



Matkustajalentokoneen moottorihäiriö lentoonlähdössä Helsinki-Vantaan lentoasemalla 25.11.2021



L2021-04

ALKUSANAT

Onnettomuustutkintakeskus päätti turvallisuustutkintalain (525/2011) 2 §:n nojalla tutkia 25.11.2021 Helsinki-Vantaalla matkustajalentokoneelle lentoonlähdössä tapahtuneen moottorihäiriön.

Tutkintaryhmän johtajaksi nimettiin liikennelentäjä Juha-Pekka Keidasto, jäseniksi lennonjohtaja (eläk.) Kari Alvi, liikennelentäjä Jani Holmberg, lentokonemekaanikko Mikko Raatikainen sekä erityisasiantuntijaksi liikennelentäjä Kimmo Lius. Tutkinnanjohtaja oli ilmailuonnettomuuksien johtava tutkija Janne Kotiranta.

Hollannin onnettomuustutkintaviranomainen (DSB), Kanadan onnettomuustutkintaviranomainen (TSB) sekä Ruotsin onnettomuustutkintaviranomainen (SHK) nimesivät tutkintaan valtuutetut edustajat. Euroopan lentoturvallisuusvirasto (EASA) nimesi tutkintaan teknisen neuvonantajan.

Lisäksi Saksan BFU (turvallisuustutkintaviranomainen) purki lennontallentimen tiedot sekä kanadalainen moottorivalmistaja Pratt & Whitney testasi automaattisen lepuutusjärjestelmän, AFU:n (Auto Feather Unit).

Turvallisuustutkinnan tarkoituksena on yleisen turvallisuuden lisääminen, onnettomuuksien ja vaaratilanteiden ehkäiseminen sekä onnettomuuksista aiheutuvien vahinkojen torjuminen. Turvallisuustutkintaa ei tehdä oikeudellisen vastuun kohdentamiseksi.

Turvallisuustutkinnassa selvitetään tapahtumien kulku, syyt ja seuraukset sekä tehdyt pelastustoimet ja viranomaisten toiminta. Tutkinnassa selvitetään erityisesti, onko turvallisuus otettu riittävästi huomioon onnettomuuteen johtaneessa toiminnassa sekä onnettomuuden tai vaaran aiheuttajina taikka kohteina olleiden laitteiden ja rakenteiden suunnittelussa, valmistuksessa, rakentamisessa ja käytössä. Lisäksi selvitetään, onko johtamis-, valvonta- ja tarkastustoiminta asianmukaisesti järjestetty ja hoidettu. Tarvittaessa on myös selvitettävä mahdolliset puutteet turvallisuutta ja viranomaisia koskevissa säännöksissä ja määräyksissä.

Tutkintaselostus sisältää selostuksen onnettomuuden kulusta, onnettomuuteen johtaneista tekijöistä ja onnettomuuden seurauksista. Lisäksi se sisältää asianomaisille viranomaisille ja muille toimijoille osoitetut turvallisuussuositukset sellaisista toimenpiteistä, jotka ovat tarpeen yleisen turvallisuuden lisäämiseksi, uusien onnettomuuksien ja vaaratilanteiden ehkäisemiseksi, vahinkojen torjumiseksi sekä pelastus- ja muiden viranomaisten toiminnan tehostamiseksi.

Onnettomuuden osallisille sekä tutkittavan onnettomuuden alalla valvonnasta vastaaville viranomaisille on varattu tilaisuus antaa lausuntonsa tutkintaselostuksen luonnoksesta. Lausunnot on otettu huomioon tutkintaselostusta viimeisteltäessä. Yhteenveto lausunnoista on tutkintaselostuksen lopussa. Yksityishenkilöiden antamia lausuntoja ei turvallisuustutkintalain mukaisesti julkaista.

Tutkintaselostuksen on kääntänyt englannin kielelle TK Translations.

Tutkintaselostus ja tiivistelmä on julkaistu 22.11.2022 Onnettomuustutkintakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa www.turvallisuustutkinta.fi.

Tutkinnan tunnus: L2021-04
Tutkintaselostus 8/2022
ISBN: 978-951-836-637-2 (PDF)

Kannen kuva: OTKES

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	2
1 TAPAHTUMAT	5
1.1 Tapahtumien kulku.....	5
1.2 Hälytykset ja pelastustoimet.....	8
1.3 Seuraukset.....	9
2 TAUSTATIEDOT	10
2.1 Toimintaympäristö, laitteet ja järjestelmät.....	10
2.1.1 Helsinki-Vantaan lentoasema	10
2.1.2 Ilma-alus.....	11
2.1.3 Lennonjohto.....	17
2.2 Olosuhteet	19
2.2.1 Sää.....	19
2.2.2 Maasto	19
2.3 Tallenteet.....	20
2.3.1 Fintraffic ANS:n tallenteet	20
2.3.2 Lentoarvotallennin (FDR - Flight Data Recorder).....	20
2.3.3 Ohjaamoäänitallennin	20
2.3.4 Hätäkeskustallenteet.....	20
2.3.5 Pelastuspalvelun ajoneuvokameroiden tallenteet.....	20
2.4 Onnettomuuteen liittyvät henkilöt, organisaatiot ja turvallisuudenhallinta	20
2.4.1 Lentoyhtiö Amapola Flyg AB	20
2.4.2 Turvallisuusjohtamisjärjestelmä	20
2.4.3 Ohjaajat.....	21
2.4.4 Matkustamohenkilökunta	21
2.4.5 ANS-Finland	21
2.4.6 Lennonjohtajat.....	21
2.5 Pelastustoiimiin osallistuneet organisaatiot ja niiden toimintavalmius.....	22
2.6 Säädökset, määräykset ja ohjeet.....	22
2.6.1 Lennonjohdon määräykset ja työmenetelmät.....	22
2.6.2 Kielitaito	23
2.6.3 Lentoyhtiö Amapola Flyg AB:n käsikirjat.....	23
2.6.4 Moottorihäiriömenetelmä	24
2.7 Muut selvitykset.....	25
3 ANALYYSI	27
3.1 Tapahtuman analysointi	27

3.1.1	Lähtökiito.....	27
3.1.2	Lentoonlähtö.....	28
3.1.3	Moottorihäiriö ja alkunousu.....	28
3.2	Pelastustoimien analysointi.....	30
3.3	Viranomaisten toiminnan analysointi.....	31
4	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	32
5	TURVALLISUUSUOSITUKSET.....	34
5.1	Potkurin automaattisen lepuuttumisen logiikka.....	34
5.2	Moottorin ohjausyksiköiden toiminta.....	34
5.3	Ohjaajien koulutus.....	35
5.4	Tarkistuslistojen täydennykset.....	35
5.5	Toteutetut toimenpiteet.....	35
	LÄHDELUETTELO.....	36
	YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA.....	37

1 TAPAHTUMAT

1.1 Tapahtumien kulku

Amapola Flyg Ab:n lennon APF322 ohjaamomiehistö oli saapunut Helsinki-Vantaan lentoasemalle edellisenä iltana, ja he olivat yöpyneet Tikkurilassa hotellissa. Heidät noudettiin hotellilta ja kuljetettiin lentoasemalle, jossa he tapasivat APF322-lennon Helsinki-Joensuu matkustamohenkilön. Työvuorolle ilmoittautuminen tapahtui tuntia ennen lennon aikataulunmukaista lähtöaikaa, kello 14.00 UTC¹.

Ohjaajat suorittivat normaalit lennonvalmistelut. Lento APF322 aloitti rullauksen kohti kiitotie 22 vasenta (22L)² kello 15.01. Rullaus sujui normaalisti ja kello 15.06 ohjaajat aloittivat lähtökiidon kapteenin toimiessa ohjaavana ohjaajana (PF)³.

Lähtökiidon aikana, muutama solmu ennen ratkaisunopeutta (V1)⁴, ilma-aluksen varoitusjärjestelmä (IAU, Integrated Alerting Unit) antoi äänivaroituksen. Varoituksena kuului kaksi kihlahdusta, joista jälkimmäinen oli selvästi ensimmäistä lyhyempi. Ohjaajat havaitsivat myös varoitusvalopaneelin (CAP, Central Annunciator Panel) varoitusvalon syttyneen. Varoitus oli niin lyhytaikainen, ettei kumpikaan ohjaajista ehtinyt ennen varoitusvalon sammumista havaitsemaan, mikä järjestelmä aiheutti varoituksen.

Lentoonlähtöä jatkettiin, kun lentoonlähden ratkaisunopeus V1 oli saavutettu. Lentokoneen kapteeni nosti lentokoneen nokan ilmaan lentoonlähtöä varten Vr nopeudella. Samalla hetkellä lentokoneen varoitusjärjestelmä antoi hälytyksen (MW - Master Warning) varoitusvalolla sekä kolmella äänivaroituksella.

Lentoonlähden jälkeen lentokoneen ollessa ilmassa laskutelineet otetaan ylös PF:n käskyn perusteella. Tällä kertaa käsky jäi antamatta, ja laskutelineet jäivät ala-asentoon ollen ulkona koko lennon ajan. Normaalitilanteessa lentoonlähden jälkeen ohjaajat tekevät lentoonlähden jälkeisen "after takeoff" tarkistuslistan mukaiset toimenpiteet, jossa yhtenä toimenpiteenä on laskutelineiden sisään ottaminen. Laskutelineet muodostivat suuren ilmanvastuksen, ja siten heikensivät lentokoneen nousukykyä. Ilmanvastus oli niin suuri, että lentokoneen pystynopeus oli noin 400 jalkaa minuutissa ylöspäin.

Tarkkailevana ohjaajana (PM) toiminut perämies totesi moottorihäiriön vasemmassa moottorissa lentokoneen päästyä ilmaan. PF:na toiminut lentokoneen kapteeni käski moottorihäiriön havaitsemisen jälkeen PM:n tarkastamaan ja vahvistamaan moottoreiden tehoasetuksen. Moottorin valvontamittareiden perusteella molemmat moottorit olivat käynnissä, mutta vasemman moottorin ja potkurin kierrosluku oli normaalista poikkeava. Kierrosluku oli mittarin vihreän alueen alapuolella ilmaisten potkurin antavan työntövoimaa 50 % kokonaistehosta.

¹ Tutkintaselostuksessa olevat kellonajat ovat UTC-aikoja. Tapahtumahetkellä paikallinen aika Helsingissä oli UTC+2 tuntia.

² Lentokenttien kiitotiet nimetään niiden ilmansuuntien mukaisesti. Tutkintaselostuksessa käytetään kiitoteiden kansainvälistä ilmaisutapaa kartoissa. Kiitotie ilmaistaan kahdella numerolla (pääilmansuunta) sekä tarvittaessa lisäkirjaimella osoittamaan samansuuntaisten kiitoteiden sijainnit toisiinsa esim. kiitotie 22 vasen-22L, kiitotie 22 oikea-22R.

³ PM ja PF: ohjaajat jakavat työtehtävät lennolla PF-pilot flying ja PM-pilot monitoring -rooleihin. PF:n roolissa olevan ohjaajan tehtäviin kuuluu lentokoneen lentämiseen liittyvät tehtävät ja PM:n rooliin lennon monitorointi ja tarkkailu sekä kommunikointi lennonjohdon kanssa.

⁴ V1-, Vr- ja V2-nopeudet: V1-nopeus on määritelmän mukaan lentoonlähdössä suurin nopeus, jolla ohjaajan on aloitettava toimenpiteet pysäyttääkseen lentokoneen käytettävissä olevalla kiihdytys- ja pysäytysmatkalla. V1-nopeus tarkoittaa myös pienintä nopeutta, jolla ohjaaja voi kriittisen moottorin häiriön jälkeen jatkaa lentoonlähtöä ja saavuttaa vaadittavan korkeuden lentoonlähtöön käytettävissä olevalla matkalla. Vr on rotaationopeus. Se tarkoittaa nopeutta, jolloin aloitetaan lentokoneen nokan nostaminen ilmaan. V2 on ilmanopeus, jolla yksi moottori epäkunnossa saavutetaan vaadittu nousukyky.

PM vahvasti moottoreiden teholumemat sekä totesi, ettei automaattinen lepuutus ollut aktivoitunut vasemmassa moottorissa. Tämän jälkeen PF käski tehdä moottorihäiriömenetelmän mukaiset toimenpiteet moottorin sammuttamiseksi. Moottoria sammuttaessa PM:n tehtäviin kuuluu varmistaa PF:lta polttoaineen syötön katkaisu ennen polttoainehanan sulkemista. Varmistuksen jälkeen PF käski PM:n asettaa uuden ohjaussuunnan lennonohjausjärjestelmään.

Lentoyhtiö on määritellyt Helsinki-Vantaan kiitotien 22L moottorihäiriömenetelmän. Ohjaajien tulee menetelmän mukaan lentää viisi mailia ohjaussuuntaa 218 lentoonlähdön jälkeen, jonka jälkeen heidän tulee kääntyä kohti reittipiste VAVIS:ta, sekä liittyä reittipiste VAVIS-odotuskuvioon.

Lentokoneen lentäessä kohti yksimoottorikiihdytyskorkeutta PM asetti toisiotutkavastajaan koodin 7700 ja TCAS-laitteeseen TA-asetuksen⁵.

Lähilennonjohtaja (TWR, Tower)⁶ havaitsi näyttölaitteeltaan lentokoneen asettaman hätäkoodin ja kutsui APF322:a radiolla. Tämän jälkeen PM antoi mayday-hätäkutsun ja ilmoitti lennonjohtajalle lentokoneen vasemman moottorin vikaantuneen. Lennonjohtaja kysyi, mitkä ovat APF322:n suunnitelmat ja ilmoitti kaikkien Helsinki-Vantaan kiitoteiden olevan käytössä laskeutumista varten. APF322 pyysi kiitotietä 15 käyttöönsä. Lisäksi PM kertoi lennonjohtajalle APF322:n olevan lentämässä kohti kiihdytyskorkeutta sekä kohti reittipistettä VAVIS.

Lähilennonjohtaja (TWR, Tower) keskusteli tilanteesta lähestymislennonjohdon (APP, Approach) kanssa ja kysyi, siirtääkö hän APF322:n radioyhteyden lähestymislennonjohdolle vai pitääkö hän lennon omalla taajuudellaan. APP-lennonjohtaja vastasi, että molemmat vaihtoehdot käyvät. APF322 pysyi koko lennon ajan TWR:n radiotaajuudella. Vuorossa olleella lähilennonjohtajalla oli myös kelpuutus toimia lähestymistutkalennonjohtajana Helsinki-Vantaalla, Hän toimi APF322:n loppulennon ajan yhdistetyssä lähi-/lähestymislennonjohtajan roolissa. Lähilennonjohtaja pyysi tauolla olevia lennonjohtajia torniin avustamaan hälytysten tekemisessä ja puhelinliikenteen hoitamisessa, ja keskittyi itse APF322 avustamiseen ja johtamiseen.

Lentokoneen nopeutta kiihdytettiin sen saavutettua moottorihäiriömenetelmän mukaisen kiihdytyskorkeuden. Noin 1200 jalan korkeudella, noin kaksi minuuttia lentoonlähdön jälkeen, kapteeni pyysi perämiestä ottamaan laskusiivekkeet ylös. Siiven nostovoiman pienentyessä lentokone vajosi noin 100 jalkaa. Kun korkeus hetkellisesti aleni, aktivoitui GPWS-järjestelmä (Ground Proximity Warning System), joka antoi äänivaroituksen "Don't sink"⁷.

Lennonjohtaja tiedusteli lentokoneen nousukykyä. Miehistö vastasi, että he pystyvät kaartamaan ja nousemaan, mutta huonosti ja vain noin 400 jalkaa minuutissa. Lennonjohtaja selvitti lentokoneen nousemaan 3000 jalan korkeuteen MSL⁸. Alkuperäinen selvityskorkeus oli 4000 jalkaa MSL vakiolähtömenetelmän mukaisesti. Hetken kuluttua lentokoneen lentäessä kohti Espoon Kivenlahdessa sijaitsevaa korkeaa radiomastoa, lennonjohtaja käski lentokoneen kaartaa oikealle kohti pohjoista. Lentokone kävi kaarron aikana hetkellisesti lähialueen ulkopuolella valvomattomassa ilmatilassa.

⁵ TA-asetus toisiotutkavastajaassa muuttaa sen toimintatapaa. Kone, joka asettaa toisiotutkavastajaan TA-asetukselle, ilmaisee toisille ilma-aluksille olevansa estynyt tekemään törmäystilanteessa väistöliikkeitä, jos ilma-alukset joutuvat riskeäville lentoradalle.

⁶ Jatkossa termi "lennonjohtaja" tarkoittaa aina lähilennonjohtajaa, ellei erikseen ole muuta mainittu.

⁷ Lentokoneessa oleva GPWS-hälytysjärjestelmä (Ground Proximity Warning System) tuottaa ohjaajille hälytyksiä mahdollisista vaaratilanteista. Lennon aikainen varoitus "Don't sink"-hälytys varoittaa ohjaajia korkeuden menetyksestä lentoonlähdön jälkeen tai korkeuden menetyksestä matalalla ja vaatii ohjaajilta välittömiä toimenpiteitä maahantörmäyksen estämiseksi.

⁸ MSL (Mean Sea Level) = Keskimääräisen merenpinnan korkeus.

Ohjaamomiehistö keskusteli, miten matkustamohenkilölle tiedotetaan asiasta. He päättivät, että PM kuuluttaa matkustajille tapahtuneesta moottorihäiriöstä, ja että lento palaa Helsinki-Vantaalle noin kymmenen minuutin kuluttua. Matkustamohenkilö sai kuulutuksesta samat tiedot kuin matkustajat. Ohjaajat eivät tilanteen alussa ottaneet erikseen yhteyttä matkustamohenkilöön kertoakseen tilanteesta. Lennon loppulähestymisen aikana PM ilmoitti matkustamohenkilölle laskun jälkeisestä toiminnasta, jossa suunnitelmassa oli rullata laskun jälkeen asematasolle ja pysäköidä.

Ohjaajat aloittivat pikatoimintakäsikirjan (QRH, Quick Reference Handbook) mukaiset toimenpiteet moottorihäiriön vuoksi. Pikatoimintakäsikirjan kohdassa, joka koskee moottorihäiriötä, puuttuu ohjeistus laskutelineiden sisään ottamisesta. Tästä seurasi, että laskutelineet jäivät ala-asentoon loppulennon ajaksi.

Lennonjohtaja ilmoitti, että kiitotie 04L on myös käytössä. APF322:n ohjaamomiehistö päätti käyttää kiitotietä 15 ja PM ilmoitti sen lennonjohtajalle.

Ohjaamomiehistö suoritti lähestymiseen liittyvän "Approach-tarkastuslistan" mukaiset toimenpiteet. Tämä lista sisältää myös lähestymismenetelmän briefauksen. PF:n suorittaessa lähestymisbriefausta lennonjohtaja ilmoitti näkölähestymisen olevan myös mahdollista. Ohjaajat totesivat kuitenkin jatkavansa sen hetkiselällä ohjaussuunnalla, tekevänsä tarkastuslistan toimenpiteet ja palaavansa asiaan. Ohjaajat kävivät TEM-keskustelun (threath and error management), jonka aiheena oli laskeutuminen yhdellä moottorilla. Tämän lisäksi he keskustelivat laskeutumisen jälkeisistä toimenpiteistä.

Ennen lähestymisen aloitusta lennonjohtaja käytti suomen kieltä ja pyysi ilmoittamaan lentokoneessa olevan henkilö- ja polttoainemäärän sekä tiedon mahdollisesti lentokoneessa kuljettavista vaarallisista aineista. Tähän asti lennonjohtaja ja ohjaajat olivat käyttäneet englannin kieltä radiopuhelinliikenteessä ja ohjaamomiehistö keskenään ruotsin kieltä.

PM ilmoitti kertovansa nämä asiat englanniksi, jotta PF ymmärtäisi myös käydyn keskustelun. PM ilmoitti matkustajamäärän, jonka ilmoittamiseen ja yhteisymmärryksen saavuttamiseen tehtiin useita radiokeskusteluja. Polttoainemäärä ja vaaralliset aineet jäivät PM:lta aluksi ilmoittamatta ja lennonjohtajalta varmistamatta.

Ohjaamomiehistö keskusteli lentokorkeudesta. PM pyysi lennonjohtajalta saada jäädä 2000 jalan korkeuteen ja ilmoitti heidän olevan valmiita lähestymään. Lennonjohtaja selvitti APF322:n 2000 jalan korkeuteen ja ilmoitti APF322:lla olevan noin 13 mailia matkaa laskeutumiseen. PM vastasi polttoainemääräksi 2720 kilogrammaa lennonjohtajan kysyessä sitä uudelleen.

Lähestymisen aikana PM soitti matkustamohenkilölle ja ilmoitti heidän olevan kohta laskeutumassa. Matkustamohenkilö ilmoitti kaiken olevan valmista matkustamossa.

Lennonjohtaja tutkaohjasi ja antoi APF322:lle selvityksen tarkkuuslähestymiseen kiitotielle 15.

PF lensi lentokoneen kiitotien 15 lähestymislaitteen tarkkuuslähestymisen suuntasäteeseen ja ilmoitti liukusäteen olevan liikkeellä. Sitten hän pyysi PM:ia valitsemaan laskusiivekkeet laskeusaseen. Kun liukusäde oli saavutettu, sitä lähdettiin seuraamaan.

PF pyysi laskutelineet ala-asentoon, johon PM totesi laskutelineiden olevan ala-asennossa. Hetken kuluttua PF kysyi, että oliko heillä ollut laskutelineet koko lennon ajan ala-asennossa. Tähän PM vastasi myöntävästi.

Lennonjohtaja antoi laskeutumisluvan kiitotielle 15. PF teki laskeutumisen kello 15.19. Las-
kun jälkeen APF322 rullasi pois kiitotieltä rullaustien risteyksestä YF. Kiitotieltä poistumisen
jälkeen heidät saatettiin pysäköintipaikalle numero 124 ja lento päättyi kello 15.27.

Hälytysvasteen mukaisesti lentoaseman pelastusyksiköt olivat asematasolla laskeutunutta
ilma-alusta vastassa. Ilma-aluksen pysäköinnin jälkeen pelastusyksiköt vapautettiin tehtä-
västä.

APF322 pysyi koko lennon ajan lähilennonjohdon radiotaajuudella. Tilanteen päätyttyä tilan-
netta hoitanut lennonjohtaja pyysi vapautusta työpisteeltään ja toinen lennonjohtaja otti len-
nonjohtovastuun.

Lennon päällikkö laati samana iltana lentoturvallisuusilmoituksen ja toimitti sen lentoyhtiön
turvallisuusorganisaatiolle. Lentoturvallisuusilmoitus lähetettiin Ruotsin ilmailuviranomai-
selle 26.11.2021 aamupäivällä.

1.2 Hälytykset ja pelastustoimet

Pelastustoimien osalta tilanne käynnistyi lennonjohtajan painaessa automaattisen hälytysjär-
jestelmän punaista painiketta kello 15.07. Painikkeen painaminen välittää hätäkeskukseen il-
moituksen lento-onnettomuudesta vasteella ”233 lento-onnettomuus suuri”. Hälytys välittyi
suoraan Keravan hätäkeskukseen, lentoaseman pelastuspalveluun sekä lentoaseman turva-
palveluihin. Hälytyksen painaminen käynnisti ennalta laaditun lento-onnettomuuden hälytys-
vasteiden hälyttämisen hätäkeskuksesta ja lentoaseman pelastuspalvelun aktivoitumisen teh-
täväille. Lennonjohdon vuoro esimies soitti puhelimella hätäkeskukseen, jossa hän tarkensi ta-
pauksen tietoja. Hän kertoi, että lentokone joutuu palaamaan kentälle toisen moottorin toimi-
mattomuuden takia.



Kuva 1. Kuvassa on lennonjohdon käytössä olevat hälytyspainikkeet vaara- ja onnettomuustilantei-
siin. (Kuva: ANS-Finland)

Lentoaseman pelastuspalvelun yksiköt siirtyivät hälytysajossa odottamaan laskeutuvaa lentokonetta asematasolle. Tämän lisäksi hälytysvasteen mukaiset toiminta-alueen pelastuslaitosten hälytetyt yksiköt odottivat valmiudessa läheisellä Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen paaloasemalla.

Lentokoneen laskeuduttua pelastuspalvelun operatiivista toimintaa johtanut vuoromestari ARP30 välitti tiedon onnistuneesta laskusta Keski-Uudenmaan päivystävälle palomestarille KUP33:lle. KUP33 vapautti tämän jälkeen tehtävästä 14 pelastuslaitosten pelastusyksikköä ja kuusi ensihoidon yksikköä. Pelastuspalvelun yksiköt siirtyivät odottamaan lentokonetta asematason pysäköintipaikan 124 läheisyyteen, jonne se rullasi. Lentokoneen pysähtyttyä pelastuspalvelun ARP30 vapautti myös lentoaseman pelastuspalvelun yksiköt tehtävästä kello 15.27. Pelastuspalvelun henkilöstö ei ottanut yhteyttä APF322:n miehistöön. Poliisin yksikkö ei myöskään käynyt lentokoneen luona, eikä ohjaajille tehty veren alkoholipitoisuutta mittaavaa puhallustestiä. Poliisin yksiköt eivät olleet hätäkeskuksen hälytysvasteessa.

1.3 Seuraukset

Vaaratilanteesta ei aiheutunut henkilö-, materiaali- tai ympäristövahinkoja. Lentokoneelle ei tullut tapahtumassa ulkoisia vaurioita.

2 TAUSTATIEDOT

2.1 Toimintaympäristö, laitteet ja järjestelmät

2.1.1 Helsinki-Vantaan lentoasema

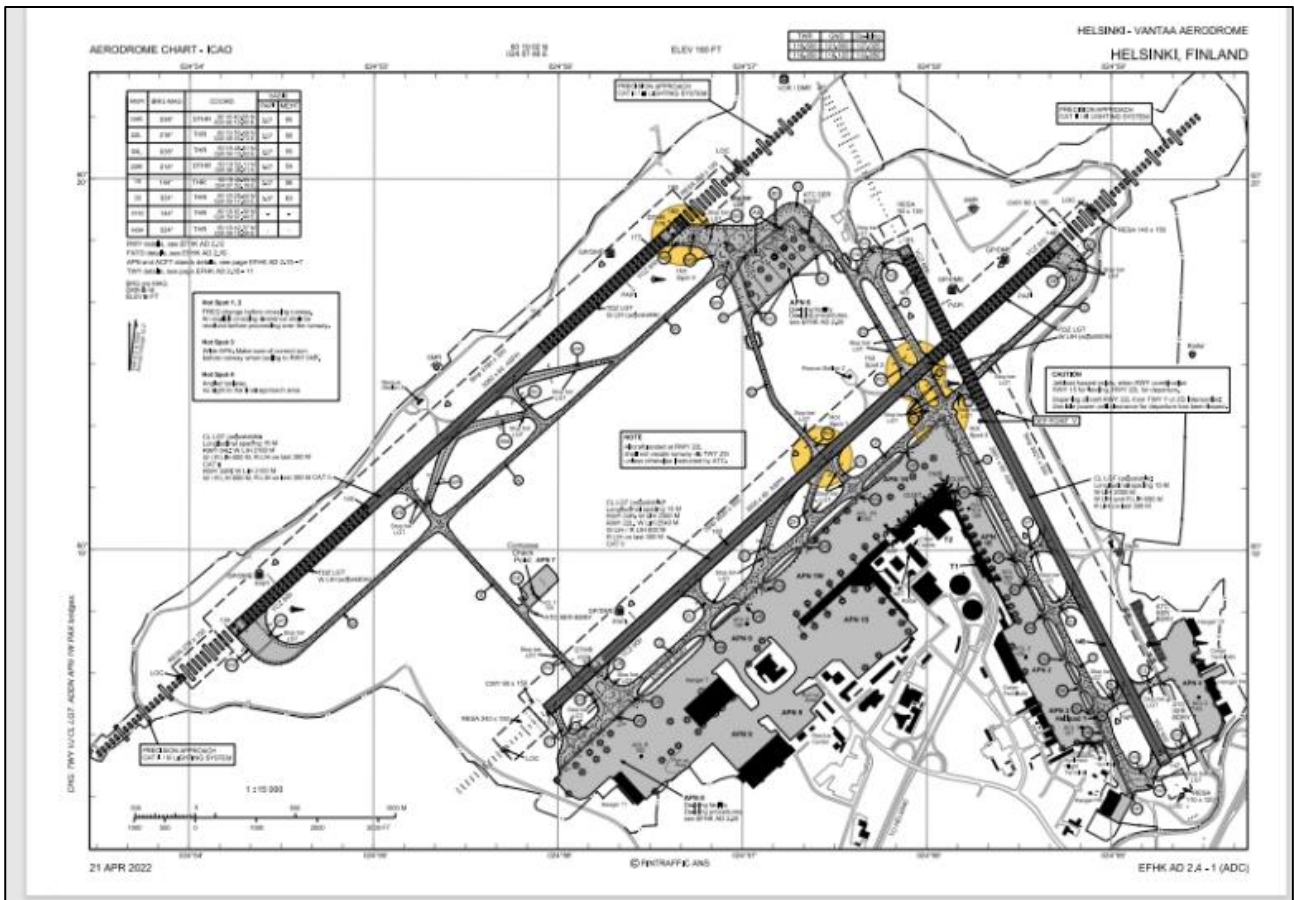
Helsinki-Vantaan lentoasema sijaitsee Vantaan kaupungin alueella. Lentoaseman mittapisteen koordinaatit ovat N60°19'02" E024°57'48". Lentoasema on käytössä 24 tuntia vuorokaudessa ja se on Suomen vilkkain lentoasema.

Lentoasemalla on kolme kiitotietä. Kaksi pääkiitotietä (04R/22L ja 04L/22R), jotka molemmat ovat magneettisilta suunniltaan 038/218 astetta. Lisäksi kolmas kiitotie (15/33), joka on magneettiselta suunnaltaan 144/324 astetta. Kiitoteiden päällystetyn alueen pituudet ovat 3500 metriä (04L/22R), 3060 metriä (04L/22R) ja 2901 metriä (15/33). Kaikkien kiitoteiden leveys on 60 metriä.

Kiitoteille on julkaistu sekä mittarilentotoimintaan että näkölentosääntöjen mukaan suoritettavaan lentotoimintaan soveltuvat menetelmät ja kartat.

Helsinki-Vantaan lentoasemalla toimii sekä alueenlennonjohto (ACC), Helsingin lähestymislennonjohto (APP) että lähilennonjohto (TWR).

Lähilennonjohto sijaitsee lennonjohtotornissa. Lähestymis- sekä alueenlennonjohto sijaitsevat keskenään samassa tilassa, mutta eri rakennuksessa kuin lähilennonjohto. Kaikki lennonjohtoyksiköt käyttävät samoja tietojärjestelmiä ja lentosuunnitelma- ynnä muut tiedot kulkevat eri yksiköiden välillä sähköisesti.



Kuva 2. Helsinki-Vantaan lentoasema. (Kuva: AIP Suomi, EFHK)

2.1.2 Ilma-alus

Tapahtuman ilma-alus on Fokker F27 Mark 50 -tyyppinen, lyhyille ja keskipitkille matkoille tarkoitettu liikennelentokone. Lentokoneessa on 2+1 hengen miehistö ja 50 matkustajapaikkaa. Amapola Flyg Ab -lentoyhtiö käyttää lentokonetyyppiä sekä rahti- että matkustajalennolla.

Lentokoneen rekisteritunnus on SE-MFZ, sarjanumero 20159 ja valmistusvuosi 1989. Lentokoneessa on kaksi Pratt & Whitney Canadian valmistamaa PW-125B potkuriturbiinimoottoria, joissa on Dowty Rotolin valmistamat säätölapapotkurit.

Lentokoneen pituus on 25,25 metriä, siipien kärkiväli 29,00 metriä ja suurin sallittu lentoonlähtöpaino 20 820 kilogrammaa. Lentokoneen kokonaislentotuntimäärä tapahtumahetkellä oli 47 785 tuntia ja lentojen kokonaismäärä 45 902 kappaletta.

Tapahumalennolla käynnistyksen ja rullauksen aikana lentokoneen järjestelmissä ei havaittu vikoja tai poikkeamia. Lentokone aloitti normaalisti lentoonlähden kiitotiellä 22L. Lähtökiidon alussa molemmat moottorit toimivat normaalisti. Lentokoneen varoitusjärjestelmä kytkeytyi päälle 0,3 sekunniksi, kun lähtökiidon alusta oli kulunut 24 sekuntia ja ilmanopeus oli 97 solmua. Ohjaajat kuulivat varoitusaänen ja näkivät varoitusvalon, mutta eivät ehtineet tunnistamaan varoituksen alkuperää.

PM tarkasti lentokoneen moottorinvalvontamittarit ja totesi kaiken olevan kunnossa. Lentoonlähtöä jatkettiin normaalisti. Ohjaaja aloitti rotaation ilmanopeuden ollessa 108 solmua, 28 sekuntia lähtökiidon alusta. Rotaatiovaiheessa, 30 sekuntia lentoonlähden aloittamisesta, lentokoneen vasen potkuri lepuuttui ja L ENG OUT -varoitusta aktivoitui. Molemmat moottorit pysyivät käynnissä. Oikeanpuoleinen moottori nosti automaattisesti tehoasetustaan. Lentokone nousi ilmaan kaksi sekuntia potkurin lepuuttumisen jälkeen. Ohjaajat havaitsivat vasemman moottorin häiriön muuttuneen moottoriäänen ja ilma-aluksen ohjattavuuden muutoksena. Vasemman potkurin lepuuttuessa ja moottorin käydessä lentoonlähden tehoasetuksella, ohjaajien näkemät moottoriarvot poikkesivat merkittävästi normaalista. Moottori sammutettiin yhdeksän sekuntia potkurin lepuuttumisen jälkeen, kun ilmanopeus oli 114 solmua ja korkeus noin 60 jalkaa maanpinnan tasosta. Moottorin sammuttamisen jälkeen ohjaajat jatkoivat lentoa yhden moottorin toimintaohjeiden mukaisesti.

Moottorin elektroninen ohjausyksikkö (EEC=Engine Electronic Control unit) pyrkii kompensoimaan potkurin lisääntyneestä vastusta lisäämällä moottorin tehoa ja pitääkseen valitun tehoasetuksen. Tilanteeseen nähden virheellinen potkurin lapakulmien asento johti moottorin tuottaman vääntömomentin radikaaliin nousuun. Potkuriakselin vääntöarvo (TQ) ylitti analogisen mittarin ylärajan välittömästi potkurin lepuuttuessa. Ohjaamon analogisen mittarin maksimi näyttämä on 120 % TQ, mutta digitaalinen segmenttinäyttö voi näyttää korkeampia arvoja. Lentoarvotallennuksen mittaa vääntömomentin 120 % TQ saakka. Todellista vääntöarvon huippua ei tallentimen rajoitteista johtuen voitu todeta. Moottori jaksoi pyörittää lepuuttunutta potkuria mittarin kierroslukuarvolla (Np) 50 %. Potkurin ollessa lepuutettuna se muodostaa suuren aerodynaamisen vastuksen moottorin tuottamaa pyörittysuuntaa vastaan.



Kuva 3. Vasemmanpuoleisessa kuvassa tilanne normaalissa lentoonlähdössä. Oikeanpuoleisessa kuvassa vasemman moottorin potkuri lepuuttunut, moottori edelleen käynnissä. (Kuvat: Gabriel Leigh / Fliht radar24, merkinnät OTKES).

Moottorihäiriötilanteessa, jossa moottori sammuu, mutta potkuri ei lepuutu, potkuri jää pyörimään lentokoneen kohtaaman ilmvirran ansiosta. Potkurin pyörimisen nopeus Np vaihtelee tuolloin lentokoneen ilmanopeuden mukaan, ollen kuitenkin mittarinäyttämänä noin 70-80 % Np, potkurin lapakulmien ollessa 15-17 astetta.

Ohjaajien huomio keskittyi moottorihäiriön aikana potkurin kierroslukuun. Koska kierrosluku pysyi mittariarvossa 50 % Np, ohjaajat tekivät johtopäätöksen, ettei automaattinen lepuutus ollut aktivoitunut. He päättivät lepuuttaa potkurin manuaalisesti valitsemalla polttoainehanan asentoon SHUT. Valinta katkaisee moottorin polttoaineen syötön ja sammuttaa moottorin. Toimenpide vastaa lentokoneen hätätoimenpidelistan kohta *toiminta moottorihäiriötilanteessa*.

Fokker F50 -lentokoneen moottorit on varustettu potkurin lepuutusjärjestelmällä, jota voidaan käyttää automaattisesti tai ohjaajien toimesta manuaalisesti. Lepuutusjärjestelmän tarkoituksena on pienentää potkurin tuottamaa ilmvastusta kääntämällä potkurin lavat lentokoneen kohtaaman ilmvirran suuntaiseksi mahdollisen moottorihäiriön aikana. Potkuri lepuuttuu myös moottorin normaalin sammutuksen aikana.

Potkurin lepuutus tapahtuu manuaalisesti valitsemalla polttoaineen päähana ohjaamossa asentoon SHUT tai START. Asentoa SHUT käytetään moottorin sammutukseen maassa tai ilmassa, jolloin potkuri lepuuttuu potkuriin asennettujen painojen ja moottorin öljynpaineen yhteisvaikutuksesta. Asentoa START käytetään moottorin käynnistyksen aikana, jolloin potkuri pysyy lepuutettuna moottorin käynnistyessä. Potkurin lavat kääntyvät pois lepuutus-asennosta, kun polttoaineen päähana valitaan asentoon OPEN.

Potkurin lapojen kääntyminen tapahtuu paineenalaisen moottoriöljyn vaikutuksella, joka ohjataan potkurin navan läpikulkevan linjan (Beta-putki) kautta navan etupuolella olevalle käytösylinterille. Lepuutuksen saa aikaan potkurin lapojen juureen asennetut painot ja moottorin

jäännösöljynpaine. Potkurin automaattisen lepuuttumisen aikana, sekä lennolla tapahtuvan moottorin sammuttamisen aikana lepuuttumisen vaativan öljynpaineen tuotossa auttaa lepuutuspumppu(feathering pump).

Potkurin automaattista lepuutusta ohjaa ohjausyksikkö (Autofeather Unit, AFU). Automaattinen lepuutusjärjestelmä ei vaadi ohjaajilta toimenpiteitä. Ohjausyksiköitä on kaksi: yksi kummassakin moottorissa. Ohjausyksiköt saavat tietoa useista eri järjestelmistä. Ne käsittelevät saamansa tiedon ja aikaansaavat tarvittaessa ohjaamansa potkurin lepuutuksen. Kun lentokone toimii normaalisti ohjausyksiköt ovat aktiivisia, eikä yksittäiselle ohjausyksikölle ole erillistä kytkintä. Ohjaamossa on potkurin lepuutuksesta ja ohjausyksikön toiminnasta kertovat merkkivalot sekä erillinen potkurien lepuutuksen testausjärjestelmä.

Potkurin lepuutuksen ohjausyksiköillä on ohjaajille valittavissa neljä erillistä toimintatilaa, jotka ovat STANDBY, ARMED, ACTIVATED ja TEST.

STANDBY-tila: Laskutelineen ollessa alhaalla tai ohjaajan valitessa moottorin automaattisen ohjauksen asentoon TO, GA tai FLX, potkurin automaattinen lepuutus on virrallinen, mutta ei ohjaa potkurien lepuutusta. STANDBY-tilassa järjestelmän indikaationa ohjaamossa on sininen STBY-valo.

ARMED-tila: Järjestelmän ollessa STANDBY-tilassa, moottorin tehovipujen ollessa lento-ohjauksella vastaavalla tehoasetuksella ja molempien moottorien vääntömomentin (TQ) ollessa yli 50 %, lepuutusjärjestelmä siirtyy valmiustilaan. Ohjausyksiköt seuraavat tuolloin aktiivisesti moottoreiden toimintaa ja lepuuttavat tarvittaessa ohjaamansa potkurin. Ohjaamon sininen STBY-valo muuttuu vihreäksi ARMED-valoksi.

ACTIVATED-tila: Järjestelmän ollessa ARMED-tilassa ja kyseisen moottorin vääntömomentin pienentyessä alle 25 %, potkurin automaattinen lepuutus kytkeytyy päälle. Ohjausyksikkö (AFU) ohjaa potkurin lepuutuksen relejärjestelmän kautta, käynnistää lepuutuspumppun ja antaa toisen moottorin ohjausyksikölle (EEC) käskyn lisätä tehoa. Ohjaamon vihreä ARMED-valo sammuu, ja moottorin häiriöstä varoitettava punainen ENG OUT -varoitussvalo syttyy. Molemmille moottoreille on oma varoitussvalo L/R ENG OUT. Lisäksi järjestelmä antaa ohjaajille äänivaroituksen kolmena peräkkäisenä äänimerkkinä. Lepuutuspumppu pysähtyy 30 sekunnin jälkeen aktivoitumisesta. ENG OUT-varoitussvalo ja äänimerkki sammuvat, kun ohjaajat valitsevat kyseisen moottorin polttoainehanan asentoon SHUT.

TEST-tila: Lepuutusjärjestelmä voidaan testata sen ollessa STANDBY-tilassa ja tehovipujen ollessa tyhjäkäyntiasennossa. Testausnappia painettaessa ohjausyksikkö (AFU) testaa järjestelmän toiminnan lepuuttamatta potkuria. Potkurin automaattinen lepuutus testataan ennen päivän ensimmäistä lentoa.

Potkurin automaattisen lepuutuksen ohjausyksikkö (AFU) saa tietoa moottorin toiminnasta vääntömomenttia mittaavan sensorin kautta. Kummassakin moottorissa on kaksi samanlaista vääntösensoria, joista toinen antaa tietoa potkurin lepuutuksen ohjaukseen (AFU/Torque sensor #1) ja toinen moottorin elektroniselle ohjausyksikölle (EEC/Torque sensor #2).

Molemmat vääntösensorit on asennettu moottorin alennusvaihteiston sivuille ja ne liitetään sähköisesti lentokoneen järjestelmään sensorin päähän kierrettävällä liittimellä.

Moottorin tuottamaa vääntöä mittaava sensori toimii sähkömagneettisesti. Sensori seuraa alennusvaihteiston sisällä, moottorilta potkurille menevän akselin kiertymää ja siitä syntyvää

magneettikentän vaihtelua. Sensori seuraa magneettikentän vaihteluväliä ja lähettää vaihtelun voimakkuuden signaalina kahta erillistä kanavaa, TQ LOW ja TQ HI, pitkin. Sensorin liittimessä on myös kytkennät lämpötilan mittaamiselle, mutta niitä ei käytetä järjestelmässä.

Moottorin elektroninen ohjausyksikkö (EEC) muuntaa, ja laskee vääntösensorilta saamansa tiedon ja syöttää sen ohjaajien näkemään mittariin prosenttiyksikköinä. Suurin hetkellisesti (10 minuuttia) sallittu vääntömomentti on 102 % TQ, ja suurin sallittu jatkuva vääntömomentti on 87,5 % TQ.

Potkurin automaattisen lepuutuksen ohjausyksikkö (AFU) seuraa vääntösensorilta tulevaa tietoa, käsittelee tiedon ja ohjaa lepuutusjärjestelmän toimintaa saamansa tiedon perusteella. Vääntösensorin tuottama tieto kertoo ohjausyksikölle (AFU) moottorin toiminnan tason ja sen, tuottaako moottori tarvittavan vääntömomentin potkurille. Moottorin tuottaessa vääntömomentin yli 50 % TQ ja automaattisen lepuutusjärjestelmän siirtyessä ARMED-tilaan, lepuutuksen ohjausyksikkö (AFU) lähettää tiedon vääntömomentin määrästä (>50 % TQ) kyseisen moottorin EEC:lle ja viereisen moottorin AFU:lle. Moottorin elektroninen ohjausyksikkö EEC vertaa AFU:lta saamaansa tietoa oman vääntösensorinsa tuottamaan tietoon. Jos vääntösensorilta tulevissa tiedoissa on ero yli viiden sekunnin ajan, EEC havaitsee eron ja antaa ohjaamoon ENG EC DEGRADED -varoituksen.

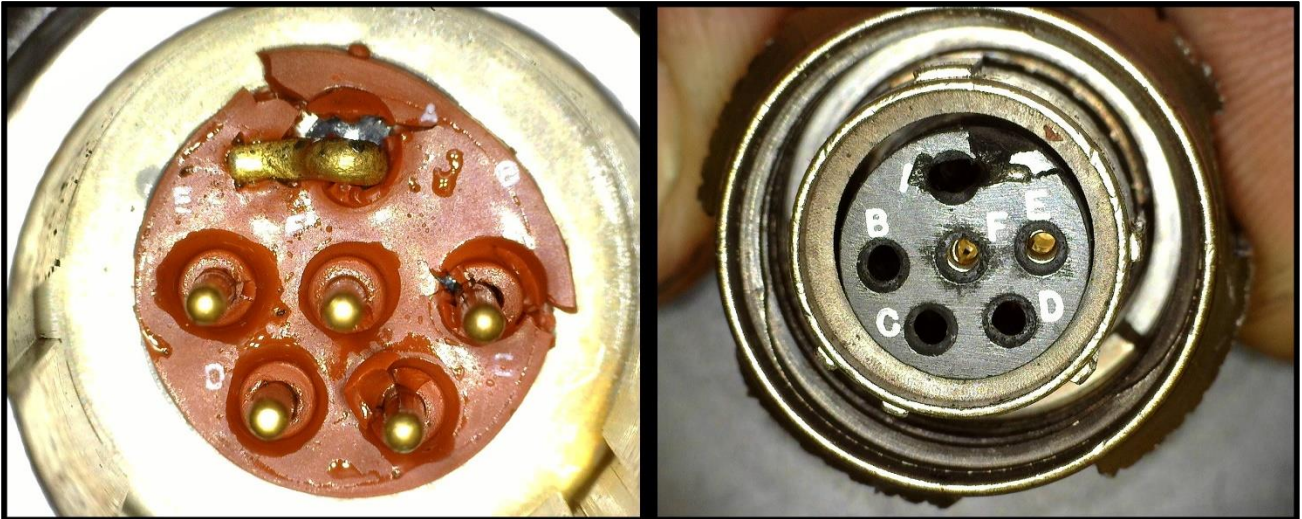
Fokker F50 -lentokoneen varoitusjärjestelmässä on Take-off Inhibit Mode. Toimintatila aktivoituu lentokoneen ollessa lentoonlähdössä ja ilmanopeuden ylittäessä 80 solmua. Tila pysyy päällä noin 40 sekuntia ilmaan nousun jälkeen. Toimintatilan ollessa aktiivisena lentokoneen järjestelmät ilmoittavat ohjaajille varoitusjärjestelmän kautta vain kaikkein kriittisimmät viat ja häiriöt⁹. Tämä vähentää lentäjien mahdollista työkuormaa lentoonlähdön aikana ilmoittamalla pienemmät järjestelmähäiriöt vasta lentoonlähdön jälkeen.

Tapahumalennon jälkeen ohjaajat ja lentokoneen mekaanikko etsivät vikaa ja avasivat lentoarvotallentimen (FDR, Flight Data Recorder) ja ohjaamon ääninauhurin (CVR, Cockpit Voice Recorder, CVR) lämpölaukaisijat toimenpidelistan mukaisesti. Lentokoneelle tehtiin tämän jälkeen koekäyttö ennen Onnettomuustutkintakeskuksen tutkijoiden paikalle saapumista. Koekäytöllä pyrittiin todentamaan vika mahdollista korjaustoimenpidettä varten. Koekäytössä testattiin vasemman potkurin lepuutusjärjestelmä ja lentokoneen moottoriin liittyvät järjestelmät, mutta normaalista poikkeavaa toimintaa ei havaittu.

Lentoyhtiön tekemän vika-analyysin jälkeen vasen moottori päätettiin tarkastaa visuaalisesti (silmämääräisesti) sekä vaihtaa moottorin AFU ja sille tietoa syöttävä vääntösensori. Osien irrotus ja järjestelmien tarkastus tehtiin yhteistyössä Onnettomuustutkintakeskuksen asiantuntijan kanssa.

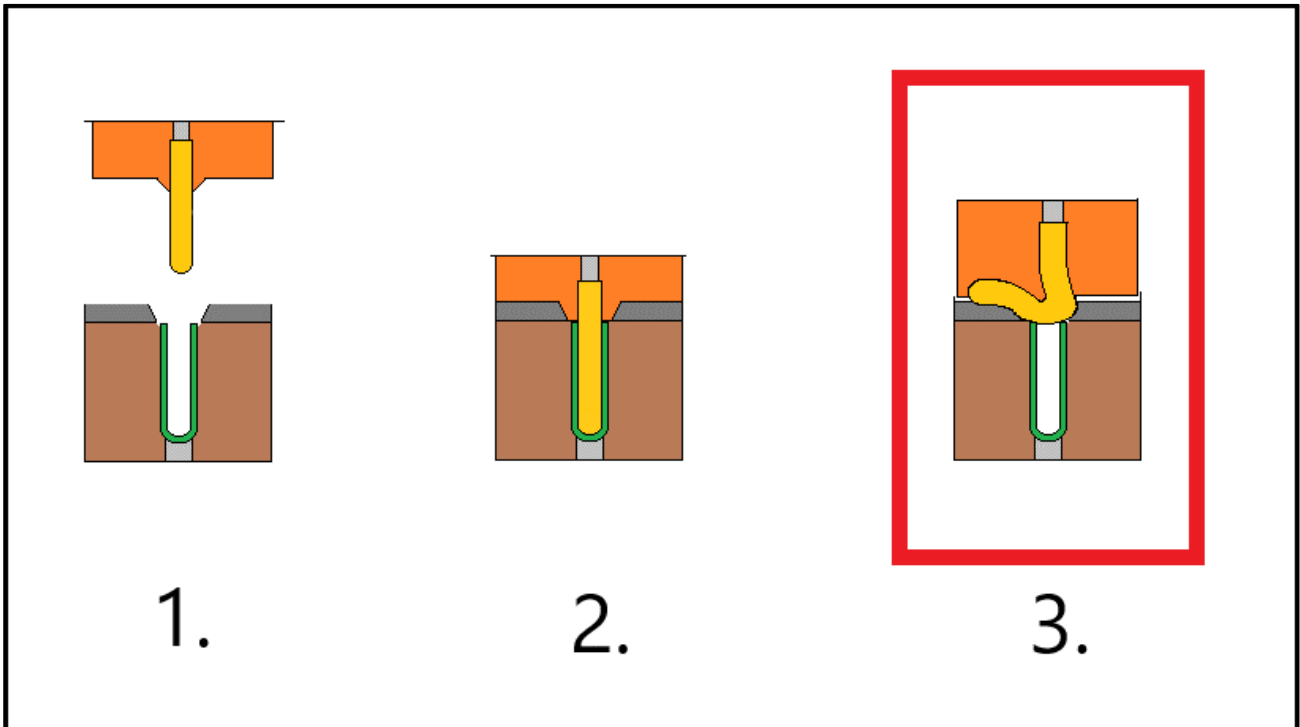
Moottorin visuaalisessa tarkastuksessa ei havaittu vikoja. AFU oli ulkoisesti ehjä, ja sen liittimet oli kiinnitetty ja suojattu kutistesukalla. Vääntösensorin liitin oli ulkoisesti ehjä ja suojattu kutistesukalla. Liittimien irrotuksen yhteydessä havaittiin, että vääntösensorin kierrettävä liitin oli huomattavan kireällä. Normaalisti kyseisen malliset liittimet ovat käsin avattavissa. Kyseinen liitin avautui vasta työkaluja käyttämällä. Liittimen irrotuksen jälkeen havaittiin vääntösensorin puolella vääntynyt pinni ja johtosarjan puolella liittimen eristeen olevan vaurioitunut.

⁹ Lentoonlähdön aikana ohjaajille näkyvät kriittiset viat ovat moottorihäiriö (L(R) ENG OUT), moottoripalo (ENG FIRE), moottoriöljyn minimimäärä (ENG LOW OIL) sekä lennonohjausautomaatiikan vikatilanne (AFCS).



Kuva 4. Vääntösensoren liittimet, joissa näkyvät vääntynyt pinni ja rikkoutunut liitin. Johtosarjan liittimestä on poistettu osia ennen kuvaamista. (Kuva: OTKES)

Vääntösensoreilta siirtyy tietoa AFU:lle kahta kanavaa pitkin. Vääntömomentin (TQ) tieto kulkee pinnien A ja B kautta ja vääntösensoren lämpötilatieto pinnien C ja D kautta. Pinnit E ja F eivät ole käytössä, eikä lämpötilatietoa käytetä järjestelmässä. Sensorin vääntynyt pinni oli pinni A, jonka kautta AFU saa TQ HI-tiedon. Vääntynyt pinni oli aiheuttanut johtosarjan puoleisen liittimen eristeeseen painauman, joka ulottui pinnan vastakappaleeseen asti. Vääntyneen pinnan korkeus ja vastapuolen vaurioituneen eristeen syvyys mitattiin. Mittaustuloksista havaittiin, että pinnan kosketus vastakappaleeseen oli mahdollinen.



Kuva 5. Piirros AFU:n liittimestä. 1. Ehjä liitin irrallaan. 2. Ehjä liitin kytkettynä. 3. Vääntynyt pinni liittimen sisällä. (Kuva: OTKES)

Fyysisten vaurioiden mittaamisen jälkeen liitin kierrettiin sensoriin kiinni, ja yhteyden muodostuminen mitattiin yleisvirtamittarilla. Kun liitin kierrettiin käsivoimin hieman normaalia kireämmälle, saatiin aikaan yhteys vääntyneen pinnin ja vastapuolen välille. Yhteys liittimessä oli kuitenkin todella herkkä: vähäinenkin värinä tai liittimen asennonmuutos aiheutti yhteyden katkeamisen hetkellisesti tai pysyvästi.

Varoitusjärjestelmä oli antanut valo- ja äänivaroituksen jo edellisenä päivänä Helsinki-Vantaan lentoasemalta lähdettäessä. Varoitus oli niin lyhytaikainen, etteivät ohjaajat ehtineet selvittää ennen valon sammumista, mikä järjestelmä aiheutti varoituksen. Tästä tapahtumasta ei ollut mainintaa lentokoneen matkapäiväkirjassa. Amapolan asemamekaanikko ja ohjaajat olivat keskustelleet asiasta lentokoneen saavuttua takaisin edellisen päivän lennoilta Helsinki-Vantaalle.

Potkurin automaattinen lepuutusjärjestelmä kytkeytyy päälle, jos järjestelmä on ARMED-tilassa ja kyseisen moottorin vääntömomentti laskee alle 25 % TQ. AFU saa vääntösensorin mittaaman vääntömomentin maksimiarvon TQ HI -signaalista. TQ HI-signaalin kadotessa ja automaattisen lepuutusjärjestelmän ollessa ARMED-tilassa AFU käsittelee signaalin katoamisen moottorin sammumisena ja lepuuttaa potkurin. AFU:n prosessoinnin logiikassa on 0,12 sekunnin viive, joka ehkäisee signaalihäiriöiden välittömän vaikutuksen. Jos signaali palautuu 0,12 sekunnin sisällä, ei hetkittäisellä signaalihäviöllä ole vaikutusta.

Tapahtumalennolla järjestelmä on todennäköisesti toiminut oikein käynnistyksen, rullauksen ja lentoonlähdon alkukiidon ajan. Järjestelmä havaitsee TQ HI -signaalin puuttumisen, kun vääntöarvo TQ on ollut yli 50 % viiden sekunnin ajan ja antaa signaalin puuttumisesta varoituksen ohjaamoon. Alkukiidon aikana moottorin vääntöarvo oli 85 % - 87 % TQ.

Lentoonlähdon aikana, lentokoneen liikkuaessa 97 solmun ilmanopeudella, TQ HI -signaali katosi hetkellisesti todennäköisesti värinän tai tärähdyksen seurauksena. Ohjaamon äänitallenteesta kuului kaksi selkeää tömähdyistä, jonka aikana varoitusjärjestelmä aktivoitui 0,3 sekunnin ajaksi. Tömähdysten väli vastaa kiitotien keskilinjän valojen etäisyyttä toisistaan, kun lentokoneen nopeus on 97 solmua.

Signaali on todennäköisesti katkennut alle 0,12 sekunnin ajaksi, jolloin AFU ei aktivoinut potkurin automaattista lepuutusta. Signaalin lyhytaikainen katoaminen aiheutti kuitenkin ohjaamoon hetkellisen L ENG OUT -varoituksen, joka sammui 0,3 sekunnin kuluttua. Koska lentokoneen varoitusjärjestelmän rajoitukset (Take-Off Inhibit Mode) ovat aktiivisia lentoonlähdössä yli 80 solmun ilmanopeudella, miehistö ei saanut ENG EC DEGRADED-varoitusta. Lentäjät eivät havainneet varoituksen jälkeen poikkeamia lentokoneen toiminnassa. Lentoarvotalentimen tallentamissa moottoriarvoissa ei myöskään havaittu poikkeamia varoituksen aikana tai heti sen jälkeen.

Kuusi sekuntia myöhemmin, ohjaajan aloittaessa rotaation TQ HI -signaali katosi heikon liikoksen seurauksena yli 0,12 sekunnin ajaksi, jolloin AFU aktivoi potkurin automaattisen lepuutuksen ja ohjaamon L ENG OUT -varoituksen. Potkuri lepuuttui välittömästi moottorin jäädessä käyntiin lentoonlähtöä vastaavalla tehoasetuksella.

Lentokoneen vasen moottori, sarjanumeroltaan 125023, oli vaihdettu lokakuussa 2021. Moottori oli irrotettu lentokoneesta ja riisuttu QECU-varustelutasosta (QECU, Quick Engine Change Unit) perusmoottoriksi¹⁰ Amapola Flyg AB:n toimesta.

¹⁰ Perusmoottorilla tarkoitetaan suihkuturbiinimoottorin voimantuoton osaa, joka sisältää moottorin ydinosaat, alennusvaihteiston ja niiden sisäiset komponentit.

Perusmoottori oli lähetetty korjattavaksi ulkopuoliselle moottorihuoltoyhtiölle takaosan laakerin öljyvuodon takia. Huoltokirjallisuudessa tai huollon dokumenteissa ei ole viitteitä siitä, että vääntösensoriin tai sen johtosarjaan olisi koskettu tai olisi ollut tarve koskea irrotuksen tai varustelun riisumisen aikana.

Moottorinvaihdossa lentokoneeseen asennetaan valmiiksi varusteltu moottoriyksikkö. Tämä nopeuttaa ja yksinkertaistaa moottorivaihtoon kuuluvia työtehtäviä. QECU-varustelutasolla olevan moottorin vaihtotyössä vääntösensoriin tai sen johtosarjaan ei kohdistu toimenpiteitä, vaan ne ovat osa perusmoottorin varustelua.

Ulkopuolisen moottorihuoltoyhtiön tekemä huolto ja korjaus oli keskittynyt perusmoottorin takaosaan. Perusmoottori oli huollon ja korjauksen jälkeen koekäytetty testauslaitteessa ilman häiriöitä. Siihen oli koekäytön ajaksi kytketty testauslaitteiston johtosarja, joka sisälsi myös liittimen kytkemisen vääntösensoriin. Kyseisen lentokoneen vikahistoriassa ei ole viitteitä aiemmista sensorin toimintahäiriöistä tai vaurioista.

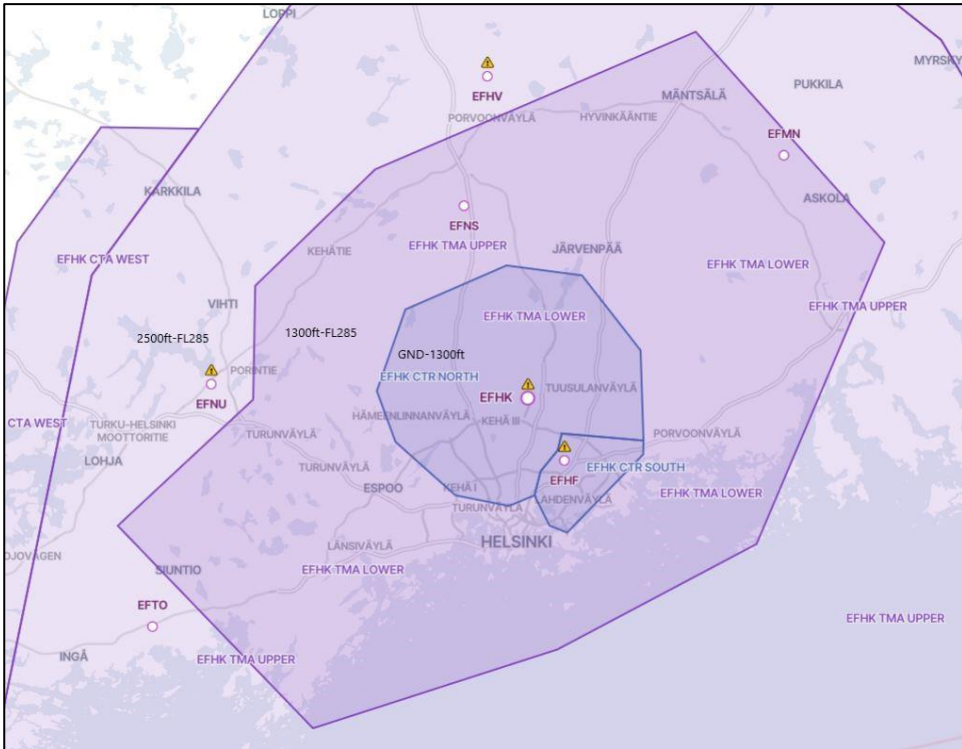
Vääntösensori ja sen liitin ovat vaurioituneet asennuksen yhteydessä. Liittimen pinni on ollut virheasennossa liitintä asennettaessa, mikä on johtanut pinnin vääntymiseen liittimen sisällä. Pinnin mahdollinen virheasento voidaan havaita liittimen silmämääräisellä tarkastuksella ennen asennusta. Lentokoneen ohjekirjallisuus määrää kiinnittämään erityistä huomiota liittimien kuntoon ennen asennusta. Myös moottorivalmistaja on antanut tarkentavia ohjeita moottorin liittimien asennukseen. Asennuksen aikana tapahtuvaa vääntymistä ei näe liittimen ulkopuolelta, mutta liittimen kiinni kääntämiseen tarvittava voima on todennäköisesti ollut normaalia suurempi. Liittimen kireys liitintä irrottaessa viittaa siihen, että liitin oli asennettu normaalia suuremmalla voimalla. Liittimen päälle asennettu kutistesukka vähentää liittimeen kohdistuvaa tärinää ja ehkäisee epäpuhtauksien pääsemistä liittimen sisälle. Kutistesukka on osaltaan pitänyt liitintä paikallaan, jolloin vika ei ole ilmennyt heti virheellisen asennuksen jälkeen.

Vastaavanlaisia hallitsemattomia lepuutuksia on raportoitu Fokker F50 -konetyypille useita. Usein syynä on ollut vääntösensorin toimintaan tai signaalihäiriöihin liittyvät tapahtumat. Lentokoneen ja moottorin valmistajat ovat julkaisseet useita huolto-, korjaus- ja muutostyöohjeita moottorityypin vääntösensorien ja AFU:n toiminnan varmistamiseksi. Moottorityypin liittimissä on havaittu löystymistä, pinnien hankautumista ja korroosiovaurioita. Havaintojen seurauksena liittimien ja vääntösensorin tyyppiä on vaihdettu ja liittimien suojaksi on ohjeistettu asentamaan kutistesukka. Myös AFU:n sisäiset rikkoontumiset ovat aiheuttaneet tahattomia lepuutuksia.

Turvallisuustutkimuksen kohteena olevaan lentokoneeseen SE-MFZ oli tehty kaikki lentokone- ja moottorivalmistajan vaatimat toimenpiteet ennen tapahtumalentoa.

2.1.3 Lennonjohto

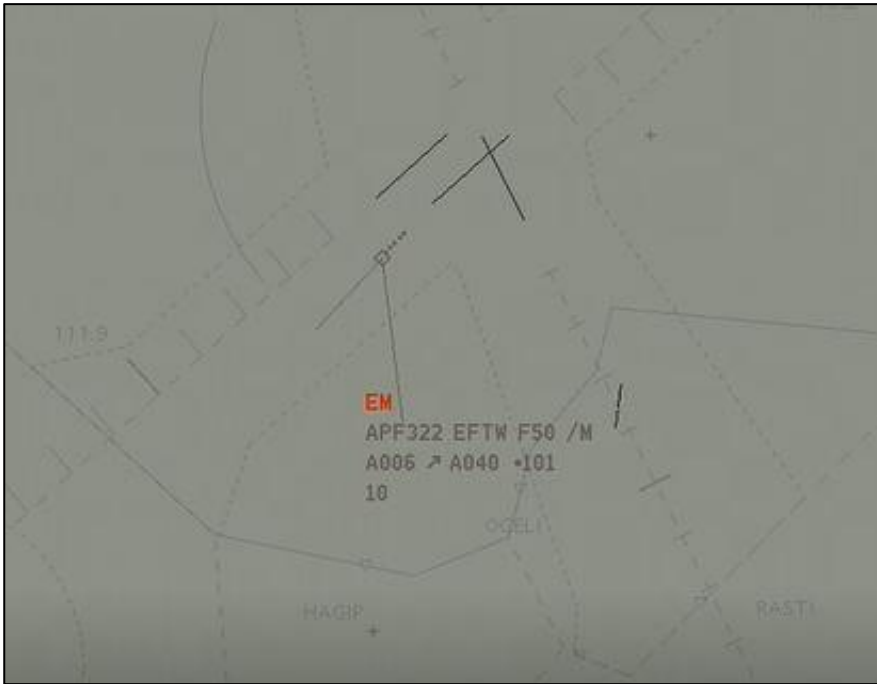
Helsinki-Vantaan lentoasemalla toimii erilliset lähilennonjohto (TWR, Tower) ja lähestymislennonjohto (APP, Approach). TWR:n vastuualue ilmassa on lähialue (CTR, Control Zone), jonka alaraja on maanpinta ja yläraja 1 300 jalkaa keskimääräisestä merenpinnankorkeudesta. APP:n vastuualueena on lähestymisalue (TMA, Terminal Area), alaraja paikasta riippuen joko 1 300 jalkaa tai 2 500 jalkaa keskimääräisestä merenpinnankorkeudesta ja yläraja on lentopinta 285 (FL285, 28 500 jalkaa standardi ilmanpaineella).



Kuva 6. Helsinki-Vantaan lennonjohtoalueiden rajat ja korkeudet. (Kuva: Aviamaps)

Molemmilla lennonjohtoyksiköillä on käytössään tutkanäyttölaite (Topsky), jossa esitetään eri tutka-asemilta ja muista järjestelmistä saaduista tiedoista yhdistetty ilmatilannekuva. Sekä APP- että TWR-lennonjohtaja näkevät halutessaan saman ilmatilannekuvan. Ilma-aluksen paikkamerkkiin liittyy, ja sen mukana kulkee aina niin sanottu tutkalabel. Tutkalabel on ilma-aluksen tutkanäytöllä olevan paikkamerkin mukana kulkeva tietokenttä. Siinä esitetään kyseessä olevan ilma-aluksen kutsumerkki, nopeus, korkeus ja muita tutkatietoja, sekä valintojen mukaan erilaisia lentosuunnitelmatietoja. Tätä tutkalabelia ja siinä näkyviä tietoja voidaan säätää tarpeen mukaan työpistekohtaisesti. Näyttölaitteelta voidaan tarvittaessa suodattaa viereisten lennonjohtoyksiköiden labeleita pois näkyvistä. Varsinaista ilma-aluksen paikkamerkkiä ei kuitenkaan pysty suodatuksilla poistamaan.

Ilma-aluksen valitessa toisiotutkavastaajaan hätäkoodin 7700, tulee kyseisen ilma-aluksen tutkalabel suodatuksista ja muista valinnoista huolimatta näkyviin ilman äänihälytystä. Koodi 7700 esitetään tutkanäytöllä, jossa tutkalabelin ylimmälle riville tulee näkyviin punainen EM-teksti (Emergency). EM-tekstistä ei tule äänivaroitusta.



Kuva 7. Tapahtumalennon Topsky-label lennonjohtotutkan näytöllä. (Kuva: Fintraffic)

2.2 Olosuhteet

2.2.1 Sää

Sää tapahtuma-aikaan oli pilvinen ja pimeä. Helsinki-Vantaan säähavaintojärjestelmän lentosäähavainnon¹¹ mukaan tuulen suunta oli 220 astetta ja sen nopeus neljä solmua. Näkyvyys oli yli 10 kilometriä ja satoi heikosti. 1 000 jalan korkeudessa oli vähän pilviä ja 4 000 jalan korkeudessa pilviä oli paljon. Lämpötila oli 4 °C ja kastepiste 3 °C. Ilmanpaine oli 993 hPa.

Helsinki-Vantaan lentosääennusteen¹² mukaan seuraavan vuorokauden aikana oli odotettavissa pilvisyyden lisääntymistä ja madaltumista. Lisäksi näkyvyyden ennustettiin heikkenevän ja tuulen voimistuvan.

Kiitotieolosuhteet

Kiitotiet 22L ja 15 olivat märkiä, mutta jarrutustehot kiitoteillä olivat hyvät. Molempien kiitotien valaistuslaitteet ja lähestymisvalot olivat toimintakuntoisia.

2.2.2 Maasto

Helsinki-Vantaan lentoaseman lähistöllä on yksi yli 1 000 jalan korkuinen este. Espoon radio- ja TV-maston, eli Kivenlahden maston, korkeus on 1 214 jalkaa (370 m) keskimääräisestä merenpinnan tasosta. Este sijaitsee noin 22 km (11,9NM) etäisyydellä kiitotien 22L päästä lounaaseen melkein kiitotien keskilinjan jatkeella. Maston koordinaattipisteet ovat 60°10'38" pohjoista leveyttä ja 24°38'26" itäistä pituutta.

¹¹ Ilmailusäätiedote: METAR EFHK 251450Z 22004KT 9999 -RA FEW010 BKN040 04/03 Q0993 NOSIG=

¹² Ilmailusääennuste: TAF EFHK 251435Z 2515/2615 22003KT 9999 -RA FEW010 BKN035 PROB30 TEMPO 2515/2517 BKN009 BKN030 TEMPO 2522/2603 3500 -SNRA BKN004 BECMG 2523/2601 32010KT=

2.3 Tallenteet

2.3.1 Fintraffic ANS:n tallenteet

Tutkintaa varten Fintraffic ANS:lta saatiin APF322:n lentoon liittyvät TWR-APP puhelinlinjan tallenteet, lähilennonjohdon radiopuhelintallenteet (TWR ja GND) sekä tutkatallenne, joka kattoi koko APF322:n lennon. Tallennuslaitteet olivat toimineet normaalisti ja tallenteet olivat laadultaan hyviä.

Tutka- ja radiopuhelintallenteista saatiin hyvä käsitys APF322:n lentoreitistä ja nousukyvyistä, sekä korkeuksista eri lennon vaiheissa.

2.3.2 Lentoarvotallennin (FDR - Flight Data Recorder)

Lentoarvotallennin irrotettiin lentokoneesta ja lähetettiin BFU:lle¹³ Saksaan, jossa tallentimen tiedostot purettiin taulukkomuotoon tutkintaryhmälle analysointia varten. Tallenne oli hyvälaatuinen ja siitä saatuja tietoja käytettiin tutkittaessa moottoriarvoja ja potkurin lepuuttamista. Tallentimen tietoja käytettiin myös lentokoneen korkeuksien, suuntien ja nopeuksien tutkintaan ja analysointiin.

Tallenteesta tehtiin myös video, jota käytettiin lennon analysointiin.

2.3.3 Ohjaamoäänitallennin

Ohjaamoäänitallentimen (CVR - Cockpit Voice Recorder) tiedot purettiin lennon osalta. Ohjaamon äänitallennin toimi normaalisti, ja äänityksen laatu oli hyvä. Tallentimen tietoja käytettiin selvitetessä sekä ohjaamomiehistön keskinäisiä että ohjaamomiehistön ja lennonjohdon välisiä keskusteluja. Lisäksi tallentimen nauhasta saatiin todennettua lentokoneen varoitusjärjestelmän antamat varoitusäänet, lentokoneen sisäinen ja ulkoinen äänimaailma sekä potkurin lepuutus.

2.3.4 Hätäkeskustallenteet

Hätäkeskustallenteiden laatu oli hyvä, ja niistä saatuja tietoja käytettiin tutkittaessa pelastuspalvelun ja hätäkeskuksen toimintaa.

2.3.5 Pelastuspalvelun ajoneuvokameroiden tallenteet

Pelastuspalvelun ajoneuvojen kameratallenteet olivat hyvälaatuisia sekä kuvan että äänen osalta. Kameratallenteita käytettiin tutkittaessa pelastuspalvelun toimintaa lentokenttäalueella.

2.4 Onnettomuuteen liittyvät henkilöt, organisaatiot ja turvallisuudenhallinta

2.4.1 Lentoyhtiö Amapola Flyg AB

Yhtiöllä oli tapahtuman aikaan 14 Fokker F50 -potkuriturbiinilentokonetta, joista kolmea käytetään matkustajaliikenteessä ja 11 rahtiliikenteessä.

2.4.2 Turvallisuusjohtamisjärjestelmä

Lentoyhtiö Amapola Flyg Ab:lla on turvallisuusosasto, joka vastaa lentoturvallisuuden ylläpidosta ja seurannasta. Yhtiöllä on käytössä turvallisuusjohtamisjärjestelmä, jossa ohjeistetaan

¹³ Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung eli Saksan turvallisuustutkintaviranomainen.

koko henkilökuntaa tekemään poikkeamailmoituksia niitä havaitessaan tai joutuessaan vaka-vaan läheltä piti-, vaara- tai onnettomuustilanteeseen.

Näistä tilanteista tehdään lentoturvallisuusilmoitus, joka tallennetaan yrityksen turvallisuus-johtamisjärjestelmään. Ilmoitus tehdään järjestelmään pääsääntöisesti sähköisesti.

Vakavat vaaratilanneilmoitukset välitetään operaattorin operatiivisen lentotoiminnan johta-jalle ja turvallisuusjohtajalle mahdollisimman pian tapahtuman jälkeen. Lisäksi ilmoitus toi-mitetaan kansalliselle ilmailuviranomaiselle.

Lentoturvallisuusilmoitukset käsitellään ja analysoidaan yrityksen turvallisuusosastolla. Jo-kainen ilmoitus käsitellään, riskiarvioidaan ja riskiluokitellaan. Riskiarvion perusteella laadi-taan toimenpidesuositukset turvallisuuden parantamiseksi.

Amapola Flyg Ab:lla tehtiin 273 lentoturvallisuusilmoitusta vuoden 2021 aikana, joista 15 lä-hetettiin Ruotsin ilmailuviranomaiselle. Vuonna 2021 lentoyhtiöllä oli keskimäärin 450 lentoa kuukaudessa. Yhtiön lentotoiminta oli vähentynyt noin puoleen Covid-19 pandemiaa edeltä-vään ajanjaksoon verrattuna. Yritys noudattaa ”Just Culture” raportointitapaa, jossa ilmoituk-sen tekijää ei syyllistetä.

2.4.3 Ohjaajat

Lentokoneen kapteeni oli 52-vuotias, ja hänellä oli lentotehtävään vaadittavat luokka- ja tyyppikelpoisuudet sekä lääketieteelliset kelpoisuudet voimassa. Hänellä oli lentokokemusta yhteensä noin 11 000 lentotuntia, joista 8 000 lentotuntia Fokker F27 MK 50 -lentokoneella.

Kapteenin englannin kielen todistuksen voimassaolo oli päättynyt 31.1.2021. Lupakirjassa merkitty kielitaitoluokka oli 4, toimiva kielitaito. Lupakirjasta puuttui uusi merkintä kielitai-don tarkastuksesta. Pyydettyäessä selvitystä asiasta kapteeni toimitti uuden kopion lupakirjas-taan, johon oli merkitty kielitaitotarkastuksen päivämääräksi 10.3.2021 ja uudeksi kielitaito-luokaksi 6 kuusi eli erinomainen kielitaito.

Kapteeni oli Covid-19 pandemian vuoksi lomautettuna työstä 19.9.2020 – 1.5.2021.

Lentokoneen perämies oli 33-vuotias. Myös hänellä oli vaadittavat luokka- ja tyyppikelpoi-suudet sekä lääketieteellinen kelpoisuus voimassa. Hänellä oli lentokokemusta 1 400 lento-tuntia, joista 1 100 lentotuntia oli Fokker F27 MK 50 -lentokoneella.

2.4.4 Matkustamohenkilökunta

Matkustamohenkilökunnan jäsenellä oli tarvittavat kelpuutukset voimassa.

2.4.5 ANS-Finland

2.4.6 Lennonjohtajat

Lähilennonjohtaja oli 45-vuotias ja hänellä oli kelpuutukset toimia sekä lähi- että lähestymis-lennonjohtajana Helsinki-Vantaan lennonjohdossa. Vaadittavat lupakirjat ja kelpuutukset sekä lääketieteellinen kelpuutus olivat voimassa.

Lennonjohtaja on valmistunut lennonjohtajan peruskurssilta vuonna 2000 ja aloittanut työs-kentelyn Helsinki-Vantaan lähilennonjohdossa vuonna 2001. Hänellä on ollut kelpuutus tut-kalennonjohtajana toimimiseen vuodesta 2004 lähtien.

Vaaratilanteen tapahtuessa lennonjohtaja pyysi lisää lennonjohtajia lennonjohtotorniin avus-tamaan muun muassa hälytysten ja puhelinliikenteen hoitamisessa.

2.5 Pelastustoimiin osallistuneet organisaatiot ja niiden toimintavalmius

Keravan hätäkeskus tuottaa hätäkeskuspalvelut Uudellamaalla. Sen tehtävä on hälyttää yksiköitä toimivaltaisen viranomaisen antamien hälytysohjeiden mukaan.

Finavia Oyj ylläpitää Helsinki-Vantaan lentoasemaa, jolla on lentoasema-alueella tai sen lähialueella tapahtuvia ilmaliikenneonnettomuuksia varten EU-säädöksiin perustuen oma ympärivuorokautinen pelastuspalvelu. Sen vuorovahvuus on vähintään seitsemän henkilöä. Lentoaseman pelastuspalvelun lähtövahvuus on johtoyksikkö, pelastusyksikkö, porrasauto ja neljä vaahtoyksikköä sijoitettuna kolmelle pelastusasemalle eri puolille kenttäaluetta. Pelastuspalvelun tehtävänä on toimia osana lentokentän pelastusorganisaatiota.

Pelastustoimintaa johtaa pelastuspalvelun vuoromestari, kunnes alueen pelastuslaitos on saanut tiedon tapahtuneesta. Pelastuspalvelun varautuminen mahdollisiin onnettomuus- ja vaaratilanteisiin lentoasemalla ja sen lähialueilla on kuvattu ilmaliikenteen pelastussuunnitelmassa. Suunnitelmaa ylläpidetään yhteistyössä Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen kanssa.

Keski-Uudenmaan pelastuslaitos (KUP) vastaa pelastustoiminnasta myös lentoaseman alueella. Se on varautunut suuronnettomuuksiin pelastustoiminnan johtamisen yleisohjeella ja ympäri vuorokauden toimivalla tilannekeskuksella. Lähin paloasema sijaitsee lentokenttäalueen rajalla. Lentoasemalla ja sen lähialueella tapahtuvan onnettomuuden johtovastuu kuuluu pelastuslain¹⁴ 44 § mukaan pelastustoimesta vastaavalle paikalliselle pelastusviranomaiselle. Keski-Uudenmaan pelastuslaitos on varautunut ilmaliikenteen onnettomuus- sekä vaaratilanteisiin erillisellä toimintaohjeella, joka on sisällöltään yhteneväinen lentoaseman pelastuspalvelun ohjeen kanssa.

Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri (HUS) vastaa ensihoidon järjestämisestä muun muassa Keski-Uudenmaan alueella. Helsinki-Vantaan lentoasema kuuluu tähän vastuualueeseen, ja lentoasema on otettu huomioon erityiskohteena ensihoidon palvelutasopäätöksessä. Sairaanhoitopiirillä on Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen kanssa yhteistoimintasopimus, joka koskee ensivastetehtäviä ja ensihoidon kiireellisiä tehtäviä. Helsinki-Vantaan lentoaseman ensivastetehtävistä sairaanhoitopiirillä on yhteistoimintasopimus Finavian pelastuspalvelun kanssa. Ensihoitopalvelun toimintaan suuronnettomuus- ja monipotilastilanteissa lentoasemalla on käytössä erityisohjeet. Sairaanhoitoalueiden ensihoitoa ohjaavat ja valvovat sairaanhoitopiirin palveluksessa olevat ensihoidon vastuulääkärit ja ensihoidon kenttäjohtajat.

2.6 Säädökset, määräykset ja ohjeet

2.6.1 Lennonjohdon määräykset ja työmenetelmät

Normaalitilanteessa lähilennonjohtaja käyttää Topsyky-näyttöä ainoastaan liikenteen monitoroimiseen. Lennonjohtajan tulee kuitenkin ohjeistuksen mukaan tarkistaa joko näköhavainnolla tai tutkan näytöltä, että lähtenyt ilma-alus noudattaa annettua lähtöselvitystä. Lisäksi hänen tulee tarkastaa tutkalabelin tietojen oikeellisuus viimeistään, kun ilma-alus on kaksi merimailia lähtökiitotien vastapään kynnyksestä.

Normaalisti ilma-alus lentää lentoonlähdön jälkeen lennonjohtoselvityksen mukaista vakiolähtöreittiä (SID, Standard Instrument Departure). Nämä vakiolähtöreitit on laadittu siten, että ne takaavat vaaditut turvamarginaalit (porrastukset) maastoon ja lentoesteisiin. Ilma-aluksen, joka seuraa vakiolähtöreittiä tulee lentoonlähdön jälkeen Helsinki-Vantaalla siirtyä

¹⁴ Pelastuslaki 379/2011.

vakiolähtöreitin ohjeistuksen mukaisesti lähestymislennonjohdon radiotaajuudelle läpäistessään 1 500 jalan korkeuden keskimääräisen merenpinnan yläpuolella. Tässä tapauksessa lentokone ei ollut vaihtanut itse radiotaajuutta, koska moottorihäiriö tapahtui matalalla. Lentokoneen nousukyvyyn ollessa moottorihäiriöstä johtuen huono, joutui lennonjohtaja puuttumaan lentorataan, ettei turvamarginaali (porrastus) Kivenlahden mastoon olisi alittunut. Vaadittu porrastus on kolme merimailia vaakasuoraan tai 1 000 jalkaa korkeussuunnassa esteen yläpuolelta.

Koska liikennetilanne oli hiljainen, lähilennonjohtaja päätti normaali käytännöistä ja ohjeista poiketen pitää lentokoneen itsellään koko lennon ajan. Näin jakson vaihto ei myöskään kuormittanut ohjaamomiehistöä. Normaalin käytännön mukaan, kun lennonjohto johtaa ilma-aluksen pois omasta ilmatilastaan toisen lennonjohtoyksikön ilmatilaan, pitää se koordinoita hyvissä ajoin kyseessä olevien lennonjohtoyksiköiden kesken.

Saatujen tallenteiden perusteella TWR piti ilma-aluksen itsellään, nosti lähestymisalueelle ja johti sen laskuun asti. Se kummalla yksiköllä lennonjohtovastuu säilyi loppulennon ajan, jäi saatujen tietojen perusteella sopimatta. Koska molemmat lennonjohtajat kuitenkin tiesivät tilanteen vakavuuden eikä muuta vaikuttavaa liikennettä ollut, tästä ei aiheutunut lentoturvallisuuteen vaikuttavaa riskiä.

2.6.2 Kielitaito

Euroopan Komission Asetus N:o 1178/2011¹⁵ mukaan LP-kelpuutus (language proficiency) pitää olla voimassa. Vähimmäisvaatimuksena kielitaidolle on määritelmän mukaisesti taso 4, toimiva kielitaito. Tason 4 kielitaidon kelpuutuksen joutuu uusimaan neljän vuoden välein. Tason 5 kielitaidon, edistynyt kielitaito, joutuu uusimaan kuuden vuoden välein. Tason 6 kielitaitoa, erinomainen kielitaito, ei joudu uusimaan. Tason 6 kielitaitomerkintä annetaan normaalisti esimerkiksi englantia äidinkielenään puhuvalle henkilölle.

Kuulemisten perusteella ohjaajien kielitaitovaatimus on uusilta palkattavilta ohjaajilta Amapola Flyg lentoyhtiössä vähintään 5.

2.6.3 Lentoyhtiö Amapola Flyg AB:n käsikirjat

Lentoyhtiö toimitti tutkintaryhmälle tutkintaa varten yhtiön toimintakäsikirjan (OM-A), lentokoneen teknisen manuaalin (OM-B, FCOM) ja koulutuskäsikirjan (OM-D).

Lentokoneen operointi on ohjeistettu valmistajan ohjeistuksella. Lentämiseen on laadittu lentokoneen käsikirja (OM-B).

Lentokoneen käsikirjassa (OM-B) on 12 lukua, joissa kuvataan muun muassa lentokoneen käyttöön liittyvät toimintarajoitukset, järjestelmien toimintalogiikka, suoritusarvot ja tarkastuslistat (checklist). Järjestelmä- ja suorituskykykuvausten lisäksi OM-B sisältää tarkastuslistat ja toimenpideohjeet, miten lentokoneella operoidaan normaali-, poikkeus- ja hätätilanteissa.

Lentokoneen käsikirjassa (OM-B) on kuvattu tarkastuslistan perusteella tehtävät toimenpiteet. Tarkastuslistan mukaan tehtävät toimenpiteet on jaoteltu eri lennonvaiheisiin, muun muassa rullaus (taxi), lentoonlähtö (takeoff) ja nousu (climb).

Käsikirjan hätätilanteita käsittelevässä osiossa ei ole tarkastuslistaa koskien AFU:n toimintahäiriötä tai odottamatonta potkurin lepuuttumista.

¹⁵ Euroopan Komission Asetus N:o 1178/2011, Liite 1, Osa FCL, Luku A, FCL.055 kielitaito

Normaalitoiminnassa on ohjeistettu laskutelineen sisälle ottaminen lentoonlähtöön liittyväksi tehtäväksi. Kun PM on pystynyt varmistamaan lentokoneen pystynopeuden riittävän suureksi, hän toteaa ”positive climb”. Tämä toimii merkinä PF:lle, joka merkin saatuaan käyttää laskutelineet sisään komennolla ”gear up”.

Normaalitoiminnassa, kun lentokone on nousussa (climb) kohti matkalentokorkeutta (cruise level), ohjaajat tekevät tarkastuslistan edellyttämät toimenpiteet. Tässä climb-tarkastuslistassa on kohta: ”tarkasta laskutelineiden sisäänotto”.

Amapolan lennolla APF322 vasemman potkurin lepuutus tapahtui lentoonlähdon yhteydessä. Vian tapahtuessa ohjaajien huomio kiinnittyi moottorihäiriön mukaisiin toimenpiteisiin, jotka he tekivät.

Kun vasen moottori oli saatu sammutettua ja potkuri oli lepuutettu, tekivät ohjaajat engine out -tarkastuslistan mukaiset toimenpiteet. Ohjaajat aloittivat paluun valmistelun lähtökentälle, jolloin heiltä jäi tekemättä climb-tarkastuslista.

Moottorihäiriötä varten on laadittu engine-out tarkistuslista, jota käytetään hätätilanteessa. Tältä listalta puuttuu ohjeistus tarkastaa, että laskuteline on sisäänotettu. Ohjaajat huomasivat laskutelineiden olleen ulkona koko lennon ajan siinä vaiheessa, kun he alkoivat tekemään lähestymisen (approach) tarkastuslistaa.

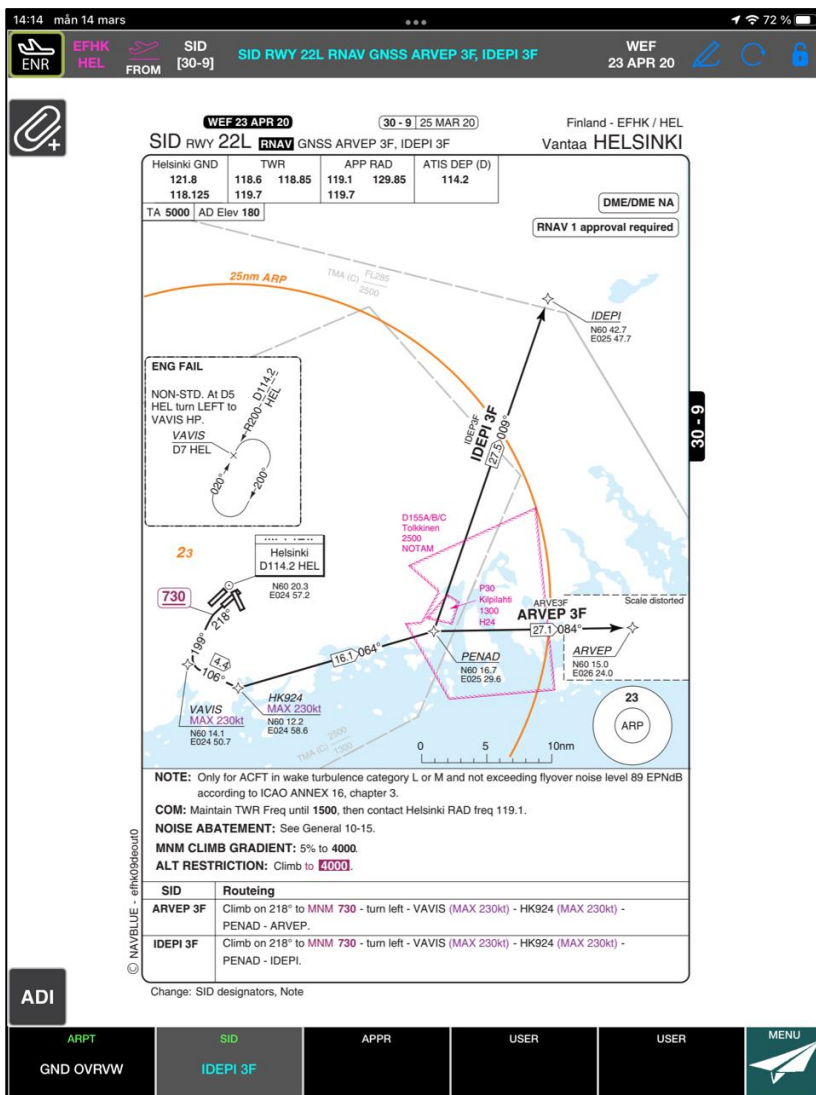
Engine-out tarkistuslista ohjeistaa katkaisemaan polttoaineen syöttämisen vikaantuneeseen moottoriin.

2.6.4 Moottorihäiriömenetelmä

Moottorihäiriötä varten on jokaisella lentoyhtiöllä omat lentomenetelmänsä. Lentomenetelmät määritetään perustuen virallisiin maasto- ja esteetietoihin siten, että moottorihäiriötilanteessa lentokoneen lentorata kattaa turvalliset etäisyydet maassa oleviin esteisiin. Jokaiselle kiitotielle on määritettävä oma moottorihäiriömenetelmänsä maastonmuodoista ja esteistä johtuen.

Amapola lentoyhtiön moottorihäiriömenetelmä Helsinki-Vantaan kiitotielle 22L on:

”Lentoonlähdon jälkeen tulee lentää viiden mailin etäisyydelle Helsinki DME:lta kiitotien 22L keskilinjan suunnalla (218°), jonka jälkeen tulee kääntyä vasemmalle kohti VAVIS reittipistettä, sekä liittyä VAVIS-reittipisteen odotuskuvioon.”



Kuva 8. Amapola-lentoyhtiön moottorihäiriössä käytettävä menetelmä, joka on esitetty kartassa. (Kuva: Amapola Flyg Ab).

2.7 Muut selvitykset

AFU lähetettiin jatkotutkimuksiin laitevalmistajalle mahdollisten sisäisten vaurioiden selvittämiseksi. Tarkastuksessa ei havaittu vaurioita tai poikkeamia. Laite testattiin, huollettiin ja palautettiin operaattorille.

Fokker F27 Mark 50 -lentokoneen käyttämä moottori (PW125B) on osa Pratt & Whitney PW100-moottorisarjaa. Sama PW100-sarjan perusmoottori löytyy useasta Fokker F50 -lentokoneen kokoluokan ilma-alustyypistä. Moottorien varusteet, apulaitteet ja moottorista saatava teho vaihtelee eri versioiden välillä, mutta perusrakenne ja toiminta on samanlaista. Tutkinnan aikana vertailua tehtiin ATR 72 -lentokoneen moottorijärjestelmään (PW127). Molemmissa moottorivarianteissa potkurin automaattinen lepuutusjärjestelmä on riippuvainen vääntösensorin tuottamasta tiedosta, vaikka potkurin lepuutusjärjestelmässä onkin eroja.

Norjassa vuonna 2021 tapahtui vaaratilanne Fokker F27 Mark 50 -lentokoneelle. Alkunousun aikana, välittömästi lentoonlähdon jälkeen, lentokoneen oikeanpuoleinen potkuri lepuutui moottorin jäädessä käyntiin. Miehistö sammutti vikaantuneen moottorin ja palasi lähtökentälle. Potkurin hallitsematon lepuuttuminen johtui todennäköisesti AFU:n sisällä olevan

piirilevyn juotoksen murtumisesta, mikä johti signaalihäiriöön ja potkurin automaattisen lepuutusjärjestelmän aktivoitumiseen. Kyseinen tapaus on analysoitu vaaratilanteessa olleen lentoyhtiön turvallisuusjohtamisjärjestelmän mukaisesti.

Australiassa tapahtui vuonna 2017 vaaratilanne¹⁶ Bombardier DHC-8 -lentokoneelle. Välittömästi lentoonlähdön jälkeen miehistö havaitsi lentokoneessa värinää ja moottorien äänen muutoksen. Miehistö havaitsi myös, että oikean puolen potkurin kierrosluku oli pudonnut noin puoleen normaalista ja moottorin vääntömomentti oli erittäin korkea. Miehistö päätteli häiriön johtuvan potkurin hallitsemattomasta lepuuttumisesta, sammutti moottorin ja palasi lähtökentälle. Lentokoneen paino oli polttoainemäärästä johtuen laskeutumisen aikana yli suurimman sallitun laskeutumispainon. Lennon jälkeisessä tarkastuksessa havaittiin, että oikeanpuoleisen moottorin vääntömomentti oli ollut 146 % TQ 25 sekunnin ajan. Moottorin vianetsinnässä ei löytynyt selkeää syytä potkurin lepuuttumiselle. Bombardier DHC-8 -lentokoneessa on PW123-sarjan moottori. Kyseinen moottorityyppi käsittelee vääntömäärän signaalin TSCU (Torque Signal Condition Unit) avulla. Tapausta tarkasteltiin miehistön toiminnan kannalta vastaavanlaisena häiriötilanteena.

Taiwanissa tapahtui vuonna 2015 onnettomuus¹⁷ ATR 72 -lentokoneelle. Taiwanilaisen onnettomuustutkintaraportin mukaan lentokoneeseen tuli alkunousussa moottorihäiriö ja ohjaajat sammuttivat alkunousussa tilanteeseen nähden väärän moottorin. Tapahtuman seurauksena oli lentokoneen nousukyvyyn radikaali heikkeneminen ja ajautuminen maahan aiheuttaen suuren määrän kuolonuhreja.

Tällä onnettomuudella ja tutkinnassa olevalla vaaratilanteella on yhteneväisyyksiä. Taiwanin onnettomuudessa potkurin lepuutus aktivoitui odottamattomasti ja moottorin jäädessä käyntiin ohjaajat tekivät väärän vika-analyysin lentokoneen moottorivalvontamittareiden indikaattorien perusteella. Lepuutuksen aktivoituminen johtui AFU:n sisällä olevan piirilevyn murtuneen juotoksen aiheuttamasta signaalihäiriöstä.

Australiassa tapahtui vuonna 2005 Fokker F27 Mark 50 -lentokoneelle vaaratilanne¹⁸ lentoonlähdön jälkeen. Vaaratilanne syntyi noin minuutti lentoonlähdön jälkeen, kun lentokoneen oikeanpuoleinen potkuri lepuuttui hallitsemattomasti. Lepuuttuminen aiheutti moottorin vääntömomentin nousun yli suurimman sallitun arvon. Lentokoneen miehistö sammutti vikaantuneen moottorin ja palasi lähtökentälle. Lentokoneen AFU:n piirilevystä löytyi merkkejä ylijännitteestä, mutta selkeää yksittäistä syytä potkurin lepuuttumiselle ei pystytty todentamaan.

Skotlannissa tapahtui vuonna 1997 vaaratilanne¹⁹ Bombardier DHC-8 -lentokoneelle. Vaaratilanne syntyi, kun lentokoneen vasemmanpuoleisen moottorin vääntöarvotiedoissa oli hetkittäisiä signaalihäiriöitä. Signaalihäiriöt johtivat molempien moottoreiden epänormaaliin toimintaan ja vasemmanpuoleisen potkurin lepuuttumiseen. Miehistön tulkitsemat mittariarvot ja niiden perusteella tehdyt toimenpiteet pahensivat tilannetta ja johtivat molempien moottoreiden osittaiseen häiriöön sekä oikeanpuoleisen moottorin sammuttamiseen. Tapausta tarkasteltiin ohjaajien toiminnan kannalta vastaavanlaisena häiriötilanteena.

Vastaavanlaisia automaattisen lepuutusjärjestelmän häiriöitä on maailmanlaajuisesti useita. Suuressa osassa tapauksista on viitteitä signaalihäiriöihin.

¹⁶ ATSB AO-2017-045

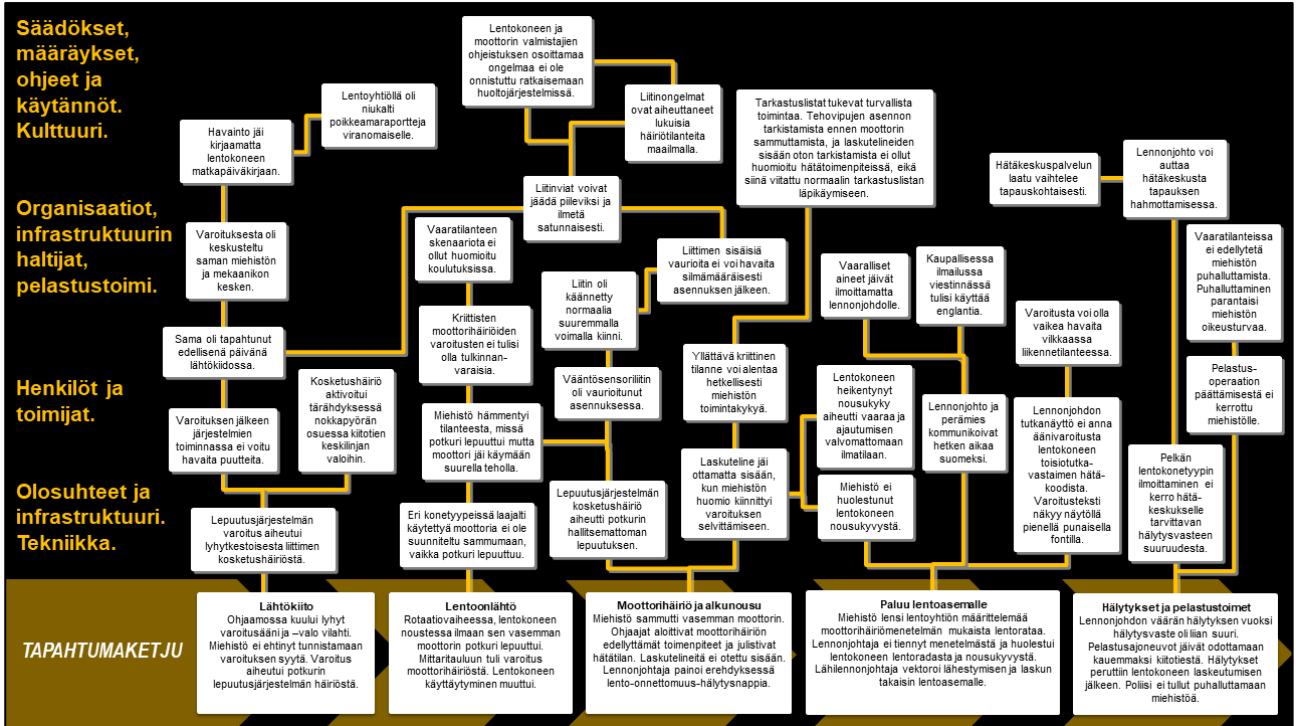
¹⁷ ASC-AOR-16-06-001

¹⁸ ATSB Investigation 200500925

¹⁹ AAIB Bulletin No: 2/98 Ref: EW/C97/2/3Category: 1.1

3 ANALYYSI

Tapahtuman analysoinnissa on käytetty Onnettomuustutkintakeskuksen edelleen kehittämää Accimap²⁰-menetelmää. Analyysitekstin jäsentely perustuu tutkinnassa laadittuun Accimap-kaavioon. Onnettomuus kuvataan kaavion alaosassa tapahtumaketjuna. Tapahtumaketjun taustalta paljastuvia tekijöitä puretaan kaaviossa eri analyysitasoilla.



Kuva 9. L2021-04 ACCIMAP-analyyssikaavio. (Kuva: OTKES)

3.1 Tapahtuman analysointi

3.1.1 Lähtökiito

Lähtökiidon aikana tapahtunut hälytys oli kestoaltaan niin lyhyt, että ohjaajat eivät kyenneet toteamaan hälytyksen aiheuttanutta järjestelmää. Hälytys aktivoitui, kun lentokoneen nokkatalineen rengas osui kiitotien keskilinjavaloihin. Hälytyksen poistuttua ohjaajat päättivät jatkaa lähtökiittoa.

Sama hälytys oli tullut edellisenä päivänä lentokoneen lähtiessä Helsinki-Vantaan lentoasemalta. Tästä hetkellisestä viasta ei ole merkintää lentokoneen teknisessä matkapäiväkirjassa. Jos vikaa ei kirjata lentokoneen matkapäiväkirjaan, ei tieto viasta siirry eteenpäin yhtiön huolto-organisaatiolle eikä muille lentokonetta lentäville ohjaajille. Mikäli esiintynyt vika on lyhytaikainen, eikä sitä pystytä tarkentamaan tiettyyn järjestelmään, voidaan tilanteesta kirjoittaa lentokoneen matkapäiväkirjaan huomio (remark). Tällöin muut lentokonetta lentävät ohjaajat voivat varautua mahdolliseen varoitusjärjestelmän hälytykseen. Myös yhtiön huolto-organisaatio saa tietoa mahdollisesta viasta ja sen esiintymistiheydestä, ja mahdolliset huolto-toimet voidaan aloittaa riittävän pikaisesti oikeaan järjestelmään. Jos tilanteesta ei kirjoiteta vikailmoitusta tai huomiota lentokoneen matkapäiväkirjaan, saattaa vika jäädä pitkäksi aikaa piileväksi.

²⁰ Rasmussen, J. & Svedung, I. (2000) *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Services Agency.

Koko lentoyhtiön toiminnan kattavaan raportointijärjestelmään on tapahtumaa edeltävän vuoden aikana kirjattu 273 raporttia. Näistä raporteista on välitetty Ruotsin ilmailuviranomaiselle 15 kappaletta. Huomioiden yhtiön kuukausittaisen kokonaislentomäärän, on ilmailuviranomaiselle välitettyjen raporttien määrä suhteellisen pieni.

Ilmailuviranomainen edellyttää lentoyhtiöiltä itsevalvontaa turvallisuuteen liittyvissä asioissa. Tähän kuuluu muun muassa raporttien kerääminen ja niiden analysointi. Lentoyhtiöt kontrolloivat itse toimintaansa ja varmistavat, että toiminnan turvallisuus säilyy riittävällä tasolla. Ilmailuviranomainen vastaavasti seuraa lentoyhtiön raportointikulttuuria ja -järjestelmää sekä sen toimivuutta. Seuranta tapahtuu muun muassa auditointien kautta.

Kun yhtiön lentoturvallisuusvastaava saa raportin käsiteltäväkseen, tulee hänen päättää sisältääkö kyseinen raportti EU 376/2014 ja EU 2015/1018 asetusten määrittelemiä pakolliseen raportointiin liittyviä tapahtumia. Raportin käsitelijä päättää, tuleeko raportti lähettää viranomaiselle.

3.1.2 Lentoonlähtö

Kun lentoonlähdön ratkaisunopeus oli saavutettu, ohjaajat jatkoivat lähtökiittoa suorittaakseen normaalin lentoonlähdön. Kun noin kaksi sekuntia oli kulunut lentoonlähdön ratkaisunopeuden saavuttamisesta ja PF oli aloittanut rotaation, hälytti lentokoneen hälytysjärjestelmä moottorihäiriöstä.

Fokker F50 -lentokoneessa on myös muissa lentokonetyypeissä laajalti käytössä oleva moottorityyppi. Kyseistä moottoria ei ole suunniteltu sammumaan automaattisesti potkurin lepuutuessa. Potkuriin kohdistuva vääntömomenti kasvaa radikaalisti tilanteessa, jossa potkuri lepuuttuu, mutta moottori ei sammuu. Mikäli moottoria ei sammuteta tilanteessa, jossa potkuri lepuuttuu, on potkurin tai moottorin vaurioituminen mahdollista.

Tutkinnan alaisessa tapahtumassa ohjaajat hämmentyivät hetkellisesti tilanteesta, jossa potkuri lepuuttui hallitsemattomasti, mutta moottori jäi käymään suurella teholla. Kriittisissä viroissa, kuten moottorihäiriö, lentokoneen varoitusjärjestelmän tuottamat indikaatiot tulisivat olla riittävän selkeitä, jotta ohjaajat voivat analysoida tapahtuman oikein riittävän pikaisesti.

Jos moottorivalvontamittarien näyttämät ovat epäselviä tai ristiriitaisia koulutuksessa harjoiteltuihin tilanteisiin nähden, tilanteen analysointi ohjaajien toimesta saattaa kestää liian kauan, tai tilanteen analysointi epäonnistuu. Analysoinnin epäonnistuminen voi johtaa ohjaajat tekemään väärän toiminnon. Vastaavan tyyppinen tapaus, jossa ohjaajat sammuttivat väärän moottorin, on aiemmin tapahtunut ATR 72 -lentokoneelle, joka käyttää samaa moottorityyppiä.

Lentoyhtiö Amapolan ohjaajien koulutuksessa ei ole huomioitu vastaavaa tilannetta. Ohjaajien simulaattoriharjoituksissa harjoitellaan kahta samankaltaista moottorihäiriötilannetta. Toisessa moottori sammuu ja potkuri lepuuttuu automaattisesti ja toisessa moottori sammuu, mutta potkuri ei lepuutu. Tutkinnan alaisessa tapahtumassa ohjaajat analysoivat tilanteen moottorihäiriöksi, vaikka moottori toimi normaalisti.

Vastaavanlainen potkurin hallitsematon lepuuttuminen saattaa tapahtua odottamattomasti samaa moottorityyppiä käyttävissä lentokoneissa.

3.1.3 Moottorihäiriö ja alkunousu

Tallenteista selvisi muun muassa se, että lennonjohtajan havaittua ilma-aluksen huonon nousukyvyyn hän antoi ilma-alukselle ohjaussuunnan, joka takasi riittävän turvamarginaalin (porrastuksen) Espoon Kivenlahdessa sijaitsevaan korkeaan radiomastoon.

PM vahvisti hälytyksen lentokoneen valvontajärjestelmästä sekä moottorinvalvontamittaristosta moottorihäiriöksi. Hän totesi, ettei automaattinen lepuutusjärjestelmä ollut aktivoitunut. Lentokoneen vasen moottori toimi normaalisti, vaikka vasen potkuri oli kokonaan lepuuttunut.

Potkurin kierroslukumittarin näyttämä oli lähes sama kuin tilanteessa, jossa moottori sammuu, mutta potkuri ei lepuutu. Hälytysjärjestelmän tuottamat indikaatiot viittasivat moottorihäiriöön, mutta ohjaajilta jäi huomaamatta, että vasen moottori oli käynnissä. Hälytysjärjestelmän ja moottorinvalvontamittareiden indikaatioiden perusteella he päättivät lepuuttaa vasemman potkurin sulkemalla moottorin polttoainehanan. Polttoaineen syötön katkaiseminen sammuttaa moottorin ja lepuuttaa samalla potkurin.

Moottorihäiriö johtui lentokoneen lähtökiidon aikana tapahtuneesta kosketushäiriöstä vasemman potkurin lepuutusjärjestelmän liittimessä. Kosketushäiriö oli aiheutunut vääränlaisesta liittimen asennuksesta moottorin huollon yhteydessä. Tätä kosketushäiriötä ei voinut havaita silmämääräisesti, koska liittimen pinnit jäivät liittimen suojakuoren sisään ja asennuksen yhteydessä liittimen päälle oli asetettu kutistesukka. Kosketushäiriö aiheutti signaalihäiriön, joka aktivoi potkurin lepuutusjärjestelmän. Moottori jäi käyntiin.

Moottori nostaa tehoasetustaan automaattisesti tehotarpeen mukaisesti. Aktivoitunut potkurin lepuutusjärjestelmä ei säädi kyseisen moottorin tehoasetusta, mutta lepuuttuneen potkurin tuottama vastus aiheuttaa moottorin tehotarpeen kasvun. Tässä tapauksessa vasen moottori meni hetkellisesti liian suurelle TQ-arvolle. Tämä johtui potkurin liian suuresta lapakulmasta. Mittareiden indikaatiot olivat oikeat.

Ohjaajille koulutetut ja heidän harjoittelemansa häiriötoimenpiteet ovat sisältäneet tilanteet, joissa häiriö tulee lentokoneen moottoriin eikä potkurin lepuutusjärjestelmään. Simulaattorikoulutuksessa on harjoiteltu tilannetta, jossa moottori sammuu, mutta potkuri ei lepuutu automaattisesti.

Koska vastaavaa tilannetta ei ollut tapahtunut ohjaajille aiemmin lennoilla tai simulaattorissa, heidän oli vaikeaa tehdä oikeaa vika-analyysia nopeasti. Tilanne oli molemmille ohjaajille uusi eivätkä he olleet saaneet siihen koulutusta. Tämä aiheutti normaalia enemmän häiriötä vikatilanteen hoitamiseen. Epätavallinen ja uusi tilanne vei ohjaajien huomion muualle, mikä myönteisesti vaikuttanut laskutelineiden jäämiseen ala-asentoon koko lennon ajaksi.

Ohjaajat pyrkivät jatkamaan lentämistä operaattorin laskeman moottorihäiriömenetelmän mukaisesti. Lennonjohtajalla ei ollut tiedossa eri lentoyhtiöiden käyttämiä moottorihäiriömenetelmiä, mikä johti hetkelliseen tilannetietoisuuden heikkenemiseen.

Lennonjohtaja havaitsi tutkan näytöltä APF322:n tutkalabelin yhteyteen tulleen punaisen EM-tekstin. Lennonjohtajien käyttämä tutkajärjestelmä ilmaisee näytöllä tämän tekstin, kun ohjaajat asettavat transponderiin hätäkoodin 7700. Tästä tutkalabelin muutoksesta ei Topsky-järjestelmä anna erillistä äänihälytystä. Lähilennonjohtaja soitti lähestymislennonjohtoon heti tilanteen alussa, ja heille molemmille oli selvää tilanteen vakavuus. Lähilennonjohtaja kysyi lähestymislennonjohtajalta, haluaako tämä jatkaa lentokoneen johtamista vai pitääkö hän sen koko ajan omalla jaksollaan. Lähestymislennonjohtaja ilmoitti, että hänelle sopivat molemmat vaihtoehdot. Lentokone pysyi koko lennon ajan lähilennonjohdon taajuudella.

Lennonjohtaja huolestui huomattavasti lentokoneen huonon nousukyvyyn. Lisäksi lentokone lähestyi korkeaa estettä. Lennonjohtaja kysyi ohjaajien aikomuksia, johon ohjaajat vastasivat lentävänsä kohti kiihdytyskorkeutta ja reittipistettä VAVIS.

Ilma-aluksen huonosta nousukyvyistä johtuen lähilennonjohtajasta näytti ilmeiseltä, että vaadittua korkeusporrastusta Espoon Kivenlahdessa sijaitsevaan korkeaan radiomastoon ei tulla saavuttamaan ajoissa. Lennonjohtaja antoi ilma-alukselle käskyn kaartaa oikealle pohjoiseen, jotta vaadittu vaakasuora porrastus ei alittuisi. Ilman lennonjohtajan välitöntä puuttumista ilma-aluksen lentorataan, olisi vaaditut porrastukset hyvin todennäköisesti alittuneet.

Lennonjohdon antamat ohjaussuunta- ja korkeusselvitykset eivät saisi johtaa ilma-aluksen lentämiseen valvomattomaan ilmatilaan. Koska lennonjohtajan oli kuitenkin pakko puuttua ilma-aluksen lentorataan lähestyvän lentoesteen vuoksi, kävi ilma-alus huonon nousukyvyyn vuoksi kaarron aikana noin 40 sekunnin ajan lähialueen ulkopuolella ja lähestymisalueen alapuolella olevassa valvomattomassa ilmatilassa. Tästä ei kuitenkaan aiheutunut välitöntä vaaraa lentoturvallisuudelle, koska Helsinki-Vantaan lähestymisalueen alapuolella lentävien ilma-alusten tulee käyttää toisiotutkavastaajaa (transponder). Lennonjohtaja näkee toisiotutkavastaajaa käyttävät ilma-alukset myös valvomattomassa ilmatilassa, eikä tässä tapauksessa lähistöllä ollut muuta liikennettä.

Moottorihäiriömenetelmiä määritettäessä laskelmissa ei huomioida laskutelineiden ala-asentoon jäämistä, vaan oletetaan laskutelineiden olevan sisällä. Tutkittavassa tapauksessa lentokoneen ilmanvastus oli kasvanut huomattavasti, koska laskutelineet olivat jääneet ala-asentoon. Tämä heikensi myös oleellisesti lentokoneen nousukykyä. Ohjaajat tiedostivat lentokoneen heikon nousukyvyyn, mutta eivät aloittaneet siihen vaikuttavien tekijöiden selvittämistä ja analysointia.

Kuormittavasta tilanteesta johtuen ohjaajat siirtyivät tekemään QRH:n mukaista tarkastuslistaa, ja heiltä jäi nousuun liittyvä normaali tarkastuslista lukematta.

Normaalitoiminnan tarkastuslistassa on kohta, jossa mainitaan laskutelineiden sisään ottaminen. Ohjaajien käyttämässä moottorihäiriöön liittyvässä QRH:n tarkistuslistassa ei mainita laskutelineiden sisään ottamisen tarkistamista.

Tarkistuslistoissa on mainittu lentoon vaikuttavat kriittiset toimenpiteet. Tarkistuslistoja käytetään tiettyjen lennonaikaisten toimenpiteiden varmistamiseen, jotta lentoturvallisuus säilyy riittävällä tasolla. Kun ohjaajat tekevät kaikki tarkistuslistojen kohdat, kriittisiä lentoturvallisuuteen vaikuttavia toimintoja lennon suorituksessa ei jää tekemättä.

Ilmailussa on yleisesti käytössä niin sanottu "haaste ja vastaus" -tyylinen tarkistuslista. Kun ohjaajat lukevat tarkistuslistoja, toinen ohjaajista lukee tarkistuslistan kohdan ja toinen ohjaajista vastaa, että kohdan toiminta on suoritettu. Tarkistuslistoissa on myös joitakin kohtia, joihin molempien ohjaajien tulee ottaa kantaa.

Lennon aikana lennonjohtaja tiedusteli ohjaajilta lentokoneessa olevaa miehistö-, matkustaja- ja polttoainemäärää sekä oliko lentokoneessa kuljetettavana vaarallisia aineita. Lennonjohtaja oli aikaisemmasta radioliikenteestä tunnistanut lentäjän suomalaiseksi ja hän päätti kysyä tietoja suomen kielellä. Perämies ymmärsi kysymyksen, mutta pyysi kuitenkin saada vastata englanniksi. Koska englanti on liikenneilmailussa pääsääntöisesti käytettävä kieli, tulisi hätätilanteissakin pitäytyä mahdollisimman pitkälle englannin kielessä. Tässä tapauksessa ohjaajilta jäi ilmoittamatta vaarallisten aineiden tilanne, koska eri kielten käyttäminen aiheutti hetkellisen sekaannuksen kommunikoinnissa.

3.2 Pelastustoimien analysointi

Ohjaajien ilmoitettua hätätilanteesta lennonjohtaja teki hälytyksen lennonjohtotornissa olevan hälytysjärjestelmän kautta. Lennonjohdosta tehtiin vahingossa "lento-onnettomuushäly-

tyt”. Tässä tilanteessa olisi tullut tehdä ”vaaratilannehälytys”. Hälytykseen käytettävät painikkeet lennonjohtotornissa ovat eri värisiä, mutta ilman tekstejä. Kuormittavassa tilanteessa lennonjohtajalla tulisi olla selkeät mahdollisuudet todeta ja vahvistua tapahtuman kriittisyydestä ennen hälytyksen tekemistä. Hälytyksen jälkeen vasteen mukaiset pelastusyksiköt saapuivat lentoaseman asematasolle odottamaan laskeutuvaa lentokonetta. Hälytyksen vaste oli tilanteeseen nähden riittävä.

Lennonjohdosta soitettiin hätäkeskukseen ja ilmoitettiin hädässä olevasta lentokoneesta. Tässä ilmoituksessa mainittiin lentokoneen tyyppi Fokker F50 ja lentokoneen käyttämä radiokutsu. Pelkästään näiden tietojen perusteella hätäkeskusoperaattori ei pysty muodostaan kokonaiskuvaa, millaisesta hädässä olevasta kohteesta on kysymys. Lennonjohtaja voi auttaa tarkemman tilannekuvan muodostamisessa, ja ilmoittaa vähintään tarkentavana tietona lentokoneessa olevan matkustaja- ja polttoainemäärän.

Lentokoneen laskeutumisen jälkeen ohjaajat rullasivat asematasolle. Pelastusyksiköt olivat sijoittautuneet asematasolle sellaiselle etäisyydelle, että heidän oli helppo silmämääräisesti seurata laskeutuvaa lentokonetta. Pelastusyksiköt olivat sijoittuneet niin kauaksi lentokoneesta, että ohjaajat eivät olisi kyenneet kommunikoidaan käsimerkein. Radioyhteys säilyi lentokoneen ja lennonjohdon välillä koko tapahtuman ajan. Kun lentokone oli rullannut asematasolle ja sammuttanut oikean moottorin, vapautti päivystävä vuoromestari yksiköt tehtävästä. Pelastuspalvelun poistumisesta paikalta ei kerrottu ohjaajille.

Lentokoneen ohjaajat eivät olleet suorassa radioyhteydessä pelastusyksiköihin missään vaiheessa. Helsinki-Vantaan lentoasemalla on maaliikenteen radiojaksoja, joita voidaan käyttää pelastuspalvelun ja ohjaajien väliseen yhteydenpitoon. Jaksoja ei kuitenkaan ole mainittu lentoaseman kartoissa tai tiedoissa. Lennonjohto ei automaattisesti kerro ohjaajille pelastuspalvelun radiotaajuutta. Ohjaajien tulee itse pyytää lennonjohdolta kyseinen radiotaajuus, jos he haluavat keskustella suoraan pelastuspalvelun kanssa. Koska radiojaksoa ei mainita missään ohjaajille saatavissa olevassa dokumentissa, ei lentokoneen ohjaajilla ole mahdollisuutta tietää radiojakson olemassaolosta.

Jos ohjaajilla ei ole tiedossa maaliikenteen radiotaajuutta, se saattaa aiheuttaa viivettä ja häiriötä tiedonkulussa pelastusyksiköiden ja ohjaajien välillä.

Siirtymällä yhteiselle radiotaajuudelle, ohjaajien ja pelastuspalvelun yksiköiden olisi mahdollista kommunikoida ilman keskeytyksiä. Samalla toisten ilma-alusten on selkeämpää kommunikoida lennonjohdon kanssa, kun hätäliikenne ei kuormita radiotaajuutta.

Lennon jälkeen poliisi ei saapunut tapahtumapaikalle. Lentokoneen miehistöä ei puhallutettu.

3.3 Viranomaisten toiminnan analysointi

Kapteenin kielitaitokelpuutusluokka oli nostettu neljästä kuuteen samalla päivämäärällä simulaattoritarkastuslennon kanssa. Ruotsin ilmailuviranomainen on määritellyt simulaattoritarkastusten yhteydessä annettavien kielitaitokelpuutusten maksimitasoksi 4.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätökset sisältävät onnettomuuden tai vaaratilanteen syyt. Syyllä tarkoitetaan erilaisia tapahtuman taustalla olevia tekijöitä ja siihen vaikuttavia välittömiä ja välillisiä seikkoja.

1. Moottorihäiriö tapahtui lähtökiidon lopulla, kun AFU:n liittimen signaali katosi ja AFU aktivoitui. Vasen potkuri lepuuttui, mutta moottori jäi käyntiin. Ohjaajat sammuttivat vasemman moottorin.

Johtopäätös: *Liittimen signaalin kadottua AFU lepuutti vasemman moottorin potkurin, mutta moottori jäi käyntiin. Vastaavaa tilannetta ei harjoitella ohjaajien koulutuksissa.*

2. Moottorihäiriön tapahtuessa lennon kriittisessä vaiheessa ohjaajien työkuorma kasvaa huomattavasti, ja joitain toimenpiteitä saattaa jäädä tekemättä. Lentokoneiden tarkistuslistoja lukemalla kriittiset toimenpiteet tulee tehtyä.

Johtopäätös: *Laskutelineet jäivät ohjaajilta ottamatta sisään kuormittavan tilanteen sekä lentoonlähdön jälkeen tehtävän tarkistuslistan tekemättä jättämisestä johtuen.*

3. Vastaavanlainen potkurin hallitsematon lepuuttuminen saattaa tapahtua odottamattomasti samaa moottorityyppiä käyttävissä lentokoneissa.

Johtopäätös: *Ohjaajat tulee kouluttaa potkurin hallitsemattoman lepuuttumisen tunnistamiseen ja hallintaan.*

4. Moottori ei sammu, vaikka potkuri lepuuttuu hallitsemattomasti.

Johtopäätös: *Moottorin tuottamaa tehoa ei voida hyödyntää, ja lepuuttunut potkuri aiheuttaa moottorille ylikuormitustilanteen.*

5. Lentokoneen kapteenin lupakirjassa ei ollut voimassa olevaa merkintää englannin kielitaidosta.

Johtopäätös: *Sekä ohjaajan että lentoyhtiön tulee varmistaa, että ohjaajalla on voimassa oleva merkintä kielitaidosta lupakirjassaan, jotta hän voi toimia ohjaamomiehistön jäsenenä.*

6. Helsinki-Vantaan lentoasemalla on maaliikenteelle omat radiojaksot. Lennonjohtaja voi ohjeistaa ohjaajat ottamaan yhteyttä pelastuspalveluun kyseisillä radiojaksoilla. Radiojaksot ei ole mainittu ohjaajille saatavilla olevissa dokumenteissa.

Johtopäätös: *Ohjaajien ja pelastuspalvelun välinen radiojakso auttaa molempia osapuolia tilannekuvan muodostamisessa. Radiojakso tulisi olla ohjaajille helposti saatavilla.*

7. Lentokoneessa käytettävien liittimien yhdistämisen jälkeen liitoksen ja liittimen kunnon silmämääräinen tarkastaminen on mahdotonta asennuksen jälkeen.

Johtopäätös: *Liittimen kuntoon ja oikeaan asennustapaan on kiinnitettävä erityistä huomiota asennuksen aikana.*

8. Lennonjohdon hälytyspainikkeet ovat eri värisiä ja ilman hälytysten kuvausta. Nämä värit ovat samat kuin kyseisessä tilanteessa käytettävien hälytyslomakkeiden värit.

Johtopäätös: *Lennonjohtajan tulee käyttää apunaan ennen hälytyksen tekemistä hälytyslomakkeen väriä, ja valita lomaketta vastaava hälytyspainikkeen väri.*

9. Lennonjohtajien sopimaa työnjakoa lähi- ja lähestymislennonjohtajien välillä ei selkeästi tallenteista voitu todeta.

Johtopäätös: *Lennonjohtajien tulee selkeästi sopia vastuu lennon johtamisesta.*

10. Lennonjohtajien tutkan näytöllä kyseisen lennon tutkalabeliin tuli pieni punainen EM-teksti ilman muita indikaatioita.

Johtopäätös: *Lennonjohtajien tutkalabeliin tulevan EM-tekstin rinnalle tulisi lisätä äänihälytys, joka parantaisi EM-tekstin havaittavuutta.*

5 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

5.1 Potkurin automaattisen lepuuttumisen logiikka

Lentokoneen perussuunnittelussa otetaan yleisesti huomioon järjestelmien vikaantuminen. Useimmissa järjestelmissä toiminnan suojaus on toteutettu kahdentamisella, jolloin yksittäisen komponentin rikkoutuessa käytössä on vielä varajärjestelmä. Fokker F27 Mark 50 -lentokoneen moottorissa on kaksi erillistä TQ-sensoria, joiden tietoja verrataan aktiivisesti. Tietojen eriarvoisuus johtaa normaalisti varoitukseen lentokoneen ohjaamossa. Lentoonlähdön aikana potkurin automaattinen lepuutusjärjestelmä on kuitenkin riippuvainen vain toisesta TQ-sensorista. Järjestelmä tekee päätöksen lepuutuksesta kyseisen sensorin tietojen perusteella.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

Tyyppisertifikaatin haltija Fokker Services selvittää yhteistyössä moottorivalmistaja Pratt & Whitney kanssa TQ -sensoritiedon kahdentamisen mahdollisuutta siten, että yhden TQ -sensorin vikaantuminen ei aiheuta potkurin hallitsematonta lepuuttumista. [2022-S28]

5.2 Moottorin ohjausyksiköiden toiminta

Lentokoneille tapahtuvat moottorihäiriöt eivät yleisesti sisällä potkurin lepuutusjärjestelmään tulevia vikatilanteita. Moottorihäiriötilanteet, joissa moottoriin tulee vika, ohjaavat yleisesti moottorin sammuttamiseen. Potkurin lepuutusjärjestelmän vikatilanteet eivät automaattisesti johda moottorin sammuttamiseen. Mikäli moottoria ei potkurin lepuutusjärjestelmän vikatilanteessa sammuteta välittömästi, moottori ja potkurijärjestelmä saattavat ylikuormitua ja vaurioitua.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

Tyyppisertifikaatin haltija Fokker Services selvittää yhteistyössä moottorivalmistaja Pratt & Whitney kanssa tarvetta moottorin automaattiseen sammuttamiseen potkurin lepuut-tuessa hallitsemattomasti. [2022-S29]

Moottorin automaattinen sammuminen vähentää mahdollisuutta moottorin ja potkurijärjestelmän vaurioon sekä selkeyttää ohjaajien tilannekuvaa. Yleisimmät häiriötapaukset moottoreissa ovat moottorin toimintaan liittyviä häiriöitä, ja joissain tapauksissa moottori voidaan saada toimimaan lennon aikana. Voimansiirto- ja potkurijärjestelmiin liittyvät häiriötilanteet johtavat yleisesti pysyvään tehonvähennykseen loppulennon ajaksi. Verrattuna voimansiirtojärjestelmän hajoamiseen, on moottorin hajoamistilanteissa ohjaajilla enemmän aikaa toimia, sillä moottorin sammuminen ei tuota lisää vastusta samalla tavalla kuin voimansiirtojärjestelmän hajoaminen saattaa tuottaa.

5.3 Ohjaajien koulutus

Ohjaajien koulutuksessa harjoitellaan moottorihäiriötilanteita, joissa moottori vaurioituu. Tapauksessa vaaratilanteessa lentokoneen lepuutusjärjestelmä vikaantui. Ohjaajien koulutukseen ei sisälly harjoitteita, jossa lepuutusjärjestelmä vikaantuu lennolla.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

Tyyppisertifikaatin haltija Fokker Services sisällyttää ohjaajien koulutusohjelmaan potkurin lepuutusjärjestelmän hallitsemattoman vikatilanteen hallinnan. [2022-S30]

5.4 Tarkistuslistojen täydennykset

Fokker F50 -lentokoneen hätä- ja poikkeustilanteissa käytettävistä tarkistuslistoista puuttuu laskutelineiden sisäänottamisen tarkistaminen.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

Tyyppisertifikaatin haltija Fokker Services lisää hätä- ja poikkeustilanteissa käytettäviin tarkistuslistoihin laskutelineiden sisäänottamisen tarkistamisen omaksi kohdaksi. [2022-S31]

Jos laskutelineiden sisäänottamista ei tarkisteta ja telineet jäävät ulos, heikkenee lentokoneen nousukyky huomattavasti moottorihäiriötilanteessa. Lentokoneen nousukyvyyn heiketessä myös estevarakorkeudet saattavat alittua.

5.5 Toteutetut toimenpiteet

Amapola Flyg Ab -lentoyhtiö päivitti ohjeistusta laskutelineiden käytöstä lentokoneen käsikirjaan (OM-B). Päivityksessä ohjeistukseen moottorihäiriötilanteessa toimimisessa lisättiin laskutelineiden sisäänotto V1-nopeuden saavuttamisen jälkeen ennen muita toimenpiteitä. Lisäksi päivityksessä sisällytettiin lento-ohjeistukseen moottorihäiriön briefaus PF:n osalta ennen päivän ensimmäistä lentoa.

LÄHDELUETTELO

Kirjalliset lähteet

- AAIB (1998) Report: *De Havilland Canada DHC-8 Series 311, G-BRYP*. Bulletin No: 2/98 Ref: EW/C97/2/3 Category: 1.1.
- Australian Transport Safety Bureau (2017) Investigation: AO-2017-045 - *Inflight engine shutdown involving Bombardier DHC-8, VH-XKI, Meekatharra Airport, WA, on 18 April 2017*.
- Australian Transport Safety Bureau (2005) Investigation: 200500925 - *Fokker B.V. F27 MK 50, VH-FNB*.
- Aviation Safety Council (2016) Aviation Occurrence Report: 4 February, 2015, TransAsia Airways Flight GE235, ATR72-212A, Loss of Control and Crashed into Keelung River Three Nautical Miles East of Songshan Airport.
- Rasmussen, J. & Svedung, I. (2000) *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Services Agency.

Tutkinta-aineisto

- 1) Paikka- ja valokuvat, mitat ja muu aineisto
- 2) Sää tiedot
- 3) Kuulemiset
- 4) Lennonjohdon tallenteet ja dokumentit
- 5) Häätäkeskuslaitoksen tallenteet
- 6) Lentosäätökeskuksen pelastuspalvelun tallenteet ja dokumentit
- 7) Ilma-aluksen ohjekirjat
- 8) Lentoyhtiön toimintakäsikirjat
- 9) Lentoyhtiön turvallisuusjohtamisen tiedot
- 10) Lentokoneen tallentimien tiedot
- 11) Lentokone SE-MFZ:n vikahistoria
- 12) Moottorivalmistajan raportti
- 13) Lentokonevalmistajan huolto-ohjeet
- 14) Lentosäätökeskuksen hälytyspalveluohje
- 15) Suomen ilmailukäsikirja
- 16) Pätevyystodistukset

YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA

Onnettomuustutkintakeskus pyysi tutkintaselostuksesta lausuntoja seuraavilta organisaatioilta: Amapola Flyg Ab, Fokker, Services, Pratt & Whitney Canada Corporation (P&WC), Fintraffic OY, Finavia OYj, Dutch Safety Board (DSB), Keski-Uudenmaan pelastuslaitos, Liikenne- ja viestintävirasto (Traficom). Yksityishenkilöiden antamia lausuntoja ei turvallisuus-tutkintalain mukaisesti julkaista.

Amapola Flyg Ab tarkentaa tapahtumien kulussa olevaa lentokoneessa olevan henkilökunnan kommunikointia, sekä lentoyhtiön käytössä olevaa lentokonekalustoa. Amapola Flyg Ab lausui päällikön kielitutkintoon liittyviä puutteita ja niihin johtaneita taustatekijöitä.

Fokker Services halusi tarkentaa tutkintaselostusluonnoksessa olevia kohtia, jotka liittyivät potkurien lepuutusjärjestelmään ja moottoreiden varoitusjärjestelmän toimintaan. Lisäksi Fokker Services halusivat tarkentaa tutkintaselostuksen luonnoksessa olleita moottorihäiriömenetelmiä, jotka liittyivät tehovipujen ja polttoainehanojen käyttöön sekä käytön ohjeistukseen. Lisäksi Fokker Services ilmoitti toteuttavansa manuaalien päivityksen, joka liittyy ohjaajien moottorihäiriökoulutukseen.

Pratt & Whitney Canada Corporation (P&WC) halusi tarkentaa tutkintaselostusluonnoksessa olevia kohtia, jotka liittyivät potkurien lepuutusjärjestelmään ja moottoreiden varoitusjärjestelmän toimintaan. P&WC halusi korostaa tutkintaselostuksessa muiden esiintuotujen onnettomuusraporttien liittyvän eri lentokonetyyppeihin, kuin nyt käsiteltävä tapaus.

Dutch Safety Board:lla ei ollut lausuttavaa.

European Union Aviation Safety Agency (EASA) halusi tarkentaa lähi- ja lähestymislennonjohtajien roolitusta tapahtumassa, sekä lennonjohdon käytössä olevien hälytysjärjestelmien käytettävyyttä.

Fintraffic OY halusi tarkentaa tapahtumien kulkua, hälytys- ja pelastustoimen järjestelyjä Helsinki-Vantaan lentoasemalla.

Finavia Oyj halusi lausunossaan tarkentaa terminologiaa ja pelastustoimen järjestelyperusteita.

Liikenne- ja Viestintävirastolla ei ollut lausuttavaa.

Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksella ei ollut lausuttavaa.