutta. Pilven yläraja oli noin 3800 jalkaa ja molemmat ilma-alukset lensivät pilven päällä näkölento-olosuhteissa. Ilma-alukset olivat lähimmillään 1,85 merimailin etäisyydellä toisistaan.

ARR-lennonjohtaja käski klo 14.18.13 MAH742:n ohjaussuunnaksi 180° ja selvitti tämän kolmannen kerran ILS-lähestymiseen kiitotielle 15. MAH742:n etäisyys kosketuskohdasta oli tuolloin 10 NM. Klo 14.18.27 ARR-lennonjohtaja käski C21:n ohjaussuunnaksi 180° ja selvitti myös tämän ILS-lähestymiseen kiitotielle 15, kun tämän etäisyys kosketuskohdasta oli 12 NM. ARR-lennonjohtaja siirsi MAH742:n lennonjohtovastuun ja radioyhteyden Helsingin lähilennonjohdolle (Tower Control, TWR) klo 14.19.53, kun ilma-alus oli 5 NM etäisyydellä kosketuskohdasta.



Kuva 1. MAH742:n ja C21:n lentoreitit

MAH742 laskeutui Helsinki-Vantaan lentoasemalle klo 14.20 ja C21 noin minuutin myöhemmin klo 14.21. Rullauslennonjohdon (Ground Control, GND) pyynnöstä molempien ilma-alusten päälliköt ottivat myöhemmin yhteyden lähestymislennonjohtoon. Tapahtumahetkellä vuorossa ollut ARR-lennonjohtaja, joka samalla toimi myös kouluttajana, selvitti heille vaaratilanteeseen johtaneet tapahtumat ja ilmoitti samalla tekevänsä tapahtuman edellyttämän vaaratilanneilmoituksen Suomen Ilmailulaitoksen Lentoturvallisuushallinnolle sekä lennonvarmistusosastolle. Lennonjohtaja kehotti MAH742:n päällikköä tekemään vastaavan ilmoituksen omalle viranomaiselleen. Päällikkö ilmoitti kuitenkin, ettei hän raportoi tapahtuneesta, koska ei saanut RA-ohjetta ilma-aluksen TCAS-järjestelmästä. Hän ilmoitti vaaratilanteesta Malevin Fokker-lentoryhmän pääohjaajalle ja hänen apulaiselleen. Päällikkö laati myöhemmin tutkijoiden pyynnöstä kirjallisen selvityksen tapahtumasta.

C21:ssä ei ollut TCAS-järjestelmää. Koneen miehistö ei saanut lennon aikana tietää tutkaporrastusminimin alittumisesta, eivätkä he raportoineet vaaratilanteesta.

1.2 Henkilöstö

1.2.1 Lennonjohdon henkilöstö

Lähestymistutkalennonjohtaja (APP)

Sukupuoli ja ikä:	Mies, 32 vuotta
Lupakirja:	Lennonjohtaja, voimassa 12.7.2003 saakka
Lennonjohtajan lääket. kelp.tod:	Voimassa 12.7.2003 saakka
Kelpuutukset:	Lähestymislennonjohto (APP), EFHK Lähestymisaluetutka (TAR), EFHK Lähilennonjohto (TWR), EFHK.

Tulotutkalennonjohtaja (ARR)

Sukupuoli ja ikä:	Mies, 34 vuotta
Lupakirja:	Lennonjohtaja, voimassa 29.1.2004 saakka
Lennonjohtajan lääket. kelp.tod:	Voimassa 29.1.2004 saakka
Kelpuutukset:	Lähestymislennonjohto (APP), EFHK Lähestymisaluetutka (TAR), EFHK Lähilennonjohto (TWR), EFHK.

Tutkalennonjohtoharjoittelija

Sukupuoli ja ikä:	Mies, 27 vuotta
Lupakirja:	Lennonjohtaja, voimassa 20.4.2003 saakka
Lennonjohtajan lääket. kelp.tod:	Voimassa 20.4.2003 saakka
Kelpuutukset:	Lähilennonjohto (TWR), EFHK.

1.2.2 Ilma-aluksen henkilöstö

MAH742:n päällikkö

Sukupuoli ja ikä: Mies, 40 vuotta
 Tehtävä lennolla: Ohjaava ohjaaja (Pilot Flying, PF)
 Lupakirjat: Liikennelentäjän lupakirja voimassa 31.3.2002 asti
 Lääketieteellinen kelpoisuustodistus: JAR-luokka 1, voimassa 30.4.2002 saakka
 Kelpuutukset: Reittitarkastuslento voimassa 1.5.2002 saakka
 Yhtiön tarkastuslento voimassa 31.3.2002 saakka
 Fokker F28 Mk 0070 kapteeni
 CAT III/B
 Tyypikoulutus: Tupolev TU-134, toukokuu 1987
 Fokker F28 Mk 0070, toukokuu 1997
 Koulutus: Reittikouluttaja
 Maa- ja kertauskoulutus voimassa 6.12.2002 saakka
 Eroavuus- ja perehdyttämiskoulutus Fokker 70 toukokuussa 1997.
 Lentokokemus:

Lentokokemus	Viimeisen 24 h aikana	Viimeisen 30 vrk aikana	Viimeisen 90 vrk aikana	Yhteensä tuntia ja laskua
Kaikilla kone-tyypeillä	10 h 09 min 5 laskua	57 h 29 laskua	149 h 81 laskua	7939 h 4892 laskua

MAH742:n perämies

Sukupuoli ja ikä: Mies, 51 vuotta
 Tehtävä lennolla: Ei-ohjaava ohjaaja (Pilot Not Flying, PNF)
 Lupakirjat: Liikennelentäjän lupakirja voimassa 31.3.2002 saakka
 Lääketieteellinen kelpoisuustodistus: JAR-luokka 1, voimassa 31.5.2002 saakka
 Kelpuutukset: Reittitarkastuslento voimassa 1.4.2002 saakka
 Yhtiön tarkastuslento voimassa 31.3.2002 saakka
 Fokker F28 Mk 0070 perämies helmikuu 1998 alkaen
 Tyypikoulutus: Tupolev TU-154, 1996
 Fokker F28 Mk 0070, helmikuu 1998



Koulutus: Maa- ja kertauskoulutus voimassa 31.5.2002 saakka
Eroavuus- ja perehdyttämiskoulutus Fokker 70, helmikuu 1997.

Lentokokemus:

Lentokokemus	Viimeisen 24 h aikana	Viimeisen 30 vrk aikana	Viimeisen 90 vrk aikana	Yhteensä tuntia ja laskua
Kaikilla kone-tyypeillä	5 h 40 min 3 laskua	31 h 21 laskua	133 h 79 laskua	8515 h 4266 laskua

C21:n miehistö

Ilma-aluksen miehistöllä oli tehtäviensä edellyttämät voimassa olevat lupakirjat ja kelpuutukset. Miehistön lupakirjatietoja ei ole käsitelty tarkemmin, koska heidän toiminnallaan ei ollut merkitystä tapahtumien kulkuun.

1.3 Ilma-alus

MAH742

Tyyppi ja malli: Fokker F28 Mk 0070, kahdella suihkumoottorilla varustettu liikennelentokone
Rekisteritunnus ja kansallisuus: HA-LMD, Unkari
Valmistaja: Fokker Factory
Omistaja: Aachen Aviation Llc.
Käyttäjä: Malev Plc.
Maksimi lentoonlähtöpaino: 38 100 kg
Sarjanumero: 11563
Käyttöönottovuosi: 1995
Ansiolentolupa: AOC n:o H-001, myönnetty 14.8.2001
RNAV-hyväksyntä: B-RNAV toiminta voimassa 30.4.2002 asti
RNP-suorituskyky: RNP5.

C21

Tyyppi ja malli: Fokker F27-400M Troopship, kahdella potkuriturbiinimoottorilla varustettu sotilaskuljetuskone
Rekisteritunnus ja kansallisuus: FF-3, Suomi
Valmistaja: Fokker Factory
Omistaja: Puolustusministeriö
Käyttäjä: Ilmavoimat



Maksimi lentoonlähtöpaino:	20 412 kg
Sarjanumero:	10662
Käyttöönottovuosi:	1984
Sotilas ilma-alusrekisteri:	457/Db/FF-3/2.2.-84
RNAV-hyväksyntä:	Ei
RNP-suorituskyky:	Ei.

1.4 Sää

Helsinki-Vantaan lentoaseman (EFHK) säätila oli klo 14.20 tehdyn säähavainnon mukaan: tuulen suunta 240° ja nopeus 8 solmua vaihteluvälillä 220-290°, näkyvyys 20 km, vähän (FEW) pilvistä alarajalla 700 jalkaa, hajanaisia (SCT) pilviä alarajalla 1000 jalkaa, melkein (BKN) pilvistä alarajalla 2000 jalkaa, lämpötila +1,6 °C sekä kastepiste +0,6 °C, suhteellinen kosteus 93 %, QNH 1009,3 hPa ja ilmanpaine lentokentän mittapisteestä (QFE) 1003,1 hPa, ajoittain (TEMPO) BKN alarajalla 900 jalkaa.

Helsinki-Vantaan lentoaseman päivystävä meteorologi päivittää matalan korkeuden tuulitiedot aina tarvittaessa, mutta kuitenkin vähintään kolmen tunnin välein. Tapahtumahetken tuulitiedot oli päivitetty klo 13.40 seuraaviksi:

Korkeus:	Suunta:	Nopeus:
FL 100	280°	15 kt
FL 50	290°	20 kt
2000 ft	280°	15 kt
1000 ft	280°	15 kt.

Ilmatieteen laitoksen Etelä-Suomen lentosääpalvelun selvityksen mukaan tapahtumahetken tuuliolosuhteet Helsinki-Vantaan lentoasemalla olivat hyvin tavanomaiset. Tuulen nopeutta FL 100 voidaan kuvata tavanomaista heikommaksi. Huomattavaa on, että 1000 jalan ja FL 100 välillä tuulen suunnassa ja nopeudessa oli vain pieniä muutoksia.

MAH742 ohjaamomiehistön kertoman mukaan heillä oli voimakas myötätuuli, jonka johdosta ilma-aluksella oli mahdollisesti suuri maanopeus.

Tutkijoiden käsityksen mukaan tuuliolosuhteilla ei ole ollut merkitystä tapahtumien kulkuun.

1.5 Suunnistuslaitteet

Helsingin lähestymisalueella (Terminal Control Area, TMA) sijaitsevat VOR/DME-asetat (VHF Omni-directional Radio Range, VOR sekä Distance Measuring Equipment, DME) ANTON (ANT), HELSINKI (HEL), VIHTI (VTI), ORIMAA (ORM) ja PORVOO (PVO).

Suomen ilmailukäsikirjan (Aeronautical Information Publication, AIP) mukaan DME/DME-toiminnassa suunnistuslaitteista tulee olla toimintakuntoisia ANT, HEL, ORM ja PVO, kun RNAV-transitioita lennetään kiitotielle 15. Menetelmäsuunnittelu ei takaa useamman kuin kahden DME:n samanaikaista toimintaa alueella. Transitioita ei saa käyttää luokan A satelliittipaikannusjärjestelmän laitteilla (Global Navigation Satellite System, GNSS).

Helsingin lähestymisalueella on kattava ensiötukan (Terminal Area Surveillance Radar, TAR) ja toisiotutkien (Monopulse Secondary Surveillance Radar, MSSR) peitto lennonvarmistusyksikön suorittamaa tutkavalvontaa varten. Tutkijoilla oli käytettävissään MSSR-järjestelmän tallennetiedot.

Suunnistuslaitteissa tai tutkajärjestelmien toiminnassa ei tapahtumahetkellä todettu olleen toimintahäiriöitä tai laitevikoja.

1.6 Radiopuhelin- ja puhelinyhteydet

Helsinki-Vantaan APP:n ja ARR:n toimintataajuuksien tallenteet tutkittiin vaaratilannetahtuman osalta. Ilma-aluksen ja lennonjohtojen välillä käyty radiopuhelinliikenne oli pääsääntöisesti ICAO ANNEX 10:n ja annetun ohjeistuksen mukaista. Transitioselvityksessä APP-lennonjohtaja ei antanut MAH742:lle käytössä olevaa kiitotietä, kuten Suomen AIP:n kartassa EFHK AD 2.12-5 (RNAV TRANSITION 15), RNAV Transition Phraseology edellytetään. Tällä menettelyllä ei ollut vaikutusta tapahtumien kulkuun.

APP-lennonjohtaja ja ARR-lennonjohtoharjoittelija sekä hänen kouluttajansa eivät käyttäneet keskinäisessä yhteistoiminnassaan puhelinta, koska työpisteet ovat vierekkäin lähestymislennonjohdossa. APP:n puhelinliikenteen tallenteet tutkittiin tapahtuman jälkeen lennonjohdon ja ilma-alusten päälliköiden kesken käydyn keskustelun osalta.

Radiopuhelin- ja puhelinliikenne sujuivat tapahtumahetkellä normaalisti.

1.7 Vaaratilannepaikka

Vaaratilannepaikka sijaitsi 12 mailia pohjoiskoilliseen Helsinki-Vantaan lentoasemalta. MAH742 lensi selvityksensä mukaisesti PVO 1C -transitioreittiä kiitotielle 15.

Tutkatallennetietojen mukaan MAH742:n ja C21:n välinen etäisyys oli 4,2 NM (7,5 km), kun ilma-alukset olivat samalla lentokorkeudella 4100 jalassa (1250 m). Pienimmillään niiden välinen etäisyys oli 1,85 NM (3,4 km), jolloin ilma-alusten välinen korkeusero oli 300 jalkaa (90 m). Tuolloin C21 lensi vaakalennossa 4100 jalan lentokorkeudessa ja MAH742 oli liu'ussa alaspäin läpäisten korkeuden 3800 jalkaa.

1.8 Lennonrekisteröintilaitteet

HA-LMD:ssa oli digitaalinen ohjaamoäänitin (Digital Cockpit Voice Recorder, DCVR) ja lennonrekisteröintilaitte (Digital Flight Data Recorder, DFDR). Kummankaan laitteen tallenteita ei saatu tutkijoiden käyttöön, koska niitä ei oltu erotettu tutkintaa varten.



1.9 Lääketieteelliset tutkimukset

Lääketieteellisiä tutkimuksia ei tehty.

1.10 Yksityiskohtaiset tutkimukset

1.10.1 Aluesuunnistus (Area Navigation, RNAV)

Yleistä

Aluesuunnistus (Area Navigation, RNAV) on suunnistusmenetelmä, joka mahdollistaa ilma-alusten lentotoiminnan mitä tahansa haluttua lentoreittiä pitkin. Ilma-alusten paikkatieto voi perustua joko maalaitteiden tai ilma-alusten omien paikannuslaitteiden tietoon tai näiden yhdistelmiin. RNAV-laitteet määrittävät automaattisesti ilma-aluksen paikan yhden tai useamman edellä mainitun laitteen antaman tiedon perusteella. Määritetyn paikkatiedon perusteella RNAV-laitteisto ohjaa ilma-alusta määritettyä reititystä pitkin. Suunnistukseen liittyvät lisätiedot, kuten esimerkiksi etäisyys ja suunta ennalta valitulle reittipisteelle, voidaan laskea lentokoneen paikkatiedon ja reittipisteen sijainnin perusteella riippuen ilma-aluksen RNAV-laitteistosta.

Paikkatieto esitetään ohjaamomiehistöille monella eri tavalla. Useimmiten näytöllä esitetään ilma-aluksen paikka suhteessa tietokoneen ennalta laskemaan lentoreittiin nähden. Yleensä RNAV-laitteistot voivat määrittää minkä tahansa ilma-aluksen sivuttaissuuntaisen poikkeaman lentoreitistä ja tuottaa sen pohjalta poikkeamatiedon automaattiohjausjärjestelmälle. Järjestelmä ohjaa ilma-aluksen takaisin alkuperäiselle lentoreitille. Kehittymättömillä RNAV-laitteilla varustetuissa ilma-aluksissa kyseisen toiminnan hoitaa oma-toimisesti (manuaalisesti) ohjaamomiehistö.

Kansainvälisessä ilmailussa RNAV-menetelmien käyttöönotolla ja toimintojen kehittämällä on pyritty parantamaan lentoturvallisuutta. Lisäksi tavoitteena on ollut ilma-alusten ja lennonvarmistusalan toiminnan tehostaminen sekä ympäristöhaittojen vähentäminen.

Euroopan Lennonvarmistusjärjestö (European Organization for the Safety of Air Navigation, EUROCONTROL) on laatinut suunnitelman Euroopan siviili-ilmailukonferenssin (European Civil Aviation Conference, ECAC) jäsenvaltioiden suunnistusjärjestelmien kehittämisestä ja on esittänyt sen asiakirjassa "Navigation Strategy for ECAC" (Edition 2.1, Edition Date 15.03.1999). Asiakirjassa käsitellään Euroopan alueella tapahtuvaa aluesuunnistusta kokonaisuudessaan. Siinä annetaan suuntaviivat järjestelmien suunnittelua ja toteuttamista varten ECAC-jäsenvaltioille. Järjestöön kuuluu 38 Euroopan alueen valtiota, mukaan lukien Suomi ja Unkari.

Myös suunnistusjärjestelmien maalaitteiden perusrakenteen uudistus on sisällytetty edellä mainittuun asiakirjaan. Suunnitelma määrittelee kahden ulottuvuuden (2 Dimensi- on, 2D) RNAV-menetelmän vaakatasossa tapahtuvaksi aluesuunnistukseksi, jossa ilma-aluksen paikka voidaan määrittää vaakasuuntaisena suuntana ja etäisyytenä. Kolmen ulottuvuuden (3D) RNAV-menetelmän lisämääränä on korkeus. Neljän ulottuvuuden (4D) RNAV-menetelmissä on lisäksi mukana aika.

EUROCONTROL:n asiakirjassa "Standard Document for Area Navigation Equipment, Operational Requirements and Functional Requirements (Edition 2.2/Doc003-93, Dec 1998)" määritetään ilma-alusten laitteiden toiminta- ja käyttörajoitukset, jotka täyttävät RNAV-menetelmältä vaaditun suunnistuskyvyn (Required Navigation Performance, RNP). RNAV-menetelmän tarkkuusvaatimus määritetään joko perusaluesuunnistukseksi (Basic Area Navigation, B-RNAV) tai tarkkuusalue-suunnistukseksi (Precision Area Navigation, P-RNAV) määritetyn RNP-suorituskyvyn mukaan.

B- ja P-RNAV-menetelmien tarkkuusvaatimukset on esitetty alla olevassa taulukossa. "Navigation Strategy for ECAC" -asiakirjan mukaan B-RNAV-menetelmä tullaan myöhemmin korvaamaan RNP5 RNAV-menetelmällä ja P-RNAV korvataan RNP1 RNAV-menetelmällä. Edellä mainittuja huomattavasti tarkempia RNP_(x) RNAV-menetelmiä tullaan tulevaisuudessa käyttämään lähestymisalueilla lentoonlähdeissä, lähestymisissä ja laskeutumisissa myöhemmin tehtävien päätösten mukaisesti.

Taulukko 1. RNAV-menetelmät, reittitarkkuudet ja RNP-suorituskyvyt

Menetelmä	Reittitarkkuus	RNP-suorituskyky
B-RNAV	±5 merimailia 95 % lentoajasta	RNP5
P-RNAV	±1 merimailia 95 % lentoajasta	RNP1
RNP(x)- RNAV	< ±1 merimaili 95 % lentoajasta	RNP(x) (X<1)

Perusaluesuunnistus, B-RNAV

B-RNAV-menetelmä on perusta Euroopan RNAV-toiminnalle. Menetelmän suunnistus-tarkkuus (±5 NM) vastaa perinteisesti lentosuunnistuksessa käytettävien VOR/DME-perusteisten ATS-reittien (Air Traffic Services, ATS) tarkkuutta, kun VOR-maalaitteet ovat alle 100 mailin etäisyydellä toisistaan.

Suunnistustarkkuuden vaatimustason saavuttaminen ei riipu pelkästään ilma-aluksen suunnistuslaitteiden tarkkuudesta ja toiminnallisuudesta, vaan myös alueella suunnistukseen käytettävän maalaitteiston peittoalueesta sekä paikkakoordinaattien tarkkuudesta. Euroopassa suunnistustietoa tuottavia ensisijaisia laitteita ovat VOR/DME, DME/DME ja GPS. EUROCONTROL on arvioinut VOR- ja DME-peittoalueiden kattavuudet ja jatkuvuuden lähes koko Euroopan alueelta ja sen voidaan katsoa täyttävän reittivaiheen toiminnalle asetettavat suunnistustarkkuusvaatimukset. Yksittäisten ECAC-jäsenvaltioiden, kuten esimerkiksi Suomen, on huolehdittava RNAV-menetelmien käytön mahdollistavasta perusrakenteesta.

Lähestymisalueen B-RNAV-mittarilentomenetelmien suunnitteluperusteet on ohjeistettu jäljempänä tarkemmin käsitellyssä EUROCONTROL:n ohjeessa "Instrument Flight Procedure Design Criteria for B-RNAV Operations in Terminal Airspace".



Euroopan ilmailuviranomaisten yhteistyöelimen (Joint Aviation Authorities, JAA) B-RNAV-toiminnan lentokelpoisuushyväksyntä ja RNAV-laitteiden käyttövaatimukset ilma-aluksille Euroopan ilmatilassa on ohjeistettu Temporary Guidance Leaflets (TGL) -asiakirjalla n:o 2 rev 1 AMJ 20X2 – ”JAA Guidance Material on Airworthiness Approval and Operational Criteria for the use of Navigation Systems in European Airspace Designated for Basic RNAV Operations”, jota käsitellään tarkemmin myöhemmin.

EUROCONTROL:n jäsenvaltioita koskeva RNAV-karttojen (B-RNAV ja P-RNAV) piirtäminen on ohjeistettu asiakirjalla ”Charting Guidelines for RNAV Procedures” ja sitäkin käsitellään myöhemmin tarkemmin.

JAA on kehittänyt yhdessä EUROCONTROL:n ja sen jäsenvaltioiden kanssa lisämääriä, joiden avulla RNAV-perusteiset lentovaiheet TMA:lla voidaan toteuttaa turvallisempina ja tehokkaampina. P-RNAV-menetelmä on perusalue suunnistuksen jatkokehitysvaihe, koska B-RNAV ei ole kovin käyttökelpoinen TMA:lla.

Tarkkuusalue suunnistus, P-RNAV

P-RNAV-menetelmässä TMA:n ilmatilaa voidaan käyttää B-RNAV:ia tehokkaammin, koska muun muassa reittien väliset etäisyydet ja kaartosäteet ovat pienemmät ja reittiytykseen saadaan käyttää useampia reittipisteitä. Tästä johtuen ilma-alusten laitevaatimukset sekä P-RNAV-menetelmien suunnittelu- ja toteutusvaatimukset ovat tiukemmat kuin B-RNAV-menetelmissä. P-RNAV-menetelmää ei voi käyttää loppulähestymismenetelmänä. Sen käytöllä mahdollistetaan TMA:lla kuitenkin lähes optimaalinen lentoreittitys, joka on ilmailukenteen vaatimukset huomioon ottaen turvallinen, tehokas ja taloudellinen.

Lähestymisalueen P-RNAV-menetelmien suunnitteluperusteet on ohjeistettu jäljempänä tarkemmin käsitellyssä EUROCONTROL:n ohjeessa ”Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for DME/DME and GNSS Area Navigation, Edition 2,2, December 1999”.

JAA on ohjeistanut ilma-alusten P-RNAV-toiminnan lentokelpoisuushyväksynnän ja lentotoimintalupavaatimukset TGL:llä n:o 10 ”Airworthiness and Operational Approval for Precision RNAV Operations in Designated European Airspace”, jota käsitellään myöhemmin.

EUROCONTROL:n RNAV-käsitteen mukaan jäsenvaltioiden tulee P-RNAV-lupia myöntäessään varmistaa muun muassa seuraavat asiat:

- Kaikki lähestymisalueen P-RNAV-menetelmät on suunniteltu ja toteutettu sekä ICAO:n että EUROCONTROL:n laatimien ohjeiden mukaisesti. Menetelmissä on huomioitava RNAV-järjestelmien suoritus- ja toimintakyky sekä niiden turvallisuustasot. Ilma-alusten korkeussuuntaisen suunnistusominaisuuden puuttuminen on huomioitava siten, että perinteiset korkeussuuntaiset suunnistuskeinot ovat käytettävissä jatkossakin. Lisäksi P-RNAV-menetelmien on tuettava ilma-aluksen miehistön suorittamaa järjestelmätarkkuuden toteutumisen valvontaa

erilaisin karttamerkinnoin (esim. suunta ja etäisyys reittipisteeltä suunnistuslaitteelle).

- Kaikkien reittien ja menetelmien on perustuttava WGS 84 -koordinaatistoon.
- Menetelmäsuunnittelu ja sitä tukeva suunnistuslaitteisto (ml. lisälaitetarve) on arvioitava ja vahvistettava viranomaista tyydyttäväksi sitä varten suoritettulla koko menetelmän kattavalla soveltuvuus- ja suoritusarvotarkastelulla. Mikäli mahdollista arviointi sisältää myös kokeilulennon.
- Jos menetelmän käyttö on mahdollista useammalla eri suunnistuslaitteella (DME/DME, VOR/DME tai GNSS), estevaratarkastelu on tehtävä huonoimman tarkkuusvaihtoehdon pohjalta.
- AIP:hen ja asiamukaisiin karttoihin on yksilöitävä ne välttämättömät laitteet, joilla P-RNAV-menetelmän tarkkuusvaatimukset täyttyvät.
- AIP:hen ja transitiokarttoihin on merkittävä ne suunnistuslaitteet, joita ei saa käyttää RNAV-toiminnassa.
- Ilmailuviranomaisen on arvioitava pelkästään GNSS-perusteisia RNAV-menetelmiä varten usean ilma-aluksen P-RNAV-kyvyn menettämisen mahdollisuus satelliittien vikaantuessa tai niiden peiton ollessa riittämätön. Vastaava arviointi on suoritettava, kun yksittäinen DME-laite tukee useita P-RNAV-menetelmiä.
- Lähestymisalueella ilmenevien uhkatekijöiden mahdollisuus ja niistä aiheutuva varamenetelmien käyttöönotto on arvioitava sellaisia tilanteita varten, missä P-RNAV-kyky menetetään. Tällaista tilannetta varten voidaan kansallisessa AIP:ssä edellyttää ilma-aluksilta kaksinkertaista P-RNAV-laitteistoa minimiestevarakorkeuden alapuolella tapahtuvan aluesuunnistuksen mahdollistamiseksi sekä sellaisia tilanteita varten, joissa aluesuunnistusta tukevan tutkajärjestelmän suorituskyky on riittämätön.
- Kun aluesuunnistuksen varamenetelmänä käytetään tutkaa, sen suorituskyky on todennettava riittäväksi ja tutkapalvelun tarve on mainittava AIP:ssä.
- P-RNAV-toimintaa varten on julkaistava asiamukainen radiopuhelinliikenteen fraseologia.
- Suunnistuslaitteita, jotka eivät ole ICAO:n ANNEX 10:n mukaisia (esim. TACAN), ei saa sisällyttää AIP:hen.

1.10.2 RNAV-transitioiden suunnitteluperusteet

Perusaluesuunnistus, B-RNAV

B-RNAV-transitiomenetelmän suunnitteluperusteet on julkaistu EUROCONTROL:n ohjeessa "Instrument Flight Procedure Design Criteria for B-RNAV Operations in Terminal Airspace". Se antaa yksityiskohtaiset suunnitteluohjeet lähestymisalueen ilmatilassa tapahtuvan B-RNAV-toiminnan käyttöönottoa varten.



Ohjeen kohdassa 2. "ANT (Airspace and Navigation Team) Policy Statement" on julki-
lausuma, jonka mukaan B-RNAV-reittien toteuttamisella on oltava seuraavat edellytyk-
set:

- Reittien tulee olla, mikäli asianmukaista, minimisektori-, minimilento- tai minimi-
tutkavektorointikorkeuden yläpuolella.
- Lähtömenetelmän alkuosuuden tulee olla ei-RNAV-menetelmä aina perinteisel-
le rastille asti, jonka jälkeen P-RNAV-menetelmää voidaan käyttää huomioiden
edellä mainittu vaatimus.
- Tuloreitin B-RNAV-osuuden on päätyttävä perinteisellä rastilla ensimmäisen
kohdan vaatimuksen mukaisesti, josta loppulähestyminen suoritetaan vaihtoeh-
toisilla, asianmukaisesti hyväksytyillä menetelmillä.
- Reittien toteutuksessa on huomioitava menetelmien käyttäjien lentomenetelmät.

Ohje määrittää, kuinka B-RNAV-reittien estevara-alueet, reittipisteiden määrä, tyyppi ja
niiden väliset minimietäisyydet sekä reitityksen alkamis- ja päättymisehdot on otettava
huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Ohjeen mukaan B-RNAV-menetelmän tarkkuusvaa-
timuksen tulee ilmetä selkeästi transitiokartasta.

Ohjeen mukaan RNAV-transition reittipisteiden välinen minimietäisyys on 15 NM, kun
ilma-alus kaartaa sivuutettavalla reittipisteellä (Fly-By) 90°. Mikäli suunnan muutos on
50°, reittipisteiden välinen minimietäisyys on 11 NM. Määrittelyn perusteena on ollut, et-
tä ilma-aluksen lentonopeus on yhtä suuri tai pienempi kuin 250 KT ja lentokorkeus yhtä
suuri tai pienempi kuin 10000 FT. Helsinki-Vantaalla reittipisteiden HK707 ja HK702 vä-
linen etäisyys on 5 NM. Samassa ohjeessa korostetaan jälleen, että B-RNAV-transition
on oltava selkeästi tunnistettavissa kartoista.

Sen lisäksi, mitä ICAO:n ANNEX 11 Air Traffic Service (Ilmaliikennepalvelu) määrittää,
EUROCONTROL antaa perusteet jäsenvaltioiden ilmatilasuunnittelulle rinnakkaisten B-
RNAV-reittien välisistä minimietäisyyksistä asiakirjalla "Guidance to States on Basic
RNAV Route Spacing". EUROCONTROL on huomioituaan teoreettisen riskiarvioinnin
sekä käytössä mahdollisesti ilmenevät toiminnalliset riskimahdollisuudet päätenyt seu-
raaviin Euroopan ilmatilassa noudatettaviin lentoreittien minimietäisyyksiin:

- 18 NM, kun lentoreitit ovat vastakkaista
- 16,5 NM, kun lentoreitit on samansuuntaista ja
- 15 NM, kun ilma-alukset ovat vierekkäisillä ja vastakkaisilla reiteillä eri lentokor-
keuksilla ja kun nousevan sekä laskevan liikenteen prosentuaalinen osuus on
40% tai vähemmän.

ECAC-jäsenvaltioiden B-RNAV-ilmatilassa lentoreittien välisiä etäisyyksiä voidaan pie-
nentää 10-15 NM:iin luottamalla enemmän lennonjohdon mahdollisuuksiin puuttua tarvit-
taessa lennon kulkuun tutkan avulla. Tilanteet, joissa pienennettyjä reittien välisiä etäi-
syyksiä voidaan soveltaa, tulee arvioida tapauskohtaisesti riippuen yksittäisten lennon-
johtoyksiköiden suorituskyvystä. Ennen B-RNAV-menetelmien käyttöönottoa jäsenvalti-
oiden tulisi todentaa, että ilmatilan reittijärjestelyt ei saa kohtuuttomasti rasittaa lennon-
johdon työkuormitusta.

Tarkkuusalue suunnistus, P-RNAV

P-RNAV-transitiomenetelmän suunnitteluperusteet on julkaistu EUROCONTROL:n ohjeessa "Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for DME/DME and GNSS Area Navigation, Edition 2,2, December 1999". Sen mukaan menetelmät on suunniteltu lennettäväksi P-RNAV-hyväksytyillä ilma-aluksilla, joiden miehistöille on annettu vastaava koulutus. Jos menetelmää lennetään B-RNAV-hyväksytyillä ilma-aluksella, ilma-alus ei välttämättä pysy menetelmään varatulla suoja-alueella eikä se välttämättä pääse sellaiseen asemaan, josta loppulähestyminen voidaan suorittaa turvallisesti.

Edellä mainittu ohje on laadittu EUROCONTROL:n Terminal Airspace RNAV Application Force (TARA) -työryhmän neljännessä kokouksessa määritettyjen vaatimusten pohjalta. Ohjeen tarkoituksena on antaa yleistietoa RNAV-menetelmien vaatimuksista ja ominaisuuksista sekä menettelytavoista määrittää DME/DME- ja GNSS-RNAV-menetelmä lähestymisalueelle. Sen avulla ei ole tarkoitus ratkaista RNAV-toimintaa koskevia institutionaalisia, toiminnallisia ja hyväksyttämismenettelyyn liittyviä kysymyksiä. Ohjeen toivotaan auttavan menetelmäsuunnittelijoita kehittämään lennettäviä RNAV-menetelmiä. Se on tilapäisohje siihen asti, kunnes lähestymisalueiden RNP RNAV -menetelmien suunnitteluohjeet on tehty.

P-RNAV-suunnitteluperusteiden ohjeen luvun 6.6 "Procedure Descriptions" kohdassa 6.6.3 todetaan:

"An RNAV procedure (including a SID/STAR*) must be clearly identified as such on charts and in ATC clearances. If a specific navigation infrastructure (e.g. Basic GNSS only) is associated with a procedure, this must be clearly annotated on the chart."*

"RNAV-menetelmän (mukaan lukien SID/STAR) tulee olla selkeästi tunnistettavissa sellaiseksi kartasta ja lennonjohtoselvityksestä. Jos menetelmän lentäminen vaatii jotakin tiettyä suunnistusjärjestelmää (esim. perussatelliittisuunnistusjärjestelmä, perus-GNSS), siitä pitää olla selkeä huomautus kartassa."

* SID, Standard Instrument Departure, vakiolähtöreitti

* STAR, Standard Instrument Arrival, vakiotuloreitti.

Ohjeen mukaan EUROCONTROL:n jäsenvaltioiden tulee määrittää kartoissa seuraavasti, mitä eri suunnistusjärjestelmien maalaitteistoja on huomioitu menetelmäsuunnittelussa:

- a) RNAV tarkoittaen, että DME/DME- ja perussatelliittisuunnistussensoreita voidaan käyttää
- b) RNAV _(DME/DME) tarkoittaen, että ainoastaan DME/DME-sensoreita saa käyttää
- c) RNAV _(GNSS) tarkoittaen, että ainoastaan perussatelliittisuunnistussensoreita (Basic GNSS) saa käyttää
- d) RNAV _(Except Class A GNSS) tarkoittaen, että DME/DME- ja perussatelliittisuunnistussensoriluokkia B ja C voidaan käyttää



- e) RNP_(x) tulee tarkoittamaan, että menetelmä on ainoastaan RNP-x-kykyisiä ilma-alueita varten.

1.10.3 RNAV-toimintaa koskevat ilmailutiedotuspalvelun julkaisut

Ilmailutiedotteet (AIC)

Ilmailulaitos on julkaissut RNAV-toimintaan liittyen seuraavat ilmailutiedotteet (Aeronautical Information Circular, AIC): A6/1991, A16/1996, A33/1997, A37/1997, A15/2001, A16/2001 ja A7/2002.

AIC A6/1991 (2.5.1991) käsitteli Euroopan alueelle suunniteltuja vaatimuksia ilma-alusten varustamisesta RNAV-laitteilla sekä vaatimusten yhdenmukaistamista. Tiedotteen liitteenä oli EUROCONTROL:n laatima AIC, joka sisälsi aluesuunnistukseen liittyvää historiaa ja RNAV-menetelmien toteutusajataulun. Tiedotteessa määriteltiin sekä B- että P-RNAV-menetelmien tarkkuusvaatimukset. Lisäksi AIC:ssa annettiin tietoja ja ohjeita ilmailukennepalvelun (Aeronautical Information Service, AIS) kehittämisestä RNAV-laitteilla varustettujen ilma-alusten osalta. RNAV-laitteita koskevat vaatimukset oli tarkoitus yhdenmukaistaa Euroopan alueella siten, että säädösvalmistelu suoritettaisiin 1.1.1993 mennessä ja vaatimus ilma-alusten varustamisesta mainituilla laitteilla tulisi voimaan 1.1.1998.

AIC A16/1996 (7.11.1996), joka korvasi AIC:n A6/1991, sisälsi tiedot B-RNAV-menetelmän käyttöönotosta ECAC-jäsenvaltioiden ilmatilassa RNP 5 -tarkkuusvaatimuksella. Tiedotteessa todettiin, että jäsenvaltioiden odotetaan päättävän ilma-alusten pakollisesta varustamisesta RNP 1 -vaatimukset täyttävillä RNAV-laitteilla vuonna 1998. RNP 1 -menetelmä oletettiin otettavan käyttöön aikaisintaan vuonna 2005.

AIC A33/1997 (16.10.1997), joka korvasi A16/1996:n, sisälsi tarkennettuja tietoja B-RNAV:n käyttöönotosta ECAC-jäsenvaltioiden ilmatilassa. Tiedotteessa ilmoitettiin AIP-muutoksesta koskien vaatimusta, jonka mukaan JAA TGL No 2 rev 1 mukaiset B-RNAV-laitteet (RNP 5) ovat pakollisia toimittaessa jäsenvaltioiden ilmatilassa 29.1.1998 alkaen. Lisäksi AIC:ssä annettiin tietoja lentotoiminnan harjoittajille vaatimuksista hyväksynnän saamiseksi B-RNAV-toimintaan ECAC-jäsenvaltioiden ilmatilassa.

Tiedotteessa todettiin seuraavaa: *"Suomessa B-RNAV-järjestelmä, joka on hyväksytty RNP 5 toimintaan, tulee pakolliseksi kaikille siviili-ilmailun IFR-lennoille valvotussa ilmatilassa Tampereen ja Rovaniemen ylälentotiedotusalueilla lentokorkeudella FL 245 tai sen yläpuolella. Alustavasti on suunniteltu vaatimuksen ulottamista ilmatilaan FL 95-FL 245 viimeistään 1.1.2001."*

Tulevasta kehityksestä tiedotteessa mainittiin seuraavaa: *"Vuoden 1998 jälkeen RNAV-sovelluksista saatavat edut tulevat kasvavassa määrin ulottumaan toimintaan lähestymisalueella. Tällaisen toiminnan tarkkuus- ja toimintavaatimukset määritellään julkaisussa EUROCONTROL Doc 003-93. Tämä toiminta edellyttää parempaa suorituskykyä kuin B-RNAV:sta on saatavissa, mutta se ei tule pakolliseksi ennen vuotta 2005."*

AIC A37/1997 (11.12.1997) korvasi A33/1997:n. Sillä ilmoitettiin, että B-RNAV:n käyttönotossa ilmenneiden vaikeuksien johdosta sen käyttöönotto ECAC-jäsenvaltioissa on sovittu siirrettäväksi alkamaan 23.4.1998. Tiedotteeseen A33/1997 ei tullut muita muutoksia. Tiedote A37/1997 on edelleen voimassa.

11.12.1997 - 15.11.2001 välisenä aikana ei julkaistu yhtään AIC:tä, jossa olisi käsitelty RNAV-toimintaa.

AIC A15/2001 (15.11.2001) käsittelee ilma-alusten tarkkuusaluenavigointilaitteiden (B-RNAV) käyttöä ECAC jäsenvaltioiden lähestymisalueilla (Terminal Control Area, TMA). Suomen osalta tiedotteessa todetaan, että Ilmailulaitoksen suunnitelmissa on ottaa käyttöön P-RNAV-vakiotuloreitit ja -vakiolähtöreitit Helsinki-Vantaan lentoasemalla 11.7.2002. Käyttöönotto liittyy kolmannen kiitotien 28.11.2002 tapahtuvaan käyttöönottoon, jonka jälkeen tavanomaiset lähtöreitit poistetaan. Tiedotteen mukaan kaikki RNAV TMA -menetelmät, jotka julkaistaan ensimmäisen kerran maaliskuun 2002 jälkeen, on laadittava P-RNAV:iin perustuvina. Ellei ao. valtio toisin ilmoita, tulee RNAV TMA -menetelmiä käyttävien ilma-aluksien olla varustettu ja käyttää P-RNAV-laitteistoa 20.3.2003 lähtien. Tiedotteessa todetaan, että B-RNAV-mukainen operatiivinen hyväksyntä ei sisällä lupaa operoida P-RNAV-kriteereiden mukaan suunnitelluilla RNAV-menetelmillä. Lentotoiminta julkaistuilla RNAV TMA -menetelmillä edellyttää JAA TGL 10:n mukaista hyväksyntää. Suomalaisille ilma-aluksille hyväksynnän myöntää Ilmailulaitoksen Lentoturvallisuushallinto. Ulkomaalaiset ilma-alukset hyväksytetään rekisteröintivaltiossa JAA TGL 10:n tai vastaavan mukaan. Tiedotteen mukaan ilma-aluksen päällikkö on vastuussa siitä, että ilma-aluksella ei lennetä menetelmiä, joihin ei ole operatiivista hyväksyntää. Ilma-alusten, jotka eivät ole asianmukaisesti hyväksytyjä RNAV TMA -menetelmiin, tulee ilmoittaa siitä ao. lennonjohtoelimelle reittiselvityspyynnön yhteydessä tai saatuaan selvityksen RNAV-menetelmään. Ilma-aluksille, jotka eivät ole hyväksytyjä P-RNAV-menetelmiin, annetaan vaihtoehtoinen tavanomaiseen navigointiin perustuva reitti tai ne johdetaan tutkalla loppulähestymiseen tai TMA:n ulosmenoportille.

Tiedotteen liitteenä olevassa EUROCONTROL:in AIC:ssa on annettu aikataulu P-RNAV-laitteiston käyttöönotolle ECAC jäsenvaltioiden lähestymisalueilla sekä liikennöitsijöille tarkoitetut tiedot siitä, kuinka TMA-menetelmien lentämiselle ao. maiden ilmatilassa hankitaan hyväksyntä. Lisäksi liitteen kohdassa 2.12 mainitaan, että niin kauan kuin ECAC valtioita koskevaa kattavaa määräystä ilma-alusten P-RNAV-varustuksesta ei ole, jotkut valtiot saattavat vaatia P-RNAV-toimintakykyä IFR-lentotoiminnassa erikseen ilmoitetulla alueella sen joustavan käytön, kustannussäästöjen ja meluhaittojen minimoimisen takia.

AIC A16/2001 (29.11.2001), jolla korvattiin A15/2001, täydensi edellistä AIC:tä liitteen sivulta 6 (6) puuttuneiden Ilmailulaitoksen Lennonvarmistusosaston ja Lentoturvallisuushallinnon osoitteiden osalta ja kohdassa 10.1. olevan korjauksen *"This AIC complements the AIC A 37/1997 on B-RNAV implementation"* osalta (*"Tämä AIC täydentää AIC A 37/1997 koskien B-RNAV:n käyttöönottoa"*).

Tutkittavan tapahtuman jälkeen on julkaistu AIC A7/2002 (15.7.2002), joka koski Ilmailulaitoksen päätöstä P-RNAV-vaatimuksesta Suomen lentotiedotusalueilla 28.11.2002 al-



kaen. AIC:n liitteenä ollut Ilmailulaitoksen normisarja N:o 3/2002 (9.7.2002) on julkaistu ainoastaan suomen ja ruotsin kielellä. AIC:n A7/2002 tiedot liitteineen sisällytettiin Suomen ilmailukäsikirjaan ja AIC kumottiin AIP:n muutoksella N:o 58 / 28.11.2002, jossa tiedot on julkaistu myös englannin kielellä.

Kun Helsinki-Vantaan RNAV-transitiot julkaistiin 14.6.2001, voimassa olleista AIC:stä sai sen käsityksen, että transitiot olivat B-RNAV-perusteisia.

Suomen Ilmailukäsikirja (AIP)

Suomen Ilmailukäsikirjan (AIP) luvun GEN 3.3 – 3 kohdan 7. ”Aluesuunnistus (RNAV)” (14.6.2001) mukaan aluesuunnistus on käytössä suunnistusmenetelmänä Suomen lentotiedotusalueilla alla olevien kuvausten mukaisesti:

“Joint Aviation Authorities (JAA) ja/tai lentotoiminnan harjoittajan kotivaltiossa hyväksymisestä vastaava viranomaisantavat vaatimukset, jotka lentotoiminnan harjoittajien on täytettävä saadakseen hyväksynnän toimimiseen B-RNAV-ympäristössä Euroopan alueella. Poikkeustapauksissa, jos hyväksyntävaatimuksia ei ole saatavissa rekisteröimisvaltiolta tai lentotoiminnan harjoittajan kotivaltiolta, ECAC:n jäsenvaltiot voivat vaatia lentotoiminnan harjoittajan hankkivan hyväksynnän joltain ECAC:n jäsenvaltiolta.

Lisätietoja laitteiden ja toiminnan hyväksymisestä RNAV-toimintaa varten saa JAA:n julkaisuista Temporary Guidance Leaflet No 2 Issue 1, johon viitataan myös tunnuksella AMJ20X-2 ja No 10.

B-RNAV-hyväksynnän saamiseksi ilma-aluksen suunnistuslaitteilla on voitava saavuttaa +/- 5 NM tai sitä parempi reittivaiheen sivuttaissuuntainen ja pituussuuntainen suunnistustarkkuus 95% lentoajasta (RNP 5).

RNAV-järjestelmällä saavutettavissa oleva suunnistustarkkuus riippuu normaalisti sekä suunnistusjärjestelmästä että ilma-aluksessa olevista suunnistuslaitteista. Lentotoiminnan harjoittajan tehtävänä on varmistaa, että vaadittu järjestelmän käyttötarkkuus on mahdollista saavuttaa, kun hän suunnittelee toimintaa määrättyssä B-RNAV-ilmatilassa.

Mikäli tarvittavaa suunnistustarkkuutta ei kyetä enää noudattamaan, on tästä ilmoitettava viipymättä asianomaiselle ATS-elimelle.”

Tapahtumahetkellä voimassa olleessa AIP:ssä ei julkaistu P-RNAV-hyväksyntävaatimuksia. AIP:stä sai sellaisen käsityksen, että RNAV-toiminta Suomessa oli B-RNAV-perusteista.

1.10.4 RNAV-transitioiden toteutus Helsinki-Vantaalle

Transitiokarttojen julkaisu

EUROCONTROL:n ohje (Charting Guidelines for RNAV Procedures, Edition 1_G1_E1_C, Edition Date: September 2000/March 2000/February 2000) sisältää yleisohjeet jäsenvaltioille RNAV-menetelmien karttojen piirtämiseen. Ohjeen luvussa 2 “Gene-

ral Requirements” mainitaan, että kartankäyttäjien vaatimuseroista johtuen suunnistus-tietokantojen toimittajien on saatava yksiselitteinen esitys ja kuvaus kaikista lentomenetelmistä sellaisella tarkkuudella, että he voivat koodata ne tarkasti ilma-alusten RNAV-järjestelmään. Kaikki merkittävät tiedot tulee olla saatavilla joko kartoista tai niiden tekstiosista ja taulukoista. Kartan tulee olla selkeä ja helppolukuinen lentäjille hämärässä ja huonosti valaistussa ohjaamossa. Siinä ei saa olla muuta tietoa kuin mitä itse lennon suorittaminen vaatii.

Jokaisen RNAV-kartan tulisi sisältää ”EUROCONTROL:n Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for DME/DME and GNSS Area Navigation” -ohjeen lisäksi, edellä mainitun karttojen piirtämisohjeen kohdan 2.6 alakohdan f) vaatimus: (*“Where part of a SID or STAR is designated as appropriate for B-RNAV equipped aircraft, it should be annotated on the chart itself”*). Edellä mainittu tarkoittaa sitä, että jos transitioreitti on tarkoitettu lennettäväksi B-RNAV-hyväksytyillä ilma-aluksilla, sen tulee ilmetä kartasta. Mikäli transitiio on tarkoitettu lennettäväksi P-RNAV-hyväksytyillä ilma-aluksilla, kartassa tulisi olla RNP1 -merkintä.

RNAV-karttojen piirtämisohjeessa määritetään myös yli lennettävän (Fly-over waypoint) ja sivuutettavan (Fly-by waypoint) reittipisteen piirtäminen karttaan. Ilma-alusten ohjaamomiehistö voi tunnistaa kartoistaan nämä reittipisteet siitä, kulkeeko piirretty reitti viiva pisteen yli vai sivuaako se ko. reittipistettä.

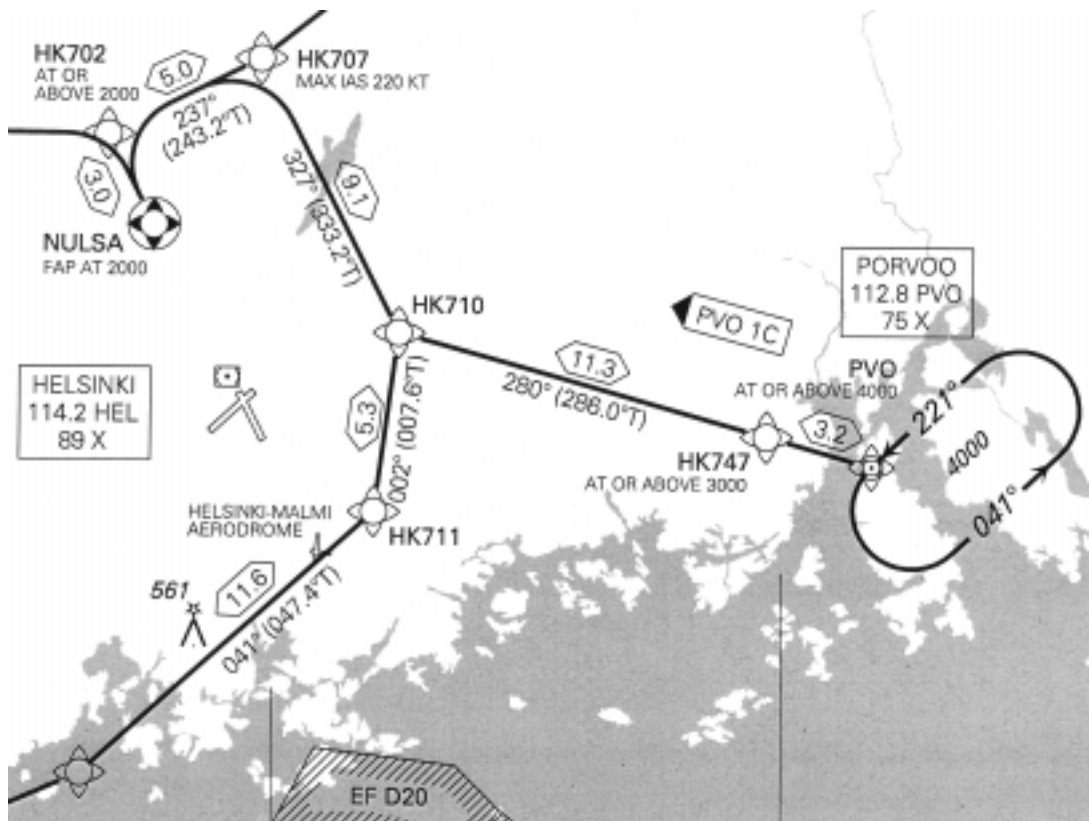
Charting-ohjeen kohdassa 5. ”STARS” suositellaan, että RNAV-vakiotuloreittikartat nimetään ”RNAV STARS to Final Approach” -kartoiksi (RNAV-vakiotuloreitit loppulähestymislinjalle). Kohdassa 5.2 mainitaan, että ”RNAV STAR” tai ”RNAV STARS to Final Approach” -karttojen tulee olla selkeästi tunnistettavissa kyseisen ohjeen luvun 2.6 mukaisesti. Kohdan 5.3 alakohdassa m) mainitaan RNP-arvon merkintävaatimuksesta transitioreitin jokaiselle osalle.

Helsinki lähestymisalueen transitioreitit julkaistiin AIP:n osassa VOL 2, AD 2, kohdassa EFHK AD 2.2.3 ”Lentomenetelmät” ja otettiin käyttöön 14.6.2001. Transitiokartat ovat nimeltään ”RNAV Transitions” yksilöitynä riippuen käytettävästä kiitotiestä. Mainitussa kohdassa todetaan, että tulevan IFR-ilmaliikenteen on avauskutsussaan ilmoitettava Helsingin lähestymislennonjohdolle ilma-aluksen tyyppi ja lennonjohdon antama RNAV-transitiio tai tutkaohjaussuunta. Transitiio on reittipistein määritelty ja julkaistu aluesuunnistusreitti, joka päättyy pisteeseen, josta loppulähestyminen voidaan aloittaa. Edellä mainitun kohdan huomautuksissa todetaan, että RNAV-transitiota lentävä ilma-alus ei saa suorittaa loppulähestymistä ilman erillistä selvitystä ja että korkeusselvitykset antaa lennonjohto. AIP:ssa on julkaistu käytettävä radiopuhelinliikenne RNAV-transitiota lennettäessä.

AIP:ssä tulokset selvitystä käsittelevässä kohdassa mainitaan: *”Tuleva liikenne selvitetään normaalisti lennonjohdon toimesta seuraamaan käytössä olevan kiitotien mukaista RNAV transitiota. Mikäli ilma-alus ei pysty noudattamaan annettua RNAV transitiota, tulee siitä välittömästi ilmoittaa ATC:lle, joka selvittää ilma-aluksen jättämään alkulähestymisrastian (IAF) tutkaohjaussuunnalla. Liikennetilanteesta johtuen, tai mikäli ilma-alus ei voi noudattaa RNAV transitiota, lennonjohto vektoroi ilma-aluksen loppulähestymiseen.”*

Edellä mainitun lisäksi AIP:ssa on vielä julkaistu menetelmät radioyhteyden katkeamisesta lennettäessä RNAV-transitiota.

AIP:n osassa VOL 2, AD 2, kartassa EFHK AD 2.12 - 5 (RNAV TRANSITION 15) on julkaistu kartta lyhyistä RNAV-transitioreiteistä tulevia ilma-aluksia varten kiitotielle 15. AIP:n mukaan PVO 1C -transitioreitti alkaa Porvoon (PVO) VOR/DME-radiomajakalta ja päättyy reittipisteelle NULSA. Transitiossa on yhteensä kuusi reittipistettä. Karttaan ei ole merkitty RNAV-menetelmän tarkkuusvaatimusta.



Kuva 2. AIP:n mukaiset lyhyet RNAV-transitioreitit Helsinki-Vantaan kiitotielle 15

Helsinki-Vantaan lentoasemalle oli toteutettu aluksi sekä pitkiä että lyhyitä transitiota samalle kiitotielle. Malevin vaaratilanteen jälkeen Helsinki-Vantaan lennonjohto laati tapahtumasta 18.1.2002 pika-analyysin, jossa esitettiin lentoturvallisuussyihin vedoten, että pitkistä transitioreiteistä luovuttaisiin. Pitkät transitioreitit poistettiin käytöstä 11.7.2002.

RNAV-järjestelmän turvallisuustarkastelu

Helsinki-Vantaan RNAV-järjestelmän käyttöönottoon liittyvän Helsingin kolmannen kiitotien (HelKO) osaprojektin (PROC) 29.3.2001 laatiman turvallisuudenvarmistusasiakirjan (Safety Assurance Document, SAD) mukaan siinä esitetään perusteet ja todisteet tukemaan väittämää, että RNAV STAR EFHK -projekti on niin turvallinen kuin järkevällä tavalla on mahdollista toteuttaa.

Projektin perusstrategiana oli suorittaa ilmatilan sekä menetelmien kehittäminen siten, että palvelu- ja turvallisuustasot säilyvät korkeina. Projektiryhmän tavoitteena oli muuttaa Helsingin lähestymisalueen sisäisiä menetelmiä vastaamaan tulevaisuuden tarpeita. Muutoksen on arvioitu vähentävän Helsingin kolmannen kiitotien käyttöönoton aiheuttamia lisämuutostarpeita.

Asiakirjassa on arvioitu vaara-analyysiä käyttäen ne työmenetelmät, jotka ovat muutoksen kohteena. Lisäksi on arvioitu ne nykyiset työmenetelmät, joilla on liityntäpinta muutoksen kohteena oleviin menetelmiin. Vaara-analyysi on esitetty asiakirjan vaaralokissa. Muut muutokset arvioitiin perinteisillä simulaatioilla ja koelentoilla. RNAV STAR -ratkaisumallit simuloitiin Etelä-Suomen lennonvarmistuskeskuksessa (Area Control Centre, South Finland, EFES). Menetelmätarkastelussa suoritettiin lisäksi useita nopeutettuja (FAST-TIME) simulaatioita lentokentän ja ilmatilan liikenteen kokonaisuuden mallintamiseen (Total Airport and Airspace Modeller, TAAM) tarkoitettulla Ilmailulaitoksen tietokoneohjelmistolla. RNAV STAR -menetelmien lennettävyys todennettiin A-320-, MD-11- ja MD-80-simulaattoreilla. Kenttäkoe (Field Trial) suoritettiin kokeeseen osallistuneen lentoyhtiön reittilentojen yhteydessä 14.12.2000 kahdeksalla Airbus-koneella. Tutkijat eivät kuitenkaan tarkastelleet kokeilulennon hyväksyntäasiakirjoja. Myös ilma-alusten suunnistustietokantojen (NDB) koodaustiedot ja niiden hyväksyntä sekä kokeilussa käytetyt RNAV-transitiokartat jätettiin tarkastelematta. Turvallisuudenvarmistusasiakirjan mukaan kuitenkin kaikki simulaatiot oli valmisteltu asianmukaisesti sekä todennettu jälkikäteen suoritetuilla suullisilla ja kirjallisilla palautteilla.

Asiakirjan liitteenä D oleva vaaraloki sisältää seuraavat asiakokonaisuudet:

- järjestelmässä todetut vaaratekijät
- tapahtumajärjestys
- turvallisuusvaatimukset
- turvallisuusvaatimusten täyttämistavat sekä vaaran pienentämistoimenpiteet
- raportointivelvollisuudet tai vastuut turvallisuustoimenpiteiden täyttämisestä (ja tulevasta seurannasta).

Vaaralokissa on käsitelty laajasti RNAV-menetelmiä tukevien maalaiteiden häiriöiden vaikutusta sekä ilma-aluksen tai ilma-aluksen miehistön kykyä noudattaa annettua RNAV-transitiota. Vaaraloki määrittää virhetilanteiden ratkaisemiseksi perustoimenpiteenä tutkamenetelmien käytön.

Turvallisuudenvarmistusasiakirjassa ei käsitelty sitä, ovatko Helsinki-Vantaan RNAV-transitiot tarkkuusvaatimukseltaan B-RNAV- tai P-RNAV-menetelmiä. AIS-julkaisumennettelyä ei myöskään käsitelty asiakirjassa. DME-maalaitteiden katvealuemittauksien osalta asiakirja sisältää ainoastaan Vihdin DME:n mittaustulokset.

Selvitystyö EFHK:lle liikennöivien yhtiöiden P-RNAV-toimintakyvystä

Ilmailulaitos teetti selvityksen Helsinki-Vantaalle liikennöivien lentoyhtiöiden lähestymisalueen P-RNAV-operointikyvyn kartoittamiseksi nimikkeellä "Operational Approval against JAA Temporary Guidance Leaflet 10, (published 01.Nov.2000) for Terminal P-



RNAV until 14.6.2001, for aircrafts operating to EFHK". Selvitystyö sisälsi 31 nimikkeen mukaista pyyntöä eri lentoyhtiöille. Selvitystyön tekijä oli saanut 25.2.2001 mennessä vastauksen 15 lentoyhtiöltä. Kyselyyn ei vastannut lainkaan 16 lentoyhtiötä.

Selvitystyön johtopäätöksessä todetaan, että RNAV-menetelmän käyttöönotto 14.6.2001 ei anna liikennöitsijöille riittävästi aikaa täyteen JAA TGL 10:n mukaiseen P-RNAV-kelpoisuuteen. Selvitystyön mukaan yhtiöiden omaan arviointiin perustuen lähes 10 pääliikennöitsijää tulisivat kuitenkin saamaan P-RNAV-kelpoisuuden vuoden 2001 aikana ja ainakin kuusi muuta liikennöitsijää vuoden 2002 aikana. Muutamat konetyypit todettiin kelvottomiksi P-RNAV-toimintaan, joista DC-9 oli liikennöinnin kannalta merkittävin. Selvityksen mukaan P-RNAV-perusteisia RNAV-vakiotuloreittejä ei voitaisi noudattaa aluksi 100 %:sti, mistä johtuen ei-P-RNAV-kelpoisille ilma-aluksille tulisi olla varamenetelmänä perinteiset tulomenetelmät.

RNAV STAR:n käyttöönotossa ja julkaisussa tulisi 28.5.2001 allekirjoitetun selvitystyön mukaan ottaa huomioon, että liikennöitsijöiden on parannettava ilma-alustensa RNAV-laitteiden nykyistä RNP-tarkkuutta. Selvityksessä todetaan, että kaikesta huolimatta 97,5 % liikennöitsijöistä voi hyödyntää B-RNAV-menetelmiä ja 70,0 % P-RNAV-menetelmiä.

RNAV-transitioiden hyväksymismenettely

Ilmailutiedotusyksikkö laati 29.3.2001 päivätyn esityksen "Helsinki-Vantaan RNAV-transitioiden hyväksyminen julkaistavaksi" (Dnro 8/590/2001) lennonvarmistusosastolle. Esityksessä korostettiin: *"Tämä hyväksymisesitys koskee ainoastaan ao. materiaalin julkaisemista AIRAC-järjestelmän mukaisesti Suomen Ilmailukäsikirjassa."*

Esityksen liitteenä oli ilmailutiedotuksen 28.3.2001 laatima, edellä mainittua hyväksymistä koskeva muistio. Muistion mukaan ilmailutiedotusyksikkö oli ilmoittanut RNAV-järjestelmän suunnittelusta vastanneelle projektiryhmälle kirjallisesti ilmitulleista menetelmien epäselvyyksistä ja ongelmista. Projektiryhmä antoi kirjallisen vastineen kyseessä olleisiin asioihin. Ilmailutiedotusyksikkö oli käsitellyt vastaukset ja sisällyttänyt karttoihin rajoituksen GNSS Class A käytölle, lisännyt ohjeen radioyhteyden katkeamisen varalta sekä lisännyt huomautuksen käytettävissä olevien DME-maalaitteiden määrästä.

RNAV-järjestelmän suunnittelussa ilmenneisiin epäselvyyksiin ja ongelmiin liittyen ilmailutiedotusyksikkö oli painottanut projektiryhmälle AIRAC-järjestelmän vaatimuksia. Julkaistun materiaalin korjaaminen jälkikäteen NOTAM:lla ei mahdollista ilma-alusten suunnistustietokantojen ylläpitoa.

Lennonvarmistusosasto hyväksyi edellä mainitun kirjelmän mukaisesti julkaistavaksi Helsinki-Vantaan RNAV-transitiot Suomen ilmailukäsikirjan muutoksella no. 43, joka tuli voimaan 14.6.2001.

Lennonvarmistusosaston mukaan Lentoturvallisuushallinto ei ole antanut erikseen määräyksiä lennonvarmistusosastolle Helsinki-Vantaan transitioiden suunnittelusta tai käyttöönotosta. Lennonvarmistusosaston mukaan tämä on katsottu normaaliin ilmatilan hallintaan kuuluvaksi tehtäväksi, jonka perusteella lennonvarmistusosasto ei niitä myös-

kään ole erityisesti hyväksynyt. Suunnittelu on perustunut kansainväliseen käytäntöön. Lennonvarmistusosasto on kuitenkin informoinut Lentoturvallisuushallintoa uusista menetelmistä. Osaston mukaan Ilmailulaitoksen turvallisuus- ja laatuomitea ja lennonvarmistusosaston turvallisuus- ja laatuomikunta eivät käsitelleet RNAV-transitioiden suunnitteluun tai käyttöönottoon liittyviä asioita kokouksissaan.

1.10.5 Lentosuunnitelmatiedot ja APP-lennonjohdon työskentelyohjeet

MAH742 lensi voimassa olleen (11.8.2001 - 17.1.2002) toistuvaislentosuunnitelman (RPL) mukaan. Lennot oli suunniteltu toteutettavaksi Boeing 737-300-koneella. RPL:sta poiketen lennon konetyyppi vaihdettiin 17.1.2002 muutossanomalla (Change, CHG) Fokker 70:ksi. Muita muutoksia RPL:aan ei tehty. Siitä ei ilmennyt ilma-aluksen RNAV-toimintakyky.

Tapahtumahetkellä Helsingin APP:ssa lennonjohtajien käytössä oli lennonjohdon laatima epävirallinen luettelo lentoyhtiöistä, joille voitiin antaa tuloksetyksen yhteydessä RNAV-transitio. Luettelo oli laadittu siten, että siihen kirjattiin ne lentoyhtiöt, jotka hyväksyivät niille annetun RNAV-transitioselvityksen. Luettelossa olleita tietoja ei oltu vahvistettu eri maiden ilmailuviranomaisilta.

APP:ssa suoritettiin seuranta myös niistä yksittäisistä lennoista, joissa ilma-alus ei tutkan mukaan noudattanut täsmällisesti sen kuvaruudulle piirrettyä transitioreittiä. Seurannan tarkoituksena oli kirjata muistiin ongelmia ja epäkohtia reittien suunnittelua ja koulutuksen kehittämistä varten. Tutkijoiden käytössä oli seurantalista, joka alkoi 18.8.2001 ja päättyi 17.5.2002. Tällä aikavälillä listalle oli merkitty 39 lentoa. Malevin lentoja näistä oli kaksi, mutta kumpaakaan ei oltu lennetty Fokker-kalustolla.

Helsinki-Vantaan lennonjohto julkaisi 19.9.2002 asiakirjan "Helsingin Lennonjohdon päällikön toimintaohje tai määräys (LPOM) n:o 20/02", jossa todetaan:

"RNAV transitioiden lentämiseen vaaditaan 28.11.02 alkaen P RNAV hyväksyntä. Koska joidenkin yhtiöiden taholta ei vaadittava tarkkuus transitioiden suorittamisessa ole toteutunut, rajoitetaan transitioiden lentäminen yhtiöihin, joilla on oman maansa viranomaisen hyväksyntä lähestymisalueen RNAV suunnistukseen."

Ohjeessa mainittiin nyt virallisesti ne lentoyhtiöt, joille RNAV-transitioselvitys voitiin antaa. Ohje kuitenkin sisältää sellaisia lentoyhtiöitä ja konetyyppejä, joilla ei yhtiöiden liikennelupien (Air Operators Certificate, AOC) perusteella ollut P-RNAV-operointilupaa eikä tyyppikohtaista lentokelpoisuushyväksyntää. Uutta ohjetta noudatettiin 20.9.2002 alkaen 28.11.2002 saakka. Myös lennonvarmistusosastolla oli vastaava käsitys, että RNAV-transitioselvitys annetaan vain niille ilma-aluksille, joiden tiedetään olevan P-RNAV-kelpoisia.

Helsinki-Vantaan kolmannen kiitotien suunnittelusta vastannut osaprojektiryhmä (HelKo-PROC) antoi lentoaseman lennonjohtajille RNAV-transitiokoulutuksen työpaikkakoulutuksena keväällä 2001. Koulutusmateriaali on sisällöltään kattava ja selkeä. Materiaalissa painotetaan erityisesti sitä, että RNAV-transitioihin liittyvissä kaikissa ongelmatapa-

uksissa ilma-alus on aina vektoroitava tutkalla. Materiaali muun muassa määrittää Helsinki-Vantaan transitioreitit P-RNAV-reiteiksi.

1.10.6 B- ja P-RNAV-menetelmien toimintaan ja käyttöön liittyvät vaatimukset

B-RNAV:n osalta JAA on laatinut jäsenmailleen ohjeet ilma-alusten lentokelpoisuushyväksynnästä ja liikennöintilupavaatimuksista TGL:llä "Leaflet no 2 rev 1 AMJ 20 X2 – JAA Guidance Material on Airworthiness Approval and Operational Criteria for the use of Navigation Systems in European Airspace Designated for Basic RNAV Operations, 21.5.1997".

Ilma-aluksessa olevan B-RNAV-toimintaan käytettävän laitteen ei välttämättä tarvitse tunnistaa sivuutettavaa reittipistettä. EUROCONTROL:n suunnitteluperusteiden mukaan B-RNAV-transitio voitaisiin rajata käytettäväksi vain sellaisilla B-RNAV-hyväksytyillä ilma-aluksilla, jotka pystyvät kaartojen ennakointiin eli tunnistamaan sivuutettavan reittipisteen. Tässä tapauksessa transitiokartoissa tulisi olla asiasta huomautus.

Lisäksi ilma-aluksen FMS-järjestelmässä on oltava mahdollisuus vähintään neljän reittipisteen tallentamiseen. PVO 1C -transitiossa on kuusi reittipistettä (PVO, HK747, HK710, HK707, HK702 ja NULSA).

P-RNAV-toiminta on ohjeistettu JAA:n asiakirjalla "Administrative & Guidance Material, Section One: General Part 3: Temporary Guidance Leaflet No 10: Airworthiness and Operational Approval for Precision RNAV Operations in Designated European Airspace, 1.11.2000".

Tätä tutkittavaa tapausta varten on seuraavaan taulukkoon koottu merkittävimmät eroavuudet ilma-alusten lentokelpoisuushyväksynnästä ja liikennöintilupavaatimuksista B-RNAV:ia ja P-RNAV:ia koskien. Taulukossa merkintä **O** = vaihtoehtoinen, **R** = vaadittava ja **P** = kielletty.

Taulukko 2. B- ja P-RNAV-menetelmien merkittävimmät eroavuudet

Toiminto	B-RNAV	P-RNAV
Miehistön valitseman reittipisteen asettaminen järjestelmään (reitillä)	R	R
Suunnistustietokanta (Navigation Data Base, NDB) TMA-toimintaan	O	R
TMA:n reitin valinta NDB-tietokannasta	O	R
Miehistön mahdollisuus syöttää TMA:n reittiosuus NDB-tietokantaan	P	P
Miehistön mahdollisuus muokata TMA:n reittiosuutta NDB-tietokannasta	O	P
Lentosuunnitelman syöttömahdollisuus NDB-tietokantaan	R	R
Reittipisteiden vähimmäismäärä suunnistusjärjestelmän laitteessa	4	10
Lentosuunnitelman mukaisen TMA-reittiosuuden näyttö	R	R
Suunnistusmaalaitteiden valintamahdollisuus	O	R
Lennon aikana tapahtuva paikkatiedon korjaus	O	P

Käytössä olevan suunnistusjärjestelmän näyttö (GPS, VOR, DME/DME, IRS)	R	R
Ilma-aluksen sijaintipaikan näyttölaite	R	R
95%:n kokonaistarkkuusvaatimus	5 NM	1 NM
Järjestelmän luotettavuus lentotuntia kohti	-	-
Toiminnan jatkuvuus eli vikamahdollisuus lentotuntia kohti	10^{-4}	10^{-5}
Poikkeaman näyttö valitusta reitistä tai korjaava ohjaustoiminto	R	R
Automaattinen lennonohjausjärjestelmä (AFCS)	O	R
Reittipisteiden järjestely tietokantaan tai ohitetun pisteen poisto	R	R
TMA:lla ylilennettävän (Fly-Over) reittipisteen jälkeinen kaartotoiminto	R	R
TMA:lla ennakkokaartotoiminto sivuutettavalla reittipisteellä (Fly-By)	O	R
Transitioiden kaarrot TMA:lla ennalta määritetyllä kaartosäteellä	O	O
Suunnistukseen käytettävien järjestelmien seuranta	R	R
"Lennä suoraan" eli reitillä oikaisumahdollisuus	R	R
Järjestelmän varoitukset laitehäiriötilanteessa	R	R
Järjestelmän varoitus sen siirtyessä automaattisesti toissijaiseen suunnistuslaskentaan	O	O

1.10.7 HA-LMD:n FMS-järjestelmä

Malevin Fokker 70 -ilma-aluksessa on Honeywell:n valmistama lennonhallintajärjestelmä (Flight Management System, FMS), jonka tyyppi on PS4052530-980. FMS-järjestelmä sisältää kaksi erillistä lennonhallintatietokonetta (Flight Management Computer, FMC). Suunnistustietokannan (Navigation Data Base, NDB) päivitys oli tapahtumahetkellä 27th DEC 2001 - 24th JAN 2002. Honeywell on syöttänyt suunnistustietokantaan muun muassa Helsinki-Vantaan transitiokartat, joista yksi on PVO 1C. NDB-tiedot Honeywell:lle toimittaa Jeppesen, joka puolestaan hankkii ne kansallisista ilmailutiedotusjulkaisuista.

Fokker 70:n FMS täyttää JAA:n TGL 2:n asettamat vaatimukset B-RNAV-toimintaan, mutta se ei täytä JAA:n TGL 10:n vaatimuksia P-RNAV-toimintaan. Unkarin ilmailuviranomainen oli myöntänyt HA-LMD:lle B-RNAV-lentokelpoisuushyväksynnän (RNP5), joka oli voimassa 30.4.2002 asti.

Malevin ilma-alusten FMC:n NDB-tiedostot tarkastetaan jokaisessa päivittäistarkastuksessa, ja ne päivitetään aina ennen edellisen voimassa olevan tiedoston vanhenemista. Tarkastukset ja päivitykset hoitaa Maleville JAR-145-alihankkija Aero Plex of Central Europe Ltd (ACE) Budapest-Ferihegyn lentoasemalla. Malev on tapauksen jälkeen tarkastuttanut NDB-tiedot tutkijoiden pyynnöstä. Reittipiste HK707 todettiin varmuudella määritetyksi järjestelmään sivuutettavaksi reittipisteeksi edellä mainitulla tapahtumahetkellä 17.1.2001 HA-LMD:ssä käytetyssä NDB:ssä.

Fokker 70 käyttää paikantamiseen IRS-, VOR- ja DME-järjestelmien antureita. Ensimmäisessä järjestelmä käyttää IRS:n ja DME/DME-järjestelmien yhdistelmää ja toissijaisesti



IRS- ja VOR/DME-yhdistelmää. Jos edellä mainitut yhdistelmät eivät ole mahdollisia, anturina käytetään pelkästään IRS-järjestelmää. Ilma-aluksessa on kaksi FMS:ää, kolme IRS:ää, kaksi DME:tä ja kaksi VOR:ia. Molemmat FMS:t saavat tietonsa kaikista mainituista antureista.

FMS antaa suunnistustietoa lentomittareille, mikäli se on valittu suunnistustietolähteeksi. FMS voidaan myös kytkeä ohjaamaan ilma-alusta automaattiohjauksen (Autopilot, AP) välityksellä. Tällöin ilma-aluksen lentotilan valintapaneelista (Flight Mode Panel, FMP) tulee olla valittuna sivuttais- (Lateral flight plan, NAV) ja/tai korkeussuunnistointi (Vertical flight plan, PROF). Normaalisti FMC1- ja FMC2-tietokoneiden toiminta synkronoidaan tiedonvaihokiskoilla (cross-talk busses). Kun molemmat tai jompikumpi suunnistustoiminto on valittu, lentoa voidaan seurata sekä perusmittari- (Primary Flight Display, PFD) että suunnistusnäytöltä (Navigation Display, ND).

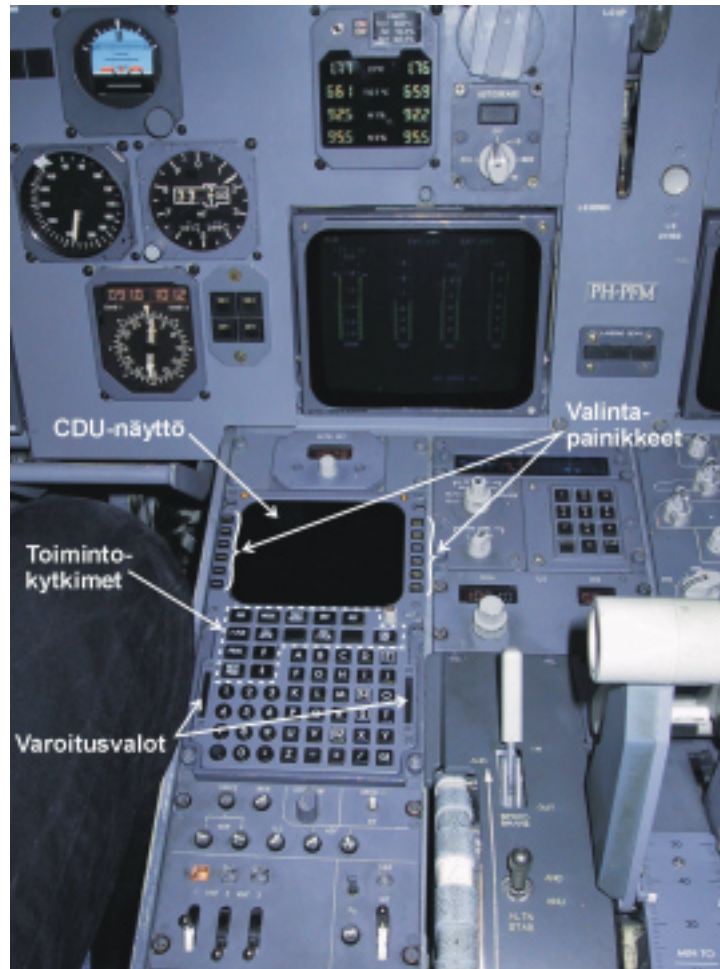
FMS kytkeytyy irti lennolla, mikäli:

- NAV-toiminto kytketään käsin pois päältä
- FMS:n virta katkeaa
- FMS vikaantuu
- ohjausautomaatti ja molemmat lennonohjaustoiminnot (Flight Director, FD) kytketään pois toiminnasta
- FMS:n lentosuunnitelmatiedot ovat epäjatkuvia
- LOC-toiminto kytkeytyy tarkkuuslähestymisvaiheessa.

Seuraavat näytöt tulevat näkyviin lentomiehistöille, mikäli FMS kytketään irti tai jos se vikaantuu edellä mainituista syistä:

- Kun NAV-toiminto kytketään tai kytkeytyy pois päältä, ilma-alus ei seuraa valittua RNAV-reittiä. Tämä on havaittavissa ND:ltä.
- Kun FMS:n virta katkeaa tai FMC:n tulee häiriö:
 - "FMC FAIL" -sanoma näkyy vikaantuneen FMS:n CDU:n näytössä. Toimivan FMS:n CDU:n näytölle tulee "INDEPENDENT OPERATION" -sanoma. NAV- ja/tai PROF-moodien osoitus vilkkuu PFD-näytössä; "AFCAS MODE" -sanoma ilmestyy monitoiminäyttölaitteelle (Multifunction Display Unit, MFDU) osoittaen, että valittu toimintamuoto ei ole enää toiminnassa. Sen lisäksi AP:n toimintatapapainikkeessa oleva valo sammuu.
 - Oranssi "FAIL"-ilmaisuväli syttyy CDU:lla, kun joko FMC tai CDU vikaantuu. Valittu toimintamuoto (NAV/PROF) kytkeytyy irti ja edellä mainitut vikaindikaattorit ilmenevät.
 - PFD:llä tulee "MSG"-ilmoitus, kun huomiovalo syttyy CDU:lle.

- Kun FMS:n tiedot eivät mistä syystä tahansa ole käytettävissä, ND:lle tulee "MAP NOT AVAILABLE" -näyttö.



Kuva 3. Fokker F28 Mk0070 simulaattorin CDU-laite

Jos ilma-aluksen hallitseva FMC vikaantuu, valittu toimintamuoto (NAV/PROF) kytkeytyy pois toiminnasta. Tämän jälkeen järjestelmän toinen FMS hoitaa suunnistamisen, kun lennonhallintapaneelilla on tehty tarvittavat valinnat. Jos mikä tahansa suunnistukseen käytettävä laite vikaantuu tai joutuu tilaan, jossa laitteen logiikka toteaa, että laite ei varmuudella kykene antamaan oikeaa suunnistustietoa, muuttuu lennonohjausjärjestelmä (Flight Guidance System, FGS) perustilaan. Samalla AP kytkeytyy irti. Kun suunnistusvastuu on siirretty toimivalle järjestelmälle, voidaan AP kytkeä uudelleen toimintaan.

FMS:n suunnistustarkkuus heikkenee, jos yhdestä tai useammasta sensorista ei saada tietoa. FMS jatkaa kuitenkin toimintaansa, mutta viasta tulee näyttö CDU:lle.

Edellä mainituista tärkeistä vioista tai toimintahäiriöistä tulee viesti CDU-näytön kirjoitusrivillä sekä valoilmaisu johonkin laitteen näppäimistön vieressä sijaitsevasta neljästä merkivalosta. FAIL-valo syttyy silloin, kun CDU vikaantuu. DSPY-valo syttyy silloin, kun



näytössä oleva sivu ei vastaa todellista lentotilaa. MSG-valo syttyy silloin, kun tärkeä viesti tulee tai saadaan valituksi CDU-näytön kirjoitusriville. OFST-valo syttyy silloin, kun ilma-alus lentää FMC:n lentotiedosta poikkeavaa viereistä lentoreittiä. Viimeiset viisi muusta kuin ohjaamomiehistön toimenpiteistä johtuvasta syystä tullutta ilmoitusta tallentuu FMS:ään, ja ne voidaan lukea yksitellen CDU-näytöstä.

Edellä mainitun perusteella voidaan havaita, että FMS-järjestelmän vikaantumisesta tai vajaatoiminnoista tulee ohjaajille erilaisia huomautuksia ja varoituksia. Tutkittavassa tapauksessa varoituksia ei ohjaamomiehistön kertoman mukaan tullut.

1.10.8 Simulaattorijäljittelylento

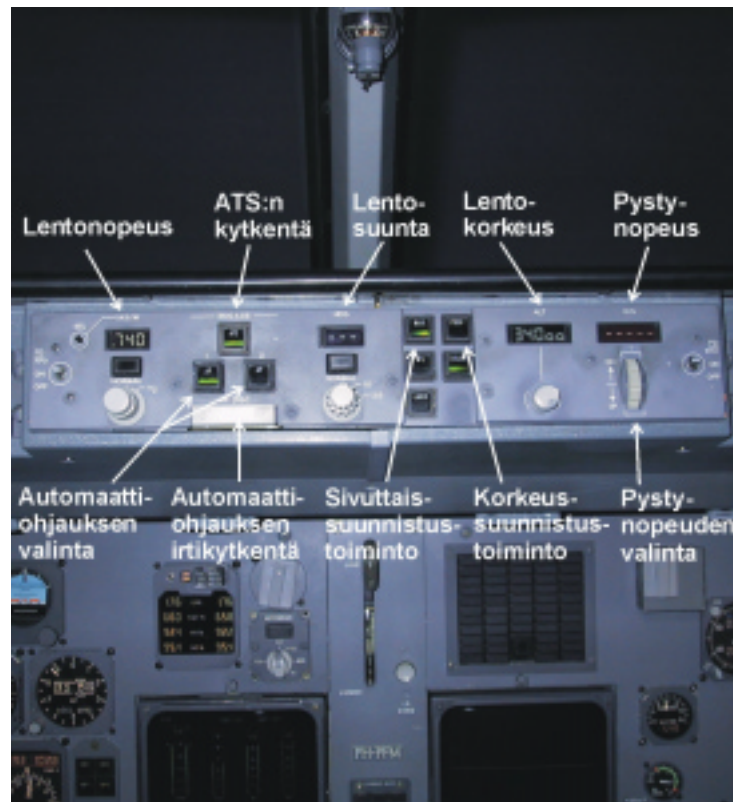
Lennon simulaattorijäljittely toteutettiin 9.5.2002 Hollannissa, Hoofddorpissa, Schreiner Aviation:n lentokoulutuskeskuksessa, jossa on Canadian Advanced Electronics:n (CAE) valmistama Fokker 70/100 -simulaattori. Fokker Services:n mukaan tässä simulaattoris- sa ei ole aitoa FMC-laitetta, vaan sen toiminnot oli jäljitelty tietokoneohjelmistolla. Tämän vuoksi simulaattorilla suoritettavat testit eivät antaneet varmuudella oikeaa kuvaa FMS:n toiminnasta oikeassa lentokoneessa.

Simulaattorilla lennettiin kuusi lentoa noudattaen samaa reittiä (Baltin suunnasta suoraan HK710:lle, jonka jälkeen HK707 ja HK702) kuin MAH742 lensi 17.1.2002. Simulaattorin FMS aloitti ennakkokaarron perusosalle lentonopeuden mukaisesti jokaisessa lähestymisessä. Simulaattorin FMC:n oli syötetty Honeywell:n FMS:n päivitys ”27 DEC 2001 – 24 JAN 2002”, joka oli sama kuin tapahtumahetkellä HA-LMD:ssä. Lähestymisten aikana tehtyjen havaintojen perusteella päivitys käsitteli HK707:ää poikkeuksetta sivuutettavana (Fly-by) reittipisteenä. Lento-olosuhteet määritettiin 17.1.2002 kaltaiseksi lentonopeuksien ja -korkeuksien sekä tuuli- ja muiden sääolosuhteiden osalta. Jäljittelylentojen alussa lentonopeus myötätuuliosalla pidettiin IAS 280 kt (maanopeus yli 300 kt, myötätuuli 25 kt) ja perusosalla IAS 220. Myöhemmin lentonopeuden vaihteluväli oli IAS 210 - 300 kt. Simulaattorin FMS aloitti ennakkokaarron jokaisella lennolla ennen reittipistettä HK707, eikä lentänyt sen yli kuten HA-LMD porrastusminimin alitushetkellä Helsinki-Vantaalla 17.1.2002.

Tapahtumalennolla MAH742 ohjaamomiehistö vertasi ennen lentoa, että FMS:ssä oleva lentoreitti vastaa todellisen lentosuunnitelman reittiä. Kun miehistö sai tiedon Helsinki-Vantaalla lähestymiseen käytettävästä kiitotiestä, he tarkastivat tiedot CDU:lta ja vertasivat niitä Jeppesenin transiokartan tietoihin laskeutumistarkastuslistan (Descend Check List) lukemisen yhteydessä. PF aloitti laskeutumisvalmistelut ja tarkasti muun muassa suunnistuslaitteiden valinnat, FMS:n, asetti minimilaskeutumiskorkeudet (minimum descent altitude/height, MDA/H) ja valmisteli STAR- ja muut lähestymiskartat sekä ilmoitti tarkastuksistaan PNF:lle. Miehistö tarkasti FMS:n tiedot vielä kuunneltuaan Helsinki-Vantaan ATIS-tiedotuksen ja viimeisen kerran vielä, kun lennonjohto antoi koneelle transiioselvityksen.

PF kertoi valinneensa FMS:ään lyhyen PVO 1C -transiioireitin eikä pitkää transiioireittiä PVO 1D. Miehistö lensi koko lennon sivuttaissuunnistustoiminnolla NAV-toiminto päälle kytkettynä. PF sääti lentonopeuden kytkemällä automaattisen tehonsäädön päälle (Au-

tothrottle, AT) FMP:stä. Kun lennonjohto käski MAH742:ta ylläpitää suurta lentonopeutta, PF asetti lentonopeuden 280 solmuun ja säilytti tuon valinnan aina 6000 jalkaan asti. Sen jälkeen hän säätöi nopeuden 250 solmuun, koska se on ilma-aluksen nopeusrajoitus 5000 jalan alapuolella. Saatuaan selvityksen 3000 jalkaan, PF valitsi lentonopeudeksi 220 solmua, jotta nopeus ehtisi hidastua Jeppesenin kartassa perusosakaartoon määrättylle nopeudelle 220 solmua. Vajoamisnopeuden PF säätöi FMP:n rullasäätimellä aluksi arvoon noin 1700 ft/min. Myöhemmin hän säätöi liukunopeuden 500 ft/min:ssa 5000 jalan alapuolisia lentokorkeuksia varten yhtiön vakiotoimenpiteiden mukaisesti.



Kuva 4. Fokker F28 Mk0070 -simulaattorin FMP-paneeli

PF keskeytti NAV-toiminnon HK707:n jälkeen kytkemällä irti AP:n, jonka jälkeen hän jatkoi lentoa käsin kaartamalla vasempaan lennonjohdon käskemään ohjaussuuntaan 180°. PF havaitsi ylittäneensä HK707:n. FMS oli juuri aloittanut kaarron perusosalle PVO 1C -transitiossa, kun lennonjohtaja käski kaarron.

PF ei kertomansa mukaan nähnyt suunnistusnäytöltä tietokoneen piirtämää transition ennakkokaartoreittiä lähestyttäessä HK707:a. Hän näki reitin suoraviivaisena HK710:n, HK707:n, HK702:n ja NULSA:n välillä.

1.10.9 FMS-laitteiden erikoistutkimukset

Honeywell:n tutkimukset

Tutkijat pyysivät Honeywell Inc:n edustajaa Yhdysvalloissa selvittämään mahdollista teknillistä vikaa Honeywell:n FMS:ssä ja FMC:ssä.

Selvitystä haittasi se, että Honeywell:n edustajalla ei ollut käytössään järjestelmän toiminnasta kattavia, muun muassa lentotietotallentimeen (FDR) tallentuneita tietoja. Honeywell:n mukaan heille toimitettujen tutkajärjestelmästä saatujen lentotietojen perusteella FMS toimi tavalla, jolla sen ei missään olosuhteissa olisi pitänyt toimia. Heidän edustajansa ilmoitti tutkijoille useista tiedossa olevista virhekäyttö-mahdollisuuksista, mitkä mahdollisesti olisivat aiheuttaneet tutkittavan tapauksen mukaisen FMS:n käyttäytymisen. Tutkijat kuitenkin sulkivat pois esitetyt laitteen virhekäyttömahdollisuudet suorittamiensa tutkimusten ja haastattelujen perusteella.

Yhteenvetona voidaan todeta, että järjestelmän virhetoimintoa ei varmuudella saatu selvitettyä. Tapahtuma luokitellaan ”järjestelmän satunnaiseksi, ei suunnitelluksi toiminnoksi” (System Anomaly).

Fokker Storkin tutkimukset

Myös Fokker Service:ä Hollannissa pyydettiin selvittämään HA-LMD:n FMC:ssä esiintynyt mahdollinen teknillinen järjestelmävirhe. Koska Fokker Service:llä ei ollut tapahtumasta riittäviä yksityiskohtaisia tietoja, vikamäärittelyä ei voitu tehdä.

1.11 Organisaatiot ja johtaminen

1.11.1 Ilmailulaitos

Ilmailulaitos (ILL) on valtion liikelaitos, jonka tehtävänä on tuottaa lentokenttä- ja lennonvarmistuspalveluja sekä siviili- että sotilasilmailun tarpeita varten ja harjoittaa muuta laitoksen toimialaan liittyvää liiketoimintaa.

ILL:n tehtävänä on myös huolehtia yleisestä lentoturvallisuudesta sekä antaa ilmailua koskevia määräyksiä ja ohjeita, käsitellä ilmailuun liittyviä toimituksia ja lupakirjoja sekä ilma-alusten lentotoimintaa, lentokelpoisuutta, rekisteröintiä ja kiinnittämistä koskevia asioita ja muutoinkin edistää ilmailua, huolehtia ilmailun kehittämisestä ja valvonnasta sekä muista siviili-ilmailuun liittyvistä viranomaistehtävistä. ILL huolehtii myös siviili-ilmailuun liittyvistä kansainvälisistä sopimuksista ja siviili-ilmailun kansainvälisestä yhteistyöstä siltä osin kuin ne eivät kuulu muun viranomaisen toimivaltaan.

Tapahtuma-ajankohtana voimassa ollut ILL:n työjärjestys oli päivätty 19.10.2000. Työjärjestyksen mukaan Ilmailulaitoksen perusorganisaation muodostavat konsernihallinto (pääkonttori), erillinen lentoturvallisuusasioista ilmailuviranomaisena vastaava viranomaisyksikkö (Lentoturvallisuushallinto), tulosityksiköt (lentoasemat, lennonvarmistuskeskukset ja Avia College) sekä Ilmailulaitoksen sisäiset tulosvastuulliset tulosityksiköt. Lisäksi liikelaitoskonserniin kuuluu tytäryhtiöitä, joiden perustamisesta ILL:n hallitus päättää erikseen.

Pääkonttori

Pääkonttorissa on toimitusjohtaja (pääjohtaja), sihteeristö, hallinto-osasto (hallintotoimiala), talousosasto (taloustoimiala), kenttäosasto (kenttätöimiala) ja lennonvarmistusosasto (lennonvarmistustoimiala) sekä kansainvälisten asiain toimisto (viranomaismääräykset ja kansainvälisen liikenteen luvat).

Ilmailulaitoksessa toimii toimitusjohtajan tukena kolme johtoryhmää:

- johtoryhmä, johon kuuluu toimitusjohtaja, osastojen johtajat, Lentoturvallisuushallinnon ylijohtaja sekä toimitusjohtajan määräämät muut jäsenet
- Ilmailulaitoksen turvallisuus- ja laatukomitea, johon kuuluu toimitusjohtaja puheenjohtajana, jäsenenä kenttä- ja lennonvarmistusosastojen johtajat ja viranomaisyksikön ylijohtaja, esittelijöinä ja asiantuntijoina kenttä- ja lennonvarmistusosastojen laatupäälliköt
- ympäristöasioiden johtoryhmä, johon kuuluu toimitusjohtaja puheenjohtajana, jäsenenä hallinto- kenttä- ja lennonvarmistusosastojen johtajat, ympäristöpäällikkö sekä Helsinki-Vantaan lentoasemanjohtaja.

Lennonvarmistusosasto

Lennonvarmistusosasto vastaa lennonvarmistuspalvelun (ml. ilmailutiedotuspalvelu ja lentosääpalvelu) suunnittelusta, kehittämisestä ja koordinoinnista, lennonvarmistuksen teknisistä järjestelmistä ja toimialan ympäristöasioista (melu, lentoliikenteen päästöt, energia) sekä ympäristöasiain johtoryhmän ohjauksesta koko laitoksen ympäristöasioissa. Lennonvarmistusosaston vastuulle kuuluvat lentoasemien ja lentoreittien lennonvarmistuspalvelut sekä ilmailutiedotuspalvelu.

Lennonvarmistusosastossa on johtajan alaisuudessa toimiva esikuntaryhmä sekä seuraavat yksiköt: ilmaliikenteen hallinta, lennonvarmistuksen järjestelmät, ilmailutiedotus, turvallisuuden- ja laadunhallinta, ympäristö ja Eurocat-tuki. Lennonvarmistusosaston johtajalle raportoivana Ilmailulaitoksen sisäisenä palveluyksikkönä toimii lennonvarmistustekniikka.

Turvallisuuden ja laadun varmistaminen

Ilmailulaitoksen turvallisuus- ja laatuvaastavaana toimii liikelaitoksen toimitusjohtaja. Kenttä- ja lennonvarmistusosastojen johtajat ovat toimialansa turvallisuus- ja laatuvaastavia. Tulosyksiköt ovat vastuussa oman toimialansa turvallisuudesta ja laadusta.

Pääkonttorissa on turvallisuuden ja laadun johtamista ja seuranta varten Turvallisuus- ja laatukomitea. Komitean puheenjohtajana on toimitusjohtaja. Jäsenenä toimivat kenttä- ja lennonvarmistusosastojen johtajat sekä sihteerinä osastojen laatupäälliköt. Komitean tehtävänä on johtaa ja koordinoida laatu- ja turvallisuusjärjestelmien laatimista, kehittämistä ja ylläpitoa sekä valvoa lentoturvallisuus- ja liikennealuepalveluiden toimintaa näiltä osin. Pääkonttorin osastot auditoivat ja valvovat toimialojensa turvallisuutta ja toiminnan laatua sekä raportoivat näistä toimitusjohtajalle turvallisuus- ja laatukomiteassa.

Lennonvarmistus- ja kenttäosastoilla on erillinen Turvallisuus- ja laatuorganisaatio. Muusta laatuorganisaatiosta päättää asianomaisen osaston johtaja. Osastojen vastuulla on, että

tulosityksiköiden toiminnassa havaittuihin turvallisuus- ja laatuksymyksiin tartutaan ja korjaavat toimenpiteet suunnitellaan, koulutetaan ja toteutetaan.

Tulosityksiköiden laatutoiminta toteutetaan Turvallisuus- ja laaturyhmässä. Tulosityksikön päällikkö on oman yksikkönsä turvallisuus- ja laatuvaastaava ja päättää yksikkönsä laatupäälliköistä ja muusta laatuorganisaatiosta.

Lennonvarmistusosaston organisaatioon kuuluu turvallisuuden- ja laadunhallinta, jota johtaa laatupäällikkö. Yksikön toiminnasta ei ole olemassa kirjallista työjärjestystä eikä se osallistu toimialan päätösasioiden valmisteluun. Toiminnan pääasiallinen vastuualue on poikkeamien ja niitä koskevien tietojen hallinta. Se sisältää poikkeama- ja havaintoilmoitusten sekä Ilmailulaitosta koskevien vaaratilanneilmoitusten hallinnan ja sisäisen tutkinnan. Lisäksi toimiala on vastuussa asioiden esittelystä osaston Turvallisuus- ja laatuosastossa ja toimii pääjohtajan apuna Turvallisuus- ja laatuosastossa.

Helsinki-Vantaan lentoaseman 3. kiitotien käyttöönottoprojekti (HelKo)

Lennonvarmistusosaston projektisuunnitelman (2.11.2000 versio 2,0) mukaan Helsinki-Vantaan kolmannen kiitotien suunnittelua ja käyttöönottoa varten perustettiin erillinen projekti (HelKo). Sen ensisijaisena tehtävänä oli koota operatiiviseen käyttöön liittyvät osatekijät yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi ja vastata tehtävien toteutumisesta.

Ilmailulaitos asetti projektille johtoryhmän ja projektipäällikön. Johtoryhmän jäseninä toimivat pääjohtaja, varatoimitusjohtaja, lennonvarmistusosaston johtaja sekä Helsinki-Vantaan lentoasemanjohtaja ja projektipäällikkö. Kokonaisvastuu projektin toteutumisesta sekä taloudellisten ja toiminnallisten edellytysten luomisesta oli johtoryhmällä. Projektipäälliköksi nimitettiin lennonvarmistusosaston esikuntaryhmän apulaisjohtaja. Johtoryhmän lisäksi projektiin kuuluivat ydin- ja tukiryhmät sekä osaprojektit. Projektin päätaavoitteena oli uuden kiitotiekokoonpanon käyttöönottovalmius kattaen toimintamenetelmät, käyttökäsikirjat ja henkilöstön toimintavalmiudet sekä edellytykset johtoryhmän määrittämälle tavoitteelliselle toimintakapasiteetille. Osatavoitteena olivat mm. lähestymisalueen uusien lähtö- ja tulomenetelmien sekä niihin liittyvien lentoreittien käyttöönotto, turvallisuus ja riskiselvitysten toteuttaminen sekä viranomaishyväksyntöjen teettäminen.

Ydinryhmän tehtävänä oli seurata osaprojektien etenemistä ja koordinoita niiden keskinäistä toimintaa sekä esittää johtoryhmälle projektitoimintaan liittyvät mahdolliset muutokset. Tukiryhmän tehtävänä oli seurata projektin etenemistä ja kiitoteiden käyttöön liittyviä operaattoreiden ja yhteiskunnan etuja.

Projektiryhmän tehtävänä oli vastata projektin käytännön toteutuksesta mukaan lukien koulutus, viranomaishyväksynnät ja julkaisutoimenpiteet sekä raportoida kuukausittain johtoryhmälle ja sidosprojekteille. Lisäksi sen tehtävänä oli vastata toteutettavien osaprojektien turvallisuus- ja riskiselvitysten tekemisestä sekä projektin sisäisestä ja ulkoisesta tiedottamisesta. Projektiryhmän velvollisuutena oli myös tehdä tarvittavat muutosesitykset projektisuunnitelmaan ja esitellä ne johtoryhmälle.

Projektin osaprojekteina ja -tehtävinä olivat kiitoteiden käyttö, työmenetelmät, ilma-alusten paikoituspaikat, meluntorjuntasuunnitelman laadinta, kunnossapitotoiminta, enusteluvut, maaliikennetoiminnot, tiedotustoiminta sekä muut osatehtävät.

Kiitoteiden käyttö -osaprojektin suunnitteluvastaavana toimi ilmatilan menetelmistä vastaava suunnittelupäällikkö. Osaprojektin tehtäviin kuului muun muassa RNAV-transitiomenetelmien määrittely, turvallisuus- ja riskiselvitykset, koulutus sekä tarvittavien viranomaishyväksyntöjen valmistelu.

Lentoturvallisuushallinto

Lentoturvallisuushallinnon toimintaa johtaa ylijohdaja. Hänen apunaan toimii kehittämissiimi, johon kuuluu muun muassa laatu- ja koulutusvastaava. Lentoturvallisuushallinnon laadunvarmistusjärjestelmä on kuvattu sen toiminta- ja laatukäsikirjassa. Lentoturvallisuushallinnon tehtävänä on ilmailuviranomaisena huolehtia yleisestä lentoturvallisuudesta sekä antaa lentoturvallisuuden varmistamiseksi määräyksiä ja ohjeita. Sen tehtävänä on myös käsitellä ilmailuun liittyviä toimilupia ja lupakirjoja sekä ilma-alusten lento-toimintaa, lentokelpoisuutta, rekisteröintiä ja kiinnittämistä koskevia asioita. Lentoturvallisuushallinnon tehtävänä on muutoinkin valvoa ilmailutoiminnan turvallisuutta sekä huolehtia lennonvarmistus- ja kenttätoimialan viranomaisvalvonnasta ja -hyväksynnästä.

Lentoturvallisuushallinto jakautuu lentotoimintatoimistoon, teknilliseen toimistoon, hallintopalveluihin sekä kenttä- ja lennonvarmistustoimistoon. Kenttä- ja lennonvarmistustoimisto jakaantui tapahtumahetkellä lentokenttä-, lennonjohto- ja lentomittausjaostoon. Lentoturvallisuushallinnon 1.12.1999 julkaistun toiminta- ja laatukäsikirjan mukaan lennonjohtajaosto:

- seuraa, valmistelee ja soveltaa jaoston toimialaan kuuluvia kansainvälisiä sää-döksiä
- valmistelee ja soveltaa lentosääntöjä yhteistyössä lentotoimintajaoston kanssa
- valvoo ja tarkastaa lentoturvallisuuden kannalta lennonvarmistusosaston antamaa ilmaliikennepalvelukoulutusta
- valvoo ja tarkastaa lentoturvallisuuden kannalta lennonvarmistusosaston valmis-telemia normeja ja ohjeita
- valvoo lentoturvallisuuden kannalta lennonvarmistusosaston menetelmäsuunnit-telua, järjestelmiä ja ilmailutiedotuspalvelua
- toimii lausunnon antajana koulutus- ja lupakirjajaostolle ilmailuliikennepalvelun henkilöstön koulutukseen sekä lupakirjoihin, kelpoisuustodistuksiin ja kelpuutuk-siin liittyvissä asioissa
- tarkastaa lennonvarmistuselimien järjestelmiä, laitteita, varustusta, menetelmiä, toimintaa ja lennonvarmistuselimien yhteistoimintamenetelmiä sekä valmistelee näitä koskevat käyttöön liittyvät hyväksymis- ja muut päätökset
- valmistelee radiosuunnistuslaitteiden, -järjestelmien ja -menetelmien käyttöön liittyvät hyväksymispäätökset.

- tutkii lennonvarmistustoiminnassa tapahtuneet ne toimintahäiriöt ja rikkomukset, joita Onnettomuustutkintakeskus ei tutki, ja valmistelee näiden johdosta tehtävät päätökset rikkomusten osalta yhteistyössä hallintopalveluiden kanssa.

Tähän tutkittavaan tapaukseen liittyen lennonjohtaja ei valmistellut RNAV-menetelmien käyttöön liittyviä hyväksymispäätöksiä.

1.11.2 Lentoyhtiö Malev Plc.

Yleistä

Malev Plc:n toimintaa johtaa Unkarin Ilmailuviranomaisen (Hungarian Civil Aviation Authority, HCAA) hyväksymä pääjohtaja, jonka suoranaisina alaisina toimivat JAR-OPS 1:n määrittämät vastuulliset toimialajohtajat: lentotoiminnan johtaja, teknillinen johtaja ja maatoiminnan johtaja. Yhtiöllä on JAR-OPS 1:n mukainen laatujärjestelmä, jota johtaa laadunvarmistus- ja lentoturvallisuusosaston johtaja. Edellä mainittujen vastuullisten toimialajohtajien tehtävänä on vastata oman toimialansa koulutuksesta ja siitä, että yhtiön lentotoiminta toteutetaan turvallisesti lentokelpoisilla ja määräysten mukaisesti huolletuilla ilma-aluksilla. Tutkintaselostuksessa mainitut yhtiötä koskevat tiedot perustuvat pääasiassa 15.7.2001 päivättyyn Malev:n lentotoimintakäsikirjaan (Flight Operations Manual, FOM). Malev:lla oli voimassa oleva Unkarin siviili-ilmailu-viranomaisen 14.8.2001 myöntämä ansiolentolupa (Air Operator Certificate, AOC).

Lentotoimintaosasto

Lentotoiminnanjohtajana toimii yhtiön pääohjaaja, jonka suoranaisessa alaisuudessa ovat koulutuskeskus, lennon suunnittelu- ja valmisteluryhmä, Boeing B-767-, Boeing B-737- ja Fokker 70 -tyyppiryhmät sekä matkustamomiehistöryhmä. Tyyppiryhmien toimintaa johtaa tyyppiryhmän pääohjaaja.

Malev:n lentotoimintaosaston organisaatiokaavio on selkeä, mutta lentotoimintakäsikirjassa lentotoimintaosaston johtosuhteet määrittävä tekstiosuus ja käsikirjan eri organisaatiokuvat eivät vastaa toisiaan. Organisaatiokuvassa lento-osaston johtajan lokeroon on merkitty myös pääohjaaja, mutta tekstiosuudessa heidän tehtäviensä yhdistämistä ei ole määritetty. Tämän johdosta yhtiön pääohjaajan ja tyyppiryhmien pääohjaajien välinen suhde jäi tutkijoille epäselväksi.

Lennon suunnittelu- ja valmisteluryhmään kuuluvat muun muassa tallenneryhmä ja lentosuunnistustoimisto. Tallenneryhmän vastuulle kuuluvat rekisterit ja tietotallentimet, mutta sen tehtäviä ei ole FOM:ssä eritelty tarkemmin. Lentosuunnistustoimiston suunnistusryhmän tehtäviin kuuluu yhdessä lentotoimintaosaston kanssa muun muassa lentojen suunnittelu ja valmistelu, tietojen käsittely ja tallentaminen sekä lentojen valvonta ja yhteydenpito.

Lentotoimintakäsikirja, Osa A (FOM-A)

Malev:n FOM:n laatii ja tarvittavista korjauksista sekä käsikirjan ajan tasalla pitämisestä vastaa lento-osaston hallintoon kuuluva dokumentointitoimisto.

JAR-OPS 1.420 "Poikkeustilanteista ilmoittaminen" määrittää, että ilma-aluksen päällikön tai lentotoiminnanharjoittajan on ilmoitettava viranomaisille, ellei poikkeuksellisista olosuhteista johtuen ole mahdotonta, 72 tunnin kuluessa kaikista tapahtumista, joissa lennon turvallinen suorittaminen on vaarantunut tai saattanut vaarantua. Lisäksi kohdassa c) "Yhteentörmäysvaarat ja ilmaliikennepalvelun häiriöt" määritetään, että *"ilma-aluksen päällikön on viipymättä ilmoitettava asianomaiselle ilmaliikennepalveluelimelle vaaratilanteesta ja kerrottava aikomuksistaan tehdä vaaratilanneilmoitus lennon päätyttyä, kun ilma-alus on lennon aikana ollut vaarassa seuraavista syistä: (i) yhteentörmäysvaara minkä tahansa lentävän laitteen kanssa, (ii) virheelliset lennonjohtomenetelmät tai niiden menetelmien noudattamatta jättäminen, joita ilmaliikennepalvelun tai ohjaamomiehistöön olisi pitänyt noudattaa, (iii) ilmaliikennepalvelun laitteiden häiriö"*.

FOM:n alaluku 11.2.1 "Serious Occurrences Categories" määrittää yhteentörmäysvaaratilanteen vakavaksi vaaratilanteeksi ja luvussa 11.6 "Accident – Notification, Responsibilities, Reporting" määritetään, että kuka tahansa, saatuaan tiedon lennon aikana tapahtuneesta vaaratilanteesta tai epänormaalista tilanteesta, on velvoitettu ilmoittamaan asiasta välittömästi yhtiön liikenteen valvonnan vuoropäällikölle. Lisäksi FOM:n alaluvussa 11.6.2 "Reporting" on määritetty, että ulkomailla tapahtuneista vaaratilanteista on tiedotettava:

- Unkarin Ilmailuviranomaisen vaaratilanteiden seurantaryhmälle
- Malev:n lentoturvallisuusosastolle
- Malev:n liikennevalvontakeskukselle ja
- tarvittaessa lentomiehistöön käyttöryhmälle.

FOM:ssä ei ole määritetty aikarajaa vaaratilanneilmoituksen jättämiselle, kuten JAR-OPS 1 edellyttää. Ilma-aluksen päällikkö ei ilmoittanut tapahtuneesta toimintakäsikirjan edellyttämällä tavalla. Hän kertoi tapahtuneesta vaaratilanteesta yhtiön F28-tyyppiryhmän pääohjaajalle ja tämän varamiehelle lennettyään takaisin Budapestiin seuraavana päivänä.

MAH742:n päällikkö ei kertomansa mukaan raportoinut asiasta Unkarin ilmailuviranomaiselle, koska ei saanut väistökäskyä (RA) ilma-aluksen TCAS-järjestelmästä.

Tutkijat havaitsivat perehtyessään Malev:n FOM:iin, että siitä puuttuu onnettomuus- ja vaaratilannetutkinnan turvaamiseksi erityisesti seuraavien JAR-OPS 1:n määräysten mukaiset toimintaohjeet:

- JAR-OPS 1.085 "Miehistöön velvollisuudet", kohta (f), alakohta (9)(i) lentoarvotalennin ja (ii) ohjaamoäänitin.
- JAR-OPS 1.160 "Lennonrekisteröintilaitteen tallenteiden säilyttäminen, toimitaminen ja käyttö" (Preservation, production and use of flight data recorder recordings) kohta (a) "Tallenteiden säilyttäminen"
- JAR-OPS 1 Luvun P kohdan 1.1045 Liite 1 "Toimintakäsikirjan sisältö", kohta 2. "Toiminnan ohjaus ja valvonta", alakohta (c) "Lentoon liittyvien asiakirjojen, tallenteiden ja muiden tietojen valvonta, analysointi ja säilytys".



1.12 Onnettomuusuhan havaitseminen

Tutkijat havaitsivat lennonvarmistusmateriaalin julkaisuissa, lennonjohtajien koulutuksessa sekä lentosuunnitelmätietojen välittämisessä puutteita, jotka olisivat voineet myötävaikuttaa vastaavanlaisen vaaratilanteen syntymisen tai jopa lento-onnettomuuden. Tämän johdosta tutkijat ottivat perustuen onnettomuuksien tutkinnasta Suomessa annetun asetuksen 12.2.1996/97 10 §:ään yhteyden Ilmailulaitoksen lennonvarmistusosastoon kirjallisesti ensimmäisen kerran 10.6.2002 mainittujen epäkohtien poistamiseksi. Vastaukset esitettiin puutteisiin saatiin suullisesti, mutta pyynnöistä huolimatta kirjallista vastausta ei saatu. Tutkijat laativat edellä mainitun asian johdosta uuden kirjeen lennonvarmistusosaston osastonjohtajalle 26.9.2002. Vastaus siihen saatiin 11.10.2002.

2 ANALYYSI

2.1 RNAV-menetelmien perusteet, suunnittelu ja toteutus

Helsinki-Vantaan lentoaseman kolmannen kiitotien suunnittelua ja käyttöönottoa varten perustettiin projekti. Sen osatavoitteisiin kuuluivat mm. lähestymisalueen uusien lähtö- ja tulomenetelmien sekä niihin liittyvien lentoreittien käyttöönotto, turvallisuus ja riskiselvitykset sekä viranomaishyväksyntöjen teettäminen. ”Kiitoteiden käyttö” -osaprojektin tehtäviin kuului RNAV-transitiomenetelmien suunnittelu, määrittely, turvallisuus- ja riskiselvitykset, koulutus sekä tarvittavien viranomaishyväksyntöjen valmistelu.

Suunnittelutyö perustui EUROCONTROL:n menetelmäsuunnittelua ja menetelmäkarttojen laatimista koskeviin asiakirjoihin. Niiden perusteella ilmatilan käyttö, transitioiden reititys, reittipisteiden määrä ja niiden väliset etäisyydet osoittivat selkeästi, että Helsinki-Vantaan RNAV-transitiot olivat P-RNAV-vaatimusten mukaisia tuloreittejä. Mainitut ohjeet edellyttivät, että sekä B- että P-RNAV-transitoreittien olisi tullut olla selkeästi tunnistettavissa kartoista ja lennonjohtoselvityksistä. Asia ei käynyt ilmi vaaratilanteen tapahtumahetkellä voimassa olleista Helsinki-Vantaan RNAV-transitiokartoista eikä lennonjohton antamasta tuloseelvityksestä. Karttoihin tehtiin merkintä ”P-RNAV Approval Required” (P-RNAV-hyväksyntä vaaditaan) vasta 28.11.2002 julkaistussa AIP:n muutoksessa. Tätä ennen Helsinki-Vantaan RNAV-transitioiden P-RNAV-menetelmien vaatimustaso ilmeni selkeästi ainoastaan lennonjohton RNAV-koulutusmateriaalista.

Edellisen lisäksi tapahtumahetkellä voimassa olleessa AIP:ssä ei oltu julkaistu P-RNAV-transitioiden menetelmävaatimuksia EUROCONTROL:n ohjeistuksen mukaisesti. Ennen tapahtumaa voimassa olleista AIC-julkaisuista saattoi saada sellaisen käsityksen, että RNAV-toiminta lähestymisalueilla Suomessa on B-RNAV-perusteista. Tutkijoiden näemyksen mukaan Helsinki-Vantaan RNAV-menetelmien suunnittelu ja toteutus sekä voimassa olleet kansalliset ilmailutiedotusjulkaisut (AIP ja AIC) eivät olleet yhdenmukaisia keskenään.

2.1.1 Turvallisuustarkastelun vaara-analyysi

Helko-projektiryhmän tekemän Turvallisuudenvarmistusasiakirjan (29.3.2001) vaara-analysissä mainittu RNAV-transitioiden kenttäkoe suoritettiin kahdeksalla Airbus-koneella tehdyllä koelennolla. Kokeeseen osallistuneen lentoyhtiön AOC:n mukaan kansallinen viranomainen oli myöntänyt sen Airbus A321, A320 ja A319 -koneille B-RNAV- ja P-RNAV-hyväksynnät sekä RNP1:n mukaisen suorituskyvyn. Helsinki-Vantaan RNAV-transitokarttoja ei oltu vielä tuolloin otettu virallisesti käyttöön. Tutkijoille jäi epäselväksi se miten kokeeseen osallistuneiden ilma-alusten NDB-tietokannat oli koodattu Helsinki-Vantaan RNAV-menetelmien osalta ja millaisella lupahyväksynnällä ja RNAV-transitiokartoilla koe suoritettiin reittilennon yhteydessä matkustajat mukana.

Vaara-analysissä ei käsitelty lainkaan, kuinka B-RNAV- ja P-RNAV-hyväksytyjen ilma-alusten eroavuudet huomioidaan ilmailukennepalvelussa. Asiakirjassa ei käsitelty myös-

kään Helsinki-Vantaan P-RNAV-menetelmien hyväksynnän edellyttämää DME-laitteiden estevaratarkastelua eikä ilmailutiedotuspalvelun julkaisumenettelyä.

2.1.2 Selvitystyö Helsinki-Vantaalle liikennöivien ilma-alusten P-RNAV-toimintakyvystä

RNAV-transitioihin liittyen Ilmailulaitos (HelKo-projekti) teetti keväällä 2001 selvitystyön Helsinki-Vantaalle liikennöivien eri lentoyhtiöiden valmiudesta JAA TGL 10:n mukaiseen P-RNAV-toimintaan. Lentoyhtiöiltä saatu palaute perustui niiden omiin arvioihin liikennöinti- ja lentokelpoisuuskyvystä. HelKo-projekti ja selvitystyön tekijä eivät varmistaneet eri maiden ilmailuviranomaisilta sitä, mitkä eri lentoyhtiöiden ilma-alukset oli hyväksytty B- ja P-RNAV-menetelmien mukaiseen toimintaan otettaessa Helsinki-Vantaan RNAV-transitiot käyttöön 14.6.2001. Palautteesta ilmenee, että lentoyhtiöt arvioivat tulevan P-RNAV-toimintansa valmiudet aivan liian optimistisesti. Tästä johtuen selvitystyön yhteenveto oli myös liian optimistinen.

2.1.3 RNAV-transitoiden hyväksyminen

Ilmailutiedotusyksikkö esitti lennonvarmistusosastolle Helsinki-Vantaan RNAV-transitoiden hyväksymistä asiakirjalla Dnro 8/590/2001. Esityksessä korostettiin hyväksymisen koskevan ainoastaan asiaa koskevan materiaalin julkaisemista AIRAC-järjestelmän mukaisesti AIP:ssä. Esityksen liitteenä oli ilmailutiedotuksen laatima muistio esille tulleista menetelmien epäselvyyksistä ja ongelmista, joista ilmailutiedotuksella ja HelKo-projektilla oli eriäviä mielipiteitä.

Ilmailulaitoksen liikelaitososalla ja Lentoturvallisuushallinnolla on kattavat laatujärjestelmät, joiden tehtävänä on valvoa lentoturvallisuuden toteutumista niiden eri toimialoilla. Lennonvarmistusosastolta saadun selvityksen mukaan Helsinki-Vantaan uusien RNAV-menetelmien suunnitteluun ja toteutukseen liittyneitä asiakokonaisuuksia ei käsitelty liikelaitoksen turvallisuus- ja laatukomiteassa eikä lennonvarmistusosaston turvallisuus- ja laatutoimikunnassa. Tutkijoiden käsityksen mukaan mainitut asiat olisi tullut käsitellä Ilmailulaitoksen eri laatuorganisaatioissa paitsi asian yleisen merkityksen vuoksi erityisesti, koska lennonvarmistusosaston ja HelKo-projektin kesken oli ilmennyt eriäviä mielipiteitä RNAV-menetelmien toteutustavoista. Uusien lentomenetelmien käyttöönotolla on aina merkittävä vaikutus lentoturvallisuuteen. Tämän tutkittavan tapahtuman osalta lennonvarmistusosaston ja Lentoturvallisuushallinnon toimivilta organisaatioilta sekä liikelaitoksen ja Lentoturvallisuushallinnon laadunvarmistusjärjestelmiltä on tutkijoiden käsityksen mukaan puuttunut toimintoja varmentavat mekanismit joko kokonaan tai sitten ne ei eivät ole toimineet riittävän tehokkaasti. Varmentavien mekanismien avulla RNAV-menetelmien suunnittelussa ja toteutuksessa nyt esiintyneet puutteet olisi voitu havaita varmemmin ja puuttua niihin ajoissa.

Lennonvarmistusosasto hyväksyi Helsinki-Vantaan RNAV-transitiot julkaistavaksi AIP:ssä. Osaston mukaan Lentoturvallisuushallinto ei ollut antanut sille erikseen määräyksiä RNAV-transitoiden suunnittelua ja käyttöönottoa varten eikä niitä myöskään erikseen hyväksynyt. Lennonvarmistusosaston antaman selvityksen mukaan toiminta on perustunut kansainväliseen käytäntöön ja sen katsottiin kuuluneen normaaliin lennonvar-

mistososaston toteuttamaan ilmatilan hallintaan. Ilmailulaitoksen työjärjestys määrittää lennonvarmistusosaston tehtäväksi esitysten valmistelemisen Lentoturvallisuushallinnolle lentomenetelmien hyväksymistä varten. Työjärjestys ei kuitenkaan sisällä tarkennettuja menettelytapoja hyväksyntämenettelyn toteuttamiseksi eikä siinä eritellä, mitkä lentomenetelmät vaativat hyväksynnän ja mitkä eivät. Lennonvarmistusosaston informoitua Lentoturvallisuushallintoa uusista RNAV-menetelmistä, se ei edellyttänyt siltä erillistä hyväksyntämenettelyä niiden käyttöönottamiseksi.

Ilmailulaitoksen työjärjestys edellyttää Lentoturvallisuushallinnon huolehtivan lennonvarmistustoimialan viranomaisvalvonnasta ja –hyväksynnästä. Lentoturvallisuushallinnon toiminta- ja laatukäsikirja velvoittaa lennonjohtajaoston suorittamaan valmistelutyön viranomaishyväksyntää varten. Tutkijoiden käsityksen mukaan uusien lentomenetelmien käyttöönoton edellyttää aina laajaa keskustelua ja kanssakäymistä ilmailuviranomaisyksikön sisällä ja suunnittelevan yksikön kanssa, koska muun muassa ilma-alusten ja liikennöitsijöiden RNAV-toimintaa varten tarvitaan sekä lentotoimintatoimiston että teknillisen toimiston erillishyväksynät. Lennonvarmistusosaston ja Lentoturvallisuushallinnon tehtävät sekä lentomenetelmien lentoturvallisuusnäkökohdat huomioon ottaen, hyväksyttäminen olisi pitänyt toteuttaa.

Tutkittavan tapahtuman jälkeen julkaistiin AIC A7/2002 (15.7.2002), joka käsitteli Ilmailulaitoksen päätöstä P-RNAV-vaatimuksesta Suomen lentotiedotusalueilla 28.11.2002 alkaen. AIC:n liitteenä ollut Ilmailulaitoksen normisarjan normin N:o 3/2002 (9.7.2002) julkaistiin ainoastaan suomen ja ruotsin kielellä. AIC:n tiedot sisällytettiin Suomen ilmailukäsikirjaan, ja se kumottiin AIP:n muutoksella 58/28.11.02. Siinä julkaistiin tiedot nyt myös englannin kielellä. Normissa on erittäin seikkaperäisesti ja selkeästi julkaistu P-RNAV-menetelmän vaatimukset Suomessa. Tutkijoiden käsityksen mukaan tämä normi olisi pitänyt julkaista jo ennen 14.6.2001 voimaan tulleita Helsinki-Vantaan RNAV-transitioita, koska jo tuolloin RNAV-menetelmiä koskevat ICAO:n, EUROCONTROL:n ja JAA:n asiakirjat oli julkaistu. Ne olivat voimassa jo suunnitteluvaiheessa.

Nykyinen 28.11.2002 voimaan tullut ohjeisto edellyttää, että lentäessään AIP:ssa mainittuja lähi- ja lähestymisalueille julkaistuja RNAV-menetelmiä, ilma-alusten (pl. valtion ilma-alukset) ja niiden käyttäjien on oltava asianmukaisesti tarkkuusalue suunnistukseen hyväksytyjä ellei Ilmailulaitos erityisistä syistä toisin määrää. Toistaiseksi tällaisia menetelmiä on julkaistu Suomessa ainoastaan Helsinki-Vantaan lentoasemalle.

2.2 RNAV-toiminnan lentokelpoisuushyväksyntä ja toimilupa

JAA:n TGL:t 2 ja 10 antavat perusteet ja edellytykset ilma-alusten varustamiseksi B-RNAV- ja/tai P-RNAV-laitteilla. Ohjeet ovat perustana myös ilmailuviranomaisille heidän myöntäessään ansiolentoluvat ja lentokelpoisuushyväksynät tarkkuusvaatimusten mukaisesti. Ohjeet antavat selkeät toimintalinjat liikennöitsijöille, laitevalmistajille ja ilmailuviranomaisille. Ohjeistus havainnollistaa selkeästi ilma-alusten laitteiden toiminta- ja käyttörajoitukset vaaditun suorituskyvyn (RNP) ja muiden ominaisuuksien osalta, kuten tämän selostuksen kohdassa 1.10.6 on esitetty. Perusaluesuunnistuksen tarkkuusvaatimus on ± 5 merimailia ja tarkkuusalue suunnistuksen ± 1 merimaili, joten näiden kahden

menetelmän tarkkuusvaatimusten eroavuudet ovat merkittävät. Helsinki-Vantaan transitioreitit oli suunniteltu ja toteutettu P-RNAV-perusteisesti, jossa muun muassa tarkkuusvaatimus oli ± 1 merimaili. Koska Malevin Fokker 70 oli varustettu B-RNAV-toiminnan mahdollistavien laitteiden ja koska liikennöitsijällä oli Unkarin ilmailuviranomaisen myöntämä B-RNAV-liikennöintilupa, Malevin ilma-alus ei olisi saanut lentää Helsinki-Vantaan transitiota PVO 1C.

Yksi merkittävistä laitevaatimuseroista B- ja P-RNAV lentokelpoisuushyväksyntöjen välillä on suunnistustietokantaan tallennettavien reittipisteiden määrä. B-RNAV-toimintaan hyväksytyin Fokker 70 -ilma-aluksen FMS:ltä vaaditaan ainoastaan neljän reittipisteen tallentamismahdollisuus, kun sitä vastoin PVO 1C -transitiossa on kuusi reittipistettä.

Vaikka kaikki Helsinki-Vantaan RNAV-menetelmien käyttöönottoon liittyneet valmistelut ja niiden toteutus viittasivat siihen, että menetelmien lentäminen edellyttää käyttäjiltä P-RNAV-toimintakykyä niin siitä huolimatta ohjeistuksen edellyttämät transitiokarttamerkinnät puuttuivat kokonaan. Menetelmän tarkkuusvaatimus ei ilmennyt myöskään lennonjohtoselvityksestä.

2.3 Lentosuunnitelma

Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön (International Civil Aviation Organisation, ICAO) lentosuunnitelmalomakkeen (Filed Flight Plan, FPL) täyttöohjeen mukaan kohdassa 10 "Laitteet/valvontalaitteet" tulee ilmoittaa ilma-aluksessa olevat käyttökuntoiset yhteydenpito- ja suunnistuslaitteet. Tähän kohtaan tulee merkitä mm. ilma-aluksen RNP-kyky R-kirjaimella. Huomautuksessa mainitaan, että R-kirjaimen merkintä kohtaan 10 osoittaa, että ilma-alus täyttää koko reitille tai sen osalle ja/tai kyseiselle alueelle vaadittavan suunnistustarkkuuden. Pelkkä R-kirjain ei ilmaise ilma-aluksen RNP-kykyä koko lentoa varten. Ongelmaksi muodostuu tilanne, jossa B-RNAV-toimintaan hyväksytty ilma-alus lentää reittisuutensa RNP 5-vaatimusten mukaisesti, mutta määränpään lähestymisalueen aluesuunnistusmenetelmät ovatkin P-RNAV-perusteisia. Tässä tilanteessa tutkijoiden käsityksen mukaan Helsinki-Vantaalle lentävien ilma-alusten FPL:n kohtaan 10 tulisi merkitä R-kirjain silloin, kun ilma-alus täyttää RNP5-vaatimutason reittisuudella. Lisäksi kohtaan 18 tulisi merkitä lennon tilanne (status, STS) esim. STS/P-RNAV INOP, koska ilma-alus ei täytä RNP1-vaatimusta lähestymisalueella. Kun ilma-alus täyttää RNP1-vaatimutason, kohdan 10 R-kirjainmerkintä tarkoittaa, että ilma-alus täyttää vaatimukset sekä reittisuudelle että lähestymisalueen transitioreiteille, kuten AIC:n B 3/2001 liitteen 3, kohdassa 18 STS/ f) *"Ilma-alukset, joiden RNAV-laitteet eivät ole toimintakuntoisia tai eivät enää vastaa niille annettuja minimivaatimuksia"* ja sen esimerkissä on julkaistu.

Toistuvaislentosuunnitelmien (Repetitive Flight Plan, RPL) sisältöä ja käyttöä koskevat menetelmät, joita sovelletaan Suomessa, on julkaistu AIC:ssa B6/2002 (2.6.2002). AIC:n liitteen 1 kohdassa Q todetaan: *"Merkitse ao. ATS-viranomaisen mahdollisesti vaatimat tiedot FPL-lomakkeen kohdan 18 mukaisesti."* Edellä mainitun perusteella kyseiseen kohtaan tulee merkitä STS/P-RNAV INOP, kun ilma-alus on hyväksytty vain B-RNAV-toimintaan. MAH742:n RPL:sta ei ilmennyt, että se oli ainoastaan B-RNAV-kykyinen.

Lentosuunnitelmatietojen sisältöä koskevat kansalliset poikkeukset ja lisämääräykset, joita noudatetaan Suomen lentotiedotusalueilla, on esimerkkien muodossa selkeästi julkaistu ilmailukäsikirjan (AIP) kohdassa ENR 1.10-3 sekä ilmailutiedotuksissa AIC B3/2001 ja AIC B6/2002. Kuitenkaan lentosuunnitelmien laatijat ja niiden vastaanottajat eivät ole osanneet tai huomanneet hyödyntää edellä mainittujen ohjeiden antamia mahdollisuuksia. Tutkijoiden käsityksen mukaan ilmaliikennepalveluyksiköiden lentosuunnitelmatietojen käsittelyyn tulisi saada aikaan menettelytavat, joilla varmistetaan, että yksiköillä olisi työskentelyssään mahdollisuus saada oikeat ja tarkat tiedot muun muassa ilma-alusten kyvystä eri RNAV-menetelmien lentämiseen.

2.4 Lennonjohdon toiminta

Helsingin lähestymislennonjohdolle oli ohjeistettu epävirallisella listalla, että tulokset RNAV-transitioon annetaan vain niille ilma-aluksille, joiden tiedettiin olevan P-RNAV-kelpoisia. Lista oli muodostunut ajan myötä sillä perusteella, mitkä lentoyhtiöt hyväksyivät käytännössä RNAV-selvityksen ja kuinka tarkasti ne kykenivät lentämään niille annetun transition. Myös Malev-lentoyhtiö oli tällä listalla, vaikka sen ilma-alukset eivät olleet Unkarin ilmailuviranomaisen P-RNAV-toimintaan hyväksymiä.

Lähempi tarkastelu osoitti, että listalla oli muitakin lentoyhtiöitä, jolla ei ollut yhtään P-RNAV-toimintaan hyväksytyä ilma-alusta. Lisäksi listalla oli eräs yhtiö, jonka ilma-aluksista vain osa oli P-RNAV-toimintaan hyväksytyt. Paria poikkeusta lukuun ottamatta yhtiön kaikille ilma-aluksille annettiin kuitenkin lupa lentää RNAV-transitiota. Listalla olevien eri lentoyhtiöiden ilma-aluksien P-RNAV-hyväksyntää ei oltu tarkastettu kansallisilta ilmailuviranomaisilta.

APP-lennonjohtajan MAH742:lle antama selvitys PVO 1C -transitioon perustui edellä mainittuun listaan. MAH742 ei kieltäytynyt saamastaan selvityksestä, koska ohjaamomiehistö ei tiennyt Helsinki-Vantaan transitioiden lentämisen edellyttävän heiltä P-RNAV-toimintakykyä. He luulivat saavansa lentää selvityksessä annetun RNAV-transition B-RNAV-kelpuutuksella. Tutkijoiden käsityksen mukaan APP-lennonjohtaja olisi vektoroinut MAH742:n ILS-lähestymiseen kiitotielle 15, jos hän olisi tiennyt, että ilma-alus ei ollut kelpuutettu lentämään sille annettua P-RNAV-transitiota.

Muodostumassa olleesta liikennetilanteesta johtuen APP-lennonjohtaja teki jo varsin aikaisessa vaiheessa ratkaisun ilma-alusten tulojärjestyksestä ja otti suurempaa nopeutta lentävän MAH742 lähestymään kiitotietä 15 ennen ilmavoimien C21:tä. ARR-lennonjohtaja hyväksyi menettelyn, vaikka nopeasti kehittyvä liikennetilanne muodostui lennonjohdollisesti hankalaksi. Tässä vaiheessa MAH742:lla oli kuljettavaa matkaa kahdeksan merimailia enemmän kuin C21:llä. MAH742 oli selvitetty 2000 jalan lentokorkeuteen ja C21 säilytti 4000 jalan lentokorkeutta. ARR-lennonjohtaja ja lennonjohtoharjoittelija tiedostivat ja seurasivat aktiivisesti MAH742:n ja C21:n välille muodostuvaa liikennetilannetta. Koska MAH742 loivensi liukua pienentääkseen lentonopeuttaan loppulähestymistä varten, lennonjohdon suunnittelema korkeusporrastus ei toteutunut riittävän ajoissa. ARR-lennonjohtaja ei kuitenkaan puuttanut MAH742:n hitaaseen korkeuden vähenemiseen. Lennonjohtaja olisi voinut käskä MAH742:n esimerkiksi nopeuttamaan 3000 jalan lentokorkeuden läpäisyä liukuessaan annettuun 2000 jalan selvityskorkeuteen. Toi-

senä vaihtoehtona olisi voinut olla, että C21 olisi jätetty 5000 jalan lentokorkeuteen, jolloin suunniteltu 1000 jalan korkeusporrastus olisi ollut helpommin toteutettavissa. Näin toimittuna vaaratilannetta ei olisi todennäköisesti päässyt syntymään.

Tutkijat tiedustelivat Lentoturvallisuushallinnon lennonjohtajaostolta, miksi B-RNAV-hyväksytyille ilma-aluksille annettiin selvitys Helsinki-Vantaan P-RNAV-transitioihin. Jaos perusteli menettelyä sillä, että ilma-alukset olivat jatkuvassa tutkaseurannassa ja näin ollen P-RNAV-tarkkuusvaatimuksesta voitiin luopua. ICAO:n tai EUROCONTROL:n ohjeistus ei kuitenkaan anna perusteita kyseiselle menettelytavalle. Ilmailulaitoskaan ei ole julkaissut asiasta kansallista ohjetta.

2.5 Mahdollinen ohjaamomiehISTÖN virhetoiminta tai laitevika

2.5.1 OhjaamomiehISTÖ

Suomen AIP:ssa ja Ilmailutiedotteessa AIC A 16/2001 todetaan, että ilma-aluksen päällikkö on vastuussa siitä, että ilma-aluksella ei lennetä menetelmiä, joihin sillä ei ole operatiivista hyväksyntää. Tämän perusteella HA-LMD:n päällikön olisi tullut kieltäytyä lentämästä Helsinki-Vantaan RNAV-transitio PVO 1C, mutta koska menetelmän tarkkuusvaatimusta ei oltu yksilöity, ilma-aluksen päällikkö saattoi perustellusti olettaa B-RNAV-kelpoisuutensa riittävän. On huomattava, että P-RNAV-menetelmäkelpoisuus täyttyy vasta silloin, kun sekä ohjaajilla ja ilma-aluksella on edellä mainittu kelpuus/hyväksyntä ja lentotoiminnan harjoittajalla kyseinen liikennöintilupa.

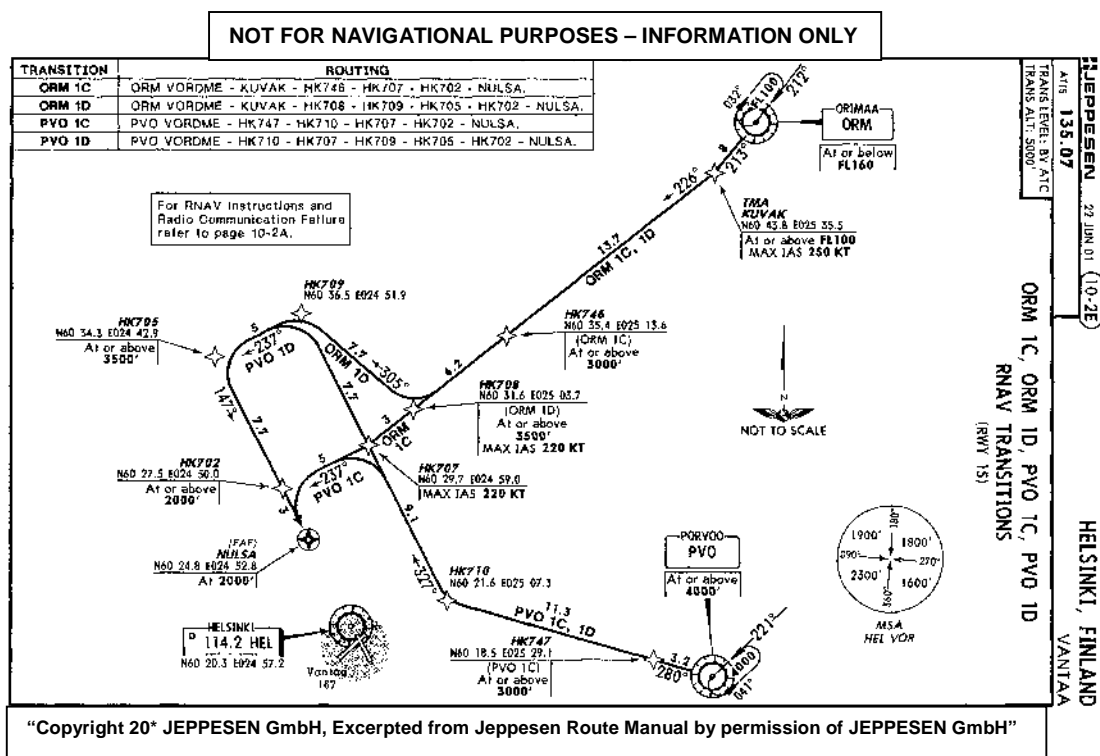
Tässä tutkittavassa tapauksessa Malevin MAH742:n ohjaamomiehISTÖllä ei ollut mahdollisuutta tietää PVO 1C -transition vaatimustasoa (B-RNAV/P-RNAV) eikä suorituskykyvaatimusta (RNP5/RNP1), koska Ilmailulaitos ei ollut julkaissut niitä AIP:ssä. Ulkomaiset reittikäsikirjatoimittajat julkaisevat käsikirjoissaan eri lentopaikkoja koskevat tiedot kansallisten ilmailuviranomaisten ilmailutiedotusjulkaisuihin perustuen.

MAH742 ei aloittanut PVO 1C -transitiossa vasenta kaarta ennen reittipistettä HK707. Samaan aikaan ARR-lennonjohtaja käski MAH742:lle välittömän kaarron, myös ilma-aluksen FMC oli ohjaamomiehISTÖN kertoman mukaan aloittanut kaarron. Ilma-alus oli jo ylittänyt HK707:n. PF keskeytti valitun NAV-toiminnon kytkemällä irti AP:n. Tämän jälkeen hän jatkoi lentoa käsin kaartamalla vasempaan lennonjohdon käskemään ohjaussuuntaan. PF ei kertomansa mukaan nähnyt suunnistusnäytöltä tietokoneen piirtämää transition ennakkokaartoreittiä lähestyttäessä HK707:ää. Hän näki reitin karttanäytöllä suorakaiteen muotoisena ilman ennakkokaartoreititystä HK710:n, HK707:n, HK702:n ja NULSA:n välillä. Tämän perusteella PF:n olisi tullut epäillä FMS:n järjestelmävikaa ja hänen olisi pitänyt pyytää ARR-lennonjohdolta tutkavektorointia tai muuta vaihtoehtoista tuloksetyistä. Lennonjohtajan käskemään kaarron aikana MAH742:n ja ilmavoimien Fokker 27:n (C21) välinen etäisyys oli lyhimmillään samansuuntaisella lentosuunnalla noin 1,85 NM. MAH742 oli tuolloin noin 100 jalkaa C21:n lentokorkeuden alapuolella.

Kun MAH742 oli juuri ennen aloittamaansa vasenta kaarta reittipisteellä HK707, C21 oli suoraan sen edessä 3,1 NM:n etäisyydellä lähes samalla korkeudella. Jos MAH742

olisi jatkanut lentoaan suoraan, se olisi ohittanut C21:n noin 200 jalkaa sen alapuolelta ja takaa noin 2,2 NM:n etäisyydeltä.

Ohjaamomiehistö käytti suunnistuksessaan kuvassa 6 esitettyä Jeppesenin karttaa, jossa oli sekä kiitotien 15 lyhyt transitioreitti PVO 1C että pitkä reitti PVO 1D. Kartan tiedot vastasivat Ilmailulaitoksen julkaiseman AIP:n tietoja. Tutkijoiden käsityksen mukaan erehtyminen tapahtuma-ajankohtana voimassa olleiden lyhyen ja pitkän transition kesken on voinut olla mahdollista erityisesti, koska ne oli julkaistu samalla karttalehdellä. Jos ohjaamomiehistö olisi valinnut transitioreitikseen PVO 1D:n, MAH742 olisi lentänyt HK707:n yli, kuten se nyt lensi. Tosin lento olisi jatkunut suoraan kohti reittipistettä HK709. Jos Jeppesenin reittikäsikirjassa olisi julkaistu Helsinki-Vantaan PVO 1C:n tarkkuusvaatimus kuten se on määritetty EUROCONTROL:n ohjeissa, MAH742:n ohjaamomiehistö olisi voinut havaita kyseisen lentomenetelmän tarkkuusvaatimuksen ja pyytää uuden vaihtoehdoisen tuloksetyksen.



Kuva 5. Ote Jeppesenin reittikäsikirjan sivusta 10-2E, 22 JUN 01

Ohjaamomiehistön eri virhetoimintamahdollisuuksia AP:n ja FMS:n käytön osalta ei voitu todentaa, koska FDR:n tallenteet eivät olleet tutkintaan käytettävissä.

2.5.2 Lennonhallintajärjestelmä

Malevin Fokker 70:n (HA-LMD) lennonhallintajärjestelmä täytti tapahtumahetkellä ainoastaan JAA:n TGL 2:n asettamat vaatimukset B-RNAV-toimintaan, joten sillä ei olisi saanut lentää P-RNAV-transitioreittejä. Lisäksi Unkarin ilmailuviranomainen oli myöntä-

nyt Maleville vain B-RNAV-liikennöintihyväksynnän, joten senkään vuoksi sen ilma-aluksilla ei olisi saanut lentää P-RNAV-menetelmiä.

Fokker 70:n FMS voi kytkeytyä irti lennolla, jos NAV- ja/tai PROF-toiminnot kytketään pois päältä käsin, FMS:n virta katkeaa, FMS vikaantuu, AP kytketään pois toiminnasta, FMS:n lentosuunnitelmatiedot ovat epäjatkuvia tai ILS:n suuntasäde- tai liukupolkutoiminto kytkeytyvät päälle tarkkuuslähestymisessä. Kaikista tapahtumista tulee joko valotai tekstihuomautus ohjaamomiehistöille, joten he saavat tiedot monista eri vikatilanteista FMS:n avulla. Ilma-aluksen lennonhallintajärjestelmän mahdollisen teknillisen vian selvittämistä olisi helpottanut, jos FMS-järjestelmään tallentuneet viisi viimeisintä sanomaa olisi luettu heti tapahtuman jälkeen. Ilma-aluksen FMS-järjestelmässä ei voitu osoittaa olleen tapahtumahetkellä mitään yksittäistä järjestelmävikaa. FDR- ja FMS-tietojen puuttuminen vaikeutti tarkastelua huomattavasti.

2.6 Tutkinnan turvaaminen

Annetun ohjeistuksen mukaan MAH742:n päällikön olisi tullut ilmoittaa Helsinki-Vantaalla tapahtuneesta vaaratilanteesta omalle ilmailuviranomaiselleen. JAR-OPS:n kohdan 1.420 "Poikkeustilanteista ilmoittaminen" mukaan ilmoittaminen olisi tullut tehdä 72 tunnin kuluessa tapahtumasta. Myös Malev oli ohjeistanut ilmoitusmenettelyn lento-toimintakäsikirjan (FOM) luvussa 11.6.2 "Reporting", mutta siitä kuitenkin puuttui ilmoittamiseen liittyvä määräaika. Ilma-aluksen päällikkö ilmoitti tapahtuman jälkeen jättäneensä ilmoitusvelvollisuuden täyttämättä, koska hän ei kertomansa mukaan saanut toiminta-ohjetta (RA) TCAS-järjestelmästä havaitsemastaan lähestyvistä ilma-aluksista. Menettelytavalle ei kuitenkaan löydetty perusteita yhtiön OM-A:sta. Tapahtuman jälkeen käydyssä puhelinkeskustelussa Helsinki-Vantaan lennonjohtaja oli kehottanut kyseistä päällikköä laatimaan vaaratilanteesta ilmoituksen ilmailuviranomaiselle, kuten hän itsekin päätti tehdä. Tästäkään huolimatta päällikkö ei sitä tehnyt. Tutkijoiden käsityksen mukaan ilmoitus olisi pitänyt tehdä.

Tutkinnassa ilmeni, että Malevin FOM:sta puuttui toimenpideohjeistus onnettomuus- ja vaaratilannetutkinnan turvaamiseksi ilma-aluksen lentoarvotallentimen ja ohjaamoäänitimen tallennetietojen erottamisen ja säilyttämisen osalta. HA-LMD:n tallenteiden tiedot olisivat olleet ensiarvoisen tärkeitä tämän tapahtuman syiden selvittämisessä.

3 JOHTOPÄÄTÖKSET

3.1 Toteamukset

1. Ilma-alusten ohjaamomiehistöillä ja lennonjohtajilla oli voimassaolevat lupakirjat ja vaadittavat kelpuutukset.
2. HA-LMD:n lentokelpoisuustodistus oli voimassa ja sillä oli Unkarin ilmailuviranomaisen myöntämä B-RNAV-lentokelpoisuushyväksyntä (RNP5) ja Malev-lentoyhtiöllä B-RNAV-liikennöintilupa. Ilma-aluksessa ja sen laitteissa ei havaittu teknillistä vikaa ennen vaaratilannetta.
3. Fokker 70:n FMC täytti tapahtumahetkellä JAA:n TGL 2:n asettamat vaatimukset B-RNAV-toimintaan.
4. MAH742:n lentosuunnitelmatiedoista ei ilmennyt ilma-aluksen RNAV-toimintakyky.
5. Helsingin lähestymislennonjohto selvitti MAH742:n seuraamaan PORVOO 1C -RNAV-transitioreittiä kiitotielle 15 ja käski tämän pitää yllä suurta lentonopeutta.
6. Helsingin lähestymislennonjohto tutkavektoroi C21:n kiitotielle 15.
7. Helsingin lähestymistutkalennonjohto luovutti hyvissä ajoin sekä MAH742:n että C21:n Helsingin tulotutkalennonjohdolle. Tulotutkalennonjohto hyväksyi ilma-aluksille annetut selvitykset ja niiden tulojärjestyksen.
8. MAH742:n ohjaava ohjaaja (PF) näki ilma-aluksen karttanäytöllä RNAV-transition reittipisteen HK710 jälkeen suorakaiteen muotoisena ilman ennakkokaartoreititystä. Tämän perusteella hän olisi voinut epäillä FMS:n järjestelmävikaa ja hänen olisi pitänyt pyytää ARR-lennonjohdolta tutkavektorointia tai muuta vaihtoehtoista tuloksetusta.
9. MAH742 ilmoitti lennonjohdolle TCAS-havainnon perusteella liikenteestä, joka oli viisi merimailia sen etupuolella ja 100 jalkaa sen alapuolella.
10. Molemmat ilma-alkukset lensivät näkölento-olosuhteissa ja MAH742 näki risteävällä lentosuunnalla lähestyneen ilma-aluksen. Vallinneilla sääolosuhteilla ei ollut merkitystä tapahtumien kulkuun.
11. MAH742 ei aloittanut RNAV-transitiomenetelmän mukaista ennakkokaartoa ennen reittipistettä HK707. Syytä tähän ei pystytty selvittämään. Ilma-aluksessa tai sen järjestelmissä ei havaittu teknillistä virhetoimintoa tai vikaa.
12. Ilma-aluksen FMC:n satunnaista vikaa tai miehistön virhetoimintoa ei tutkimuksissa pystytty täysin sulkemaan pois.
13. Kolmen merimailin tutkaporrastusminimin alittumisen estämiseksi tulotutkalennonjohto käski MAH742:n kaartaa välittömästi vasemmalle ohjaussuuntaan 220° ja C21:n kaartaa oikealle ohjaussuuntaan 330°.
14. Ilma-alkukset ohittivat toisensa noin 1,85 NM etäisyydellä lähes samalla lentokorkeudella.

15. Helsingin lähestymislennonjohto laati tapahtuneesta viranomaisen edellyttämän vaaratilanneilmoituksen sekä poikkeama- ja havaintoilmoituksen lennonvarmistusosastolle.
16. Ilma-aluksen päällikkö ei ilmoittanut porrastuksen alituksesta Unkarin ilmailuviranomaiselle Malev:n toimintakäsikirjan ohjeiden mukaisesti.
17. MAH742:n lennonrekisteröintilaitteiden tietoja ei saatu tutkijoiden käyttöön, koska niitä ei erotettu tutkintaa varten. Malev ei ollut ohjeistanut JAR-OPS 1:n mukaisesti yhtiön lentotoimintakäsikirjassa lennonrekisteröintilaitteiden tietojen taltioimista vaaratilanne- ja onnettomuustapauksissa.
18. Helsinki-Vantaan transitioreitit suunniteltiin ja toteutettiin P-RNAV-vaatimusten mukaisesti, mutta mitään menetelmän tarkkuusvaatimuksia ei sisällytetty ilmailutiedotusjulkaisuihin.
19. EUROCONTROL:n ohjeistus edellyttää, että B- ja P-RNAV-menetelmien tulee olla selkeästi tunnistettavissa kartoista ja lennonjohtoselvityksistä. Ohjeistus oli voimassa jo ennen 14.6.2001, jolloin Helsinki-Vantaan RNAV-transitiomenetelmät otettiin käyttöön.
20. Lennonvarmistusosasto ei ollut hyväksyttänyt Lentoturvallisuushallinnolla Helsinki-Vantaan RNAV-menetelmiä eikä niiden käyttöönottoa. Mainittujen yksiköiden tehtävät sekä lentomenetelmien lentoturvallisuuskohdat huomioon ottaen, hyväksyttämismenettely olisi pitänyt toteuttaa.
21. Lennonvarmistusosaston ja Lentoturvallisuushallinnon toimivilta organisaatioilta sekä Ilmailulaitoksen liikelaitososan ja Lentoturvallisuushallinnon laadunvarmistusjärjestelmiltä puuttui toimintoja varmentavat mekanismit joko kokonaan tai ne ei eivät toimineet riittävän tehokkaasti lentomenetelmien hyväksyttämismenettelyyn liittyvissä asioissa.
22. Lentoturvallisuushallinto ei edellyttänyt lennonvarmistusosastolta RNAV-menetelmien erillistä hyväksyntää.
23. Suomen ilmailukäsikirjassa (AIP) ei määritelty Helsinki-Vantaan transitioreittiä PVO 1 C eikä Helsingin muitakaan RNAV-reittejä P-RNAV-reiteiksi.
24. MAH742 ei olisi saanut lentää Helsinki-Vantaan transitioreittiä PVO 1 C, koska sillä ei ollut P-RNAV-hyväksyntää. Ohjaamomiehistöllä ei ollut kuitenkaan mahdollisuutta tietää menetelmän P-RNAV-vaatimuksesta.
25. Helsingin tulotutkalennonjohto ei huomionnut riittävästi MAH742:n ja C21:n välillä kehitymässä ollutta vaaratilannetta käyttämällä varmistavia toimenpiteitä sen estämiseksi.
26. Ilmailulaitos julkaisi vasta 28.11.2002, lähes 1,5 vuotta tapahtuman jälkeen, AIP:ssä Helsinki-Vantaan transitioreitit P-RNAV-merkinnällä varustettuina, vaikka EUROCONTROL:n ohjeistus olisi edellyttänyt sitä jo 14.6.2001 julkaistuissa transiitokartoissa.



3.2 Vaaratilanteen syy

Tutkaporrastusminimi alittui, kun MAH742 ei seurannut tuloksetuksessa annettua Helsinki-Vantaan PVO 1C -transitioreittiä. Ilma-alus ei aloittanut ennakkokaarta ennen reititipistettä HK707. Syytä tähän ei pystytty varmuudella selvittämään. Teknisen vian tai miehistön virhetoiminnan mahdollisuutta ei voitu täysin sulkea pois.

Myötävaikuttavat tekijät olivat:

- Ilma-aluksen päällikkö ei luopunut lennonhallintajärjestelmän sivuttaissuunnistustoiminnosta eikä siirtynyt automaattiohjauksen ohjaussuuntatoimintoon tai siirtynyt manuaaliohjaukseen ja pyytänyt lennonjohdolta tutkavektorointia tilanteessa, jossa hän näki transitioreitin ohjaamon karttanäytöllä suorakaiteen muotoisena ilman ennakkokaartoreititystä.
- P-RNAV-vaatimusta ei oltu merkitty Helsinki-Vantaan RNAV-transitiokarttoihin. Jos menetelmä olisi merkitty EUROCONTROL:n ohjeistuksen mukaisesti P-RNAV-menetelmäksi, MAH742:n ohjaamomiehistö olisi voinut havaita, ettei heillä olisi ollut kelpuutustensa puitteissa mahdollisuutta lentää annettua RNAV-transitioselvitystä.
- Lennonjohto ei valvonut suunnittelemansa korkeusporrastuksen toteutumista MAH742:n ja C21:n välillä ennen tutkaporrastusminimin alittumista. Jos korkeusporrastus olisi toteutunut suunnitellulla tavalla, vaaratilanteelta olisi todennäköisesti vältytty.

4 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

Ilmailulaitoksen työjärjestys sekä Lentoturvallisuushallinnon toiminta- ja laatukäsikirja määrittävät lennonvarmistusmenetelmien hyväksymismenettelytavat. Kuitenkin lennonvarmistusosastolla on käytännössä merkittävästi harkintavaltaa siitä, mitä asioita ja menetelmiä se tuo hyväksyttäväksi Lentoturvallisuushallinnolle. Tutkijoiden käsityksen mukaan toiminnasta puuttuu lennonvarmistusosaston ja Lentoturvallisuushallinnon välinen menettelytapaohje, jolla määritetään tarkasti hyväksyntämenettelyyn liittyvät asiat.

1. Ilmailulaitoksen lennonvarmistusosaston ja Lentoturvallisuushallinnon toimivien organisaatioiden sekä Ilmailulaitoksen liikelaitososan ja Lentoturvallisuushallinnon laadunvarmistusjärjestelmien tulisi kehittää toimintoja varmentavia mekanismejaan, joiden avulla esimerkiksi lentomenetelmien suunnittelussa ja toteutuksessa esiintyvät puutteet voidaan havaita varmemmin ja niihin voidaan puuttua riittävän ajoissa.

Lentosuunnitelmatietojen sisältöä koskevat kansalliset poikkeukset ja lisämääräykset, joita noudatetaan Suomen lentotiedotusalueilla, on esimerkkien muodossa selkeästi julkaistu Suomen ilmailukäsikirjan (AIP) kohdassa ENR 1.10-3 sekä ilmailutiedotuksissa AIC B3/2001 ja AIC B6/2002. Kuitenkaan lentosuunnitelmien laatijat ja niiden vastaanottajat eivät ole osanneet tai huomanneet hyödyntää edellä mainittujen ohjeiden antamia mahdollisuuksia. Ilmaliikennepalveluyksiköiden lentosuunnitelmien käsittelyyn tulisi saada aikaan menettelytavat, joilla varmistetaan, että yksiköillä olisi työskentelyssään mahdollisuus saada oikeat ja tarkat tiedot ilma-alusten kyvystä eri RNAV-menetelmien lentämiseen.

2. Lennonvarmistusosaston tulee varmistaa, että ilmaliikennepalveluyksiköllä on joka hetki käytettävissään riittävän kattavat lentosuunnitelmatiedot.

Tutkinnassa ilmeni, että Malev:n FOM:sta puuttui lentoarvotallentimen ja ohjaamoäänittimen tallennetietojen erottamisen ja säilyttämisen toimenpideohjeistus onnettomuus- ja vaaratilannetutinnan turvaamiseksi. HA-LMD:n lentoarvotallentimen tiedot olisivat olleet ensiarvoisen tärkeitä tämän tapahtuman syyn selvittämisessä.

3. Unkarin Ilmailuviranomaisen tulee vaatia Malev-lentoyhtiötä lisäämään lentotoimintakäsikirjan osaan A (Flight Operations Manual, Part A, FOM-A) menettelytavat lennonrekisteröintilaitteen ja ohjaamoäänittimen tallenteiden käsittelyn osalta, kuten niistä on määrätty JAA:n JAR-OPS 1:ssä.

Tutkinnassa ilmeni, että vaikka ilma-aluksen päällikkö näki transitioreitin virheellisenä ilma-aluksen karttanäytöllä, hän ei pyytänyt lennonjohdolta tutkavektorointia tai muuta vaihtoehtoista tuloksetystä. Tunnistaessaan jokin vian tai toimintahäiriön ilma-aluksen järjestelmässä ohjaamomiehistön tulee valita aina vaihtoehtoinen toimintamalli. Tapahduma tulee raportoida riittävän seikkaperäisesti, jotta vika tai toimintahäiriö voidaan jälkikäteen selvittää mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. RNAV-menetelmien käyttö Euroopan alueella on varsin uutta. Tästä johtuen laitevalmistajat ja menetelmäsuunnittelijat tarvitsevat kaiken mahdollisen tiedon laitteiden ja järjestelmien toiminnassa ilmenneistä



satunnaisista häiriöistä ja vioista niiden luotettavuuden ja menetelmien lentoturvallisuuden parantamiseksi.

4. Malev-lentoyhtiön tulee vaatia ohjaamomiehistöiltään mahdollisimman tarkkaa raportointia erityisesti RNAV-toiminnassa ilma-alustensa lennonhallintajärjestelmässä (FMS) ilmenneistä vioista tai toimintahäiriöistä sekä välittää saamansa havainnot laitevalmistajille ja lentomenetelmien suunnittelijoille.

Helsingissä 2.10.2003

Vesa Palm

Ari Huhtala

LÄHDELUETTELO

Seuraava lähdemateriaali on taltioituna Onnettomuustutkintakeskuksessa:

1. Onnettomuustutkintakeskuksen päätös n:o C3/2002 L päivämäärällä 29.1.2002 tutkinnan käynnistämisestä
2. Helsinki-Vantaan lennonjohdon Lennonvarmistustoimialan poikkeama- ja havaintoilmoitus A0007864
3. Ilmailulaitoksen WinRadarin tutkakuvatallenteet 17.1.2002
4. Helsinki-Vantaan lennonjohdon pika-analyysi 18.1.2002 koskien PHI n:o 7864
5. Helsinki-Vantaan lennonjohdon pika-analyysi 30.1.2002 koskien PHI n:o 7864
6. MAH742 ilma-aluksen päällikön selvitys tutkijoille 30.1.2002
7. Radiopuhelinliikenteen puhtaaksikirjoitus 17.1.2002 Helsinki-Vantaan lennonjohdon taajuuksilta 129,850 MHz ja 119,900 MHz klo 14.08-14.20
8. MAH742 toistuvaislentosuunnitelma sekä muutossanoma 17.1.2002
9. HA-LMD:n teknillinen lokikirja
10. Kuulemispöytäkirjat
11. Malevin MAH742:n miehistön vastaukset tutkijoiden kysymyksiin
12. Malevin Teknillisen toimialan vastaukset tutkijoiden kysymyksiin
13. Ilmailulaitoksen Ilmailutiedotuksen asiakirja n:o 8/590/2001 "Helsinki-Vantaan RNAV transitioiden hyväksyminen julkaistavaksi"
14. AIP:n RNAV kartat kiitotielle 15, RNAV TRANSITION TO RWY 15 (PART 1 OF 2) HELSINKI – VANTAA AERODROME KENON 1C LAKUT 1C ORM 1C PVO 1C, EFHK AD 2.12 – 5 (RNAV TRANSITION 15), 14 JUN 2001
15. Jeppesenin karttalehti n:o (10-2E) RNAV TRANSITION HELSINKI, FINLAND Vantaa, 22 JUN 01
16. AIP:n RNAV kartat kiitotielle 15, RNAV TRANSITION TO RWY 15 (PART 1 OF 2) HELSINKI – VANTAA AERODROME KENON 1C LAKUT 1C ORM 1C PVO 1C, EFHK AD 2.12 – 5 (RNAV TRANSITION 15), 28 NOV 2002
17. Jeppesenin karttalehti n:o (10-2C) RNAV TRANSITION HELSINKI, FINLAND Vantaa, 15 NOV 02, Effective 28 NOV 02
18. Malevin AOC-otteet
19. Unkarin ilmailuviranomaisen koonnos Malevin miehistön lupakirjatiedoista
20. Helsinki-Vantaan lennonjohdon MAH742:ta ja C21:tä koskevat lennonjohtoliuskat
21. Helsinki-Vantaan säähavainnot 17.1.2002
22. Ilmatieteen laitoksen Etelä-suomen lentosääpalvelun selvitys 15.8.2002



23. Otteita EUROCONTROL GUIDANCE MATERIAL asiakirjoista koskien RNAV menetelmien niiden suunnittelua, ilma-aluksen laitteita sekä käyttöön ja toiminnallisuuteen liittyviä vaatimuksia
24. Helsinki-Vantaan lentoaseman 3. kiitotien käyttöönottoprojektin asiakirjoja
25. Selvitystyö EFHK:lle liikennöivien yhtiöiden P-RNAV -toimintakyvystä
26. Fokker Servicen selvitys Fokker 70 -lentokoneen lentoarvotallentimeen tallentuvista tiedoista, 8.8.2001

Liite 1 Ilmailulaitoksen Lentoturvallisuushallinnon lausunto 11.8.2003, Dnro 3/02/02



Received Date 11.08.2003 Date 3/02/02 1 (2)

SAAPUNUT

14.08.2003
296/52

Onnettomuustutkintakeskus
Sörnäisten rantatie 33 C
00580 Helsinki

W/o Ref Lausuntopyyntöne 27.6.2003

W/o Subject LENTOTURVALLISUUSHALLINNON LAUSUNTO TUTKINTASELOSTUKSEN LOPULLISEEN LUONNOKSEEN C3/2002 L
TUTKAPORRASTUSMINIMIN ALITTUMINEN HELSINGIN LÄHESTYMISALUEELLA
17.1.2002

Lentoturvallisuushallinto on tutustunut Onnettomuustutkintakeskuksen laatimaan tutkintaselostuksen lopulliseen luonnokseen C3/2002 ja sen turvallisuussuosituksiin sekä toteaa lausuntonaan seuraavaa:

Lentoturvallisuushallinto katsoo, että RNAV-transitioiden, kuten aiemmin käytössä olleiden vakiotulo- ja lähtöreittien hyväksyntä ja käyttöönotto, kuuluvat Ilmailulaitoksen liikelaitoksen toimialaan ilmatilan hallintaan liittyvänä kysymyksenä. Lentoturvallisuushallinto on kuitenkin ollut selvillä RNAV-transitioiden suunnittelusta sekä sen vaiheista ja tässä yhteydessä korostanut kansainvälisten ohjeiden ja kattavan turvallisuustarkastelun tärkeyttä. Lisäksi operatiivisen toiminnan osalta on edellytetty, että lennonjohdon porrastukset, kaikissa olosuhteissa perustuvat tutkaan tai vaadittuun korkeuseroon. Käyttöönoton ajankohtana Lentoturvallisuushallinnolla oli se käsitys, että RNAV-transitiot perustuivat Basic-RNAV-tarkkuuteen. Järjestelmään osana kuuluvat Helsinki-Vantaan alueella sijaitsevat DME-laitteet ovat Lentoturvallisuushallinnon aiemmin hyväksymiä. RNAV-transitioiden osana mahdollisesti käytettävän GPS-järjestelmän tarkastelu on käytännössä erittäin vaikeaa.

Palvelun tarjoaja on ensisijaisesti vastuussa turvallisuuden hallinnasta, ja on paras asiantuntija oman toimintansa osalta. Lentoturvallisuushallinnolla ei ole kattavaa asiantuntemusta arvioida järjestelmiä, menetelmiä tai laitteita yksityiskohtaisesti, vaan tarkastelee palvelun tarjoajan prosessien toimivuutta. Euroopan komissio on käynnistänyt projektin Euroopan ilmatilan yhtenäistämiseksi (Single European Sky), joka tarkastelee lennonvarmistuksen viranomaistoimintoja ja niihin liittyviä tehtävien jakoja. Yksityiskohtaisempia ohjeistuksia valmisteltaneen ja tästä syystä Lentoturvallisuushallinto ei ole nähnyt perusteltuna sitä, että voimassaolevan Lentoturvallisuushallinnon toiminta- ja laatukäsikirjan ohjeita lennonvarmistuksen hyväksymismenetelyjen osalta tässä vaiheessa tarkennettaisiin.

Postiosoite-Postal address
PL 50-PO.Box 50
FIN-01531 Vantaa, Finland

Puhelin-Phone
Nat. (09) 82 771
Int. +358 9 82 771

Telefax
(09) 8277 2499
+358 9 8277 2499

AFTN EFHKYAYX

Näin nähtä

Asia Subject

Pyydämme huomioimaan, että lopullisen luonnoksen tekstissä on käytetty toiminta- ja laatukäsikirjasta virheellisesti nimiä turvallisuus- ja laatukäsikirja.

Lentoturvallisuushallinto toteaa lisäksi, että mahdollisista toimenpiteistä päätetään erikseen.

Ylijohtaja


Kim Salonen

Liite 2 Ilmailulaitoksen Lennonvarmistusosaston lausunto 28.8.2003, Dnro 36/51/02



Ilmoitusnro/Date

Dnro

28.8.2003

36/510/02

SAAPUNUT

0 1. 09. 2003
297/52

Onnettomuustutkintakeskus
Sörnäisten rantatie 33 C
00580 HELSINKI

Vite-ref Lausuntopyyntö (Dnro 219/5L): Tutkintaselostus C3/2002L; lopullinen luonnos

Käsitte Subject Tutkaporrastusminimin alittuminen Helsingin lähestymisalueella 17.1.2002

Ilmailulaitos toteaa suositusten osalta seuraavaa:

Lennonvarmistusosasto pyrkii suunnittelussaan ja muussa toiminnassaan siihen, että mahdollisesti syntyvät vaaratilanteet voidaan ennakoita ja tätä kautta poistaa tai tunnistaa korjaavat toimenpiteet. Tutkinnan kohteena olevassa tapauksessa käytössä olleiden lentomenetelmien osalta tehtiin suunnittelun yhteydessä mm. vaaraloki, jossa on tunnistettu syntyneen kaltainen tilanne ja sen korjaava toimenpide. Lisäksi menetelmien toimivuutta kokeiltiin simulaatioilla.

Suosituksen 1. osalta sinänsä ei ole huomautettavaa, ja voidaan ottaa huomioon osana jatkuvasti kehitettäviä laatujärjestelmiä.

Koskien suositusta 2. riittävän kattavista lentosuunnitelmissa on todettava, että tämä on toiminnan peruslähtökohta. Lentosuunnitelmat saadaan Eurocontrolin liikennevirtojen sääntely-yksikön (CFMU) IFPS-järjestelmästä, jossa ne hyväksytään. Kansallisia vaatimuksia ilmoitettavista tiedoista voi esittää, mutta ne eivät ole suositeltavia. Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö (ICAO) on valmistelemassa uusia määräyksiä lentosuunnitelmissa esitettävistä tiedoista, jotka otetaan käyttöön niiden tultua vahvistetuksi.

Tutkinnan kannalta olisi ollut eduksi saada enemmän tietoa myös ohjaamotyöskentelystä. Myös lisätiedot käytetyn FMS-laitteen toiminnallisuudesta ja sen koodauksesta olisivat täydentäneet tutkintaa etenkin, kun tutkinnan simulaatioissa oli todettu FMS-laitteen toimivan oletetun mukaisesti.

Johtaja

Heikki Jaakkola

TIEDOKSI: ILL-P, ILL-L, ILL-VQ, ILL-VL, ILL-VI

Postiosoite-Postal address
PL 50/P.O.Box 50
FIN-01531 Vantaa, Finland

Puhelin-Phone
Nat. (09) 82 771
Int. +358 9 82 771

Telefax
(09) 8277 2299
+ 358 9 8277 2299

AFTN EPHKYAYX

Liite 3 Unkarin Siviili Ilmailuviranomaisen lausunto 1.9.2003, Letter No 510338/2/2003

*HUNGARIAN CIVIL AVIATION AUTHORITY
Supervision and Certification Department*

Ref:
Letter No.: 510338/2/2003
Ref. No.:



Investigator-in-charge

Mr. Vesa Palm

Budapest "01.01." Sept 2003

Onnettomuustutkintakeskus
Sörnäisten rantatie 33C
FIN-00580 Helsinki
FINLAND

Subject: Comments on the Investigation final draft Report C 3/2002 L

Dear Vesa Palm,

We agree with the content and suggestion of the investigation. We make some remark on your final draft.

1. In addition to the text on page 17 paragraph 4 1.4 "According to the cockpit crew of MAH742, they had a strong head wind, which **maybe** caused a ..."
2. Rectification on page 35 "Normally FMC1 is the master and FMC2 the slave computer." It is not right, the correct determination is in the AOM 1.18.02. page 1 (see enclosure no.1.)
3. In addition to the text on page 35
The FMS is disconnected during the flight when:
-AP is switched off **and both F/D are switched off**
4. In the text on page 38 write "selecting IAS/M control knob" instead of "selecting Autothrottle (AT)"
5. Add to the sentence on page 53 paragraph 1 "and C21 was 1.8 NM at its shortest, **but it parallel course.**"

Best regards,


László Fejéregyházi
Director of HgCAA



Budapest-Ferencvárosi L. Gate „A”: H - 1675 Budapest, Pf.: 43.; ☎ (36 1) 296-9502; Fax: (36 1) 296-8808

http://www.hcaa.hu E-mail: hcaa@hcaa.hu Webmaster's e-mail: hcaa@hcaa.hu ☎ (36 1) 296-6906



INTRODUCTION

The FMS consists of two Flight Management Computers (FMCs) and two Control Display Units (CDUs), and is interfaced with various other systems to perform its tasks.

FLIGHT MANAGEMENT COMPUTER

The two Flight Management Computers (FMCs), which are controlled via the CDUs, perform all computations required for FMS operation, each using identical computer programs, navigation data and performance data stored in their memories.

FMC Operation

The FMCs normally operate in the dual system mode, with one FMC operating as master. The master FMC is the FMC coupled to the autopilot in command or, if no autopilot is engaged, the FMC on the side of the engaged flight director. If neither an AP nor an FD is engaged, the master FMC is the first FMC powered up.

In the dual system mode, cross talk between the two FMCs ensures that both are using identical computer programs, navigation and performance data, flight plan data etc. Via cross talk, the master FMC ensures that both FMCs process an entry made on either CDU simultaneously. This allows both pilots to operate simultaneously on the same or different CDU pages and to enter data on different pages or on different lines of the same page without creating a difference between the two FMCs.

Cross talk is also used to compare data and computation results. When a significant disagreement between the FMCs is detected, the system degrades to independent operation. This is indicated by an "INDEPENDENT OPERATION" message in the scratchpad.

In case of an FMC failure, the CDU displays an "FMC UNAVAILABLE" message.

Navigation Data

The FMC navigation data, stored in a data base, includes most of the information the pilot would normally obtain by referring to navigation charts. This information can be displayed on the CDU and/or the ND map. The stored data includes information about:

- Nav aids (DME, VOR, VOR/DME, VORTAC, TACAN and ILS), with data about identifiers, position (lat/long), station elevation, nav aid class, figure of merit, frequency, magnetic variation and localizer and center line bearing.
- Waypoints, with data about identifiers and position (lat/long).
- Airways (high and low level).
- Holding patterns.
- Airports and runways, including airport speed limits and runway details.
- Company routes.
- Procedures, including SIDs, STARs, approaches and terminal area procedures.

Up to 20 (pilot-defined) nav aids can be added to the data base. Additionally, up to 20 waypoints or fixes may be added by the pilot or (automatically) by the FMS. For airline options 2, 5 and 8, these pilot or FMS generated nav aids and waypoints are cleared from the data base at the end of the flight.

The FMC has two sets of navigation data, either of which can be activated by the pilot during preflight.

Performance Data *

The FMC performance data, also stored in a data base, includes aerodynamic data, engine data, maximum altitudes, maximum speeds, minimum speeds and characteristics that are typical for the aircraft type. The data base may also include a fuel consumption factor specific to the aircraft.

The FMC uses the performance data base to generate pitch and thrust commands for AFCAS and to provide accurate predictions along the entire flight plan.

In the LNAV only configuration, the performance data base is not available.