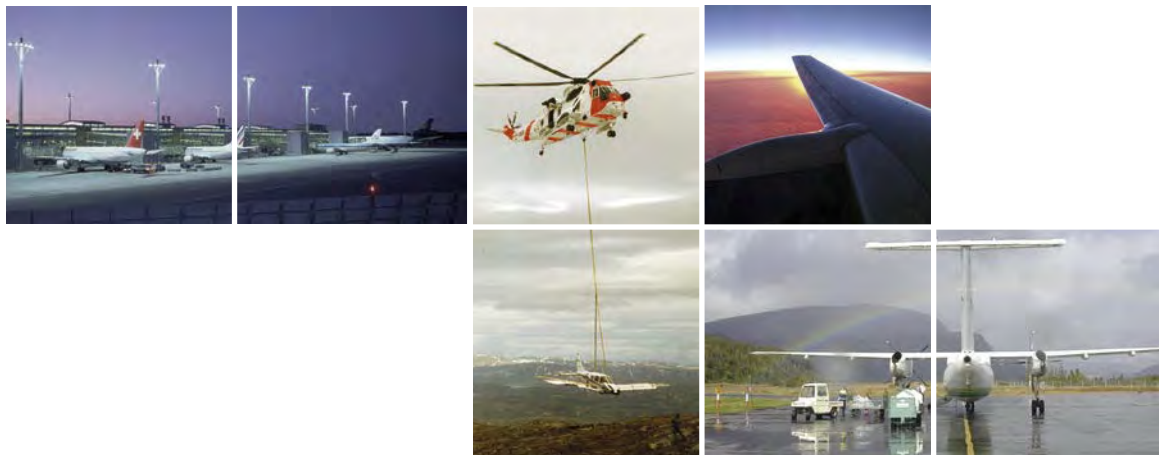


RAPPORT

SL 2015/01



RAPPORT OM ALVORLIG LUFTFARTSHENDELSE UNDER INNFLYGING TIL KITTILÄ LUFTHAVN FINLAND (EFKT) 26. DESEMBER 2012 MED BOEING 737-800, LN-DYM, OPERERT AV NORWEGIAN AIR SHUTTLE ASA

 This report is also available in English

Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre flysikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke flysikkerheten, enten de er årsaksfaktorer eller ikke, og fremme tilrådinger. Det er ikke Havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid skal unngås.

ISSN 1894-583X (trykt utg.)
ISSN 1894-5902 (online)

Statens havarikommisjon for transports virksomhet er hjemlet i lov 11. juni 1993 nr. 101 om luftfart § 12-1 jf. forskrift 22. januar 2002 nr. 61 om offentlige undersøkelser av luftfartsulykker og luftfartshendelser innen sivil luftfart § 4.

Foto: SHT og Trond Isaksen/OSL

INNHOLDSFORTEGNELSE

MELDING OM HENDELSEN	3
SAMMENDRAG.....	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	5
1.1 Hendelsesforløp	5
1.2 Personskader	9
1.3 Skader på luftfartøy.....	9
1.4 Andre skader	9
1.5 Personellinformasjon	10
1.6 Luftfartøy	12
1.7 Været.....	17
1.8 Navigasjonshjelpemidler.....	18
1.9 Samband.....	18
1.10 Flyplasser og hjelpemidler	18
1.11 Flyregistratorer.....	18
1.12 Havaristedet og flyvraket.....	20
1.13 Medisinske og patologiske forhold	20
1.14 Brann.....	20
1.15 Overlevelsesaspekter.....	20
1.16 Spesielle undersøkelser	20
1.17 Organisasjon og ledelse	27
1.18 Andre opplysninger.....	34
1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder.....	41
2. ANALYSE.....	43
2.1 Innledning	43
2.2 Hendelsesanalyse	43
2.3 Data fra flygeregistratorer.....	44
2.4 Blokkering av høyderorssystemet på Boeing 737	44
2.5 Norwegian – prosedyrer og trening	46
2.6 Varsling av hendelsen	47
2.7 Faktorer som kan utelukkes fra hendelsen.....	48
3. KONKLUSJON	48
3.1 Vesentlige undersøkelsesresultater av betydning for flysikkerheten.....	48
3.2 Undersøkelsesresultater	49
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER	50
VEDLEGG.....	52

RAPPORT OM ALVORLIG LUFTFARTSHENDELSE

Luftfartøy:	Boeing Commercial Airplane Group, Boeing 737-800 NG (B737-8JP)
Nasjonalitet og registrering:	Norsk, LN-DYM
Eier:	SMFL Aircraft Capital Corporation B.V., the Netherlands
Bruker:	Norwegian Air Shuttle ASA
Besetning:	2 flygere + 4 kabinbesetningsmedlemmer
Passasjerer:	173
Hendelsessted:	ILS innflyging til rullebane 34 ved Kittilä lufthavn, Finland (EFKT) (ca. 67° 30' N 025° 00' Ø)
Hendelsestidspunkt:	Onsdag 26. desember 2012 kl. 1028

Alle tidsangivelser i denne rapport er lokal finsk tid (UTC + 2 timer) hvis ikke annet er angitt.

MELDING OM HENDELSEN

Hendelsen ble skriftlig innrapportert til Luftfartstilsynet i Norge via rapporteringssystemet til Norwegian Air Shuttle om morgen den 27. desember 2012. Dette var innen tidsfristen på 72 timer. Som følge av at hendelsen inntreffer i Finland og således ikke var varslingspliktig til norsk undersøkelsesmyndighet, ble ikke Statens havarikommisjon for transport (SHT) varslet.

Flyselskapet tok kontakt med finsk havarikommisjon og informerte om hendelsen pr. e-post den 8. januar 2013. Finsk havarikommisjon forespurte først finsk luftfartstilsynsmyndighet (CAA) om de hadde mottatt rapport om hendelsen, og deretter ble rapporten som Luftfartstilsynet i Norge hadde mottatt, rekvirert og oversendt til finsk havarikommisjon. På bakgrunn av innholdet i rapporten, tok finsk havarikommisjon kontakt med SHT samme dag (8. januar 2013). Hovedregelen er at det er den nasjonen hvor en hendelse inntreffer "State of Occurrence", i dette tilfelle Finland, som er den nasjonen som gjennomfører en undersøkelse. I fellesskap kom finsk og norsk havarikommisjon frem til at det var mest hensiktsmessig at undersøkelsen skulle gjøres av SHT.

I henhold til ICAO Annex 13 (*Aircraft Accident and Incident Investigation*) sendte SHT underretninger om igangsatt undersøkelse til den amerikanske havarikommisjonen NTSB, EUs luftfartsbyrå EASA, finsk havarikommisjonen og det norske Luftfartstilsynet. NTSB og finsk havarikommisjon utpekte akkrediterte representanter som har bistått i undersøkelsen.

SAMMENDRAG

Under innflyging til Kittilä (EFKT) i Finland den 26. desember 2012 var LN-DYM, en Boeing 737-800 NG på Norwegian Air Shuttle (NAS) sin rute NAX5630 fra Helsinki lufthavn (EFHK), nær ved å steile. Utfallet av en steiling ville mest sannsynlig ha blitt katastrofalt, hovedsakelig fordi høyderorsystemet på det tidspunkt ikke fungerte som normalt. Høyderorsystemet fungerte kun med en rate på 1:250.

Før avgang ble det foretatt avising for å fjerne ca. 25 cm snø som hadde lagt seg på flyet. Avgangen og flygingen underveis var normal. Under innflyging til Kittilä var flyet etablert på retningsstrålen (localizer) i 4 421ft (AMSL) med flaps 5 konfigurasjon og autopilot samt autothrottle innkoplet. I det flyet var i ferd med å komme inn på glidebanen, begynte høyderorstrimmen å gå i retning nese opp. Trimmen fortsatte i 12 sekunder. Samtidig startet flyet utilsiktet å stige mens flyets autothrottle initierte full motorkraft. Begge flygerne presset etter hvert med full kraft på høyderorsstikka, men flyets nese fortsatte å heve seg til en vinkel på +38,5°. Samtidig sank flyets hastighet til 118 kt (Calibrated Airspeed CAS) og angrepsvinkel (Angle Of Attack, AOA) var på det høyeste ca. 25°. Flyet var således relativt nær ved å steile. Flyets autopilot ble koplet ut like etter at flyets nesevinkel var på det høyeste. Kontroll over flyet ble sakte gjenvunnet. Ny innflyging ble senere gjennomført uten ytterligere problemer.

Havarikommisjonens undersøkelse har avdekket at avisingsvæske hadde kommet inn i halepartiet og frosset på tre eller fire av styrearmene til flyets to høyderor Power Control Unit (PCU) og dermed hindret disse i å fungere som tiltenkt. Undersøkelsen har dokumentert at det, selv etter innføring av nye avisingsprosedyrer fra Boeing, kommer betydelige mengder væske og fuktighet inn i halepartiet (Tail Cone Compartment) under avising. SHT stiller spørsmål ved om dette tilfredsstillende sertifiseringskravene til flytypen. Havarikommisjonen mener det er behov for tiltak som bedre forhindrer isdannelse på styrearmene og dermed reduserer risiko for blokkering av normal høyderorsfunksjon på Boeing 737 serien.

Undersøkelsen har også avdekket forbedringspotensial vedrørende registrering av innkomne henvendelser til selskapets senter for styring av vedlikehold og det faktum at LN-DYM fortsatte å operere etter hendelsen.

Det fremmes tre sikkerhetstilrådingen i forbindelse med avgivelse av denne rapporten.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Hendelsesforløp

1.1.1 Forberedelser til flygingen

1.1.1.1 LN-DYM, en Boeing 737-800 NG, skulle fly på Norwegian Air Shuttle sin ruteflyging NAX5630 fra Helsinki lufthavn Vantaa (EFHK) til Kittilä lufthavn (EFKT) om morgenen 2. juledag, 26. desember 2012.

1.1.1.2 Grunnet julehøytiden hadde ikke flyet fløyet siden 23. desember. I løpet av disse tre dagene hadde flyet stått utendørs i snøbyger, relativt mye vind og kulde. Det hadde lagt seg ca. 25 cm snø på flyet.

1.1.1.3 Rutinemessig inspeksjon ("A1 & S-sjekk") hadde blitt utført av flyteknikere. Om morgenen, før avgang, utførte besetningen rutinemessig "Pre Flight Inspection" og andre forberedelser til flygingen. Flyet var uten tekniske anmerkninger før avgang.

1.1.1.4 Etter at passasjerer og last hadde kommet om bord, forlot LN-DYM terminalen kl. 0847, i henhold til rutetabell. Flyet ble takset til et dedikert område (Apron 8) for å gjennomgå en omfattende avising.

1.1.1.5 Avisingen ble påbegynt kl. 0858 og nærmere 3 000 liter avisingsvæske ble benyttet for å fjerne snø og is (se vedlegg D for utfyllende detaljer).

1.1.1.6 Foruten de ordinære sjekklister før avgang, benyttet flygerne selskapets sjekklister i forbindelse med avisingen. Sjekklister er basert på standard prosedyrer fra flyfabrikanten Boeing. Nevnte sjekklister innebar blant annet at flygerne før avisingen skulle sette den horisontale stabilisatortrimmen i flight deck til maksimalt fremre posisjon. I tillegg hadde, og har, Norwegian som prosedyre at flygerne etter avising skal bevege stikka (Control Column) tre ganger mellom fullt fremre og bakre posisjon. Ferdskriverdata viser at stikka ble ført mellom fremre og bakre posisjon fem ganger. Fartøysjefen har forklart at stikka beveget seg normalt, uten merkbar unormal motstand. Avisingen var fullført kl. 0913.

1.1.1.7 Temperaturen på flyplassen var på det tidspunkt -17 °C (1 °F).

1.1.1.8 Flyet tok deretter av fra Vantaa kl. 0921 (35 minutter etter at taksing ble påbegynt). Besetningen har forklart at avgangen, flygingen underveis i flygenivå FL360 og innledende innflyging forløp normalt. Fartøysjefen var den som førte flyet (Pilot Flying, PF), mens styrmannen var den som overvåket flygingen (Pilot Monitoring, PM / Pilot Not Flying, PNF).

1.1.2 Innflygingen til Kittilä

1.1.2.1 Ut fra væropplysningene var flygerne forberedt på at de ville passere en temperaturinversjon¹ under innflygingen til Kittilä, og de diskuterte dette.

¹ Temperaturinversjon er et meteorologisk fenomen i atmosfæren der temperaturen øker med høyden og ikke lenger minker med høyden som den vanligvis gjør.

1.1.2.2 1 time og 8 minutter etter avgang nærmet flyet seg Kittilä og flygerne hadde etablert flyet på localizer for instrumentinnflyging (ILS) til rullebane 34. Da flyet passerte 4 421 ft AMSL (ca. 3 800 ft høyde over THR RWY 34) hadde det følgende konfigurasjon:

Flaps:	5°
Understell:	Innfelt
Autopilot:	Innkoplet og med approach mode kanal A i bruk
Autothrottle:	Innkoplet
Motorkraft:	Ca. 30 % N1 og N2
Nesevinkel:	+ 1,5°
Localizer:	Etablert
Flyhastighet:	193 CAS
Vingeavising:	På

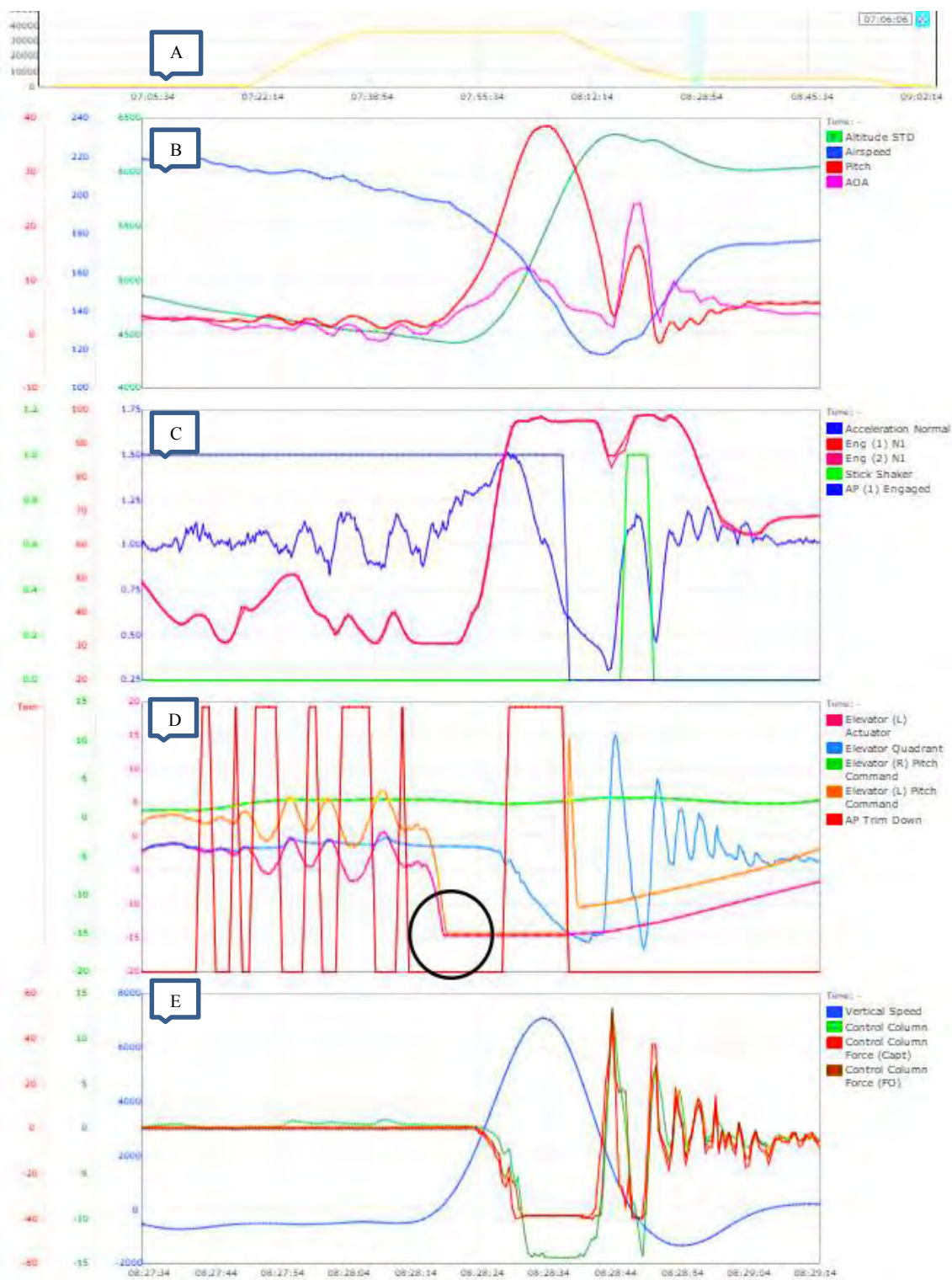
Følgende forhold var gjeldende:

Isingsforhold:	Moderat
Utvendig temperatur:	-12 °C SAT (-7 °C TAT), (10 °F SAT (-19 °F TAT))
Temperatur på flyplassen:	-22 °C, -8 °F

1.1.2.3 Flyet ble posisjonert for å komme inn fra undersiden av glidebanen. Da det var i ferd med å bli etablert på glidebanen, startet den elektriske elevator stabilisatortrimmen å gå. På Boeing 737 er det vanlig at stabilisatortrimmen i en slik fase går i noen sekunder, men denne gangen gikk trimmen i hele 12 sekunder i retning nese opp². Trimmen endrer stilling på hele den horisontale stabilisatoren. Før dette skjedde hadde flyets nesevinkel vært +1,5°, men som følge av den nye stillingen på trimmen hevet flyets nese seg betydelig.

1.1.2.4 Dette førte til at flyhastigheten raskt avtok, dermed initierte flyets autothrottle system full motorkraft. På Boeing 737 er motorene plassert lavt nede under flyets tverrakse (pitch). Full motorkraft fikk flyets nese til å heve seg ytterligere, med tilhørende ytterligere tap av flyhastighet. Figur 1 viser utdrag fra flyets ferdskriverdata i forbindelse med hendelsen.

² Når trimmen går gir den en karakteristisk lyd og en hvit markering på trimhjulet er lett synlig.



Figur 1: Utdrag av ferdskriverdata i tidsrommet da hendelsen pågikk.

Figur 1A viser flyets flyprofil (hele flygingen).

Figur 1B viser flyhøyde, flyhastighet, flyets nesevinkel og angrepsvinkel.

Figur 1C viser motorkraft, status på steilevarsel (stick shaker), status på autopilot og akselerasjon (G-belastning).

Figur 1D viser sort sirkel markerer når Power Control Unit ble blokkert.

Figur 1E viser kreftene på kontrollstikkene.

- 1.1.2.5 Da flyets nesestilling passerte $+12^\circ$, begynte begge flygerne å presse på stikka, i et forsøk på å få senket flyets høye nesevinkel. Flyet befant seg i denne perioden i skyer (IMC). Under første fase mens flyets nese utilsiktet hevet seg, ble det ikke gjort forsøk på å kople ut flyets autopilot, autothrottle system eller manuelt å kjøre den elektriske stabilisator trimmen i retning nese ned. Motorkraften ble heller ikke redusert. Ett eller flere av disse tiltak ville ha medført at flyet hadde begynt å flate ut tidligere. Det fremgår av fartøysjefens senere forklaring at han mente at autopiloten selv hadde koplet seg ut i en tidlig fase. Flytypen er konstruert slik at dersom flygerne skyver eller trekker med en viss kraft³ på stikka, skal autopiloten automatisk kople seg ut⁴ (se pkt. 1.6.3.13).
- 1.1.2.6 Maksimum nesevinkel på $+38,5^\circ$ inntraff to sekunder etter at flygerne hadde oppnådd full kraft fremover på stikka helt frem til mekanisk stopp. Ferdskriverdata viser at flygerne benyttet en kraft på tilsammen 174 lb⁵. Først etter at flyet hadde nådd toppen og nesestilling passerte $+35^\circ$ på vei ned, benyttet flygerne manuelt den elektriske trimmen og dette medførte at autopiloten automatisk koplet seg ut. Flyets nesevinkel hevet seg utilsiktet fra $+1,5^\circ$ til $+38,5^\circ$ over en periode på 20 sekunder. Samtidig sank flyhastigheten til en faretruende lav hastighet på 118 kt (CAS). Etter hvert klarte flygerne langsomt å få senket nesestillingen.
- 1.1.2.7 Beregninger foretatt av Boeing, tilsier at høyderøret responderte ekstremt sakte. Kun $0,2^\circ/\text{sekund}$ mot normalt $50^\circ/\text{sekund}$, noe som tilsier en rate på 1:250 i forhold til normal respons.
- 1.1.2.8 Under gjenvinning av kontroll, da nesevinkelen passerte $+10^\circ$, trakk flygerne stikka raskt tilbake med en kraft på ca. 100 lb⁶. Denne overkorrigering medførte at flyets nese hevet seg igjen til $+16^\circ$. Angrepsvinkelen var da oppe i ca. 25° Angle Of Attack, AOA og resulterte i at flyets "Stick Shaker" og steilevarsel kom på i fire sekunder.
- 1.1.2.9 Flyet steg 1 928 ft (fra laveste høyde 4 421 ft AMSL (ca. 3 800 ft over flyplassens høyde) til maksimum høyde 6 349 ft AMSL) i løpet av 24 sekunder.
- 1.1.2.10 Beregninger i ettertid har vist at steilehastighet, ved 1 G vingebelastning, for angjeldende konfigurasjon er 121 kt. Flyet hadde følgelig en kort periode en flyhastighet på 3 kt under steilehastighet. Siden vingebelastningen kun var 0,30 G mens flyhastigheten var på det laveste steilet likevel ikke flyet⁷.
- 1.1.2.11 Etter at flygerne hadde klart å gjenvinne kontroll på flyet, etablerte de flyet i et ventemønster.
- 1.1.2.12 Besetningen på LN-DYM mistenkte at en kraftig temperaturinversjon kunne ha forårsaket hendelsen. På forespørsel fra Kittilä TWR opplyste besetningen dette som årsak til den avbrutte innflygingen. Besetningen og tårnet utvekslet deretter informasjon om temperaturforholdene utenfor flyet og på bakken.

³ Mer enn 25 lb (ca. 11 kg) ved autopilotkanal A eller B innkoplet og mer enn 50 lb (ca. 22 kg) ved både autopilotkanal A og B innkoplet forutsatt at kreftene påføres over en viss tid og avhengig av posisjoner i systemet.

⁴ Utkopling av autopiloten gir en karakteristisk varsellyd.

⁵ Ca. 79 kg

⁶ Ca. 44 kg

⁷ Basert på beregninger fra "Performance Engineers Manual. Boeing issue no 38, NSB, dato 06.01.2009 model no 737-800WSFP17CFM56-7B26, section 2 Aerodynamic Data".

- 1.1.2.13 Flyet hadde tilstrekkelig med drivstoff til å kunne ha fløyet til Rovaniemi som alternativ flyplass pluss pålagte drivstoffreserver. Etter nærmere en halv time i ventemønster og etter at flygerne hadde verifisert at relevante systemer fungerte normalt, besluttet fartøysjefen å utføre en ny innflyging. Innflygingen og landingen kl. 1059 var hendelsesfri.
- 1.1.2.14 SHT har ikke mottatt informasjon om at noen av passasjerene har reagert på flyets bevegelser.
- 1.1.3 Varsling av hendelsen
- 1.1.3.1 Fartøysjefen anførte ikke noen anmerkning om hendelsen i flyets tekniske journal. Følgelig ble det heller ikke vurdert om LN-DYM skulle tas ut av drift etter landingen i Kittilä, eller etter at flyet senere hadde returnert til Helsinki.
- 1.1.3.2 Fartøysjefen har forklart til Havarikommisjonen at han etter landingen i Kittilä tok telefonisk kontakt med flyselskapets Maintenance Control Center (MCC) på Gardermoen for å informere om hendelsen og forhøre seg om behov for eventuelle tiltak. Han skal ha informert om at flyets autopilot utilsiktet hadde fått flyet til å stige bratt og at flygerne hadde måttet presse manuelt på stikka samt at flyets “stick shaker” hadde blitt aktivisert. Han informerte dem om at flyet hadde fløyet gjennom en temperaturinversjon under innflygingen og at han ikke hadde noe å anføre i flyets teknisk logg. Fartøysjefen har forklart Havarikommisjonen at han og vakthavende på MCC skal ha diskutert ulike alternativer og besluttet at flyet kunne fortsette videre flyging. Styrmannen skal ha vært enig i denne beslutningen.
- 1.1.3.3 To dager senere, den 28. desember 2012 tok fartøysjefen telefonisk kontakt med vakthavende sjefsflyger (som er flygesjef) i Norwegian Air Shuttle og informerte om hendelsen. Vakthavende oppfattet ikke hendelsen som alvorlig, og iverksatte ingen spesielle tiltak verken med flyet eller besetningen.

1.2 Personskader

Tabell 1: Personskader

Skader	Besetning	Passasjerer	Andre
Omkommet			
Alvorlig			
Lettere			
Ingen	6	173 ⁸	

1.3 Skader på luftfartøy

Ingen.

1.4 Andre skader

Ingen.

⁸ Inkludert 3 spebarn

1.5 Personellinformasjon

1.5.1 Fartøysjef

1.5.1.1 Fartøysjef: Mann, 37 år.

Sertifikat: ATPL (A) (JAR-FCL) gyldig til 29. april 2017.

Rettigheter: B737-300-900 gyldig til 30. april 2013.

IR ME/MP gyldig til 30. april 2013.

TRI (MPA) gyldig til 28. februar 2013.

Språkttest: Engelsk gyldig til 31. mars 2015.

Legeattest: Klasse 1 uten begrensninger og gyldig til 12. juni 2013.

OPC/PC: Gyldig til 30. april 2013.

1.5.1.2 Fartøysjefen tok sin flygerutdannelse i Estland og var ferdig utdannet flyger i 1993. De første årene fløy han blant annet Antonov 28. I 1998 fikk han jobb i Estonian Air hvor han først fløy Fokker 50 og siden 2002 på Boeing 737 Classic som styrmann og fra 2007 som kaptein. I perioden fra 2009 til primo 2011 fløy han som kaptein på Boeing 737 for et estlandsk charterselskap.

1.5.1.3 I mars 2011 begynte han på kurs for å fly som kaptein for Norwegian Air Shuttle på Boeing 737-800 NG (Next Generation). Kurset bestod av tre uker i treningsavdelingen og deretter simulatortrening samt rutetrening på til sammen 40 sektorer med avsluttende prøver.

1.5.1.4 Fartøysjefen har sitt ansettelsesforhold hos et byrå som leier ut flygere til blant annet Norwegian. I Norwegian Air Shuttle har han hatt stasjonering ved selskapets base i Helsinki og utelukkende fløyet Boeing 737-800 NG.

Tabell 2: Flygetid fartøysjef

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	2	2
Siste 3 dager	5	5
Siste 30 dager	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt
Siste 90 dager	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt
Totalt	8 880	3 500

1.5.1.5 I friperiodene bodde fartøysjefen i Tallinn mens han i arbeidsperiodene bodde i nærheten av Vantaa lufthavn i Helsinki. Dagen før hendelsen hadde han standby og tilbrakte tiden i Helsinki.

1.5.1.6 Fartøysjefen har opplyst at han følte seg uthvilt på hendelsesdagen og hadde spist frokost.

1.5.1.7 På hendelsesdagen kjørte han fra sin bopel i Helsinki. Innsjekkstid var kl. 0735 og planlagt avgang kl. 0847.

- 1.5.1.8 Det var første gang fartøysjefen fløy sammen med styrmannen. Styrmannen for den angjeldende flygingen var også kaptein i selskapet. Fartøysjefen hadde erfaring med å fly med andre kapteiner og anså ikke dette som noe problem.
- 1.5.1.9 Fartøysjefen hadde fløyet til Kittilä ca. ti ganger tidligere. Han har opplyst at det å fly til Kittilä ikke innebar vesentlige forskjeller fra å fly til andre flyplasser, hvor også været kan forandre seg raskt.
- 1.5.2 Styrmann
- 1.5.2.1 Styrmann: Mann 45 år.
- Sertifikat: ATPL (A) (JAR-FCL), gyldig til 14. mars 2017.
- Rettigheter: B737 (300-900), gyldig til 28. februar 2013.
IR ME/MP gyldig til 28. februar 2013.
- Språkstest: Engelsk med ubegrenset gyldighet.
- Legeattest: Klasse 1 uten begrensninger og gyldig til 3. mars 2013.
- OPC/PC: Gyldig til 28. februar 2013.
- 1.5.2.2 Styrmannen var i 1993 ferdig utdannet trafikkflyger etter å ha tatt utdanning i USA og Danmark. I perioden 1997-2008 fløy han i Maersk Air og Sterling på Boeing 737 og Bombardier (Canadair) CRJ. Han har videre fløyet for Air India 2009-2010 og Astraeus 2010-2011. Siden 2008 har han fløyet som kaptein på Boeing 737.
- 1.5.2.3 I januar 2012 begynte han å fly som kaptein på Boeing 737 for Norwegian Air Shuttle. Styrmannen har hatt stasjonering ved selskapets base i Helsinki og der utelukkende fløyet Boeing 737-800 NG.

Tabell 3: Flygetid styrmann

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	2	2
Siste 3 dager	2	2
Siste 30 dager	167	167
Siste 90 dager	574	574
Totalt	11 500	7 803

1.6 Luftfartøy



Figur 2: Boeing 737-800 NG, LN-DYM. Foto: Privat

1.6.1 Data LN-DYM

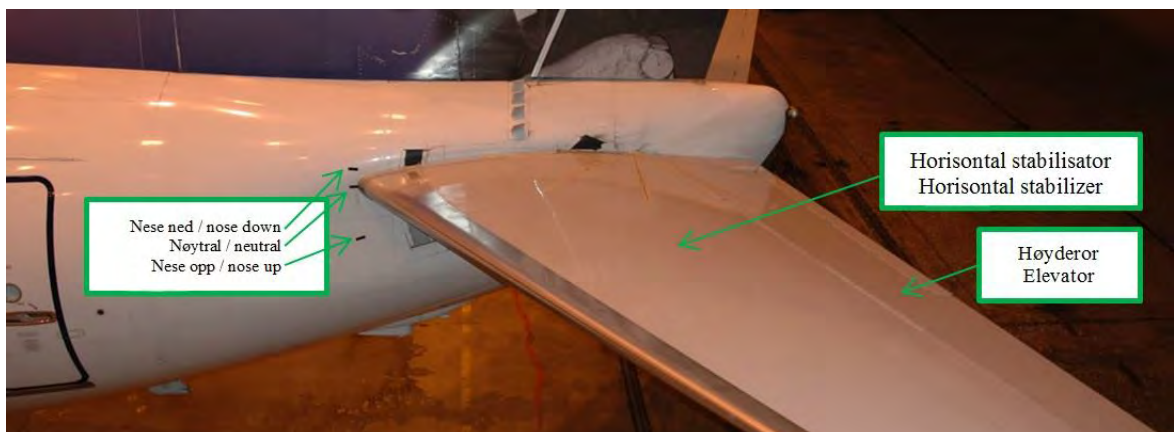
Flytype:	Boeing 737-800 Next Generation (B737-8JP)
Serienummer:	39005
Produksjonsår:	2011
Totalt antall flytimer:	6 468:30
Totalt antall landinger:	3 788
Siste A1 & S-inspeksjon:	25. desember 2012
Siste C- og vinterinspeksjon:	7. januar 2012
Main LH Elevator Power Control Unit (PCU):	P/N: 251A2160-2/, S/N: 14443 (ikke byttet etter at flyet ble levert fra Boeing)
Main RH Elevator Power Control Unit (PCU):	P/N: 251A2160-2/, S/N: 14475 (ikke byttet etter at flyet ble levert fra Boeing)

1.6.2 Tyngdepunkt og last

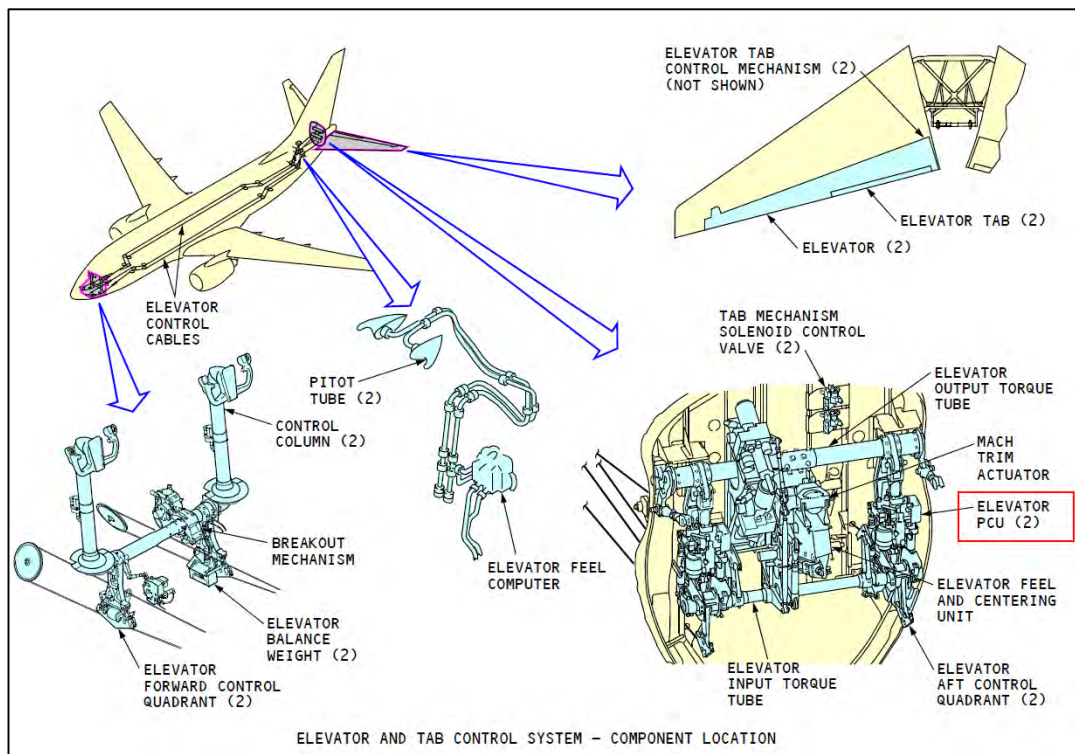
1.6.2.1	Beregnet masse ved landing:	64 053 kg
	Maksimalt tillatt masse ved landing:	66 360 kg
	Beregnet tyngdepunkt ved landing:	24,4 % MAC

Flyets balanse var innenfor tillatte grenseverdier.

- 1.6.2.2 Havarikommisjonen har foretatt beregninger om hvorvidt forskyvning av last bakover i lasterommene kunne ha forårsaket hendelsen. Beregninger viser at dersom all last i lasterom nr. 1 hadde forskjøvet seg til nr. 2, og samtidig all last fra lasterom nr. 3 til lasterom nr. 4, ville tyngdepunktet fortsatt ha vært innenfor tillatte begrensninger.
- 1.6.3 Høyderorssystemet – Power Control Units (PCU)
- 1.6.3.1 I det etterfølgende beskrives flyets høyderorssystem med tilhørende Power Control Units (PCU):
- 1.6.3.2 Høyderorssystemet er lokalisert i halepartiet (Tail Cone Compartment). Det er mekanisk wire-overføring fra høyderorsstikkene (control columns) i flight deck og bakover til halepartiet (se figur 4). Wirene forbindes til overføringsarmer som vrir nedre “Elevator Input Torque Tube”. Derfra overføres det en kraft via to komprimerbare stag “Input Pogo” til de fire styrearmene på flyets to PCU’er (se figur 4 og figur 6).
- 1.6.3.3 Boeing 737 Classic (100-500 serien) er utstyrt med to høyderors PCU. Hver PCU har en styrearm. Boeing 737 NG Next Generation (600-900 serien) har også to høyderors PCU. For å øke redundansen, har Boeing gitt hver av de to PCU’ene to styrearm primær og sekunder (Primary Input Crank og Secondary Input Crank), dvs. totalt fire styrearm.
- 1.6.3.4 PCU’ene blir drevet av et 3 000 psi hydraulisk systemtrykk. PCU’ene virker som aktuatorer og roterer “Elevator Output Torque Tube”, som igjen direkte beveger høyderoret opp og ned.
- 1.6.3.5 Høyderoret er plassert på bakkant av den horisontale stabilisatoren. Flyet trimmes ved at monteringsvinkelen endres på den horisontale stabilisatoren. Trimmingen skjer elektrisk og styres automatisk eller via trim-bryterne på stikka (control column) i flight deck. Den horisontale stabilisatoren utgjør en relativt stor flate som i stor grad vil påvirke flyets aerodynamiske krefter om tverraksen (pitch) (se figur 3).
- 1.6.3.6 Med autopilot innkoplet i “approch mode”, vil flyets aktive Flight Control Computer (FCC) gi kommandoer til høyderoret om å følge glidebanen. Hvis høyderor PCU’ene ikke responderer, vil Flight Control Computer gi kommandoer til stabilisatortrimmen om å endre vinkel på horisont stabilisator for å få flyet til å følge glidebanen.



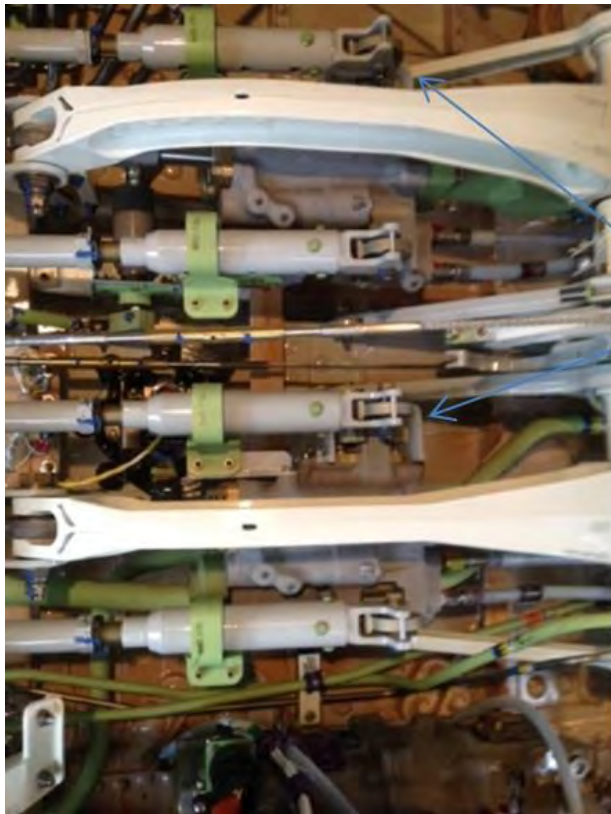
Figur 3: Viser størrelsesforholdet mellom horisontal stabilisator og høyderor, samt bevegelsesområde for horisontal stabilisator. Foto: SHT



Figur 4: Illustrasjonsskisse over høyderorssystemet og plassering av komponenter.

Kilde: - Boeing Proprietary Information. Copyright © Boeing. Reprinted with permission of the Boeing Company.

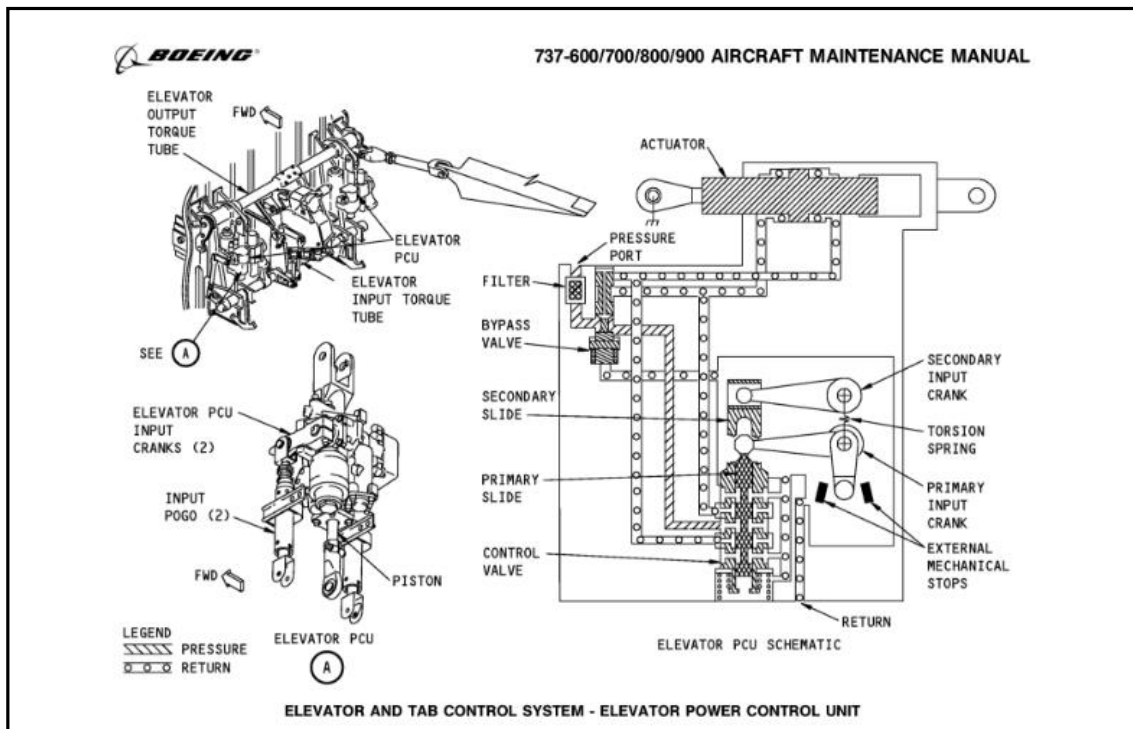
- 1.6.3.7 Flytypens to høyderors PCU'er er identiske. Sett i fartsretningen befinner primær styrearm på venstre PCU og sekundær styrearm på høyre PCU seg ytterst mot flyskroget (se figur 4). Minsteavstand fra åpningen i flyskroget til ytterste styrearm på en PCU er ca. 18 cm (7,9 tommer) og tilsvarende avstand til innerste styrearm er ca. 21 cm (8,3 tommer).
- 1.6.3.8 Som det fremkommer av figur 8, har sekundærarmene på PCU'ene et deksel som delvis omslutter styrearmene, mens primærarmene ikke har noe beskyttelsesdeksel. Dekselet omslutter styrearmen bakover, men har åpning i flyets fartsretning.
- 1.6.3.9 Slik Havarikommisjonen har forstått det, er PCU'ene utstyrt med et deksel fordi samme type PCU også benyttes til styring av balanserorene på Boeing 737. De to balanserors PCU'ene er montert i hjulbrønnen med styrearmene horisontalt og er derfor mer eksponert for fremmedlegemer. For å bidra til å forhindre at eventuelle fremmedlegemer skal falle ned og blokkere styrearmene på balanserors PCU'ene, er disse utrustet med deksel over den styrearmen som ligger øverst (sekundær). Se figur 5.



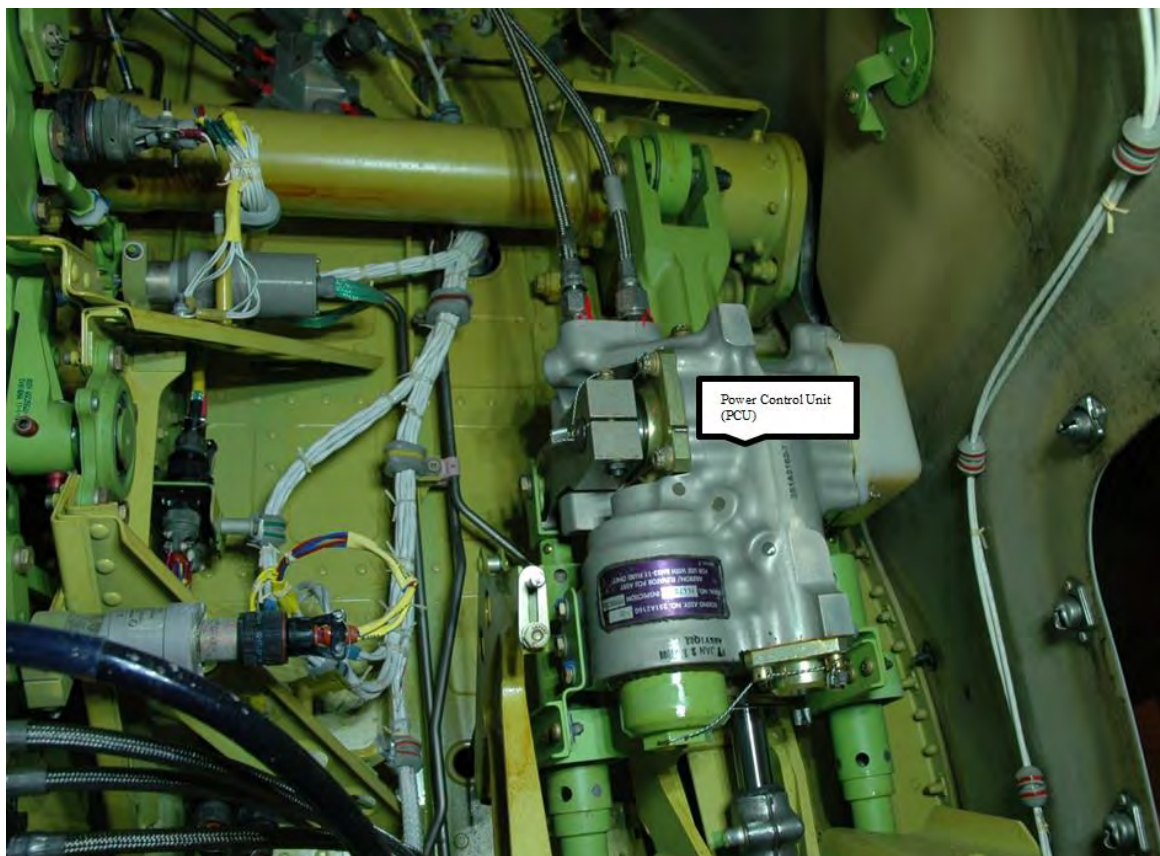
Deksel / cover

Figur 5: Bilde fra Boeing 737-800 hjulbrønn tatt i flyets fartsretning. Bildet viser at hver PCU har et beskyttelsesdeksel over de sekundære styrearmene. Foto: SHT

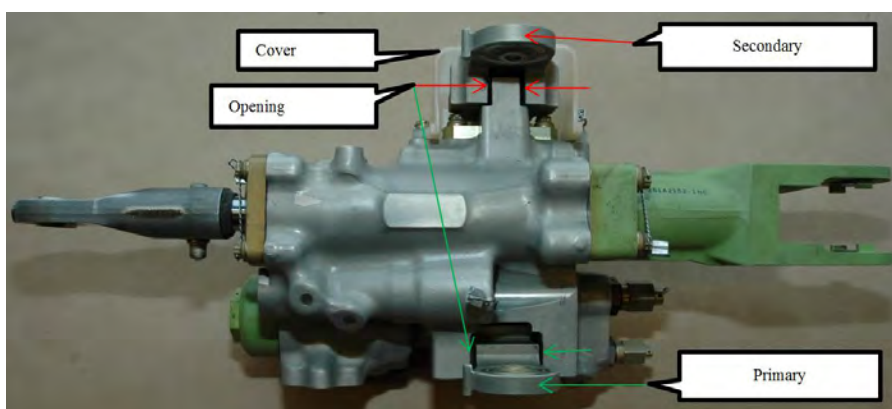
1.6.3.10 På laveste punkt i Tail Cone Compartment er det et ca. Ø 10 mm dreneringshull for at eventuell væske som kommer inn i rommet skal kunne renne ut.



Figur 6: Viser skjematisk oppbygging av en høyderors PCU. Kilde:- Boeing Proprietary Information. Copyright © Boeing. Reprinted with permission of the Boeing Company.



Figur 7: Foto tatt inne i Tail Cone Compartment og viser baksiden av høyre PCU på LN-DYM (31. januar 2013). Foto: SHT



Figur 8: Viser framsiden av en PCU. Legg merke til de trange spaltene ("opening") hvor et fremmedlegeme/is kan blokkere bevegelse av primær og sekundær styrearmene og dermed hindre normale utslag på PCU (aktuator) Foto: SHT

- 1.6.3.11 Havarikommisjonen har målt spalteåpning på en Power Control Unit til å være ca. 1,9 mm (0,075 tomme) (merket "opening" på figur 8). Styrearmene skal således bevege seg svært lite fra nøytralposisjon hvor høyderoret blir stående i den posisjon det er, og til å gi styresignal om at PCU'en skal bevege høyderoret i retning opp eller ned. Dette medfører at dersom det legger seg et fremmedlegeme/is som blokkerer spalteåpningen, vil dette påvirke normal styring av høyderoret.
- 1.6.3.12 Basert på at ferdskriverdataene påviste at blokkering av Power Control Unit hadde forhindret flyets normale høyderorsfunksjon (se figur 1 og kapittel 1.11.1), har

havarikommisjonen undersøkt hva som kan ha forårsaket blokkering. Disse undersøkelsene beskrives i kapittel 1.16.

- 1.6.3.13 I forbindelse med gjennomsyn av denne rapporten har Norwegian informert om at det eksisterer en forskjell i Boeing 737 manualene når det gjelder når man får automatisk utkobling av autopiloten. I Flight Crew Operations Manual (FCOM) 4 20 datert 9. september 2014 er det beskrevet at når autopiloten er i approach mode og med begge kanalene innkoblet, skal ikke autopiloten koble seg ut når man dytter eller trekker på stikka. I Aircraft Maintenance Manual (AMM) 22-11-00-093 rev55 er det en mer generell tekst som ikke sier noe om det gjelder når en eller begge autopilotene er innkoblet. Norwegian anser at det er teksten i AMM som er korrekt.

1.7 Været

- 1.7.1 I perioden 23.-26. desember 2012, mens LN-DYM stod parkert utendørs på Helsinki lufthavn Vantaa, var det varierende vindretninger hovedsakelig fra øst og vindstyrke opp til 15 kt. Temperaturer varierte mellom -7 °C og -19 °C, og det var snøbyger.

- 1.7.2 METAR for Helsinki lufthavn Vantaa 26. desember:

Ved avising: EFHK 0650Z 28007KT CAVOK M17/M19 Q0998 NOSIG

Ved avgang: EFHK 0720Z 28003KT CAVOK M17/M20 Q0998 NOSIG

- 1.7.3 NAX5630 fløy Helsinki – Kittilä i flygenivå FL360, tilsvarende ca. 36 000 ft. På flyets ferdskriver er det registrert en utvendig temperatur på mellom -60 og -65 °C i marsjhøyden (se figur 9).



Figur 9: Viser utvendig temperatur (SAT) fra flyet var etablert på marsjhøyde og frem til like etter hendelsen i Kittilä. Kilde: SHT (data hentet fra flyets ferdskriver)

- 1.7.4 TAF Kittilä lufthavn den 26. desember:

EFKT 0527Z 06/15 03002KT 9999 FEW007 TEMPO 06/09 6000 IC BECMG 12/14 BKN008=

- 1.7.5 METAR Kittilä lufthavn 26. desember:

1. innflyging: EFKT 0820Z 00000KT 9999 OVC025 M21/M24 Q0992 34490154

2. innflyging: EFKT 0920Z 00000KT 9999 OVC024 M20/M22 Q0993 34490154

1.7.6 Flyet befant seg i skyer (IMC) mens den utilsiktede stigningen pågikk. Skydekket over Kittilä var fra i overkant av ca. 5 000 ft og ned til ca. 2 400 ft.

1.7.7 For ytterligere informasjon om været se vedlegg E.

1.8 Navigasjonshjelpemidler

1.8.1 ILS/DME til rullebane 34 med frekvens 111,900 MHz og ident "KT".

1.8.2 Kittilä har også en LLZ/DME-innflyging til rullebane 16 med samme frekvens 111,900 MHz, men med ident "HOU".

1.8.3 NAX5630 benyttet ILS/DME 34 innflyging til Kittilä lufthavn.

1.8.4 Det var ikke rapportert om noen uregelmessigheter med innflygingshjelpemidlene.

1.9 Samband

Lyddoptak mellom NAX5630 og Kittilä Tower på frekvens 118,950 MHz viser at sambandet var normalt og av god kvalitet.

1.10 Flyplasser og hjelpemidler

1.10.1 Flyplassens referanse høyde ligger 645 ft over havets nivå.

1.10.2 På forespørsel fra Havarikommisjonen har finsk havarikommisjon opplyst at det finnes en mast med radio og TV-sendere ca. 30 km sydvest for Kittilä lufthavn. SHT er kjent med at det har vært tilfeller av forstyrrelser på ulike flysystemer når luftfartøyer passerer i umiddelbar nærhet av svært kraftige HF-radiostasjoner. Siden senderne var langt unna, og gitt deres frekvenser og senderstyrke, kan ikke disse ha bidratt til den aktuelle hendelsen. Dette omtales derfor ikke videre i rapporten.

1.10.3 Lufttrafikkjenestens radardata

1.10.3.1 Det er radardekning i området rundt Kittilä lufthavn og innflygingen til NAX5630 ble registrert på radar.

1.11 Flyregistratorer

LN-DYM var, i henhold til forskriftskrav, utstyrt med både digital ferdskriver (DFDR) og taleregistrator (CVR).

1.11.1 Analyse av ferdskriverdata

1.11.1.1 Data fra DFDR har vært av avgjørende betydning for undersøkelsen.

1.11.1.2 SHT utførte, sammen med representanter fra Flight Safety avdelingen i Norwegian Air Shuttle, analyser av ferdskriverdata hentet fra flygingen til Kittilä hos Flight Data Services i England i januar 2013.

- 1.11.1.3 Parallelt med ovennevnte supplerte Havarikommisjonen flyfabrikanten Boeing med data fra flyets ferdskriver og annen relevant informasjon. Basert på dette kom Boeing 31. januar 2013 med en preliminær analyse av ferdskriverdataene og som påviste mulig blokkering av den ene av flyets to høyderor Power Control Units (PCU).
- 1.11.1.4 Ovennevnte analyse var grunnlaget for at Boeing anbefalte Norwegian Air Shuttle å bytte begge Power Control Unit i høyderorsystemet på LN-DYM (se kapittel 1.16.3).
- 1.11.1.5 Senere har Boeing og den amerikanske havarikommisjonen (NTSB) utført ytterligere analyser av flyets ferdskriverdata for den angjeldende flyging til Kittilä, samt også flyginger i dagene forut. I januar 2014 fikk Havarikommisjonen tilsendt en analyse fra Boeing som tilsa at høyderoret på LN-DYM, underveis på marsjhøyde, gradvis hadde blitt blokkert. Analysen kunne bare fastsette at i det minste tre av styrearmene måtte ha vært blokkerte for å få dette til å samsvare med data fra ferdskriveren.
- 1.11.1.6 I april 2014 oversendte Boeing en såkalt "Easy 5 Analysis of Elevator Restriction". I den omfattende analysen har Boeing vurdert alle scenarioer som kan ha hindret normal operasjon av høyderoret. Analysen konkluderer med at det mest sannsynlige scenarioet var enten en blokkering av tre av fire styrearmene, eller alle fire styrearmene.

1.11.2 Data fra taleregistrator

- 1.11.2.1 Taleregistratoren om bord hadde lagringskapasitet for to timer. Som følge av at hendelsen ikke ble oppfattet som alvorlig og LN-DYM fortsatte videre flyging, ble det ikke sørget for å bevare opptak på taleregistratoren. Dette har medført at Havarikommisjonen har hatt meget begrensede muligheter til å vurdere besetningssamarbeidet (CRM).
- 1.11.2.2 Med hensyn til krav om bevaring av opptak på taleregistrator, vises det til myndighetsbestemmelsene i:

EASA-OPS 1.085 (f) 10 (ii):

not permit:

(ii) a cockpit voice recorder to be disabled or switched off during flight unless he/she believes that the recorded data, which otherwise would be erased automatically, should be preserved for incident or accident investigation nor permit recorded data to be manually erased during or after flight in the event of an accident or an incident subject to mandatory reporting;

EASA-OPS 1.160 (a) 2:

Preservation, production and use of flight recorder recordings

(a) Preservation of recordings:

2. Unless prior permission has been granted by the Authority, following an incident that is subject to mandatory reporting, the operator of an aeroplane on which a flight recorder is carried shall, to the extent possible, preserve the original recorded data pertaining to that incident, as retained by the recorder for a period of 60 days unless otherwise directed by the investigating authority.

- 1.11.2.3 Norwegian Air Shuttle har i sin myndighetsgodkjente Operations Manual OM A pkt. 1.4.1 og 11.5 prosedyrer som gjenspeiler ovennevnte forskriftskrav.

- 1.11.2.4 Havarikommisjonen har tidligere omtalt samme problemstilling ved at opptak på taleregistratorer ikke er tilgjengelig for SHT. Det vises i den forbindelse blant annet til [SL RAP 2003/40](#) side 4-5 og side 14 og sikkerhetstilråding SL T 33/2003, samt [SL RAP 2006/08](#) pkt. 1.11.4-8 og 2.5.7 med tilhørende sikkerhetstilråding SL T 13/2006.
- 1.11.2.5 SHT viser i denne sammenheng til forslag til [regelendring](#) (Notice of Proposed Amendment 2013-26) fra [EASA](#) med blant annet krav til forlenget opptakstid på taleregistratorer.

1.12 Havaristedet og flyvraket

Ikke relevant.

1.13 Medisinske og patologiske forhold

- 1.13.1 Medisinske forhold ikke undersøkt.
- 1.13.2 Patologiske forhold ikke relevant.

1.14 Brann

Ikke relevant.

1.15 Overlevelsesaspekter

Ikke relevant.

1.16 Spesielle undersøkelser

1.16.1 Innledning

- 1.16.1.1 Følgende undersøkelser har vært gjennomført for å avdekke hva som kan ha forhindret normal høyderorsfunksjon på LN-DYM:

- Testflyging
- Visuell inspeksjon av Tail Cone Compartment.
- Undersøkelse av hydraulikkolje – og filtere.
- CT-skanning av PCU'ene.
- Laboratorieprøver av forurensning utenpå PCU'ene.
- Funksjonstest av PCU'ene i romtemperatur og kuldekammer.
- Demontering av PCU'ene og sjekk av enkeltkomponenter.
- Funksjonstest av Flight Control Computer (FCC).
- Simulerte avisninger (spraytest 1, 2, 3, 4 og 5).
- Undersøkelser i kuldekammer

- Måling av temperaturendringer i Tail Cone Compartment.

1.16.2 Testflyging

11. januar 2013 ble LN-DYM testfløyet i en time ut fra Gardermoen med assisterende sjefsflyger som fartøysjef. Utdrag fra “Boeing 737-800 Customer Demonstration Check Flight Report (CDCFR)” ble benyttet. Under testflygingen ble det blant annet verifisert at nødvendig kraft på stikka for å få automatisk utkopling av autopiloten fungerte som normalt. Videre ble det utført diverse sjekker av forskjellige modus på autopilot og Flight Control Computer. Flyet fungerte normalt, og uten noen merknader.

1.16.3 Bytte og undersøkelse av Power Control Units (PCU)

1.16.3.1 31. januar 2013 sendte Boeing en anbefaling til Norwegian Air Shuttle om at begge høyderors PCU'ene på LN-DYM burde byttes. Anbefalingen ble basert på analyse av ferdskriverdata som tydet på blokkering av en eller begge PCU'ene. Norwegian besluttet umiddelbart å rute flyet til Gardermoen hvor selskapet har teknisk hovedbase. LN-DYM var på det tidspunkt underveis fra Helsinki til Barcelona.

1.16.3.2 Kort tid etter at LN-DYM hadde landet og ankommet flyselskapets hangarer på Gardermoen, utførte representanter fra Havarikommisjonen, Luftfartstilsynet og Norwegian Air Shuttle en grundig utvendig visuell inspeksjon av høyderor og horisontal stabilisator med tilhørende glattkledning og hengsler. Intet unormalt ble avdekket. Det ble også foretatt en tilsvarende grundig innvendig visuell inspeksjon i Tail Cone Compartment med spesiell fokus etter eventuelle fremmedlegemer og forurensning på flyets to PCU'er. Videre ble det foretatt en nøye sjekk av tilhørende overføringer mellom høyderor og horisontal stabilisator. LN-DYM var på det tidspunkt kun 1 ½ år gammelt og de aktuelle komponentene fremstod rene og uten ytre skader. Intet unormalt ble avdekket.

1.16.3.3 Havarikommisjonen var til stede under utmontering av de to høyderors PCU'ene og beslagla deretter begge enhetene. Flyet ble tatt ut av drift for en påfølgende periode på ca. ti dager.

1.16.4 Analyse av hydraulikkolje og –filtre

1.16.4.1 Bortsett fra filterbytte og etterfylling av hydraulikkolje, hadde det ikke vært behov for vedlikehold på hydraulikksystemet siden LN-DYM var levert som nytt fra fabrikk.

1.16.4.2 Havarikommisjonen ønsket å undersøke prøver av hydraulikkolje samt filtre på LN-DYM og var derfor til stede under tapping av prøver av hydraulikkolje og utmontering av hydraulikkfiltre fra både “System A” og “System B”. Hydraulikkoljen og filtrene ble deretter beslaglagt av Havarikommisjonen. Det ble umiddelbart konstatert at hydraulikkoljen hadde unormal brun/sort farge mot normalt blå farge. Videre luktet oljen brent.

1.16.4.3 SHT rekvirerte Forsvarets Laboratorietjeneste til å analysere både hydraulikkoljen og filtrene. Analysene viste at hydraulikkoljen både i A- og B-systemet avvok fra spesifikasjonene fra fabrikant av hydraulikkoljen, men var innenfor spesifikasjonene angitt av Boeing til bruk på Boeing 737. Det ble funnet mineralske partikler på hovedfiltrene i hydraulikksystemet utover det spesifikasjonene for ny olje tillater.

1.16.4.4 Norwegian Air Shuttle valgte senere å skifte all hydraulikkolje og tilhørende filtre på LN-DYM. Videre har selskapet på eget initiativ tappet prøver av hydraulikkolje på 10 % av de øvrige flyene i deres flåte. Dette for å avdekke om funnene på LN-DYM også eksisterte på selskapets øvrige fly. Ingen tilsvarende funn ble gjort på de øvrige flyene.

1.16.5 CT-scanning av Power Control Units

For å undersøke om det var noen fremmedlegemer inne i PCU'ene som kunne ha forårsaket blokkering, besørget Havarikommisjonen i samarbeid med NTSB at det ble utført en avansert CT-scanning av begge enhetene i USA. CT-scanningene indikerte tilstedeværelse av et lite fremmedlegeme (Foreign Object Debris FOD) inne i den ene PCU'en, men intet fremmedlegeme ble senere funnet da enheten ble åpnet. Denne indikasjonen på et fremmedlegeme antas å ha oppstått i forbindelse med dataprosesseringen hvor to-dimensjonale bilder omgjøres til tre-dimensjonale fremstillinger. Se for øvrig kapittel 1.19 for ytterligere informasjon.

1.16.6 Undersøkelser av Power Control Units

1.16.6.1 Under Havarikommisjonens ledelse og tilstedeværelse, samt med bistand fra NTSB og Norwegian Air Shuttle, ble det foretatt undersøkelser av de to aktuelle PCU'ene hos fabrikanten i USA.

1.16.6.2 Først ble det samlet opp belegg utenpå begge PCU'ene for eventuelt å påvise rester av avisingsvæske. Laboratorieprøvene påviste rester av inntørket avisingsvæske.

1.16.6.3 Videre ble det foretatt full funksjonstest av begge PCU'ene. Det ble også foretatt funksjonstesting i kuldekammer. Begge PCU'ene passerte samtlige funksjonstester og tilfredsstilte alle tilhørende spesifikasjoner.

1.16.6.4 Begge enhetene ble deretter åpnet og alle komponenter ble inspisert i detalj. Det ble avdekket unormalt stor slitasje på enkelte komponenter sett i forhold til komponentenes relativt lave gangtid, men dette anses ikke å ha sammenheng med hendelsen i Kittilä og omtales derfor ikke videre i rapporten.

1.16.7 Funksjonstest av Flight Control Computers (FCC)

1.16.7.1 I forbindelse med forberedelser til bytte av de to PCU'ene på LN-DYM, ble det under "DFCS BITE TEST" (Digital Flight Control System, Built-In Test Equipment) avdekket feilkoder i "Flight Control Computer (FCC)" i posisjon A. Flytypen er utstyrt med to identiske Flight Control Computere. FCC i posisjon A var innkoplet under innflygingen til Kittilä. Havarikommisjonen besluttet derfor at det skulle gjennomføres full funksjonstest av den aktuelle FCC.

1.16.7.2 Under Havarikommisjonens ledelse og tilstedeværelse, samt med bistand fra NTSB og Norwegian Air Shuttle, ble det foretatt full funksjonstest av FCC (A) hos fabrikanten i USA.

1.16.7.3 FCC (A) passerte alle funksjonstester som anses relevante.

1.16.7.4 Det ble imidlertid avdekket et større antall feilkoder i forbindelse med "Mach Trim" systemet. Mach Trim-systemet veksler automatisk mellom å benytte FCC (A) og FCC

(B). På den aktuelle flygning til Kittilä, viser ferdskriverdata at det var FCC (B) som styrte Mach Trim. Mach Trim er kun aktiv på hastigheter over 0,615 Mach.

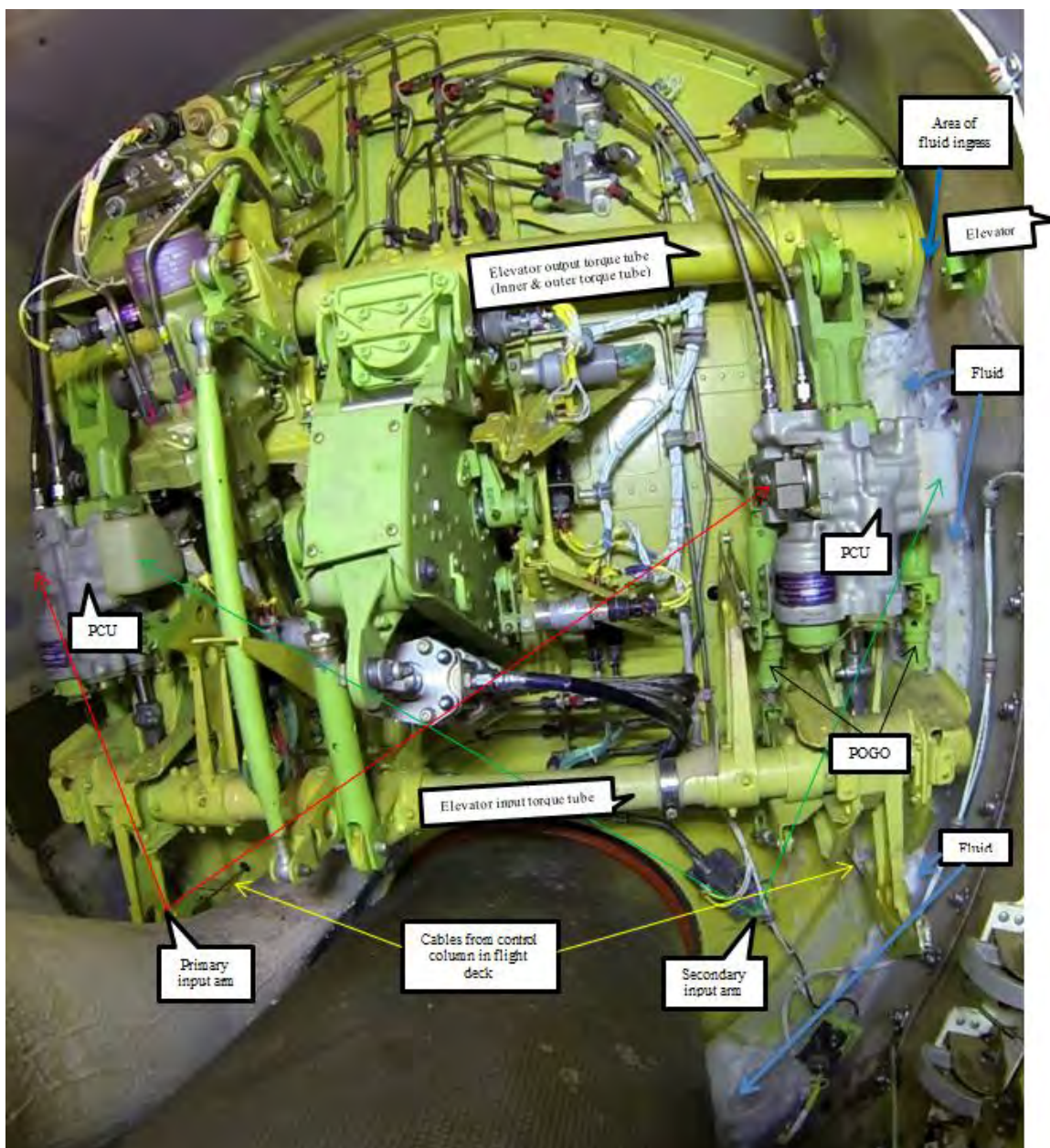
- 1.16.7.5 Havarikommisjonen ba i møte hos fabrikanten Rockwell Collins om en ekspertuttalelse om hvorvidt feilkodene som ble avdekket under funksjonstesting kunne ha påvirket hendelsesforløpet i Kittilä. Til tross for lovnad om en tilbakemelding i løpet av april 2013 og gjentatte henvendelser via NTSB, har Havarikommisjonen ikke lyktes å få svar fra Rockwell Collins.
- 1.16.7.6 Da hendelsen i Kittilä oppstod, var flyhastigheten langt under 0,615 Mach. Havarikommisjonen legger til grunn at de avdekkede feilene i Mach Trim-systemet ikke hadde innvirkning i Kittilä-hendelsen. Havarikommisjonen har derfor valgt å avstå fra å rekvirere full funksjonstest av FCC (B).
- 1.16.8 Havarikommisjonens simulerte avisinger
- 1.16.8.1 Som nevnt i pkt.1.16.3.1, tydet analyse av ferdskriverdata på blokkering av en eller begge PCU'ene. Det oppstod følgelig en hypotese om at blokkeringen kunne ha kommet som følge av at avisingsvæske hadde frosset fast på PCU-styreamene og lagt seg i de trange spaltene som vist på figur 8. Eventuell is i spaltene kunne forhindre PCU'ene i å fungere som tiltenkt.
- 1.16.8.2 Da Havarikommisjonen i mars 2013 i USA møtte eksperter fra Boeing, kunne representantene ikke anslå hvor store mengder væske som normalt kunne trenge inn i Tail Cone Compartment enn å anta at det skjedde i kun helt små mengder.
- 1.16.8.3 For å avklare hvorvidt ovennevnte var en reell problemstilling eller ei, besluttet Havarikommisjonen i samråd med Boeing, NTSB og Norwegian Air Shuttle å utføre en simulert avisning på LN-DYM (spraytest nr.1).
- 1.16.8.4 Havarikommisjonen har senere utført til sammen fem simulerte avisinger på forskjellige Boeing 737 fly (spraytest nr. 1, 2, 3, 4 og 5).
- 1.16.8.5 Under spraytest nr. 1 ble det påført avisingsvæske fra forskjellige retninger⁹ mot flyets horisontale stabilisator og høyderor (se figur 10).
- 1.16.8.6 Undersøkelsen viste at det kom betydelige mengder væske inn i Tail Cone Compartment og at noe av væsken sprutet mot kritiske områder på flyets PCU-styrearmer (se figur 11). Resultatet av spraytest nr. 1 simuleringen på LN-DYM ble forelagt Boeing, NTSB og Norwegian Air Shuttle.
- 1.16.8.7 Ved undersøkelse av Tail Cone Compartment fant SHT at klaringen rundt gjennomføringene på både venstre og høyre side av flyskroget er så romslige at væske kan komme inn i rommet. Når det kommer væske inn i rommet, er det igjen mulighet for at det spruter på PCU'ene som er plassert under og nær nevnte åpninger i flyskroget. Siden avisingsvæske er oppvarmet, vil også vanndamp fra væsken, kondensere på alle kalde overflater.
- 1.16.8.8 Undersøkelsene viste også at dersom det spyles mye mot åpningen i skroget, klarer ikke væsken å drenere like raskt ut som ny væske trenger inn i rommet. Havarikommisjonen

⁹ 0°, 45°, 90°, 135° og 180° målt i forhold til flyets lengdeakse.

anser ikke at dette forårsaker noe problem i seg selv og dette omtales derfor ikke videre i rapporten.



Figur 10: Spraytesting med oppmerkede forskjellige vinkler på LN-DYM horisontal stabilisator og høyderor. Foto: SHT



Figur 11: Viser væskeinntrengning og mulighet for sprut mot styrearmene på PCU'ene. (Foto tatt i flyets fartsretning i forbindelse med simulert avising av flyets høyre side.) Røret nederst på bildet er eksosrøret fra flyets hjelpemotor (Auxiliary Power Unit APU). Foto: SHT

- 1.16.8.9 Utdrag fra video av spraytest nr. 5 er tilgjengelig på: <http://www.aibn.no/Luftfart/Avgitte-rapporter/2015-01>
- 1.16.8.10 Som følge av at det ble påvist betydelig væskeinntrengning på LN-DYM, besluttet Havarikommisjonen å utføre en tilsvarende spraytest nr. 2 på et annet Boeing 737-800 NG individ for å avklare om inntrengingen av væske i det aktuelle rommet var individrelatert (LN-DYM) eller flytyperelatert (Boeing 737-800 NG). Spraytesten ga tilnærmet samme resultat som på LN-DYM, noe som tydet på at problemstillingen er relevant for hele Boeing 737-800 NG-serien.
- 1.16.8.11 Med bakgrunn i ovennevnte resultat ønsket Havarikommisjonen deretter å avklare om sammenlignbar problemstilling også var til stede på en Boeing 737-300 Classic. Spraytest nr. 3 viste også der betydelig væskeinntrengning i Tail Cone Compartment.

- 1.16.8.12 Simuleringene indikerte dermed at problemstillingen med væskeinntrengning i Tail Cone Compartment gjelder hele Boeing 737 flåten (Boeing 737-100-900).
- 1.16.8.13 Havarikommisjonen utførte deretter spraytest nr. 4 på en Boeing 737-800 NG for å undersøke hvilken innflytelse forskjellige posisjoner på stabilisatortrim har på væskeinntrengning. Testen viste at det var væskeinntrengning i alle posisjoner.
- 1.16.8.14 Som følge av at Boeing endret sine avisingsprosedyrer og anså at dette ivaretok problemstillingen med væskeinntrengning på Boeing 737 (se kapittel 1.18.4.1), utførte SHT en ny spraytest i mars 2014. Flyfabrikanten ga i en e-post til SHT uttrykk for at de ikke lenger så behov for å modifisere flytypen. Havarikommisjonens hensikt med spraytest nr 5 var å kunne studere mengde væskeinntrengning og hvor nær styrearmene væskeinntrengningen kom. Havarikommisjonen ønsket å studere hvor stor forbedring Boeing sine nye prosedyrer hadde på væskeinntrengningen og hvorvidt eksponering av væske mot styrearmene fortsatt var en reell problemstilling.
- 1.16.8.15 Spraytest nr. 5 viste at de nye prosedyrene med hensyn til posisjon på horisontal stabilisator minsket væskeinntrengningen, men at det fremdeles kom betydelige mengder¹⁰ avisingsvæske inn i rommet.
- 1.16.8.16 Under spraytest nr. 5 ble det også prøvd å måle endring i luftfuktighet og temperatur når avisingsvæske kommer inn i Tail Cone Compartment. Hensikten var å se om det kan danne seg isbelegg på metallflater uten at flatene har blitt direkte eksponert for avisingsvæske. Sistnevnte delundersøkelse ble imidlertid teknisk mislykket både når det gjaldt måling av luftfuktighet og temperaturendringer. Havarikommisjonen har ikke kunne benytte de nevnte luftfuktighet- og temperaturmålingene (se pkt. 1.18.3.1 og hendelse 22. februar 2014 samt pkt. 1.18.3.4). Havarikommisjonen har, basert på videoopptak, allikevel kunne fastslå at det oppstår høy luftfuktighet i halepartiet når flyet blir aviset.
- 1.16.8.17 Videoopptak fra de viktigste simulerte avisningene (spraytestene) har blitt forelagt Boeing, NTSB og Norwegian Air Shuttle. Havarikommisjonens anser at undersøkelsesmetoder og resultater er blitt anerkjent av de involverte.
- 1.16.8.18 Havarikommisjonen har ikke undersøkt om problemstillingen med at avisingsvæske kan komme i kontakt med styrearmen på Power Control Units, kan være tilstede også på andre typer Boeing fly eller på fly fra andre flyfabrikanter.

1.16.9 Boeing sine undersøkelser i kuldekammer

På bakgrunn av Havarikommisjonens funn etter de simulerte avisningene, valgte Boeing å foreta egne simuleringer i kuldekammer på en Boeing 737 Flight Control testtrigg. Ved å påføre væske på PCU-styrearmene, klarte Boeing å frembringe isdannelse og blokkering av styrearmene.

1.16.10 Måling av temperaturendringer i Tail Cone Compartment ved APU i bruk

Havarikommisjonen har foretatt temperaturmålinger i Tail Cone Compartment og på inputarmene på PCU'ene. Dette for å finne svar på hvorvidt hjelpemotor (Auxiliary Power Unit, APU) i bruk bidrar til tilstrekkelig å heve temperaturen i rommet og tine

¹⁰ Se video i pkt. 1.16.8.9


eventuell is som har lagt seg på PCU'ene. Eksosrøret (se figur 11) går gjennom Tail Cone Compartment og forventes å bidra til en viss oppvarming av rommet. Undersøkelsen viste at temperaturen i rommet kun steg med noen få grader selv om APU hadde gått i lengre tid.

1.17 Organisasjon og ledelse

1.17.1 Norwegian Air Shuttle

- 1.17.1.1 Norwegian Air Shuttle ble etablert i 1993 og har hovedkontor på Fornebu, Bærum. Siden 2002 har selskapet operert Boeing 737.
- 1.17.1.2 Selskapet går under merkenavnet "Norwegian". Norwegian består pr. mars 2015 i realiteten av følgende operatørselskaper: Norwegian Air Shuttle (NAS), Norwegian Air Norway (NAN), Norwegian Long Haul¹¹ og Norwegian Air International (NAI). Norwegian opererer Boeing 737 og Boeing 787. Selskapene har individuelle lisenser (Air Operator Certificate AOC) og myndighetsgodkjent personell.
- 1.17.1.3 LN-DYM ble operert under Norwegian Air Shuttle (NAS) sin Air Operator Certificate AOC da hendelsen i Kittilä inntraff. I desember 2013 ble LN-DYM overført til Norwegian Air Norway (NAN) og deretter leid tilbake med mannskaper (wet lease) til Norwegian Air Shuttle (NAS).
- 1.17.1.4 I følge flyselskapets internettsider er Norwegian pr. desember 2014 det nest største flyselskapet i Skandinavia, og det tredje største lavprisselskapet i Europa med en flåte bestående av 100 fly. Av disse er 93 Boeing 737 og syv Boeing 787. I januar 2012 signerte Norwegian avtale med både Boeing og Airbus om kjøp av 222 fly, hvorav 100 Boeing 737 MAX8, 22 Boeing 737-800 og 100 Airbus A320neo. Dette er den største avtalen i europeisk luftfart noensinne, og den tredje største avtalen Boeing har gjort med et flyselskap. Flyene leveres fra 2016. I tillegg har Norwegian flere Boeing 787-9 i bestilling og selskapets langdistanseflåte vil etter planen operere 17 Boeing 787-9 i 2018.
- 1.17.2 Norwegians prosedyrer
 - 1.17.2.1 Norwegian Air Shuttle benytter standard prosedyrer og tilhørende sjekklister utgitt av Boeing.
 - 1.17.2.2 Da hendelsen skjedde var selskapets prosedyre at Stabilizer Trim skulle settes til fullt nese ned posisjon i forbindelse med avising. Etter at Boeing endret prosedyrene til at horisontal stabilisator trim heretter skulle settes til midtre posisjon (se kapittel 1.18.4.1) har Norwegian Air Shuttle endret prosedyren.
 - 1.17.2.3 Boeing har utgitt en mengde prosedyrer som alle har relevans for å håndtere en situasjon slik som i tilfellet under innflygingen til Kittilä. Nedenunder vises de prosedyrene som Havarikommisjonen anser har relevans (se figur 12 til og med figur 16).
 - 1.17.2.4 Prosedyrene er hentet fra Boeing 737 Flight Crew Operations Manual (FCOM). Tilsvarende beskrives også i Boeing 737 Flight Crew Training Manual (FCTM) side 7.32-7.35.

¹¹ Havarikommisjonen forstår at pr mars 2015 er denne AOC'en ikke aktiv.

 9.1
 737 Flight Crew Operations Manual

Runaway Stabilizer

Condition: Uncommanded stabilizer trim movement occurs continuously.


- 1 Control column. Hold firmly
- 2 Autopilot (if engaged) Disengage
 Do **not** re-engage the autopilot.
 Control airplane pitch attitude manually with control column and main electric trim as needed.
- 3 **If the runaway stops:**
 ■ ■ ■ ■
- 4 **If the runaway continues:**
 STAB TRIM CUTOUT switches (both) CUTOUT
If the runaway continues:
 Stabilizer trim wheel Grasp and hold

- 5 Stabilizer. Trim manually
- 6 Anticipate trim requirements.
- 7 **Checklist Complete Except Deferred Items**

▼ Continued on next page ▼

Boeing Proprietary. Copyright © Boeing. May be subject to export restrictions under EAR. See title page for details.
 July 14, 2010 D6-27370-8FZ-NSB 9.1

*Figur 12: Utdrag fra Boeing 737 Flight Crew Operations Manual (FCOM) med prosedyre: "Runaway Stabilizer".
 Kilde: - Boeing Proprietary Information.
 Copyright © Boeing. Reprinted with permission of the Boeing Company.*

 9.8
 737 Flight Crew Operations Manual

Jammed or Restricted Flight Controls

Condition: A flight control is jammed or restricted in roll, pitch, or yaw.

- 1 Autopilot (if engaged) Disengage
- 2 Autothrottle (if engaged) Disengage
- 3 Verify that the thrust is symmetrical.
- 4 Overpower the jammed or restricted system. Use maximum force, including a combined effort of both pilots, if needed. A maximum two-pilot effort on the controls will not cause a cable or system failure.
- 5 Do **not** turn off any flight control switches.
- 6 Choose one:
 - ◆ The failure could be **due** to freezing water **and** conditions **allow**:
 Consider a descent to a warmer temperature and attempt to overpower the jammed or restricted system again.
 ►► **Go to step 7**
 - ◆ The failure could **not** be due to freezing water **or** conditions do **not** allow:
 ►► **Go to step 7**
- 7 Choose one:
 - ◆ Controls are **normal**:
 ■ ■ ■ ■
 - ◆ Controls are **not** normal:
 ►► **Go to step 8**
- 8 Use stabilizer or rudder trim to offload control forces. If electric stabilizer trim is needed, move the Stabilizer Trim Override switch to OVERRIDE.
- 9 Do not make abrupt thrust changes. Extend or retract speedbrake slowly and smoothly.
- 10 Limit bank angle to 15°.

*Figur 13: Utdrag fra Boeing 737 Flight Crew Operations Manual (FCOM) med prosedyre: "Jammed or Restricted Flight Controls".
 Kilde: - Boeing Proprietary Information.
 Copyright © Boeing. Reprinted with permission of the Boeing Company.*

BOEING
737 Flight Crew Operations Manual

Maneuvers	Chapter MAN
Non-Normal Maneuvers	Section 1

Approach to Stall or Stall Recovery

All recoveries from approach to stall should be done as if an actual stall has occurred.

Immediately do the following at the first indication of stall (buffet or stick shaker).

Note: Do not use flight director commands during the recovery.

Pilot Flying	Pilot Monitoring
<ul style="list-style-type: none"> • Initiate the recovery: <ul style="list-style-type: none"> • Hold the control column firmly. • Disconnect autopilot and autothrottle. • Smoothly apply nose down elevator to reduce the angle of attack until buffet or stick shaker stops. Nose down stabilizer trim may be needed.* 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitor altitude and airspeed. • Verify all required actions have been done and call out any omissions. • Call out any trend toward terrain contact.
<ul style="list-style-type: none"> • Continue the recovery: <ul style="list-style-type: none"> • Roll in the shortest direction to wings level if needed.** • Advance thrust levers as needed. • Retract the speedbrakes. • Do not change gear or flap configuration, except <ul style="list-style-type: none"> • During liftoff, if flaps are up, call for flaps 1. 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitor altitude and airspeed. • Verify all required actions have been done and call out any omissions. • Call out any trend toward terrain contact. • Set the FLAP lever as directed.
<ul style="list-style-type: none"> • Complete the recovery: <ul style="list-style-type: none"> • Check airspeed and adjust thrust as needed. • Establish pitch attitude. • Return to the desired flight path. • Re-engage the autopilot and autothrottle if desired. 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitor altitude and airspeed. • Verify all required actions have been done and call out any omissions. • Call out any trend toward terrain contact.

WARNING: *If the control column does not provide the needed response, stabilizer trim may be necessary. Excessive use of pitch trim may aggravate the condition, or may result in loss of control or in high structural loads.

WARNING: ** Excessive use of pitch trim or rudder may aggravate the condition, or may result in loss of control or in high structural loads.

Figur 14: Utdrag fra Boeing 737 Flight Crew Operations Manual (FCOM) med prosedyre: "Approach to Stall or Stall Recovery". Kilde: - Boeing Proprietary Information. Copyright © Boeing. Reprinted with permission of the Boeing Company.

BOEING
737 Flight Crew Operations Manual

Upset Recovery

An upset can generally be defined as unintentionally exceeding the following conditions:

- Pitch attitude greater than 25 degrees nose up, or
- Pitch attitude greater than 10 degrees nose down, or
- Bank angle greater than 45 degrees, or
- Within above parameters but flying at airspeeds inappropriate for the conditions.

The following techniques represent a logical progression for recovering the airplane. The sequence of actions is for guidance only and represents a series of options to be considered and used depending on the situation. Not all actions may be necessary once recovery is under way. If needed, use pitch trim sparingly. Careful use of rudder to aid roll control should be considered only if roll control is ineffective and the airplane is not stalled.

These techniques assume that the airplane is not stalled. A stalled condition can exist at any attitude and may be recognized by continuous stick shaker activation accompanied by one or more of the following:

- Buffeting which could be heavy at times
- Lack of pitch authority and/or roll control
- Inability to arrest descent rate.

If the airplane is stalled, recovery from the stall must be accomplished first by applying and maintaining nose down elevator until stall recovery is complete and stick shaker activation ceases.

Figur 15: Utdrag fra Boeing 737 Flight Crew Operations Manual (FCOM) med prosedyre: "Upset Recovery". Kilde: - Boeing Proprietary Information. Copyright © Boeing. Reprinted with permission of the Boeing Company.

The following techniques represent a logical progression for recovering the airplane. The sequence of actions is for guidance only and represents a series of options to be considered and used depending on the situation. Not all actions may be necessary once recovery is under way. If needed, use pitch trim sparingly. Careful use of rudder to aid roll control should be considered only if roll control is ineffective and the airplane is not stalled.

These techniques assume that the airplane is not stalled. A stalled condition can exist at any attitude and may be recognized by continuous stick shaker activation accompanied by one or more of the following:

- Buffeting which could be heavy at times
- Lack of pitch authority and/or roll control
- Inability to arrest descent rate.

If the airplane is stalled, recovery from the stall must be accomplished first by applying and maintaining nose down elevator until stall recovery is complete and stick shaker activation ceases.

Nose High Recovery

Pilot Flying	Pilot Monitoring
<ul style="list-style-type: none"> • Recognize and confirm the situation 	
<ul style="list-style-type: none"> • Disconnect autopilot and autothrottle • Apply as much as full nose-down elevator • * Apply appropriate nose down stabilizer trim • Reduce thrust • * Roll (adjust bank angle) to obtain a nose down pitch rate • Complete the recovery: <ul style="list-style-type: none"> - When approaching the horizon, roll to wings level - Check airspeed and adjust thrust - Establish pitch attitude. 	<ul style="list-style-type: none"> • Call out attitude, airspeed and altitude throughout the recovery • Verify all required actions have been completed and call out any omissions.

Figur 16: Utdrag fra Boeing 737 Flight Crew Operations Manual (FCOM) med prosedyre: "Nose High Recovery". Kilde: - Boeing Proprietary Information. Copyright © Boeing. Reprinted with permission of the Boeing Company.

1.17.2.5 Utdrag fra Norwegian OM-B da Kittilä skjedde:

1.18.18 Guarding of Flight Controls-Company Procedure

Flight deck seats must be adjusted in accordance with FCOM Section 02. Below 5 000 ft both flight crew members must guard the rudder pedals and PF must guard* the control column.*

**Guarding means to have hands/feet in the close vicinity of the controls with the seat and pedals adjusted properly.*

1.17.2.6 Utdrag fra Norwegian OM-B pr. juni 2014:

PF shall always be able to take control of rudder and control column if AP disengages. Flight deck seats must be adjusted in accordance with FCOM Section 02. Below 5 000 ft both flight crew members must guard the rudder pedals and PF guard* the control column.*

**Guarding means to have hands/feet in the close vicinity of the controls with the seat and pedals adjusted properly.*

1.17.3 Trening av flygere i Norwegian

1.17.3.1 Havarikommisjonen har i møte med Norwegian Air Shuttle og Norwegian Air Norway innhentet informasjon om deres trening av flygere. Som følge av stor ekspansjon har Norwegian hatt behov for mange nye flygere. Både nytilsatte og innleide har ulik bakgrunn, nasjonaliteter og kultur. Trening og standardisering av flygerne innebærer således utfordringer.

1.17.3.2 Havarikommisjonen har innhentet informasjon fra Norwegian Air Shuttle og Norwegian Air Norway om deres innhold i myndighetsgodkjente treningsprogram. Av spesiell interesse gjelder det hvilke tiltak som er iverksatt før og etter Kittilä hendelsen med hensyn til trening av flygerne i følgende prosedyrer:

“Runaway Stabilizer”

“Jammed or Restricted Flight Controls”

“Approach to Stall or Stall Recovery”

“Upset Recovery”

“Nose High Recovery”


“Guarding of Flight Controls”

1.17.3.3 Norwegian gjennomfører tre simulatorentreninger pr år med samtlige av selskapets flygere. Hver 6. måned gjennomgår de “Operator Proficiency Check“ (OPC) og “Recurrent” pålagt av myndighetene. I tillegg har selskapet selv valgt å avholde en “Additional Training” hver 12. måned.

1.17.3.4 Simulatorentreningen hvert halvår med OPC/Recurrent er i hovedsak fylt opp med treningsøvelser fastsatt i det felleseuropeiske regelverket. I forbindelse med “Additional Training” som Norwegian har valgt å gi i tillegg til de myndighetspålagte minimumskravene, står selskapet fritt å velge temaer. Temaene velges ut i fra internasjonale og nasjonale hendelser som selskapet mener de kan lære av.

1.17.3.5 Under tilleggstreningen 2011-2012 hadde Norwegian Air Shuttle valgt å trene på scenarioer hentet fra ulykken med Turkish Airlines, hvor flygerne tapte kontroll med en Boeing 737-800 under innflyging til Amsterdam. Faktorene i den forbindelse var tap av kontroll i lav høyde, avbrutt innflyging og lav flyhastighet, unormal flygestilling og behov for bruk av høyderorstrim ved høyt motorkraftuttak eller redusert motorkraftuttak. Fartøysjefen på innværende hendelse med LN-DYM hadde gjennomgått nevnte simulatorentrening ca. et halvt år før hendelsen i Kittilä.

- 1.17.3.6 Våren 2012 benyttet Norwegian lærdom fra ulykken med Air France hvor en Airbus 330 steilet i stor høyde. Ved den årlige simulatoretreningen hadde de for perioden september 2012 til september 2013 valgt temaer som: High Altitude, Buffet og Stall Recovery at High Altitude. Fokus var følgelig på Upset Recovery fra stor høyde og basert på dokumentasjon i “Flight Crew Training Manual (FCTM)”, “Flight Crew Operational Manual (FCOM)” og “Quick Reference Handbook (QRH)”.
- 1.17.3.7 I juni 2012 utga Boeing en “Flight Operations Technical Bulletin (FOTB)” vedrørende “Upset Recovery”. Det er verdt å merke seg at innholdet i FOTB’en ikke var noe nytt, men en påminnelse av det som har stått i FCTM, Quick Reference Handbook (QRH) langt tilbake. Bulletinen er gjeldende for de fleste modellene av Boeing 737, 747, 757, 767, 777 og 787. Bulletinen starter med å definere en “Upset” situasjon blant annet som når et fly har en nesevinkel på mer enn +25°. I bulletinen skriver Boeing at en slik situasjon for eksempel kan skje som følge av at flyets systemer ikke fungerer korrekt. Boeing henviser til håndbok for den enkelte flytype, men felles for dem alle er at første tiltak er å koble ut flyets autopilot og autothrottle og gjenvinne kontroll ved å fly manuelt.
- 1.17.3.8 Etter Kittilä hendelsen, valgte trenings- og operativ avdeling i Norwegian, for simulatorperioden mars 2013 til mars 2014, å sette fokus på Low Altitude Upset Recovery. I forkant av nevnte periode sendte selskapets sjefsflyger følgende “Notice to Pilots NG” og hvor det gjentas at første essensielle tiltak dersom flyet kommer i en Upset situasjon er å: *“Disconnect the autopilot and autothrottle, and recover from the upset manually”*.

NOTICE TO PILOTS NG		norwegian.no 	
From:	Chief Pilot B737	Nr:	3/2013
Date:	18.FEBRUAR.2013		
Valid until:	Until Further Notice	Code:	Red Yellow Green
<i>Valid NTP</i>	29/09, 22/10, 27/10, 28/10, 31/10, 5/11, 15/11, 19/11, 20/11, 25/11, 1/12, 2/12, 3/12, 4/12, 6/12, 7/12, 8/12, 9/12, 10/12, 11/12, 12/12, 12B/12, 13/12, 14/12, 1/13, 2/13, 3/13		

UPSET RECOVERY

The purpose of this NTP is increase the awareness to pilots in the first basic steps of an upset recovery.

On the 26th of December 2012, a Norwegian flight was flown from Helsinki Airport (EFHK) to Kittila Airport (EFKT) in Finland. As the aircraft intercepted the glideslope it pitched up and nearly stalled as the pilots regained controlled of the aircraft. Both Norwegian and the Norwegian Accident Investigation Board (Statens Havarikommisjon) have started an investigation. The reason why the aircraft suddenly and without notice pitched up is still unknown.

Boeing has published a Flight Operation Technical Bulletin number 737-12-2, dated 25th of June 2012, commenting Upset recovery. The intention of the Bulletin is to provide increased flight crew awareness of the Upset Recovery non-normal maneuver, and the requirement to disconnect automation as the first step. The Bulletin is attached to this NTP for your reading.

An upset situation is an unintentional situation which can be caused by a variety of issues. The Boeing Flight Crew Operational Manual (FCOM), the Quick Reference Handbook (QRH), and the Flight Crew Training Manual (FCTM) give techniques and hints in how an upset recovery should be done. For pilots the essential thing to know is the first steps of action once an upset is recognized and confirmed:

***disconnect the autopilot and autothrottle,
and recover from the upset manually.***

Figur 17: Notice to Pilots NG, datert 18. februar 2013. Kilde: Norwegian.

- 1.17.3.9 Selskapet har kjørt Kittilä hendelsen i simulator og sett på hvilken effekt høy motorkraft får på flyets nesestilling og effekt av å senke motorkraft. Ved full motorkraft er det vanskeligere å hente seg inn, men ved å redusere motorkraft er det større muligheter for å få senket nesen.
- 1.17.3.10 Treningsavdelingen i Norwegian har opplyst Havarikommisjonen at, av temaer som har relevans for Kittilä hendelsen, så trener de flygerne på avgang, stigning og nedstigning samt innflyginger uten Flight Director og kun basert på "Raw data". Videre trener de på upålitelige fartsmålere i forbindelse med avgang og som medfører at de automatiske systemene gir feilvarsler og flyet får for høy nesevinkel. Tilsvarende når man flyr ut av situasjoner med vindskjær og som medfører at flyet får høy nesestilling.
- 1.17.3.11 Selskapet har opplyst at de eksempelvis i forbindelse med trening av flygere med begrenset erfaring, har lagt til tre dager teori med vekt på Jet Upset og High Altitude Unusual Attitude. Videre har Norwegian opplyst Havarikommisjonen om at de for eksempel i forbindelse med "Conversion Training" (overføring av flygere fra et flyselskap til et annet), gjennomfører 40 sektorer, mens myndighetens krav er på åtte sektorer.

1.17.3.12 På Internett finnes en video med navn "[Children of the magenta](#)" fra 1997. Den viser en representant fra American Airlines som beskriver basisprinsipper for håndtering av automatiserte fly. Norwegian har opplyst at de har funnet videoen svært nyttig for å illustrere viktigheten av å lære flygere til å gå over til manuell betjening av fly hvis det blir behov for å håndtere en "Upset Recovery" situasjon.

1.17.3.13 Det foreligger ikke noen ny teknikk for "Upset Recovery", og det har vært samme basisparametere i alle år. Som følge av mange hendelser med "Loss Of Control" og økende automatisering i cockpit, har luftfartsbransjen fokus på problemstillingen. Norwegian har opplyst at også de har stor fokus på nevnte områder og at de vil jobbe videre med dette.

1.17.4 Norwegian senter for styring av vedlikehold (MCC/MOC)

1.17.4.1 Havarikommisjonens undersøkelser har vist at det ved selskapets Maintenance Control Center (MCC) ikke ble registrert noen henvendelse i datalogg etter Kittilå-hendelsen, og teknisk personell på vakt den angjeldende dag har forklart til SHT at de heller ikke kan erindre henvendelsen fra fartøysjefen. Henvendelser fra flygerne¹² til MCC (senere benevnt som Maintenance Operations Center MOC¹³) skjer til et dedikert mobilnummer. Flygere henvender seg til MCC/MOC for teknisk støtte og rådgivning. Da Kittilå-hendelsen fant sted, hadde ikke Norwegian opptak av telefonhenvendelser til MOC.

1.17.4.2 Norwegian har opplyst Havarikommisjonen at selskapet ikke har lyktes å få klarhet i hva fartøysjefen faktisk formidlet av informasjon. I forbindelse med høring av denne rapporten har selskapet opplyst at de har iverksatt tiltak ved at alle samtaler til MOC og til Operations Control Center (OCC) heretter blir tatt opp.

1.18 Andre opplysninger

1.18.1 Retningslinjer for "Stall and Stick Pusher Training"

Det europeiske flysikkerhetsbyrået European Aviation Safety Agency EASA har i "Safety Information Bulletin [SIB 2013-02](#)" datert 22. januar 2013 gitt anbefalte retningslinjer vedrørende "[Stall and Stick Pusher Training](#)".

1.18.2 Sertifiseringsbestemmelser

1.18.2.1 I forbindelse med risikovurderinger benyttes formelen:

Konsekvens x Sannsynlighet = Risiko.

¹² Med unntak av i nærheten av Gardermoen hvor som regel VHF-radio blir benyttet.

¹³ Høsten 2013 skilte Norwegian sitt Maintenance Operations Center MOC ut fra vedlikeholdsavdelingen (Part 145) og flyttet fra Gardermoen til å bli samlokalisert med selskapets Operation Control Center OCC ved hovedkontoret på Fornebu.

1.18.2.2 FAA definisjoner av konsekvens¹⁴:

Catastrophic	Results in multiple fatalities and/or loss of the system
Hazardous	Reduces the capability of the system or the operator ability to cope with adverse conditions to the extent that there would be: Large reduction in safety margin or functional capability Crew physical distress/excessive workload such that operators cannot be relied upon to perform required tasks accurately or completely (1) Serious or fatal injury to small number of occupants of aircraft (except operators) Fatal injury to ground personnel and/or general public
Major	Reduces the capability of the system or the operators to cope with adverse operating condition to the extent that there would be – Significant reduction in safety margin or functional capability Significant increase in operator workload Conditions impairing operator efficiency or creating significant discomfort Physical distress to occupants of aircraft (except operator) including injuries Major occupational illness and/or major environmental damage, and/or major property damage
Minor	Does not significantly reduce system safety. Actions required by operators are well within their capabilities. Include Slight reduction in safety margin or functional capabilities Slight increase in workload such as routine flight plan changes Some physical discomfort to occupants or aircraft (except operators) Minor occupational illness and/or minor environmental damage, and/or minor property damage
No Safety Effect	Has no effect on safety

1.18.2.3 FAA definisjoner av sannsynlighet:

Probable	Qualitative: Anticipated to occur one or more times during the entire system/operational life of an item. Quantitative: Probability of occurrence per operational hour is greater than 1×10^{-5}
Remote	Qualitative: Unlikely to occur to each item during its total life. May occur several times in the life of an entire system or fleet. Quantitative: Probability of occurrence per operational hour is less than 1×10^{-5} , but greater than 1×10^{-7}

¹⁴ FAA System Safety Handbook, Chapter 3: Principles of System Safety (December 30, 2000), Acquisition Management System (AMS)

Extremely Remote	Qualitative: Not anticipated to occur to each item during its total life. May occur a few times in the life of an entire system or fleet. Quantitative: Probability of occurrence per operational hour is less than 1×10^{-7} , but greater than 1×10^{-9}
Extremely Improbable	Qualitative: So unlikely that it is not anticipated to occur during the entire operational life of an entire system or fleet. Quantitative: Probability of occurrence per operational hour is less than 1×10^{-9}

1.18.2.4 Risikoakseptmatrisen i Figur 18 viser at risiko vurderes ved å kombinere alvorlighetsgraden av konsekvensene med sannsynligheten for at det inntreffer.

Severity Likelihood	No Safety Effect 5	Minor 4	Major 3	Hazardous 2	Catastrophic 1
Probable A					
Remote B					
Extremely Remote C					
Extremely Improbable D					

High Risk
Medium Risk
Low Risk

Figur 18: Risikoakseptmatrise. Kilde: FAA System Safety Handbook, s. 3-9

1.18.2.5 Følgende risikoakseptkriterier benyttes:

- **Høy risiko** – Uakseptabelt. Oppfølging i FAAs Hazard Tracking System er påkrevd inntil risikoen er redusert og akseptert.
- **Medium risiko** – Akseptabelt ved gjennomgang av den angjeldende myndighet. Oppfølging i FAAs Hazard Tracking System er påkrevd inntil risikoen er akseptert.
- **Lav risiko** – Lav risiko er akseptabelt uten gjennomgang. Ingen videre oppfølging av faren er nødvendig.

1.18.2.6 Boeing har opplyst Havarikommisjonen at de anser at konsekvensen av et blokkert høyderorssystem vil kunne bli ”katastrofal” (“Catastrophic”) (ref. ovennevnte definisjoner).

1.18.2.7 Havarikommisjonen har ikke oversikt over antall tilfeller med blokkert eller delvis blokkert høyderørssystem på fly i Boeing 737 serien. Følgelig kan ikke SHT fastsette sannsynligheten for en slik hendelse og dermed ikke angi en risikoverdi. Imidlertid kan det gjennom denne hendelsen og de andre nevnte hendelsene i kapittel 1.18.3 fastslås at det kan skje.

1.18.2.8 FAR PART 25, AIRWORTHINESS STANDARDS, TRANSPORT CATEGORY AIRPLANES, CONTROL SYSTEMS

§ 25.671 General.

(a) Each control and control system must operate with the ease, smoothness, and positiveness appropriate to its function.

(b) Each element of each flight control system must be designed, or distinctively and permanently marked, to minimize the probability of incorrect assembly that could result in the malfunctioning of the system.

(c) The airplane must be shown by analysis, tests, or both, to be capable of continued safe flight and landing after any of the following failures or jamming in the flight control system and surfaces (including trim, lift, drag, and feel systems), within the normal flight envelope, without requiring exceptional piloting skill or strength. Probable malfunctions must have only minor effects on control system operation and must be capable of being readily counteracted by the pilot.

(1) Any single failure, excluding jamming (for example, disconnection or failure of mechanical elements, or structural failure of hydraulic components, such as actuators, control spool housing, and valves).

(2) Any combination of failures not shown to be extremely improbable, excluding jamming (for example, dual electrical or hydraulic system failures, or any single failure in combination with any probable hydraulic or electrical failure).

(3) Any jam in a control position normally encountered during takeoff, climb, cruise, normal turns, descent, and landing unless the jam is shown to be extremely improbable, or can be alleviated. A runaway of a flight control to an adverse position and jam must be accounted for if such runaway and subsequent jamming is not extremely improbable.

1.18.2.9 European Aviation Safety Agency (EASA), Certification Specifications, for Large Aeroplanes:

CS-25, Amendment 3, 19 September 2007

CS 25.671 General

(a) Each control and control system must operate with the ease, smoothness, and positiveness appropriate to its function. (See AMC 25.671 (a).)

(b) Each element of each flight control system must be designed, or distinctively and permanently marked, to minimise the probability of incorrect assembly that could result in the malfunctioning of the system. (See AMC 25.671 (b).)

(c) The aeroplane must be shown by analysis, test, or both, to be capable of continued safe flight and landing after any of the following failures or jamming in the flight control system and surfaces (including trim, lift, drag, and feel systems) within the normal flight envelope, without requiring exceptional piloting skill or

strength. Probable malfunctions must have only minor effects on control system operation and must be capable of being readily counteracted by the pilot.

(1) Any single failure not shown to be extremely improbable, excluding jamming, (for example, disconnection or failure of mechanical elements, or structural failure of hydraulic components, such as actuators, control spool housing, and valves). (See AMC 25.671(c)(1).)

(2) Any combination of failures not shown to be extremely improbable, excluding jamming (for example, dual electrical or hydraulic system failures, or any single failure in combination with any probable hydraulic or electrical failure).

(3) Any jam in a control position normally encountered during take-off, climb, cruise, normal turns, descent and landing unless the jam is shown to be extremely improbable, or can be alleviated. A runaway of a flight control to an adverse position and jam must be accounted for if such runaway and subsequent jamming is not extremely improbable.

(d) The aeroplane must be designed so that it is controllable if all engines fail. Compliance with this requirement may be shown by analysis where that method has been shown to be reliable.

1.18.3 Andre hendelser

1.18.3.1 *Innrapporterte hendelser i Norwegian i perioden 2011-2014*

Norwegian har registrert åtte hendelser hvor det var nødvendig å bruke større kraft på høyderorsstikka enn vanlig¹⁵:

- 9. desember 2011: Boeing 737-800, LN-NIB etter landing Bardufoss lufthavn.
- 3. januar 2012: Boeing 737-800, LN-DYN (Oslo - Harstad) innflyging Harstad/Narvik lufthavn Evenes.
- 15. januar 2012: Boeing 737-800, LN-DYT (Tromsø - Oslo) innflyging Oslo lufthavn Gardermoen.
- 24. januar 2012. Boeing 737-800, LN-NOY (Agadir - Oslo) innflyging Oslo lufthavn Gardermoen.
- 18. februar 2012: Boeing 737-800: LN-DYL (Salzburg - Stockholm) innflyging Stockholm lufthavn Arlanda.
- 22. oktober 2013: Boeing 737-800, LN-NGI (Oslo - Bodø) innflyging Bodø lufthavn.
- 22. februar 2014: Boeing 737-800, LN-DYH (Luleå - Stockholm) innflyging Stockholm lufthavn Arlanda. Flyets haleparti var ikke aviset før avgang (se pkt. 1.18.3.4).
- 23. februar 2014: Boeing 737-800, LN-NGO (Oslo - Tromsø) innflyging Tromsø lufthavn Langnes.

¹⁵ Basert på rapporter fra flygerne.

- 1.18.3.2 Scandinavian Airlines System (SAS) har opplyst Havarikommisjonen at de erfarer tre til fire hendelser pr. vintersesong hvor det har vært nødvendig å benytte større kraft på høyderorstikka enn normalt/forventet. Hendelsene har som regel vært i forbindelse med at flyene har gjennomgått avising før avgang.
- 1.18.3.3 Fellesnevnerne på ovennevnte hendelser i Norwegian og SAS er at det har vært kaldt og nødvendig å benytte ca. 35-40 lb kraft på høyderorsstikka, det vil si i størrelsesorden 25 lb mer kraft enn normalt/forventet. Som tidligere nevnt benyttet flygerne hele 174 lb kraft på høyderorsstikka da hendelsen oppstod i Kittilä.
- 1.18.3.4 Boeing Aerodynamics Stability & Control Accident/Incident Investigation group og Boeing Engineering Flight Controls group konkluderte i mars 2014 med at ferdskriverdata fra de to hendelsene som Norwegian hadde 22. og 23. februar 2014 viste at det hadde vært nødvendig for flygerne å benytte større kraft på høyderorsstikka enn normalt. Boeing mener det mest sannsynlige senarioet var at det hadde inntruffet en restriksjon på en av PCU-styreamene. Hendelsene skjedde etter at Norwegian hadde innført de nye avisingsprosedyrene fra Boeing.

1.18.3.5 *Tailwind Airlines (Tyrkia)*

14. juni 2009: Boeing 737-400, TC-TLA innflyging Diyarbakir lufthavn Tyrkia (LTCC). Normal innflyging uten autopilot i bruk, men med autothrottle innkoplet. Under utflating i 20 ft, startet flyet en utilsiktet bratt stigning med ca. 40° høy nese over en periode på 14 sekunder. Flygerne koplet ut flyets autothrottle, kjørte flyets horisontale stabilisator trim til fullt fremre posisjon og presset stikka fremover. Begge flygerne ble lettere skadet, men passasjerer og kabinbesetning ble ikke skadet. NTSBs undersøkelse avdekket at et fremmedlegeme hadde lagt seg i spalten på venstre PCU og forhindret denne i å bevege seg. Boeing 737-400 har kun en styrearm på henholdsvis venstre og høyre PCU, i motsetning til Boeing 737 NG-serien (600-900) som har to styrearmar på hver PCU. Havarikommisjonen omtaler denne hendelsen, fordi det i likhet med Kittilä omhandler blokkering av PCU. Tailwind-hendelsen har derimot ikke med ising å gjøre og avviker følgelig på dette området fra Kittilä.

- 1.18.3.6 Etter hendelsen avga NTSB i rapport [ENG09IA011](#) følgende fem [sikkerhetstilrådinger](#):

Therefore, the National Transportation Safety Board recommends that the Federal Aviation Administration:

Require Boeing to develop a method to protect the elevator power control unit input arm assembly on 737-300 through -500 series airplanes from foreign object debris. (A-11-7)

Once Boeing has developed a method to protect the elevator power control unit input arm assembly on 737-300 through -500 series airplanes from foreign object debris as requested in Safety Recommendation A-11-7, require operators to modify their airplanes with this method of protection. (A-11-8)

Require Boeing to redesign the 737-300 through -500 series airplane elevator control system such that a single-point jam will not restrict the movement of the elevator control system and prevent continued safe flight and landing. (A-11-9)

Once the 737-300 through -500 series airplane elevator control system is redesigned as requested in Safety Recommendation A-11-9, require operators to implement the new design. (A-11-10)

Require Boeing to develop recovery strategies (for example, checklists, procedures, or memory items) for pilots of 737 airplanes that do not have a mechanical override feature for a jammed elevator in the event of a full control deflection of the elevator system and incorporate those strategies into pilot guidance. Within those recovery strategies, the consequences of removing all hydraulic power to the airplane as a response to any uncommanded control surface should be clarified. (A-11-11)

1.18.4 Planlagte tiltak fra Boeing

Som følge av Havarikommisjonens og Boeing sine undersøkelser etablerte Boeing i april 2013 saksdokumentet: “Uncommanded Pitch Up – Elevator PCU Input Lever Restriction. Safety Related Problem 737NG-SRP-27-0237¹⁶”. SRP’en ble senere lukket på basis av at hovedårsaken var fastslått (isoppbygging på styrearmene i forbindelse med høyderorssystemet) og endrede prosedyrer for å imøtekomme dette.

1.18.4.1 *Boeing endrede prosedyrer*

Norwegian Air Shuttle (NAS) og Norwegian Air Norway (NAN) benytter Standard Operasjonelle Prosedyrer (SOP) utgitt av Boeing.

Før Kittilä hendelsen tilsa prosedyrene fra Boeing at horisontal stabilisator trim på Boeing 737 skulle settes til fullt fremme posisjon under avising. Slik skulle avisingsvæske lettere renne bakover og ned fra horisontal stabilisator og høyderor.

Etter Kittilä hendelsen og med bakgrunn i at Havarikommisjonen hadde avdekket væskeinntrenging i Tail Cone Compartment, beregnet Boeing at dersom horisontal stabilisator trim ble satt til midtre område på “green band”, så ville det redusere den fysiske åpningen inn i Tail Cone Compartment. Boeing mente således at væskeinntrengingen ville bli redusert.

Før Boeing kunngjorde endrede prosedyrer, ble Havarikommisjonen forelagt utkast til de nye prosedyrene. SHT utførte en spraytest nr. 4 for å undersøke endring i mengde væskeinntrengning ved forskjellige posisjoner på trim av horisontal stabilisator.

Simuleringene viste at ved å endre stabilisatortrimposisjon fra fullt fremme posisjon til midtre del av “green band”, reduserte dette væskeinntrengning, men at det fortsatt kom vesentlige mengder væske inn i Tail Cone Compartment og i retning mot styrearmene på Power Control Unit’ene. Havarikommisjonens undersøkelsesresultater ble formidlet til Boeing.

Boeing besluttet å endre deres prosedyrer i “Flight Crew Operations Manual (FCOM) slik at horisontal stabilisator trim på Boeing 737 heretter skulle stå i midtre område “green band” under avising.

¹⁶ Dokumentet tilhører Boeing og er ikke offentlig.

Videre, på bakgrunn av Havarikommisjonens undersøkelser, har Boeing i oktober 2013, endret prosedyrer i Boeing 737 "Aircraft Maintenance Manual (AMM)" slik at påføring av avisingsvæske bør skje i en vinkel forfra og ikke fra siden.

1.18.4.2 *Plan om modifisering av alle Boeing 737*

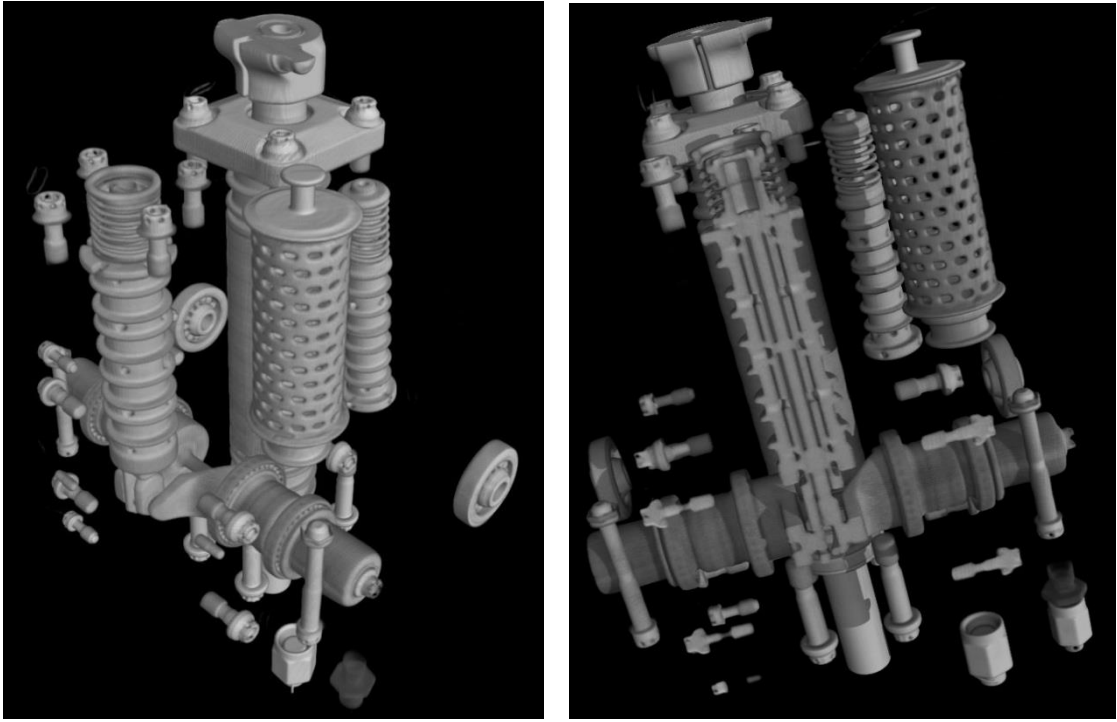
I august 2013 opplyste Boeing til Havarikommisjonen at prosedyreendringene vedrørende posisjon på stabilisator og vinkel under avising, ikke var ment fullt ut å forhindre væskeinntrengning mot høyderorsystemet inne i halepartiet.

Boeing sin langsiktige strategi for å minimere problemet, var å lage en form for konstruksjonsforandring på systemet som vil forhindre væske å sprute mot komponentene i kontrollsystemet. I den forbindelse, informerte Boeing at de planla å modifisere alle Boeing 737 i den hensikt å oppnå bedre beskyttelse mot væskeinntrengning inn i halepartiet og mot komponenter tilhørende høyderorsystemet.

Senere har Boeing opplyst Havarikommisjonen at de anser at en slik modifikasjon vil introdusere en uakseptabel risiko for fremmedlegemer som kan påvirke sikkerheten negativt.

1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder

- 1.19.1 Som beskrevet i avsnitt 1.16.5, rekvirerte Havarikommisjonen, etter anbefaling fra NTSB, CT-scanning av begge høyderors Power Control enhetene som satt i LN-DYM under hendelsen. Scanningen ble utført hos Varian Medical Systems i Lincolnshire, Illinois USA.
- 1.19.2 Hensikten var å avdekke eventuelle indre defekter eller fremmedlegemer som kunne ha forhindret PCU'ene i å fungere som tiltenkt. Det var ønskelig å avklare dette før enhetene senere skulle åpnes for innvendige undersøkelser. Metoden viste seg å være meget nyttig og effektiv.
- 1.19.3 Under CT-scanningen ble det benyttet kraftig utstyr med 1 MeV spenning for å generere røntgenstrålen. Totalt ble det laget et antall på 655 snittbilder langsetter PCU'ene for hver 0,4 mm avstand. Hvert pixel innen hvert snittbilde målte 0,137 x 0,137 mm. Alle snittbildene ble deretter, av NTSB, lagt inn i et 3-dimensjonalt dataprogram som gjorde det mulig å presentere tydelige bilder av de innvendige komponentene (se eksempel i figur 19).



Figur 19: Eksempler på bildene fra CT-scanningen. Foto: NTSB

2. ANALYSE

2.1 Innledning

2.1.1 Hendelsens alvorlighetsgrad

2.1.1.1 SHT vurderer hendelsen som alvorlig. LN-DYM var nær ved å steile, hvilket mye sannsynlig ville ha medført totalhavari. Flyet var relativt lavt over terrenget og i skyer, og flygerne kunne vanskelig gjenvunnet kontroll på flyet med et høyderorsystem som ikke fungerte som tiltenkt.

2.1.1.2 Vurderingen i ettertid står imidlertid i kontrast til hvordan flybesetningen først oppfattet hendelsen og at flyet fortsatte å operere som normalt. Norwegian Air Shuttle rutet umiddelbart flyet til Gardermoen etter at Boeing, som følge av analysen av ferdskriverdata, sendte en anbefaling om å bytte begge høyderors PCU'ene på LN-DYM. Dette oppfatter SHT beskrivende for alvorlighetsgraden i hendelsen.

2.1.2 Analysens struktur

I det følgende drøftes først hendelsesforløpet og de disposisjoner som ble foretatt av flygebesetningen. Deretter omtales undersøkelsens nytte av data fra flygeregistratorer (se kapittel 2.3). I kapittel 2.4 drøftes blokkering av høyderorssystemet på Boeing 737 og behov for modifikasjon for å forhindre blokkering. Deretter drøftes prosedyrer og trening av flygere i Norwegian og hvorvidt dette kan ha hatt betydning for besetningens håndtering av hendelsen (se kapittel 2.5). Basert på det faktum at flyet fortsatte å operere omtales varsling av hendelsen i kapittel 2.6. I kapittel 2.7 drøftes faktorer som SHT mener kan utelukkes fra hendelsen.

2.2 Hendelsesanalyse

2.2.1.1 Havarikommisjonens undersøkelser av ferdskriverdata viser at underveis på marsjhøyde til Kittilä den 26. desember 2012 hadde høyderoret på LN-DYM gradvis blitt blokkert. Det var imidlertid ingen feilindikasjoner på flight deck og for flygerne forløp flygingen som normalt inntil flyet var i ferd med å bli etablert på glidebanen for innflygingen. Som følge av nevnte blokkering og fordi autopiloten fikk stabilisatortrimmen til å endre vinkel på horisontal stabilisator, medførte dette at flyets nese utilsiktet hevet seg raskt til en farefull bratt vinkel. Flygerne måtte benytte full kraft i forsøk på å få senket flyets nesevinkel. Tiltak som ville ha forbedret situasjonen (utkobling av flyets autopilot, autothrottle og/eller reduksjon i motorkraft) ble ikke gjennomført av flygerne før på slutten av scenarioet.

2.2.1.2 Havarikommisjonen har ikke tatt stilling til hvilken av prosedyrene som er nevnt i pkt. 1.17.2.4 som burde ha vært benyttet. Den generelle føringen i Boeing og Norwegian sine operative prosedyrer var, og er, at man skal gå over til manuell flyging ved å kople ut autopilot og autothrottle. Først da flyets nesestilling passerte +35°, på vei ned, ble stabilisatortrimmen aktivert av flygerne og autopiloten dermed automatisk utkopleet. Som nevnt i pkt. 1.1.2.5 har fartøysjefen forklart at han mente at flyets autopilot hadde kopleet seg ut automatisk tidlig i det flyets nese var i ferd med å heve seg. Etter hvert passerte flyet definisjonen på en "Upset" situasjon (blant annet mer enn +25° nesestilling), og prosedyrene tilsier at man skal gå over til manuell flyging. Det faktum at flygerne selv ikke da kopleet ut autopiloten, kan muligens forklares ved at fartøysjefen trodde at

autopiloten allerede var utkopleet. Flere av selskapets flygere som SHT har snakket med har oppfattet at autopilot kobler seg ut automatisk dersom det utøves stor kraft på stikka.

- 2.2.1.3 Havarikommisjonen antar at flygernes konsentrasjon ble avledet som følge av at flyets høyderorssystem ikke fungerte som forventet. Når flyets nesevinkel er høy og flyhastigheten avtar, er det ikke naturlig for en flyger å redusere motorkraften. I dette tilfellet ville redusert motorkraft ha bedret situasjonen signifikant.
- 2.2.1.4 Som beskrevet i pkt. 1.1.2 lyktes flygerne langsomt å få senket nesestillingen, men høyderoret responderte kun med 1:250 rate i forhold til normalt og forventet av flyger. Havarikommisjonen finner det trolig at dette medførte at flygerne overkorrigerte og flyet endte opp i en ny unormal situasjon. Mye tyder på at blokkeringen forsvant i dette tidsrom og at den store kraften gjennom høyderorstikka førte til en overkorreksjon med påfølgende “Stick Shaker” og steilevarsel i fire sekunder.
- 2.2.1.5 Det henvises videre til kapittel 2.5 som drøfter prosedyrer og trening av flybesetningene i Norwegian.

2.3 Data fra flygeregistratorer

2.3.1 Ferds skriver

I denne undersøkelsen har data fra flyets ferds skriver vært avgjørende for å avklare detaljene i hendelsesforløpet og fastslå at flyets to høyderor Power Control Units var blokkerte slik at normal operasjon av høyderorssystemet ble forhindret. Havarikommisjonens videre undersøkelser har hatt fokus på å avdekke hva som kan ha forårsaket blokkeringen.

2.3.2 Taleregistrator (Cockpit Voice Recorder CVR)

- 2.3.2.1 Havarikommisjonen anser at Kittilä-flybesetningen ikke hadde oppfattet at de hadde vært utsatt for en rapporteringspliktig hendelse og de hadde dermed ikke grunn til å sikre taleregistratoropptaket. Dette underbygges også ved at besetningen litt senere valgte å fly som normalt tilbake til Helsinki.
- 2.3.2.2 Opptak på taleregistratorer er viktig materiale for undersøkelsesmyndigheter for bedre å kunne kartlegge, forstå og analysere et hendelsesforløp og besetningens handlinger og besetningssamarbeid (CRM) i denne forbindelse. Også i denne undersøkelsen ville tilgang til lydopptak på taleregistrator vært av interesse.

2.4 Blokkering av høyderorssystemet på Boeing 737

2.4.1 Væskeinntrenging i halepartiet og eksponering av PCU

- 2.4.1.1 Tidlig analyse av ferds skriverdata avdekket at flyets høyre høyderors Power Control Unit hadde vært blokkert. Senere analyse tilsa at minimum tre av flyets totalt fire styrearmene på PCU'ene etter hvert ble mer og mer blokkerte mens flyet var på marsjhøyde for deretter å bli helt blokkerte under innflygingen til Kittilä.
- 2.4.1.2 Fordi det ikke ble funnet noen rester av fremmedlegemer på styrearmene, og basert på gjennomførte undersøkelser og analyser fra Boeing, anser Havarikommisjonen at det var is på styrearmene som forhindret normal operasjon av flyets høyderor.

2.4.1.3 SHTs undersøkelser avdekket at det kom relativt betydelige mengder væske og fuktighet inn i Tail Cone Compartment på flytypen Boeing 737 og at alle de fire styrearmene på flytypens to høyderors PCU'er er eksponert for sprut fra væskeinntrengingen ved avising. Dette i kombinasjon med kalde metalliske styrearmene, kan medføre at det dannes is i den smale spalten (se figur 8). Dette forhindrer normal operasjon av høyderor. SHT mener det, etter all sannsynlighet, var is som blokkerte LN-DYM sitt høyderor 26. desember 2012.

2.4.1.4 Det er ikke mulig å fastslå med sikkerhet hva som gjorde at blokkeringen av styrearmene etter hvert opphørte, men Havarikommisjonen finner det trolig at blokkeringen bestod av isperler i gapet på styrearmene og at isperlene etter hvert ble trykket sammen da flygerne utøvde full kraft på høyderorstikka. Hydraulikkoljen med 3 000 psi trykk inne i PCU'ene og varme fra denne kan også ha bidratt til å smelte is. Dette kan forklare at flyet oppførte seg normalt på innflyging nr. to til Kittilä og på de senere flygingene.

2.4.2 Avising

2.4.2.1 Blant annet på grunn av den store mengden med snø på flyet (ca. 25 cm), var det nødvendig å benytte store mengder avisingsvæske (ca. 3 000 liter). Havarikommisjonen undersøkelser viser at problemstillingen med væskeinntrengningen er uavhengig av mengde avisingsvæske, men kan ikke utelukke at mengden avisingsvæske og snø har lagt forholdene bedre til rette for dannelse av is på PCU-styrearmene. Mye væske bidrar til økt luftfuktighet i rommet og kombinasjon med mye snø kan ha fortynnet avisingsvæsken tilstrekkelig til å presse frysepunktet opp.

2.4.2.2 Havarikommisjonen har vurdert avisingssselskapets prosedyrer for avising av flyene, og rapporten fra firmaet (se vedlegg D) som utførte avisingen i Helsinki. Havarikommisjonen anser at avisingen ble gjort i henhold til fastsatte prosedyrer. Imidlertid er SHT kjent med at det er normalt å fjerne mer av snøen med andre metoder enn væske før selve avisingen tar til.

2.4.2.3 Undersøkelsen har vist at det har vært tilfelle hvor det har oppstått delvis blokkering også uten forutgående avising (ref. pkt. 1.18.3.1 og hendelse 22. februar 2014). Dette kan tyde på at konstruksjonen muliggjør høy fuktighet i rommet, og at dette alene kan bidra til isdannelse.

2.4.3 Behov for tiltak for å eliminere blokkering av styrearmene

2.4.3.1 Både Havarikommisjonen og Boeing anser at konsekvens i en hendelse med blokkert høyderor kan være katastrofal. Havarikommisjonens undersøkelse har avdekket at innføring av endrede prosedyrer fra Boeing (ref. 1.16.8) har redusert fukt og væskeinntrenging i Tail Cone Compartment, men ikke eliminert det. I pkt. 1.18.3.1 er det vist til to konkrete hendelser etter nye prosedyrer, hvor det var nødvendig å bruke større kraft på høyderorstikka enn vanlig. SHT mener derfor at sannsynligheten for blokkering av styrearmene ikke er eliminert. Det vil enda være mulighet for isdannelse på PCU styrearmene for Boeing 737 som avises og opererer i et kaldt miljø.

2.4.3.2 Havarikommisjonen mener at det er behov for tiltak som bedre forhindrer isdannelse på styrearmene og dermed risiko for blokkering av høyderorene på flytypen Boeing 737. SHT stiller spørsmål om sertifiseringsbestemmelsene fra FAA og EASA (se kapittel 1.18.2) er ivarettatt. Det fremmes derfor sikkerhetstilrådingen til Boeing og de to sertifiserende myndighetene FAA og EASA om dette. Videre vises til

sikkerhetstilrådingene A-11-7 og A-11-8 fra NTSB (se pkt. 1.18.3.5) vedrørende beskyttelse av styrearmene på høyderor PCU på Boeing 737 300-500 serie.

- 2.4.3.3 Havarikommisjonens undersøkelse har vist at problematikken med fukt og væskeinntrengning og påfølgende isdannelse på styrearmene er uavhengig av Boeing 737 Classic (100-500 serie) og NG-serien (600-900 serie). Denne hendelsen skjedde med et NG-individ med fire PCU-styrearmen og som burde være mindre sårbar for blokkering enn Classic med sine to styrearmen.

2.5 Norwegian – prosedyrer og trening

2.5.1 Prosedyrer i Norwegian Air Shuttle

- 2.5.1.1 Norwegian Air Shuttle benytter standard prosedyrer¹⁷ fra flyfabrikanten og har dermed adoptert siste revisjon fra Boeing. De nye prosedyrer beskriver hvilke vinkler avisingsvæske bør påføres Boeing 737 haleparti og at horisontal stabilisatortrim skal være i nøytral stilling.

- 2.5.1.2 Når det gjelder selskapets flyoperative prosedyrer og sjekklister som gjengitt i kapittel 1.17.2, så er også disse basert på standard prosedyrer fra Boeing. Havarikommisjonen ser at det er mange forskjellige prosedyrer som hver for seg bedrer situasjonen som oppstod. I akutte situasjoner som i dette tilfellet, vil det ikke være tid og mulighet til å lese sjekklister. Følgelig må innholdet være innøvd og som et minimum bør det forventes at man går over til manuell flyging ved å kople ut autopilot og autothrottle, som er fellesnevneren i prosedyrene. Som drøftet i kapittel 2.2 ble ikke dette gjort av flygebesetningen i denne hendelsen.

- 2.5.1.3 Havarikommisjonen har ikke avdekket behov for endringer i selskapets flyoperative prosedyrer som følge av hendelsen i Kittilä. Imidlertid ser SHT behov for å fokusere ytterligere på trening av flybesetningene.

2.5.2 Trening av flybesetningene

- 2.5.2.1 SHT har funnet at flygerne var erfarne og hadde gjennomgått trening som var utover myndighetenes minimumskrav. Til tross for dette ble ikke hendelsen optimalt håndtert. Gjeldende prosedyrer viser en fellesnevner om å gå over til manuell flyging når slike situasjoner oppstår. Dette ble ikke gjort, noe som er en gjenganger i flere ulykker og hendelser innen internasjonal luftfart. Når en slik uventet situasjon oppstår, må ryggmargrefleksjonen være å gå over til manuell flyging.

- 2.5.2.2 Havarikommisjonen mener at trening må utføres med en kvalitet og mengde slik at denne ryggmargrefleksjonen etableres. SHT mener derfor at trening og systemforståelse må få ytterligere fokus, men fremmer ingen spesifikk sikkerhetstilråding vedrørende dette. Det vises i denne sammenheng også til sikkerhetstilråding A-11-11 fra NTSB forbundet med den alvorlige hendelsen med en Boeing 737-400 i Tyrkia i 2009 (se pkt. 1.18.3.5). Se vedlegg B og C.

- 2.5.2.3 Havarikommisjonen anser at Norwegian har et treningskonsept som synes velfundert, gjennom redegjørelse for filosofi, planverk og gjennomføring. Havarikommisjonen vil kreditere selskapet for å ha lagt seg over myndighetenes minimumskrav når det gjelder

¹⁷ Med visse mindre unntak

teoriundervisning, simulatortrening, og trening i forbindelse med forskjellige sektorer på ruteflyging. Men på tross av dette synes altså ikke flygerne å ha hatt tilstrekkelig systemforståelse og ryggmarksrefleks for å håndtere hendelsen optimalt. SHT anser at luftfartsbransjen må ha kontinuerlig fokus på dette aspektet gitt en stadig økende grad av automatisering i cockpit.

2.6 Varsling av hendelsen

- 2.6.1 Havarikommisjonen mener bestemt at LN-DYM skulle ha vært tatt ut av operativ drift på Kittilä etter at hendelsen hadde skjedd. Dette fordi årsak til de alvorlige kontrollproblemene ikke var avklart og således ikke verifisert at flyet var luftdyktig. Flygerne mistenkte temperaturinversjon, men som følge av at andre innflyging var normal burde de ha revurdert om dette kunne ha forårsaket hendelsen (se kapittel 2.7.1).
- 2.6.2 Havarikommisjonen har som nevnt ikke detaljene i samtalen fra besetningen til Maintenance Control Center (MCC). Dermed har ikke SHT forutsetning til å vurdere hvorvidt MCC burde ha oppfattet alvorlighetsgraden i hendelsen. Intensjonen i selskapets prosedyrer tilsier at vakthavende sjefsflyger skulle vært kontaktet av fartøysjefen før neste avgang. I den kommunikasjonen som fant sted mellom fartøysjef og flygesjef (som da var vakthavende) to dager senere, ble heller ikke alvorlighetsgraden formidlet.
- 2.6.3 Da Kittilä-hendelsen inntraff, hadde ikke Norwegian opptak av telefonsamtaler (eller oppkall på VHF-radio ved Gardermoen) inn til deres Maintenance Operations Center (MOC). Havarikommisjonen er av den oppfatning at selskapet ville ha være tjent med å ha opptak av slike samtaler. Et opptak kan avklare hva som er blitt formidlet av informasjon, oppklare eventuelle avvik fra ønsket håndtering av en situasjon, avklare eventuelle misforståelser og lære av disse. Det forutsettes at det i så fall etableres prosedyrer for i hvilke situasjoner og hvem som har anledning til å gjennomgå opptakene og hvordan opptakene kan brukes. Eksempelvis gjøres det opptak av samtaler til og fra nødetatene i Norge for at rutiner kan forbedres.
- 2.6.4 Som nevnt i kapittel 1.17.4.2 har Norwegian opplyst Havarikommisjonen at de nå har innført opptak av alle samtaler inn til MOC og OCC.
- 2.6.5 I forbindelse med gjennomsyn av denne rapporten hadde Havarikommisjonen følgende utkast til sikkerhetstilråding:

Alvorlighetsgraden i hendelsen ble ikke oppfattet av berørt personell i Norwegian og derfor ble ikke LN-DYM "grounded" på Kittilä. Besetningen henvendte seg til selskapets senter for styring av vedlikehold, men denne samtalen ble ikke registrert. Havarikommisjonen er av den oppfatning at selskapet vil være tjent med å ha opptak av slike samtaler. Et opptak kan avklare hva som er blitt formidlet av informasjon, oppklare eventuelle avvik fra ønsket håndtering av en situasjon og man kan lære av eventuelle misforståelser.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Norwegian å vurdere behov for lydopptak og elektronisk lagring av samtaler til og fra selskapets Maintenance Operations Center (MOC).

- 2.6.6 Havarikommisjonen avstår fra å fremme ovennevnte sikkerhetstilråding i forvissning om at Norwegian nå har innført dette.

2.7 Faktorer som kan utelukkes fra hendelsen

2.7.1 Temperaturinversjon

Under en innflyging er det ikke uvanlig med relativt store temperaturinversjoner. SHT mener at selv med et stort temperaturfall under innflyging medfører ikke det at et fly skal oppføre seg unormalt. Havarikommisjonen mener derfor at temperaturinversjonen som LN-DYM fløy gjennom ikke var medvirkende til hendelsen. Dette underbygges dessuten ved at LN-DYM og to andre Boeing 737-800 fra et annet flyselskap kort tid etterpå hadde hendelsesfrie innflyginger.

2.7.2 Flight Control Computer

2.7.2.1 Havarikommisjonen anser at aktiv Flight Control Computer (posisjon A) fungerte som forutsatt i den fase av flygingen hvor hendelsen oppstod.

2.7.2.2 Videre anser Havarikommisjonen at de nevnte feilkoder ifm Mach Trim i Flight Control Computer (posisjon B), ikke hadde noen påvirkning på hendelsesforløpet.

2.7.3 Hydraulikkolje og –filter

Laboratorieprøver av hydraulikkoljen som ble tappet fra LN-DYM, viste avvik i form av farge, lukt og partikkelinnhold. Analyseresultatene var utenfor spesifikasjonene fra leverandøren av hydraulikkoljen, men innenfor spesifikasjonene gitt av Boeing til bruk på flytypen. Havarikommisjonen anser at avvikene ikke medvirket til hendelsen i Kittilä, men ser ikke bort i fra at endringen i farge og lukt kan ha oppstått i forbindelse med de blokkerte PCU'ene. SHT kan ikke fastslå hvordan mineralske partikler har kommet inn i flyets hydraulikksystem. Bortsett fra filterbyte og etterfylling av olje har det ikke vært arbeidet på systemet siden flyet ble levert nytt fra fabrikant.

3. KONKLUSJON

3.1 Vesentlige undersøkelsesresultater av betydning for flysikkerheten

- a) Under innflyging til Kittilä var LN-DYM nær ved å steile. Utfallet av en steiling kunne ha blitt katastrofalt.
- b) Analyse av data fra flygeregistratoren viser at minimum tre av de fire styrearmene på flyets to Power Control Unit (PCU) i høyderorssystemet var blokkerte, etter all sannsynlighet som følge av is. Beregninger foretatt av Boeing tilsier at høyderoret responderte ekstremt sakte og kun med 0,2°/sekund mot normalt 50°/sekund, noe som tilsier 1:250 rate. Mot slutten av senarioet løsnet blokkeringen.
- c) I forbindelse med avising av Boeing 737 vil væske og fuktighet trenge inn i halepartiet (Tail Cone Compartment). Høy fuktighet og sprut mot kalde styrearmene kan gi isdannelse.
- d) Havarikommisjonens undersøkelse har dokumentert at det under avising, selv etter innføring av nye prosedyrer fra Boeing, kommer vesentlige mengder væske og tilhørende fuktighet inn i halepartiet (Tail Cone Compartment).

- e) SHT stiller spørsmål ved om sertifiseringskravene i FAR Part 25 § 25.671 og EASA CS-25 §25.671 på Boeing 737 Classic og Next Generation serien er tilfredsstillt.
- f) Havarikommisjonen mener at trening må utføres med en kvalitet og mengde slik at systemforståelse og ryggmargsrefleks om å gå over til manuell flyging etableres.
- g) LN-DYM skulle ha vært tatt ut av operativ drift på Kittilä etter at hendelsen hadde skjedd. Dette fordi bakgrunnen for de alvorlige kontrollproblemene ikke var avklart og således ikke verifisert at flyet var luftdyktig.

3.2 Undersøkelseresultater

- a) Norwegian Air Shuttle var innehaver av nødvendig lisens (AOC) og rettigheter for å bedrive ruteflyging på den aktuelle strekning og med det aktuelle luftfartøy.
- b) Luftfartøyet var forskriftsmessig registrert og hadde gyldig Airworthiness Review Certificate (ARC).
- c) Luftfartøyets masse og tyngdepunktplassering var innenfor tillatte begrensninger på hendelsestidspunktet.
- d) Det er ikke avdekket tekniske feil eller uregelmessigheter ved luftfartøyet som Havarikommisjonen mener kan ha hatt innvirkning på hendelsesforløpet.
- e) Norwegian Air Shuttle benytter hovedsakelig standard tekniske og operative prosedyrer basert på flyfabrikanten Boeings føringer.
- f) Norwegian Air Shuttle sine flyoperative prosedyrer for situasjoner som ved den aktuelle hendelsen var dekkende og i tråd med fabrikantens anbefalinger.
- g) Norwegian Air Shuttle sitt treningsprogram for flygere var over myndighetenes minimumskrav.
- h) Flygerne hadde gyldige sertifikater og rettigheter på flytypen.
- i) Flygerne hadde gjennomgått selskapets treningsprogram og aktuell fartøysjef hadde nylig trent på tap av kontroll i lav høyde.
- j) Avisingen som ble utført før avgang, synes å ha vært utført i henhold til gjeldende prosedyrer.
- k) Store mengder snø ble ikke fjernet før avising startet og det ble nødvendig å benytte store mengder avisingsvæske.
- l) Flyet ble fløyet med autopilot og autothrottle innkoplet og flyets konfigurasjon og flyhastighet var normal i forkant av hendelsen.

- m) Flyet var etablert på localizer og var i ferd med å bli etablert på glidebanen, da flyet utilsiktet startet en bratt stigning.
- n) Tiltak på et tidlig stadium som ville forbedret situasjonen (utkobling av flyets autopilot, autothrottle og/eller reduksjon i motorkraft) ble ikke gjennomført av flygerne.
- o) Den generelle føringen i Boeing og Norwegian sine operative prosedyrer var, og er, at man skal gå over til manuell flyging ved å kople ut autopilot og autothrottle.
- p) Flygerne måtte benytte full kraft i forsøk på å få senket flyets nesevinkel.
- q) Analyse av data fra flygeregistratoren viser at styrearmene på flyets høyderor Power Control Unit ble gradvis blokkerte underveis i marsjhøyde.
- r) Problemstillingen med at fuktighet og avisingsvæske trenger inn i Tail Cone Compartment på Boeing 737 gjelder både Classic og Next Generation serien.
- s) Da Kittilä-hendelsen skjedde hadde ikke Norwegian opptak av telefonsamtaler inn og ut fra sitt Maintenance Control Center (MOC). Selskapet har senere innført opptak av telefonsamtaler både til og fra MOC og Operations Control Center (OCC).

4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Statens havarikommisjon for transport fremmer følgende sikkerhetstilrådinger:

Sikkerhetstilråding SL 2015/01T

Under innflyging til Kittilä 26. desember 2012 var LN-DYM nær ved å steile som følge av blokkert høyderor. Havarikommisjonens undersøkelse har dokumentert at det, selv etter innføring av nye prosedyrer fra Boeing, kommer betydelige mengder væske og tilhørende høy luftfuktighet inn i Tail Cone Compartment under avising av flytypen Boeing 737. Undersøkelsen viser væskeinntrengning mot de fire styrearmene på flyets to Power Control Units. Dersom væsken fryser i det trange gapet mellom styrearmene kan dette medføre at Power Control Units blir blokkert. Operasjon av høyderor på Boeing 737 blir dermed hindret, med fare for katastrofalt utfall.

Statens havarikommisjon for transport tilrår flyfabrikanten Boeing å foreta en ny risikovurdering av flytypen Boeing 737 med hensyn til blokkering av flytypens høyderorsystem, og iverksette tiltak slik at kravene i FAR Part 25 § 25.671 og EASA CS-25 §25.671 blir tilfredsstilt. (Tilsvarende sikkerhetstilråding rettes til FAA og EASA).

Sikkerhetstilråding SL 2015/02T

Under innflyging til Kittilä 26. desember 2012 var LN-DYM nær ved å steile som følge av blokkert høyderor. Havarikommisjonens undersøkelse har dokumentert at det, selv etter innføring av nye prosedyrer fra Boeing, kommer betydelige mengder væske og tilhørende høy luftfuktighet inn i Tail Cone Compartment under avising av flytypen Boeing 737. Undersøkelsen viser væskeinntrengning mot de fire styrearmene på flyets to Power Control Units. Dersom væsken fryser i det trange gapet mellom styrearmene kan

dette medføre at Power Control Units blir blokkert. Operasjon av høyderor på Boeing 737 blir dermed hindret, med fare for katastrofalt utfall.

Statens havarikommisjon for transport tilrår FAA å påse at Boeing foretar en ny risikovurdering av flytypen Boeing 737 med hensyn til blokkering av høyderorsystem, samt at analyseresultat og iverksatte tiltak ivaretar kravene i FAR Part 25 § 25.671. (Tilsvarende sikkerhetstilråding rettes til EASA).

Sikkerhetstilråding SL 2015/03T

Under innflyging til Kittilä 26. desember 2012 var LN-DYM nær ved å steile som følge av blokkert høyderor. Havarikommisjonens undersøkelse har dokumentert at det, selv etter innføring av nye prosedyrer fra Boeing, kommer betydelige mengder væske og tilhørende høy luftfuktighet inn i Tail Cone Compartment under avising av flytypen Boeing 737. Undersøkelsen viser væskeinntrengning mot de fire styrearmene på flyets to Power Control Units. Dersom væsken fryser i det trange gapet mellom styrearmene kan dette medføre at Power Control Units blir blokkert. Operasjon av høyderor på Boeing 737 blir dermed hindret, med fare for katastrofalt utfall.

Statens havarikommisjon for transport tilrår EASA å påse at Boeing foretar en ny risikovurdering av flytypen Boeing 737 med hensyn til blokkering av høyderorsystem, samt at analyseresultat og iverksatte tiltak ivaretar kravene i EASA CS-25 §25.671. (Tilsvarende sikkerhetstilråding rettes til FAA).

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 25. mars 2015

VEDLEGG

Vedlegg A: Forkortelser

Vedlegg B: NTSB rapport med sikkerhetstilrådinger

Vedlegg C: FAA oppfølging av sikkerhetstilrådinge fra ovennevnte rapport fra NTSB

Vedlegg D: Rapport fra Servisair om avising av LN-DYM

Vedlegg E: Rapport om værforhold for Kittillä den 26. desember 2012

Vedlegg A: Forkortelser

AC	Alternating current
AFM	Aircraft flight manual
AIC	Aeronautical information circular
AIP	Aeronautical information publication
AMM	Aircraft maintenance manual
AMSL	Above Mean Sea Level
AOA	Angle Of Attack
APP	Approach control
ASDA	Accelerat-stop distance available
ATPL (A)	Airline transport pilot license (aeroplane)
BSL E	Bestemmelser for sivil luftfart om luftfartsanlegg og bakketjeneste
CAA	Civil aviation authority
CAS	Calibrated Airspeed
CPL (A)	Commercial pilot license (aeroplane)
CRM	Crew resource management
CVR	Cockpit voice recorder
CWY	Clearway
DC	Direct current
DME	Distance Measuring Equipment
DVOR / VOR	Doppler VOR / VHF Omnidirectional Radio Range
EMERG	Emergency
ESS	Essential
FDR	Flight data recorder
FEW	Few
FOD	Foreign Object Damage
hPa	Hectopascal

IAS	Indicated air speed
ICAO	International civil aviation organization
IMC	Instrument Meteorological Condition
IR (A)	Instrument rating (aeroplane)
JAR	Joint aviation requirements
JAR-OPS 1	Joint aviation requirements – operations – fixed wing
JAR-145	Joint aviation requirements – maintenance
Kt	Knots
LDA	Landing distance available
Lb	Pound
MAN	Manual
ME	Multi engine
MPA	Multi pilot aeroplane
ME/MP	Multi engine/multi pilot
MEP	Multi engine piston
METAR	Aerodrome routine metrological report
MSL	Mean sea level
N1	Benevnelse for % turtall i motorens 1. kompressortrinn
NG	Next Generation
NM	Nautiske mil
QNH	Altimeter sub-scale setting to obtain elevation when on ground
OPC	Operator proficiency check
PAPI	Precision approach path indicator
PC	Proficiency check
RWY	Runway
SARPS	Standards and recommended practices (ICAO)
SAT	Saturated Air Temperature

SEP	Single engine piston
SOP	Standard operating procedures
SW	South-west
TAF	Terminal aerodrome forecast
TAT	Total Air Temperature
THR	Threshold
TMA	Terminal area
TWR	Tower
UTC	Universal time coordinated
VCS	Voice communication system
VRB	Variable



National Transportation Safety Board

Washington, D.C. 20594

Safety Recommendation

Date: February 10, 2011

In reply refer to: A-11-7 through -11

The Honorable J. Randolph Babbitt
Administrator
Federal Aviation Administration
Washington, D.C. 20591

On June 14, 2009, about 1817 Coordinated Universal time, a Boeing 737-400 (737), registration number TC-TLA, operated as Tailwind Airlines flight OHY036, experienced an uncommanded pitch-up event at 20 feet above the ground during approach to Diyarbakir Airport (DIY), Diyarbakir, Turkey.¹ The flight crew performed a go-around maneuver and controlled the airplane's pitch with significant column force, full nose-down stabilizer trim, and thrust. During the second approach, the flight crew controlled the airplane and landed by inputting very forceful control column inputs to maintain pitch control. Both crewmembers sustained injuries during the go-around maneuver; none of the 159 passengers or cabin crewmembers reported injuries. The airplane was undamaged during the scheduled commercial passenger flight. The Turkish Directorate General of Civil Aviation, acting on behalf of the State of Occurrence, delegated the investigation to the National Transportation Safety Board (NTSB). The NTSB investigated this incident under the provisions of International Civil Aviation Organization Annex 13 as the Country of Manufacture and Design of the airplane.

The NTSB's investigation found that the incident was caused by an uncommanded elevator deflection as a result of a left elevator power control unit (PCU) jam due to foreign object debris (FOD). The FOD was a metal roller element (about 0.2 inches long and 0.14 inches in diameter) from an elevator bearing. During its investigation of this incident, the NTSB identified safety issues relating to the protection of the elevator PCU input arm assembly, design of the 737 elevator control system, guidance and training for 737 flight crews on a jammed elevator control system, and upset recovery training.

¹ More information regarding this incident, National Transportation Safety Board case number ENG09IA011, is available online at <<http://www.ntsb.gov/ntsb/query.asp>>.

Protection of the Elevator PCU Input Arm Assembly

Boeing 737-300 through -500 series airplanes² primary pitch control³ is provided by two hydraulically powered elevators with manual reversion⁴ available in the event of a loss of hydraulics. The elevators are controlled by forward and aft motion of the captain's and first officer's control columns, which are connected to each other via a torque tube with a forward cable control quadrant mounted at each end. Elevator control cables are routed from the quadrants' aft end and attach to a pair of aft elevator control quadrants, which are mounted on the lower elevator input torque tube.⁵ This tube is mechanically connected, via linkages, to each PCU input arm assembly, which, when rotated, provides a simultaneous command to each PCU to extend or retract.⁶ The output rod of each PCU is connected to the upper torque tube, which is directly linked by pushrods to each elevator (see figure). The elevator PCUs are located in the tail of the airplane.

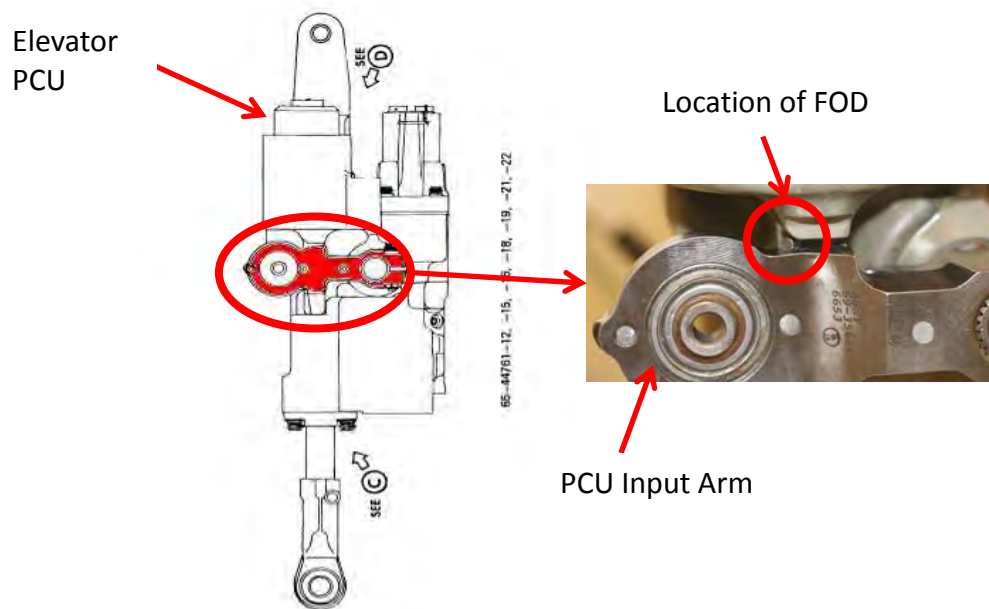


Figure. Location of FOD.

² While 737-100 and -200 series airplanes are similar in design to 737-300 through -500 series airplanes, the NTSB notes that 737-100 series airplanes are no longer in service, and 737-200 series airplanes are no longer operated by U.S. carriers.

³ The design of the 737-600 through -900 series airplanes' pitch control system is different from that on 737-300 through -500 series airplanes; these differences are discussed in the "Design of the 737 Elevator Control System" section of this letter.

⁴ "Manual reversion" means "without hydraulic power." In manual reversion mode, the pilot can control the elevators and ailerons by movement of the control column or wheel, respectively, but the control forces will be much higher than with hydraulics.

⁵ The aft elevator controls are located in the empennage aft of the stabilizer rear spar.

⁶ The two PCUs operate in unison, and each is powered by a separate and independent hydraulic system (the left unit from hydraulic system "A" pressure and the right unit from hydraulic system "B" pressure).

Tailwind Airlines' postincident inspection of the elevator PCUs revealed that the system "A" elevator PCU input arm assembly was jammed by a piece of FOD (a metal bearing roller) in a position that offset the control arm in a downward direction. With the control arm deflected downward and with hydraulic pressure available, the PCU would be commanded to move the elevator to a position that would pitch the aircraft nose up. The incident airplane's flight data recorder (FDR) recorded an aircraft pitch up during the landing flare just before the commanded go-around maneuver. Because of the way the elevators are linked together, a jam in one PCU will cause both elevator surfaces to deflect in the same direction. (The two sides of the system cannot be disconnected so that the unjammed PCU can control the elevators.)

In January 2009, a scheduled maintenance check ("C" check) was performed on the airplane. Part of the check involved replacement of the upper torque tube output crank bearing. Postincident inspections of the airplane's elevator system components located within the tailcone also revealed that the left elevator upper torque tube output crank bearing/sleeve appeared new, with all bearings present. The NTSB determined that, at some point during maintenance or in-service operation before the January 2009 maintenance check, metal rollers⁷ became dislodged from the bearing and scattered throughout the aft elevator system components.

During its investigation of this incident, the NTSB noted that the 737 aileron control system uses PCUs identical to those located in the elevator control system. FOD contamination is considered more likely in the aileron control system due to the location of the aileron PCUs in the main landing gear (MLG) wheel well. This area is exposed to the external environment whenever the MLG is extended, and the flight control components are vulnerable to damage from environmental debris or tire failure. Protective modifications had to be accomplished⁸ on specified flight control components located in the wheel well. Two of these components, the aileron PCUs, were modified by the incorporation of protective soft covers over the input arm assembly of each aileron PCU.

The NTSB notes that the protective covering used for the aileron input arm assemblies would likely also help protect the elevator PCUs on 737-300 through -500 series airplanes from FOD. The NTSB concludes that FOD within any flight control system is a serious concern because debris may migrate and become lodged within the controls, resulting in a jam of the control system during a critical phase of flight. Further, the NTSB concludes that special protection (in the form of protective covering or other methods) for the elevator PCUs would ensure that FOD does not jam the elevator PCU input arm assembly. Therefore, the NTSB recommends that the Federal Aviation Administration (FAA) require Boeing to develop a method to protect the elevator PCU input arm assembly on 737-300 through -500 series airplanes from FOD. The NTSB further recommends that the FAA, once Boeing has developed a method to protect the elevator PCU input arm assembly on 737-300 through -500 series airplanes from

⁷ In addition to the metal bearing roller that caused the jam, a second metal bearing roller was found resting at the bottom of the tailcone near the drain hole, mostly buried in debris. Boeing's metallurgical analysis revealed that both metal bearing rollers had the same dimensions and material as the rollers that are installed in two locations in the aft elevator control system (the right and left ends of the elevator upper output torque tube crank assembly).

⁸ In July 1987, Boeing issued Service Bulletin 737-52-109 to remove the MLG wheel well tire burst protector screen doors on all 737 airplanes that are so equipped. The Federal Aviation Administration (FAA) did not issue an airworthiness directive to mandate this service bulletin. For more information, see FAA B737 Flight Control System Critical Design Review, dated May 3, 1995.

FOD as requested in Safety Recommendation A-11-7, require operators to modify their airplanes with this method of protection.

Design of the 737 Elevator Control System

The NTSB's investigation of this incident revealed that the flight crew controlled the airplane through the use of full nose-down stabilizer trim, thrust, and effort by both crewmembers to resist the pull action caused by the jam. The forces required to control the airplane were so high that the crewmembers' exertions on the control column resulted in their injuries. The design of the 737-300 through -500 series airplanes does not include any means by which the flight crew can override an elevator control system jam. During its investigation of this incident, the NTSB reviewed the design history of these airplanes, the potential for additional jamming events, and the jam override mechanisms available on other airplane models.

According to the FAA's service difficulty report database, four additional 737-300 through -500 series airplanes experienced events involving binding or jamming of the elevator control system. Although none of these events resulted in an accident, they highlight the fact that binding or jams of the elevator system do occur in flight, can result from numerous causes (including improper maintenance performed on the airplane), and can present the flight crew with controllability hazards. During the first reported event, which occurred on January 14, 1998, the flight crew indicated that the elevator jammed while flaring the airplane for landing and required approximately 50 to 60 pounds of force on the columns to free the elevators. The source of the jam could not be identified. The second reported event occurred on October 12, 2003, during which the flight crew reported stiff controls throughout the flight, and, during the landing flare, the control column bound for a moment and then broke free. The source of the jam could not be identified. During the third reported event on October 16, 2003, the flight crew indicated that the elevator was binding when pulling the control column back to the point of having to use excessive pressure to return the column to neutral. The flight crew reported that the column was completely stuck at one point in the flight. Maintenance crews found a large piece of Velcro lodged between an elevator cable pulley and cable retainer. The elevator system was cycled and found to operate normally after the removal of the Velcro. During the fourth reported event on October 9, 2005, the flight crew aborted takeoff at 140 knots due to no elevator movement. Maintenance personnel discovered that the elevator balance weight from one elevator was lodged between the lower surface of the elevator and the stabilizer, resulting in a jam that prevented both elevators from moving. If this jam had occurred during flight instead of during the takeoff roll, control of the airplane would have been extremely difficult. These reports indicate that jams of the 737 elevator system occur during service, and because the jammed portions of the system cannot be overridden, the flight crews have no option but to try to overpower the jam with excessive force.

Further, a design review of the 737 elevator system has determined that there are additional ways in which the system may become jammed. The NTSB's query of the FAA's airworthiness directive (AD) database revealed that, on November 25, 2005, the FAA issued AD 2005-26-03, "Elevator Input Torque Tube Assembly," for all 737s (737-100 through -900 series airplanes) to prevent the loss of elevator control and subsequent reduced controllability. The AD resulted from a report of a restriction in the pilot's elevator input control system.

Although the cause of the incident was not determined, a design review that Boeing performed on the aft elevator input torque tube assembly during the investigation revealed possible failure modes that could lead to an elevator control system jam. The FAA issued the AD to require operators to take action to prevent these jams.

The NTSB reviewed the 737-300 through -500 series airplane certification requirements and found that even though these airplanes were awarded type certificates between 1984 and 1990, the elevator control system of the 737-300 through -500 series airplanes was considered to be unchanged and carries the same certification basis as the 737-100 and -200 series airplanes (which were certified in 1967).⁹ The NTSB's review of the certification data also revealed that even though Boeing had developed flight control system designs that included jam override mechanisms for use in other airplanes before the certification of the 737-300 through -500 series airplanes (such as the 757 and 767 airplanes, which were introduced into service in 1983 and 1982, respectively), these designs were not incorporated into the 737-300 through -500 series airplanes and were not required to be by the FAA.

The NTSB notes that during discussions with the FAA and Boeing regarding elevator jamming incidents, all parties agreed that a jam in the elevator system (either a rate jam or position jam) should be considered a catastrophic hazard. Further, given the age of the 737-300 through -500 series airplanes, the need for maintenance actions in critical areas of the flight control system should be expected to grow, further increasing the possibility of jam-inducing failures caused by FOD, maintenance errors, or other failures which by today's certification standards would require that no single failure in the control system be able to contribute to such a jam. As a result, the NTSB believes that additional design improvements should be considered to mitigate the effects of single-point-induced jams.

The elevator control system on 737-300 through -500 series airplanes comprises two parallel sets of flight control cables (one connected to the captain's side and the other to the first officer's side) that transmit flight control commands from the control columns to the aft elevator input torque tube and then to the elevator PCU input arm via control rods. Because the system does not contain override mechanisms, a single point malfunction (jam) to one side of the control system will effectively jam both sides of the control system, resulting in the partial or complete loss of elevator control. In such a scenario, the flight crewmembers may not be able to exert enough force on both control columns to overcome the jam and would therefore lose control of the elevators.

A review of the elevator control systems on other transport-category airplanes indicates that override mechanisms are commonly installed and aid in maintaining control of the airplane when a system malfunction occurs. For example, Boeing 717, 747, 757, 767, and 777 airplanes; Embraer 120, 145, 170, and 190 airplanes; Bombardier Canadair Regional Jet CRJ-200, CL-600-2B19, DHC-8, and Q400 airplanes; and ATR-42 and -72 airplanes all contain override mechanisms in the elevator system. Further, the elevator system on 737-600 through -900 series airplanes was improved by the addition of several mechanical override mechanisms. While these

⁹ When the 737-100 and -200 series airplanes were certified, 14 *Code of Federal Regulations* Part 25 did not specifically require consideration of a jam resulting from a single failure mode of a device in the control system as long as the failure mode was considered extremely remote.

override mechanisms do not mitigate all possible jam conditions, in general, in the event of a system jam, the mechanisms allow both elevators to be controlled by the movement of the unaffected control column.

The following September 2, 2004, event involving a de Havilland (Bombardier) DHC-8 airplane highlights the benefit of an override mechanism for the elevator control system.¹⁰ The Transportation Safety Board of Canada reported that, during the initial climb following takeoff, the first officer noted that abnormal forward pressure on the control column was required to keep the airplane from pitching nose up. To counter the pitch-up, he trimmed the airplane nose down. About 30 seconds after becoming airborne, the airplane was 350 feet above ground level, and the first officer had applied full nose-down trim. The amount of forward pressure on the control column continued to increase as the airplane accelerated, and the first officer notified the captain of the control difficulties and requested his assistance in holding the control column forward. The flight crew leveled the airplane at 4,000 feet above sea level and pulled the elevator pitch disconnect handle, isolating the left and right elevators. The captain's elevator control functioned normally after the disconnect, and he continued the flight.¹¹

Because of the lack of an override mechanism within the elevator control system on the 737-400 airplane involved in the Tailwind Airlines incident, the flight crewmembers had to exert constant and excessive force on the control columns to overcome the jam. While the flight crewmembers exerted enough force on the control columns to overcome the jam, the NTSB is concerned that other jam scenarios may exist in which pilot inputs would not be enough to successfully control the airplane. Consequently, there may be no assurance of continued safe flight and landing in the event of an elevator control system jam. The NTSB concludes that because the elevator control system on 737-300 through -500 series airplanes does not contain any override mechanisms, a single-point jam-type failure (restriction of any elevator control system components) could result in the loss of elevator system control and could render the airplane uncontrollable. Therefore, the NTSB recommends that the FAA require Boeing to redesign the 737-300 through -500 series airplane elevator control system such that a single-point jam will not restrict the movement of the elevator control system and prevent continued safe flight and landing. The NTSB further recommends that the FAA, once the 737-300 through -500 series airplane elevator control system is redesigned as requested in Safety Recommendation A-11-9, require operators to implement the new design.

Guidance and Training for 737 Flight Crews on a Jammed Elevator Control System

The NTSB determined that the elevator control system on the incident airplane was functioning normally during the flight until the final approach to runway 34 at DIY. FDR data indicated that, about 20 feet above the ground, there was an uncommanded deflection of both

¹⁰ For more information, see *Flight Control Difficulties, Jazz Air Inc., de Havilland DHC-8-102 C-FGRP, Kingston, Ontario, 02 September 2004*, Aviation Investigation Report A04O0237 (Gatineau, Quebec, Canada: Transportation Safety Board of Canada, 2005).

¹¹ An inspection after landing revealed that half of one of the balance weights from the right-side elevator spring tab and the nuts that secured it were missing. The two bolts had jammed on the top surface of the elevator and held the elevator spring tab in the trailing-edge-down position.

elevators, resulting in the airplane's pitch attitude increasing from about 4° to about 40° within about 14 seconds. The flight crew reacted immediately to the uncommanded pitch-up event by adjusting the stabilizer trim position to its full nose-down position (0 units) and by attempting to move the elevator control columns forward. FDR data indicated that, once the flight crewmembers reestablished minimal control over the pitching tendency, they turned off the hydraulic power to the flight controls. This action removed the hydraulic pressure from both elevator PCUs, resulting in both elevators deflecting to their neutral (zero hinge moment or float) position. Because the flight crew had just positioned the stabilizer to its full aircraft nose-down position, without the counteracting force of the elevator, the airplane's pitch attitude rapidly changed from +5° to about -5°. The flight crew immediately restored hydraulic power, and the airplane continued to demonstrate significant pitch-up tendencies. The flight crew ultimately controlled the airplane through the use of full nose-down stabilizer, thrust, and effort by both crewmembers on the column.

The flight crewmembers did not have sufficient time to reference the 737 flight crew operations manual (FCOM) or Quick Reference Handbook (QRH). The 737 FCOM provides general guidance for a jammed or restricted flight control and states, in part, that "if any jammed flight control condition exists, both pilots should apply force to try to either clear the jam or activate the override feature." Because the 737-400 does not have a mechanical override feature for a jammed elevator, the pilots needed to try to clear the jam. However, the NTSB's review of the 737 FCOM revealed that there are no checklists or procedures regarding recovery from an uncommanded elevator deflection and/or a jammed elevator control system.

The NTSB notes that an airplane with flight control problems should be handled in a slow, methodical manner by managing the airplane's energy, arresting the flightpath divergence, and recovering to a stabilized flightpath before referencing any written guidance (such as an FCOM, QRH, or quick reference checklist). As demonstrated on the incident flight, when the flight crew turned off hydraulic power, the position of the elevators changed, causing a change in the airplane's pitch attitude due to the nose-down pitch trim that the flight crew had previously applied. The flight crew's immediate actions after the jam of the elevator PCU allowed them to stabilize the airplane to make a go-around maneuver; however, by turning off the hydraulic power during the go-around maneuver, the flight crew adversely affected the airplane's controllability.

The NTSB concludes that, without guidance to flight crews regarding appropriate actions to take in the event of an inoperative or malfunctioning elevator control system, pilots may improvise troubleshooting measures that could inadvertently worsen the condition of a marginally controllable airplane.¹² Therefore, the NTSB recommends that the FAA require Boeing to develop recovery strategies (for example, checklists, procedures, or memory items) for

¹² This was an issue in the January 31, 2000, crash of Alaska Airlines flight 261 into the Pacific Ocean near Anacapa Island, California. Following that accident, the NTSB issued Safety Recommendation A-02-36, which asked the FAA, in part, to "issue a flight standards information bulletin directing air carriers to instruct pilots that in the event of an inoperative or malfunctioning flight control system, if the airplane is controllable they should complete only the applicable checklist procedures and should not attempt any corrective actions beyond those specified." This recommendation was classified "Closed—Acceptable Action" on January 13, 2005.

pilots of 737 airplanes that do not have a mechanical override feature for a jammed elevator in the event of a full control deflection of the elevator system and incorporate those strategies into pilot guidance. Within those recovery strategies, the consequences of removing all hydraulic power to the airplane as a response to any uncommanded control surface should be clarified.

Upset Recovery Training

On October 18, 1996, the NTSB issued Safety Recommendation A-96-120 in response to three uncommanded roll and/or yaw events that occurred while 737 airplanes were approaching to land: the March 3, 1991, United Airlines flight 585 accident in Colorado Springs, Colorado; the September 8, 1994, USAir flight 427 accident near Aliquippa, Pennsylvania; and the June 9, 1996, Eastwind Airlines flight 517 incident in Richmond, Virginia. Safety Recommendation A-96-120 asked the FAA to do the following:

Require 14 [*Code of Federal Regulations*] CFR Part 121 and 135 operators to provide training to flight[]crews in the recognition of and recovery from unusual attitudes and upset maneuvers, including upsets that occur while the aircraft is being controlled by automatic flight control systems, and unusual attitudes that result from flight control malfunctions and uncommanded flight control surface movements.

On January 16, 1997, the FAA responded that many operators are currently providing training on the recognition, prevention, and recovery of aircraft attitudes normally not associated with air carrier flight operations. On August 11, 1999, the FAA indicated that it initiated a notice of proposed rulemaking (NPRM) proposing to revise 14 CFR Part 121, Subparts N and O, to include training in the recognition of and recovery from unusual attitudes and upset maneuvers. The FAA anticipated that the NPRM would be published in December 2000. The FAA later indicated that the NPRM might be published in 2003. The NPRM was published in 2009; however, to date, no regulation has been enacted based on the NPRM.

On October 26, 2004, the NTSB reclassified Safety Recommendation A-96-120 “Open—Unacceptable Response” as part of its report on the crash of American Airlines flight 587 in Belle Harbor, New York.¹³ The NTSB notes that 14 years have passed since the issuance of this recommendation, and the FAA has yet to make regulatory changes to address this safety issue. However, the Tailwind Airlines incident supports the need for flight crew training in the recognition of and recovery from unusual attitudes and upset maneuvers. Any training reference material that the FAA uses for upset recovery training course curriculum development should include a description of jammed or restricted flight controls, along with a description of how best to incorporate those recovery strategies to a control malfunction similar to that which occurred in the Tailwind Airlines incident.¹⁴ Such training would likely have provided the incident flight crew with critical information about how to recover from a jammed elevator

¹³ See *In-Flight Separation of Vertical Stabilizer, American Airlines Flight 587, Airbus Industrie A300-605R, N14053, Belle Harbor, New York, November 12, 2001*, Aircraft Accident Report NTSB/AAR-04/04 (Washington, D.C.: National Transportation Safety Board, 2004).

¹⁴ Although Tailwind Airlines is not a U.S. carrier, the 737 is used extensively by U.S. carriers with FAA oversight.

control system. The NTSB notes that the initial actions by the flight crew to return the airplane to controllable flight were consistent with the techniques defined in the *Airplane Upset Recovery Training Aid*.¹⁵ The NTSB believes this incident emphasizes the importance of the upset training as recommended in Safety Recommendation A-96-120 so that flight crewmembers can be provided with skills to employ during an airplane upset.

Therefore, the National Transportation Safety Board recommends that the Federal Aviation Administration:

Require Boeing to develop a method to protect the elevator power control unit input arm assembly on 737-300 through -500 series airplanes from foreign object debris. (A-11-7)

Once Boeing has developed a method to protect the elevator power control unit input arm assembly on 737-300 through -500 series airplanes from foreign object debris as requested in Safety Recommendation A-11-7, require operators to modify their airplanes with this method of protection. (A-11-8)

Require Boeing to redesign the 737-300 through -500 series airplane elevator control system such that a single-point jam will not restrict the movement of the elevator control system and prevent continued safe flight and landing. (A-11-9)

Once the 737-300 through -500 series airplane elevator control system is redesigned as requested in Safety Recommendation A-11-9, require operators to implement the new design. (A-11-10)

Require Boeing to develop recovery strategies (for example, checklists, procedures, or memory items) for pilots of 737 airplanes that do not have a mechanical override feature for a jammed elevator in the event of a full control deflection of the elevator system and incorporate those strategies into pilot guidance. Within those recovery strategies, the consequences of removing all hydraulic power to the airplane as a response to any uncommanded control surface should be clarified. (A-11-11)

In response to the recommendations in this letter, please refer to Safety Recommendations A-11-7 through -11. If you would like to submit your response electronically rather than in hard copy, you may send it to the following e-mail address: correspondence@ntsb.gov. If your response includes attachments that exceed 5 megabytes, please e-mail us asking for instructions on how to use our secure mailbox. To avoid confusion, please use only one method of submission (that is, do not submit both an electronic copy and a hard copy of the same response letter).

¹⁵ *Airplane Upset Recovery Training Aid, Revision 1*, Page 3, B-65, states that nose-high, wings-level recovery techniques (pitch attitude unintentionally more than 25°, nose-high and increasing, airspeed decreasing rapidly, ability to maneuver decreasing) include the following: recognize and confirm the situation, disengage autopilot and autothrottle, apply as much as full nose-down elevator, use appropriate techniques, roll to obtain a nose-down pitch rate, reduce thrust (underwing-mounted engines), complete the recovery, approach horizon, roll to wings level, check airspeed and adjust thrust, and establish pitch attitude.

Chairman HERSMAN, Vice Chairman HART, and Members SUMWALT, ROSEKIND, and WEENER concurred in these recommendations.

[Original Signed]

By: Deborah A.P. Hersman
Chairman

Recommendation Report

NTSB Report #: Rec #: a-11-007,a-11-008,a-11-009,a-11-010,a-11-011

Notation Id: 8279

Accident Date: 06/14/09

Issue Date: 02/10/11

City/State: Diyarbakir,

NTSB Report #:

Most Wanted: No

On June 14, 2009, about 1817 Coordinated Universal time, a Boeing 737-400 (737), registration number TC-TLA, operated as Tailwind Airlines flight OHY036, experienced an uncommanded pitch-up event at 20 feet above the ground during approach to Diyarbakir Airport (DIY), Diyarbakir, Turkey.1 The flight crew performed a go-around maneuver and controlled the airplane's pitch with significant column force, full nose-down stabilizer trim, and thrust. During the second approach, the flight crew controlled the airplane and landed by inputting very forceful control column inputs to maintain pitch control. Both crewmembers sustained injuries during the go-around maneuver; none of the 159 passengers or cabin crewmembers reported injuries. The airplane was undamaged during the scheduled commercial passenger flight. The Turkish Directorate General of Civil Aviation, acting on behalf of the State of Occurrence, delegated the investigation to the National Transportation Safety Board (NTSB). The NTSB investigated this incident under the provisions of International Civil Aviation Organization Annex 13 as the Country of Manufacture and Design of the airplane.

The NTSB's investigation found that the incident was caused by an uncommanded elevator deflection as a result of a left elevator power control unit (PCU) jam due to foreign object debris (FOD). The FOD was a metal roller element (about 0.2 inches long and 0.14 inches in diameter) from an elevator bearing. During its investigation of this incident, the NTSB identified safety issues relating to the protection of the elevator PCU input arm assembly, design of the 737 elevator control system, guidance and training for 737 flight crews on a jammed elevator control system, and upset recovery training.

Recommendation # : A-11-007		Overall Status: Closed - Reconsidered		Priority: CLASS II	
TO THE FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: Require Boeing to develop a method to protect the elevator power control unit input arm assembly on 737-300 through -500 series airplanes from foreign object debris.					
# of Addressees: 1		Overall Date Closed: 01/10/13			
Addressee: FAA		Closed - Reconsidered		Addressee Date Closed: 01/10/13	
04/25/11	Address 201100175 ee	CC# 201100175: - From J. Randolph Babbitt, Administrator: Boeing issued Fleet Team Digest article 737-FTD-27-09002 (enclosure 1) and Service Letter 737-SL-27-154-G (enclosure 2) to raise awareness of foreign object debris (FOD) in the tailcone area of the 737-300 through -500 series aircraft. Boeing revised the Aircraft Maintenance Manuals (AMM) to add a FOD cautionary and inspection note (enclosure 3). These actions should increase fleet awareness of the issue and enhance maintenance documents to help identify and prevent similar issues. The Federal Aviation Administration is working with Boeing to determine whether airplane modifications are also necessary or if actions already taken to raise awareness are sufficient.			
07/13/11	NTSB 201100175	The FAA indicated that it is working with Boeing to determine whether the recommended airplane modifications are necessary. The NTSB welcomes Boeing's actions to increase fleet awareness of foreign object debris in the tailcone area of 737-300 through -500 aircraft as an interim solution. However, we point out that the issuance of advisory documents alone will not satisfy the intent of these recommendations. Accordingly, pending our receipt and review of the FAA's and Boeing's plan for implementing the recommended modifications and requirements, Safety Recommendations A-11-7 through -10 are classified OPEN—ACCEPTABLE RESPONSE.			

Recommendation Report

08/21/12 Address 201200450
ee

-From Michael P. Huerta, Acting Administrator: The Federal Aviation Administration (FAA) worked with Boeing to evaluate all possible solutions to mitigate the risk of foreign object debris (FOD) that could cause an elevator control system rate jam on 737-300 through -500 series airplanes. A rate jam is a continuous rate command to the actuator valve to extend or retract the actuator. Rate jams can occur in the hydraulic valve with in the actuator and at the external input lever and linkage.

We considered design changes, procedural changes, and awareness enhancement as potential mitigations. Potential design enhancements proved to be impractical due to the limited clearance between the tail cone skin and the input crank arm of the left elevator Power Control Unit (PCU). All design solutions, except one, increased the potential risk due to FOD (additional parts or fasteners above the input and assembly), or reduced controllability for other failure conditions. The only design consideration that did not increase risk required a complete redesign of the elevator control system in the aft part of the airplane which was considered impractical.

To address the issue through procedural changes, Boeing issued Service Letter 737-SL-27-154, Revision 1-1, which specifies corrosion resistant steel (CRES) bearings as the only option for bearing replacement. Installation drawings, Illustrated Pal15 Catalogs (IPC), and Component Maintenance Manuals (CMM) will reflect the CRES bearing as the only option available when an existing bearing is replaced. Installation of a CRES bearing is expected to decrease the number of subsequent removals required for corrosion and freeplay, resulting in fewer total bearing replacements over the remaining life of the 737-300 through -500 series airplanes.

To enhance awareness regarding the risk of FOD in the tail cone area, Boeing issued Fleet Team Digest article 737-FTD-27-09002 and Multi-Operator Message MOM-MOM-09-0357-0 I B.

While an elevator rate jam can cause controllability problems as experienced during the Tailwinds event, when making a decision on whether or not to write an Airworthiness Directive (AD), we consider not only the potential adverse outcome but also the probability of occurrence. This isolated event was not caused by a system failure but rather improper maintenance that left FOD in the tail cone of the airplane. Due to the extremely low probability of reoccurrence combined with the mitigating actions already taken this issue does not reach the threshold for issuance of an AD. The installation of CRES bearings (minimizing future maintenance activity in the tail cone) and documentation changes to enhance awareness to help preclude improper maintenance are appropriate to address the risk.

We carefully reviewed the options and determined that a design solution to prevent FOD from entering the input and assembly would increase the risk of creating another rate jam by introducing new parts into the critical area near and above the elevator PCU. Considering the actions Boeing has taken to raise awareness of FOD in the tail cone area of the airplane and the existing uncomplicated input linkage design, we do not believe a design change will decrease the probability of a FOD jam during the remaining fleet life of the 737-300 through -500 series airplanes. Therefore, we do not plan to mandate a design change to protect the elevator PCU input arm assembly on the 737-300 through -500 series airplanes from FOD at this time.

We believe that raising awareness regarding the risk of FOD in the tail cone area and provisions for reliably phasing in CRES bearing installation are appropriate to mitigate this risk.

I believe that the FAA has effectively addressed these safety recommendations, and I consider our actions complete.

Recommendation Report

01/10/13	NTSB	201200450	<p>The FAA worked with Boeing to evaluate possible solutions to mitigate the risk of FOD causing an elevator control system jam on 737-300 through -500 series airplanes. Potential design modifications proved to be impractical because of the limited clearance between the tailcone skin and the input crank arm of the left elevator Power Control Unit (PCU). All design solutions, except one, either increased the potential risk from FOD because of the presence of additional parts or fasteners above the input arm assembly or reduced controllability for other failure conditions. The only design that did not increase risk required a complete redesign of the elevator control system in the aft part of the airplane, which the FAA considered impractical. The FAA believes that other actions that Boeing has taken, including the installation of corrosion resistant steel bearings (which minimize the need for future maintenance activity in the tailcone) and documentation changes to enhance awareness among mechanics and maintenance organizations of the risk of FOD in the tailcone area, adequately address the risk.</p> <p>We acknowledge the findings of the review by Boeing and the FAA that all design solutions, except one, increase the potential risk due to FOD and that the only other design solution requires such extensive revisions as to be impractical. Consequently, Safety Recommendations A-11-7 and 8 are classified CLOSED—RECONSIDERED.</p>
----------	------	-----------	---

Recommendation # : A-11-008		Overall Status: Closed - Reconsidered		Priority: CLASS II	
TO THE FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: Once Boeing has developed a method to protect the elevator power control unit input arm assembly on 737-300 through -500 series airplanes from foreign object debris as requested in Safety Recommendation A-11-7, require operators to modify their airplanes with this method of protection.					
# of Addressees: 1		Overall Date Closed: 01/10/13			
Addressee: FAA		Closed - Reconsidered		Addressee Date Closed: 01/10/13	
04/25/11	Address ee	201100175	<p>CC# 201100175: - From J. Randolph Babbitt, Administrator: Boeing issued Fleet Team Digest article 737-FTD-27-09002 (enclosure 1) and Service Letter 737-SL-27-154-G (enclosure 2) to raise awareness of foreign object debris (FOD) in the tailcone area of the 737-300 through -500 series aircraft. Boeing revised the Aircraft Maintenance Manuals (AMM) to add a FOD cautionary and inspection note (enclosure 3). These actions should increase fleet awareness of the issue and enhance maintenance documents to help identify and prevent similar issues. The Federal Aviation Administration is working with Boeing to determine whether airplane modifications are also necessary or if actions already taken to raise awareness are sufficient.</p>		
07/13/11	NTSB	201100175	<p>The FAA indicated that it is working with Boeing to determine whether the recommended airplane modifications are necessary. The NTSB welcomes Boeing's actions to increase fleet awareness of foreign object debris in the tailcone area of 737-300 through -500 aircraft as an interim solution. However, we point out that the issuance of advisory documents alone will not satisfy the intent of these recommendations. Accordingly, pending our receipt and review of the FAA's and Boeing's plan for implementing the recommended modifications and requirements, Safety Recommendations A-11-7 through -10 are classified OPEN—ACCEPTABLE RESPONSE.</p>		

Recommendation Report

08/21/12 Address 201200450
ee

-From Michael P. Huerta, Acting Administrator: The Federal Aviation Administration (FAA) worked with Boeing to evaluate all possible solutions to mitigate the risk of foreign object debris (FOD) that could cause an elevator control system rate jam on 737-300 through -500 series airplanes. A rate jam is a continuous rate command to the actuator valve to extend or retract the actuator. Rate jams can occur in the hydraulic valve with in the actuator and at the external input lever and linkage.

We considered design changes, procedural changes, and awareness enhancement as potential mitigations. Potential design enhancements proved to be impractical due to the limited clearance between the tail cone skin and the input crank arm of the left elevator Power Control Unit (PCU). All design solutions, except one, increased the potential risk due to FOD (additional parts or fasteners above the input and assembly), or reduced controllability for other failure conditions. The only design consideration that did not increase risk required a complete redesign of the elevator control system in the aft part of the airplane which was considered impractical.

To address the issue through procedural changes, Boeing issued Service Letter 737-SL-27-154, Revision 1-1, which specifies corrosion resistant steel (CRES) bearings as the only option for bearing replacement. Installation drawings, Illustrated Pal15 Catalogs (IPC), and Component Maintenance Manuals (CMM) will reflect the CRES bearing as the only option available when an existing bearing is replaced. Installation of a CRES bearing is expected to decrease the number of subsequent removals required for corrosion and freeplay, resulting in fewer total bearing replacements over the remaining life of the 737-300 through -500 series airplanes.

To enhance awareness regarding the risk of FOD in the tail cone area, Boeing issued Fleet Team Digest article 737-FTD-27-09002 and Multi-Operator Message MOM-MOM-09-0357-0 I B.

While an elevator rate jam can cause controllability problems as experienced during the Tailwinds event, when making a decision on whether or not to write an Airworthiness Directive (AD), we consider not only the potential adverse outcome but also the probability of occurrence. This isolated event was not caused by a system failure but rather improper maintenance that left FOD in the tail cone of the airplane. Due to the extremely low probability of reoccurrence combined with the mitigating actions already taken this issue does not reach the threshold for issuance of an AD. The installation of CRES bearings (minimizing future maintenance activity in the tail cone) and documentation changes to enhance awareness to help preclude improper maintenance are appropriate to address the risk.

We carefully reviewed the options and determined that a design solution to prevent FOD from entering the input and assembly would increase the risk of creating another rate jam by introducing new parts into the critical area near and above the elevator PCU. Considering the actions Boeing has taken to raise awareness of FOD in the tail cone area of the airplane and the existing uncomplicated input linkage design, we do not believe a design change will decrease the probability of a FOD jam during the remaining fleet life of the 737-300 through -500 series airplanes. Therefore, we do not plan to mandate a design change to protect the elevator PCU input arm assembly on the 737-300 through -500 series airplanes from FOD at this time.

We believe that raising awareness regarding the risk of FOD in the tail cone area and provisions for reliably phasing in CRES bearing installation are appropriate to mitigate this risk.

I believe that the FAA has effectively addressed these safety recommendations, and I consider our actions complete.

Recommendation Report

01/10/13	NTSB	201200450	<p>The FAA worked with Boeing to evaluate possible solutions to mitigate the risk of FOD causing an elevator control system jam on 737-300 through -500 series airplanes. Potential design modifications proved to be impractical because of the limited clearance between the tailcone skin and the input crank arm of the left elevator Power Control Unit (PCU). All design solutions, except one, either increased the potential risk from FOD because of the presence of additional parts or fasteners above the input arm assembly or reduced controllability for other failure conditions. The only design that did not increase risk required a complete redesign of the elevator control system in the aft part of the airplane, which the FAA considered impractical. The FAA believes that other actions that Boeing has taken, including the installation of corrosion resistant steel bearings (which minimize the need for future maintenance activity in the tailcone) and documentation changes to enhance awareness among mechanics and maintenance organizations of the risk of FOD in the tailcone area, adequately address the risk.</p> <p>We acknowledge the findings of the review by Boeing and the FAA that all design solutions, except one, increase the potential risk due to FOD and that the only other design solution requires such extensive revisions as to be impractical. Consequently, Safety Recommendations A-11-7 and 8 are classified CLOSED—RECONSIDERED.</p>
----------	------	-----------	---

Recommendation # : A-11-009		Overall Status: Closed - Reconsidered		Priority: CLASS II	
TO THE FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: Require Boeing to redesign the 737-300 through -500 series airplane elevator control system such that a single-point jam will not restrict the movement of the elevator control system and prevent continued safe flight and landing.					
# of Addressees: 1		Overall Date Closed: 01/10/13			
Addressee: FAA		Closed - Reconsidered		Addressee Date Closed: 01/10/13	
04/25/11	Address ee	201100175	<p>CC# 201100175: - From J. Randolph Babbitt, Administrator: Boeing issued Fleet Team Digest article 737-FTD-27-09002 (enclosure 1) and Service Letter 737-SL-27-154-G (enclosure 2) to raise awareness of foreign object debris (FOD) in the tailcone area of the 737-300 through -500 series aircraft. Boeing revised the Aircraft Maintenance Manuals (AMM) to add a FOD cautionary and inspection note (enclosure 3). These actions should increase fleet awareness of the issue and enhance maintenance documents to help identify and prevent similar issues. The Federal Aviation Administration is working with Boeing to determine whether airplane modifications are also necessary or if actions already taken to raise awareness are sufficient.</p>		
07/13/11	NTSB	201100175	<p>The FAA indicated that it is working with Boeing to determine whether the recommended airplane modifications are necessary. The NTSB welcomes Boeing's actions to increase fleet awareness of foreign object debris in the tailcone area of 737-300 through -500 aircraft as an interim solution. However, we point out that the issuance of advisory documents alone will not satisfy the intent of these recommendations. Accordingly, pending our receipt and review of the FAA's and Boeing's plan for implementing the recommended modifications and requirements, Safety Recommendations A-11-7 through -10 are classified OPEN—ACCEPTABLE RESPONSE.</p>		

Recommendation Report

08/21/12	Address 201200450 ee	<p>-From Michael P. Huerta, Acting Administrator: The FAA worked with Boeing to evaluate potential design changes to add a break out device to isolate a jam in either the left or right side of the elevator system that would not degrade controllability during operation with failures. The 737 remains controllable in manual reversion mode in the event of a dual hydraulic system failure. In manual reversion, the pilots have direct control of the elevator surfaces since the forces applied to the column are directly connected to the elevators through de-pressurized moving body actuators. This system requires that both left and right elevator surfaces be hard tied together through the upper torque tube to ensure symmetric surface movement. We concluded that a break out device designed to isolate either a left or right jammed elevator would result in the operating elevator imparting significant and unacceptable torsion loads to the airplane fuselage structure requiring significant changes to the airframe structure and recertification of the elevator control system. As such, adding a break out device is not warranted.</p> <p>We have reviewed findings from all reports of jammed or restricted elevator controls. In all circumstances for which flight data recorder (FOR) data was available, the results showed that the pilot column force levels were not considered excessive and were well within the capability of the flying pilot. Therefore, the issue does not meet the criteria for issuance of an Airworthiness Directive (AD). Design standards and practices in critical locations, such as pulley and cable guards, are utilized throughout the flight control systems to specifically prohibit foreign objects from contacting and/or jamming the systems. However, we assessed system redesign options to further mitigate the effects of a position jam. There is no technically feasible design that could be incorporated into the design envelope that would not significantly impact the reliability of the system and the overall product. A redesign of the elevator control system to prevent any single-point jam from restricting movement of the elevator control system on the 737-300 through -500 series airplanes is not feasible.</p> <p>I believe that the FAA has effectively addressed these safety recommendations, and I consider our actions complete.</p>
01/10/13	NTSB 201200450	<p>The FAA and Boeing evaluated potential design changes to add a breakout device to isolate a jam in either the left or right side of the elevator system and found that such a breakout device would result in significant and unacceptable torsion loads to the airplane fuselage structure, requiring significant changes and recertification of the elevator control system. As a result, the FAA concluded that adding a breakout device is not advisable. The FAA also assessed system redesign options to mitigate the effects of a position jam but concluded that there is no technically feasible design that would not adversely impact the reliability of the system. Therefore, the FAA believes that a redesign of the elevator control system to prevent any single point jam from restricting movement of the elevator control system on the 737-300 through -500 series airplanes is not feasible.</p> <p>We reviewed the information the FAA provided and agree that the recommended redesign of the system on these airplanes is not feasible; consequently, Safety Recommendations A-11-9 and -10 are classified CLOSED—RECONSIDERED.</p>

Recommendation Report

Recommendation # : A-11-010		Overall Status: Closed - Reconsidered		Priority: CLASS II	
TO THE FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: Once the 737-300 through -500 series airplane elevator control system is redesigned as requested in Safety Recommendation A-11-9, require operators to implement the new design.					
# of Addressees: 1		Overall Date Closed: 01/10/13			
Addressee: FAA		Closed - Reconsidered		Addressee Date Closed: 01/10/13	
04/25/11	Address ee	201100175	<p>CC# 201100175: - From J. Randolph Babbitt, Administrator: Boeing issued Fleet Team Digest article 737-FTD-27-09002 (enclosure 1) and Service Letter 737-SL-27-154-G (enclosure 2) to raise awareness of foreign object debris (FOD) in the tailcone area of the 737-300 through -500 series aircraft. Boeing revised the Aircraft Maintenance Manuals (AMM) to add a FOD cautionary and inspection note (enclosure 3). These actions should increase fleet awareness of the issue and enhance maintenance documents to help identify and prevent similar issues. The Federal Aviation Administration is working with Boeing to determine whether airplane modifications are also necessary or if actions already taken to raise awareness are sufficient.</p>		
07/13/11	NTSB	201100175	<p>The FAA indicated that it is working with Boeing to determine whether the recommended airplane modifications are necessary. The NTSB welcomes Boeing's actions to increase fleet awareness of foreign object debris in the tailcone area of 737-300 through -500 aircraft as an interim solution. However, we point out that the issuance of advisory documents alone will not satisfy the intent of these recommendations. Accordingly, pending our receipt and review of the FAA's and Boeing's plan for implementing the recommended modifications and requirements, Safety Recommendations A-11-7 through -10 are classified OPEN—ACCEPTABLE RESPONSE.</p>		
08/21/12	Address ee	201200450	<p>-From Michael P. Huerta, Acting Administrator: The FAA worked with Boeing to evaluate potential design changes to add a break out device to isolate a jam in either the left or right side of the elevator system that would not degrade controllability during operation with failures. The 737 remains controllable in manual reversion mode in the event of a dual hydraulic system failure. In manual reversion, the pilots have direct control of the elevator surfaces since the forces applied to the column are directly connected to the elevators through de-pressurized moving body actuators. This system requires that both left and right elevator surfaces be hard tied together through the upper torque tube to ensure symmetric surface movement. We concluded that a break out device designed to isolate either a left or right jammed elevator would result in the operating elevator imparting significant and unacceptable torsion loads to the airplane fuselage structure requiring significant changes to the airframe structure and recertification of the elevator control system. As such, adding a break out device is not warranted.</p> <p>We have reviewed findings from all reports of jammed or restricted elevator controls. In all circumstances for which flight data recorder (FOR) data was available, the results showed that the pilot column force levels were not considered excessive and were well within the capability of the flying pilot. Therefore, the issue does not meet the criteria for issuance of an Airworthiness Directive (AD). Design standards and practices in critical locations, such as pulley and cable guards, are utilized throughout the flight control systems to specifically prohibit foreign objects from contacting and/or jamming the systems. However, we assessed system redesign options to further mitigate the effects of a position jam. There is no technically feasible design that could be incorporated into the design envelope that would not significantly impact the reliability of the system and the overall product. A redesign of the elevator control system to prevent any single-point jam from restricting movement of the elevator control system on the 737-300 through -500 series airplanes is not feasible.</p> <p>I believe that the FAA has effectively addressed these safety recommendations, and I consider our actions complete.</p>		

Recommendation Report

01/10/13	NTSB	201200450	<p>The FAA and Boeing evaluated potential design changes to add a breakout device to isolate a jam in either the left or right side of the elevator system and found that such a breakout device would result in significant and unacceptable torsion loads to the airplane fuselage structure, requiring significant changes and recertification of the elevator control system. As a result, the FAA concluded that adding a breakout device is not advisable. The FAA also assessed system redesign options to mitigate the effects of a position jam but concluded that there is no technically feasible design that would not adversely impact the reliability of the system. Therefore, the FAA believes that a redesign of the elevator control system to prevent any single point jam from restricting movement of the elevator control system on the 737-300 through -500 series airplanes is not feasible.</p> <p>We reviewed the information the FAA provided and agree that the recommended redesign of the system on these airplanes is not feasible; consequently, Safety Recommendations A-11-9 and -10 are classified CLOSED—RECONSIDERED.</p>
----------	------	-----------	--

Recommendation # : A-11-011		Overall Status: Closed - Unacceptable Action	Priority: CLASS II
<p>TO THE FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: Require Boeing to develop recovery strategies (for example, checklists, procedures, or memory items) for pilots of 737 airplanes that do not have a mechanical override feature for a jammed elevator in the event of a full control deflection of the elevator system and incorporate those strategies into pilot guidance. Within those recovery strategies, the consequences of removing all hydraulic power to the airplane as a response to any uncommanded control surface should be clarified.</p>			
# of Addressees: 1		Overall Date Closed: 03/27/14	
Addressee: FAA		Closed - Unacceptable Action	Addressee Date Closed: 03/27/14
04/25/11	Address ee	201100175	<p>CC# 201100175: - From J. Randolph Babbitt, Administrator: We are working with Boeing to review and evaluate 737 recovery strategies in response to any detected uncommanded control surface movement. I will keep the Board informed of the progress of these safety recommendations and provide an updated response to these recommendations by June 2012.</p>
07/13/11	NTSB	201100175	<p>The NTSB notes that the FAA is working with Boeing to review and evaluate recovery strategies in response to any detected uncommanded control surface movement of 737 airplanes. Pending our receipt and review of the FAA's June 2012 update on its progress, Safety Recommendation A-11-11 is classified OPEN—ACCEPTABLE RESPONSE.</p>

Recommendation Report

08/21/12	Address 201200450 ee	<p>-From Michael P. Huerta, Acting Administrator: Since 1991, all 737 Quick Reference Handbook (QRI-I) Non-Normal Procedures (NNP) have contained a section of jammed or restricted flight controls. For a jammed elevator, the guidance is to apply maximum pilot effort (including both pilots, if necessary) in order to free the obstruction. In addition, this guidance also includes a step not to turn off any flight control switches, which would remove hydraulic power. This checklist is intended to provide guidance for many restrictions or jam scenarios including the one experienced by the Tailwind Airlines flight crew.</p> <p>The potential negative consequences of not following checklists are typically not included in either the checklist or the training material. This is primarily because there are a variety of scenarios associated with a specific action. For example, prior to selecting the flight control switches off, removing hydraulic power to the flight controls, the Tailwind Airlines flight crew had trimmed the horizontal stabilizer to its maximum airplane nose down position. By removing the hydraulic power to the elevator system, the surfaces began to fair with the stabilizer creating a significant airplane nose down response at very low altitude. The crew quickly restored hydraulic power in order to regain some control over the flight path.</p> <p>We believe that the current checklist provides succinct and correct procedures for jammed or restricted flight controls and is sufficient to mitigate the risk of low-frequency, NNP procedures. We understand the desire to provide information to the flight crew regarding the consequences of removing all hydraulic power to the airplane as a response to any uncommanded control surface movement but we do not agree that this information should be incorporated into the QRH NNP. Recurrent training is appropriately designed to address more likely scenarios. We believe that adding the consequences of inappropriate crew actions may negatively affect crew progress in accomplishing the checklist and should be avoided.</p> <p>I believe that the FAA has effectively addressed these safety recommendations, and I consider our actions complete.</p>
----------	-------------------------	---

Recommendation Report

01/10/13 NTSB 201200450

The FAA replied that the Quick Reference Handbook (QRH) for the Boeing 737 already contains a section about jammed or restricted flight controls. In addition, the FAA stated its opposition to the recommended addition of a warning not to turn off hydraulic power because the potential negative consequences that can result from not following checklists (turning off hydraulic power is not an indicated action in the QRH for jammed or restricted flight controls) are typically not included in either the checklist or the training material. The FAA believes that the current checklist provides succinct and correct procedures for addressing jammed or restricted flight controls and is sufficient, and the FAA does not plan to take any further action in response to this recommendation.

Although in the Tailwinds flight OHY036 incident the flight crew was unable to consult the QRH, the crew took the actions specified in the handbook and was able to stabilize the situation. They encountered difficulty only when they attempted to improvise a solution to their problem outside the procedure outlined in the QRH, likely because they had not received any training or instruction about the dangers associated with loss of hydraulics and the lack of a mechanical override. The intent of this recommendation is for a note to be added in the QRH, or other appropriate document such as the flight crew operating manual (FCOM), advising flight crews encountering jammed or restricted flight controls not to attempt to clear the problem by turning off the hydraulics. We acknowledge the FAA's concern about the negative training aspect of the QRH's directing flight crews not to take a particular action, but we continue to believe that guidance is needed to warn crews about the danger of turning off the hydraulics. To choose not to include such a warning, as the FAA intends, means that other crews will also be left unaware of the potential danger, leaving them as unprepared as the crew of the Tailwinds flight OHY036 should they confront a similar problem, thus increasing the likelihood of a similar accident in the future.

Before closing this recommendation, we ask the FAA to consider other possible actions, such as issuing guidance via a safety alert for operators or an information for operators bulletin targeting operators of these aircraft. Such guidance would provide details of this investigation and the dangers of removing hydraulics to clear a jam, a procedure not outlined in the QRH. Pending the FAA's reconsideration of its position and taking such action, Safety Recommendation A-11-11 is classified OPEN—UNACCEPTABLE RESPONSE.

Recommendation Report

02/20/14	Address 201400199 ee	<p>-From Michael P. Huerta, Administrator: In its January 10, 2013, letter, the Board asked the Federal Aviation Administration (FAA) to consider issuing a Safety Alert for Operators (SAFO) or other guidance to provide details of the Tailwinds flight OHY036 investigation and to highlight to operators the danger of removing hydraulic power in the event of a flight control jam. To address the Board's request, we reviewed training programs, current information bulletins, and the Quick Reference Handbook (QRH), and we evaluated options for informing operators. We also surveyed U.S. operators about flight control system jam training.</p> <p>The QRH Non-Normal Checklists (NNC) includes recommended flightcrew procedures to address abnormal airplane conditions. The Jammed or Restricted Flight Controls NNC is intended to be followed in the event of any flight control jam or restriction, including the type of event experienced by the Tailwinds crew. The QRH Jammed or Restricted Flight Controls NNC procedure is to apply maximum pilot effort (including both pilots, if necessary) in order to free the obstruction. The NNC also specifically cautions the crew to not turn off any flight control switches. As noted by the Board, the Tailwinds flightcrew, without consulting the QRH, followed the appropriate QRH Jammed or Restricted Flight Controls NNC procedures up until the time they turned off the flight control switches. Turning off the flight control switches removes hydraulic power from the flight controls and activates the standby rudder actuator. This action is only to be taken in the event of three specific abnormal conditions unrelated to a pitch axis flight control jam or restriction.</p> <p>The Boeing Flight Crew Training Manual (rCTM) instructs the crew to, in the event of a control system jam, apply maximum force to clear the jam, and to use stabilizer and/or rudder trim to offload control forces. The chapter about "troubleshooting" and jammed control flying, states, "In case of jammed flight controls, do not attempt troubleshooting beyond the actions directed in the NNC unless the airplane cannot be safely landed with the existing condition. Always comply with NNC actions to the extent possible."•</p> <p>We also evaluated U.S. operator training programs that address airplane upsets and flight control system jams. There are 246 affected aircraft that are operated in the United States including Boeing 737-200 through -500 models. Southwest, US Airways, and Alaska Airlines account for almost 200 of those 246 planes. We found that all U.S. operators train for jammed controls during both initial training and as part of recurrent upset training. We confirmed that none of these training programs instruct the crew to turn off the flight control switches in response to a jam or obstruction in the flight control system.</p> <p>The Board also noted in its last response that the Tailwinds flightcrew was unable to consult the QRH due to the immediate nature of the event. In such instances the crew has to rely on training and fly the airplane with whatever force is needed to keep control and consult the QRH when safe to do so. Based on our findings, we believe the QRH guidance and the current training are appropriate to address the issue. In addition, we believe that issuance of an Information for Operators or SAFO would not benefit operators above the information that is already provided through existing procedural guidance and training. U.S. operators have already included the Boeing FCTM control system jam sections in their training programs. The same FCTM is provided to all operators or the aircraft worldwide.</p> <p>We continue to believe that additional guidance describing the potential negative consequences of not following checklists would have little, if any, benefit in addressing the possible negative outcomes linked to not following the Jammed or Restricted Flight Controls NNC or other checklists. Rather, we will continue to emphasize appropriate training and procedures that lead to a safe resolution of abnormal conditions.</p> <p>I believe that the FAA has effectively addressed these recommendations, and I consider our actions complete.</p>
----------	-------------------------	--

Recommendation Report

03/27/14 NTSB 201400199

You previously told us that the Quick Reference Handbook (QRH) for the Boeing 737 already contains a section about jammed or restricted flight controls, and that you believe that the current checklist provides succinct and correct procedures. You stated that you did not plan to take any further action in response to this recommendation. In addition, you opposed the recommended addition of a warning not to turn off hydraulic power, because the potential negative consequences that can result from not following checklists (turning off hydraulic power is not an indicated action in the QRH for jammed or restricted flight controls) are typically not included either on the checklist or in the training material. We note, however, that warnings are included in the Boeing QRH, and Boeing defines a warning in the QRH as “an operating procedure, technique, etc., that may result in personal injury or loss of life if not carefully followed.”

In our January 13, 2013, letter about this recommendation, we asked you to reconsider your opposition. The flightcrew in the Tailwinds flight OHY036 incident took the actions specified in the QRH handbook and were able to stabilize the situation. They encountered difficulty only when they attempted to improvise a solution to their problem outside the procedure outlined in the QRH, likely because they had not received any training or instruction about the dangers associated with loss of hydraulics and the lack of a mechanical override. We reiterated that the intent of this recommendation was for some type of notice to flightcrews advising that, if they encounter jammed or restricted flight controls, they should not attempt to clear the problem by turning off the hydraulics. We stated that your decision not to include such a warning would leave other crews equally unaware of the potential danger and, therefore, as unprepared as the crew of the Tailwinds flight OHY036, should they confront a similar problem. We asked you to consider issuing guidance via a safety alert for operators (SAFO) or an information for operators bulletin (InFO) that would provide details of our investigation and the dangers of removing hydraulics to clear a jam, a procedure not outlined in the QRH.

We note that you reviewed training programs, current information bulletins, and the QRH in response to our request for your reconsideration. You also surveyed US operators about flight control system jam training, yet you remain opposed to the recommendation because you still believe that the QRH guidance and the current training are appropriate to address the issue, and that issuance of an InFO or SAFO would not provide any additional benefit to operators.

We disagree with you. We continue to believe in the benefit of providing flightcrews with details about our investigation and the dangers of removing hydraulics to clear a jam. However, because you have made clear that you will take no further action to address Safety Recommendation A 11 11, it is classified **CLOSED—UNACCEPTABLE ACTION**.

Recommendation Report

Total Number of Recommendations for Recommendation Report: 5



ATTN: [REDACTED], OTKES

Sender:

[REDACTED], Quality Manager
Servisair Finland Oy
Rahtikuja 1
01530 VANTAA

DE-ICING PROCESS OF DY5630 26.12.2012

In accordance with your request of de-icing data regarding flight NAX5630 on 26.12.2012 we are providing you the following information.

No discrepancies were reported during de-icing process. Weather was normal winter conditions with temperature -16 degrees celsius .

Aircraft LN-DYM arrived to EFHK 23.12.2012 21:27 from EFOU and had a lengthy lay-over in EFHK due to holiday season. It departed for Kittilä on 26.12.2012 8:45 local Helsinki time.

Aircraft taxied for de-icing to EFHK apron 8 for de-icing, allocated by Finavia de-icing coordinator.

Servisair Finland Oy is contracted de-icing operator for Norwegian Air Shuttle in Helsinki and aircraft was sprayed with 3 trucks, internal numbers D2, D7 and D8.

Truck D2 is finnish made unit, manufactured by Kiitokori Oy in Kausala, Finland. D7 and D8 are Vestergaard AS manufactured units and taken into service 12/2012.

De-icing process was started 8:58 local time and ended 9:13 local time. Aircraft was treated with type I fluid (manufacturer Clariant, brandname Safewing MP 1 1938 ECO (80), wings, stabilizers and fuselage. Proportional mixture of 30-60% glycol was used (ice melting 30% and final application 60%)

Water 1807 litres, Type I 1136 litres were used

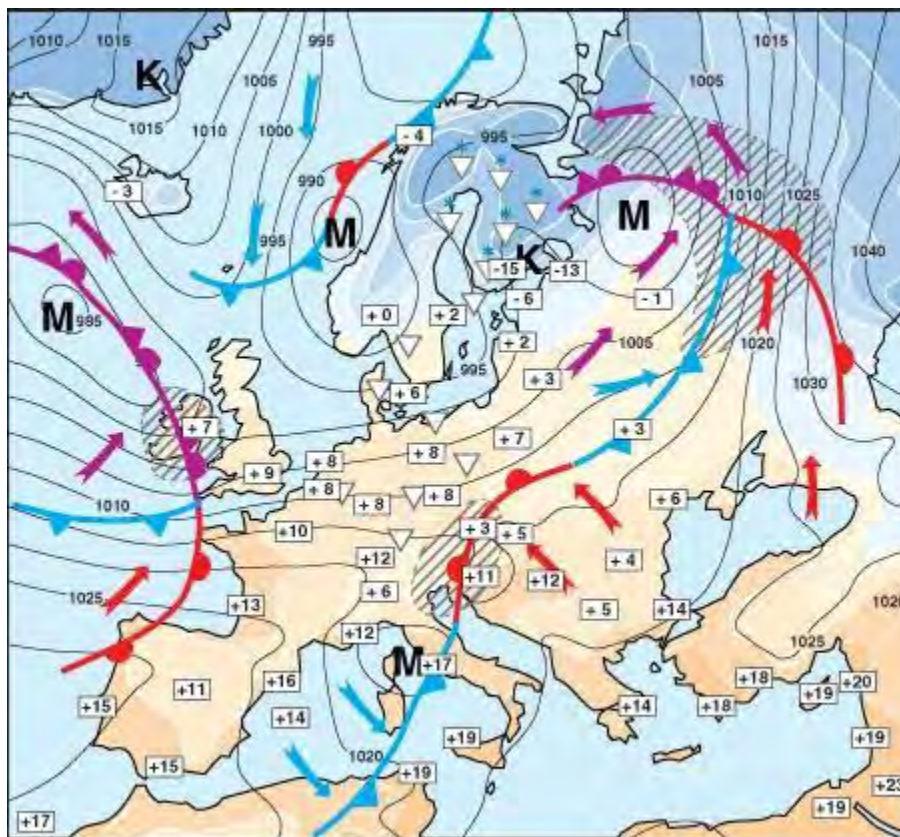
All operators involved in process have long background of de-icing, and one of them a instructor.

Aircraft was icy due to long ground time and heavy snow accumulation (see weather data on separate spreadsheet). After de-icing aircraft was released to TWR freq 118.6 normally.

 <p>ILMATIETEEN LAITOS Aviation and Military Weather Service Author: Matti Heinonen</p>	Estimate about weather situation at Kittilä aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC Dnro 5/420/2013	
		Date 22.1.2013

1. Synoptical weather situation

Ridge of high extending from Baltic States to Finland, and cold airmass over Finland and Northern Scandinavia and locally light snowfall. Winds are weak.




Picture 1. Finnish Meteorological Institute’s weather analyze at 12 UTC 26.12.2012.

2. Weather parameters

2.1. Wind conditions

Near the ground 10 minute’s average wind has been variable and average wind velocity less than two knots.

Higher in atmosphere between 1000 feet(ft) and 5000ft wind direction were mostly between 320-010 degrees and wind velocity fluctuated between 5 and 15 knots. Wind maximum was about 20 knots height 2500ft around 9 UTC. These values are based on Laps model. Laps is data assimilation system bringing a variety of datasets into

 ILMATIETEEN LAITOS Aviation and Military Weather Service Author: Matti Heinonen	Estimate about weather situation at Kittilä aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC Dnro 5/420/2013	
		Date 22.1.2013

numerical models for the production of very detailed analyses of local weather condition and short-range forecasts. The data consists of surface observing systems, radars, satellites, wind and temperature profiles as well as sounding profiles. This day 26.12. Sodankylä sounding 00 UTC is out of data and that's why the profiles have estimated from other datasets and Laps. In Northern Scandinavia we have only Lulea sounding 00 UTC from Sweden, and later 12 UTC sounding data from Sodankylä is available.

Wind shear is a difference in wind speed and direction over a relatively short distance in the atmosphere. The shear will usually express knots against 100 feet. Based on the International Civil Aviation Organization (ICAO) wind shear is:

Normal	if change is 0-4 kt/100ft
Moderate	if change is 5-8kt/100ft
Strong	if change is 9-12kt/100ft
Severe	if change is over 12kt/100ft

Table 1. Kittilä wind profile 26.12.2012 at 08 and 09 UTC based on Laps.

time height/ft	08 UTC		09 UTC	
	Wind direction	velocity/kt	Wind direction	velocity /kt
1000	280°	2	320°	2
1700	320°	5	320°	5
2200	350°	8	010°	9
2500	020°	12	050°	20
3100	360°	11	010°	12
4000	010°	13	010°	13
5500	360°	13	010°	10

 <p>ILMATIETEEN LAITOS Aviation and Military Weather Service Author: Matti Heinonen</p>	<p>Estimate about weather situation at Kittilä aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC Dnro 5/420/2013</p>	
		<p>Date 22.1.2013</p>

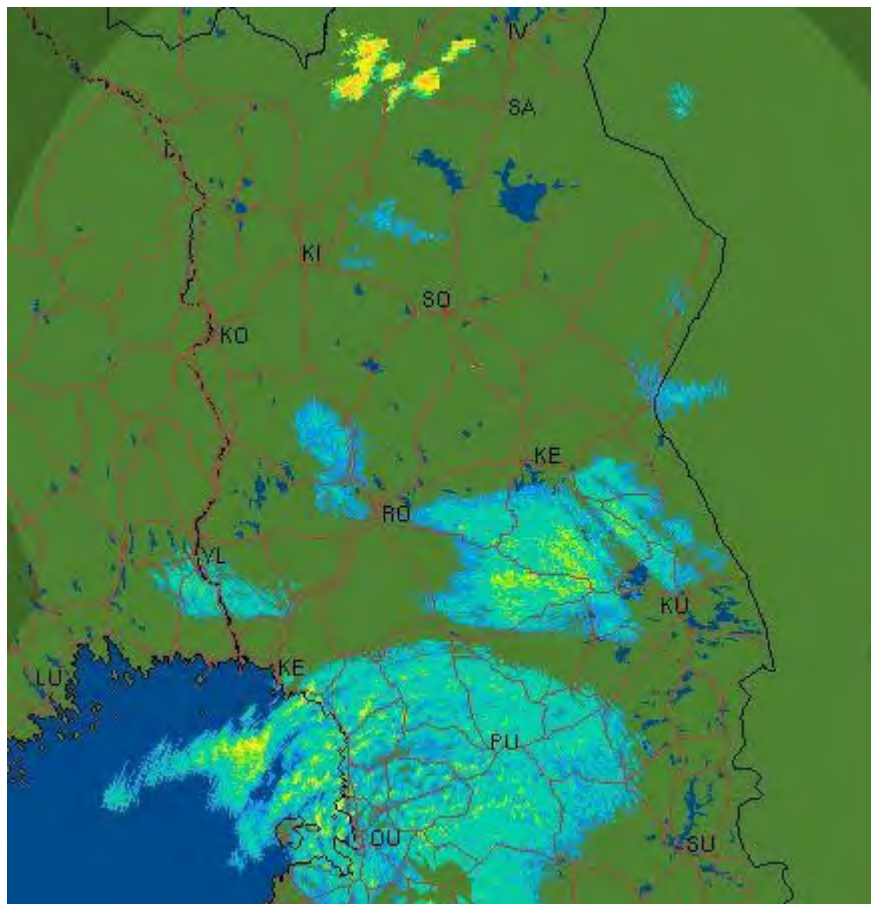
In Kittilä case, 26.12.2012 should wind shear be normal based on Laps, maybe some below height 3000ft it might be temporarily moderate.

2.2 Visibility


Based on metar's, visibility were 10 kilometers or over between 7 and 9 UTC.

2.3 Weather phenomena

Based on metar's and radar it was dry weather in Kittilä. Picture 2 shows radar picture at time 08.30 UTC. It seems some light snowfall towards northeast from Kittilä (KI) and also towards south near Ro that is city of Rovaniemi.



Picture 2. Radar picture 26.12.2012 at 08.30UTC.

 ILMATIETEEN LAITOS Aviation and Military Weather Service Author: Matti Heinonen	Estimate about weather situation at Kittilä aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC Dnro 5/420/2013	
		Date 22.1.2013

2.4 Cloudiness

There were first almost clear skies in Kittilä. Before 6 UTC it began form stratocumulus(sc) clouds whose cloud base were around 2500ft based on metar's and that sc-cloudiness became already overcast in 06.20 UTC metar.


2.5 Temperature

Temperature on the ground was about minus 20 degrees and there were a strong inversion near the ground which can be seen from Laps, picture 4. Also sounding from Lulea 00 UTC picture 3 indicates strong inversion in Northern Scandinavia. In Finland we have Sodankylä sounding at 12 UTC, picture 5. There can still be seen inversion level below one kilometer. An another inversion level is around 5000ft in Sodankylä 12 UTC it's anymore about 5 degrees, but earlier pilot report (Boeing 737) has noticed there 11 degrees inversion at 0911UTC.

3 Weather forecasts and reports

Gafor-forecast for Northern Finland areas 30/39 (Kittilä belongs to area number 36) valid 26.12.2012 between 03 and 12 UTC.

KHY013 260145
GG EFHKFBPS EFCCYMYX
260200 EFHKYBYU
FBF143 EFRO 260200
GA-FCST FOR AREAS 30/39 VALID 0312
WX ALAPILVISYYTTÄ VAIHTELEVALLA
ALARAJALLA. ETELÄSSÄ JA YLÄ-LAPISSA
PAIKOIN SELKEÄÄ. NÄKYVYYTTÄ HEIKENTÄÄ
PAIKOIN LUMISADE TAI JÄÄNEULASET.
POHJOISOSASSA INVERSIO 10-15 ASTETTA.
WINDS 30/32.....33/39
SFC 330-050/01-03KT..300-030/02-07KT
2000FT VRB/02-05KT.....270-360/10-25KT
5000FT 330-040/02-13KT..290-010/05-15KT
0-LEVEL NIL
ICE NIL

 ILMATIETEEN LAITOS Aviation and Military Weather Service Author: Matti Heinonen	Estimate about weather situation at Kittilä aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC Dnro 5/420/2013	
		Date 22.1.2013


TURB NIL
GAFOR EFRO 0312 BBBB 30,31,33,38,39 O
32,33,34/37 O LCA M/X ST,SN,IC=

Gafor-forecast for Northern Finland areas 30/39 has amendent at 08.33 UTC:

KHY103 260833
GG EFHKFBPS EFCCYMYX
260200 EFHKYBYU
FBFI43 EFRO 260200 AAA
GA-FCST FOR AREAS 30/39 VALID 0812
WX ALAPILVISYYTTÄ VAIHTELEVALLA
ALARAJALLA. ETELÄSSÄ JA YLÄ-LAPISSA
PAIKOIN SELKEÄÄ. NÄKYVYYTTÄ HEIKENTÄÄ
PAIKOIN LUMISADE TAI JÄÄNEULASET.
POHJOISOSASSA INVERSIO 10-15 ASTETTA.
WINDS 30/32.....33/39
SFC 330-050/01-03KT..300-030/02-07KT
2000FT VRB/02-05KT.....270-360/10-25KT
5000FT 330-040/02-13KT..290-010/05-15KT
0-LEVEL NIL
ICE NIL
TURB NIL
GAFOR EFRO 0812 BBBB 30/33,35,38,39 O/D
LCA M SN 34,36,37 O/D LCA X ST/BR/SN=

Weather report wrep from Kittilä aeroport at 09.11 UTC:

KHY117 260911
GG EFHKWXFI
260911 EFKTZTZX
UAFI31 EFKT 260911
WXREP
B737 REP INV M11 DEG AT 5000FT EFKT TMA =

 ILMATIETEEN LAITOS Aviation and Military Weather Service Author: Matti Heinonen	Estimate about weather situation at Kittilä aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC Dnro 5/420/2013	
		Date 22.1.2013

Metar reports at Kittilä aeroport:

METAR EFKT 260520Z AUTO 33001KT 9999 FEW003 M30/M33 Q0991=

METAR EFKT 260550Z AUTO 24001KT 9999 BR FEW001 SCT036 M29/M32
Q0991=

METAR EFKT 260620Z AUTO 30001KT 2400 BR OVC030 M26/M29 Q0991=

METAR EFKT 260650Z AUTO 00000KT 9999 OVC029 M25/M27 Q0991=

METAR EFKT 260720Z 00000KT 9999 OVC028 M23/M25 Q0991 34490595=

METAR EFKT 260750Z 00000KT 9999 OVC025 M22/M24 Q0992 34490154=

METAR EFKT 260820Z 00000KT 9999 OVC025 M21/M24 Q0992 34490154=

METAR EFKT 260850Z 00000KT 9999 OVC025 M21/M23 Q0992 34490154=

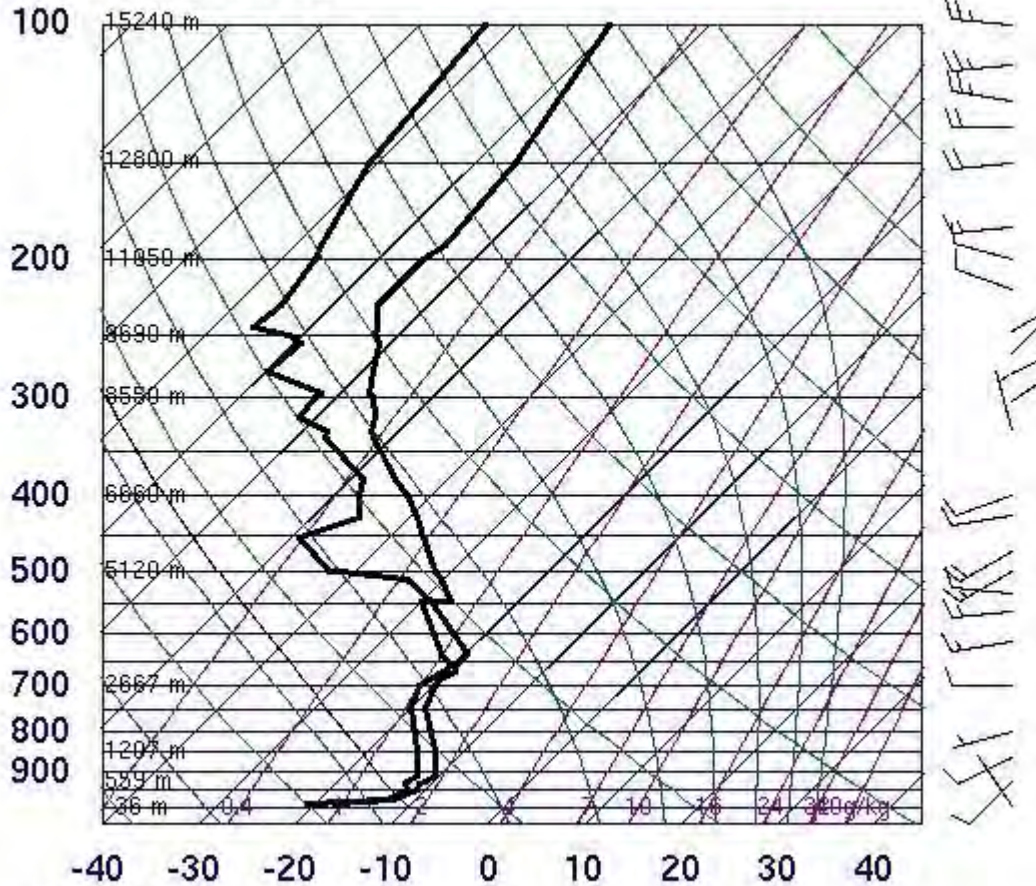
METAR EFKT 260920Z 00000KT 9999 OVC024 M20/M22 Q0993 34490154=

And aerodrome forecast valid 26.12.2012 between 06Z and 15Z:

TAF EFKT 260527Z 2606/2615 03002KT 9999 FEW007 TEMPO 2606/2609
6000 IC BECMG 2612/2614 BKN008=

 <p>ILMATIETEEN LAITOS Aviation and Military Weather Service Author: Matti Heinonen</p>	Estimate about weather situation at Kittilä aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC Dnro 5/420/2013	
		Date 22.1.2013

02185 Lulea-Kallax



00Z 26 Dec 2012

University of Wyoming

Picture 3. Lulea sounding at 00UTC 26.12.2012 is taken from website:
<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>



ILMATIETEEN LAITOS

Aviation and Military Weather Service

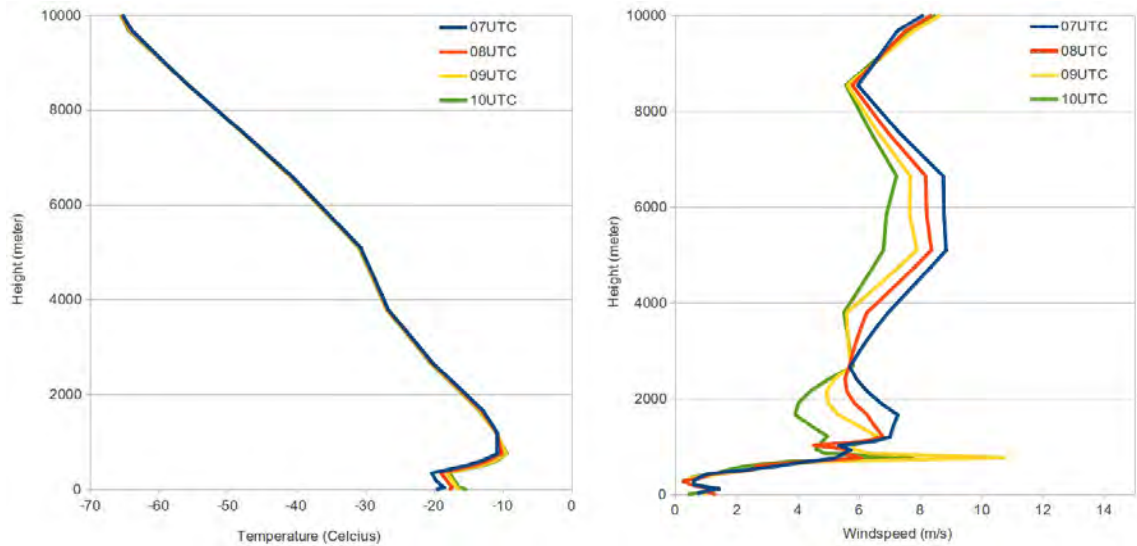
Author:

Matti Heinonen

Estimate about weather situation at Kittilä
aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC
Dnro 5/420/2013

Date

22.1.2013



Picture 4. Laps analyze about temperature (on the left) and wind speed (on the right) profiles in Kittilä. Blue colour shows how model has seen the situation at 07UTC, red 08UTC, yellow 09UTC and green 10UTC.



ILMATIETEEN LAITOS

Aviation and Military Weather Service

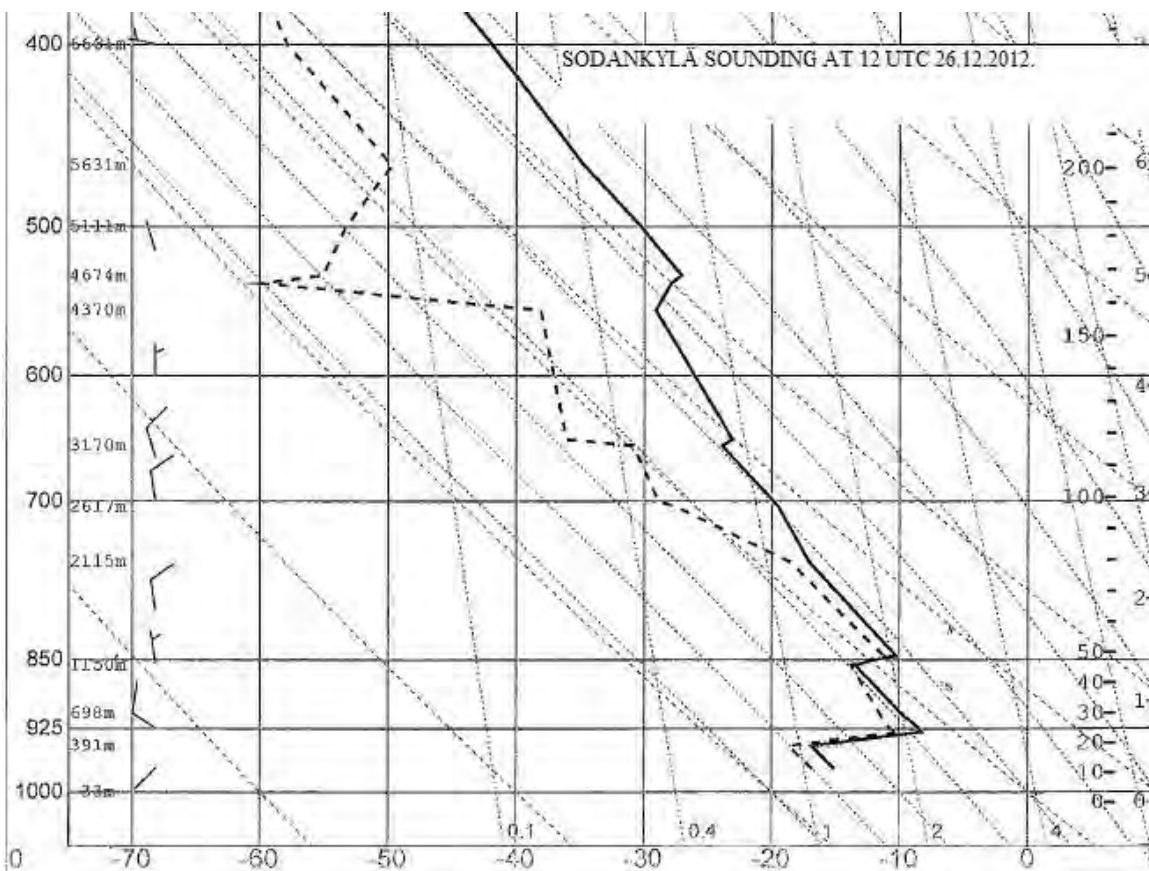
Author:

Matti Heinonen


Estimate about weather situation at Kittilä
aerport 26.12.2012 at 08.30 UTC
Dnro 5/420/2013

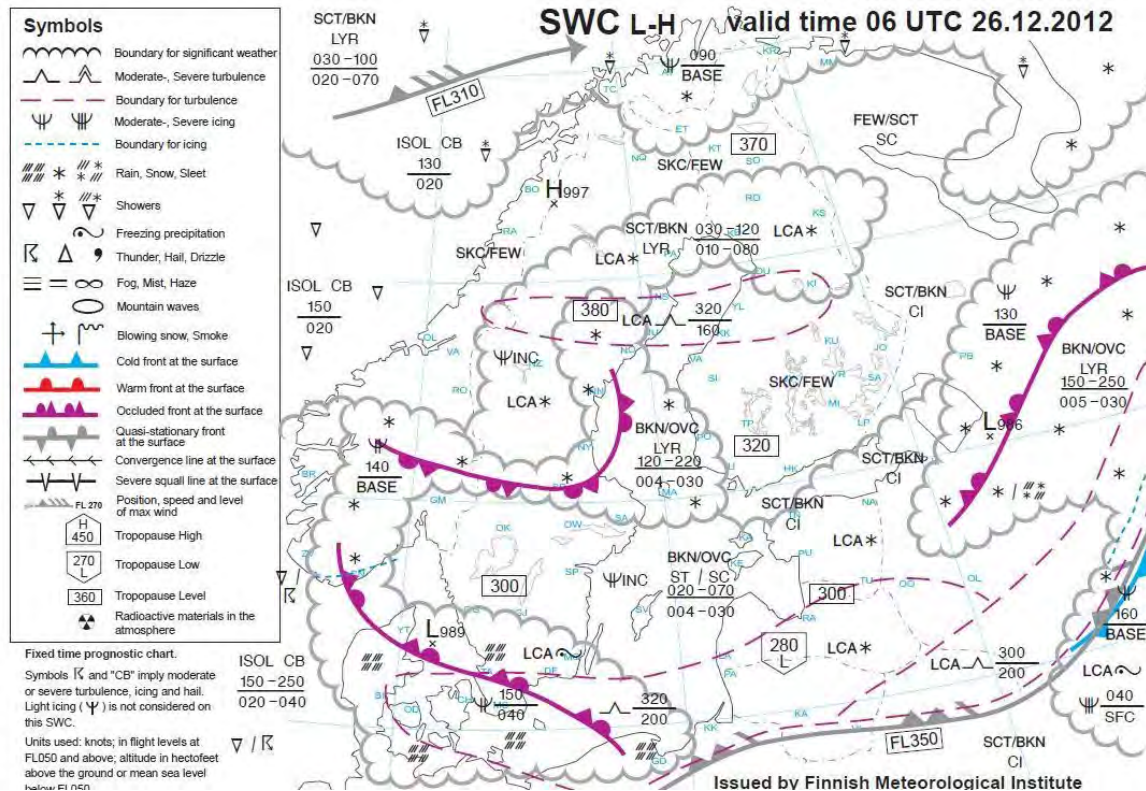
Date

22.1.2013



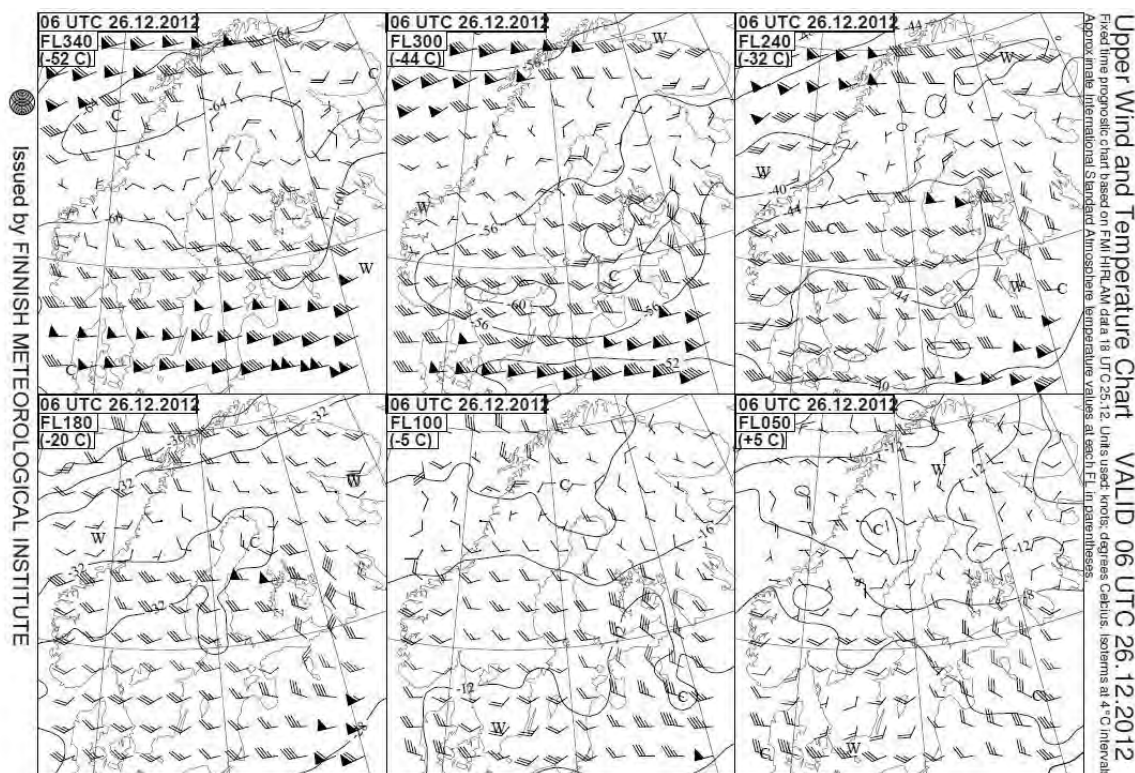
Picture 5. Sodankylä sounding at 12UTC 26.12.2012.

 <p>ILMATIETEN LAITOS Aviation and Military Weather Service Author: Matti Heinonen</p>	Estimate about weather situation at Kittilä aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC Dnro 5/420/2013	
	Date 22.1.2013	(Empty)



Picture 6. Scandinavian significant weather chart 06UTC 26.12.2012 made by FMI.

 <p>ILMATIETEEN LAITOS Aviation and Military Weather Service Author: Matti Heinonen</p>	Estimate about weather situation at Kittilä aeroport 26.12.2012 at 08.30 UTC Dnro 5/420/2013	
	Date 22.1.2013	



Picture 7. Upper wind and temperature chart over Skandinavia based on FMI Hirlam model date run 18UTC 25.12.2012. Chart is valid 06UTC 26.12.2012.

4 Summary

It was dry weather in Kittilä 26.12.2012 between 8 and 9 UTC and visibility was good. Sc-cloud base was at 2500 feet and below that cloud cover there was a strong inversion. An another inversion of about 10 degrees was noticed in height of 5000 feet. No other remarkable weather phenomenas has not been noticed.