



## Tutkintaselostus

C 7/1999 L

# Kaksimoottorisen liikennesuihkukoneen moottorivaurio Suomenlahden yläpuolella 14.4.1999

OH-IPP

Gates Learjet Model 55

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

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKULAUSE .....	3
1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET.....	4
1.1 Tapahtumien kulku.....	4
1.2 Perustiedot .....	4
1.2.1 Ilma-alus.....	4
1.2.2 Moottorit.....	5
1.2.3 Lennon tyyppi .....	5
1.2.4 Henkilömäärä .....	5
1.2.5 Henkilövahingot.....	5
1.2.6 Ilma-aluksen vauriot .....	6
1.2.7 Muut vahingot.....	6
1.2.8 Henkilöstö.....	6
1.2.9 Sää .....	6
1.3 Tutkimukset.....	7
1.3.1 Suomessa suoritettut tutkimukset .....	7
1.3.2 Valmistajatehtaalla suoritettut jatkotutkimukset.....	7
2 ANALYYSI.....	11
3 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	12
3.1 Toteamukset .....	12
3.2 Tapahtuman syy.....	12
4 TURVALLISUUSSUOSITUKSET .....	13

### TUTKINTASELOSTUKSEEN LIITTYVÄT LIITTEET

Muu lähdeaineisto taltioitu Onnettomuustutkintakeskuksessa.

## **ALKULAUSE**

Gates Learjet Model 55 –tyyppinen kaksimoottorinen suihkukone oli lennolla Helsingistä Pietariin. Kun kone oli Helsingistä lähdön jälkeen saavuttamassa reittikorkeuden 8100 metriä lentoväylässä G34 ilmoittautumispaikka GOGLA:n jälkeen Suomenlahden yläpuolella, koneessa havaittiin erittäin voimakas pamaus ja tärinä ja koneen oikea moottori sammui. Tilanteen vaatimien toimenpiteiden jälkeen kapteeni päätti palata takaisin Helsinkiin. Laskeutuminen yhden moottorin varassa sujui ilman vaikeuksia.

Onnettomuustutkintakeskus päätti kirjeellään 16.4.1999 n:o C 7/1999 L käynnistää tapauksesta virkamiestutkinnan ja määräsi tutkijaksi suostumuksensa mukaisesti Onnettomuustutkintakeskuksen asiantuntijan Heikki Tenhovuoren. Tutkinta päättyi 9.2.2000.

## 1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET

### 1.1 Tapahtumien kulku

Gates Learjet Model 55 –tyyppinen lentokone, OH-IPP, saapui 14.4.1999 klo 21.21 Suomen aikaa Genevestä Turun kautta Helsinkiin mukanaan kaksi ohjaajaa ja neljä matkustajaa, joista yksi matkustaja jäi Helsinkiin. Kone jatkoi lyhyen välilaskun jälkeen lentoa Pietariin.

Helsingissä tehdyn välilaskun aikana koneelle suoritettiin tankkaus ja välilaskutarkastus. Kone suoritti lentoonlähdön kiitoradalta 04 kello 21.56 Suomen aikaa. Lentoonlähdön aikana moottoreiden toiminnoissa ei ollut mitään poikkeavaa mittarinäyttöjen eikä ohjaajan arvion mukaan.

Nousu 15 500 jalkaan kesti noin 4 minuuttia, jonka jälkeen kone asettui vaakalentoon 6 minuutin ajaksi. Tämän jälkeen nousua jatkettiin tarkoituksena nousta reittikorkeuteen lentopinnalle 266. Lennonrekisteröintilaitteen (FDR) mukaan noin 23 000 jalan korkeudella lentoväylässä G34 Suomenlahden yläpuolella havaittiin täysin arvaamatta ja ilman mitään ennakoivaa indikaatiota voimakas pamaus ja tärinä koneen takaosasta. Koneen nopeus pieneni nopeasti. Mikään varoitusvalo ei syttynyt eikä palovaroitin antanut hälytystä. Vaurio voitiin mittarinäyttöjen perusteella paikallistaa oikeanpuoleiseen moottoriin. Turbiinin lämpötilan näyttö (ITT) ja moottorien kierroslukunäytöt (N1 ja N2) putosivat noltaan. Oikeanpuoleisen moottorin vaurio varmistettiin vielä jalkapolkimia käyttäen. Moottorin polttoainevirtaus suljettiin normaalin moottorin pysäytysmenettelyn mukaisesti korkeapainehanan avulla. Palokahvaa ei käytetty. Kone sai selvityksen takaisin Helsinkiin ja laskeutui kiitoradalle 04 kello 22.32 Suomen aikaa yhdellä moottorilla.

Asemasolla todettiin, että oikeanpuoleisen moottorin pellitys oli repeytynyt turbiinin kohdalta kello 10-6 laajuiselta sektorilta takaa katsottuna ja että turbiinin osia oli sinkoutunut ulos moottorista. Moottorivaurion lisäksi koneelle ei tullut muita vaurioita.

### 1.2 Perustiedot

#### 1.2.1 Ilma-alus

Ilma-alus oli kahdeksan paikkainen suihkukone, jonka suurin sallittu lentoonlähtömassa oli 9752 kg.

Tyyppi:	Gates Learjet 55
Rekisteritunnus:	OH-IPP
Valmistettu:	18.6.1982
Sarjanumero:	056
Operaattori:	Cloudex Oyj, Vantaa Finland
Omistaja:	International Petroleum Products Oy, Espoo Finland

Ilma-aluksen kokonaiskäyntiaika: 5474,35 h



### 1.2.6 Ilma-aluksen vauriot

Oikean moottorin turbiiniosa tuhoutui lähes täydellisesti. Moottorin suojaellitus repeytyi turbiinin kohdalta kello 10-6 laajuiselta sektorilta takaa katsottuna. Koneen muihin osiin ei tullut vaurioita.

### 1.2.7 Muut vahingot

Ei muita vahinkoja.

### 1.2.8 Henkilöstö

#### Kapteeni:

- Mies, ikä 60 vuotta
- Suomen kansalainen
- Ansiolentäjänlupakirja ja tarvittavat kelpuutukset olivat voimassa.

Lentokokemus	Viimeisen 24 h aikana	Viimeisen 30 vrk aikana	Viimeisen 90 vrk aikana	Yhteensä tuntia ja laskua
Kaikilla kone-tyypeillä	3 h 23 min 3 laskua	60 h 37 laskua	137 h 65 laskua	10772 h n. 8000 laskua
Ko. ilma-aluksella	3 h 23 min 3 laskua	60 h 37 laskua	137 h 65 laskua	1098 h n. 500 laskua

#### Perämies:

- Mies, ikä 50 vuotta
- Viron kansalainen
- Ansiolentäjän lupakirja ja tarvittavat kelpuutukset olivat voimassa.

### 1.2.9 Sää

Sää Helsingin Kaisaniemen havaintoasemalla 14.4. kello 22.00 paikallista aikaa:

- Lämpötila +4,5 °C
- Kastepiste + 1,9 °C
- Ilmanpaine 1000,7 mbar

Vaurion sattuessa ilma-alus oli pilvessä.

### 1.3 Tutkimukset

#### 1.3.1 Suomessa suoritettut tutkimukset

Moottorin tutkimukset aloitettiin ClouDEX Oyj:n hallissa, Helsinki-Vantaan lentoasemalla moottorin valmistajan edustajan ja onnettomuustutkijan ollessa paikalla.

Moottori valokuvattiin suoja-peltien irrotuksen yhteydessä (kuvat 1 ja 2). Vauriot rajoittuivat moottorin takapään alueelle siten, että turbiinista ulos lentäneet osat olivat rikkoneet moottoripellityksen koneen rungosta ulospäin olevalta sektorilta kello 10-6 takaa katsottuna. Koneen muihin osiin ei ollut tullut vaurioita.

Vaurion tutkimusta jatkettiin purkamalla matalapaineturbiini moottorin ollessa vielä asennettuna koneeseen. Purkamisen yhteydessä tehtiin seuraavat havainnot:

- Ilmanottoaukko ja matalapaineahdin olivat ehjät. Matalapaineahdin pyöri vapaasti. Matalapaineturbiini ei pyörinyt matalapaineahdinta pyöritettäessä.
- Korkeapaineturbiini pyöri vapaasti, mutta pientä hankaavaa ääntä oli kuultavissa.
- Matalapaineturbiinin 1. vyöhykkeen kiekko oli kolhiintunut. Kaikki siivet olivat paikoillaan, mutta ne olivat murtuneet eri pituisiksi, 1-2,5 cm kärjestä mitaten. Toisen vyöhykkeen suutinosaa oli tallella, mutta johdesiivet olivat vääntyneet ja loveutuneet. Toisen vyöhykkeen kiekko oli hävinnyt ja lentänyt ulos moottorin kyljestä turbiinikammion läpi moottoripellitystä rikkoen. Kolmannen vyöhykkeen kiekko ja suutinosaa olivat hävinneet.
- Matalapaineturbiinin ja -ahtimen yhdysakseli ja yhdyspultti olivat poikki. Pultti oli vääntynyt noin 60 astetta. Yhdyspultin etupään mutteri oli kiertynyt auki ja pultin jäljelle jäänyt osa (suurin osa pultista) voitiin vetää ulos takakautta (huom. mutteri oli varmistettu esijännityksellä). Suurin osa yhdysakselista oli hävinnyt. Akselin jäljellä olevan osan murtojälki oli sinistynyt ja seinämät vääntyneet (levinneet) ulospäin. Turbiinin ulosvirtaussuutin oli vaurioitunut ja kuudennen laakerin osat olivat hävinneet suihkuputken kautta ulos moottorista (kuva 2 liite 1). Suihkuputken sisäpinta oli kolhiutunut.
- Öljysäiliö oli lähes tyhjä. Säiliön pohjalta otettiin pieni näytemäärä mahdollista öljyn analysointia varten. Öljyjärjestelmän suodatin oli silmämääräisesti tarkastettuna täysin puhdas.

#### 1.3.2 Valmistajatehtaalla suoritettut jatkotutkimukset

Alustavan tarkastuksen jälkeen moottori irrotettiin koneesta. Moottori ja kaikki irrotettut vaurio-osat lähetettiin valmistajalle, Allied Signal Garrettin tehtaalle USA:han jatkotutkimuksia varten (kuvat 3 ja 4). Tutkimusten valvojaksi USA:ssa sovittiin USA:n onnettomuustutkintaviranomainen National Transport Safety Board (NTSB), joka raportoi tehdyistä tutkimuksista onnettomuustutkijalle.

NTSB kokosi asiantuntijaryhmän valvomaan moottorin tutkimusta Allied Signal Garrettin tiloissa Phoenix:ssa Arizonassa. Ryhmä muodostui puheenjohtajasta ja neljästä asiantuntijajäsenestä, jotka edustivat eri moottorivalmistajia. Materiaalitutkimukset suoritti Allied Signalin laboratorio. Yksityiskohtaiset alkuperäiset tulokset on taltioitu Onnettomuustutkimuskeskukseen.

Tutkimuksissa tehtiin seuraavat havainnot:

*Korkeapaineturbiinin alue:*

Korkeapaineturbiini pyöri vapaasti, mutta pientä hankaavaa ääntä oli kuultavissa. Turbiinin ja keskipakoisahtimen välinen yhteys oli poikki. Kaikki turbiinin siivet olivat jäljellä, mutta siipien kärjissä oli vaurioita ja johtoreunoissa palamisen jälkiä.

*Matalapaineturbiinin 1. vyöhykkeen suutin (A-5 nozzle):*

Suutin oli pahoin vaurioitunut ja viisi johdesiipeä puuttui kokonaan. Kaikissa siivissä oli kolhuja ja vääntymiä. Tiivistealueella oli iskeytymiä ja repeämiä.

*Matalapaineturbiinin 1. vyöhykkeen kiekko:*

Kiekko oli yhtenä kappaleena, mutta sen taka- ja etupuolella oli kolhuja. Osa- ja sarjanumerot (P/N ja S/N) eivät olleet luettavissa kiekosta. P/N 3072351-5 ja S/N 3-03229-464 jäljitettiin Garrettin moottorihistorian asennuspöytäkirjoista. Kaikki siivet olivat jäljellä, mutta ne olivat katkenneet eri pituisiksi. Jättöreunoissa oli iskeytymien jälkiä.

*Matalapaineturbiinin 2. vyöhykkeen suutin:*

Kaikkien johdesiipien johtoreunoissa oli pieniä iskeytymien jälkiä. Kahdessakymmenessä johdesiivessä jättöreunat olivat kovertuneet ja niistä oli irronnut metallia. Ulko- ja sisäkehän tiivistealueilla oli erilaisia vaurioita.

*Matalapaineturbiinin 2. vyöhykkeen pyörivä sisätiiviste (ns. pan-cake seal):*

Tiivisteiden liitoshammastuksessa oli iskeytymiä ja sulanutta metallia. Hammastuksen kulmat olivat pyöristyneet. Kaksi veitsimäistä tiivistettä (knife-edge) olivat vahingoittumattomat.

*Matalapaineturbiinin 2. ja 3. vyöhykkeen kiekot:*

Molemmat kiekot olivat sinkoutuneet ulos moottorista lennon aikana.

2. vyöhykkeen kiekko	P/N 3072542-5, S/N 3-03229-1793
3. vyöhykkeen kiekko	P/N 3074096-2, S/N 3-12172-540

Kiekkojen numerot saatiin Garrettin asennuspöytäkirjoista. Kiekot oli asennettu ns. "nollatunneilla" (uutena) toukokuussa 1994 Garretilla, Houstonissa. Kiekkojen

käyntiajat edellisessä perushuollossa maaliskuussa 1997 olivat 397,9 tuntia ja 393 lentoonlähtöä. Kolmannen vyöhykkeen suutin oli sinkoutunut ulos moottorista.

*Turbiinin välikammio:*

Kammion sisäpinnassa oli kuusi reikää 2. vyöhykkeen roottorin kohdalla. Suurimmat aukot olivat suuruudeltaan noin 10 x 2 cm, ja ne olivat klo 7 ja klo 11 kohdalla. Kaikki lämpötuntopäät (ITT) olivat murtuneet ja jäljellä olevat osat olivat taipuneet eteenpäin.

*Matalapaineturbiinin akseli (stub shaft):*

Akseli oli katkennut ja sen takimmainen (suurin) osa oli hävinnyt. Murtumakohta oli koihiutunut, sinistynyt ja se oli levinnyt ulospäin. Murtumakohdassa oli useita repeämiä.

*Metallurgiset tutkimukset:*

Yhdysakselin murtumapinta oli pahoin vaurioitunut, joten suurimmasta osasta pintaa vauriomekanismi ei ollut jäljitettävissä. Kuitenkin ne osat pinnasta, joista vauriomekanismi voitiin jäljittää, osoittivat ylikuormituksesta johtuvaa murtumaa. Materiaalin kovuustestissä tai kiderakennetutkimuksissa ei todettu mitään poikkeavaa materiaalivaatimukseen nähden.

*Matalapaineturbiinin yhdyspultti:*

Yhdyspultti P/N 3073049-1 oli murtunut toisen ja kolmannen turbiinivyöhykkeen välistä. Ensimmäisestä turbiinivyöhykkeestä taaksepäin oleva pultin osa oli taipunut sivulle noin 60 astetta. Pultin pinnassa oli kolhiutuman jälkiä ja murtopinta oli osittain sulanut ja pyöristynyt.

*Yhdyspultin metallurgiset tutkimukset:*

Yhdyspultille suoritetuissa mittauksissa todettiin pultin ulkohalkaisijan pienentyneen murtokohdan läheisyydestä ja osan materiaalista siirtyneen murtopinnan suuntaisesti. Muodonmuutoksesta ja materiaalin siirtymästä voitiin päätellä, että pulttiin on kohdistunut suuri toispuoleinen taivutusvoima. Murtopinta oli pahasti sulanut, mutta pienestä osasta murtopintaa voitiin havaita ylikuormituksesta johtuvaa murtumaa. Materiaalin kovuuden ja kidekoon tutkimuksissa ei todettu mitään poikkeavaa. Materiaali vastasi kovuudeltaan HT 5071:tä ja kidekoko ASTM 9.5:tä.

*Turbiinin ulosvirtaussuutin (TEN):*

Ulosvirtaussuuttimen etummainen kiinnityslaippa oli revennyt irti turbiinin välikammion takaa katsottuna klo 8-3 kokoiselta sektorilta. Suutin oli siirtynyt sivusuunnassa kohti suurinta repeämää, joka oli takaa katsottuna klo 10-2 asemassa.

*Kuudes laakeri:*

Kuudes laakeri ja sen tiivisteet olivat hävinneet. Laakerin kotelo oli jäljellä, mutta se oli vääntynyt taakse- ja ulospäin. Öljyputket olivat katkenneet.

*Moottorin historia:*

Viimeisin laajempi tarkastus ja korjaus kyseiselle moottorille, S/N P-85208, oli tehty Garrett Aviationin moottorikorjaamolla Springfield:ssä Illinois:ssa. Koneen silloinen käyttäjä Bombardier Denver irrotti moottorin lentokoneesta laakereiden n:o 4 ja 5 öljyvuotojen takia ja toimitti sen Garrettille maaliskuussa -97. Moottorien käyntiajat olivat 4435 h (TSN, Time Since New) ja 5262 c (CSN, Cycles Since New). Vastaa- vasti kiekkojen käyntiajat olivat:

	P/N	S/N	TSN	CSN
1. LPT kiekko	3072351-5	3-03229-464	533,8	474
2. LPT kiekko	3072542-5	3-03229-1703	397,9	393
3. LPT kiekko	3074096-2	0-12172-540	397,9	393

Kiekot oli vaihdettu moottoriin SB 72-3281 Rev 1, SB 72-3283 Rev 1 ja SB 72-3482 Rev 4 perusteella. Moottorin korjauksen yhteydessä oli todettu matalapaineturbiinin kaikissa kolmessa vyöhykkeessä iskeytymiä turbiinin siivissä (DOD, Domestic Object Damage): 1. vyöhykkeessä 36 kpl, 2. vyöhykkeessä 29 kpl ja 3 vyöhykkeessä 12 kpl. Ensimmäisen vyöhykkeen kaikki 36 vaurioitunutta siipeä oli uusittu. Kuusi 2. vyöhykkeen siipeä oli uusittu ja loput oli hiottu. Kolmannen vyöhykkeen siivet oli hiottu. Garretin tekemän tarkastuksen jälkeen matalapaineturbiinin 1., 2. ja 3. vyöhykkeen kiekot sekä yhdysakseli, yhdyspultti ja A5-suutin oli asennettu takaisin moottoriin.

*Toisen ja kolmannen vyöhykkeen kiekkojen valmistus:*

Toisen vyöhykkeen kiekon oli valmistanut (valanut) Carmel Forge Ltd, Tirat Carmel:ssä, Israelissa. Valumenetelmien testauksissa ja kiekkojen ultraäänitarkastuksissa ei havaittu puutteita tai poikkeavuuksia.

Kolmannen vyöhykkeen kiekon oli valmistanut Ladish Co Inc, Cudahy:ssä, Wisconsin:ssa. Valuharkkojen toimittajalle, Teledyne Allvac:lle, oli esitetty muutosta Garrett Turbine Engine Company:n vaatimuksesta, elokuussa 1992, muuttaa sulatusmenetelmää järjestelmässä esiintyneen vian takia. Sulatusprosessi oli keskeytettävä alipainejärjestelmän häiriöstä johtuen. Teledyne Allvac oli ilmoittanut, että laitteisto oli korjattu ja että sulatusprosessi jatkui. Garrett hyväksyi menettelyn, mutta edellytti Teledyne:ltä laadunvarmistuksen tekemistä ensimmäisestä valutuotteesta. Testi osoitti tuotteen hyväksyttäväksi.

## 2 ANALYYSI

Allied Signal:ta pyydettiin luotettavuustietoja ja käyttökokemuksia aiemmin esiintyneistä vastaavista tapauksista, joissa seuraavat osat ovat saattaneet aiheuttaa moottorivaurion lennolla:

- matalapaineturbiinin 2. vyöhykkeen kiekko
- matalapaineturbiinin 3. vyöhykkeen kiekko
- matalapaineturbiinin yhdysakseli
- matalapaineturbiinin ja ahtimen yhdyspultti
- matalapaineturbiinin turbiiniakselin laakeri n:o 6 (vähäinen todennäköisyys).

Tutkijan käsityksen mukaan luetelluilla osilla on ollut mahdollisuus aiheuttaa tai vaikuttaa syntyneeseen moottorivaurioon. Osat olivat asennettu viimeksi tehdystä moottorin kokoonpanossa.

Toisen vyöhykkeen kiekosta johtuvia tapahtumia on neljä kappaletta, jotka kaikki ovat johtaneet moottorin pysäytukseen lennolla (IFSD, In Flight Shut Down). Jokaisessa vauriossa kiekko oli käytettävissä tutkimuksia varten. Yksi tapauksista oli niin sanottu ”uncontained event” (moottorin osia sinkoutuu moottorisuojusten läpi, kuten nyt sattuneessa vauriossa), ja se tapahtui joulukuussa 1993. Syynä kiekon vaurioon oli valmistusvirhe. Kolmessa muussa tapauksessa vaurion on aiheuttanut joko huoltovirhe tai materiaalivika.

Kolmannen vyöhykkeen kiekosta, matalapaineturbiinin yhdysakselista ja yhdyspultista ei ole rekisteröityjä vaurioon johtaneita havaintoja.

Kuutoslaakerin vaurioista mikään ei ole johtanut moottorin pysäyttämiseen lennolla.

Moottorin peruskorjauksien yhteydessä on rekisteröity kahdeksan tapausta, joissa 3. vyöhykkeen johdesiivistin sisempi tiiviste on hangannut 3. vyöhykkeen turbiiniekon etummaiseen pintaan. Kaikissa rekisteröidyissä tapauksissa on ollut kyseessä uuden mallinen 3. vyöhykkeen kiekko, P/N 3074096. Vauriomoottorissa oli kiekko samalla osanumerolla P-85208.

NTSB, Allied Signal ja Garrett Aviation jatkavat seuranta- ja tutkimuksia näiden tapahtumien suhteen.

### **3 JOHTOPÄÄTÖKSET**

#### **3.1 Toteamukset**

1. Koneessa oli kaksi ohjaajaa ja kolme matkustajaa.
2. Koneen oikeanpuoleinen moottori hajosi ilman ennusmerkkejä.
3. Miehistö suoritti tilanteen vaatimat toimenpiteet ja palasi lähtökentälle Helsinki-Vantaalle yhdellä moottorilla.
4. Vaurion syytä ei voitu täsmällisesti määrittellä, koska ratkaisevat osat, 2. ja 3. kolmannen vyöhykkeen matalapaineturbiinin kiekot, olivat sinkoutuneet ulos moottorista ja hävinneet Suomenlahteen.
5. Kuutoslaakerin kaikki osat lensivät ulos moottorista. Laakerivaurion mahdollisuus on kuitenkin varsin vähäinen, koska öljysuodatin ja öljyjärjestelmä olivat puhtaat.
6. Yhdyspultin ja yhdysakselin murtopinnat olivat vaurioituneet niin pahoin, että murtumismekanismeja ei voitu täydellisesti todeta.
7. Moottorin jatkuvaa kunnonvalvontaa (Engine Trend Monitoring) ei suoritettu. Tällä puutteella ei kuitenkaan ollut merkitystä kyseessä olleen äkillisen vaurion ennalta estämiseksi.

#### **3.2 Tapahtuman syy**

Tapahtuman syy oli matalapaineturbiinin vaurio.

Tapahtuman täsmällistä vauriomekanismeja ei voitu selvittää.



#### **4 TURVALLISUUSSUOSITUKSET**

Ei turvallisuussuosituksia.

Helsingissä 9.2.2000

Heikki Tenhovuori

## **LIITELUETTELOT**

### **Liitteet**

1. Valokuvaliite
2. Matalapaineturbiinin hajotuskuva

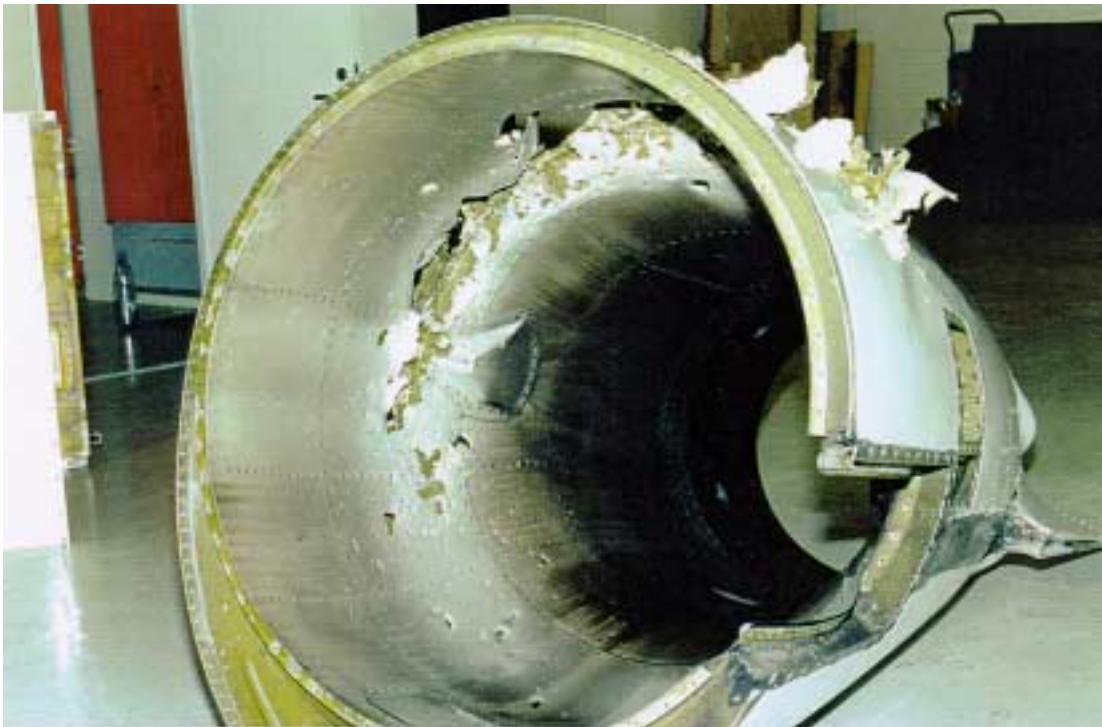
### **Lähdeaineistoluettelo**

Seuraava lähdeaineisto on taltioituna Onnettomuustutkintakeskuksessa

1. NTSB:n laatima englanninkielinen tutkimusselostus Allied Signalin toimitiloissa, Arizonassa, suoritetusta vauriotutkimuksesta
2. Valokuvia



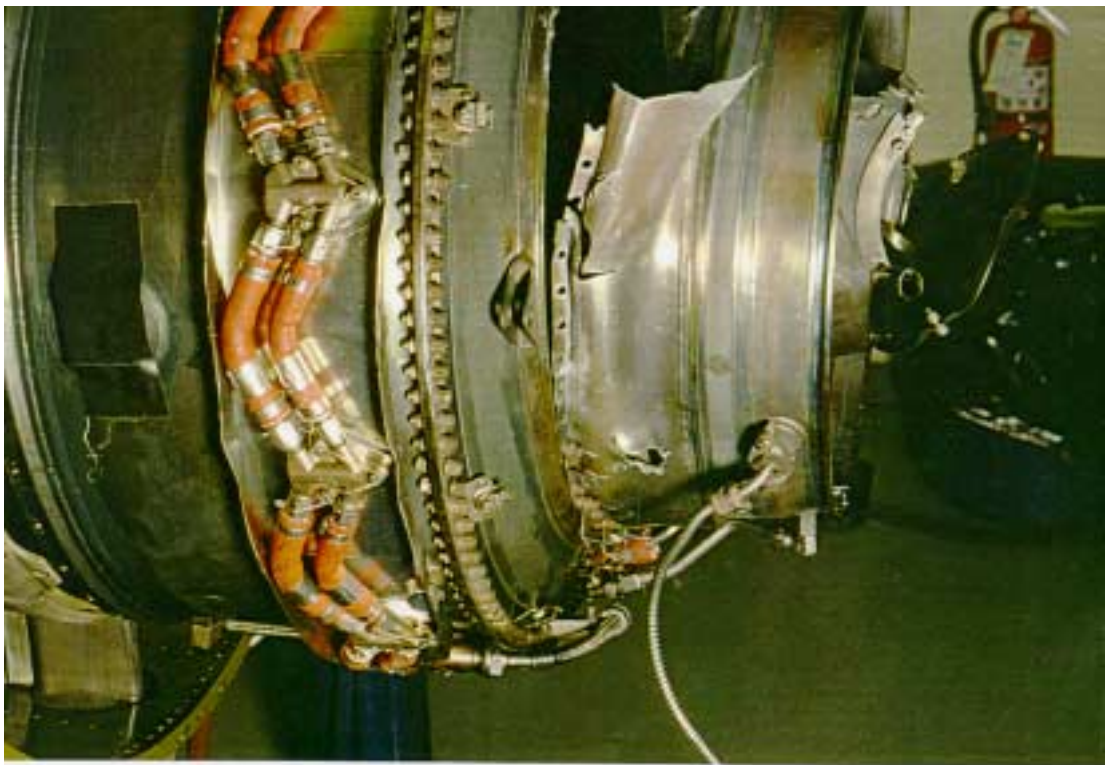
Kuva 1. Moottoripellityksen ulkoapäin näkyvät vauriot.



Kuva 2. Moottoripellityksen vauriot sisältä päin nähtynä.

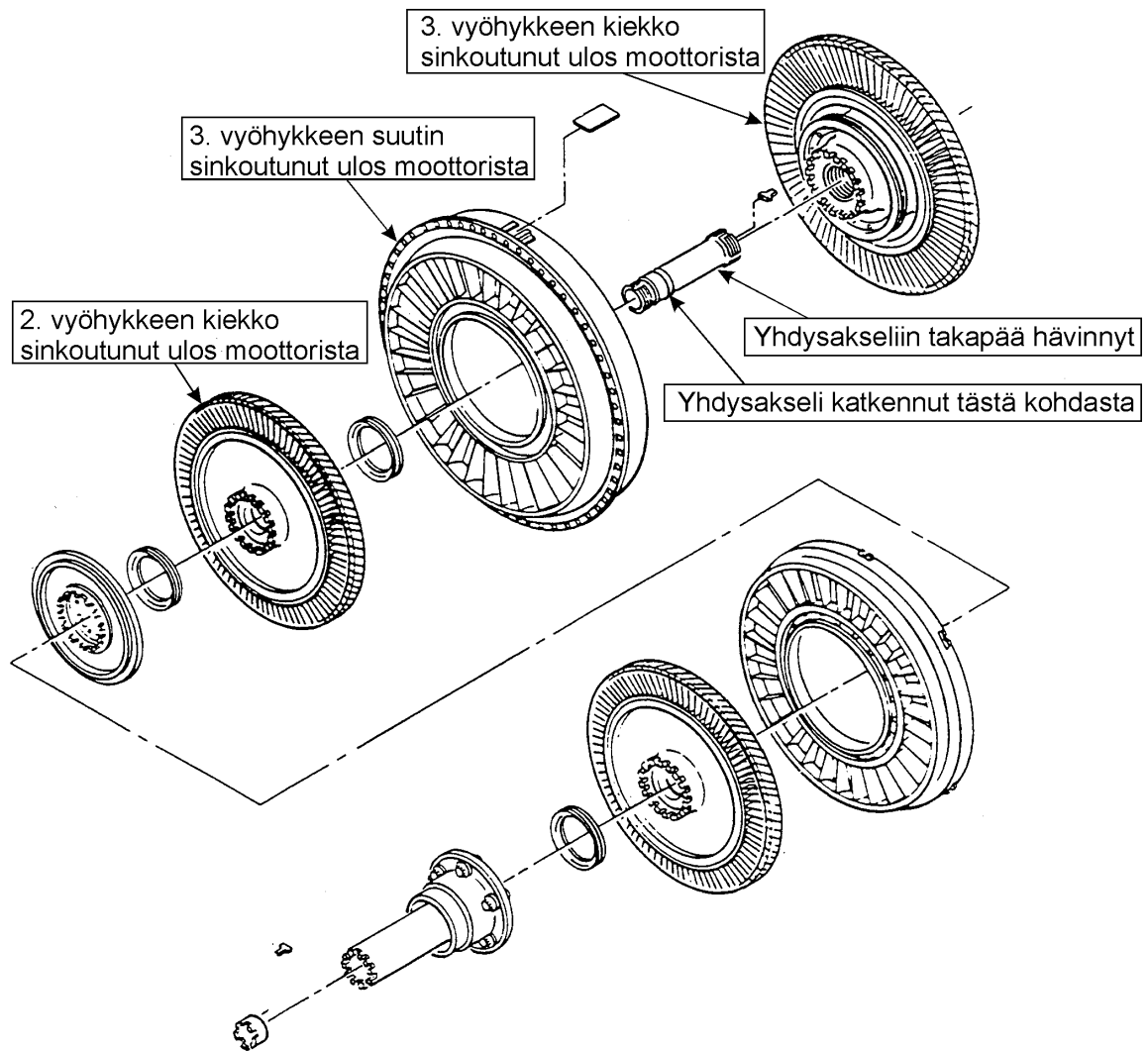


Kuva 3. Moottorin ulosvirtaussuuttimen vauriot moottorin takaa nähtynä.



Kuva 4. Moottorin ulosvirtaussuuttimen vauriot sivusta katsottuna.

MATALAPAINETURBIININ HAJOTUSKUVA



- Matalapainekompressorin ja turbiinin yhdyspultti katkennut takapästä. Ei kuvassa.
- 6:s laakeri sinkoutunut ulos moottorista suihkuputken kautta.