



## Tutkintaselostus

D1/2011L

# Matkustajalentokoneen polttoainevuoto matkalennon aikana 15.1.2011

OH-AFJ

Boeing 757-28A

Kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimuksen liitteen 13 (Annex 13) kohdan 3.1 mukaan ilmailuonnettomuuden ja sen vaaratilanteen tutkinnan tarkoituksena on onnettomuuksien ehkäiseminen. Tutkintaselostuksen tarkoituksena ei ole käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tämä perussääntö on ilmaistu myös turvallisuustutkintalaissa (525/2011) sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa (EU) N:o 996/2010. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

Tämä tutkintaselostus on laadittu tapahtuman luonne huomioon ottaen poiketen ICAO:n Annex 13 määrittelemästä sisällysluettelosta.

**TUTKINNAN TUNNUS:** D1/2011L

**TUTKIJAT:** Hans Tefke, Tero Järvinen (26.6.2011 saakka), Erja Savela ja Kai Leisma

**VALMISTUNUT:** 4.2.2013

<b>Tapahtuma-aika:</b>	15.1.2011 noin kello 13:06–14:31 UTC	
<b>Tapahtumapaikka:</b>	Matkalennolla Helsingistä Las Palmasiin Alankomaiden, Belgian ja Ranskan ilmatilassa	
<b>Ilma-aluksen tyyppi:</b>	Boeing 757-28A	
<b>Rekisteritunnus:</b>	OH-AFJ	
<b>Moottorit:</b>	Rolls Royce RB-211-535E4	
<b>Valmistusvuosi:</b>	1994	
<b>Lennon tyyppi:</b>	Aikataulunmukainen tilauslento	
<b>Ilma-aluksen vahingot:</b>	Ei vahinkoja	
<b>Henkilömäärä:</b>	8 miehistön jäsentä ja 210 matkustajaa	
<b>Ohjaajat:</b>	<b>Päällikkö:</b> Ikä 35 vuotta	<b>Perämies:</b> Ikä 41 vuotta
<b>Lupakirjat:</b>	JAR liikennelentäjä, voimassa 31.10.2011 saakka. Kaikki vaadittavat kelpuutukset voimassa.	JAR ansiolentäjä, voimassa 30.9.2011 saakka. Kaikki vaadittavat kelpuutukset voimassa.
<b>Lentokokemus:</b>	<b>Kokonaiskokemus:</b> 5719 tuntia  <b>Kyseisellä tyypillä:</b> 2805 tuntia	<b>Kokonaiskokemus:</b> 3324 tuntia  <b>Kyseisellä tyypillä:</b> 1420 tuntia
<b>Säätila:</b>	Pariisin Charles de Gaullen lentokentällä. Tuuli suunnasta 210 astetta, tuulen nopeus 14 kt, puuskat 21 kt, näkyvyys yli 10 km, puolipilvistä, pilven alaraja 1700 ft, lämpötila 11 °C, kastepiste 5 °C ja ilmanpaine keskimääräisestä merenpinnasta (QNH)1024 hPa.	

## JOHDANTO

Boeing 757-28A -tyyppiselle kaksimoottoriselle matkustajalentokoneelle, rekisteritunnukseltaan OH-AFJ, tapahtui vaaratilanne 15.1.2011 aikataulunmukaisella tilauslennolla FIF-661 Helsingistä Las Palmasiin. Lentokone oli Air Finland Oy:n operoima ja International Lease Finance Corporationin omistama. Noin kahden tunnin lennon jälkeen ohjaajat havaitsivat polttoaineseurannan perusteella, että polttoaineenkulutus oli laskettua suurempi. Tarkemman seurannan perusteella ohjaajat päättelivät kyseessä olevan polttoainevuoto ja jäljittivät sen lentokoneen oikeanpuoleiseen polttoainejärjestelmään tai moottoriin. Polttoainevuoto todettiin niin suureksi, että kapteeni teki päätöksen laskeutua lähellä olevalle Pariisin Charles de Gaullen lentoasemalle. Tapahtuma ei aiheuttanut henkilövahinkoja eikä muita vahinkoja.

Onnettomuustutkintakeskus (OTKES) sai tiedon vaaratilanteesta pian lentokoneen laskeuduttua Charles de Gaullen lentoasemalle ja aloitti esiselvityksen tapahtumasta. OTKES nimesi 3.2.2011 päätöksellään D1/2011L vaaratilanteen tutkijoiksi Matti Sorsan, Tero Järvisen ja Kai Leisman. OTKES vapautti tutkija Matti Sorsan, hänen omasta pyynnöstään, vaaratilanteen tutkijan tehtävästä 9.2.2011 alkaen ja nimesi tutkija Hans Tefken hänen tilalleen. Myöhemmin tutkija Tero Järvinen vapautettiin vaaratilanteen tutkijan tehtävästä 27.6.2011 alkaen hänen siirryttyään Liikenteen turvallisuusviraston palvelukseen. Samalla tutkintaryhmän johtajaksi nimettiin tutkija Hans Tefke sekä ryhmän jäseniksi tutkijat Erja Savela ja Kai Leisma. Tutkintaryhmä kutsui 14.9.2011 tutkija Markku Roschierin asiantuntijaksi liittyen organisaatioiden tutkintaan.

Yhdistyneen kuningaskunnan lentoturvallisuustutkintaviranomainen (Air Accidents Investigation Branch, AAIB) nimesi tutkintaan kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimuksen liitteen 13 mukaisen moottorin valmistajavaltion valtuutetun edustajansa, Steve Mossin. Hänen avustajakseen AAIB nimesi Kelvin Smithin Rolls-Roycelta. Myöhemmin tutkinnan aikana avustajaksi vaihtui Kevin M. Munro Rolls-Roycelta.

Tapahtumien kulku selvitettiin asianosaisten kuulemisten, lennon ja lentokoneen asiakirjojen sekä lentoarvotallentimen tulosteen avulla. Tutkinta keskittyi lentoa edeltäneeseen huoltotyöhön ja se selvitettiin lentokoneen huoltoasiakirjojen sekä organisaatioiden asiakirjojen ja selvitysten avulla. Tutkintaryhmä tutustui 25.10.2011 kyseiseen huoltotyöhön, työn menetelmiin ja työympäristöön sekä kyseessä olevaan lentokoneyksilöön.

Air Finland Oy asetettiin konkurssiin Vantaan käräjäoikeuden päätöksellä 28.6.2012.

OTKES pyysi EU-asetuksen 996/2010 mukaiset lausunnot tutkintaselostuksen lopullisesta luonnoksesta asianosaisilta, Liikenteen turvallisuusvirastolta, Air Finland Oy:lta ja Finnair Technical Services -huolto-organisaatiolta (FTS) sekä AAIB:lta, Ranskan lentoturvallisuustutkintaviranomaiselta (BEA), Yhdysvaltain onnettomuustutkintaviranomaiselta (NTSB), Euroopan lentoturvallisuusvirastolta (European Aviation Safety Agency, EASA), Rolls-Roycelta, Icelandair Technical Services -yhtiöltä (ITS) ja Aviacare-yhtiöltä. Lausunnot saatiin 26.11.2012 mennessä. Ne on otettu huomioon tutkintaselostuksessa.

Kaikki tutkintaselostuksessa käytetyt kellonajat ovat koordinoitua maailmanaikaa (Suomen aika -2 tuntia).

Tutkinnassa käytetty lähdemateriaali on taltioitu Onnettomuustutkintakeskukseen.

# 1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET

## 1.1 Tapahtumat ennen lentoa

Lentokone oli huollossa 11–14.1.2011 FTS:n tiloissa Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Huollossa korjattiin molempien moottoreiden vikoja ja vaihdettiin moottoreiden laitteita. Moottorit koekäytettiin tapahtumalentoa edeltäneenä päivänä ennen huoltotodisteen antamista.

Lennon miehistö ilmoittautui lennolle noin 1 h 15 min ennen aikataulunmukaista lähtöä. Miehistö aloitti lähtövalmistelun saavuttuaan lentokoneelle. Kapteeni teki lentokoneen ulkopuolisen tarkastuksen. Hän myös tarkasti muun muassa lentokoneen asiakirjat ja lokikirjat. Lentosuunnitelman asiakirjoista puuttui tankatun polttoaineen kuormakirja. Kuormakirja löydettiin huolintayhtiön avustuksella. Myös polttoaineen kokonaismäärästä oli epäselvyyttä. Ohjaajien kertoman mukaan keskisäiliön polttoainemäärän näytön epämääräisyyden vuoksi polttoainetta näytti puuttuvan noin 300 kg. Määrämittauksen näyttö vaihteli tankkauksen jälkeen, mutta vakiintui ennen liikkeelle lähtöä. Liikkeelle lähdeäessä mittareiden mukaan ylimääräistä polttoainetta oli yli 1200 kg.

## 1.2 Tapahtumat lennolla

Lennon alkuosa sujui normaalisti perämiehen toimiessa ohjaavana ohjaajana. Matkalentokorkeus saavutettiin noin 20 minuutin kuluttua lentoonlähdestä (kello 10.41). Polttoaineen määrä tarkastettiin matkalennolla ensimmäisen kerran kello 11.51. Vertaamalla laskennallista (lentosuunnitelman mukainen) ja todellista (polttoainemäärämittareiden mukainen) polttoainemäärää ei merkittävää eroa tällöin havaittu.

Lentoarvotallentimen tulosten mukaan oikeanpuoleisen moottorin öljynpaine- ja -lämpöarvot alkoivat muuttua kello 12.38. Öljynlämpö laski ja öljynpaine nousi. Öljynlämmön ja -paineen mittarien näyttämät olivat kuitenkin sallituilla alueilla. Ohjaamomiehistö ei havainnut asiaa tai pitänyt havaintoa merkittävänä.

Perämiehen lentosuunnitelmaan tekemien merkintöjen perusteella noin kello 13.11 tehtiin seuraava polttoainetarkastus. Tällöin todellinen polttoainemäärä oli noin 1700 kg vähemmän kuin laskennallinen polttoainemäärä. Ohjaajien todettua polttoaineen kulutuksen normaalia suuremmaksi he alkoivat epäillä moottorin polttoainevuotoa ja aloittivat tarkemman polttoaineseurannan. Tarkempi seurantajakso oli pituudeltaan 17 minuuttia. Seurantajakson aikana laskennallisen ja todellisen polttoainemäärän ero kasvoi lisää noin 600 kg. Purseri kävi kapteenin pyynnöstä katsomassa matkustamon ikkunoista, näkyykö moottoreista vuotavaa polttoainetta. Hän ei havainnut polttoainevuotoa.

Tässä vaiheessa lentoa polttoaineen keskisäiliö oli tyhjenemässä muutaman minuutin sisällä. Ohjaajat odottivat, että alhaisen polttoainepaineen merkkivalot syttyvät keskisäiliön polttoaineen loppumisen merkiksi. Tällä menettelyllä ohjaajat halusivat selvittää, oliko ennen lentoa havaitulla keskisäiliön polttoainemäärän näytön vaihtelulla osuutta normaalia suurempaan polttoaineen kulutukseen ja näin poissulkea mittarivian mahdollisuuden. Alhaisen polttoainepaineen merkkivalot syttyivät normaalisti. Tämä varmisti ohjaajille, että kyse oli todellisesta polttoainevuodosta. Polttoainevuoto paikallistettiin oikeanpuoleiseen polttoainejärjestelmään tai moottoriin. Kapteeni kävi tässä vaiheessa itse katsomassa matkustamon ikkunoista, näkyykö moottorista vuotavaa polttoainetta. Hänkään ei havainnut sellaista.

Noin puolen tunnin seurannan jälkeen polttoainevuoto todettiin niin suureksi, että kapteeni teki päätöksen keskeyttää lennon ja laskeutua lähellä olevalle Pariisin Charles de Gaullen lentoasemalle. Tässä vaiheessa lento oli edennyt jo hieman Pariisin ohi. Ohjaajat katsoivat Charles de Gaullen lentoaseman sopivimmaksi laskupaikaksi, koska lentoasema oli lähellä ja se oli molemmille ohjaajille tuttu. Lisäksi yhtiön lentokoneet olivat käyneet siellä huollossa ja palvelut matkustajille olivat heidän mielestään paremmat isolla lentoasemalla. Ohjaajat varautuivat lentosuunnitelman muutokseen syöttämällä lähestymisreitit valmiiksi lentokoneen suunnistusjärjestelmään.

Noin kello 13.30 kapteeni pyysi lennonjohdolta selvitystä lähestymistä ja laskeutumista varten Pariisin Charles de Gaullen lentoasemalle. Lennonjohtajan kysyessä syytä tähän ohjaajat vastasivat, että kysymyksessä oli polttoainevuoto. Lennonjohtaja ymmärsi vastauksen ilmoitukseksi vaaratilanteesta ja selvitti vaihtamaan lentokoneen transponderiin hätäkoodin 7700. Kello 13.39 lentokone kääntyi kohti Charles de Gaullen lentoasemaa. Lennonjohto porrasti lentokoneen etusijalle muuhun liikenteeseen nähden. Perämies nouti ohjaamon kirjallisuushyllystä tarvittavan materiaalin lähestymistä ja laskeutumista varten. Ohjaajat vaihtoivat tehtäviä siten, että kapteenista tuli ohjaava ohjaaja ja perämies alkoi hoitaa radioliikennettä.

Matkustamohenkilökunnalle annettiin ohjeet valmistella matkustamo laskeutumista varten. Lähestymisen aikana kapteeni kuulutti tilanteesta matkustajille englannin kielellä ja perämies suomen kielellä. Ennen loppulähestymistä matkustamossa oli kaikki valmiina laskua varten. Kaikki keskustelut ohjaamossa käytiin englannin kielellä koko lennon ajan. Se ei ole kummankaan ohjaajan äidinkieli.

Tutkinnan aikana lentosuunnitelman muistiinpanojen perusteella tehtyjen laskelmien mukaan keskisäiliöiden tyhjennyttyä polttoaineenkulutus oikeanpuoleisesta siipisäiliöstä oli noin 63 kg/min suurempi kuin vasemmanpuoleisesta siipisäiliöstä. Ohjaajat eivät pitäneet kasvavaa epätasapainotilannetta ongelmana. Kello 13.52 ohjaajat saivat Fuel Config -varoituksen, koska oikean- ja vasemmanpuoleisen polttoainesäiliön polttoainemäärien ero ylitti 885 kg. Polttoainesäiliöiden epätasapainon korjaamiseksi ei tehty toimenpiteitä ennen laskeutumista.

Perämiehen kertoman mukaan noin 10 minuuttia ennen laskeutumista ohjaajat pääsivät QRH:n (Quick Reference Handbook) tarkastuslistassa (Non-Normal Checklists Fuel) kohtaan, jonka mukaan polttoainetta vuotava moottori tulee sammuttaa (kts. liite 2). Kapteeni päätti sammuttaa oikeanpuoleisen moottorin vasta laskukiidon aikana maassa. Hän perusteli päätöstään sillä, että oikeanpuoleinen moottori toimi hyvin ja hän piti tässä tilanteessa kahdella moottorilla lentämistä ja laskeutumista turvallisempina kuin lentämistä yhdellä, vasemmanpuoleisella moottorilla. Kapteenin mukaan vasemmanpuoleisessa moottorissa oli ollut värinää lennolla. Värinää oli esiintynyt aikaisemminkin ja sitä oli yritetty poistaa tapahtumalentoa edeltäneessä huollossa. Lisäksi kapteeni halusi kulluttaa polttoainetta lentokoneen laskeutumispainon pienentämiseksi. Perämiehen kertoman mukaan he eivät ehkä olisi pystyneet laskeutumaan 10 minuutissa, jos he olisivat sammuttaneet oikeanpuoleisen moottorin, koska sammuttamisesta olisi seurannut lisää toimenpiteitä. Perämies myös perusteli moottorin sammuttamatta jättämispäätöstä sillä, että tulipaloa ei ollut ilmennyt, vaikka polttoainetta oli jo vuotanut jonkin aikaa. Tästä ohjaajat olivat päätelleet polttoaineen vuotavan sellaisesta kohdasta, joka ei ollut kriittinen polttoaineen syttymisen kannalta. Kapteeni käynnisti apuvoimalaitteen (Auxiliary Power Unit, APU) loppuosalla ennen laskua.

Lentokone laskeutui Charles de Gaullen lentoasemalle kello 14.21. Laskeutumishetkellä polttoaineen vuodosta johtunut epätasapaino oli noin 1700 kg. Laskukiidon aikana jarrutettaessa ei käytetty moottorijarrutusta, koska ohjaajat arvelivat sen käytön kääntävän mahdollisesti moottorista vuotavan polttoaineen moottoritilan kuumiin osiin. Kapteeni sammutti oikeanpuoleisen moottorin kiitotiellä maakosketuksen jälkeen.

Lentokoneen laskeutumista turvaamaan hälytetyt pelastusajoneuvot saattoivat yhdellä moottorilla rullaavan lentokoneen asematasolle. Ohjaajat sammuttivat vasemmanpuoleisen moottorin asematasolla. Pelastushenkilöstö tarkasti lentokoneen polttoainevuodon varalta. Koska polttoainevuotoa ei havaittu eikä tulipalovaaraa ollut, matkustajia ei evakuoitu, vaan he odottivat lentokoneessa paikoillaan linja-autokuljetusta lentoaseman odotustiloihin.

Matkustajien siirryttyä lentoaseman odotustiloihin huoltohenkilöstö aloitti polttoainevuotokohdan etsinnän. Hetken kuluttua huoltohenkilöstö pyysi ohjaajia ns. märkäpyörittämään<sup>1</sup> (wet motoring) oikeanpuoleista moottoria mahdollisen polttoainevuodon paikantamiseksi. Polttoainevuoto paikallistettiin nopeasti. Kapteeni tilasi vikakorjauksen ja avasi vian polttoainevuodosta lentokoneen tekniseen matkapäiväkirjaan (Technical Log). Vikakorjauksen jälkeen työ kuitattiin tehdyksi tekniseen matkapäiväkirjaan ja lentokone siirtolennettiin Helsinki-Vantaan lentoasemalle jatkamaan normaalia operointia.

Kapteeni laati tapahtumalennosta polttoainevuodon osalta pakollisen poikkeamaraportin (Mandatory Occurrence Report, MOR) lentoyhtiölle ja Suomen toimivaltaiselle ilmailuviranomaiselle siirtolennon aikana. Raportti ei sisältänyt tietoa suurimman sallitun polttoaine-epätasapainon ylittymisestä ja hyväksytyyn suoritusarvoalueen ulkopuolella lentämisestä.

Tutkintaryhmällä ei ollut käytettävissään lentokoneen ohjaamoäänittimen tallennetta tapahtumalennon ajalta. Ohjaamoäänitin käynnistyy automaattisesti, kun lentokoneen ensimmäinen moottori käynnistyy, ja pysähtyy automaattisesti lennon jälkeen viiden minuutin kuluttua siitä, kun lentokoneen molemmat moottorit ovat sammuneet. Ohjaamoäänittimen suojakatkaisimen (VOICE RECORDER circuit breaker) avaamisella voidaan varmistaa, että tallennus ei käynnisty uudelleen missään tilanteessa. Suojakatkaisin sijaitsee lentokoneen ohjaamon yläpaneelissa. Suojakatkaisinta ei avattu moottoreiden sammuttamisen jälkeen Charles de Gaullen lentoasemalla. Lentokoneen ohjaamoäänittintä ei myöskään irrotettu tai vaihdettu ennen siirtolentoa. B757-tyyppisessä lentokoneessa ohjaamoäänitin tallentaa joko viimeiset 30 tai 120 minuuttia.

### 1.3 Lentokoneen jatkuvan lentokelpoisuuden hallinta ja huoltojärjestelyt

Air Finland käytti lentotoiminnassaan kolmea Boeing 757 -lentokonetta, joihin oli asennettu Rolls Roycen valmistamat moottorit. Lentoyhtiön jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnan organisaatio oli Helsinki-Vantaan lentoaseman välittömässä läheisyydessä ja siinä työskenteli vakituisesti kolme henkilöä. Organisaatio vastasi kaikesta omasta ja alihankintatyönä tehdystä lentokelpoisuuden hallinnasta. Lentoyhtiöllä oli alihankintasopimus islantilaisen ITS:n kanssa usean jatkuvan lentokelpoisuuden osa-alueen hallinnasta. Seuraavassa on lueteltu sopimuksen mukaiset hallinnan yleiset osa-alueet:

- huolto-ohjelman kehittäminen ja ylläpito
- lentokoneen huoltotilanteen (säännölliset huollot, out-of-phase-huoltotehtävät) sekä kaikkien aikavalvottavien laitteiden ja osien huoltotilanteen ylläpito ja seuranta

<sup>1</sup> Märkäpyörittämisessä moottoria pyöritetään normaalisti käynnistimellä sytytysjärjestelmän ollessa kytkettynä pois päältä. Moottoriin virtaa polttoainetta.

- rungon ja moottoreiden lentokelpoisuusmääräysten (AD) ja huoltotiedotteiden (SB) seuranta
- suositukset tehtävistä huoltotiedotteista
- huoltosuunnittelu (long-term, short-term), erääntyvien huoltotehtävien listan ylläpito ja tilattavien työpakettien kokoaminen työkoritteineen
- huoltodokumentoinnin säilytys
- lentokoneen rungon, moottoreiden ja APU:n teknisten lokikirjojen ylläpito ja säilytys
- luotettavuusohjelman ylläpito ja käyttö
- moottoreiden kunnonseuranta
- korjaussuunnitelmien ja muutostyösuunnitelmien laatiminen sekä ylläpito tarvittaessa
- laitteiden, osien ja materiaalin toimittaminen
- lentokelpoisuustarkastuksien tekeminen.

Air Finland teki ITS:n tuottaman alihankintatyön perusteella tarvittavat päätökset tehtävistä toimenpiteistä, kuten työtilaukset, osien ja laitteiden vaihdot sekä muutokset huolto-ohjelmaan. Lentoyhtiön vastuulla oli varmistua huolto-organisaatioiden tekemistä töistä ottamalla ne vastaan. Tässä yhteydessä lentoyhtiö varmistui lentokoneen lentokelpoisuudesta. Lentoyhtiö aikataulutti tehtävät huoltotoimenpiteet lento-ohjelmansa mukaisesti.

Air Finlandilla oli huoltosopimukset ITS:n ja FTS:n kanssa. Molemmat huolto-organisaatiot tuottavat palveluja oman lentoyhtiönsä B757-tyyppisille lentokoneille ja muille asiakkaille. Air Finlandin pääasiallinen yhteistyökumppani oli ITS.

ITS:n kanssa tehty huoltosopimus kattoi sekä korjaamo- että linjahuollon. Sopimuksen mukaan C-huollot tuli tehdä Reykjavikissa ITS:llä ja A-huollot voitiin tehdä lentoyhtiön valitsemissa huolto-organisaatioissa ja paikassa. ITS:llä ei ole linjahuoltopaikkaa Helsinki-Vantaan lentoasemalla.

Huoltosopimus FTS:n kanssa kattoi vain linjahuollon. Sopimus oikeutti FTS:n käyttämään EASA Osa-145 hyväksyttyä alihankkijaa ilman Air Finlandin hyväksyntää. Huoltosopimuksen mukaisesti Air Finlandilla oli laite- ja varaosavarasto FTS:n tiloissa. Lentoyhtiö käytti pääsääntöisesti FTS:n palveluja Helsinki-Vantaan lentoasemalla.

#### **1.4 Lentoa edeltäneet huoltotyöt**

Tapahtumalentoa edeltäneeseen huoltoon Air Finland tilasi FTS:ltä päivätarkastuksen (daily check) ja avioniikkatietokannan päivityksen sekä yhden vikakorjauksen matkustamossa. Air Finland halusi lisäksi tilata oikeanpuoleisen moottorin apulaitevaihteiston ja vasemmanpuoleisen moottorin vasemman reverssilohkon vaihdon sekä ahtimen siipien uudelleenjärjestelyn. FTS kuitenkin totesi, että heillä ei sillä hetkellä ollut varattavissa riittävästi huoltohenkilöstöä huoltopaketin vaatimiin lisätöihin. Air Finland otti yhteyden ITS:ään ja sopi, että ITS:n huoltohenkilöstö tulee tekemään lisätöitä FTS:n tiloihin Helsinki-Vantaan lentoasemalle. FTS:n laadunvalvonta hyväksyi menettelyn. Tällöin myös sovittiin, että FTS:n toimilupaan ja sopimukseen liittyen lisätöitä tehtäisiin FTS:n toimiluvan alaisuudessa ja FTS antaisi huoltotodisteen, koska Helsinki-Vantaan lentoasema ei ole ITS:n linjahuoltopaikka. FTS nimesi työlle huoltotodisteen antajan omasta henkilökunnastaan.

Air Finland laati työtilauksen lisätöistä tunnisteella WO #85 suoraan ITS:lle. FTS:n tulee avata jokaisesta huoltokäynnistä Maintenance Visit Plan (MVP) -asiakirja. Asiakirjaan

kuuluu kirjata ylös kaikki tilatut ja kaikki muut huollon aikana tehdyt työt. Työtilaus ei välittänyt FTS:n ohjeistuksen mukaisesti MVP:n sisältöön, vaan MVP sisälsi vain aiemmin tilatun päivätarkastuksen lisätöineen.

FTS:n oman käsityksen mukaan ITS:n työryhmä kuului "other working team" luokkaan, joten heidän työskentelynsä tapahtui FTS:n laadunvalvonnan alaisuudessa. ITS:n työryhmän henkilöille ei tehty varsinaista pätevyysarviointia. FTS:n laadunvalvonnan päällikkö ohjeisti suullisesti tarkastajat valvomaan ITS:n työryhmän työskentelyä, seuraamaan työn edistymistä ja varmistamaan, että heillä on käytössään riittävät ja hyväksytyt ohjeet. Tarkastustoimintaa ei erikseen dokumentoitu.

Työtilaus sisälsi numerojärjestyksessä seuraavat työt: Generaattorin (integrated drive generator) vaihto (No. 1), generaattorin irrotustoiminnon tarkastus (No. 2), irrotetun apulaitevaihteiston (gearbox) tarkastus (No. 3), apulaitevaihteiston suojavoitelu ennen irrotusta (No. 4), irrotetun apulaitevaihteiston pakkaus ja varastointi (No. 5) ja vasemmanpuoleisen moottorijarrun (thrust reverse) vaihto (No. 6).

Tehdyt työt on kuitattu ITS:n leimasimella työtilauksen vaiheistukseen ja työohjeeseen. Työohjeen sisältäessä samalla sivulla useita eri työvaiheita, on työohjeesta kuitattu koko sivu yhdellä alareunan päivämäärä- ja leimausmerkinnällä.

Työtilauksessa on työohjeet vain generaattorin vaihdolle. Muille töille (No. 2–6) on vain työkortit. Työtilaus ei sisällä apulaitevaihteiston vaihtoa koskevaa työtä. FTS:n tarkastajien mukaan ITS:n työryhmällä oli mukanaan apulaitevaihteiston vaihdon työohjeet, mutta koska työ ei ollut osa työtilausta, ohjeiden käyttöä ei seurattu eikä mahdollisia huollon asiakirjoja taltioidu.

Apulaitevaihteiston vaihdon työohjeet ovat laajuudeltaan 23 sivua. Ohjeissa on yhdeksän kohtaa, joissa kuvataan useiden varusteiden irrotus ja asennus. Kahdelle moottorin varusteelle on erilliset työohjeet. Lisäksi apulaitevaihteiston vaihto edellyttää 12 laitteen irrottamisen ja asentamisen, joille on erilliset työohjeet. Työohjeista selviää tarvittavat varaosat ja tarvikkeet, mahdolliset vaihtoehtoiset menetelmät esimerkiksi muutostason mukaan sekä vaadittavat mittaukset, jotka tulee kirjata. Työohjeet päättyvät moottorin koekäyttövaatimukseen.

Ainoa koekäyttöä koskeva kuittaus löytyy työtilauksen työstä No. 1 liittyen generaattorin vaihtoon. Vaihtotyöhön kuuluu generaattorin asennuksen jälkeen tehtävä vuotokoekäyttö joutokäynnillä (kohta 10). Kohta on kuitattu ITS:n leimalla. Tämän ja FTS:n Maintenance Operation Center:n (MOC) OH-AFJ:sta tekemän päiväkirjamerkinnän "Käytöt ITS" perusteella ITS koekäytti moottorit. Dokumentoinnin puutteellisuuden vuoksi koekäytön laajuus ei ole selvillä.

Työtilauksen mukaisesta työpaketista puuttuu käytettyjen varaosien ja tarvikkeiden lista. Työpaketissa ei ole asennetun apulaitevaihteiston lentokelpoisuusasiakirjaa. Myös käytettyjen työkalujen luettelo puuttuu.

Työtilauksen työvaiheistuksen mukaisille tehdyille töille ja aiemmin tilatulle päivätarkastukselle lisätöineen ei FTS ole antanut huoltotodistetta. Työt on merkitty tehdyiksi lentokoneen tekniseen matkapäiväkirjaan. Matkapäiväkirjan mukaan ITS on tehnyt ahtimen lapojen irrotuksen ja uudelleenjärjestelyn sekä vaihtanut oikeanpuoleisen moottorin apu-

laitevaihteiston ja vasemman moottorin vasemmanpuoleisen moottorijarrun.<sup>2</sup> Matkapäiväkirjan lokilehdessä puuttuu EASA Osa-145 mukainen vakuutusteksti.

Päivätarkastuksen huoltotodiste on annettu matkustamon vikakorjaukselle muiden jäädessä teknisen matkapäiväkirjamerkinnän varaan. Käytettyjen varaosien lentokelpoisuusasiakirjoja ei ole liitetty työpakettiin. Jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnasta vastaavan organisaation merkintää huollon vastaanotosta ei ollut.

## 1.5 Vian korjaus vaaratilanteen jälkeen

Pariisin Charles de Gaullen lentoasemalla kapteeni avasi vian lentokoneen tekniseen matkapäiväkirjaan. Päiväkirjan tekstin mukaan oikeanpuoleisessa moottorissa havaittiin polttoainevuoto lennon aikana ja laskeuduttiin Charles de Gaullen lentoasemalle.<sup>3</sup> Vikakorjaus tilattiin hollantilaisesta Aviacare-yhtiöstä. Teknisessä matkapäiväkirjassa ollut avoin vika toimi työtilauksena.

Lentoasemalla vika paikallistettiin oikeanpuoleisen moottorin korkeapainepolttoainepumpun polttoaineputken liitokseen. Liitoksen tiivisteenä käytetty o-rengas (kuva 1) oli osittain pullistunut urastaan ulos. Polttoainetta pääsi vuotamaan tästä liitoksesta lennon aikana yhteensä noin 4100 kg.



Kuva 1. Vaurioitunut o-rengas kuvattuna Charles de Gaullen lentoasemalla.

Korjaavaksi toimenpiteeksi tekniseen matkapäiväkirjaan on kirjoitettu, että korkeapainepolttoainepumpun polttoaineputken liitoksen tiivisterenkaan havaittiin vaurioituneen ja tiivisterengas vaihdettiin. Lisäksi on kirjattu ohjeistuksen kohta, jonka mukaan vaihto tehtiin.<sup>4</sup> Vian korjauksen yhteydessä huoltohenkilöstö on avannut toisen vian, jonka mukaan oikeanpuoleisen moottorin koekäyttö vaaditaan vuototarkastusta varten.<sup>5</sup> Korjaavaksi toimenpiteeksi on kirjoitettu, että oikeanpuoleisen moottorin koekäyttö on suoritettu ja polttoainevuotoa ei ollut havaittu.<sup>6</sup> Vaihdetun tiivisteiden osanumeroksi on merkitty KB27121. Molemmat viat on kuitattu korjatuiksi 16.1.2011. Kellonaikaa ei ollut merkitty.

Vian korjannut huolto-organisaatio ei laatinut tapahtuneesta teknistä vikailmoitusta. Komission asetuksen N:o 2042/2003 liitteen 2, Osan 145.A.60(a), mukaan organisaation on ilmoitettava toimivaltaiselle viranomaiselle, rekisteröintijäsenvaltiolle ja ilma-aluksen

<sup>2</sup> Teknisen matkapäiväkirjan lokilehdelle 007137 on kirjattu seuraavasti: "DE #7084 performed by ITS. Fan blades removed and rearranged" ja "WO #85 performed by ITS. Eng #2 high speed ext. gear box replaced". Teknisen matkapäiväkirjan lokilehdelle 007138 on kirjattu seuraavasti: PART 145 release: Daily Check performed 15.01.2011 klo 10.00 FI.145.0001 ja kuitanneen henkilön allekirjoitus. "WO #85 DE 7073 performed by ITS. Eng #1 thrust rev. LH replaced.

<sup>3</sup> Right engine fuel leak observed during flight. Diverted into CDG.

<sup>4</sup> Found H.P. fuel tube to H.P. fuel pump seal ring damaged. Seal ring replaced I.A.W. AMM 73-11-03 Fig. 401. – SA-TIS.

<sup>5</sup> REF to item1: R/H engine run up required for leak check.

<sup>6</sup> R/H engine run up C/OUT. NIL fuel LAR observed.

tai osan suunnittelusta vastuussa olevalle organisaatiolle kaikki ilma-aluksessa tai sen laitteessa tai osassa havaitsemansa viat, jotka vakavasti vaarantavat lentoturvallisuuden.

Vian korjannut huoltohenkilöstö ei toimittanut vaurioitunutta tiivistettä huolto-organisaationsa varastoon, vaan tiiviste heitettiin roskiin. Mahdollisesta ilmoituksesta yhtiön laatuosastolle tutkintaryhmällä ei ole tietoa. Civil Aviation Publicationin (CAP) 382 "The Mandatory Occurrence Reporting Scheme, 3.8 Retention of Parts Involved in Occurrences" mukaan mikä tahansa osa, josta on laadittu poikkeamaraportti tai joka on vaikuttanut vaaratilanteen syntymiseen, pitää irrottaa lentokoneesta. Osa tulee merkitä selkeästi tutkintaa varten ja se on toimitettava varastoon. Asia on tuotava laadunvalvonnan tietoon tehtäviä päätöksiä ja jatkotoimenpiteitä varten tapahtuman luonteen vaatimalla tavalla.<sup>7</sup>

Lennoilla vuotaneen polttoaineputken irrotus ja asennus on osa apulaitevaihteiston vaihtoa. Irrotus ja asennus kuuluvat korkeapainepolttoainepumpun irrotus- ja asennustyöhöjeseen, jossa on neljä eri vaihtoehtoa liitoksen muutostason mukaan. Kummastakaan huoltotyöstä, apulaitevaihteiston vaihdosta tai tapahtuman jälkeen tehdystä vikakorjauksesta, ei ole saatavilla kuitattua työvaihelistaa eikä sellaista huoltotodistetta, josta ilmeneisi käytetyn huolto-ohjeen vaadittu muutostaso. Näin ollen ei voida varmistua siitä, minä työhöjeseen mukaisesti työt ovat tehty.

## **1.6 Ohjaajien kertauskoulutus**

Lennon kapteeni kävi Air Finlandin järjestämän kertauskoulutuksen (Operators Proficiency Check, OPC) 28.10.2010 koulutusohjelman mukaisesti ja perämies vastaavasti 15.9.2010. Kertauskoulutuslento lennettiin simulaattorissa Suomessa Air Finlandin kouluttajan valvonnassa. Lento sisälsi muun muassa polttoainejärjestelmän toiminnan kertaamisen, yksimoottorilähestymisen ja sen keskeytyksen. Lentokoulutusta edeltäneinä päivinä oli koulutuksen tietopuolinen osuus, joka käsitti polttoainejärjestelmän ja muita järjestelmiä. Molemmat ohjaajat suorittivat kertauskoulutuksen hyväksytysti.

## **1.7 Moottorin polttoainevuototilanteeseen liittyvä ohjeistus**

B757 Flight Crew Operations Manualissa on Quick Reference Handbook (QRH), joka antaa ohjeistuksen epänormaaleihin tilanteisiin. QRH:n kohdassa Engine Fuel Leak tarkastuslista (kts. liite 2) antaa ohjaajille ohjeistuksen tilanteeseen, jossa epäillään moottorin polttoainevuotoa tai on varmistuttu siitä. Tarkastuslistan mukaan ensimmäiseksi tulee kytkeä keskipolttoainesäiliön polttoainepumput Off-asentoon. Sen jälkeen tulee havainnoida oikean- ja vasemmanpuoleisen polttoainesäiliön polttoaineenkulutusta ja tunnistaa kummasta polttoainesäiliöstä polttoaine vähenee nopeammin. Tarkastuslista määrittelee tilanteen moottorin polttoainevuodoksi, jos polttoainesäiliöiden polttoainemäärien välinen ero kasvaa 500 kg tai enemmän 30 minuutissa. Vuotavasta polttoaineesta tulisi varmistua silmämääräisesti, mikäli mahdollista.

Kun moottorin polttoainevuoto on varmistunut, tulisi tarkastuslistan mukaan polttoainetta vuotava moottori sammuttaa. Moottorin sammuttamisen jälkeen tarkastuslista ohjeistaa jatkamaan normaalin Fuel Management Proceduren mukaan huomioiden, että kaikilla jäljellä oleva polttoaine voidaan käyttää toimivassa moottorissa.

---

<sup>7</sup> Any part that is the subject of an occurrence report or involved in or the cause of an incident is to be removed from the aircraft and prominently identified as the subject of an investigation. The part must then be returned to Stores and brought to the attention of Quality Assurance for decisions on further action on the part as the nature of the occurrence dictates.

Lentokoneen valmistajan mukaan suurin sallittu epätasapaino oikean- ja vasemmanpuoleisen polttoainesäiliön polttoainemäärien välillä on 885 kg. Jos tämä ylittyy lennolla, ohjaamoon tulee Fuel Config -varoitusta. Fuel Config -varoitusta tulee myös, mikäli keskisäiliön polttoainepumput ovat kytketty Off-asentoon ja keskisäiliössä on polttoainetta yli 500 kg tai polttoainemäärä on jommassakummassa pääsäiliössä alle 1000 kg.

## **1.8 B757-lentokoneen ominaisuudet yksimoottoritilanteessa**

Yksimoottoritilanteessa B757-lentokone ei voi säilyttää matkalentokorkeutta ja matkalentonopeus laskee noin 60 solmua. Matkalentokorkeus voidaan säilyttää lentopinnalla 250 ja alempana. Lentokoneella ei ole rajoituksia kaartosuunnan suhteen, koska lentokoneen suuntavakavuus on riittävä ja sivuperäsin on tehokas. Suurilla moottorin tehoasetuksilla, kuten ylösvetotilanteessa, joudutaan käyttämään lähes täyttä sivuperäsinpoikeutusta sivuluisun estämiseksi. Yksimoottoritilanteessa APU:n ollessa käytössä kaikki järjestelmät ovat käytettävissä lukuun ottamatta vähäisiä matkustamomukavuuteen liittyviä laitteita.

## **1.9 Organisaatiot**

### **Air Finland Oy**

Air Finlandin lentotoimiluvan (Aircraft Operators Certificate, AOC) numero oli FIN-023 ja se oli voimassa toistaiseksi. Toimilupa perustui Euroopan Neuvoston asetuksen no 216/2008 ja Komission asetuksen no 859/2008 vaatimuksiin. Lentotoimintaa koskevan käsikirjan Operation Manual A revisiotaso oli tapahtumalennon aikaan 21. Se oli päivätty 31.12.2010. Lentokonetta koskevan käsikirjan Operation Manual B:n revisiotaso oli 12 ja se oli päivätty 1.6.2010. Yhtiöllä oli voimassa oleva liikennelupa. Toimi- ja liikenneluvat oli myöntänyt Suomen ilmailuviranomainen.

Air Finlandin jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnan toimiluvan numero oli FI.MG.0001 ja se oli voimassa toistaiseksi. Toimilupa perustui Euroopan parlamentin neuvoston asetuksen no 216/2008 ja komission asetuksen no 2042/2003 vaatimuksiin. Jälkimmäinen sisältää vielä jatkuvan lentokelpoisuuden hallintaa koskevan liitteen 1; Osa-M. Jatkuvan lentokelpoisuuden hallintaa koskevan käsikirjan, Continuous Airworthiness Management Exposition, revisiotaso oli tapahtumalennon aikaan 10. Se oli päivätty 1.9.2010. Tämä toimilupa on edellytyksenä sille, että lentotoimilupa on voimassa. Toimiluvat oli myöntänyt Suomen ilmailuviranomainen.

### **Finnair Technical Services (FTS)**

FTS:n lentokoneiden huoltotoimintaluvan toimilupanumero on FI.145.0001. Toimilupa perustuu Euroopan parlamentin neuvoston asetuksen no 216/2008 ja komission asetuksen no 2042/2003 vaatimuksiin. Jälkimmäinen sisältää vielä kaupallisen ilmakuljetuksen huoltotoimintaa koskevan liitteen 2; Osa-145. Toimintaa koskevan käsikirjan, Maintenance Organisation Exposition, revisiotaso oli tapahtumalennon aikaan 2. Se oli päivätty 30.9.2010. Toimiluvan on myöntänyt Suomen ilmailuviranomainen. Toimilupa on voimassa toistaiseksi ja kattaa kaupallisen ilmakuljetuksen. Toimiluvan työnlaajuus sisältää kyseessä olevan lentokone-moottori-yhdistelmän sekä linjahuolto- että korjaamo-huoltotasolla.

## **Icelandair Technical Services (ITS)**

ITS:n lentokoneiden huoltotoimintaluvan toimilupanumero on IS.145.0002. Toimilupa perustuu Euroopan parlamentin neuvoston asetuksen no 216/2008 ja komission asetuksen no 2042/2003 vaatimuksiin. Jälkimmäinen sisältää vielä kaupallisen ilmakuljetuksen huoltotoimintaa koskevan liitteen 2; Osa-145. Toimiluvan on myöntänyt Islannin ilmailuviranomainen. Toimilupa on toistaiseksi voimassa oleva ja kattaa kaupallisen ilmakuljetuksen. Toimiluvan työnlaajuus sisältää kyseessä olevan lentokone-moottori-yhdistelmän sekä linjahuolto- että korjaamohuoltotasolla.

## **Suomen toimivaltainen ilmailuviranomainen**

Toimivaltainen siviili-ilmailuviranomainen Suomessa on Liikenteen turvallisuusvirasto ja se valvoo Air Finlandin EU OPS 1 -toimintoja ja Osa-M-toimintoja sekä FTS:n Osa-145-toimintoja. Tutkintaryhmä tutustui ilmailuviranomaisen ennen tapahtumalentoa tekemiin auditointeihin, jotka koskivat organisaatioiden edellä mainittuja toimintoja.

Viimeisin tapahtumalentoa edeltänyt Air Finlandin OPS 1 -toimintoja koskeva auditointi tehtiin 21.9.2010. Auditoinnissa ei todettu vakavia poikkeamia. Lieviä poikkeamia todettiin kymmenen ja kommentin tasoisia havaintoja tehtiin yksi. Todetuilla poikkeamilla ja havainnolla ei ollut vaikutusta tutkittavaan tapahtumaan.

Tapahtumalentoa edeltänyt Osa-M-toimintoja koskeva auditointi tehtiin kahdessa osassa. Ensimmäinen osa tehtiin 22.10.2009 Islannissa ITS:n toimitiloissa. Siinä auditointiin Air Finlandin ja ITS:n välinen alihankintasopimus ja sen mukainen toiminta. Auditoinnissa kirjattiin kaksi tason 2 poikkeamaa. Toinen osa auditoinnista tehtiin 9–10.3.2010 Air Finlandin toimitiloissa Vantaalla. Siinä kirjattiin yksi tason 2 poikkeama. Kirjatuilla poikkeamilla ei ollut vaikutusta tutkittavaan tapaukseen.

FTS:n Osa-145-toimintoja auditointiin kolmessa osassa ennen tapahtumalentoa Helsinki-Vantaan lentoaseman teknisellä alueella. Näistä kaksi koski lentokonehuoltoa. Lentokonehuoltoa koskevassa auditoinnissa, joka tehtiin 4–8.10.2010, todettiin 14 tason 2 poikkeamaa. Poikkeamista viisi liittyi huolto-ohjeisiin, osien jäljitettävyyteen ja lentokelpoisuuteen. Yksi poikkeama koski huoltotodisteen antamista. Toinen lentokonehuollon auditointi, joka tehtiin 9–10.11.2010, koski aihealuetta 145.55 Huoltokirjanpito (Maintenance records) ja siinä todettiin kahdeksan tason 2 poikkeamaa. Näistä yksi poikkeama koski varaosien vastaanoton menettelyjä.

Auditoinnit oli saatujen tietojen perusteella tehty ajallaan ja poikkeamiin oli annettu asianmukaiset korjaavat toimenpiteet. Nyt tutkittavassa tapauksessa havaittiin vastaavia poikkeamia FTS:n huoltotoiminnan osalta kuin auditoinneissa.

ITS:n toimintaa valvoo Islannin ilmailuviranomainen. Koska tapahtumaketju osoittaa, että ITS:n organisaatio on vastannut vain työvoimaresursseista, ei Islannin ilmailuviranomaisen toimintoja tutkittu.

## **1.10 Aiemmat vastaavat tapahtumat**

### **1.10.1 B757-lentokoneen polttoainevuoto lennolla 9.6.2007**

Air Finlandin lennolla KKK7214 Norjan Alesundista Turkin Antalyaan tapahtui vaaratilanne 9.6.2007. Lentokoneen oikean- ja vasemmanpuoleisen polttoainesäiliön polttoainemäärien välille syntyi ero lennolla ja lentokoneen laskeutumisen jälkeen rullauksen aikana syttyi Fuel Config -varoitussvalo. OTKES tutki tapahtuman tunnuksella D9/2007L. Tutkinnan perusteella tapahtuman aiheutti ensisijaisesti oikeanpuoleisen moottorin polttoaineen korkeapainepumppu (HP fuel pump), joka vikaantui mekaanisesti. Polttoainetta pääsi vuotamaan vuotoputken kautta ulos noin 800 kg.

Tutkinnassa ilmeni, että ohjaajat eivät aluksi pitäneet tapausta polttoainevuototilanteena. Varmistuttuaan maassa siitä, että kysymyksessä oli polttoainevuoto, he eivät välittömästi sammuttaneet moottoria.

Lentoyhtiö käsitteli vaaratilanteen heti tapahtuman jälkeen ja se oli esillä yhtiön Lentoturvallisuus- ja laatutoimikunnan kokouksessa 28.11.2007 korjaavine toimenpiteineen. Lentoyhtiö sisällytti polttoainevuototilanteen ohjaajiensa simulaattorikoulutukseen. Tapahtuma ja korjaavat toimenpiteet kerrattiin kaikille yhtiön kouluttajille 12.11.2007 pidetyssä kouluttajakokouksessa ja lentoyhtiö teki asiaa koskevan muutoksen käsikirjaansa Operations Manual A:han.

### **1.10.2 Polttoaineputken liitoksessa esiintyneet vuodot**

AAIB:n 6.7.2010 julkaiseman tutkimuksen mukaan tammikuun 2008 ja heinäkuun 2010 välisenä aikana Rolls-Roycen RB211-535E4-tyyppisille moottoreille tapahtui 24 ilmoitettua polttoainevuotoa korkeapainepolttoainepumpun putken korkeapaineliitoksessa. Tämä tilasto kerättiin maailmanlaajuisesti RB211-535E4-tyyppisten moottoreiden käyttäjiltä. Yksi näistä tapauksista tapahtui lennolla aiheuttaen lennon keskeytyksen ja muut polttoainevuodot havaittiin huollon yhteydessä.

Tutkimuksen mukaan moottorin valmistaja löysi syy-yhteyden putkiliitoksen tiivisteuran valmistustoleranssin ja tiivisteiden sopivuuden väliltä. Tilanteen korjaamiseksi valmistaja julkaisi marraskuussa 2009 huoltotiedotteen RB.211-73-G230, jonka mukaan tiivisteuraa suurennetaan uudella osalla. Tämä huoltotiedote on vapaaehtoinen ja voidaan tehdä joko moottorin peruskorjauksen yhteydessä tai moottoria irrottamatta lentokoneesta.

## 2 ANALYYSI

### 2.1 Tapahtumat lennolla

Ensimmäinen merkki alkavasta polttoainevuodosta oli oikeanpuoleisen moottorin öljynlämmön laskeminen ja öljynpaineen nouseminen. Ohjaajat eivät huomanneet tai pitäneet poikkeamia merkittävänä mittarien näyttämien ollessa vielä sallituilla alueilla. Ilmiö johtui lisääntyneestä polttoaineen virtauksesta polttoaine-öljylämmönvaihtimen lävitse polttoainevuodon seurauksena. Lämmönvaihtimen tehtävänä on lämmitellä polttoainetta mahdollisten jääkiteiden sulattamiseksi ennen kuin polttoaine kulkee suodattimen lävitse ja samalla puolestaan jäähdyttää moottoriöljyn. Suurempi läpivirtaava polttoainemäärä jäähdyttää öljyä suunniteltua enemmän. Kylmempi öljy on puolestaan jähmeämpää, jolloin öljynpainemittarin näyttämä on suurempi. Kyseinen ilmiö on yleisesti tunnettu ilmailun alalla.

Normaalin menettelyn mukaisessa toisessa polttoaineen tarkastuksessa ohjaajat havaitsivat merkittävän eron laskennallisen ja todellisen polttoainemäärän välillä. Ohjaajat alkoivat epäillä moottorin polttoainevuodon mahdollisuutta. Normaalia suuremman polttoainekulutuksen takia aloitettu tarkempi seurantajakso ei ole QRH:n mukainen toiminto. Tilanteen tarkkailuun kului aikaa, joka olisi voitu käyttää QRH:n mukaisten toimenpiteiden tekemiseen. Havaittuaan merkittävän eron laskennallisen ja todellisen polttoainemäärän välillä ja epäiltyään moottorin polttoainevuotoa ohjaajien olisi pitänyt aloittaa QRH:n kohdan Engine Fuel Leak tarkastuslistan (kts. liite 2) mukaiset toimenpiteet.

Laskennallisen ja todellisen polttoainemäärän eron tultua suuremmaksi, ohjaajien epäilyt moottorin polttoainevuodon mahdollisuudesta vahvistuivat. Koska keskisäiliö oli tyhjentyneessä ja he tulisivat sammuttamaan polttoainepumput joka tapauksessa muutaman minuutin sisällä, ohjaajilla oli ajatus selvittää lennon alussa havaitun keskisäiliön epämääräisen määränäytön mahdollinen yhteys poikkeavaan polttoainekulutukseen. Alhaisen polttoainepaineen merkkivalot syttyivät keskisäiliön tyhjennyttyä. Tämä varmisti ohjaajille, että kyseessä oli todellinen polttoainevuoto. Paikallistettuaan polttoainevuodon oikeanpuoleiseen polttoainejärjestelmään tai moottoriin ohjaajien olisi pitänyt sammuttaa kyseisen puolen moottori QRH:n mukaisesti.

Vuotavaa polttoainetta on vaikeaa havaita, koska matkustamon ikkunoista joudutaan katsomaan hyvin viistosti ja näin näkyvä alue on kapea. Kokonaiskuvan hahmottamiseksi tulisi tarkastus tehdä useammasta matkustamon ikkunasta. Vuotava polttoaine on todennäköisimmin jäänyt väreilevän suihkuvirtauksen alle ja osittain sekoittunut ohivirtaukseen.

Kapteenin päätös keskeyttää lento ja laskeutua Charles de Gaullen lentoasemalle oli oikea. Saatuaan ilmoituksen kapteenilta polttoainevuodosta lennonjohtaja ryhtyi vaaratilanteen edellyttämiin toimenpiteisiin. Nämä toimenpiteet olivat riittäviä.

Koska QRH:n antama raja-arvo, 500 kg 30 minuutissa, ylittyi ja määritti tilanteen moottorin polttoainevuodoksi, käski QRH sammuttamaan polttoainetta vuotavan moottorin. QRH käskee moottorin sammutuksen jälkeen jatkamaan normaalin Fuel Management Proceduren mukaan huomioiden, että kaikki jäljellä oleva polttoaine voidaan käyttää toimivassa moottorissa eikä polttoainesäiliöiden välistä epätasapainoa pääse syntymään. Koska ohjaajat poikkesivat QRH-ohjeistuksesta, tuli ohjaamoon Fuel Config-varoitus. QRH antaa myös erilliset ohjeet tällaisenkin tilanteen varalle. Lentokäsikirjan mukainen suurin sallittu epätasapaino polttoaineelle on rajoitettu 885 kg. Varoitus ei joh-

tanut toimenpiteisiin, vaikka epätasapaino lisääntyi koko ajan. Jatkettaessa lentoa epätasapainotilanteen kasvaessa Fuel Config -varoituksen jälkeen toimittiin hyväksytyyn suoritusarvoalueen ulkopuolella ja tilanne muuttui ICAO:n luokituksen mukaan vakavaksi vaaratilanteeksi. Ohjaajat eivät laatineet hyväksytyyn suoritusarvoalueen ylityksestä asianmukaisia poikkeamaraportteja.

Kynnys sammuttaa sinänsä toimiva moottori on korkea. Tässä tapauksessa vasemmassa moottorissa esiintynyt käyntivärinä ja tarve kuluttaa ylimääräistä polttoainetta laskeutumista varten nostivat ennestään ohjaajien kynnystä sammuttaa polttoainetta vuotanut oikeanpuoleinen moottori. Jos ohjaajat olisivat sammuttaneet sen ja lentäneet yhdellä moottorilla, lentokoneen ohjaaminen olisi ollut vaativampaa. Ohjaajien päätös olla sammuttamatta polttoainetta vuotanutta moottoria ja poiketa ohjeista ei silti ole perusteltua. Tutkijoiden käsityksen mukaan B757-lentokonetta ei yleisesti pidetä erityisen haastavana lennettävänä yksimoottoritilanteessa. Ohjaajien mielestä heidän valitsemansa toimintatapa oli turvallisempi kuin QRH:ssa kuvattu menettelytapa.

Ohjaajilla ei tapahtuman aikaan ollut tarkalleen tiedossa, mistä polttoainetta vuotaa ja mihin polttoaine kulkeutuu. Ohjaajat eivät voi arvioida polttoainevuotoon liittyvää tulipaloriskiä ohjaamosta. Vuotavaan polttoaineeseen on aina suhtauduttava lennolla niin, että siihen sisältyy tulipalon vaara, vaikka suihkumoottorin käyttämä polttoaine ei ole erityisen herkästi syttyvää.

Tarkastuslistan perusteet moottorin sammutukselle ovat valmistajatehtaan mukaan polttoaineen riittävyuden varmistaminen jäljellä olevalle lennolle ja mahdollisen tulipalovaaran pienentäminen. Polttoaineen kulkeutumiseen moottoritilassa sellaiseen paikkaan, jossa se voisi syttyä, vaikuttaa lentokorkeus, moottorin tehoasetus, lentoasu, ilmanopeus ja mahdollisen vaurion kehittyminen lennon aikana. Lisäksi on huomattava, että laskekiihdossa käytettävä moottorijarrutus voi muuttaa virtausta moottorissa siten, että tulipalovaara voi kasvaa. Sammutettaessa moottori maakosketuksen jälkeen loppui polttoainevuoto moottorista ja asematasolle rullattaessa ei enää ollut tulipaloriskiäkään.

Jos tapahtumalentoa vastaava tilanne jäljiteltäisiin simulaattorilla lennettävällä tarkastuslennolla, tarkastuslistan menetelmistä poikkeaminen aiheuttaisi tarkastuslennon hylkäämisen. Näin ollen ohjaajien toimintaa ei voida pitää kaikin osin hyväksyttävänä. QRH:ssa annetuista menetelmistä voidaan poiketa vain, jos se on lentoturvallisuuden kannalta ehdottomasti tarpeen.

Charles de Gaullen lentoaseman asematasolle pysäköimisen jälkeen lentokoneen toinen moottori sammutettiin, minkä jälkeen viiden minuutin kuluttua ohjaamoäänitin on pysähtynyt automaattisesti. Koska ohjaamoäänittimen suojakatkaisinta ei ollut avattu tämän jälkeen, tallennus on saattanut käynnistyä vähäksi aikaa uudelleen moottorin märkäpyörytyksen yhteydessä. Tapahtumalennon tallenne on ylipyyhkiytynyt kokonaan viimeistään siirtolennon aikana, koska suojakatkaisin ei ollut avattuna ja ohjaamoäänintä ei ollut vaihdettu ennen lentoa. Tallenteen säilyttämiseksi ohjaamoäänitin olisi tullut joko vaihtaa Charles de Gaullen lentoasemalla tai siirtolentää lentokone suojakatkaisin avattuna ja vaihtaa ohjaamoäänitin vasta Helsingissä.

Ohjaamoäänittimen tallenne tapahtumalennon ajalta varmistaisi ohjaajien kertoman sekä poissulkisi mahdolliset muistivirheet tapahtumien kulusta ja tapahtumien ajallisesta sijoittumisesta toisiinsa nähden.

Ohjaajat kävivät kaikki lennonaikaiset keskustelunsa englannin kielellä, joka ei ole kummankaan äidinkieli. Normaalisti poikkeavassa tilanteessa vieraan kielen käyttämi-

nen tilanteen selvittämisessä voi joskus vaikeuttaa tai hidastaa asian käsittelyä. Tutkijaryhmä ei usko vieraan kielen käytöllä olleen vaikutusta tapahtumien kulkuun.

## 2.2 Lentoa edeltäneet huoltotyöt

Työpaketin (WO #85) ja päivätarkastuksen työpaketin puutteita huoltodokumentaatiossa ei havaittu ennen huoltoa eikä huollon jälkeen. Annettu huoltotodiste ei täyttänyt EASA:n vaatimuksia. Näin ollen lentokone ei ollut tehdyn huoltotyön osalta lentokelpoinen. Tutkijoiden käsityksen mukaan FTS:n olisi kuulunut antaa oma huoltotodiste tehdystä työstä. Air Finlandin teknisen matkapäiväkirjan lokilehdestä puuttunut Osa-145 mukainen vaakuusteksti oli poikkeama, jota Air Finlandin sisäinen laadunvalvonta tai ilmailuviranomainen tekemissään auditoinneissa ei ollut havainnut. Huoltotyön aikana ei noudatettu FTS:n ja Air Finlandin välisen Toimintaohjeen mukaisia menettelytapoja.

Jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnasta vastaavan organisaation merkintää huollon vastaanotosta ei ollut huoltoasiakirjoissa. Huollon vastaanotto ei näin ollen vastannut EASA Osa-M -vaatimuksia. Vastaanottohetkellä kuuluisi muun muassa verrata työtilausta ja tehdyistä töistä annettua huoltotodistetta. Huollon vastaanottajan tulisi määrittää, täyttävätkö tehdyt työt jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnan vaatimukset. Mahdollisten puutteiden töissä ja huoltoasiakirjoissa pitäisi tulla ilmi tarkastuksen yhteydessä. Tässä tapauksessa poikkeamat eivät tulleet ilmi tai aiheuttaneet toimenpiteitä.

Huollon päätteeksi oikeanpuoleista moottoria koekäytettiin noin 10 minuuttia joutokäynnillä ja lopuksi hetki lento-ohjelmalla. Kuulemisten perusteella koekäytössä ja sen jälkeisessä moottorin tarkastuksessa ei havaittu mitään normaalista poikkeavaa.

Tutkijat löysivät kolme mahdollista syytä polttoainevuodon syntymiselle.

Moottorin valmistaja on löytänyt syy-yhteyden tiivisteiden uran valmistustoleranssin ja käytettävän tiivisteiden suhteen. On mahdollista, että tiivisteiden sovituksista tulee liian tiukka, jolloin asennustyön yhteydessä tiiviste voi painua virheellisesti uran reunaan. Tällöin laippojen metalliset pinnat eivät asetu tiiviisti toisiaan vasten, vaikka liitoksen pultit kiristettäisiin oikeaan arvoon. Moottorin käyntivärinät ja polttoaineen paineen vaihtelut voivat heikentää virheellisesti puristunutta tiivistettä. Tiivistyksen pettäminen ilmenee polttoainevuotona jonkin ajan kuluttua.

Moottorin valmistajan julkaiseman huoltotiedotteen (SB RB.211-73-G230) mukaisen muutostyön jälkeen tiivisteiden sopivuus liitokseen paranee. Muutostyö on suositeltu tehtäväksi seuraavan moottorin määräaikaishuollon tai peruskorjauksen yhteydessä. Muutostyön mahdollisesta toteuttamisesta vastaa operaattorin jatkuvan lentokelpoisuuden hallintaorganisaatio. Kyseistä muutostyötä ei ollut tehty polttoainetta vuotaneeseen moottoriin tapahtumalennon aikaan.

Toinen vaihtoehto on, että laippojen väliset pultit olisivat jääneet kiristämättä lopulliseen kireyteen 100 lb.in. Kyseinen polttoaineputki on valmistettu terässeoksesta ja joustamattomuuden vuoksi putken kummankin pään on asetettava paikoilleen tiivisteineen lähes samanaikaisesti. Laippojen kiinnityspulttien ensiasennuksen jälkeen kiinnityspultit tulee kiristää arvoon 100 lb.in. Polttoainetta vuotanut liitoskohta on kohtuudella nähtävissä kiinnityspultteineen. Momenttiavaimen käyttämiselle on hankala löytää tilaa kiristettäessä. Tilanahtauden aiheuttaa moottorin eri järjestelmien putkien reititys kyseisen kiinnityslaipan sivuitse ja alitse. Tutkijat pitivät kuvattua huoltovirhettä mahdollisena syynä polttoainevuotoon.

Kolmas vaihtoehto on, että olisi asennettu väärä tiiviste. Väärän osan asentamisesta aiheutunutta polttoainevuotoa tutkijat eivät pidä todennäköisenä, mutta eivät myöskään täysin poissulje sitä. Mekanismia, jossa väärä tiiviste olisi aiheuttanut polttoainevuodon lennolle, ei pystytty jäljittämään. Pariisissa vikakorjauksen tehnyt huoltohenkilöstö hävitti vaihdetut osat, joten asennettua tiivistettä ei pystytty tarkastamaan osanumeron tai vaurioitumisen osalta. FTS:n huoltotyön paperiasiakirjat olivat puutteelliset, eikä niiden pohjalta voida varmistua käytetyn osan oikeellisuudesta ja lentokelpoisuudesta.

### **2.3 Huoltotyön vaativuuden arviointi**

Käytettävää kiristysmomenttia ei ole merkitty suoraan kyseisen työn huolto-ohjeeseen, vaan kaikki käytettävät arvot on kerätty erillisiksi taulukoiksi. Oikea arvo on etsittävä taulukoista erikseen. Väärän taulukon käyttäminen tai tulkinta aiheuttaa todennäköisesti virheellisen kiristysarvon käytön.

Apulaitevaihteiston vaihto on vaativa työ, jossa on lukuisia eri työvaiheita ja se sisältää noin 200 erikseen kiinnitettävää kohtaa. Ilman kunnollista sekä riittävän yksityiskohtaista työvaiheistusta ja työvaihelistaa on mahdollista ohittaa jokin työvaihe kokonaan tai työvaihe jää puutteellisesti tehdyksi. Vuoron vaihdot, tauot ja muut ulkoiset häiriötekijät esim. puhelimen käyttö, lisäävät riskiä entisestään.

Lentokoneiden huoltotoiminnassa, kuten muuallakin ilmailussa, on monia erilaisia varmistus- ja tarkastustoimintoja lentoturvallisuuden ja operoinnin luotettavuuden varmistamiseksi. Tässä huoltotyössä työn tehneet henkilöt olivat itse tarkastaneet kahdesti tehdyn työn. Huoltotodisteen antaja tarkasti huoltotyön kolmannen kerran. Tarkastuksien taso riippuu osaamisesta ja asenteesta sekä organisaatiossa vallitsevasta kulttuurista. Kyseisten pulttien kiinni olemisen voi viime kädessä varmistaa vain momenttiavaimella kokeilemalla. Kaikkien liitoksien tarkastaminen tällä tavoin olisi turhauttavaa ja taloudellisessakin mielessä työ tehtäisiin kahdesti. Mikäli liitokset olisi kiristämisen jälkeen varmistettu varmistuslangalla tai merkitty niin sanotulla tarkastajan lakalla, olisi lopputarkastus tehtävissä tältä osin silmämääräisesti.

### **2.4 Organisaatiot**

Air Finland osti alihankintana merkittävän osan jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnan toiminnoista. Lentoyhtiön organisaatio oli pieni ja sen resurssit valvoa toimintoja olivat rajalliset. Tutkittavan tapauksen Osa-M-toimintoihin ja niiden valvontaan osallistui useampien eri organisaatioiden henkilöstöä. Määrätietoisen ja kokonaisvaltaisen johtamisen puuttuminen johti huoltotyön ja jatkuvan lentokelpoisuuden valvonnan puutteisiin ja poikkeamiin. Lentoyhtiön ohjeistus ei antanut riittäviä ohjeita, joilla oltaisiin voitu varmistua tällaisen useamman toimijan valvonnasta.

FTS:n organisaatio ei kyennyt valvomaan tehtyä huoltotyötä. Sekaantumista edesauttoi Air Finlandin tekemä työtilaus suoraan ITS:lle, josta ITS ei kieltäytynyt. FTS oli nimennyt huollolle oman huoltotodisteen antajan huollon valvojaksi. FTS:n laatuosasto hyväksyi ITS:n työryhmän työskentelyn FTS:n tiloissa. Huollon valvojan varsinaisesta vastuusta ja valvontasuhteesta oli epä tietoisuutta. ITS teki heiltä tilatun työpaketin omana työnään ja antoi oman huoltotodisteen virheellisesti lentokoneen tekniseen matkapäiväkirjaan ja ilman linjahuoltotoimilupaa Helsinki-Vantaan lentoasemalla. FTS:n olisi pitänyt arvioida ITS:n lisätyövoiman pätevyys ja osoittaa heidät suoraan huollon valvojan vastuulle. Lisäksi ITS:n toimittamat varaosat oli kuulunut vastaanottaa FTS:n oman varaston kautta työlle. Air Finlandin työtilaus ITS:lle olisi tullut lisätä FTS:n omaan työpakettiin ja antaa FTS:n huoltotodiste koko työlle. Huollon päätyttyä Air Finlandin jatkuvan lentokelpoisuu-

den hallintaorganisaation olisi pitänyt vastaanottaa lentokone huollosta ja tarkastaa huoltoasiakirjat ennen koneen luovutusta lentotoimintaan.

Vikakorjauksen hallinta Pariisissa jäi kapteenin vastuulle. Air Finlandin jatkuvan lentokelpoisuuden hallintaorganisaation olisi tullut olla aktiivisesti mukana polttoainevuodon vikakorjauksessa. Tästä syystä Pariisissa tehdyt vikakorjauksen huoltoasiakirjat olivat puutteelliset.

Ilmailuviranomaisen auditoinnit ovat olleet määrällisesti riittäviä, mutta tutkintaryhmän mielestä auditoinneissa olisi voinut keskittyä organisaatioiden välisten huoltosopimusten mahdollistamiin alihankintavaihtoehtoihin ja niiden hallintaan. Havaitut toiminnalliset puutteet ja menetelmävirheet olisivat myös olleet kummankin organisaation laatuosaston löydettävissä.

Tutkinnan aikana ei selvinnyt, kenen valvonnassa FTS:n tiloissa ollut Air Finlandin varastohyllykkö oli. Ilmailuviranomaisen tekemissä auditoinneissa havaittiin vastaaviin osaluokkiin liittyviä puutteita.

Lentoyhtiön B757-lentokoneelle tapahtui vuonna 2007 vastaavankaltainen moottorin polttoainevuoto kuin tutkittavassa tapauksessa. Silloinkin ohjaajat poikkesivat QRH:n ohjeistuksesta moottorin sammuttamisen osalta. Tämän johdosta lentoyhtiö sisällytti polttoainevuototilanteen ohjaajiensa koulutukseen ja teki asiaa koskevan muutoksen käsikirjaansa. Nyt tutkittavassa tapauksessa ohjaajat olivat saaneet muutama kuukausi ennen tapahtumalentoa kertauskoulutusta, joka sisälsi muun muassa polttoainejärjestelmän toiminnan. Koska tässä tapauksessa ohjaajat kuitenkin poikkesivat QRH:n ohjeistuksesta vastaavassa tilanteessa, tutkijoiden mielestä tällaisessa tilanteessa lentoyhtiön tulisi tarkistaa, onko sen antama koulutus polttoainevuototilanteessa riittävä.

### 3 JOHTOPÄÄTÖKSET

#### 3.1 Toteamukset

1. Ohjaajien lupakirjat ja vaadittavat kelpuutukset olivat voimassa.
2. Lentokone oli huollossa FTS:n tiloissa juuri ennen tapahtumalentoa päivätarkastusta, laitevaihtoja ja vikakorjauksia varten. Huollon suurin yksittäinen työ oli oikeanpuoleisen moottorin apulaitevaihteiston vaihto.
3. Ensimmäinen merkki alkaneesta moottorin polttoainevuodosta oli oikeanpuoleisen moottorin öljynlämmön laskeminen ja öljynpaineen nouseminen vastaavasti. Ohjaajat eivät havainneet asiaa muutoksen alettua tai havainto ei aiheuttanut toimenpiteitä.
4. Normaalin menettelyn mukaisessa toisessa polttoainetarkastuksessa havaittiin polttoainetta kuluneen 1700 kg laskettua enemmän. Ohjaajat alkoivat epäillä moottorin polttoainevuodon mahdollisuutta.
5. Ohjaajat aloittivat tarkemman polttoaineenkulutuksen seurantajakson, pituudeltaan 17 minuuttia. Sen aikana polttoainetta vuoti lisää noin 600 kg.
6. Kapteeni ja purseri eivät havainneet moottorista vuotavaa polttoainetta matkustamon ikkunoista katsomalla.
7. Ohjaajat paikallistivat polttoainevuodon lentokoneen oikeanpuoleiseen polttoainejärjestelmään tai moottoriin.
8. Kapteeni päätti keskeyttää lennon ja laskeutua Pariisiin Charles de Gaullen lentoasemalle.
9. Ohjaajat vaihtoivat lentokoneen transponderiin hätäkoodin lennonjohtajan selvityksen mukaisesti.
10. Ohjaajat poikkesivat QRH-ohjeistuksesta, jonka mukaan polttoainetta vuotava moottori tulisi sammuttaa. Tämä johti polttoaineen suurimman sallitun epätasapainon ylittymiseen. Ylittymisestä tuli ohjaamoon Fuel Config -varoitusta. Varoitusta ei johdettu toimenpiteisiin.
11. Suurimman sallitun polttoaineen epätasapainon ylittyminen johti lennon jatkamiseen hyväksytyyn suoritusarvoalueen ulkopuolella ja tilanne muuttui ICAO:n luokituksen mukaan vakavaksi vaaratilanteeksi.
12. Polttoainetta vuotava moottori sammutettiin maassa maakosketuksen jälkeen, jolloin polttoainevuoto loppui.
13. Ohjaajat eivät laatineet tapahtuneesta hyväksytyyn suoritusarvoalueen ylityksestä asianmukaista raporttia toimivaltaiselle ilmailuviranomaiselle ja lentoyhtiön jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnan organisaatiolle.
14. Polttoainevuodon aiheuttanut vika korjattiin Charles de Gaullen lentoasemalla. Vuodon aiheuttanut o-rengas heitettiin roskeen, vaikka se olisi pitänyt ottaa talteen.

15. Lentokoneen ohjaamoäänittimen tallenne ylipyyhkiytyi kokonaan viimeistään siirtolennon aikana eikä tapahtuma-ajan tallenne näin ollen ollut tutkijoiden käytettävissä.
16. Moottorin valmistajan ehdottamaa muutostyötä, jolla parannetaan tiivisteiden sopivuutta liitokseen, ei ollut tehty polttoainetta vuotaneeseen moottoriin tapahtumalennon aikaan.
17. Lennolla vuotaneen polttoaineputken irrotus ja asennus on osa apulaitevaihteiston vaihtoa.
18. Huoltotyön työtilaus oli puutteellinen. Oikeanpuoleisen moottorin apulaitevaihteiston vaihdosta ei ollut huoltoasiakirjoja. Moottorin koekäytöstä, sen sisällöstä ja tuloksista ei ollut huoltoasiakirjoja kuten koekäyttöpöytäkirjaa. Polttoainetta vuotaneen liitokseen asennetun tiivisteiden lentokelpoisuudesta ei voitu varmistua. Myöskään saman liitoksen kiinnityspulttien kiristämisessä käytetyn kiristysmomentin suuruudesta ei voitu varmistua.
19. Teknisessä matkapäiväkirjassa ollut huoltotodiste ei sisältänyt EASA Osa-145 -vaatimuksen mukaista vakuutustekstiä. Näin ollen lentokone ei ollut tehdyn huoltotyön osalta lentokelpoinen eikä lentokuntoinen.
20. Huollon vastaanotto ei vastannut EASA Osa-M -vaatimuksia.
21. ITS huolsi ilman linjahuoltolupaa Helsinki-Vantaan lentoasemalla.
22. FTS ei kyennyt valvomaan huoltotyötä ja antoi virheellisen huoltotodisteen.
23. Air Finlandin laatuosasto ei käsitellyt tapahtumaa tutkinnan aikana.
24. FTS:n laatuosasto käsitteli tapahtumaa tutkinnan aikana.

### **3.2 Tapahtuman syyt ja myötävaikuttaneet tekijät**

Tapahtuman välitön syy oli polttoainevuoto lentokoneen oikeanpuoleisen moottorin korkeapainepolttoainepumpun polttoaineputken liitoksesta. Polttoainevuodon syntymiselle tutkintaryhmä löysi kolme mahdollista mekanismia.

Todennäköisimpänä syynä polttoainevuodon syntymiseen tutkintaryhmä pitää liitoksen alunperin liian tiukkaa tiivisteiden sovitusta, jonka takia tapahtumalentoa edeltäneessä huollossa tehdyssä asennustyössä tiiviste on voinut painua virheellisesti tiivisteuran reunaan. Myötävaikuttaneena tekijänä tähän polttoainevuodon syntymekanismiin voidaan pitää sitä, että lentoyhtiö ei ollut tehnyt ennen tapahtumalentoa moottorin valmistajan julkaiseman huoltotiedotteen SB RB.211-73-G230 mukaista vapaaehtoista muutostyötä, jonka avulla tiivisteiden sopivuus liitokseen olisi parantunut.

Toinen mahdollinen syy polttoainevuodon syntymiseen on se, että liitoksen laippojen väliset pultit ovat jääneet kiristämättä ohjeistuksen mukaiseen lopulliseen kireyteen tapahtumalentoa edeltäneessä huollossa. Tähän myötävaikuttaneita tekijöitä olisi useita. Oikean kiristysmomenttiarvon löytäminen ohjekirjan taulukoista on haasteellista. Momenttiavaimen kääntämiselle on vähän tilaa käytössä moottoritilassa, mikä on voinut vaikeuttaa pulttien kiristämistä. Liitosta ei ollut kiristämisen jälkeen varmistettu varmistuslangalla tai merkitty tarkastajan lakalla, mikä on vaikeuttanut lopullisen kireyden tarkastuksen

tekemistä. Myös huoltotyön valvonnan puuttuminen olisi todennäköisesti myötävaikuttanut tähän mekanismiin.

Kolmas mahdollinen syy polttoainevuodon syntymiseen on se, että tapahtumalentoa edeltäneessä huollossa liitokseen on vahingossa asennettu väärä tiiviste. Tutkintaryhmä ei pidä tätä todennäköisenä, mutta ei myöskään täysin poissulje sitä. Väärän tiivisteiden asentamiseen olisi todennäköisesti myötävaikuttanut huoltotyön valvonnan puuttuminen.

Polttoainevuoto lennolla aiheutti vaaratilanteen. Ohjaajat eivät sammuttaneet polttoainetta vuotanutta moottoria lennolla, vaikka lentokoneen Quick Reference Handbook (QRH) ohjeistaa tekemään niin moottorin polttoainevuototilanteessa. Ohjaajien poikkeaminen QRH:n ohjeistuksesta johti polttoainevuodon jatkuessa suurimman sallitun epätasapainon ylittymiseen, jolloin toimittiin hyväksytyin suoritusarvoalueen ulkopuolella ja vaaratilanne muuttui ICAO:n luokituksen mukaan vakavaksi vaaratilanteeksi.

## **4 TURVALLISUUSSUOSITUKSET**

### **4.1 Toteutetut toimenpiteet**

Finnair Technical Services laadunvalvontaorganisaatio on kerrannut asiakasmenettelytapansa ja korostanut oikeaa huoltoasiakirjojen käyttö- ja täyttötapaa koulutuksissaan.

Onnettomuustutkintakeskuksen tietoon ei ole tullut muita tutkinnan aikana tapahtuman johdosta toteutettuja toimenpiteitä, joilla olisi pyritty ehkäisemään vastaavien tapahtumien toistuminen.

### **4.2 Turvallisuuksuosituksen**

Onnettomuustutkintakeskus ei anna turvallisuussuosituksia. Alun perin Onnettomuustutkintakeskus aikoi antaa neljä turvallisuussuositusta Air Finland Oy:lle, mutta koska lentoyhtiö asetettiin konkurssiin tutkinnan aikana, suosituksia ei voida enää kohdentaa yhtiölle. Alkuperäisten turvallisuussuosituksien sisältö perusteluineen esitetään kuitenkin seuraavissa kappaleissa, jotta tutkinnan tuloksena syntyneet turvallisuuden parantamisehdotukset saadaan yleiseen tietoisuuteen.

Tapahtumalennolla ohjaajat poikkesivat QRH:n antamasta ohjeistuksesta polttoainevuototilanteessa jättäen polttoainetta vuotavan moottorin sammuttamatta. Tämän seurauksena polttoainevuodon jatkuessa suurin sallittu epätasapaino ylittyi, jolloin toimittiin hyväksytyyn suoritusarvoalueen ulkopuolella ja vaaratilanne muuttui ICAO:n luokituksen mukaan vakavaksi vaaratilanteeksi. Tämän perusteella Onnettomuustutkintakeskus aikoi suositella lentoyhtiötä tarkistamaan, onko sen ohjaajilleen antama polttoainevuototilanteeseen liittyvä koulutus riittävä.

Tutkinnassa havaittiin puutteita lentoyhtiön jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnan organisaation (EASA Osa-M) toiminnassa tapahtumalentoa edeltäneen huollon vastaanotossa ja huollon hallinnassa. Tämän perusteella Onnettomuustutkintakeskus aikoi suositella lentoyhtiötä varmistamaan, että sen jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnan organisaation toimintatavat vastaavat Suomen toimivaltaisen ilmailuviranomaisen hyväksymää yhtiön ohjeistusta.

Tapahtumalennolla polttoainetta vuotaneen liitoksen tiiviste on voinut painua virheellisesti uran reunaan ennen tapahtumalentoa tehdyn asennustyön yhteydessä, mikäli sen sovitus on ollut alun perin liian tiukka. Moottorin valmistaja on vuonna 2009 julkaissut vapaaehtoisen huoltotiedotteen SB RB.211-73-G230, joka toteuttamalla tiivisteuran sovitus korjaantuisi. Onnettomuustutkintakeskus aikoi suositella lentoyhtiötä toteuttamaan moottorin valmistajan julkaiseman huoltotiedotteen kaikkiin operoinnissa käyttämiinsä B757-lentokoneisiin.

Lentokoneen teknisessä matkapäiväkirjassa ollut huoltotodiste ei sisältänyt EASA Osa-145 -vaatimuksen mukaista vakuutustekstiä. Näin ollen lentokone ei ollut tehdyn huoltotyön huoltotodisteen osalta lentokelpoinen eikä lentokuntoinen tapahtumalennolla. Tämän perusteella Onnettomuustutkintakeskus aikoi suositella lentoyhtiötä muuttamaan kaikkien operoimiensa lentokoneiden huoltotodistetta niin, että siinä olisi EASA Osa-145 -vaatimuksen mukainen vakuutusteksti.

### 4.3 Muita huomioita ja ehdotuksia

Huoltotyölle on laadittu työvaihelista, jossa jokainen työvaihe on yksilöity. Työvaihelistassa on erikseen sarake huoltohenkilöstön kuittaukselle ja tarkastajan kuittaukselle. Mikäli tämä työvaihelista täytettäisiin asianmukaisesti, voisi huoltohenkilöstö olla vakuutunut oikeasta työjärjestyksestä ja siitä, että mikään kohta ei unohdu välistä. Myös kiristävien osien, kuten pulttien, momenttiarvon sekä momenttiavaimen yksilöinnin merkitseminen työvaihelistaan varmistaisi sen, että liitos on varmasti kiristetty loppuun asti.

Onnettomuustutkintakeskus ehdottaa, että työvaihelistaa täytettäisiin työn edetessä kohta kohdalta siten, että huoltohenkilöstö kuittaisi jokaisen kohdan työn tehtyään ja myös kirjottaisi kiristysmomentit ja momenttiavaimen tunnuksen asianmukaiseen kohtaan.

Tutkintaryhmän mielestä ilmailuviranomaisen tekemät auditoinnit tapahtumaan liittyviin organisaatioihin olivat määrällisesti riittävät, mutta niissä olisi voinut huomioida alihankintajärjestelyt kattavammin.



## YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUKSEN LOPULLISESTA LUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA

### LIIKENTEEN TURVALLISUUSVIRASTO

Liikenteen turvallisuusvirastolla ei ollut lausuttavaa.

### AIR FINLAND OY

Air Finland Oy:n konkurssipesällä ei ollut lausuttavaa.

### FINNAIR TECHNICAL SERVICES (FTS)

FTS:llä ei ollut lausuttavaa.

Tutkintaselostuksen kohtaan 4.1 Toteutetut toimenpiteet liittyen FTS kommentoi, että sen laadunvalvontaorganisaatio on kerrannut asiakasmenettelytapansa ja korostanut oikeaa huoltoasiakirjojen käyttö- ja täyttötappaa koulutuksissaan.

### YHDISTYNEEN KUNINGASKUNNAN LENTOTURVALLISUUSTUTKINTAVIRANOMAINEN (AAIB)

AAIB:llä ei ollut lausuttavaa.

### ROLLS-ROYCE

Rolls-Roycella ei ollut lausuttavaa.

### AVIACARE

Aviacarella ei ollut lausuttavaa.

Aviacare totesi huomioivansa tutkinnan johtopäätökset omassa toiminnassaan. Aviacare aikoi tiedottaa huoltohenkilöstölleen vaatimuksesta säilyttää kaikki materiaali liittyen vaaratilanteisiin/onnettomuuksiin, kunnes ne voidaan luovuttaa pois operaattorin tai valvovan viranomaisen ohjeistuksen mukaisesti.

### EUROOPAN LENTOTURVALLISUUSVIRASTO (EASA)

EASA:lla ei ollut lausuttavaa.

### YHDYSVALTAIN ONNETTOMUUSTUTKINTAVIRANOMAINEN (NTSB)

NTSB:llä ei ollut lausuttavaa.



Boeing 757 Flight Crew Operations Manual – Engine Fuel Leak



12.1

757 Flight Crew Operations Manual

**Engine Fuel Leak**

Condition: An in flight engine fuel leak is suspected or confirmed. (Items which may indicate an engine fuel leak are listed in the Additional Information section at the end of this procedure.)

- 1 C L and C R PUMP switches . . . . . Off
- 2 Do **not** accomplish the following checklist:  
 FUEL CONFIGURATION
- 3 FWD and AFT FUEL XFEED switches . . . . . Off
- 4 Identify an engine fuel leak by observing a left or right main tank fuel quantity decreasing faster than the other.
- 5 An increase in fuel imbalance of approximately 500 kilograms or more in 30 minutes should be considered an engine fuel leak.
- 6 **If** conditions allow:  
 Visually check for engine fuel leak.
- 7 Choose one:
  - ◆ Engine fuel leak **confirmed**:  
 ▶▶ **Go to step 17**
  - ◆ Left and right main tank quantities **decrease at the same rate**:  
 ▶▶ **Go to step 8**
- 8 Resume normal fuel management procedures.

▼ Continued on next page ▼



▼ Engine Fuel Leak continued ▼

9 Choose one:

◆ FUEL DISAGREE-PROG 2 **and** FUEL QTY ERROR-PROG 2 messages are **not** shown on the CDU scratchpad:

▶▶ **Go to step 12**

◆ FUEL DISAGREE-PROG 2 **or** FUEL QTY ERROR-PROG 2 message is **shown** on the CDU scratchpad:

▶▶ **Go to step 10**

10 PROGRESS PAGE 2 . . . . . SELECT

11 TOTALIZER or

CALCULATED . . . . . Select USE for the most accurate indication



12 Choose one:

◆ LOW FUEL message **not** shown:



◆ LOW FUEL message is **shown**:

FWD and AFT FUEL XFEED switches . . . On  
This ensures all fuel is available if the low tank empties.

▶▶ **Go to step 13**

▼ Continued on next page ▼



▼ Engine Fuel Leak continued ▼

13 PUMP switches (all) . . . . . ON

This ensures all fuel is available.

14 Plan to land at nearest suitable airport.

15 Avoid high nose up attitude and excessive acceleration and deceleration.

16 Do **not** accomplish the following checklist:

LOW FUEL



17 A/T ARM switch . . . . . OFF

18 Thrust lever  
(affected side) . . . . . Confirm . . . . . Idle

19 FUEL CONTROL switch  
(affected side) . . . . . Confirm . . . . . CUTOFF

20 Choose one:

◆ APU is **available**:

▶▶ Go to step 21

◆ APU is **not available**:

▶▶ Go to step 22

21 APU selector . . . . . START, then ON

22 GND PROX FLAP OVRD switch . . . . . OVRD

**OH-AFJ, OH-AFK**

23 Transponder mode selector . . . . . TA

▼ Continued on next page ▼