



## Vakava vaaratilanne Norwegianin lennolla 11.8.2024



L2024-01

## ALKUSANAT

Onnettomuustutkintakeskus päätti turvallisuustutkintalain (525/2011) 2 §:n toisen momentin nojalla tutkia Norwegianin lennolla 11.8.2024 tapahtuneen vakavan vaaratilanteen. Kaksi matkustamomiehistön jäsentä loukkaantui lentokoneen lennettyä turbulenttiseen ilmavirtaukseen.

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

Tutkintaryhmän johtajaksi nimettiin erikoistutkija Juho Posio ja jäseniksi asiantuntijat Juha-Pekka Keidasto, Antti Rautio sekä Sanna Winberg. Tutkinnan johtaja on ilmailuonnettomuuksien johtava tutkija Janne Kotiranta.

Ruotsin turvallisuustutkintaviranomainen (SHK) ja Yhdysvaltain kansallinen liikenneturvallisuuslautakunta (NTSB) nimesivät tutkintaan valtuutetun edustajan sekä Euroopan unionin lentoturvallisuusvirasto (EASA) teknisen neuvonantajan.

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 sekä asianomaisille viranomaisille ja muille toimijoille osoitetut turvallisuussuositukset sellaisiksi toimenpiteiksi, jotka ovat tarpeen yleisen turvallisuuden lisäämiseksi, uusien onnettomuuksien ja vaaratilanteiden ehkäisemiseksi, vahinkojen torjumiseksi sekä pelastus- ja muiden viranomaisten toiminnan tehostamiseksi.

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

Tutkintaselostuksen on kääntänyt englannin kielelle TK Translations.

Tutkintaselostus, tiivistelmä ja liitteet on julkaistu 13.6.2025 Onnettomuustutkintakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa [www.turvallisuustutkinta.fi](http://www.turvallisuustutkinta.fi).

Tutkinnan tunnus: L2024-01  
Tutkintaselostus 5/2025  
ISBN: 978-951-836-681-5 (PDF)  
ISSN: 2341-5991

Kannen kuva: Norwegian

# SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	2
1 TAPAHTUMAT .....	5
1.1 Tapahtumien kulku.....	5
1.2 Hälytykset ja pelastustoimet.....	7
1.3 Seuraukset.....	8
2 TAUSTATIEDOT .....	9
2.1 Toimintaympäristö, laitteet ja järjestelmät.....	9
2.1.1 Ilma-alus.....	9
2.1.2 Lentokoneen säätutka.....	9
2.2 Olosuhteet .....	10
2.2.1 Ilmatieteen laitoksen sääanalyysi .....	12
2.3 Tallenteet.....	12
2.4 Onnettomuuteen liittyvät henkilöt, organisaatiot ja turvallisuudenhallinta .....	13
2.4.1 Lennon miehistö.....	13
2.4.2 Norwegian Group.....	13
2.4.3 Safety Management Manual.....	14
2.4.4 Safety Management System .....	14
2.4.5 Poikkeamaraportit tapahtumasta sekä muista turbulenssitilanteista Norwegianin lennoilla vuosilta 2021–2024.....	15
2.5 Viranomaisten ennalta ehkäisevä toiminta.....	16
2.6 Pelastustoiimiin osallistuneet organisaatiot ja niiden toimintavalmius.....	16
2.7 Säädökset, määräykset ja ohjeet.....	17
2.7.1 Ilmailuviranomaisten määräykset ja ohjeistukset.....	17
2.7.2 Norwegianin käsikirjat .....	18
2.7.3 Turbulenssin vakavuusasteet .....	19
2.7.4 Ohjaajien ohjeistus turbulenssitilanteita varten .....	19
2.7.5 Matkustamomiehistön ohjeistus turbulenssitilanteisiin.....	20
2.7.6 Ohjaajien ja matkustamomiehistön välinen yhteistyö .....	20
2.7.7 Yhtiön turbulenssiin liittyvä koulutus .....	21
2.7.8 Väsymystilan ennustaminen .....	22
2.8 Muut selvitykset.....	22
2.8.1 Turbulenssi ilmiönä.....	22
2.8.2 Sään yleistyvät ääri-ilmiöt.....	24
2.8.3 Turbulenssin vaikutus lentokoneeseen .....	25
2.8.4 Turbulenssin aiheuttamat vammat.....	26

2.8.5	Muita turbulenssiin liittyviä raportteja.....	27
3	ANALYYSI .....	28
3.1	Tapahtuman analysointi.....	28
4	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	32
5	TURVALLISUUSSUOSITUKSET .....	33
5.1	Miehistön välinen kommunikointi.....	33
5.2	Ukkospilven kiertäminen .....	33
5.3	Säätutkan käyttö .....	33
5.4	Toteutetut toimenpiteet.....	33
	LÄHDELUETTELO .....	35
	YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA .....	37

#### LIITE 1. Lentokoneen tasapainotilat

# 1 TAPAHTUMAT

## 1.1 Tapahtumien kulku

Norwegian-lentoyhtiön lento NSZ2961 Rhodokselta Helsinkiin nousi ilmaan klo 2.27 paikallista aikaa<sup>1</sup>. Lento lähti 33 minuuttia aikataulunmukaisen lähtöajan jälkeen paluulentoa koskevien lennonjohdollisten rajoitusten vuoksi. Lentokoneena oli Boeing B737-MAX 8, rekisteritunnukseltaan SE-RYC. Lennon perämies toimi ohjaavana ohjaajana (PF)<sup>2</sup>.

Lennon miehistössä oli kaksi ohjaajaa ja neljä matkustamomiehistön jäsentä. (SCCM ja CCM2-4)<sup>3</sup>. Etukeittiössä työskentelivät matkustamosta vastaava SCCM ja CCM4. Takakeittiössä työskentelivät CCM2 ja CCM3. Matkustajia oli 117, joista 113 aikuista, kolme lasta ja yksi sylilapsi.

Ohjaajat olivat saaneet Rhodoksella uudet lentosäätä koskevat dokumentit<sup>4</sup>. Niistä selvisi, että Viron ja Suomenlahden yläpuolella on hajanaisia kuurosadepilviä sekä mahdollisia ukkospilviä. Reittisäässä ei ollut odotettavissa turbulenssia.

Lennon reititys oli suunniteltu kulkevan Ruotsin ilmatilan kautta. Ennen Puolan ilmatilaan saapumista lentokoneen kapteeni pyysi lennonjohdolta mahdollisuutta muuttaa lentoreittiä Baltian maiden yli suoraan kohti Helsinki-Vantaata. Näin ohjaajat saisivat aikataulua kiinni. Lennonjohto antoi uuden selvityksen pyynnön mukaisesti.

Ohjaajien aloittaessa korkeuden vähentämisen Helsinkiin laskeutumista varten ohjausvastuu vaihtui kapteenille ja perämies kuulutti matkustamoon jäljellä olevan lentoajan ja Helsingin seudun säätilan. Perämiehen kuuluttaessa kapteeni valitsi lentokoneen automaattiohjausjärjestelmään toiminnon, joka seuraa magneettista ohjaussuuntaa (HDG, Heading). Hän muutti ohjaussuuntaa noin viisi astetta oikealle lennonhallintajärjestelmän (FMS, Flight Management System) laskemasta ohjaussuunnasta. Tarkoituksena oli kiertää lentorataan nähden säätutkassa vasemmalla puolella näkyvä kuuroside- tai ukkospilvi sen itäpuolelta. Ukkospilven väistämisen takia kapteeni muutti ohjaussuuntaa vielä kaksi astetta lisää oikealle. Kapteeni ilmoitti matkustamoon normaalin 20 minuuttia laskeutumiseen -merkin laittamalla ohjeistuksen mukaisesti matkustamon turvavyövalot lyhyesti päälle ja pois. SCCM kuulutti normaalin lähestymiskuulutuksen.

Kun lentokoneen korkeus alentui noin 28 000 jalkaan<sup>5</sup>, se ajautui turbulenssiin. Ensin lentokoneessa tuntui kaksi pienempää tärähdystä, joita seurasi voimakkaasti laskeva lentoradan muutos. Automaattiohjausjärjestelmä kytkeytyi pois päältä. Turbulenssin aikana lentokoneen pystynopeus vaihteli voimakkaasti ylös- ja alaspäin<sup>6</sup>. Lennolla havaittu turbulenssi oli vakavuudeltaan voimakas (severe)<sup>7</sup>.

---

<sup>1</sup> UTC-aikaa (Universal Time Co-ordinated) 23.27.

<sup>2</sup> Ohjaamossa on kaksi ohjaajaa, joista toinen toimii ohjaavana ohjaajana (PF, Pilot Flying) ja toinen monitoroivana ohjaajana (PM, Pilot Monitoring). Sekä kapteeni että perämies voivat toimia joko ohjaavana tai monitoroivana ohjaajana.

<sup>3</sup> Matkustamomiehistöstä käytetään tässä selostuksessa lyhenteitä SCCM (Senior Cabin Crew Member, matkustamosta vastaava) ja CCM2-4 (Cabin Crew Member), numero määrittää istumapaikan, työskentelyalueen ja tehtävät.

<sup>4</sup> Ohjaajat saivat briefing-paketissa muun muassa SWC-kartat korkeuksilta FL250-630 ja FL100-450 ajalle 00.00 UTC 11.8.2024, SWC-kartat korkeuksilta FL250-630 ja FL100-450 ajalle 06.00 UTC 11.8.2024, Tallinnan sääennuste ajalta 10.8. klo 18.00 UTC – 11.8. klo 18.00 UTC ja Helsingin sääennuste 10.8. 21.00 UTC – 11.8. 21.00 UTC. Lisäksi pakettiin kuului reitillä olevien lentokenttien sääennusteet.

<sup>5</sup> Jalka on ilmailussa käytetty korkeuden yksikkö. Yksi jalka on 0,3048 metriä.

<sup>6</sup> Pystynopeuden vaihteluväli oli 200 jalkaa minuutissa ylöspäin ja 4 500 jalkaa minuutissa alaspäin. Lentokoneen nokan asento poikittaisakseliin nähden vaihteli välillä -1,0 ja -4,75 astetta. Kuormitusmonikerran arvo vaihteli välillä 1,45 G ja -0,15 G.

<sup>7</sup> Norwegianin ohjeistuksessa turbulenssin voimakkuus on jaettu kolmeen vakavuusluokkaan: kevyt (light), kohtalainen (moderate) ja voimakas (severe).

Ohjaajat sytyttivät välittömästi turbulenssin havaittuaan matkustamon turvavyömerkkivalot. Turbulenssi kesti kokonaisuudessaan noin 10 sekuntia.

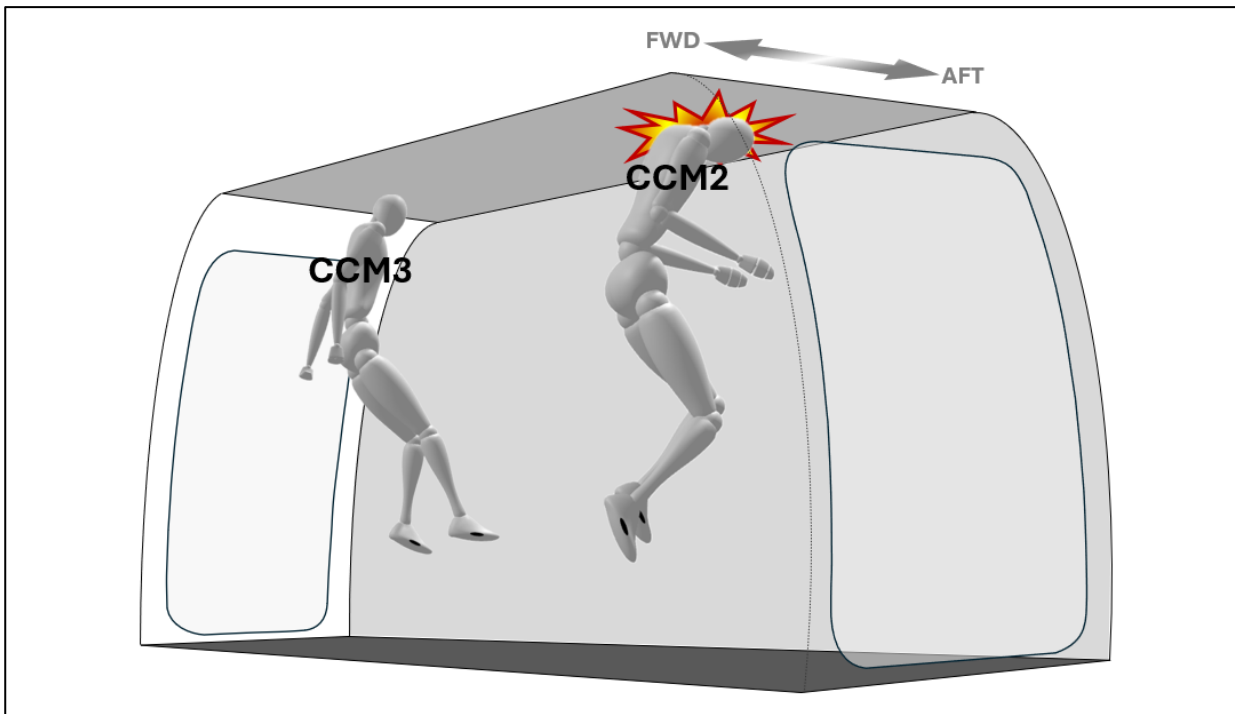
Turbulenssin alkaessa SCCM työskenteli etukeittiössä. Hän siirtyi välittömästi omalle istuimelleen ja kiinnitti turvavyöt. CCM4 oli matkustamossa neljännen rivin kohdalla keräämässä roskia keräyskärryllä. Hän istuutui lähimmälle vapaalle matkustajapaikalle ja lukitsi kärryn jarrun. CCM4:n vieressä istunut matkustaja kiinnitti hänen turvavyönsä, koska hän itse piti molemmin käsin kiinni kärrystä. Kun turbulenssi rauhoittui, CCM4 lähti kärryn kanssa etukeittiöön tekemään laskeutumisvalmisteluita.



**Kuva 1.** Matkustamon pohjapiirros. Lentokoneen nokka on kuvassa vasemmalla. Matkustamomiehistön paikat turbulenssin alkaessa on merkitty punaisilla, numeroiduilla palloilla. 1 = SCCM, 2 = CCM2, 3 = CCM3 ja 4 = CCM4. (Lähde: Norwegian, muokkaukset: OTKES)

Tapahtumahetkellä CCM2 oli takakeittiössä sulkemassa maksupäätteitä ja CCM3 oli lähdössä matkustamoon keräämään roskia keräyskärryllä. Lentokoneen kohtaama turbulenssi alkoi heitteisyydellä, joka yllättäen voimistui hetken kuluttua. Takakeittiössä työskennelleet matkustamomiehistön jäsenet päättivät laittaa kärryn takaisin paikoilleen, mutta heitteisyyden vuoksi se kesti normaalia kauemmin. Oman turvallisuutensa vuoksi he yrittivät istuutua paikoilleen, mutta eivät ehtineet ennen turbulenssin voimistumista.

Takakeittiössä olleet joutuivat painottomaan tilaan toistuvasti. Ensimmäisen ilmalennon aikana CCM3 jäi kiinni jalastaan lentokoneen rakenteisiin, kun taas CCM2 osui suoraan kattoon. Sen jälkeen he putosivat rajusti lattialle. Turbulenssin yllättävä voimistuminen aiheutti lentokoneeseen voimakkaita pystyheilahduksia. Niiden seurauksena molemmat lensivät useaan kertaan ilmaan päätyen lopulta lattialle. Molemmat pääsivät lopulta istuutumaan ja saivat kiinnitettyä turvavyönsä.



**Kuva 2.** Havainnekuva matkustamomiehistön hallitsemattomasta ilmalennosta takakeittiössä turbulenssin aikana. (Kuva: OTKES).

Turbulenssin aiheuttaman heilahtelun vuoksi maksupäätteet putosivat pöydältä ja niiden kuittirullat levisivät takakeittiön lattialle. Turvavöissä istuessaan CCM2 ja CCM3 saivat laitettua maksupäätteet lattialta roskienkeräyskärryyn.

Kun turbulenssi rauhoittui, CCM3 soitti SCCM:lle ja kertoi nyrjättäneensä niskansa, ja että CCM2 on loukannut päänsä. SCCM tuli takakeittiöön, jotta saisi tilannekuvan tapahtuneesta. Kun SCCM oli keskustellut loukkaantuneiden kanssa, hän pyysi heitä lopettamaan laskeutumisvalmistelut ja istuutumaan paikoilleen loppulennon ajaksi. Hän päätti pyytää kapteenia tilaamaan ambulanssin lentokonetta vastaan.

SCCM hoiti laskeutumisvalmistelut sekä takakeittiössä että matkustamossa CCM2:n ja CCM3:n puolesta. Laskeutumisen jälkeen CCM3 soitti SCCM:lle, että CCM2 näytti kalpealta ja vaikutti sekavalta, ja varmisti, että ambulanssi on tilattu.

Ohjaajat jatkoivat lähestymistä Helsinki-Vantaalle. He ilmoittivat loukkaantuneista lentoyhtiölle, mutta eivät lennonjohdolle. Lento NSZ2961 laskeutui Helsinki-Vantaalle klo 03.09UTC.

Kun lentokone oli pysähtynyt ja turvavyömerkkivalo sammutettu, CCM3 kytki molempien takaovien hätäliukumäet pois päältä ja avasi vasemmanpuoleisen takaoven. Hän myös sulki keittiön ja matkustamon välisen verhon. Lentoyhtiön edustaja oli ohjaajien pyynnöstä hälyttänyt ambulanssin lentokonetta vastaan. Loukkaantuneet matkustamomiehistön jäsenet tarkastettiin ja kuljetettiin sairaalaan tarkempiin tutkimuksiin.

## 1.2 Hälytykset ja pelastustoimet

Keravan hätäkeskus vastaanotti hätäpuhelun tapahtumasta kello 6.02 paikallista aikaa. Hälytysvasteena oli kaksi yksikköä. Vasteeseen kuului ensihoidon yksikkö EKU6232, jota

avusti lentoaseman pelastuspalvelun yksikkö AR101 ensivasteena<sup>8</sup>. Yksiköt hälytettiin kello 6.05 paikallista aikaa. AR101 ilmoitti olevansa kohteessa kello 6.13 ja EKU6232 kello 06.17. Ensihoidon yksikkö kuljetti miehistön jäsenet sairaalaan. Pelastuspalvelun yksikkö AR101 vapautettiin tehtävältä kello 6.41 ja EKU6232 kello 7.14.

### 1.3 Seuraukset

Lentokoneen jouduttua yllättäen turbulenssiin kaksi koneen takakeittiössä työskennellyttä matkustamomiehistön jäsentä loukkaantui osuessaan toistuvasti lentokoneen rakenteisiin. Tapahtumasarjan aikana CCM2 tunsu ylävartalossaan ja polvissaan voimakasta kipua. CCM3 satutti polvensa, selkänsä ja niskansa.

Molemmat loukkaantuneet kuljetettiin sairaalaan tarkastettaviksi. CCM3 pääsi kotiin toipumaan, CCM2 jäi sairaalaan jatkotutkimuksia varten. Loukkaantuneet matkustamomiehistön jäsenet olivat useita viikkoja sairauslomalla.

CCM3 hakeutui myöhemmin työterveyspalveluiden kautta jatkotutkimuksiin pitkittyneiden niskan- ja selän alueen kiputilojen vuoksi. Tutkimusten mukaan hänen kiputilansa olivat seurausta matkustamon rakenteisiin osumisesta. Sairausloman jälkeen CCM3 työskenteli kuukauden ajan osa-aikaisesti.

Matkustajille tai muille henkilökuntaan kuuluville ei tullut vammoja.

Miehistölle pidettiin kaksi purkutilaisuutta. Lennon jälkeen kaikille tarjottiin mahdollisuutta puhelimitse käytävään defusing-keskusteluun<sup>9</sup>. Se käytiin CCM2:n kanssa samana päivänä ja CCM3:n kanssa seuraavana päivänä. Koko miehistölle järjestettiin yhteinen debriefing-tilaisuus<sup>10</sup> viisi päivää tapahtuman jälkeen. Loukkaantuneille miehistön jäsenille tarjottiin myös keskusteluapua ammattilaisen kanssa.

---

<sup>8</sup> Ensivasteella tarkoitetaan lähintä mahdollista pelastustoimen yksikköä, joka kykenee antamaan ensiapua tehokkaampaa hoitoa ja joka tavoittaa hätätilapotilaan todennäköisesti ennen ensimmäistä ensihoidon yksikköä.

<sup>9</sup> Defusing on psyykkisesti kuormittavan tilanteen purkamista asianomaisten kesken muutaman tunnin sisällä tapahtumasta.

<sup>10</sup> Debriefing on äkillisen, järkyttävän tapahtuman jälkeen ammattilaisen vetämä ryhmäkeskustelu tapahtuneesta asianomaisten kesken.

## 2 TAUSTATIEDOT

### 2.1 Toimintaympäristö, laitteet ja järjestelmät

#### 2.1.1 Ilma-alus

Turbulenssiin joutunut ilma-alus oli tyypiltään Boeing B737-MAX 8, rekisteritunnukseltaan SE-RYC. Tapahtumahetkellä lentokoneella oli Ruotsin ilmailuviranomaisen myöntämä, voimassa oleva lentokelpoisuustodistus. Lentokoneella oli tapahtumahetkellä lennetty noin 5 900 h ja laskeutumisia sillä oli 2 450 kpl. Lentokoneen maksimi lentoonlähtömassa on 82 190 kilogrammaa, ja se on varustettu kahdella siiven alapuolisella CFM LEAP 1B27 -ohivirtausmoottorilla. Lentokoneessa on 189 matkustajapaikkaa, ja sen matkanopeus on noin 850 km/h.



**Kuva 3.** Turbulenssiin joutunut Boeing B737-MAX 8 -lentokone. (Kuva: Norwegian)

#### 2.1.2 Lentokoneen säätutka

Turbulenssiin joutunut lentokoneyksilö on varusteltu säätutkalla<sup>11</sup>, joka pystyy luomaan säätutkakuvaa ilmassa aina 320 NM:n<sup>12</sup> (n. 590 km) päähän. Säätutkan pääosat ovat lähetin-vastaanotin-antenni, keskusyksikkö ja käyttölaite, jolla ohjaajat voivat muokata omalla näytöllään olevaa säätutkakuvaa.

Säätutka perustuu Doppler-ilmiöön, jossa tutkan lähettämien kaikipulssien avulla on mahdollista määrittää kaikuheijastusten aiheuttaman ilmankosteuden etäisyys (aika) ja tiheys (intensiteetti). Vastaanotetut kaiut esitetään synteettisessä säätutkakuvassa yhdistettynä lentoreittitietoihin. Tutkassa on lisäksi aputiloja (multiscan-, turbulence- ja threat track), jotka täydentävät säätutkalla havaittua säätietoa.

Ohjaajat voivat valita säätutkan toimintatiloiksi MAP/AUTO/MAN<sup>13</sup>. Automaattisessa toimintatilassa (AUTO) säätutka säätää itsenäisesti muun muassa lähetystehon voimakkuutta lentokorkeuden mukaan, poistaa haitalliset maakaiut sekä tuottaa havaintoja mahdollisista lähellä olevista tuuliväänteistä (wind shear) ja turbulenssista muun yleisen säätiedon lisäksi.

<sup>11</sup> Rockwell Collins WXR-2100, P/N: 822-1710-312

<sup>12</sup> NM, nautical mile, meripeninkulma = 1852 metriä

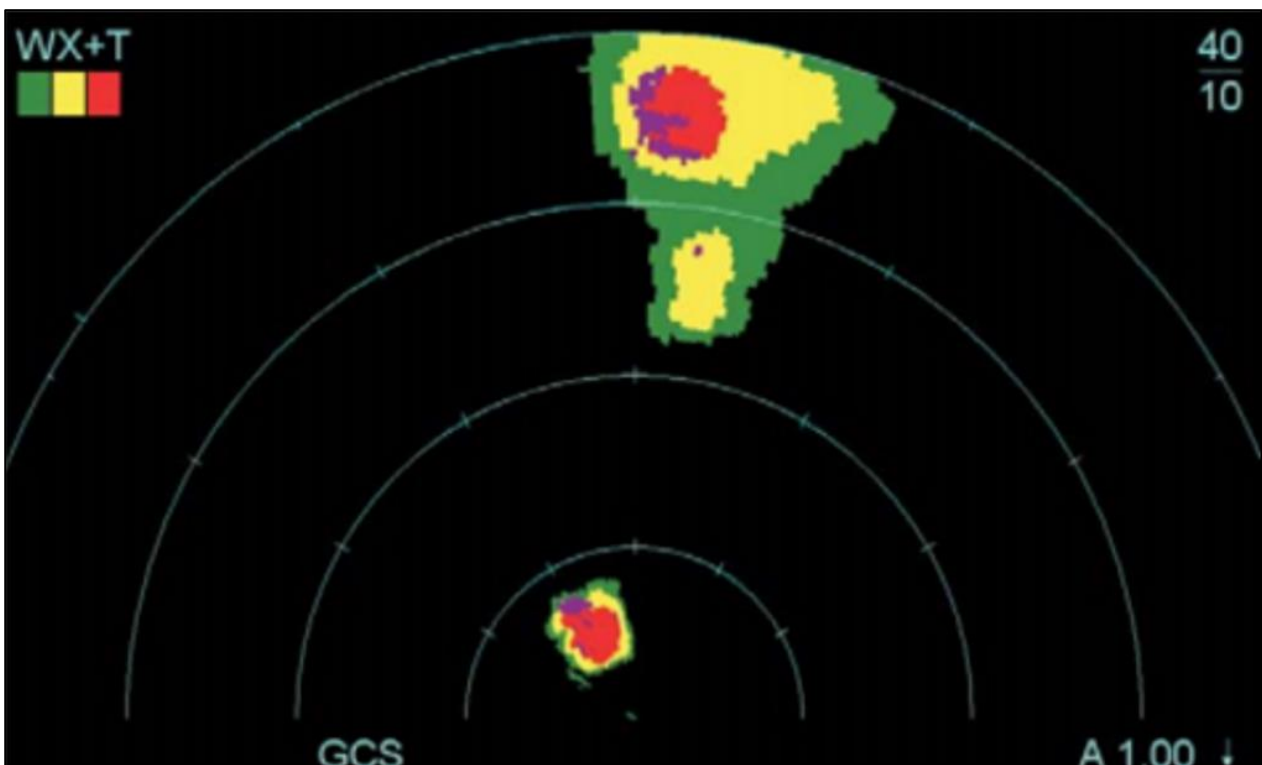
<sup>13</sup> MAP = karttanäkymä, AUTO = automaattinen toimintatila, MAN = manuaalinen toimintatila

MAN-toimintatilassa käyttäjä voi itse säätää haluamansa antennikulman ja lähetystehon tarvitsemansa säätiedon hankkimiseksi.

Sekä AUTO- että MAN-toimintatiloissa säätutka säätää lähetystehoa lämpötilakorjauksen avulla. Kun ulkolämpötila muuttuu kylmemmäksi, esimerkiksi lentokorkeuden kasvattamisen myötä, heijastuneet kaiut havaitaan herkemmin.

MAP-asetuksessa säätutkakuvassa esitetään maakaiut ja säähavainnot ilman turbulenssitietoa. Kuvassa käytetään yleisesti vakiintunutta värikoodausta, jossa kukin väri edustaa tiettyä takaisinheijastustasoa. Musta väri tarkoittaa yleistäen kuivaa ilmassa. Vihreä väri ilmaisee normaalia staattista pilvettä, jolla ei ole lennon kannalta vaikuttavuutta. Keltainen väri merkitsee tiheämpää tai kehittyvää pilvettä, jossa voi olla muun muassa sateen mahdollisuus. Keltaisella reunustettu punainen keskittymä ilmaisee voimakasta pilvitiheyttä, joka voi sisältää vesipisaroita tai niiden erilaisia kiinteitä muotoja. Voimakkaaseen pilvitiheyteen liittyy yleensä myös ilmassa pystyvirtausta sekä mahdollista sähköistä varautumista (salamointi). Purppura väri merkitsee havaittua turbulenssia.

Turbulenssin havaitseminen edellyttää vähintään heikkoa kaikuheijastusta. Tutka ei pysty havaitsemaan niin sanottua näkymätöntä turbulenssia eli kirkkaan ilman turbulenssia (CAT, Clear Air Turbulence)<sup>14</sup>.



**Kuva 4.** Havainnekuva säätutkakuvasta (Kuva: Norwegian).

## 2.2 Olosuhteet

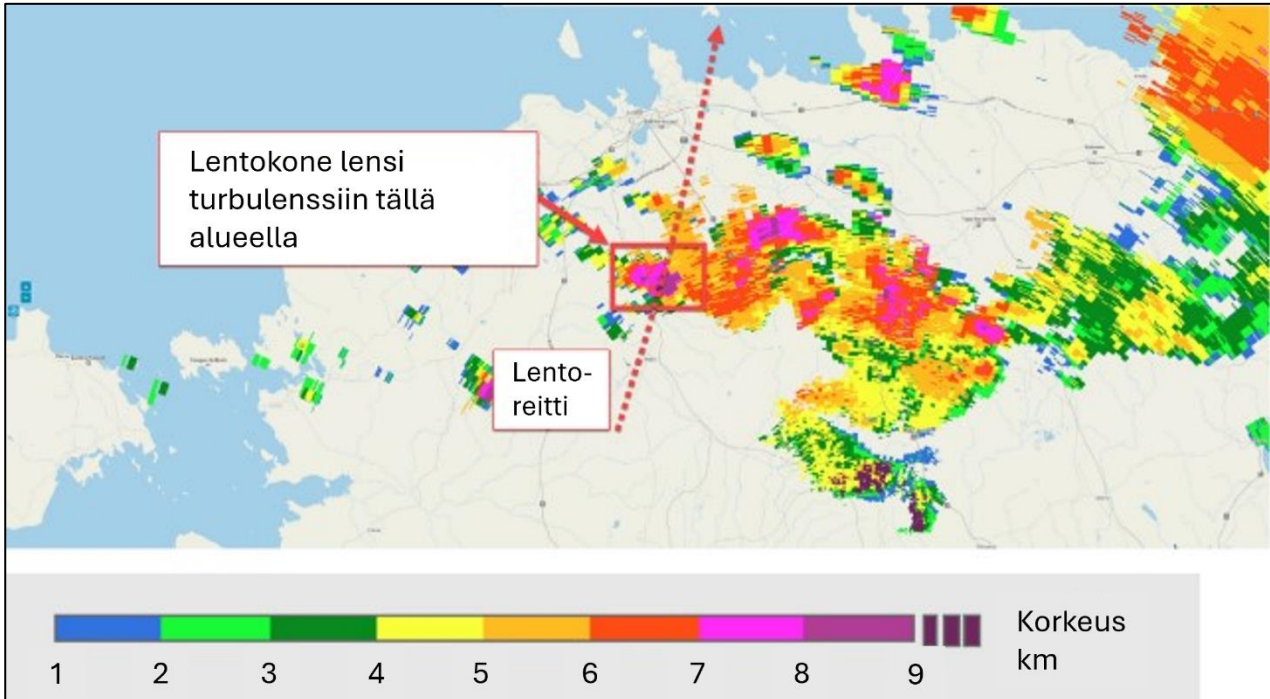
Lennon säädokumenttien<sup>15</sup> mukaan alueelle oli tapahtuma-ajalle ennustettu yksittäisiä ja itään päin hitaasti liikkuvia, muun pilvisyyden joukossa olevia kuuroside- tai ukkospilviä. Pilvien korkeudeksi oli ennustettu 28 000–36 000 jalkaa (n. 8,5 km – 11 km). Pilvet olivat

<sup>14</sup> Kirkkaan ilman turbulenssi ilmenee yleensä yläkorkeuksissa, eikä ole tutkalla havaittavissa.

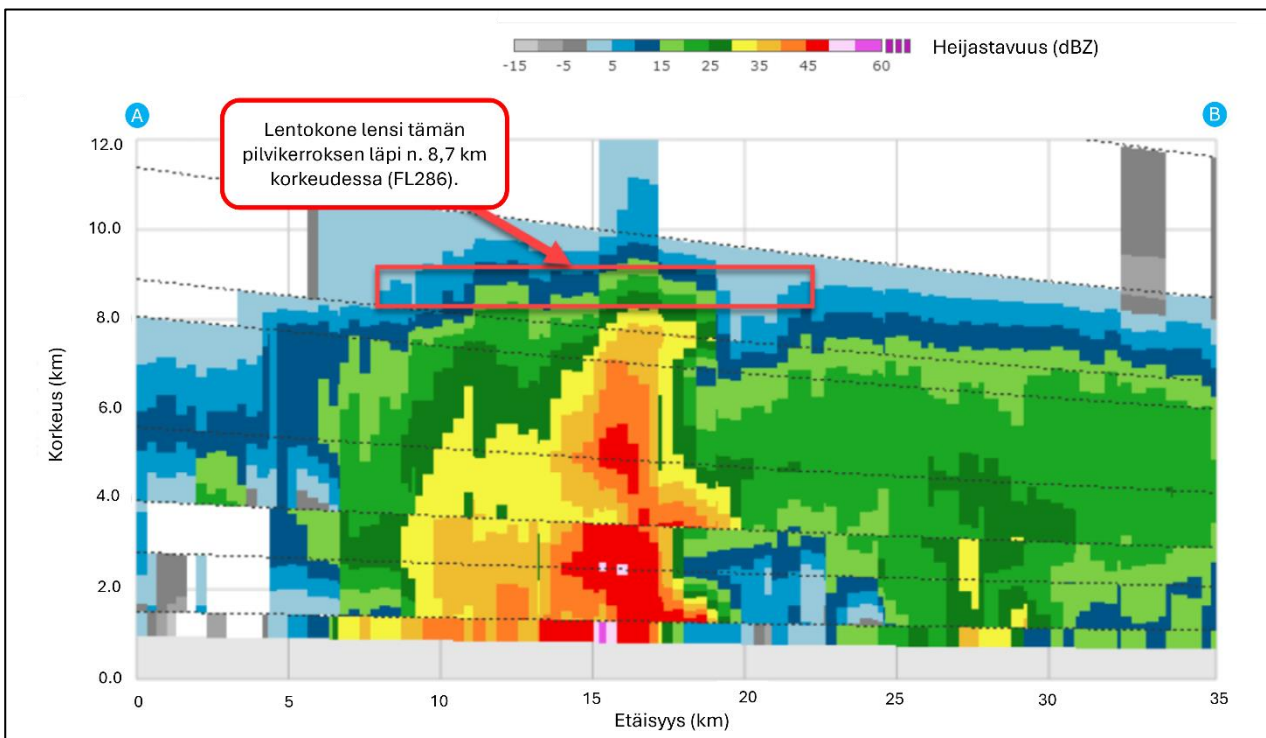
<sup>15</sup> SWC-kartat korkeuksille FL 250-630 ja FL100-450 sekä Tallinnan sääennuste (TAF).

muun pilvisyyden joukossa ja siten huonosti visuaalisesti havaittavia. Lentoreitille ei ollut ennustettua turbulenssia.

Norwegianin toimittaman analyysin mukaan tapahtumalennon lentoreitti kulki suoraan kasvavan ukkospilven yläpuolelta (kuva 5). Lento osui ukkospilven yläosiin voimakkaan pystyvirtauksen alueelle (kuva 6).



**Kuva 5.** Lentokoneen reitti pilvisyysalueella. (Kuva: Norwegian, muokkaukset OTKES)



**Kuva 6.** Ukkospilven poikkileikkaus lentokoneen arvioidulla reitillä. (Kuva: Norwegian, muokkaukset OTKES)

## 2.2.1 Ilmatieteen laitoksen sääanalyysi

Ilmatieteen laitokselta saadun sääanalyysin mukaan Viron ilmatilassa oli tapahtuma-aikaan runsaasti ukkoskuuropilvisyyttä. Viron Harkussa sijaitsevan säätutkan havaintojen perusteella lentokoneen reitillä oli kasvava ja voimistuva kuuropilvi, jonka voimakkain osa osui hyvin lähelle lentokoneen lentoreittiä kellonaikaan 02.45–02.50 UTC. Pilvessä oli myös havaittu pilvisalamointia.

Yksittäiset ukkospilvet liikkuivat itä-kaakkoon noin 24 solmun<sup>16</sup> (n. 12 m/s) nopeudella. Pilvissä havaittiin myös salamointia. Salamointi ei ollut kovin runsasta, mutta se on yleensä merkki siitä, että pilven sisällä on voimakasta pystyvirtausta. Voimakkaat pystyvirtaukset aiheuttavat voimakasta turbulenssia sekä pilven sisällä että sen läheisyydessä.

Ohjaajat saivat Rhodoksella Helsinki-Vantaan lentoaseman sääennusteen<sup>17</sup>, jonka mukaan tapahtuma-aikaan Helsingin alueelle oli ennustettu hajanaisia ukkos- tai kuurosadepilviä. Tallinnan lentoaseman sääennusteen<sup>18</sup> mukaan tapahtuma-aikaan oli ennustettu ukkosta ja voimakasta suunnaltaan vaihtelevaa tuulta. Sääennusteessa mainittiin myös, että sekä ennen tapahtuma-aikaa että sen jälkeen alueella on ukkosta ja raekuuroja.

Etelä-Viron ilmatilassa oli suihkuvirtaus, jonka nopeus oli 110–140 solmua (n. 56–72 m/s). Virtauksen yhteyteen oli ennustettu kohtalaista tai kovaa turbulenssia. Suihkuvirtaus ei vaikuttanut Pohjois-Viron ilmatilaan.

## 2.3 Tallenteet

Ohjaamon digitaalisen äänitallentimen (DCVR, Digital Cockpit Voice Recorder) tietoja ei saatu tutkintaryhmän käyttöön. Äänitallennin on ylikirjoittava, ja tallentimesta on aina saatavilla vain viimeisten kahden tunnin tallenne. Tässä tapauksessa lentokone oli ehtinyt jo lähteä seuraavalle lennolle, joten tapahtumalennon äänitallenne menetettiin.

Lentoarvotallentimen (DFDR, Digital Flight Data Recorder) tiedot olivat tutkintaryhmän käytössä, ja niiden avulla arvioitiin lennonaikaisen turbulenssin voimakkuutta sekä tarkasteltiin lentokoneen ohjaamiseen liittyviä parametreja.

Lentokoneen viesti- ja raportointijärjestelmän (ACARS, Aircraft Communication Addressing and Reporting System)<sup>19</sup> tiedoista havaittiin, että ohjaajat olivat ladanneet ACARS-järjestelmän kautta Helsinki-Vantaan vallitsevan sään sanoman ainoastaan yhden kerran lennon aikana. Tiedot ladattiin ennen matkalentokorkeuden jättämistä. Lennon varakentän, Tallinnan lentoaseman, tai reitillä sijaitsevien lentokenttien vallitsevan sään sanomia ohjaajat eivät ladanneet lennon aikana.

Lennonvalmistelun sähköisistä dokumenteista saatiin tietoa lennon suunnittelun aikana ohjaajien saatavilla olleista säätiedoista sekä lentokoneen massan ja massakeskiön arvoista.

---

<sup>16</sup> Solmu on ilmailussa ja meriliikenteessä käytetty nopeuden yksikkö. 1 solmu = 1,852 kilometriä tunnissa

<sup>17</sup> EFHK/HEL HELSINKI/VANTAA  
SA 102050 21005KT CAVOK 14/11 Q1001 NOSIG=  
FT 102022 1021/1121 25004KT CAVOK TEMPO 1022/1107 SCT030CB TEMPO 1112/1115 4000 TSRA SCT030CB=

<sup>18</sup> EETN/TLL TALLINN/LENNART MERI  
FT 101730 1018/1118 23014KT 9999 SCT015 SCT025CB TEMPO 1018/1103 VRB25KT 2000 TSRA SCT005 BKN020CB  
PROB30 TEMPO 1018/1102 TSGR TEMPO 1103/1108 3000 TSRA SCT010 SCT020CBBECMG 1111/1113 29015KT  
PROB40 TEMPO 1112/1115 TSRA=

<sup>19</sup> Tiedonsiirtojärjestelmä, joka mahdollistaa lyhyiden tekstiviestien välittämisen lentokoneiden ja maa-asemien tai toisten lentokoneiden välillä. ACARS käyttää siirtotienä radio- tai satelliittiyhteyksiä.

Lennonjohdon radiopuhelintallenteista saatiin tietoa ohjaajien ja lennonjohdon välisistä keskusteluista.

## 2.4 Onnettomuuteen liittyvät henkilöt, organisaatiot ja turvallisuudenhallinta

### 2.4.1 Lennon miehistö

Lentokoneen kapteeni oli 41-vuotias, ja hänellä oli lentotehtävään vaadittavat luokka- ja tyyppikelpoisuudet sekä lääketieteelliset kelpoisuudet voimassa. Hänellä oli lentokokemusta yhteensä noin 6 200 lentotuntia, joista 5 900 lentotuntia Boeing B737-MAX 8 -lentokoneella. Lentotunnit päällikkönä<sup>20</sup> olivat noin 2 600 lentotuntia ja tässä konetyypissä noin 2 000 lentotuntia.

Lentokoneen perämies oli 43-vuotias. Myös hänellä oli vaadittavat luokka- ja tyyppikelpoisuudet sekä lääketieteellinen kelpoisuus voimassa. Hänellä oli lentokokemusta noin 4 900 lentotuntia, joista 4 750 lentotuntia Boeing B737-MAX 8-lentokoneella.

**Taulukko 1.** Ohjaajien viimeaikainen lentokokemus.

Ohjaajien lentokokemus		Viimeisten 24 h aikana	Viimeisten 30 vrk aikana	Viimeisten 90 vrk aikana	Kokonais-lentokokemus
Kapteeni	Kaikilla ilma-alustyypeillä	7 h 34 min	81 h	191 h	6 198 h
	Kyseessä olevalla ilma-alustyyppillä	7 h 34 min	81 h	191 h	5 920 h
Perämies	Kaikilla ilma-alustyypeillä	7 h 34 min	91 h	173 h	4 896 h
	Kyseessä olevalla ilma-alustyyppillä	7 h 34 min	91 h	173 h	4 735 h

Lennon SCCM:nä toimineella oli 5 vuoden lentokokemus Norwegianilla, ja hän oli työskennellyt matkustamon vastaavana koko sen ajan. CCM2:lla oli lentokokemusta Norwegianilla 5 vuotta 11 kuukautta, joista 4 vuotta 5 kuukautta SCCM-tehtävissä. CCM3:lla oli lentokokemusta 14 vuotta ja CCM4 oli aloittanut työskentelyn Norwegianilla 6 kuukautta aikaisemmin.

Kaikilla matkustamomiehistön jäsenillä oli tarvittavat kelpuutukset voimassa.

### 2.4.2 Norwegian Group

**Norwegian Group** koostuu emoyhtiö Norwegian Air Shuttle ASA:sta ja sen tytäryhtiöistä Norjassa, Ruotsissa, Tanskassa, Suomessa, Irlannissa, Iso-Britanniassa ja Singaporessa. Yhtiön pääkonttori on Fornebusa Norjassa. Norwegian Air Shuttle ASA:sta käytetään tässä tutkintaselostuksessa lyhyempää nimeä Norwegian. Norwegian-lentoyhtiöllä on kaksi

<sup>20</sup> Ilma-aluksen päälliköllä on ylin käskyvalta ilma-aluksessa. Kahden ohjaajan miehistössä ilma-aluksen päällikkönä toimii aina kapteeni, vaikka perämies toimisikin ohjaavana ohjaajana.

lentotoimintalupaa (AOC, Air Operator Certificate), joista toinen on Ruotsissa ja toinen Norjassa.

Yhtiön lentokoneiden rahoitusta, leasingia ja omistusta hoitavat Dublinissa Irlannissa olevat tytäryhtiöt, joiden emoyhtiönä toimii Arctic Aviation Asset Ltd.

Norwegianin laivastossa on yhteensä 82 lentokonetta, joista 62 on tyyppiltään Boeing B737-800 ja 20 kpl Boeing B737-MAX 8-lentokoneita.

Norwegianissa on noin 4 700 työntekijää, joista liikennelentäjiä on 1 219 ja matkustamohenkilökuntaa 1 945. Suomessa työskentelevästä lentävästä henkilökunnasta 92 on lentäjiä ja 129 matkustamohenkilökunnan jäseniä. Lentävä henkilökunta on kansainvälistä, ja työkielenä on englanti.

### **2.4.3 Safety Management Manual**

Yhtiöllä on turvallisuudenhallinnan käsikirja (SMM, Safety Management Manual), jossa määritellään yhtiön turvallisuudenhallinnan menettelyt ja henkilökohtaiset turvallisuusvastuut. Käsikirja perustuu EASA<sup>21</sup>:n asetukseen turvallisuuden hallinnasta.

Director Safety vastaa turvallisuudenhallinnan kokonaisuudesta sekä turvallisuudenhallinnan käsikirjasta ja sen päivittämisestä. Hänen tehtäviinsä kuuluu myös sisäisten vaaratilanne- tai onnettomuustutkintojen aloittaminen ja seuranta.

### **2.4.4 Safety Management System**

Norwegian-lentoyhtiön kahden lentotoimintaluvan mallissa yhtiön Safety Review Board käsittelee määräajoin molempien lentotoimintalupien alaiset lentoturvallisuusraportit. Raportit voidaan tarvittaessa jakaa omiksi tiedostoikseen joko Ruotsin tai Norjan viranomaisen pyynnöstä.

Onnettomuuksien ja vaaratilanteiden raportointia varten yhtiöllä on sähköinen raportointijärjestelmä SafetyNet. Yksittäiset henkilöt voivat raportoida myös suoraan siviili-ilmailuviranomaiselle. Raportti tulee kirjoittaa 72 tunnin kuluessa tapahtumasta. Raportit ohjautuvat turvallisuusosastolle, josta tarvittaessa pyydetään lisätietoja tapahtumaan osallisilta ja eri osastoilta. Raportit analysoidaan ja niiden pohjalta annetaan suosituksia, joiden tarkoituksena on parantaa lentoturvallisuutta ja estää vastaavien tapahtumien syntyä.

Lentoturvallisuutta koskevan tapauksen käsittelyprosessin ensimmäinen vaihe on tapauksen riskiarvion määrittäminen (ERC, Event Risk Classification). Norwegianin käyttämässä riskimatriisissa määritellään vaaratilanteelle tai onnettomuudelle lukuarvo tapahtuman mahdollisten seurausten ja jäljelle jääneiden turvaesteiden (remaining barriers) perusteella. Mikäli mitään estettä onnettomuuden syntymiselle ei ole, ja sen seuraukset ovat katastrofaalisia, riskiarvo on suurimmillaan 2500. Vastaavasti erittäin epätodennäköisen ja seurauksiltaan olemattoman tapahtuman riskiarvio on 1. Riskimatriisissa yksittäistä lukuarvoa oleellisempaa on lukuarvon väri, sillä se määrittää tapahtuman jälkeisiä toimenpiteitä.

---

<sup>21</sup> EASA = The European Union Aviation Safety Agency eli Euroopan lentoturvallisuusvirasto.

Most Credible Accident Outcome	Effectiveness of Remaining Barriers				Accident Outcome Description	Typical Scenarios
	Effective	Limited	Minimal	Not		
Catastrophic	50	102	502	2500	Loss of aircraft, multiple fatalities	Loss of control, mid-air collisions, uncontrollable fires on board, explosions, structural failures, CFIT
Major	10	21	101	500	1 or 2 fatalities multiple serious injuries, major aircraft damage	High-speed taxiway collision, major turbulence injuries
Minor	2	4	20	100	Minor injuries, minor aircraft damage	Pushback incident, minor weather damage
None	1				No damage or injury was possible	Event that could not escalate into an incident even if it leads to operational consequences (diversions, delays, etc.)

**Kuva 7.** Riskimatriisi, jota Norwegian käyttää poikkeamien riskitason määrittelyssä. (Kuva: Norwegian)

Vihreät laatikot riskimatriisissa kuvastavat tapahtumaa, joka ei vaadi välittömiä toimenpiteitä riskin pienentämiseksi. Tapahtuma kuitenkin kirjataan riskienhallintajärjestelmään tilastointia, seuranta ja mahdollista uudelleenarviointia varten.

Keltaiset laatikot riskimatriisissa kuvastavat tapahtumia, jotka vaativat turvallisuustutkintaa tai tarkempaa riskikartoitusta. Tällaisesta tapahtumasta tulee ilmoittaa viipymättä nimetylle vastuuhenkilölle.

Punaisen kategorian laatikot kuvastavat tapahtumia, jotka vaativat välitöntä tutkintaa ja turvallisuustoimenpiteitä. Tämän kategorian tapahtumaa pidetään automaattisesti turvallisuusongelmana, ja siitä ilmoitetaan nimetylle vastuuhenkilölle välittömästi.

#### 2.4.5 Poikkeamaraportit tapahtumasta sekä muista turbulenssitilanteista Norwegianin lennoilla vuosilta 2021–2024

Ohjaajat kirjoittivat tapahtumasta poikkeamaraportin (ASR, Air Safety Report). Norwegianin turvallisuusosasto käsitteli raportin ja oli yhteydessä lennon miehistöön heti yölennon jälkeisenä aamuna. ERC-riskiluokittelussa tapahtuman riskiarvoksi määritettiin 100.

Tutkinnassa Norwegianilta pyydettiin myös muut poikkeamaraportit turbulenssitilanteista vuosilta 2021–2024. Poikkeamaraportteja oli yhteensä yhdeksän, joista kesän 2024 aikana oli tapahtunut tutkittava tapaus mukaan luettuna yhteensä viisi.

Turbulenssitapahtumia yhdisti se, että lähes kaikki olivat tapahtuneet lennon lähestymisvaiheessa, kun matkustamomiehistö oli valmistelemassa matkustamoalustautumista varten. Kun turbulenssi iski, matkustamomiehistö oli useimmiten jalkeilla, työntämässä tarjoilu- tai roskakärryjä.

Noin puolessa raportoiduista tapauksista ohjaajat olivat havainneet mahdollisen turbulenssin etukäteen ja syyttäneet matkustamon turvavyömerkkivalot. Ohjaajat eivät kuitenkaan muulla tavoin ilmoittaneet turbulenssista matkustamomiehistölle. Tästä syystä matkustamossa

luultiin, että turvavyömerkkivalot oli sytytetty normaalien lähestymistoimenpiteiden mukaisesti, eikä matkustamomiehistö osannut yhdistää sitä turbulenssiin. Siksi turbulenssi yllätti matkustamomiehistön täysin.

Kaikissa raportoiduissa tapauksissa yksi tai useampi matkustamomiehistön jäsen loukkaantui. Loukkaantuneet olivat myös jokaisessa tapauksessa lentokoneen takaosassa, jossa turbulenssi vaikuttaa voimakkaimmin. Yhden lennolla tapahtuneen vakavan loukkaantumisen jälkeen yhtiö jakoi koko lentävälle henkilökunnalle turvallisuustiedotteen tapahtumasta. Turvavyömerkkivalo sytytetään normaalitilanteessa matkustamon laskeutumisvalmisteluja varten viimeistään 10 000 jalan korkeudessa. Yhden vakavan turbulenssitapahtuman jälkeen yhtiö tarkensi tätä ohjeistusta. Jos valo joudutaan sytyttämään turbulenssin vuoksi aikaisemmin, ohjaajien tulee ilmoittaa siitä matkustamoon kytkemällä turvavyövalot pois ja heti takaisin päälle.

## 2.5 Viranomaisten ennalta ehkäisevä toiminta

FAA (Federal Aviation Administration) on julkaissut vuonna 2013 tiedotteen (Advisory Circular 00-24C), jossa kerrotaan ukkosten aiheuttamista vaaroista ilmailulle. Tiedotteessa todetaan, että ukkospilvet voivat aiheuttaa turbulenssia jopa 20 NM päässä pilvestä, ja siinä ohjeistetaan kiertämään ukkospilvet 20 NM etäisyydeltä.

Vastaavasti EASA on vuonna 2023 julkaissut *Conversation Aviation* -lehtensä ensimmäisessä numerossa artikkelin turbulenssista. Artikkelissa ohjeistetaan niin ikään kiertämään ukkospilvet 20 NM etäisyydeltä turbulenssin välttämiseksi.

YK:n hallitusten välinen paneeli IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) on julkaissut vuonna 2021 raportin "*Climate Change 2021 - The Physical Science Basis*". Raportissa selitetään ilmaston lämpenemisen vaikutusta säähän, mukaan lukien sään ääri-ilmiöihin.

ICAO<sup>22</sup> on julkaissut vuonna 2022 raportin "*Innovation for a Green Transition*". Raportti sisältää muun muassa kappaleen *Climate Change Adaption & Resilience*, jossa käsitellään ilmastonmuutoksen riskien analysointia, ilmastonmuutoksen vaikutuksia lentokenttiin ja kuinka ilmastonmuutokseen voidaan mukautua.

EASA on vuonna 2022 perustanut Scientific Committee -työryhmän (SciCom), jonka tehtävänä on tarkistaa ja tiivistää tieteelliset tutkimukset menneistä ja tulevista sään ääri-ilmiöiden tutkimuksista, esiintymisistä ja niiden vaikutuksista. Työryhmä antaa neuvoja EASAn pääjohtajalle. Lisäksi se neuvoo EASAA ilmailun turvallisuuteen, ympäristön suojeluun ja ilmailun terveysturvallisuuteen liittyvissä prosesseissa.

Vuonna 2023 EASA perusti ryhmän *European Network on Impact of Climate Change on Aviation* (EN-ICCA). Ryhmään kuuluu asiantuntijoita ilmailuteollisuudesta, ilmailun viranomaisista, tutkimusorganisaatioista sekä kansallisista meteorologian laitoksista. Ryhmän tehtävänä on tuottaa tietoa ilmailuyhteisölle, jotta sään ääri-ilmiöihin pystyttäisiin varautumaan ja siten parantamaan lentoturvallisuutta.

## 2.6 Pelastustoimiin osallistuneet organisaatiot ja niiden toimintavalmius

**Finavian pelastuspalvelu** tuottaa ilmailumääräysten vaatimaa pelastuspalvelua lentotoiminnan turvaamiseksi Helsinki Vantaan lentoaseman alueella. Pelastuspalvelu tuottaa myös ensihoitoon liittyvää ensivastetoimintaa sopimuksen mukaan lentoaseman alueelle.

---

<sup>22</sup> ICAO = International Civil Aviation Organization eli kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö

**Keski-Uudenmaan pelastuslaitos** vastaa pelastustoimesta Vantaalla. Kahdeksan kunnan alueella toimiva pelastuslaitos on hallinnollisesti osa Vantaan ja Keravan hyvinvointialuetta. Se tuottaa palveluita myös Keski-Uudenmaan hyvinvointialueelle.

Ensihoidon järjestämisvastuu Uudenmaan alueella on **HUS-yhtymällä**<sup>23</sup>. Vantaan ja Keravan hyvinvointialueella HUS-yhtymä on tehnyt pelastuslaitoksen kanssa yhteistoimintasopimuksen, jonka mukaan pelastuslaitos huolehtii A-C-kiireellisyysluokan<sup>24</sup> tehtävistä ja ensivastetehtävistä. Kiireettömät ensihoitotehtävät ja suurin osa siirtokuljetuksista ovat yksityisen palveluntuottajan tuottamaa palvelua. Vantaa ja siten myös lentoaseman alue, kuuluu yhdessä Keravan kanssa Peijaksen sairaalan toiminta-alueeseen, jossa on kahdeksan ympäri vuorokauden toimivaa ja kaksi osavuorokautisesti toimivaa ensihoitoyksikköä. Ensihoitoyksiköiden toimintaa tukevat lääkärihelikopteri ja ensihoidon kenttäjohtaja. Ensihoidon kenttäjohtaja vastaa yhteistyössä hätäkeskuksen kanssa yksiköiden tarkoituksenmukaisesta käytöstä.

## 2.7 Säädökset, määräykset ja ohjeet

### 2.7.1 Ilmailuviranomaisten määräykset ja ohjeistukset

Yhdistyneiden kansakuntien alainen kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö (ICAO) määrittää turvallisuutta koskevat vähimmäisvaatimukset kansainvälisellä tasolla. ICAOn jäsenvaltioiden tulee noudattaa järjestön julkaisemia normeja ja suosituksia, ellei niihin ole ilmoitettu kansallisia eroavuuksia. ICAOn tarkoitus on kehittää kansainvälisessä ilmailussa noudatettavia linjauksia, periaatteita, vaatimuksia ja suosituksia.

Euroopan unionin lentoturvallisuusvirasto EASA säätelee ja valvoo lentoturvallisuutta Euroopan tasolla. EASA antaa ilmailua koskevat määräykset ja soveltamisohjeet, joita Euroopan unionin jäsenvaltioiden tulee noudattaa. EASAn säädökset perustuvat ICAOn normien ja suositusten ohella Euroopan unionin asetuksiin ja komission täytäntöönpanoasetuksiin. EASA myös ohjeistaa ja valvoo kansallisia lentoturvallisuusviranomaisia unionin alueella.

EASA on julkaissut vuonna 2025 EPAS-julkaisun<sup>25</sup> (European Plan for Aviation Safety), jossa käsitellään turvallisuusriskejä. Julkaisun tarkoituksena on esitellä, kuinka ilmailuun liittyviä turvallisuusriskejä on analysoitu, mitä johtopäätöksiä niistä on tehty, ja mitä toimenpiteitä niiden vähentämiseksi on tehty. Julkaisussa on nostettu yhdeksi riskiksi sään ääri-ilmiöt (turbulenssi, raekuurot, salamet ja jäätyminen). Riskistä todetaan, että mikäli riskiä ei hallita hyvin, on mahdollista, että miehistö tai matkustajat loukkaantuvat tai lentokoneen käsittely vaikeutuu merkittävästi huonossa säässä lentämisen seurauksena.

Ruotsin siviili-ilmailuviranomainen Transportstyrelsen ja Norjan siviili-ilmailuviranomainen Luftfartstilsynet julkaisevat Ruotsin ja Norjan ilmailumääräyskokoelmissa kansallisia määräyksiä sekä niitä täydentäviä tiedotteita. Ne myös valvovat, että Ruotsin ja Norjan ilmailun turvallisuusnormit ja toimintatavat täyttävät ICAOn standardit ja EU:n vaatimukset.

### **Viranomaismääräykset koskien ohjaamon äänitallentimen tallennuskapasiteettia**

Ohjaamon äänitallentimen (CVR, Cockpit Voice Recorder) tallennuskapasiteetti on tyypillisesti kaksi tuntia, jonka jälkeen vanhimman tallennetun tiedon päälle

<sup>23</sup> HUS-yhtymä on Helsingin kaupungin ja muun Uudenmaan maakunnan hyvinvointialueiden sosiaali- ja terveydenhuollon yhtymä

<sup>24</sup> Pelastustoimen tehtävät jaetaan neljään kiireellisyysluokkaan. A-luokan tehtävä on kiireellinen. D-tehtävä ei edellytä välittömiä toimia ja se voidaan tehdä muiden tehtävien salliessa.

<sup>25</sup> European Plan for Aviation Safety, Volume III, Safety Risk Portfolios, 2025 Edition

uudelleenkirjoitetaan. Kahden tunnin kapasiteetti riittää hyvin tilanteissa, joissa lentokone on vaurioitunut onnettomuudessa, eikä voi lähteä heti uudestaan lennolle. Ilmailun vaaratilanteissa lentokone kuitenkin säilyy usein ilman vaurioita ja lähtee pian uudelle lennolle, jolloin on tyyppillistä, että äänitallenne menetetään, eikä sitä saada käyttöön onnettomuustutkintaan.

Vuonna 2015 Euroopan komissio julkaisi asetuksen (EU) 2015/2338, joka tarkentaa vaatimuksia muun muassa lennontallentimille. Asetuksen mukaan vuonna 2021 ja sen jälkeen rekisteröidyissä 27 000 kg:n tai suuremman maksimilento-ohjelmoinnin omaavissa lentokoneissa on oltava ohjaamon äänitallennin (CVR), jonka tallennuskapasiteetti on vähintään 25 tuntia. Asetuksessa ei kuitenkaan vaadita takautuvasti ohjaamon äänitallentimien päivytystä vanhempiin lentokoneisiin, joten muutos tallennuskapasiteettiin tulee edistymään ajan kuluessa, lentokonekaluston uusiutuessa.

Vuonna 2016 Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö (ICAO) otti käyttöön saman standardin lentokoneille, jotka on valmistettu 1. tammikuuta 2021 jälkeen. ICAO totesi, että pidennetty tallennusaika on tarpeen kattaakseen pisimmät lennot, mukaan lukien lennonvalmistelun ja lennon jälkeiset toimet, viivästyksistä sekä tallenteiden turvaamiseen kuluvaan ajan.

Yhdysvaltain ilmailuhallinto (FAA, Federal Aviation Administration) suunnittelee myös 25 tunnin CVR-vaatimusta, mutta lopullista määräystä ei ole vielä annettu.

### **2.7.2 Norwegianin käsikirjat**

Lentoyhtiön toimintakäsikirjassa (OM, Operations Manual) Norwegian kuvaa, kuinka se järjestää toimintansa. Toimintakäsikirjan ohjeistuksen on tarkoitus luoda yhtenäinen toimintakulttuuri organisaatiossa. Toimintakäsikirja on jaettu neljään alla esiteltyyn osioon:

- Osa A (OM-A) on yleinen osa, joka ottaa kantaa organisaation toimintaperiaatteisiin. Se sisältää muun muassa kuvaukset organisaation hallinnosta ja vastuuhenkilöiden tehtävistä, lentoaikarajoituksista ja lepoajoista, ilma-aluksen päällikön velvollisuuksista sekä turvallisuustoimenpiteistä.
- Osa B (OM-B) sisältää organisaation käytössä olevan lentokaluston tekniset ohjeet ja niiden käyttöön liittyvät menetelmät. Se sisältää myös jokaiseen lentokonetyyppiin liittyvät normaali- ja poikkeustilanneohjeistukset sekä ohjaajille että matkustamohenkilökunnalle.
- Osa C (OM-C) sisältää lentoreitteihin ja lentokenttiin liittyvät yksityiskohtaiset ohjeet sekä esimerkiksi lentokoneen suoritusarvot.
- Osa D (OM-D, Training Manual) on koulutus-käsikirja, joka sisältää lentävän henkilöstön vähimmäiskoulutusvaatimukset, koulutusmenetelmät ja -ohjeet. Käsikirjassa määritellään kurssien rakenne sekä koulutusvaiheet, otetaan kantaa opetusmenetelmiin ja oppilaiden edistymiseen. Tämä osa ottaa kantaa tarkastuslentoihin, perus- ja kertauskoulutukseen sekä henkilöstöltä vaadittavaan pätevyyden arviointiin.

Vaatimusten mukaisesti Norwegian on kuvannut turvallisuuden hallintajärjestelmänsä (SMS, Safety Management System) toimintakäsikirjan erillisenä osana ja turvallisuuden hallintakäsikirjana (SMM, Safety Management Manual). Käsikirjassa kuvataan kuinka organisaatio ottaa huomioon toiminnassaan ilmenevät turvallisuusriskitekijät. Organisaatio kuvaa hallintojärjestelmässään mm. turvallisuuspolitiikan ja tavoitteet, turvallisuusriskien hallinnan sekä turvallisuuden jatkuvan parantamisen. Hallintojärjestelmässä on kuvattava

myös raportointimenetelmät, seuranta, ilmoitukset ja korjaavat toimenpiteet, sekä kannustettava avoimeen raportointikulttuuriin eikä syyllisten etsimiseen.

### **2.7.3 Turbulenssin vakavuusasteet**

Norwegianin toimintakäsikirjoissa on ohjeistusta turbulenssitilanteisiin sekä ohjaajille että matkustamohenkilökunnalle. Käsikirjoissa sanotaan, että ukkospilvien yhteydessä esiintyvä turbulenssi voi olla voimakkuudeltaan eri tasoista. Turbulenssi luokitellaan kolmeen vakavuusasteeseen: kevyt (light), kohtalainen (moderate) ja voimakas (severe).

Käsikirjoissa on annettu konkreettisia esimerkkejä turbulenssin eri voimakkuuksien vaikutuksista. Kevyt turbulenssi aiheuttaa lentokoneen keinuntaa sekä lieviä heilahduksia ja muutoksia lentokorkeuteen. Matkustajat saattavat tuntea lievää kireyttä turvavöissä. Neste lasissa heiluu, mutta ei läiky ulos lasista. Tarjoilukärryjen käsittely on hieman hankalaa. Kevyessä turbulenssissa palvelua voi jatkaa rajoitetusti, jos se kapteenin mielestä on turvallista.

Kohtalaisessa turbulenssissa muutokset ovat voimakkaampia kuin kevyessä turbulenssissa. Matkustajat kokevat selkeää kireyttä turvavöissä. Kävely käytävällä ja seisominen on vaikeaa horjumatta. On pidettävä kiinni pysyäkseen pystyssä. Neste läikkyä lasista ulos, ja kärryjen käsittely on vaikeaa. Palvelu tulee keskeyttää. Kaikki kärryt ja kaapit tulee lukita paikoilleen ja mahdolliset kahvi- ja teekannut tulee tyhjentää tai jos se ei ole mahdollista, ne tulee laittaa lattialle. Matkustamomiestien tulee istuutua lähimmälle vapaalle istuimelle ja kiinnittää turvavyö.

Voimakas turbulenssi aiheuttaa äkillisiä, jyrkkiä ja suuria muutoksia sekä lentokoneen korkeudessa että suunnassa, ja se aiheuttaa suuria muutoksia lentonopeuteen. Matkustajat kokevat voimakasta kireyttä turvavöissä, kävely käytävällä on mahdotonta. Tavarat kaatuvat, ja irtotavarat lentelevät ympäriinsä. Palvelu tulee keskeyttää välittömästi. Kärryt tulee lukita ja niistä tulee mahdollisuuksien mukaan pitää kiinni. Tarvittaessa voi pyytää matkustajia auttamaan. Matkustamomiestien tulee istuutua lähimmälle vapaalle istuimelle ja kiinnittää turvavyö. Heidän tulee odottaa joko tietoa ohjaajilta tai turvavyömerkkivalon sammumista.

### **2.7.4 Ohjaajien ohjeistus turbulenssitilanteita varten**

Käsikirjoissa ohjaajia ohjeistetaan turbulenssitilanteissa lentämään nopeudella, jonka lentokonevalmistaja on määrännyt kovan turbulenssin läpäisyyn. Ennustetussa turbulenssitilanteessa ohjaajia kehoitetaan sekä lennon nousu- että korkeuden vähentämisvaiheessa noudattamaan nopeutta 280 solmua. Jos lentokorkeus on alle 15 000 jalkaa ja lentokoneen lentomassa on alle maksimi laskeutumismassan, voidaan nopeutta vähentää 250 solmuun.

Yhtiön ohjeistuksessa määritellään, että mikäli ukkospilveä ei ole mahdollista kiertää, ohjaajien tulisi välttää 14 000–20 000 jalan korkeutta. Käsikirjan mukaan tällä korkeudella on eniten turbulenssia ilmassa. Ohjeistuksessa todetaan, että ilmassa on rauhallisempaa 5 000–6 000 jalan korkeudessa.

Automaattiohjausjärjestelmä pystyy hallitsemaan lentokonetta kaikissa normaaleissa lennon vaiheissa. Sen toiminta perustuu tietokonejärjestelmän (FMC, Flight Management Computer)<sup>26</sup> tuottamiin lentoarvoihin. Automaattiohjausta ja automaattista moottoritehon säätöä voi käyttää kevyessä ja kohtalaisessa turbulenssissa. Voimakkaassa turbulenssissa

---

<sup>26</sup> FMC sisältää muun muassa reittipisteiden koordinaatit, lentokoneen paikkatiedon, optimaaliset nopeudet sekä korkeuden lisäys- ja vähennysprofiilit. Se kykenee huomioimaan vallitsevat ilmakehän olosuhteet.

ohjaajien tulee kytkeä automaattinen moottoritehon säätö pois päältä ja säätää moottorin tehoja käsin vastaamaan FMC:n suosittamia tehoarvoja. Ohjaajat voivat käyttää automaattiohjauksen toimintoja lennon kannalta tarkoituksenmukaisella tavalla.

Käsikirjassa ohjeistetaan, että ennen ennakoituun tai tiedossa olevaan turbulenssiin lentämistä ohjaajien tulee sytyttää turvavyömerkkivalot ja kuuluttaa matkustajille tilanteesta. Heidän tulee myös ohjeistaa matkustamomiehistöä tarkastamaan, että kaikilla matkustajilla on turvavyöt kiinnitettyinä. Ohjaamon valot tulee säätää kirkkaalle, jotta mahdollisen salamaniskun aiheuttamaa häikäistymistä pystyttäisiin pienentämään. Ohjaajien tulee myös ilmoittaa lennonjohdolle, jos lento kohtaa keskimääräistä kovempaa turbulenssia.

### **2.7.5 Matkustamomiehistön ohjeistus turbulenssitilanteisiin**

Turbulenssitilanteessa matkustamotyöskentelystä vastaava voi tehdä päätöksen tarjoilun ja muun palvelun keskeyttämisestä, vaikka turvavyömerkkivalo ei olisi sytytettyä. Hänen tulee ilmoittaa tästä ohjaajille ja kertoa turbulenssin voimakkuudesta matkustamon puolella sekä turvavyömerkkivalon sytyttämisen tarpeellisuudesta.

Matkustamomiehistön ensisijainen tehtävä turbulenssin aikana on suojata itsensä. Palvelun ja muiden työtehtävien jatkaminen turbulenssissa vaarantaa matkustamomiehistön jäsenten turvallisuuden ja toimintakyvyn. Matkustamomiehistölle on annettu ohjeet, miten voidaan vähentää riskejä, jos kohdataan odotettua tai odottamatonta turbulenssia. Käsikirjassa on ohjeistettu muun muassa, että:

- keittiötilat tulee pitää siisteinä, tavarat tulee laittaa paikoilleen heti käytön jälkeen.
- kaappien ovet ja kärryjen jarrut tulee lukita sekä niiden lukitussalvat tulee pitää kiinni.
- kahvi- ja teekannut tulee tyhjentää heti tarjoilun päätyttyä.
- matkustamomiehistön tulee varmistaa, että matkustajat lepäävät tai nukkuvat matkustajaistuimilla. Lattialla nukkuminen ei ole turvallista.
- WC-tiloja ei saa käyttää turbulenssin aikana.

Turbulenssin jälkeen matkustamomiehistö ohjeistetaan tarkistamaan matkustamo ja matkustajien tilanne sekä ilmoittamaan siitä matkustamotyöskentelystä vastaavalle. Hän raportoi tilanteesta ohjaajille.

Jos matkustamomiehistön jäsen loukkaantuu tai muuten menettää toimintakykynsä, SCCM:n tulee ilmoittaa siitä ohjaajille. Hänen tulee myös muuttaa matkustamomiehistön työskentelypaikkoja. Sekä etu- että takaovilla tulee olla vähintään yksi toimintakykyinen matkustamomiehistön jäsen, joka osaa ja kykenee hoitamaan lentokoneen ovien hätäliukumäkien virittämisen ja ovien avaamisen.

### **2.7.6 Ohjaajien ja matkustamomiehistön välinen yhteistyö**

Tehokas kommunikointi ohjaamon ja matkustamomiehistön kesken on oleellinen turvallisuustekijä, joka korostuu poikkeavissa tilanteissa, esimerkiksi turbulenssissa. Kommunikointi pitää sisällään yhteisesti sovitun termistön sekä toimintatavat ennen lentoa ja sen aikana. Yhtenäisen terminologian käyttö takaa saman ymmärryksen turbulenssin tasosta ja vakavuudesta sekä ohjaamossa että matkustamossa. Tämä auttaa matkustamomiehistöä suorittamaan tarvittavat tehtävät turvallisesti ja tehokkaasti turbulenssin aikana.

Yhtiön ohjeistuksessa korostetaan tiedonkulun merkitystä lentoon liittyvistä asioista. Ohjaajien tulee kertoa tiedossa olevista turbulenssialueista matkustamomiehistölle jo ennen lentoa. Lennon SCCM voi näin aikatauluttaa palvelua ja muuta toimintaa lennolla.

Ohjaajien tulee lennon aikana kertoa SCCM:lle mahdollisista muutoksista lennon sääolosuhteissa. SCCM on velvollinen pitämään ohjaajat ajan tasalla matkustamon tapahtumista ja turbulenssin vaikutuksista palveluun. Käsikirjassa mainitaan, että turbulenssi voi olla voimakkaampaa koneen takaosassa kuin koneen etuosassa.

Turbulenssin jälkeen ohjaajien tulee ilmoittaa matkustamomiehistölle, että matkustamossa on turvallista liikkua ja jatkaa palvelua. SCCM:n tulee ilmoittaa ohjaajille mahdollisista matkustajien tai miehistön loukkaantumisista ja havaituista matkustamon vaurioista.

### **2.7.7 Yhtiön turbulenssiin liittyvä koulutus**

Ohjaajien koulutusohjeen (FCTM, Boeing Flight Crew Training Manual) mukaan ohjaajien tulee mahdollisuuksien mukaan välttää vakavaa turbulenssia. Jos ohjaajat kuitenkin joutuvat vakavaan turbulenssiin, heidän tulee noudattaa lentokäsikirjan (FCOM, Flight Crew Operating Manual) ohjeistusta.

Jos ohjaajat lentävät konetta ilman automaattiohjausta, heidän tulee pitää koneen siivet vaakatasossa ja rauhallisesti hallita koneen asentoa. Voimakkaiden pystyvirtausten aikana lentokoneella saattaa olla suuriakin asennon muutoksia. Tästä huolimatta on vältettävä äkkinäisiä tai suuria ohjainliikkeitä.

Ohjaajien tulee välttää lentämistä alle turbulenssinopeuden, vaikka nopeuden ja asennon vaihteluita on turbulenssissa odotettavissa. Jos nopeus pääsee liian pieneksi, marginaali sakkausnopeuteen voi pienentyä liiaksi. Ohjaajien tulee tarvittaessa säätää moottorien teho turbulenssinopeuteen sopivaksi ja välttää suuria tehon muutoksia. Siiven nostovoimaa lisäävien laitteiden käyttöä tulee välttää, koska ne pienentävät koneen kestävä kuormitusmonikerran arvoa.

Lentokoneen kohdatessa turbulenssia sakkausvaroitin (stick shaker) saattaa hetkellisesti aktivoitua koneen kohtauskulman äkillisesti muuttuessa. Turbulenssista aiheutuva kuormitusmonikerran kasvu vähentää marginaalia sakkausnopeuteen, varsinkin, kun lennetään lähellä sakkausnopeutta.

Lentokoneen kohdatessa kohtalaista turbulenssia, korkeuden tai nopeuden muuttaminen ei ole välttämätöntä. Jos moottorien teho on kuitenkin lähellä valittua maksimitehoa, voi olla tarpeen alentaa lentokorkeutta.

Yhtiön toimintakäsikirjassa (OM-D) on määritelty, että ohjaajien turbulenssiin liittyvä koulutus tehdään tietokoneavusteisena koulutuksena (CBT, Computer Based Training). Turbulenssi liittyy laajempaan koulutusosioon, johon on varattu yhteensä 1,5 tuntia. Turbulenssiin liittyvässä osiossa ovat aiheina toisen koneen aiheuttamat jättöpyörteet ja niiden aiheuttama turbulenssi, huonon sään lähestyminen sekä turbulenssi matalissa lentokorkeuksissa loppulähestymisen aikana.

Ohjaajien aloittaessa työskentelyn Norwegianilla perehdytys sisältää seitsemän tunnin mittaisen CBT-koulutuksen, jossa yhtenä aiheena on sääilmiöiden välttäminen lennolla. Kertauskoulutuksissa säätutkan käyttö ja toiminta käsitellään kerran kolmessa vuodessa.

Norwegianilla matkustamohenkilökunnan koulutuksessa turbulenssia käsitellään sekä peruskoulutusvaiheessa että eri lentokonetyyppikoulutusten yhteydessä. Koulutuksissa käydään läpi turbulenssiin liittyvä ohjeistus matkustamossa ja matkustamohenkilökunnan tehtävät turbulenssitilanteissa. Koulutus toteutetaan luokkahuoneopetuksena.

Suurin osa miehistön jäsenen loukkaantumiseen ja toimintakyvyn menettämiseen liittyvästä ohjeistuksesta ja koulutuksesta koskee ohjaajan toimintakyvyn menettämistä.

Matkustamohenkilökunnan koulutusohjelmassa viitataan lyhyesti OM-A:n ohjeistukseen tilanteessa, jossa loukkaantunut on matkustamomiehistön jäsen. SCCM-koulutuksessa käsitellään poikkeustilanteita, esimerkiksi miehistön jäsenen toimintakyvyn menettämistä, ja niistä johtuvaa tarvetta matkustamomiehistön työskentelypaikkojen uudelleenjärjestelyyn.

### 2.7.8 Väsymystilan ennustaminen

Norwegian käyttää miehistönsä väsymystilan ennustamiseen ja seurantaan Boeing Alertness Model (BAM) -ohjelmistoa. Ohjelmisto ennustaa sille asetettujen arvojen ja suunnitellun työvuorolistan mukaan esimerkiksi yksittäisen ohjaajan arvioidun vireys- tai väsymystilan haluttuna aikajaksona.

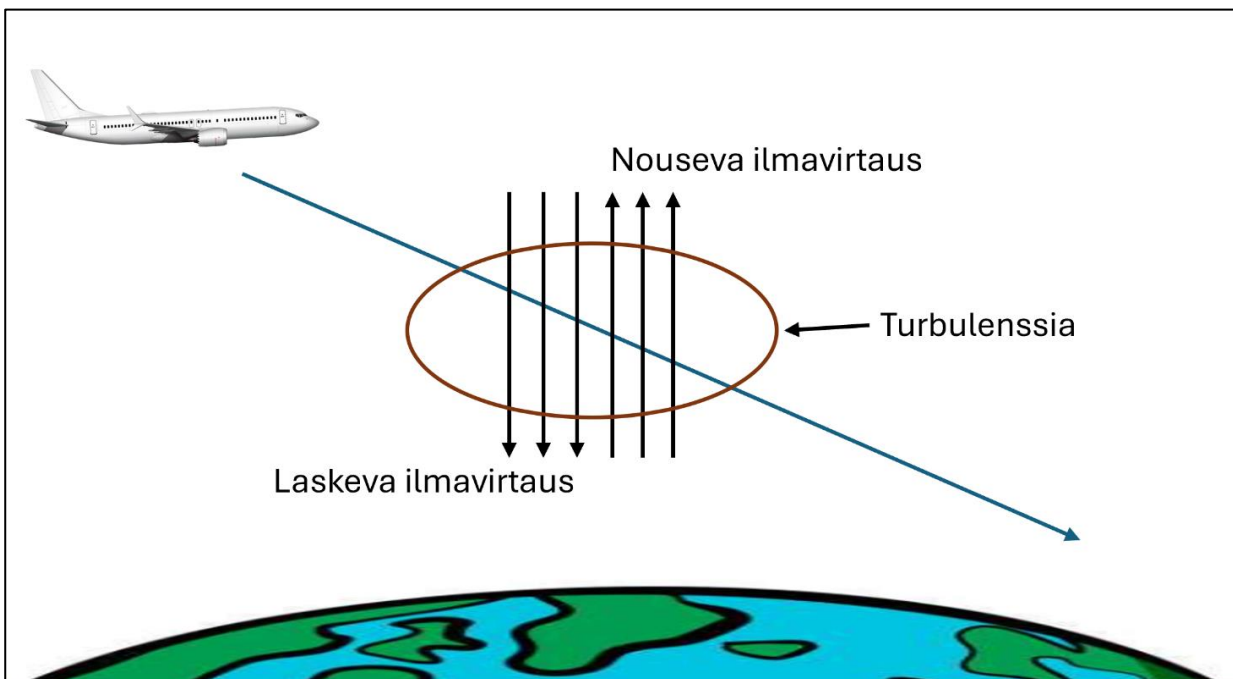
Ohjelmisto ei pysty etukäteen ottamaan huomioon työntekijän unirytmää. Ohjelmistoon voidaan myöhemmin syöttää työntekijän toteutuneet lepoajat ja muut väsymykseen liittyvät arvot. Ohjelmisto laskee tarkan väsymykseen liittyvän indeksin, joka vaihtelee lukujen 0 ja 9 välillä. Mallin mukaan henkilö on sitä väsyneempi mitä suurempi luku on.

Tapahtumapäivä oli kapteenille kolmas ja toiselle ohjaajalle viides peräkkäinen työpäivä. Norwegian määritteli ohjaajien väsymysindeksit lennon jälkeen. Molempien ohjaajien väsymysindeksi oli selvästi koholla. Kapteenin indeksi oli 6,8 ja toisen ohjaajan 7,6. Ohjaajat eivät itse tunteneet itseään väsyneeksi lennon aikana. Kohonneet indeksit vaikuttavat lentoturvallisuuteen liittyvien riskien kasvamiseen. Myös reaktionopeus, päätöksenteko ja havainnointi heikkenee väsymyksen kasvaessa.

## 2.8 Muut selvitykset

### 2.8.1 Turbulenssi ilmiönä

Turbulenssilla tarkoitetaan nesteessä tai kaasussa tapahtuvia nopeita muutoksia virtauksessa. Ilmakehässä tämä ilmenee niin, että tuulen nopeus ja suunta vaihtelevat nopeasti eri ilmakerroksissa. Jos lentokoneen ympärillä oleva ilmamassa muuttaa suuntaa tai voimakkuutta, koetaan se lentokoneessa turbulenssina.



**Kuva 8.** Nousevien ja laskevien ilmavirtauksien välissä on ilmavirran suunnan ja nopeuden muutos. (Kuva: OTKES).

FAA on julkaissut helmikuussa vuonna 2013 Advisory Circular -dokumentin<sup>27</sup>, jossa käsitellään ukkospilviin liittyvää turbulenssia. Ukkospilvillä on kolme kehitysvaihetta: kumpupilvi-, kypsä- ja häviävä vaihe. Pilven sisällä esiintyy hyvinkin voimakkaita ilmavirtauksia riippumatta pilven kehitysvaiheesta.

Ukkospilvien alueella ilmavirtauksen nopeus ja suunta saattavat vaihdella nopeasti. Nousuvirtausten ja ilmamassan perusvirtausten kohdatessa pilven ympärille syntyy turbulenssia. Ukkospilveen liittyvä turbulenssi on voimakkaimmillaan vastakkaisten pystysuuntaisten ilmavirtauksien leikkauskohdassa.

Suurikokoisissa ukkospilvissä virtaukset voivat saada aikaan painovoima-aaltoja, jotka voivat levitä pilvestä sekä horisontaalisesti että vertikaalisesti. Hajotessaan ne aiheuttavat turbulენტtista aaltoliikettä. Pilven sisällä voi olla myös suurikokoisia rakeita.

Ukkospilven yhteydessä, pilven kasvavassa vaiheessa, pilven yläpuolella saattaa esiintyä harsomaisia kaarevia pilviä. Nämä pilvet liittyvät voimakkaisiin pystyvirtauksiin. Kehittyvien ukkospilvien sisällä virtaukset voivat vaihdella voimakkuudeltaan heikkojen pilvien (6–12 m/s) ja ääritapauksissa erittäin voimakkaiden, lähes räjähdysmäisesti kasvavien ukkospilvien (75–80 m/s) välillä. Nämä syöksyvirtaukset aiheuttavat merkittävän uhkan lentoturvallisuudelle. Heikkojen ukkospilvien kehittyminen 10 kilometrin korkuisiksi saattaa kestää 15 minuuttia ja erittäin voimakkaiden 2–3 minuuttia.

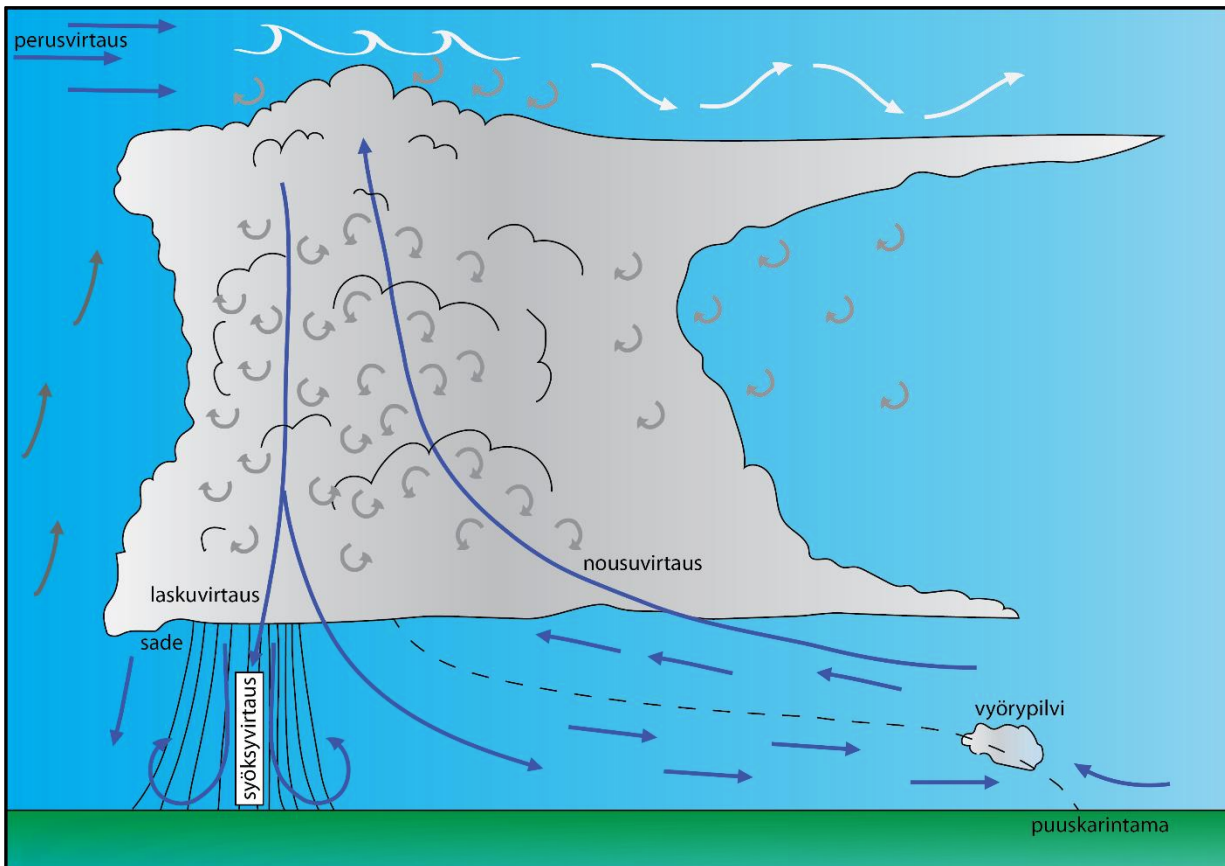
Säättökammituksilla ei pystytä suoraan mittaamaan painovoima-aaltojen aiheuttaman turbulenssin voimakkuutta. Mittauksilla pystytään kuitenkin karkeasti arvioimaan pilven sisällä esiintyvien nousuvirtausten nopeutta.

Turbulenssi saattaa ulottua useita tuhansia jalkoja pilven yläpuolelle ja noin 20 NM:n (n. 37 km) etäisyydelle pilvestä. Ukkospilveen liittyvän turbulenssin lisäksi on kirkkaan ilman turbulenssia, jota saattaa esiintyä ennalta arvaamattomasti.

Kuvassa 8 on esitetty tyypillisen ukkospilven rakenne. Pilven sisällä ja läheisyydessä esiintyviä nousevia ja laskevia virtauksia on kuvattu sinisillä ja tumman harmailla nuolilla. Pilven sisällä ja yläpuolella esiintyvää turbulenssia on kuvattu vaalean harmailla kaarevilla nuolilla. Lisäksi pilven yläpuolella esiintyviä aaltomaisia virtauksia on kuvattu valkoisilla aalloilla ja nuolilla.

---

<sup>27</sup> AC 00-24C



**Kuva 9.** Ukkospilven rakenne (Kuva: Ilmatieteen laitos).

### 2.8.2 Sään yleistyvät ääri-ilmiöt

Ilmaston lämpenemisen ennustetaan lisäävän turbulenssia. Syynä turbulenssin lisääntymiseen ovat suihkuvirtausten muutokset, jotka johtuvat lämpötilaeroista. Suihkuvirtauksella tarkoitetaan lentokorkeudella eli noin 5–10 kilometrissä vaikuttavia voimakkaita tuulia. Koska tuulen suuntaan ja voimakkuuteen vaikuttavat lämpötilojen vaihtelut, ilmaston lämpenemisen ennustetaan lisäävän myös turbulenssia.

Voimakkaimmat suihkuvirtaukset ovat molemmilla pallonpuoliskoilla keskileveysasteilla. Päiväntasaajan tienoilla esiintyy puolestaan korkeita ukkospilviä, joiden yhteydessä esiintyy kovaa turbulenssia. Turbulenssin voimistuminen voi olla myös aluekohtaista. Esimerkiksi turbulenssialueiden on arveltu siirtyvän lähemmäs kohti napa-alueita ja ilmakehässä ylemmäs.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) julkaisi globaalia ilmastonmuutosta koskevan raportin vuonna 2021. Raportissa todetaan, että maapallon pintalämpötilan nousu moninkertaistaa vakavien sääilmiöiden vaikutuksen. Vakavat sääilmiöt vaikuttavat myös lentoturvallisuuteen. Uhkista mainitaan muun muassa myrskyt, rankkasateet, raekuurot ja matalalla esiintyvät tuuliväänteet.

Vuonna 2023 julkaistun ”Evidence for Large Increases in Clear-Air Turbulence Over the Past Four Decades” -tutkimuksen mukaan turbulenssi on yleistynyt viimeisten vuosikymmenien aikana. Turbulenssitilanteita tutkittiin Pohjois-Atlantin ja Yhdysvaltojen alueella vuosina 1979–2020. Tutkimuksessa havaittiin, että turbulenssin määrä oli kasvanut tarkastelujakson aikana 17 prosentilla. Voimakkaan turbulenssin tilanteet olivat yleistyneet jopa 55 prosentilla.

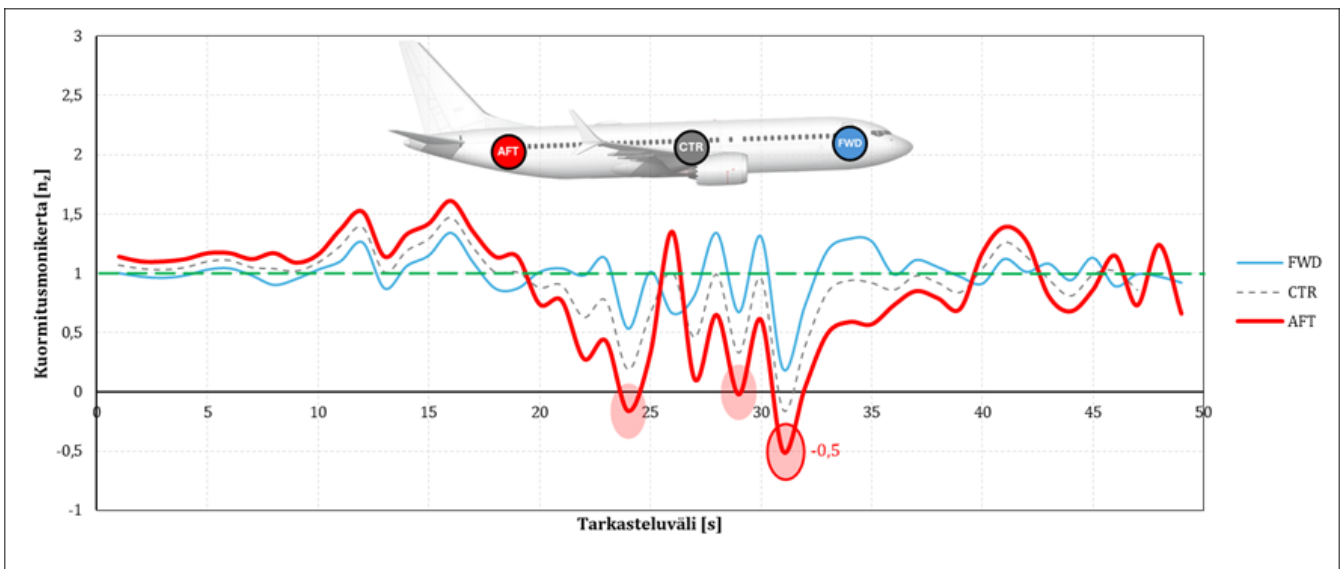
Vuonna 2024 julkaistun tutkimuksen *“Impacts of Changing Atmospheric Circulation Patterns on Aviation Turbulence Over Europe”* mukaan kirkkaan ilman turbulenssi on lisääntymässä varsinkin Britannian ja Pohjois-Euroopan ilmatilassa ilmaston lämpenemisen takia. Tutkimuksessa havaittiin myös, että kirkkaan ilman turbulenssi lisääntyy ja voimistuu talviaikana.

### 2.8.3 Turbulenssin vaikutus lentokoneeseen

Lentokoneen lentäessä ukkospilveen se kohtaa voimakasta turbulenssia, joka voi pahimmillaan vaikeuttaa koneen ohjattavuutta. Ukkospilven sisällä esiintyy myös rakeita. Jos rakeet ovat suuria, ne voivat vaurioittaa lentokoneen tuulilaseja ja lentokoneen nokassa sijaitsevaa säätutkaa. Myös moottoreihin osuvat suuret rakeet voivat rikkoa moottorin puhaltimen siipiä, jolloin moottori vaurioituu ja pahimmassa tapauksessa sammuu. Rakeet voivat myös tehdä vaurioita siipien ja pyrstön etureunoihin. Turbulenssin ja rakeiden aiheuttama riskialue saattaa ulottua jopa 20 NM (n. 37 km) etäisyydelle ukkospilven reunasta.

Lentokoneen luontainen kyky palautua tasapainotilaansa (vakavuus) ulkoisten häiriöiden (tuuli, puuskat, turbulenssi, jne.) aikana riippuu muun muassa lentokoneen painosta, painopisteestä, lentonopeudesta ja ympäröivästä ilmakehän koostumuksesta. Mitä suurempi lentokoneen massa on, sitä vähemmän turbulenssi lähtökohtaisesti matkustamossa tuntuu.

Tutkinnassa analysoitiin lennontaltiointijärjestelmän (FDR, Flight Data Recorder) sisältämiä tietoja ja kyseisen lentokonetyypin ominaisuuksia (lentokoneen mitat, massa, jne.). Näiden arvojen lisäksi tarkasteltiin lentokoneeseen tapahtumahetkellä vaikuttaneita voimia (mm. pystyvirtauksien voimakkuus ja sen vaikuttavuus häiriökulmakihtyvyyteen) eri kohdissa lentokonetta. Näistä luotiin yhdistelmäkuva (kuva 10). Tapahtumien kulun kannalta absoluuttisilla lentoarvoilla ei ole vaikutusta, mutta suoritettu tarkastelu ja yhdistelmäkuvaan luodut erot etu-, keski- ja takaosissa konetta kuvaavat yksinkertaistaen koettua tilannetta.



**Kuva 10.** Kuormitusmonikerran vaihtelu turbulenssitapahtuman aikana lentokoneen eri osissa. (Kuva: OTKES)

Kuvassa lentokoneen etu-, keski- ja takaosassa koettavat kuormitusmonikerrat (g-voimat) kuvaavat miehistön ja matkustajien kokemia voimia. Harmaalla katkoviivalla on merkitty lentokoneen painopisteen (CTR) alueelta saatu kuormitusmonikerta. Sininen viiva kuvaa vastaavan arvon suuruutta koneen etukeittiön kohdalla (FWD) ja punainen viiva kuvaa arvoa

takakeittiössä (AFT). Kuvasta voidaan havaita, että liikerata lentokoneen takaosassa on suurempi kuin keski- tai etuosassa.

Kuormitusmonikerran ollessa positiivinen, henkilöt ja irtaimisto pysyvät alustallaan (lattia, istuin, pöytä, jne.). Kuormitusmonikerran ollessa nolla (kuvassa musta yhtenäinen viiva) henkilöt ovat painottomassa tilassa ja arvon ollessa negatiivinen, henkilöt nousevat kohti kattoa. Kun kuormitusmonikerta-arvon suunnan muutoksia on useita, negatiivisesta positiiviseksi tai päinvastoin, tulee huomioida myös ilmassa leijuvien kappaleiden vaihe-ero. Vaihe-erolla tässä yhteydessä tarkoitetaan hetkeä, jolloin henkilöiden liikesuunta on eri kuin lentokoneella. Henkilö jatkaa liikerataansa, kun lentokoneen rakenteet tulevat jo sitä kohti. Vaihe-eron takia törmäysvoimat voivat olla suurempia kuin staattisessa tilanteessa.

Kuvassa on kolme negatiivista kuormituspiikkiä, joista viimeisessä CCM2 osui kattoon.

Lentokoneen tasapainotiloja käsitellään tarkemmin liitteessä 1.

#### **2.8.4 Turbulenssin aiheuttamat vammat**

Turbulenssi lennolla tapahtuu usein äkillisesti ja siitä aiheutuvat vammat johtuvat tyypillisesti siitä, että turbulenssiin ei ole ehditty varautua esimerkiksi turvavöillä tai pitämällä kiinni jostakin. Vammat ovat usein fyysisiä, mutta turbulenssi voi aiheuttaa myös psyykkistä kuormitusta, esimerkiksi traumaperäisen stressihäiriön. Tämä voi ilmetä esimerkiksi lentopelkona ja turbulenssin pelkona.<sup>28</sup>

Yhdysvaltain kansallisen liikenteenturvallisuustutkintaviranomaisen (NTSB) raportissa vuodelta 2021 todetaan, että turbulenssista johtuvat onnettomuudet kattoivat kolmasosan kaikista Yhdysvalloissa tapahtuneista liikennelento-onnettomuuksista vuosina 2009–2018. Tyypillistä turbulenssista aiheutuneissa onnettomuuksissa on, että yksi tai useampi henkilö loukkaantuu vakavasti, mutta lentokone säilyy vahingoittumattomana. Loukkaantunut henkilö on noin 80 % tapauksista matkustamohenkilökunnan jäsen ja 20 % tapauksista matkustaja. Tätä jakaumaa selittää se, että turbulenssin aiheuttamat voimat ovat suurempia lentokoneen takaosassa ja että turbulenssia esiintyy tyypillisesti lentokoneen laskeutuessa, jolloin matkustajat ovat pääsääntöisesti jo istumassa turvavyö kiinnitettynä.

Turbulenssista aiheutuvat vammat ovat noin 60 % tapauksista alaraajavammoja ja noin 15 % tapauksista yläraajavammoja. Pään ja kaulan alueen vammat ovat huomattavasti harvinaisempia, ja niitä esiintyy noin 5 %:ssa turbulenssista aiheutuneissa onnettomuuksissa.

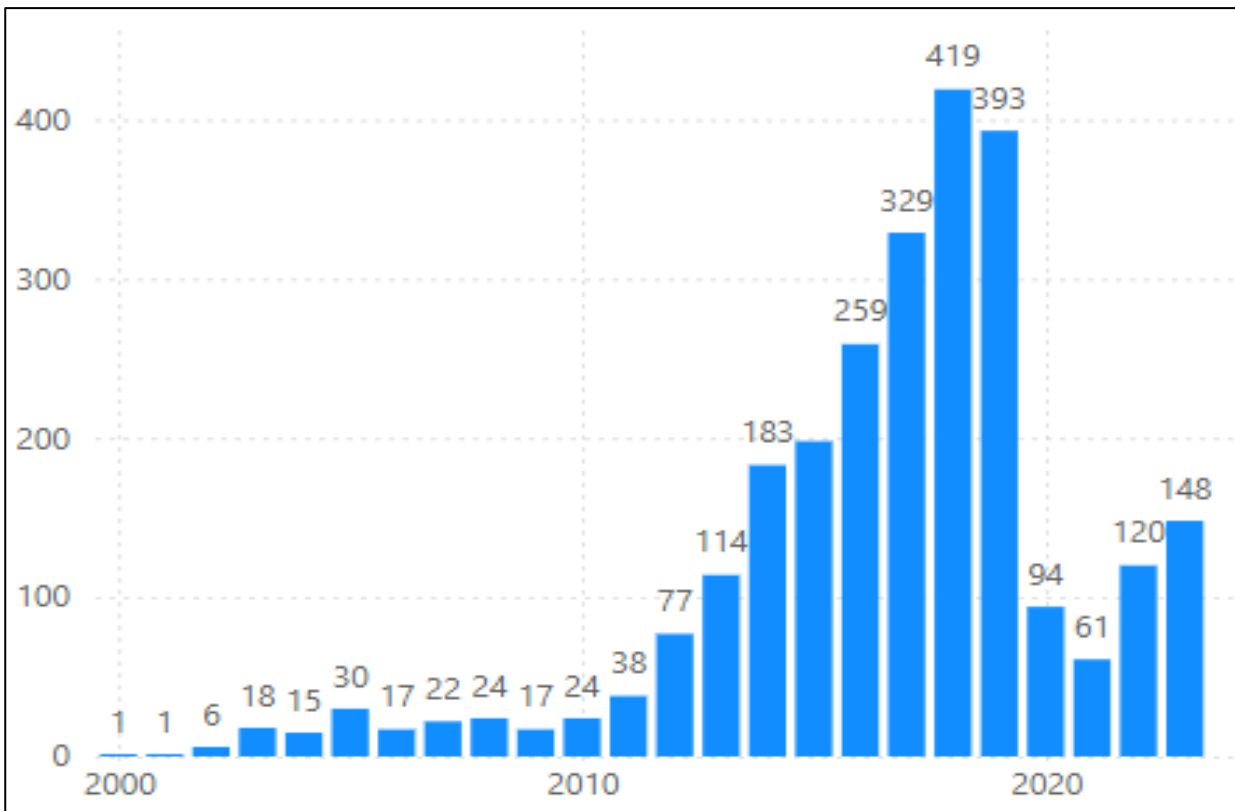
NTSB:n tutkimuksessa havaittiin, että matkustamomiehistöön jäsenille sattuneista onnettomuuksista turbulenssissa 88 % tapahtui matkustamon takaosassa ja näistä 75 % takakeittiössä. Matkustajille tapahtuneista onnettomuuksista 82 % tapahtui lentokoneen takaosassa ja noin 40 % näistä matkustamon takaosassa sijaitsevassa WC:ssä tai sen lähistöllä. Tämä ei kuitenkaan suoranaisesti kerro siitä kuinka vaarallista lentokoneen takaosassa on, vaan liittyy siihen, että lentokoneessa istutaan tyypillisesti turvavyö kiinnitettynä ja se avataan vain WC-käyntejä varten, jolloin matkustaja on alttiimpana turbulenssille. Vastaavasti matkustamomiehistöön loukkaantumisten keskittymistä takakeittiöön selittää se, että he suorittavat työtehtävistään suuren osan takakeittiössä ilman turvavyötä.

---

<sup>28</sup> Vuorio et al., 2025

## 2.8.5 Muita turbulenssiin liittyviä raportteja

Tutkintaa varten kerättiin aineisto Euroopassa tapahtuneista turbulenssista johtuneista loukkaantumisista lennoilla 2000-luvun alusta saakka. Aineisto saatiin kansainvälisestä ECCAIRS<sup>29</sup>-tietokannasta. Yhteensä turbulenssin aiheuttamia loukkaantumisia lennoilla oli noin 2 700 (kuva 11), mutta raportoiduista tapauksista vain noin 200 oli tapahtunut vuosina 2000–2009. Näinä vuosina tapauksia oli melko tasaisesti, noin 20 vuodessa. Vuosina 2010–2019 aineistossa on nähtävissä selkeästi kasvava trendi, jolloin huippuvuonna 2018 raportoitiin yli 400 tapausta. Yhteensä vuosina 2010–2019 raportoitiin noin 2000 tapausta. 2020-luvulta eteenpäin aineistossa on nähtävissä koronapandemiasta johtuva lentoliikenteen seisahtuminen, mikä näkyy myös raportoitujen tapausten määrän romahtamisena. Tapausten vuosittainen määrä on kuitenkin jälleen selkeässä kasvussa. Raporttien määrään voi vaikuttaa muutos raportointikulttuurissa, jolloin lievemmistäkin loukkaantumisista kirjoitetaan raportti matalalla kynnyksellä. Todennäköisesti kuitenkin myös ilmastonmuutoksella on vaikutusta tapahtumien määrään, sillä ilmaston muuttuessa sään ääri-ilmiöt tulevat yhä yleisimmiksi.

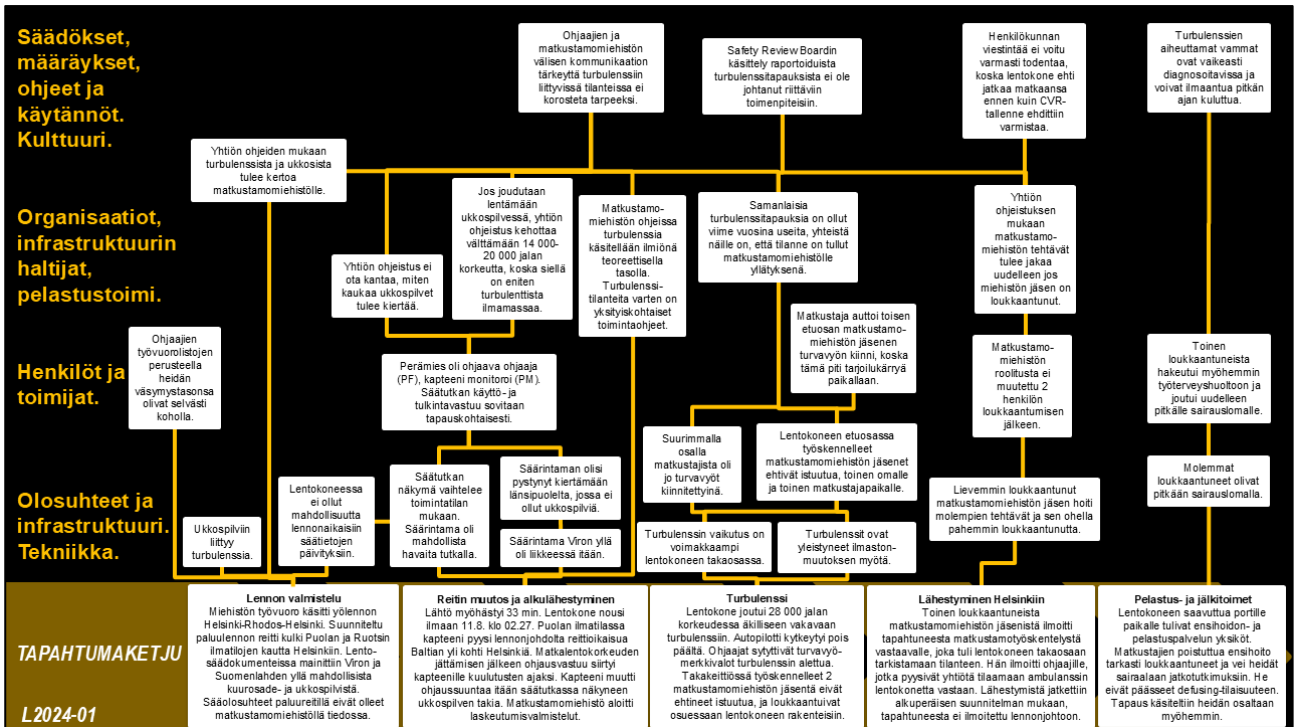


**Kuva 11.** Turbulenssin aiheuttamat loukkaantumiset lennoilla Euroopassa vuosina 2000–2023. (Kuva: OTKES).

<sup>29</sup> ECCAIRS (European Co-ordination centre for Accident and Incident Reporting Systems) on Euroopan laajuinen tietokanta, johon ilmoitetaan ilmailun vaaratilanteet ja onnettomuudet. Aineiston avulla on mahdollista huomata esimerkiksi maarajat ylittäviä trendejä ilmailun turvallisuudessa.

### 3 ANALYYSI

Tapahtuman analysoinnissa on käytetty Onnettomuustutkintakeskuksen edelleen kehittämää Accimap<sup>30</sup>-menetelmää. Analyysitekstin jäsentely perustuu tutkinnassa laadittuun Accimap-kaavioon. Onnettomuus kuvataan kaavion alaosassa tapahtumaketjuna. Tapahtumaketjun taustalta paljastuvia tekijöitä puretaan kaaviossa eri analyysitasoilla.



Kuva 12. L2024-01 ACCIMAP-analyysikaavio. (Kuva: OTKES)

### 3.1 Tapahtuman analysointi

#### Lennon valmistelu

Miehistön työvuoro käsitti yölennon Helsingistä Rhodokselle ja takaisin Helsinkiin. Paluulennon reititys oli suunniteltu kulkevan Puolan ja Ruotsin ilmatilan kautta Helsinkiin. Rhodokselta ohjaajat saivat paluureitin lentosäätä koskevat sääennusteet, joissa oli maininta Viron ja Suomenlahden yllä olevista mahdollisista kuuroside- ja ukkospilvistä, mutta reittisäähän ei ollut ennustettu turbulenssia. Matkustamomiehistöillä ei ollut tietoa paluureitin poikkeavista sääolosuhteista.

Yhtiön ohjeistuksen mukaan ohjaajien tulee ennen lentoa kertoa matkustamomiehistöille tiedossa olevista poikkeamista, esimerkiksi turbulenssista, lentoreitin sääennusteesta. Heidän tulee myös lennon aikana pitää matkustamomiehistö ajan tasalla mahdollisista muutoksista lennon sääolosuhteissa.

Kapteenille työvuoro oli kolmas ja toiselle ohjaajalle viides peräkkäinen työpäivä. Molempien ohjaajien väsymystila oli BAM-mallin mukaan kohonnut merkittävästi. Liiallinen väsymys

<sup>30</sup> Rasmussen, J. & Svedung, I. (2000) *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Services Agency.

aiheuttaa kohonneen lentoturvallisuusriskin. Väsyneen ihmisen reaktionopeus, päätöksenteko ja havainnointi heikkenevät.

### **Reitin muutos ja alkulähestyminen**

Ennen Puolan ilmatilaan saapumista kapteeni pyysi lennonjohdolta mahdollisuutta muuttaa lentoreittiä Baltian maiden yli suoraan kohti Helsinki-Vantaata, koska lento oli Rhodokselta lähtiessä 33 minuuttia aikataulusta myöhässä. Lennonjohto antoi uuden selvityksen pyynnön mukaisesti.

Lennon aikana ohjaajat seuraavat sään kehittymistä lentoreitillä. Sääatukan käyttö- ja tulkintavastuu sovitaan tapauskohtaisesti. Norwegianin Boeing B737-MAX 8 -lentokoneissa ei ole mahdollisuutta päivittää lähtökohteesta saatua lentoreitin sääennustetta, joten ohjaajilla on käytössään ainoastaan lentokoneen oman sääatukan antama tieto sekä ACARS-järjestelmän kautta tilatut säätiedot. Sääatukan näkymä vaihtelee toimintatilan mukaan.

Lennon aikana ohjaajat eivät ladanneet ACARS-järjestelmän kautta lennon varakentän tai reitillä sijainneiden reittivarakenttien sääsanomia. Määräkentän vallitsevan sään sanoman ohjaajat latsivat yhden kerran, hetki ennen reittilentokorkeuden jättämistä. Ohjaajien tilannetietoisuus vallitsevan sään suhteen perustui useita tunteja aiemmin lähtökentällä saatuihin säätietoihin, ja oli siten puutteellinen.

Viron Harkussa sijaitsevan sääatukan havaintojen perusteella lentokoneen reitillä oli kasvava ukkospilvi, jossa oli myös havaittu pilvisalamointia. Tallinnan lentoaseman sääennusteen mukaan tapahtuma-aikaan oli ennustettu ukkosta ja kovaa suunnaltaan vaihtelevaa tuulta. Sääennusteessa mainittiin myös, että sekä ennen tapahtuma-aikaa että sen jälkeen alueella on ukkosta ja raekuuroja.

Perämies oli paluulennolla ohjaava ohjaaja (PF), ja kapteeni monitoroiva ohjaaja (PM). Matkalentokorkeuden jättämisen jälkeen perämies kuulutti matkustamoon jäljellä olevan lentoajan ja Helsingin seudun säätilan. Ohjausvastuu siirtyi kapteenille perämiehen kuulutuksen ajaksi. Perämiehen kuulutuksen jälkeen matkustamomiehistö aloitti laskeutumisvalmistelut.

Sääatukassa näkyi Viron yllä lentorataan nähden vasemmalla puolella kuurosade- tai ukkospilvi. Säärintama oli liikkeessä itään. Kapteeni muutti ohjaussuuntaa noin viisi astetta oikealle FMS-suunnistusjärjestelmän laskemasta ohjaussuunnasta. Ukkospilven väistämisen takia kapteeni muutti ohjaussuuntaa vielä kaksi astetta oikealle tarkoituksenaan kiertää pilvi sen itäpuolelta. Lentokone joutui 28 000 jalan korkeudessa äkilliseen vakavaan turbulenssiin. Automaattiohjausjärjestelmä kytkeytyi pois päältä. Säärintaman olisi pystynyt kiertämään länsipuolelta, jossa ei ollut ukkospilviä.

Jos joudutaan lentämään ukkospilvessä, yhtiön ohjeistus kehottaa välttämään 14 000–20 000 jalan korkeutta, koska siellä on eniten turbulentsista ilmassaa. Yhtiön ohjeistus ei kuitenkaan ota kantaa siihen, miten kaukaa ukkospilvet tulee kiertää.

### **Turbulenssi**

Lentokoneen korkeuden alentuessa se ajautui turbulenssiin. Turbulenssi oli vakavuudeltaan voimakas. Automaattiohjausjärjestelmä kytkeytyi pois päältä.

Ohjaajat sytyttivät turvavyömerkkivalot havaittuaan turbulenssin. Ensin lentokoneessa koettiin kaksi pienempää tärähdystä, joita seurasi voimakkaasti laskeva lentoradan muutos. Tutkinnassa kävi ilmi, että lentokoneen etuosassa turbulenssi tuntui lievänä heitteisyytenä, jonka jälkeen koettiin vain yksi isompi heilahdus. Lentokoneen takaosassa työskennelleet kertoivat, että lentokone heilui neljä kertaa ylös ja alas. Turbulenssin alkaessa SCCM oli

valmistelemassa etukeittiötä laskeutumista varten, ja CCM4 oli käytävällä keräämässä roskia keräyskärryn kanssa. CCM3 oli vielä takakeittiössä, vasta lähdössä käytävälle ja CCM2 oli laittamassa maksupäätteitä pois.

Suurimmalla osalla matkustajista oli jo turvavyöt kiinnitettyinä, koska juuri ennen turbulenssin alkamista SCCM oli ehtinyt kuuluttaa lähestymisestä. Matkustajat eivät loukkaantuneet turbulenssissa.

Matkustamomiehistö pyrki ohjeistuksen mukaisesti istuutumaan alas ja turvaamaan oman turvallisuutensa ja toimintakykynsä. Lentokoneen etuosassa työskennelleet ehtivät istuutua, toinen omalle ja toinen matkustajapaikalle. Matkustaja auttoi matkustajapaikalle istuneen turvavyön kiinni, koska tämä piti molemmilla käsillään kiinni roskakärrystä. Takakeittiössä työskennelleet kaksi matkustamomiehistön jäsentä eivät ehtineet istuutua, ja he loukkaantuivat osuessaan lentokoneen rakenteisiin.

Turbulenssi aiheuttaa erittäin suuren loukkaantumisriskin ja pahimmassa tapauksessa se voi johtaa kuolemaan. Matkustajat saattavat loukkaantua turbulenssissa, jos heillä ei ole turvavyö kiinnitettynä. Myös matkustamossa turbulenssin vuoksi lentävät irtotavarat saattavat aiheuttaa loukkaantumisia. Tapahtumalennolla koettiin kolme negatiivista kuormituspiikkiä. Niistä voimakkaimmassa CCM2 osui kattoon voimalla, joka staattisessa tilanteessa vastaa 10 kilogramman painon pudottamista maahan noin 1,2 metrin korkeudelta.

Lentokoneen käytös on seurausta sekä sääolosuhteista että myös lentokonetyypistä, lentokoneen painosta ja painopisteestä, lentokorkeudesta ja -nopeudesta. Yleistäen voidaan todeta tapahtumaan rinnastettavissa tilanteissa koneen käytöksen olevan sen takaosassa voimakkaampaa kuin edessä.

Turbulenssit ovat yleistyneet ilmastonmuutoksen myötä. Samanlaisia turbulenssitapauksia on ollut viime vuosina useita, ja yhteistä näille on, että tilanne on tullut matkustamomiehistölle yllätyksenä. Ohjaajien ja matkustamomiehistön välisen kommunikaation tärkeyttä turbulenssiin liittyvissä tilanteissa ei korosteta tarpeeksi.

### **Lähestyminen Helsinkiin**

Toinen loukkaantuneista matkustamomiehistön jäsenistä ilmoitti tapahtuneesta matkustamotyöskentelystä vastaavalle, joka tuli lentokoneen takaosaan tarkistamaan tilanteen. Hän ilmoitti loukkaantuneista ohjaajille, jotka pyysivät yhtiötä tilaamaan ambulanssin lentokonetta vastaan. Lähestymistä jatkettiin alkuperäisen suunnitelman mukaan. Ohjaajat eivät ilmoittaneet loukkaantuneista lennonjohtoon, joten lentokoneelle ei voitu tarjota etuoikeuslähestymistä, jotta loukkaantuneet olisi saatu hoitoon nopeammin.

Ohjaajat reagoivat henkilökunnan inkapasitaatioon<sup>31</sup> tilaamalla ambulanssin valmiiksi, mutta matkustamomiehistön tehtäviä ja vastuita ei muutettu kahden henkilön loukkaantumisen jälkeen. Lievemmin loukkaantunut matkustamomiehistön jäsen hoiti takakeittiössä molempien tehtävät ja sen ohella myös pahemmin loukkaantunutta. Yhtiön ohjeistuksen mukaan matkustamomiehistön tehtävät tulee jakaa uudelleen, jos miehistön jäsen on loukkaantunut.

Henkilökunnan lennonaikaista viestintää ei voitu varmasti todentaa, koska lentokone ehti jatkaa matkaansa ennen kuin CVR-tallenne ehdittiin varmistaa.

---

<sup>31</sup> Inkapasitaatio on henkilön kyvyttömyys tai riittämättömyys suorittaa tiettyjä toimintoja tai tehtäviä.

## **Pelastus- ja jälkitoimet**

Kun lentokone oli saapunut portille, paikalle tulivat ensihoidon- ja pelastuspalvelun yksiköt. Kun matkustajat olivat poistuneet, ensihoito tarkasti loukkaantuneet ja vei heidät sairaalaan jatkotutkimuksiin. He eivät päässeet heti lennon jälkeen järjestettyyn defusing-tilaisuuteen. Heidän kanssaan tapahtuma käsiteltiin myöhemmin. Koko miehistölle järjestettiin yhteinen debriefing-tilaisuus myöhemmin.

Molemmat loukkaantuneet olivat pitkään sairauslomalla. Toinen loukkaantuneista hakeutui vielä myöhemmin työterveyshuoltoon, ja hänen sairauslomaansa jatkettiin. Turbulenssien aiheuttamat fyysiset vammat tai henkinen kuormitus saattavat olla vaikeasti diagnosoitavissa heti tapahtuman jälkeen ja ne voivat tulla esille viiveellä pitkänkin ajan kuluttua.

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

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

1. Norwegianin Boeing B737-MAX 8 -lentokoneissa ei ole mahdollisuutta päivittää lähtökohteesta saatuja lentoreitin säätietoja.

**Johtopäätös:** Mahdollisimman ajantasainen tilannekuva sään kehitymisestä parantaa ohjaajien tilannetietoisuutta ja kykyä ennakoida sään vaikutuksia lentoreitillään.

2. Ohjaajien tilannetietoisuus ukkospilvistä ja pilvisyysrintamasta oli puutteellinen.

**Johtopäätös:** Sääatutkan ennakoivan ja aktiivisen käytön painotus koulutuksessa lisää ohjaajien valmiutta reagoida muuttuviin sääilmiöihin lentoreitillään. Myös muiden tietolähteiden käyttö (esim. ACARS) lennon aikana täydentää ohjaajien tilannetietoisuutta.

3. Yhtiön ohjeistuksessa ei ole mainintaa siitä, miten kaukaa ukkospilvi tulisi kiertää.

**Johtopäätös:** Ukkospilvessä esiintyvän turbulenssin vaikutusalueita on vaikea määritellä. Turbulenssin voi välttää kiertämällä ukkospilven tarpeeksi kaukaa.

4. Ohjaajat eivät ilmoittaneet lennonjohdolle loukkaantuneista.

**Johtopäätös:** Aktiivinen kommunikointi lennonjohdon kanssa parantaa tilannekuvaa ja varmistaa viiveettömän laskeutumisen sekä nopeuttaa avun saamista.

5. SCCM ei jakanut matkustamomiehistön tehtäviä uudelleen loukkaantumisten jälkeen. Takaovilla olleiden miehistönjäsenten toimintakyky oli selvästi alentunut.

**Johtopäätös:** Matkustamomiehistön toimintakyvyn ollessa alentunut uudelleensijoittelulla varmistetaan, että jokaisella oviparilla on toimintakykyinen miehistön jäsen, ja lento voidaan suorittaa turvallisesti loppuun.

6. Takakeittiössä olleet matkustamomiehistön jäsenet loukkaantuivat turbulenssissa vakavasti ja olivat useita viikkoja sairauslomalla.

**Johtopäätös:** Turbulenssi voi aiheuttaa sekä henkisiä että fyysisiä vammoja, jotka saattavat ilmaantua viiveellä. Vammoista voi seurata pitkittyneitä sairauslomia.

7. Lentokone ehti lähteä seuraavalle lennolle ennen kuin ohjaamon ääninauhurin tiedot saatiin varmistettua tutkintaryhmän käyttöön.

**Johtopäätös:** Yhtiöllä tulisi olla yksiselitteiset menetelmät, joilla varmistetaan myös vakavan vaaratilanteen jälkeen CVR-nauhan säilyminen tutkintaa varten.

8. Yhtiöllä on ollut aiemminkin samankaltaisia turbulenssiin liittyviä vaaratilanteita, joissa ohjaajat eivät ole kommunikoineet matkustamoon. Turbulenssi tuli matkustamomiehistölle yllätyksenä.

**Johtopäätös:** Aktiivinen vuorovaikutus ja kommunikointi miehistön välillä lennon aikana parantaa tilannetietoisuutta ja turvallisuutta.

## 5 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

### 5.1 Miehistön välinen kommunikointi

Ohjaamo- ja matkustamomiehistön vuorovaikutteinen kommunikointi muuttuvista sääolosuhteista on erittäin tärkeää lennon turvallisuuden kannalta.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

*Norwegian kehittää ohjaamo- ja matkustamomiehistön välistä kommunikaatiota koulutuksessaan. [2025-S10]*

Selontekojen mukaan äärimmäiset sääilmiöt (ml. turbulenssi) ovat lisääntymässä ilmastonmuutoksen myötä, joten kommunikoinnin merkitys korostuu tulevaisuudessa entisestään.

### 5.2 Ukkospilven kiertäminen

Yksiselitteisen etäisyyden määrittelemisen ukkospilven kiertämiseen vähentää ukkospilven aiheuttamaan turbulenssiin lentämisen todennäköisyyttä.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

*Norwegian määrittää minimietäisyydet ja menetelmät ukkospilvien kiertämiseen. [2025-S11]*

Ukkospilven vaikutukset voivat ulottua jopa 20 NM etäisyydelle pilvestä tai tropopaussin yläpuolelle.

### 5.3 Säätutkan käyttö

Säätutkan aktiivinen käyttö ja seuraaminen mahdollistaa tarkemman tilannekuvan kuin tutkan automaattiasento. Tämä parantaa reagointia säätilanteen muutoksiin.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

*Norwegian lisää ohjaajien koulutusta ja tietoisuutta säätutkan aktiivisesta käytöstä. [2025-S12]*

Ohjaajien aktiivisuudella ja ennakkoinnilla on mahdollisuus säätila huomioimalla vaikuttaa reittivalintoihin ja -muutoksiin.

### 5.4 Toteutetut toimenpiteet

Norwegian teki onnettomuudesta sisäisen tutkintansa. Tutkinnassa tarkasteltiin myös muita vuonna 2024 tapahtuneita turbulenssitapauksia, jotka olivat johtaneet loukkaantumisiin. Sisäisen tutkintansa pohjalta Norwegian teki kolme turvallisuushavaintoa ja suositusta, jotka se on toteuttanut.

1. Norwegian teki uuden riskiarvoinnin, jonka lopputuloksena matkustamomiehistön ohjeistuksia muutettiin siten, että ne sallivat miehistön paikalleen istumisen aiemmin laskeutumisen ja lentoonlähdön aikana.
2. Norwegian lisäsi OM-B:hen maininnan siitä, että suurin osa loukkaantumisista tapahtuu pilven sisällä lennettäessä. Tämä maininta lisätään myös koulutusskenaarioihin.
3. Norwegian on lisännyt koulutusta lennon valmistelusta ja -seurannasta, jotta ohjaamomiehistöllä on ajantasainen tieto siitä millaisia ominaisuuksia ja työkaluja miehistöllä on käytettävissä ajantasaisten säätietojen saamiseen lennolla.

# LÄHDELUETTELO

## Kirjalliset lähteet

- Alberti, T., Faranda, D., Rapella, L., Coppola, E., Lepreti, F., Dubrulle, B., & Carbone, V. (2024). Impacts of changing atmospheric circulation patterns on aviation turbulence over Europe. *Geophysical Research Letters*, 51(23), e2024GL111618.
- Arias, P.A., N. Bellouin, E. Coppola, R.G. Jones, G. Krinner, J. Marotzke, V. Naik, M.D. Palmer, G.-K. Plattner, J. Rogelj, M. Rojas, J. Sillmann, T. Storelvmo, P.W. Thorne, B. Trewin, K. Achuta Rao, B. Adhikary, R.P. Allan, K. Armour, G. Bala, R. Barimalala, S. Berger, J.G. Canadell, C. Cassou, A. Cherchi, W. Collins, W.D. Collins, S.L. Connors, S. Corti, F. Cruz, F.J. Dentener, C. Dereczynski, A. Di Luca, A. Diongue Niang, F.J. Doblas-Reyes, A. Dosio, H. Douville, F. Engelbrecht, V. Eyring, E. Fischer, P. Forster, B. Fox-Kemper, J.S. Fuglestedt, J.C. Fyfe, N.P. Gillett, L. Goldfarb, I. Gorodetskaya, J.M. Gutierrez, R. Hamdi, E. Hawkins, H.T. Hewitt, P. Hope, A.S. Islam, C. Jones, D.S. Kaufman, R.E. Kopp, Y. Kosaka, J. Kossin, S. Krakovska, J.-Y. Lee, J. Li, T. Mauritsen, T.K. Maycock, M. Meinshausen, S.-K. Min, P.M.S. Monteiro, T. Ngo-Duc, F. Otto, I. Pinto, A. Pirani, K. Raghavan, R. Ranasinghe, A.C. Ruane, L. Ruiz, J.-B. Sallée, B.H. Samset, S. Sathyendranath, S.I. Seneviratne, A.A. Sörensson, S. Szopa, I. Takayabu, A.-M. Tréguier, B. van den Hurk, R. Vautard, K. von Schuckmann, S. Zaehle, X. Zhang, and K. Zickfeld. (2021). Technical Summary. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 33–144. doi: [10.1017/9781009157896.002](https://doi.org/10.1017/9781009157896.002).
- ICAO (2022). Innovation for a green transition. Environmental Report. <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ICA0%20ENV%20Report%202022%20F4.pdf>. Haettu 2.4.2025.
- Korosec Marko (2025). Thunderstorm basics: Understanding the power of nature. <https://www.severe-weather.eu/learnweather/severe-weather-theory/typical-thunderstorm-mk/>. Haettu 2.4.2025.
- Lee, S. H., Williams, P. D., & Frame, T. H. (2019). Increased shear in the North Atlantic upper-level jet stream over the past four decades. *Nature*, 572(7771), 639-642.
- National Transportation Safety Board (2021). Preventing Turbulence-Related Injuries in Air Carrier Operations Conducted Under Title 14 Code of Federal Regulations Part 121. <https://www.ntsb.gov/safety/safety-studies/Pages/DCA18SS003.aspx>. Haettu 2.4.2025.
- Prosser, M. C., Williams, P. D., Marlton, G. J., & Harrison, R. G. (2023). Evidence for large increases in clear-air turbulence over the past four decades. *Geophysical Research Letters*, 50(11), e2023GL103814.
- Rasmussen, J. & Svedung, I. (2000) Proactive Risk Management in a Dynamic Society. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Services Agency.
- Vuorio, A. J., Bor, R., Budowle, B., Gray, A., & Suhonen-Malm, A. S. (2025). Assessment Policy of Post-traumatic Stress Disorder in Aviation and its Practical Application Using Turbulence-triggered Trauma as an Example. *Frontiers in Public Health*, 13, 1505004.

## **Tutkinta-aineisto**

- 1) Norwegianin sisäinen turvallisuustutkintaraportti
- 2) Norwegianin käsikirjat ja ohjeistukset
- 3) Norwegianin henkilökunnan koulutusmateriaali liittyen turbulenssiin ja tutkan käyttöön
- 4) ASR-raportit aiemmista Norwegianin turbulenssitapauksista
- 5) Norwegianin Safety Review Boardin kokousten pöytäkirjat
- 6) Ilmatieteen laitoksen sääanalyysi
- 7) Kuulemiset
- 8) Miehistön lentokokemustiedot
- 9) Miehistön lupakirjat
- 10) Miehistön työvuorolistat
- 11) Loukkaantuneiden miehistön jäsenten potilaskertomukset ja epikriisit
- 12) Pelastuslaitoksen hälytysseleste ja onnettomuusseleste
- 13) Tallenteet hätäkeskuspuheluista
- 14) Tallenteet radiopuhelinliikenteestä
- 15) Lentokoneen lentokelpoisuuteen liittyvät dokumentit
- 16) ECCAIRS-data Euroopassa sattuneista turbulenssionnettomuuksista

## **YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA**

Tutkintaselostusluonnos on ollut lausunnolla asianosaisilla, Liikenne- ja viestintävirastossa, Norwegianilla, Yhdysvaltain kansallisella liikenneturvallisuuslautakunnalla, Ruotsin turvallisuustutkintaviranomaisella ja Euroopan unionin lentoturvallisuusvirastossa. Yksityishenkilöiden antamia lausuntoja ei turvallisuustutkintalain mukaisesti julkaista.

**Euroopan unionin lentoturvallisuusvirasto (EASA)** huomautti lausunnossaan, että tutkintaselostusluonnoksesta ei käy ilmi, mitä säätietoja lentäjien briefing-pakettiin kuului. Lisäksi lausunnossa ehdotettiin pieniä muita korjauksia säätietoja ja sääanalyysiä koskeviin lukuihin. Muutosehdotukset otettiin huomioon tutkintaselostuksen lopullisessa versiossa ja alaviitteeseen lisättiin luettelo lentäjien briefing-paketissa olleista säätiedoista.

Liikenne- ja viestintävirastolla, Norwegianilla, Ruotsin turvallisuustutkintaviranomaisella ja Yhdysvaltain kansallisella liikenneturvallisuuslautakunnalla ei ollut kommentoitavaa selostuksen sisällöstä.