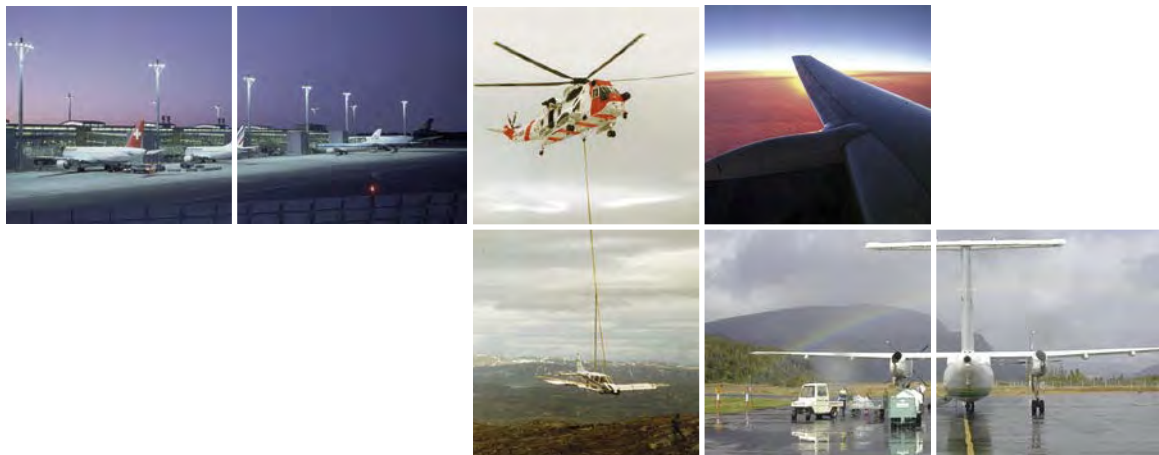


RAPPORT

SL 2015/09



RAPPORT OM ALVORLIG LUFTFARTSHENDELSE UNDERVEIS MELLOM OSLO OG TRONDHEIM 25. SEPTEMBER 2014 MED BRITISH AEROSPACE ATP, SE-MAF OPERERT AV WEST AIR SWEDEN AB

 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	4
SAMMENDRAG	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	5
1.1 Hendelsesforløp	5
1.2 Personskader	7
1.3 Skader på luftfartøy	7
1.4 Andre skader	7
1.5 Personellinformasjon	8
1.5.1 Fartøysjef	8
1.5.2 Styrermann	8
1.6 Luftfartøy	8
1.6.1 Generell informasjon	8
1.6.2 Steilevarsel	9
1.6.3 Autopilot og motorkontroller	10
1.6.4 Systembeskrivelse - beskyttelse mot ising	10
1.6.5 Preventivt vedlikehold forut for vintersesongen	14
1.6.6 Resultat av feilsøking og tekniske undersøkelser	14
1.6.7 Prosedyrer for flyging i isingsforhold	14
1.6.8 Sikkerhetsinformasjon fra BAE System til operatørene	16
1.6.9 Generell informasjon om ising	16
1.6.10 Treningsprogram	16
1.7 Været	17
1.7.1 Generelt	17
1.7.2 Observert og varslet vær	18
1.7.3 Væropplysninger innhentet i ettertid	18
1.7.4 Vurdering av intensitet på eventuelle fjellbølger	23
1.8 Navigasjonshjelpemidler	23
1.9 Samband	24
1.10 Flyplasser og hjelpemidler	24
1.11 Flygeregistratorer	24
1.11.1 Innledning	24
1.11.2 Registrerte FDR-data	24
1.12 Havaristedet og flyvraket	25
1.13 Medisinske og patologiske forhold	26
1.14 Brann	26
1.15 Overlevelsesaspekter	26
1.16 Spesielle undersøkelser	26
1.16.1 Hastighetstap og referansehastigheter	26
1.16.2 Aerodynamisk vurdering	27
1.17 Organisasjon og ledelse	29
1.17.1 West Air Sweden	29
1.18 Andre opplysninger	30
1.18.1 Tidligere hendelser	30
1.18.2 Iverksatte tiltak – BAE Systems	32

1.18.3	Iverksatte tiltak – West Air Sweden	33
1.18.4	EASA Annual Safety Conference 2013	33
1.19	Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder	33
2.	ANALYSE	33
2.1	Innledning og avgrensning	33
2.2	Atmosfæriske forhold	34
2.2.1	Ising	34
2.2.2	Fjellbølger	35
2.2.3	Varslet vær og bruk av faremeldinger	35
2.3	Kontrolltapet	36
2.4	Avisingssystemet	37
2.4.1	Betraktninger knyttet til bruk av avisingssystemet	37
2.4.2	Betydningen av feilen på avisingssystemet	37
2.5	Gjenvinning av kontroll – «Recovery-fasen»	38
2.6	Minstehastighet i isingsforhold	39
2.7	Bevissthet om isingsfare og fjellbølger	39
2.8	Vurdering av iverksatte tiltak	40
3.	KONKLUSJON	41
3.1	Vesentlige undersøkelsesresultater av betydning for flysikkerheten	41
3.2	Undersøkelsesresultater	41
4.	SIKKERHETSTILRÅDINGER	43
	VEDLEGG	44

RAPPORT OM ALVORLIG LUFTFARTSHENDELSE

Luftfartøy:	British Aerospace ATP
Nasjonalitet og registrering:	Svensk, SE-MAF
Eier:	European Turboprop Management AB, Göteborg, Sverige
Bruker:	West Air Sweden AB, Göteborg, Sverige
Besetning:	2 (fartøysjef og styrmann)
Passasjerer:	Ingen
Skadeomfang:	Ingen personskader
Hendelsessted:	Ca. 20 NM nord-nordøst for Lillehammer (61°28'N, 010°33'Ø) i ca. 15 000 ft høyde
Tidspunkt:	Torsdag 25. september 2014 kl. 2219 UTC

Alle tidsangivelser i denne rapporten er UTC (lokal tid – 2 timer) hvis ikke annet er angitt.

MELDING OM HENDELSEN

Fartøysjefen skrev rapport om det inntrufne dagen etter hendelsen. Den ble i første omgang ikke korrekt prosessert i selskapets system, og gikk først tre dager senere gjennom til den svenske luftfartsmyndigheten (Transportstyrelsen). Der ble den rutinemessig registrert i nasjonal og felleseuropeisk hendelsesdatabase 3. oktober 2014.

5. november 2014 sendte selskapet inn papirbasert rapporteringskjema, hvor de klassifiserte saken som en alvorlig luftfartshendelse, til det norske Luftfartstilsynet. Luftfartstilsynet registrerte saken elektronisk 7. november, og således ble SHT oppmerksom på hendelsen ca. seks uker etter at den skjedde.

SHT vurderte saken som en alvorlig luftfartshendelse og besluttet at den skulle undersøkes. I henhold til ICAO Annex 13, *Aircraft Accident and Incident Investigation* underrettet SHT blant annet undersøkelsesmyndighetene i Storbritannia (Air Accident Investigation Branch, AAIB) og Sverige (Statens Haverikommisjon, SHK), der flyet var hhv. produsert og registrert, om dette. AAIB utnevnte en akkreditert representant som bistod ved undersøkelsen. Han hadde støtte fra rådgivere fra BAE Systems. SHK utpekte også en akkreditert representant som bistod ved undersøkelsen.

SAMMENDRAG

Et fraktfly fra Oslo til Trondheim mistet gradvis hastighet etter at det hadde nådd marsjhøyden. Besetningen så at det la seg is på flyet, og aktiverte avisingsystemet. Hastigheten fortsatte imidlertid å synke. Fartøysjefen bestemte seg for å gå ned til en lavere høyde. Før de rakk å begynne nedstigningen, begynte flyet plutselig å skake og riste kraftig. Nesepartiet hevet seg og flyet krenget ukontrollert. Styrmannen som førte flyet har forklart at han måtte presse nesen ned

med makt. Balanserorene responderte ikke normalt, og ristingen var så intens at han knapt kunne lese instrumentene. Han fikk koplet ut autopiloten, og etterhvert som nesene senket seg økte hastigheten. Etter ca. et halvt minutt var kontrollen gjenvunnet. Høydetapet var ikke kritisk med tanke på underliggende terreng.

Funn i undersøkelsen tyder på at hastighetsreduksjonen oppstod som følge av en kombinasjon av ising og fjellbølger. En samtidig teknisk feil med avisingsystemet på halen var av mindre betydning.

Undersøkelsen har videre vist at vibrasjonene og kontrolltapet mest sannsynlig skyldtes steiling eller begynnende steiling. Da kontrollen gikk tapt, hadde hastigheten falt til 22 kt under fabrikantens anbefalte minstehastighet for flyging i isingsforhold. Besetningen var ikke kjent med at det fantes minstehastighet ved ising for annet enn innflyging, og trodde de hadde tilstrekkelig margin mot steiling. Samme kunnskapsbrist synes å ha vært gjeldende hos ledende operativt personell i selskapet. Det ble også avdekket at selskapets treningsprogram ikke omtalte minstehastigheter ved ising i underveisfasen.

SHT mener manglende kunnskap hos operativt personell i selskapet dels kan tilbakeføres til at flyets myndighetsgodkjente håndbøker var utydelige på punkter som omhandlet minstehastighet i isingsforhold. Typesertifikatholderen BAE Systems har som følge av denne hendelsen tatt initiativ for å forbedre dette.

SHT fremmer sikkerhetstilrådinger om å gjøre minstehastigheter i isingsforhold lett tilgjengelig for flygerne i cockpit.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Hendelsesforløp

- 1.1.1 Formålet med flygingen var rutinemessig frakt av post fra Oslo lufthavn Gardermoen (ENGM) til Trondheim lufthavn Værnes (ENVA). Planlegging, lasting, drivstoffpåfylling og forberedelser forøvrig forløp uten problemer. Besetningen hadde allerede fløyet samme strekningen tur-retur en gang tidligere samme kveld.
- 1.1.2 Avgang ble foretatt på rullebane 19R kl. 2151 UTC (dvs. kl. 2351 lokal tid). Styrmannen førte flyet (Pilot Flying, PF), mens fartøysjefen (kapteinen) tok seg av de øvrige oppgavene (Pilot Monitoring, PM). Kl. 2208 var de oppe på marsjhøyden, som var flygenivå (Flight level) FL150 (ca. 15 000 ft). De beholdt som vanlig «climb power» på motorene i ca. tre minutter før de valgte «cruise power», og mente å huske at marsjarten etablerte seg som normalt (ca. 195 kt Indicated Air Speed, IAS).
- 1.1.3 Det blåste kraftig vestavind i høyden. Flygingen foregikk i skyer (Instrument Meteorological Conditions, IMC). Besetningen hadde merket seg at det var varslet mulighet for moderat ising på strekningen i forbindelse med et frontsystem som nærmet seg. Varmeelementene på propellene og i luftinntakene på motorene stod på under hele flygingen.
- 1.1.4 Etter noen minutter på marsjhøyden kommenterte styrmannen, som hadde relativt lite erfaring på flytypen, at hastigheten syntes å avta gradvis. De hadde på dette tidspunkt mistet anslagsvis 3 - 4 kt. Autopiloten var satt til å holde valgt høyde (Altitude Hold). De

kunne se at det hadde bygd seg opp litt is på vindusrammen og vindusviskeren. Den erfarne kapteinen fant det naturlig at hastigheten falt noe, men forventet at den ville stabilisere seg. Da den hadde falt ytterligere ca. 10 kt, dvs. til under 180 kt, poengterte hun at de ikke skulle la hastigheten gå under 140 kt.

- 1.1.5 Da det hadde lagt seg anslagsvis 3 - 4 cm hvit, ruglete rimis på vindusviskeren, aktiverte de «Airframe De-icing system» (pneumatisk avisingssystem - «boots») for å fjerne is på vingene og halen (systembeskrivelse finnes i pkt. 1.6.2). Inspeksjonslysene gjorde det lett å se at isen på vingeforkantene brakk løs og forsvant som forutsatt.
- 1.1.6 Til tross for at avisingen tilsynelatende fungerte som den skulle, fortsatte hastigheten å avta. Endringen gikk på et tidspunkt raskere, og plutselig så de at trendindikatoren for hastighet gikk «*all the way down*». Kapteinen besluttet at de måtte komme seg ned i lavere høyde. Hun kalte opp lufttrafikkjentesten og fikk straks klarering til å gå ned til FL130.
- 1.1.7 På dette tidspunkt begynte flyet å skake og riste kraftig. Nesepartiet begynte å heve seg langsomt, deretter hurtigere, og plutselig krenget flyet ukontrollert mot venstre. Styrmannen har forklart at hans første tanke var at han måtte unngå steiling. Han presset hardt med begge hender på kontrollrattet og trimmet for å få nesen ned. Kapteinen registrerte at autopiloten fortsatt var på og ba styrmannen kople den ut, hvilket han gjorde. Styrmannen registrerte at flygekontrollene ikke responderte som normalt. Han har forklart at han for å unngå at flyet skulle gå inn i et spinn fokuserte på å øke hastigheten mens han var forsiktig med å rette opp krengingen, som stadig ville gå mot venstre.
- 1.1.8 Etterhvert kom nesepartiet på flyet ned, og hastigheten sluttet da å synke. Hastigheten bygde seg deretter relativt raskt opp igjen, ristingen stoppet og kontrollen ble gjenvunnet. Kapteinen så ikke behov for å ta over kontrollene. Hun forsikret seg om at de hadde god margin til underliggende terreng, og sjekket også flyets TCAS (Traffic Collision Avoidance System) og så at det ikke var andre fly i nærheten. Under hendelsen endret flyets kurs seg anslagsvis 50 grader mot venstre i forhold til opprinnelig kurs.
- 1.1.9 Besetningsmedlemmene hadde ikke klare oppfatninger om hvor ekstrem flygestillingen var under hendelsen. Styrmannen anslo 10° pitch up og 10° ukontrollert bank, og mente å huske at han hadde sett en gjennomsynk på over 3 000 ft/min. Fartøysjefen mente å huske at hastigheten på det laveste var noe over 130 kt. (Data fra flygeregistratoren med avlesninger av eksakte verdier finnes i figur 10.)
- 1.1.10 Opptak av radardata hos Avinor viste flyets posisjon, bakkehastighet og høyde/høydeforandringer med relativt grov oppløsning. Fra opptakene kan man se at bakkehastigheten gikk gradvis ned fra ca. 220 kt kl. 2213 til ca. 160 kt kl. 2219, da flyet forlot høyden FL150.
- 1.1.11 Da SE-MAF var vel nede i FL130, korrigerende besetningen retningen tilbake på rett kurs. Alt virket normalt, og de koplet autopiloten inn igjen. Like etter tentes varsellys for de-icing på CWP (Central Warning Panel), og lyset for de-icing ON slukket. For å feilsøke aktiverte de boots på nytt. De talte «kicks» og konkluderte med at systemet genererte kun fire av totalt seks luftblåsing (se 1.6.4 for systembeskrivelse). Varsellyset for de-icing kom på også under denne testen. De to siste sekvensene skulle aviset halepartiet, og besetningen konkluderte med at de hadde en teknisk feil på systemet som gjorde at boots på halen ikke fungerte som de skulle.

- 1.1.12 Flygingen fortsatte til Værnes, der innflyging og landing forløp som normalt. Intet unormalt ble observert på ekstern inspeksjon. Det ble bestemt at returflygingen, som var en tomflyging, kunne gjennomføres under forutsetning av at de unngikk områder med ising (i henhold til Minimum Equipment List, MEL). De la ruta lenger øst, klatret til FL190 og opplevde hverken antydning til ising, hastighetsreduksjon eller kontrollproblemer på tilbaketuren. Da de testkjørte avisingsystemet på turen sydover, genererte det fortsatt bare fire «kicks» og ga samme feilindikasjon.
- 1.1.13 I samtaler med Havarikommisjonen har besetningen utdypet sine observasjoner. Før hendelsen skjedde mens de var på vei nordover, hadde fartøysjefen ikke registrert de karakteristiske vibrasjoner eller smell i skrogsiden som er vanlig når is fra propellene løsner. Det var ikke nedbør, og selve frontruten var isfri. Inntrykket var at isingen ikke var spesielt intens. Boots ble kjørt i normal modus, og hadde knapt rukket å gjennomføre én syklus da problemene inntraff. På vei ned til FL130 mente fartøysjefen å huske at isen rundt vinduene løsnet og forsvant, og at hun hørte lyder av is som løsnet.
- 1.1.14 Styrmannen har beskrevet at vibrasjonene var så kraftige at det var på grensen til å være vanskelig å lese instrumentene. I ettertid forklarte han også at han på et tidspunkt oppfattet vibrasjonene som en begynnende steiling, men at de var mye kraftigere og mindre regelmessige enn «stall buffeting» i simulator. Det var ikke tvil om at det var hele flyet som ristet, og ikke primært stikka. Flyets automatiske varsel om nær forestående steiling, «Stick shaker», ble ikke aktivert. Hverken fartøysjefen eller styrmannen var klar over at det eksisterte minstehastigheter for flyging i isingsforhold, annet enn for innflyging.
- 1.1.15 Ingen av besetningsmedlemmene fant det naturlig å manipulere motorkontrollene for å motvirke hastighetstapet før kontrollen over flyet gikk tapt. Motorkontrollene ble heller ikke rørt i forbindelse med selve kontrolltapet eller «recovery»-fasen.
- 1.1.16 «Airframe De-ice Timer» ble byttet i Oslo neste formiddag. Systemet ble deretter testet og funnet i orden. Samme besetning fløy samme fly på samme rute neste kveld. Avisingsystemet fungerte da som det skulle, med seks «kicks» og uten feilvarsel. (Mer informasjon om feilsøking finnes i pkt. 1.6.6. Mer informasjon om forsinket varsling og rapportering til myndighetene finnes i pkt. 1.17.1.)

1.2 Personskader

Tabell 1: Personskader

Skader	Besetning	Passasjerer	Andre
Omkommet			
Alvorlig			
Lett/ingen	2		

1.3 Skader på luftfartøy

Ingen.

1.4 Andre skader

Ingen.

1.5 Personellinformasjon

1.5.1 Fartøysjef

- 1.5.1.1 Fartøysjefen (41 år) utdannet seg til trafikkflyger i USA og Sverige. Hun ble ansatt i West Air Sweden i 2000 og fløy Hawker Siddeley HS 748 som styrmann frem til 2006. Da tok hun trafikkflygersertifikat ATPL(A) med rettighet på ATP, og fløy siden som kaptein. Hun hadde gyldig legeattest klasse 1 uten begrensninger. Siste OPC/PC var 24. juli 2014.

Tabell 2: Flygetid fartøysjef

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	2	2
Siste 3 dager	2	2
Siste 30 dager	32	32
Siste 90 dager	88	88
Totalt	4 500	2 400

- 1.5.1.2 Fartøysjefen hadde hatt standby-tjeneste i til sammen 13 timer uten å bli kalt ut på flyging de to foregående dagene. Hun har opplyst at hun var uthvilt og i god form og hadde spist som normalt den dagen hendelsen inntraff.

1.5.2 Styrmann

- 1.5.2.1 Styrmannen (29 år) utdannet seg til trafikkflyger i Nederland i 2010. Han ble ansatt i West Air Sweden og fikk typerettighet på ATP i sitt CPL(A)-sertifikat i mai 2014. Han hadde gyldig legeattest klasse 1 uten begrensninger.

Tabell 3: Flygetid styrmann

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	6	6
Siste 3 dager	10	10
Siste 30 dager	35	35
Siste 90 dager	129	129
Totalt	560	200

- 1.5.2.2 Styrmannen har opplyst at han var uthvilt og i god form og hadde spist som normalt den dagen hendelsen inntraff.

1.6 Luffartøy

1.6.1 Generell informasjon

- 1.6.1.1 Flytypen ATP er lavvinget, har konvensjonelt haleparti og to turbopropmotorer. Den ble sertifisert første gang i 1988, og ble produsert i 63 eksemplarer før produksjonen opphørte i 1996 (kilde: [BAE Systems General Data brochure](#)). SE-MAF er det eldste individet som fortsatt er i daglig drift.



Figur 1: SE-MAF. Foto: <http://www.aviaphoto.ru/> by Ignatij Savranskiy

En videreutvikling av flytypen, British Aerospace Jetstream 61, var bygget i fire eksemplarer og drev testflyging da prosjektet av kommersielle hensyn ble skrinlagt i 1995.

Fabrikant og type:	British Aerospace (BAe) ATP
Serienr.:	2002
Produksjonsår:	1988
Airworthiness Review Certificate (ARC) gyldig til 31. desember 2014	
Motorer:	2 stk. Pratt & Whitney 126 turbopropmotorer
Propeller:	2 stk. Hamilton Standard 6/5500/F-1
Flyets gangtid/landinger:	29 848 timer / 38 030 landinger
Maksimal tillatt avgangsmasse:	23 678 kg
Aktuell avgangsmasse:	Ca. 22 930 kg
Masse på hendelsestidspunktet:	Ca. 22 519 kg
Tyngdepunktplassering:	Index ved avgang = 60. (Tillatt område 55-85.)

1.6.1.2 Massen og tyngdepunktets plassering var i henhold til fremlagt lastedokumentasjon innenfor gjeldende begrensninger under hele flygingen (se utfylt skjema for masse og balanse i vedlegg B). Pallene med post som lastes om bord veies, og reelle masser benyttes i kalkulasjonene. Lasten stues i spesialtilpassede seksjoner slik at den ikke kan forflytte seg under flyging.

1.6.2 Steilevarsel

1.6.2.1 Flyet er utstyrt med «Stick shaker», det vil si fysisk varsling i form av at kontrollrattene begynner å riste hvis angrepsvinkelen¹ kommer over en fastsatt verdi. Denne kunstige

¹ Vinkelen mellom vingens korde og relativ vind. Måles indirekte.

advarselen aktiveres før aerodynamisk steiling inntreffer, forutsatt at vingen er «ren», dvs. isfri. Dersom vingen er forurenset av snø eller is, vil flyet steile ved en lavere angrepsvinkel enn den som aktiviserer Stick shaker. Det er ingen indikator i cockpit som viser flyets angrepsvinkel.

1.6.2.2 ATP er godkjent for flyging inn i områder med kjente eller varslede isingsforhold. For flyging i isingsforhold er godkjenningen basert på at naturlige forvarsler i form av vibrasjoner (airframe buffeting) skal gi besetningene tilstrekkelig tydelig signal om at steiling er nært forestående. Flygehåndboken anbefaler å holde høyere minstehastighet ved flyging i isingsforhold, ref. 1.6.7.4.

1.6.3 Autopilot og motorkontroller

Autopiloten på SE-MAF var satt i Altitude Hold da hendelsen inntraff. Motorreguleringen foregår elektronisk, ved hjelp av «Engine Electronic Control» (EEC). Når flyet har akselerert til marsjhastighet, endrer besetningen motorsetting fra climb power til cruise power og beholder denne settingen så lenge flyet er på cruise. ATP er ikke utstyrt med «autothrottle».

1.6.4 Systembeskrivelse - beskyttelse mot ising

1.6.4.1 Propellbladene, motorens luftinntak og probene til fartsmålerne/høydemålerne (pitot/static system) er utstyrt med elektriske varmeelementer som beskytter mot isoppbygging. Disse var påslått under hele flygingen ('ALL ON').

1.6.4.2 Avisingssystemet «Airframe De-icing system» er vist i figur 2 og 3. Forkantene på vingene utenfor motorene og på horisontal og vertikal stabilisator er utstyrt med pneumatiske boots (oppblåsbare gummikanaler) som benyttes til å fjerne is. Systemet er delt opp i tre grupper:

- Gruppe 1: de to feltene utenfor hver motor.
- Gruppe 2: de to ytre delene av vingene.
- Gruppe 3: feltene på haleflatene.

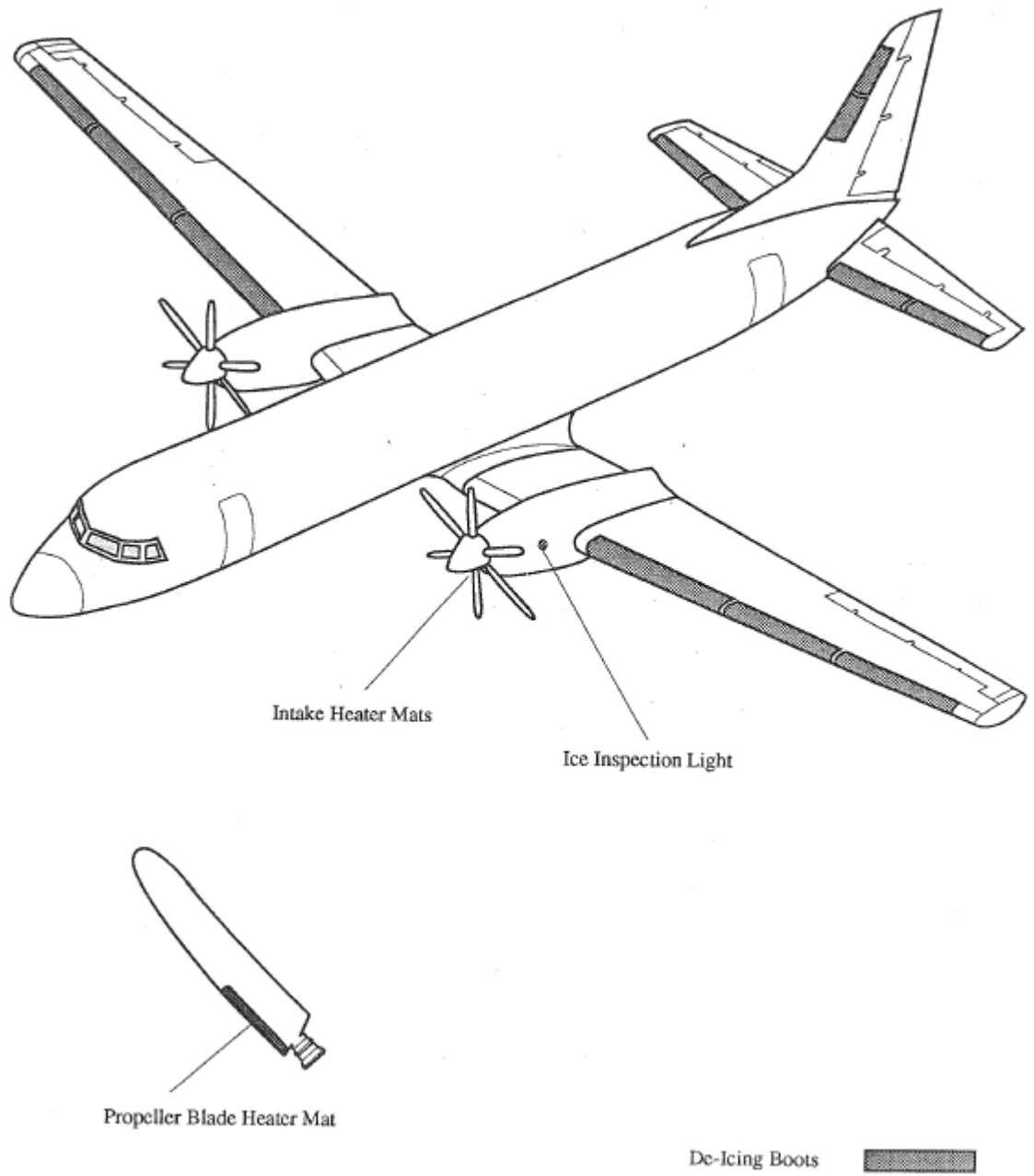
1.6.4.3 De tre gruppene styres av fem ventiler (se figur 3). Hver ventil er koblet til to sett med kanaler (A TUBES og B TUBES). Systemet opereres av trykkregulert blødeluft som tilføres fra motorene.

1.6.4.4 Når systemet opererer besørger ventilene at A TUBES blåses opp og B TUBES suges flate. Deretter veksler dette slik at B TUBES blåses opp og A TUBES suges flate. Dette medfører en gruppevis sekvensiell oppblåsing (rifling – corrugation) av overflaten på de gummierte vinge- og stabilisatorforkantene. Denne deformasjonen av forkantene brykker normalt løs isen. Mellom oppblåsingene, og når systemet er avslått, suges alle kanalene flate ved hjelp av undertrykk.

1.6.4.5 Systemet kan styres automatisk ved hjelp av en «Airframe De-ice Timer», eller manuelt ved hjelp av brytere i cockpit. Når systemet opereres automatisk, styrer timeren en sekvensiell operasjon av de forskjellige feltene slik at A TUBES på Gruppe 1 blåses opp først og B TUBES på Gruppe 3 blåses opp til sist. Dette utgjør til sammen seks

operasjoner som tar 38 sekunder. Normal funksjon i auto kan overvåkes ved hjelp av en trykkmåler i cockpit. Der vil seks trykkipulser, såkalte «kicks», kunne observeres.

- 1.6.4.6 Systemet kan opereres automatisk i «NORMAL» eller «HEAVY» modus. I NORMAL er det et opphold på 231 sekunder mellom hver 6-trinnsoperasjon. En full syklus tar følgelig ca. 4,5 minutter. I HEAVY er oppholdet kun 29 sekunder, følgelig tar en full syklus ca. 1 minutt. HEAVY skal benyttes dersom man ser at NORMAL ikke fjerner isen. I manuell modus må bryterne for A TUBES og B TUBES vekselvis holdes inne. Det anbefales å kjøre hver av dem i 10 sekunder, med 10 sekunders pause mellom.
- 1.6.4.7 Systemet aktiveres av besetningen ved behov. Det skal være avslått under avgang og under den siste delen av innflygingen (under 200 ft). Inspeksjonslys gjør det mulig for besetningen å se vingeforkantene også i mørke. På fraktfly-versjonen er det ikke mulig å se haleflatene under flyging.
- 1.6.4.8 Systemet overvåkes av et varslingsystem. Hvis det detekteres feil, tennes et blinkende oransje lys DE-ICING på Central Warning Panel (CWP) samtidig som det genereres en varsel tone og lyset på de-icing-panelet, som indikerer at systemet er på (ON), slukker. En årsak til at varsel kommer på, kan være at timeren ikke påbegynner en ny syklus til riktig tid etter at den forrige syklusen startet (4,5 min i normal modus). Hvis trykkmåleren viser færre enn seks «kicks» per syklus samtidig som det kan observeres at boots på vingene fungerer som forutsatt, er dette et tegn på at avisingen av halen har feilet (ref. ATP Operations Manual Abnormal Procedures Aircraft General 4.20.1 p. 6).
- 1.6.4.9 I systembeskrivelsen fra fabrikanten er flere mulige feil beskrevet i større detalj. Det står blant annet følgende:
- If the gauge is fluctuating at the wrong rate or is not fluctuating at all, the failure is in the timer, and the de-icing should be operated manually.*
- If the pressure gauge is showing the correct steady pressure but less than six kicks per cycle, a distributor valve is suspect and the affected airfoil section may no longer be fully de-iced.*
- 1.6.4.10 Modifikasjonsstatus på SE-MAF var at tre filtre i avisingsystemet som erfaringsvis kunne samle fuktighet og fryse var fjernet, samt at «distribution valves» var oppvarmet (Service Bulletin SB ATP-30-16 og SB ATP-30-22 utført).

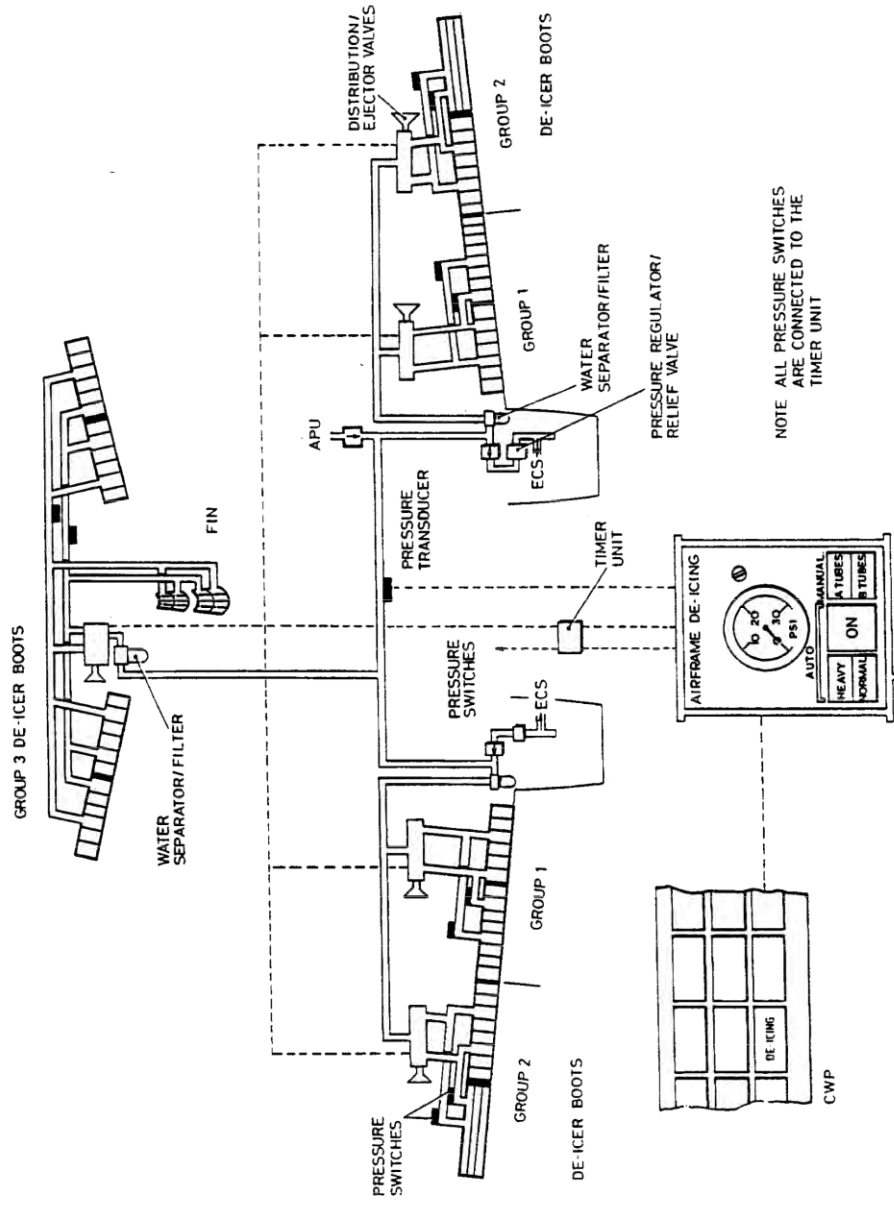


Figur 2: ATP Systemer for beskyttelse mot ising, de-icing boots og inspeksjonslys. Kilde: BAE Systems

BRITISH AEROSPACE

ATP Operations Manual

SYSTEMS DESCRIPTION AND PROCEDURES
ICE AND RAIN PROTECTION



AIRFRAME DE-ICING SYSTEM SCHEMATIC
Figure 3

ATP272/01

005

14.20.13
Page 4
JAN 17/92

Figur 3: Skjematisk beskrivelse av avisingsystemet. Kilde: BAE Systems ATP Operations Manual, Systems description and procedures, Ice and rain protection 14.20.13

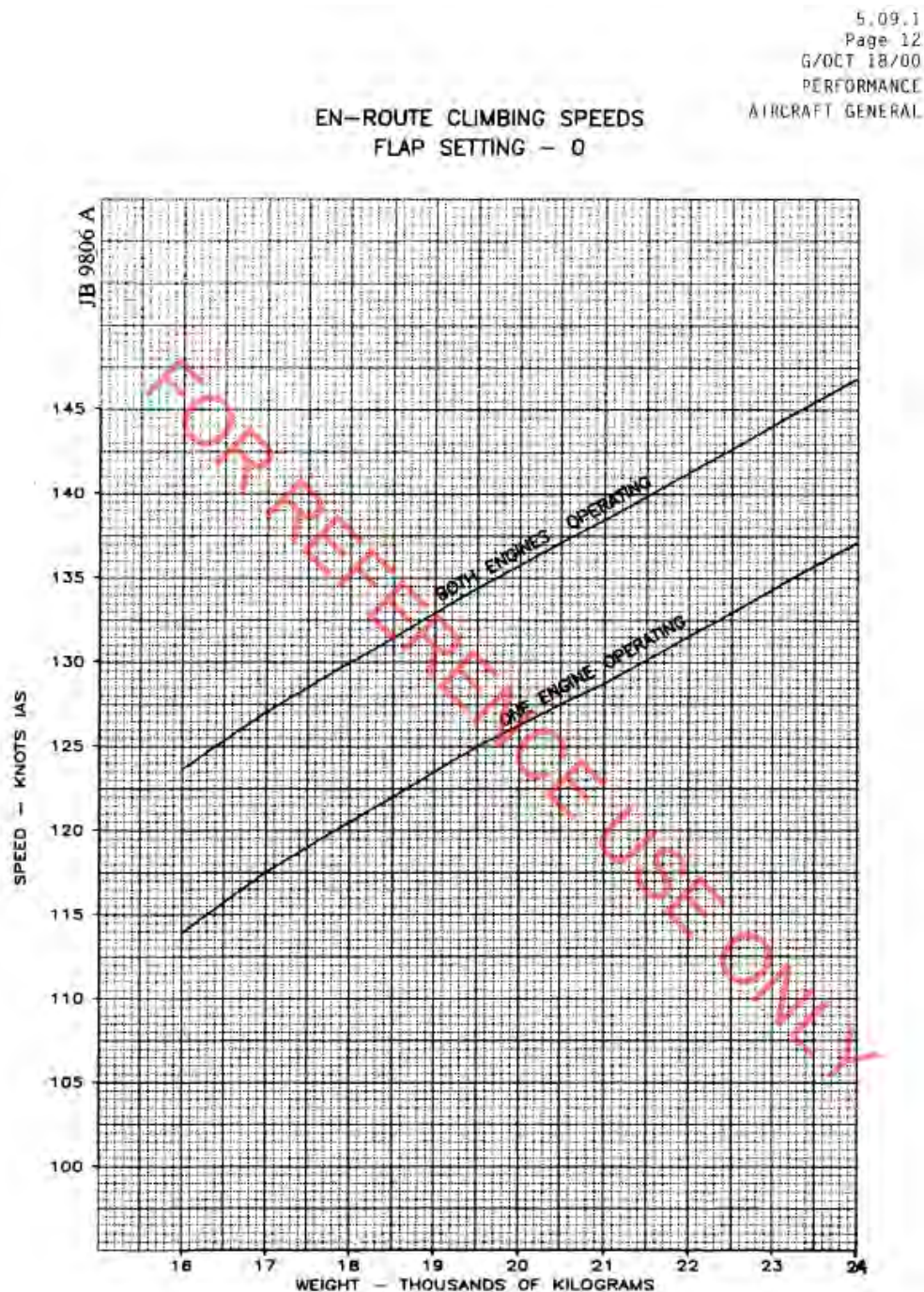
1.6.5 Preventivt vedlikehold forut for vintersesongen

Årlig «Winter Preparation Check» ble utført på SE-MAF to uker før hendelsen. Selskapet utfører rutinemessig denne sjekken i løpet av august-september for å forebygge kjente problemer i forbindelse med vinteroperasjoner. Blant annet inspiseres det med tanke på lekkasjer, boots overflatebehandles med ICEX for å forebygge at forurensing fester seg, kondens fjernes fra systemet og tilstanden på elektrisk oppvarmede elementer og cockpitvinduer sjekkes.

1.6.6 Resultat av feilsøking og tekniske undersøkelser

- 1.6.6.1 Etter hendelsen viste det seg at «De-ice Timer» var blitt byttet på SE-MAF kun 35 flytimer tidligere. Teknisk avdeling i West Air Sweden valgte derfor å fortsette feilsøkingen, i tilfelle det lå et annet problem bak. «Ejector Distribution Valve», reléer som kontrollerer denne ventilen og to trykkbrytere ble grundig sjekket. Det ble funnet en dårlig pakning i ventilen, men denne var på utblåsningssiden (exhaust) og selskapets tekniske avdeling konkluderte med at dette trolig ikke hadde innvirkning på de erfarte problemene. Trykkbryterne var marginalt utenfor toleransegrensene, men feilen var «på den sikre siden» og kunne heller ikke forklare feilfunksjonen på systemet. For øvrig ble det ikke funnet avvik.
- 1.6.6.2 West Air Sweden har opplyst at de har erfart hyppige feilfunksjoner med systemets De-ice Timer (P/N 42E13-17B/C). Pålitelighetsstatistikken deres viste 43 ikke-planlagte utskiftninger i løpet av 12 måneder, noe som tilsa kun 650 flytimer mellom hvert bytte. Dette får uheldige konsekvenser for regulariteten, siden man ikke kan ta av og fly inn i områder der det er ising når denne komponenten er i ustand. For å løse problemet har selskapet fått utarbeidet, godkjent og tatt i bruk en ny type De-ice Timer (solid state), som synes å være langt mer driftssikker. Slik timer var ennå ikke installert på SE-MAF på hendelsestidspunktet.
- ### 1.6.7 Prosedyrer for flyging i isingsforhold
- 1.6.7.1 Effekten av is og hvordan man skal forholde seg er omtalt i kapittel 4 i flygehåndboken ATP AFM *Normal procedures ice and rain protection* (4.10.13 Page 3 G/NOV 08/10). Et utdrag av prosedyrene som gjaldt på hendelsestidspunktet finnes i vedlegg C.
- 1.6.7.2 Kort oppsummert beskriver BAE Systems at isoppbygging på vindusviskeren skal tas som et tegn på at det er behov for å inspisere vingeforkantene. For å unngå såkalt «bridging» der det dannes et skall av is omkring forkanten som ikke brytes av, anbefales det i underveisfasen å la is-tykkelsen bygge seg opp til en halv tomme før Airframe De-icing system aktiveres.
- 1.6.7.3 Om effekten av is beskrives blant annet at isoppbygging kan gå svært raskt, at man kan oppleve vibrasjoner selv ved normale hastigheter, og at man spesielt i frysende nedbør risikerer at det bygger seg opp is på ubeskyttede områder som kan redusere flyets ytelser og kontrollerbarhet betydelig. Flyging i høydesjikt nær frysepunktet med synlig nedbør på frontruta bør unngås. Dersom man erfarer at flyet begynner å riste, uventet mister hastighet, gjør ukontrollerte rollbevegelser eller stikkekreftene føles unormale, skal angrepsvinkelen øyeblikkelig reduseres og overdrevet manøvrering unngås inntil flyet er isfritt. Autopiloten skal kobles ut og ikke slås på igjen før flyet er isfritt.

- 1.6.7.4 Prosedyren viser til at hastigheten i isingsforhold ikke bør falle under «*Both engines operating en-route climb speed plus 15 knots*». Figuren det vises til, 5.09.6 (her gjengitt i figur 4) har tittelen *En-Route Climbing Speeds Flap setting – 0*, nevner ikke ising og finnes ikke sammen med prosedyreteksten. Den står 120 sider lenger bak, i ytelseskapittelet i flygehåndboken.



Doc. No. ATP 003

FIGURE 5.09.6

Figur 4: BAE Systems' figur som danner grunnlag for beregning av minste anbefalte hastighet i isingsforhold. (Se også figur 11.) Kilde: BAE Systems

- 1.6.7.5 Selskapets sjekklister for normale operasjoner nevnte at Airframe De-icing system skal slås på og benyttes etter behov og slås av før landing. Fremgangsmåten ved ulike feil og feilindikasjoner knyttet til avisingsystemet var beskrevet. Der het det at dersom systemet genererer færre enn seks «kicks», skal boots aktiveres manuelt. Hvis dette ikke fungerer, skal man forlate isingsforhold snarest mulig.
- 1.6.7.6 Hvis det er mistanke om is på haleflaten, skal man i tillegg følge detaljerte instruksjoner for bruk av flaps under innflyging og landing. Sjekklistene hadde ingen referanser til minstehastigheter i isingsforhold.

1.6.8 Sikkerhetsinformasjon fra BAE System til operatørene

1.6.8.1 BAE Systems ble oppmerksom på hendelsen med SE-MAF i forbindelse med den tekniske feilsøkingen som selskapet igangsatte (ref. 1.6.6). Etter innledende analyser av flygeregistratordata utga de 25. november 2014 Flight Operations Safety Information Letter (FOSIL) nr. ATP/007/14 med tittelen *Recommended Minimum Speed in Icing Conditions* (se vedlegg D). Hovedbudskapet var at besetningsmedlemmer på ATP ikke syntes å være fullt klar over anbefalte minstehastigheter i isingsforhold som beskrevet i AFM. I tillegg til hendelsen med SE-MAF, henviste de til en hendelse i Cowley i England i 1991 (se 1.18.1).

1.6.8.2 I FOSIL ATP/007/14 er teksten i AFM gjengitt ordrett. Dermed er ordlyden at hastigheten i isingsforhold ikke bør tillates å falle lavere enn «*the both engines operating en-route climb speed of figure 5.09.6 plus 15 knots*» (ref. 1.6.7.4). I tillegg ble følgende opplysning lagt til:

The both engines operating en-route climb speed is the single engine operating en-route climb speed plus 10 knots and Vser can be read from the speed cards.

1.6.8.3 FOSIL ATP/007/14 avsluttes med følgende anbefaling:

BAE Systems recommend that Operators remind flight crews of the speeds given in the AFM and MOM.

1.6.9 Generell informasjon om ising

BAE Systems har i flere år utgitt og ajourført en informasjonsbrosjyre med tittelen «[Think Ice!](#)», *Icing Awareness for BAE Systems Regional Aircraft Operators*. Brosjyren kan lastes ned fra internett og er et supplement til offisielle håndbøker. Den omhandler både meteorologi, aerodynamikk, forhold knyttet til avisning på bakken, flyoperative prosedyrer og systemer for beskyttelse mot ising på fly. I avsnittet om flyging i underveisfasen nevnes det at hastigheten under stigning skal økes i isingsforhold:

The minimum en-route climb speed should be increased in icing conditions: see the AFM for details of this.

1.6.10 Treningsprogram

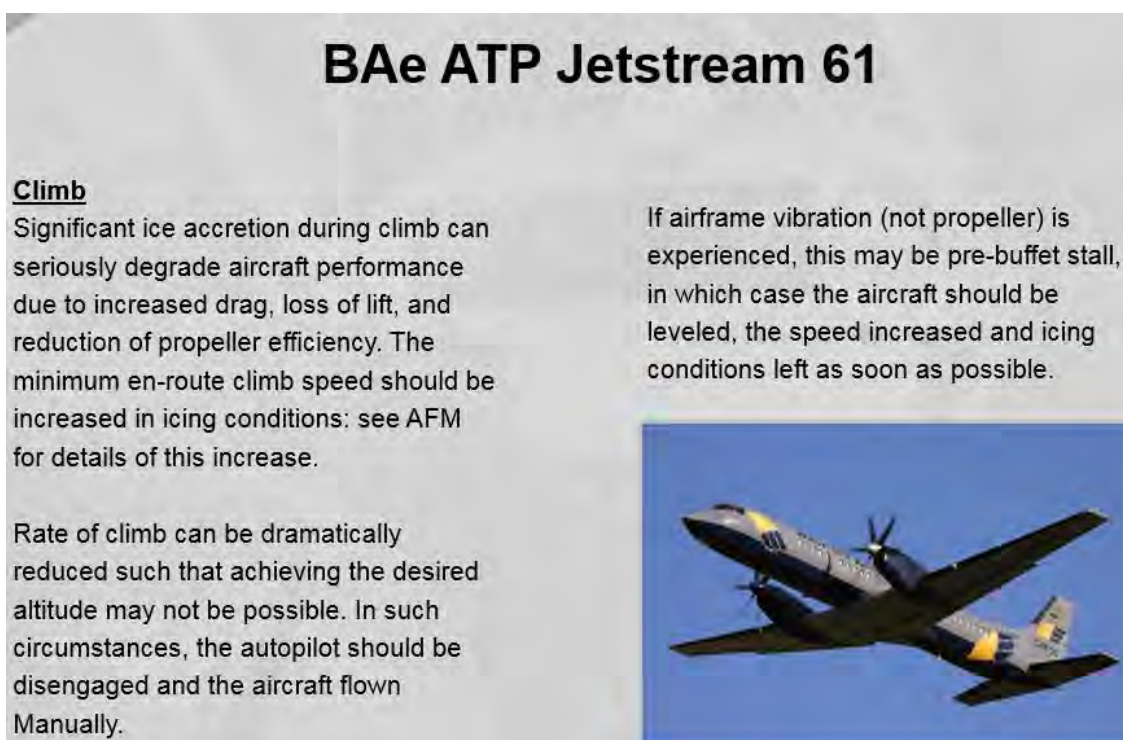
1.6.10.1 West Air Sweden har tatt i bruk Computer Based Training (CBT) for opplæring i flyets systemer og bruk av disse. Treningsmateriellet for vinteroperasjoner omfatter blant annet advarsler om risiko forbundet med ising, beskrivelser av meteorologiske forhold som forårsaker ising, ulike skytyper og anbefalte fremgangsmåter hvis man opplever ising.

Når det gjaldt avisingsystem og prosedyrer, henviste man dels til den videreutviklede flytypen BAe Jetstream 61².

- 1.6.10.2 Avsnittet om ising generelt og i underveisfasen fokuserte på bruk av anti- og avisings-systemer. At det finnes anbefalte minstehastigheter for flyging i marsjhøyde i isingsforhold ble ikke spesifikt nevnt. Følgende tekst er hentet fra dette materialet:

When in icing conditions, monitor ice build-up and operate the airframe de-icing system in accordance with the AFM and MOM procedures.

- 1.6.10.3 For ising under utkltring var beskrivelsen mer omfattende, og her ble det nevnt at minstehastigheten skulle økes. Metoden for å finne minimumshastigheter ble imidlertid ikke spesifisert, også her ble det vist til AFM for detaljer:



Figur 5: Utdrag av selskapets treningsmateriell om vinteroperasjoner for ATP-besetninger.
Kilde: West Air Sweden AB

1.7 Været

1.7.1 Generelt

- 1.7.1.1 Besetningen på SE-MAF hadde tilgang på alle relevante værvarsler, og -observasjoner, synoptiske kart, SIGMET m.m. før avgang. De hadde dessuten en applikasjon på mobiltelefonen slik at de kunne holde seg løpende oppdatert. Siden de også hadde fløyet samme strekning både ca. fire og ca. to timer tidligere, følte de at de hadde god oversikt over situasjonen. De hadde lagt merke til at signifikante værkart viste mulighet for moderat ising i forbindelse med et frontsystem som nærmet seg vestfra.

² BAE Systems har opplyst at systemene i praksis er like, selv om nyere sertifiseringsbestemmelser er lagt til grunn for BAe Jetstream 61

1.7.2 Observert og varslet vær

1.7.2.1 Følgende METAR (rutinemessige værobservasjoner for luftfartsformål uttrykt i meteorologisk kode) var utstedt for Oslo lufthavn (ENGM) i perioden 2020 – 2320 UTC³:

2020 UTC 20004KT CAVOK 07/04 Q1005 NOSIG=
2050 UTC 23003KTCAVOK 08/04 Q1005 NOSIG=
2120 UTC 00000KT CAVOK 08/04 Q1005=
2150 UTC 00000KT CAVOK 08/04 Q1005=
2220 UTC VRB01KT CAVOK 08/04 Q1005=
2250 UTC 21003KT170V240 CAVOK 08/04 Q1006=
2320 UTC 00000KT CAVOK 07/04 Q1006=

1.7.2.2 Følgende METAR var utstedt for Trondheim lufthavn Værnes (ENVA) i perioden 2050 – 2320 UTC:

2050UTC 11004KT 070V170 9999 FEW020 BKN040 10/07 Q1000 REUP REDZ RMK WIND 670FT 20012KT=
2120 UTC 08004KT 050V110 9999 FEW020 BKN045 09/07 Q1000 RMK WIND 670FT 19015KT=
2150 UTC 12004KT 040V180 9999 FEW040 BKN060 09/08 Q1000 RMK WIND 670FT 20015KT=
2220 UTC 05004KT 010V070 9999 -DZ FEW030 SCT045 09/07 Q1000 RMK WIND 670FT 19015KT=
2250 UTC 10005KT 9999 -DZ SCT030 BKN050 09/08 Q0999 RMK WIND 670FT 18008KT=
2320 UTC 05003KT 010V100 9999 -DZ SCT035 BKN050 09/08 Q0999 RMK WIND 670FT 16010KT=

1.7.2.3 Følgende værvarsel (TAF, Terminal Aerodrome Forecast) var utstedt for hhv. Oslo og Værnes lufthavn kl. 2000 UTC:

ENGM 252000 UTC 2521/2621 20005KT CAVOK PROB40 2602/2607 2000 BCFG BKN003 BECMG 2607/2609 20015KT BECMG 2613/2615 26015KT TEMPO 2613/2617 27020G30KT=

ENVA 252000 UTC 2521/2621 VRB06KT 9999 -RA FEW015 BKN040 TEMPO 2600/2606 16015G25KT TEMPO 2606/2612 25012KT 4000 RADZ BKN012 BECMG 2609/2612 25018G30KT=

1.7.3 Væropplysninger innhentet i ettetid

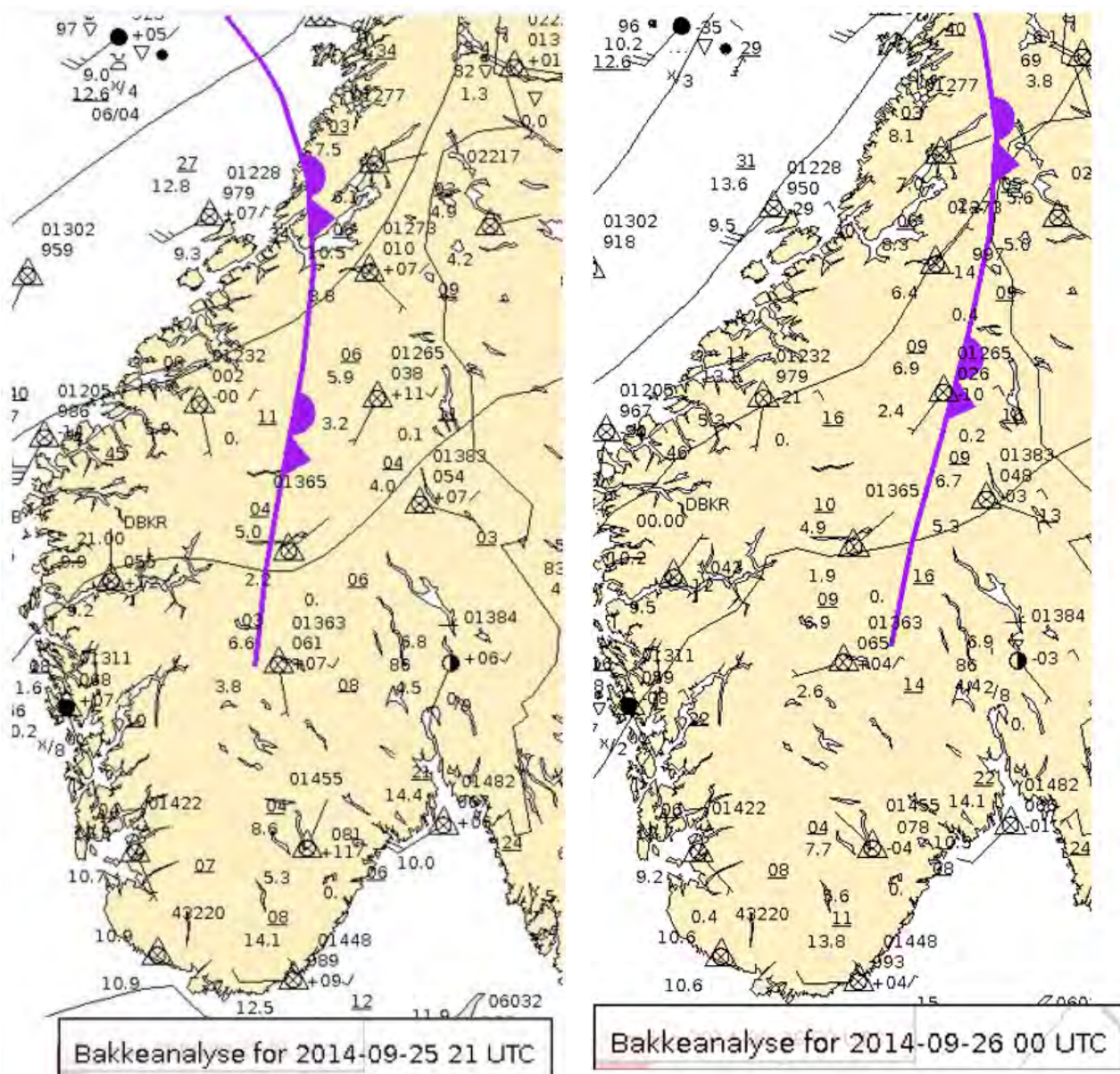
1.7.3.1 Meteorologisk institutt (MI) er sertifisert leverandør av både flyværværstjeneste og observasjonstjeneste i Norge⁴. På forespørsel fra Havarikommisjonen utarbeidet Meteorologisk institutt en rapport om vær-situasjonen i det aktuelle området. Om observert og varslet vær i METAR og TAF skrev de følgende:

Det lå et omfattende frontsystem over Sør-Norge. En okkludert front gikk over Trøndelag og sørover mot Hardangervidda, mens en varmfront kom inn mot Nordvestlandet. Frontene beveget seg østover. På Oslo lufthavn var det varslet CAVOK-forhold om kvelden, med mulighet for tåkedis om natta. På Værnes var det varslet lett regn/lett yr og skybase på 4 000-7 000 ft om kvelden og natta. Dette stemte godt med observert vær.

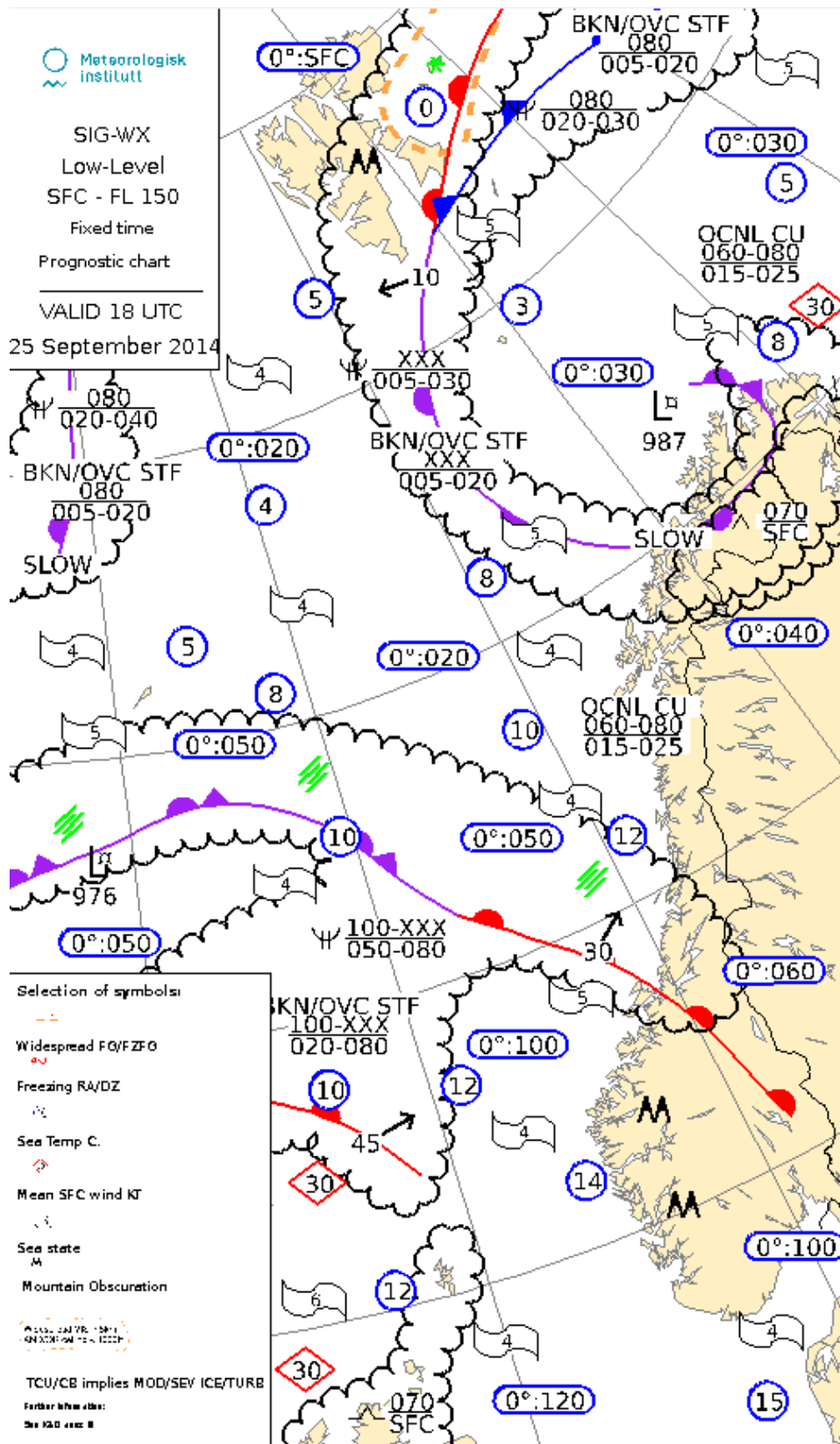
1.7.3.2 Frontene og deres bevegelser er synlige på bakkeanalyser og signifikante værkart. Det fremgår at moderat ising var varslet fra FL060 og opp til over FL150 over Trøndelag, og at området med ising i løpet av kvelden spredde seg sørover mot Mjøsa.

³ Dekoding av meteorologiske forkortelser, se: https://www.ippc.no/ippc/help_met.jsp og https://www.ippc.no/ippc/help_metabbreviations.jsp

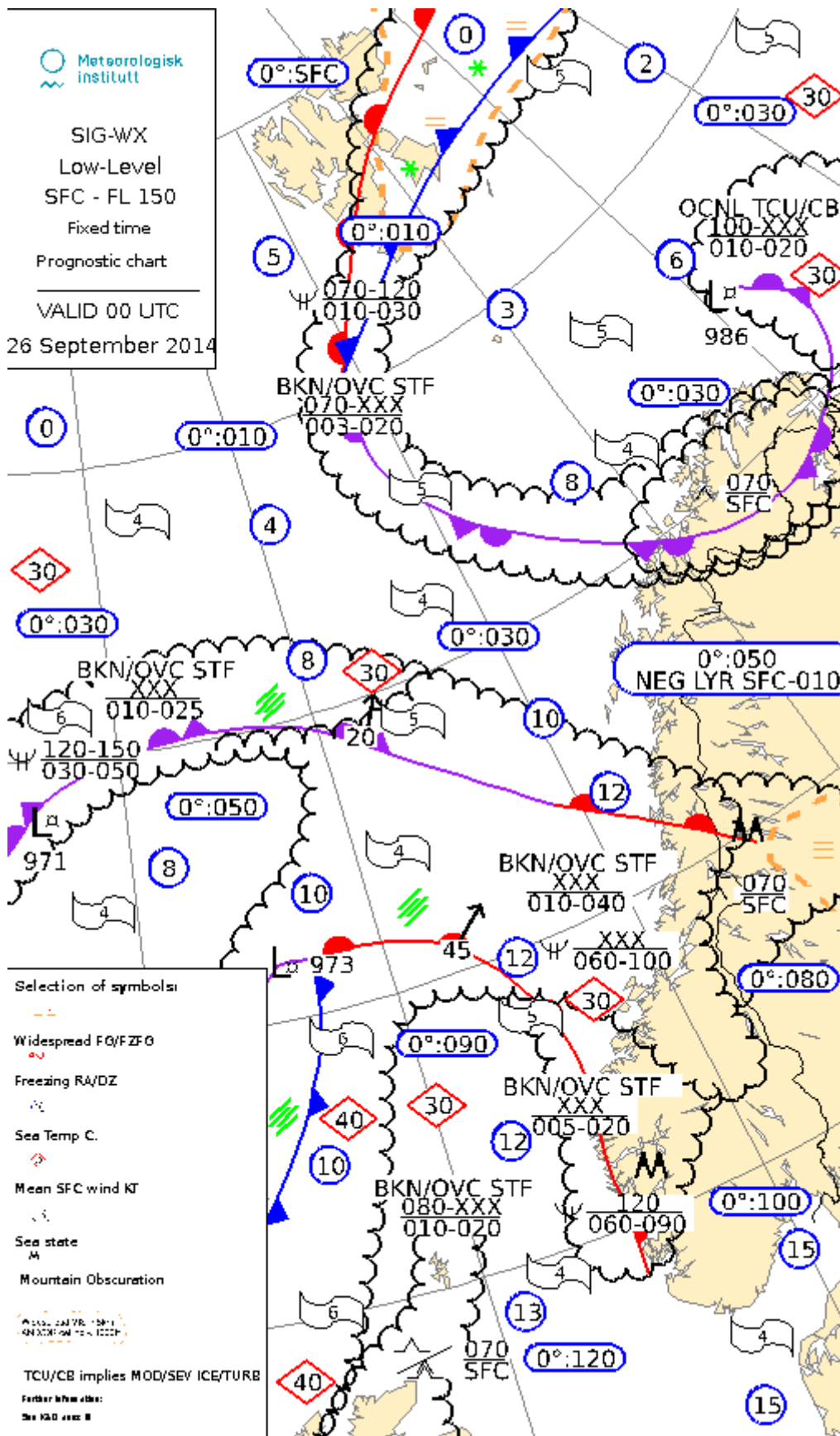
⁴ Avinor og Oslo lufthavn er sertifisert som leverandør av observasjonstjeneste



Figur 6: Bakkeanalyser kl. 21 og 00 UTC. Kilde: Meteorologisk institutt

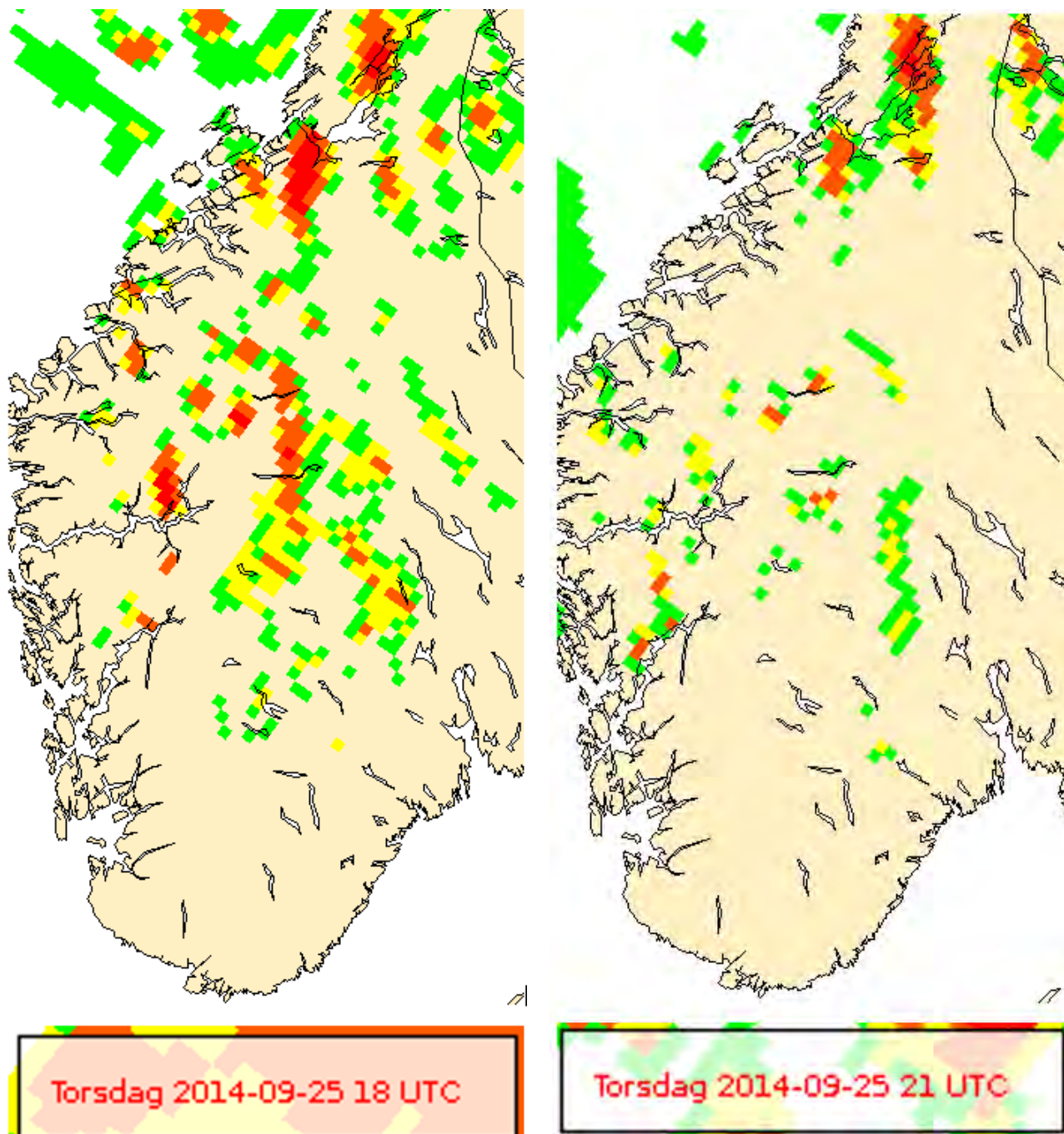


Figur 7: Signifikant værkart kl. 18 UTC. (Symbolforklaring i vedlegg E.) Kilde: Meteorologisk institutt



Figur 8: Signifkant værkart kl. 00 UTC. (Symbolforklaring i vedlegg E). Kilde: Meteorologisk institutt

- 1.7.3.3 Meteorologisk institutt benyttet også modelldata som støtte for å kunne uttale seg om været i ettertid. Disse viste moderat til sterk ising formet som enkelte smale bånd i nord-sør-retning over Trøndelag og det nordlige Østlandet, i hovedsak vest for flyruten og tidligere på kvelden enn den aktuelle perioden. Skaleringen går fra 4-9, hvor grønt er 4 som tilsvarer lett-moderat ising og rødt er 9 som tilsvarer sterk ising.



Figur 9: Isingsforhold (modelldata) kl. 18 og 21 UTC. Kilde: Meteorologisk institutt

- 1.7.3.4 Det var ikke mulig å avdekke eventuell fjellbølgeaktivitet basert på satellittbilder, siden skyer dekket over aktuelt område. Over Skottland var det imidlertid synlige striper på lesiden av fjellene, hvilket indikerer fjellbølger.

1.7.3.5 Prognostiske oppstigninger for den aktuelle perioden viste at det kan ha vært fjellbølgeaktivitet denne kvelden. Prognostisk oppstigning fra Værnes kl. 00 UTC viste moderat til sterk ising FL110-150.

1.7.3.6 Det forelå ingen SIGMET/AIRMET over Trøndelag eller Østlandet i det aktuelle tidsrommet. Det var heller ikke registrert rapporter fra fly om ising i området.

1.7.3.7 Vind- og temperaturforhold FL100-180 (modellldata):

FL100 18UTC: 270-300/20-30kt, temp -6 til -2 °C.

FL100 00UTC: 270/30-50kt, temp -2 til 1 °C.

FL180 18UTC: 300-330/65kt, temp -18 til -15 °C.

FL180 00UTC: 270-290/40-45kt, temp -16 til -15 °C.

1.7.3.8 Meteorologisk institutt konkluderte som følger:

Maskinen kan ha opplevd ulike grader av ising under flygingen. Det er sannsynlig at maskinen kan ha opplevd sterk ising innenfor et mindre horisontalt område og innenfor et begrenset vertikalt sjikt. Ising ifm leskyer kan være lokalt og kortvarig og dermed blir den ikke nødvendigvis fanget opp av modellen på aktuelt sted og til aktuell tid. [...]

Fjellbølgeaktiviteten over Skottland kan indikere at lignende forhold kan ha forekommet over Sør-Norge hvis forholdene ellers lå til rette for det.

Det er sannsynlig av maskinen kan ha opplevd 270/50kt i FL150 en halv time etter avgang fra ENGM på vei nordover. [...]

På bakgrunn av den tilgjengelige informasjonen er det sannsynlig at det har vært fjellbølger i det aktuelle området denne kvelden. I forbindelse med fjellbølger vil det dannes leskyer, og i disse leskyene kan det ise i oppstigende og fuktig luft. Ofte kan isingen være konsentrert til mindre områder horisontalt og til tynne sjikt vertikalt. Det er ikke usannsynlig at denne flymaskinen har opplevd sterk ising i ca. 15 000ft.

1.7.4 Vurdering av intensitet på eventuelle fjellbølger

På forespørsel fra Havarikommisjonen om det var mulig å si noe nærmere om intensitet og utstrekning av fjellbølger, studerte Meteorologisk institutt situasjonen mer inngående. De understreket at det ikke finnes observasjoner å støtte seg til, og at det er usikkerhetsmomenter knyttet til modellen de benytter. Fra tilleggssrapporten siteres følgende:

I modellen ser vi tydelige fjellbølger, og vi regner med at slike bølger har vært i det aktuelle området. [...]. I modellen er det bølger med vertikalhastighet på omlag 0.5 m/s i området. Det ser ikke ut til at det har vært forhold for brytende fjellbølger. [...] Fjellbølgene i modellen har topper og bølgedaler langs linjer orientert noenlunde nord-sør og dette er nær på tvers av flyets kurs. [...] Usikkerheten i forskjellen mellom modellen og det aktuelle været gjør at vertikalhastigheten maksimalt anslås til 1 m/s [under 200 ft/min].

1.8 Navigasjonshjelpemidler

Ikke relevant.

1.9 Samband

Sambandet fungerte normalt.

1.10 Flyplasser og hjelpemidler

Ikke relevant.

1.11 Flygeregistratorer

1.11.1 Innledning

SE-MAF var utstyrt med flygeregistrator av typen Plessey PV1584F. West Air Sweden hadde sørget for å få lastet ned data fra registratoren, og disse ble stilt til disposisjon for BAE Systems og SHT. Et plott av utvalgte parametere i perioden fra ca. 3 minutter før til ca. 3 minutter etter hendelsen finnes i figur 10. Flere parametere og lengre tidsutsnitt finnes i vedlegg F. Data fra taleregistratoren (30 minutters lagringskapasitet) ble automatisk overspilt under flygingen og var ikke tilgjengelige for undersøkelser i ettertid.

1.11.2 Registrerte FDR-data

1.11.2.1 Data fra FDR i vedlegg F viser at flyet brukte ca. 17 minutter på å nå marsjhøyden. Stigningen var jevn. Flyhastigheten⁵ på marsjhøyden steg som forventet de første 2-3 minuttene. Deretter, fra ca. kl. 2212 (count⁶ 36300 på FDR), kan det observeres en gradvis reduksjon av hastigheten. Første minuttet sank den 3 kt, minuttet etter ytterligere 3 kt, og de påfølgende minuttene falt hastigheten henholdsvis 6, 5, 11, 5, 7 og 18 kt. Hastigheten avtok altså 58 kt over en periode på ca. 8 minutter, og var på det laveste 136 kt.

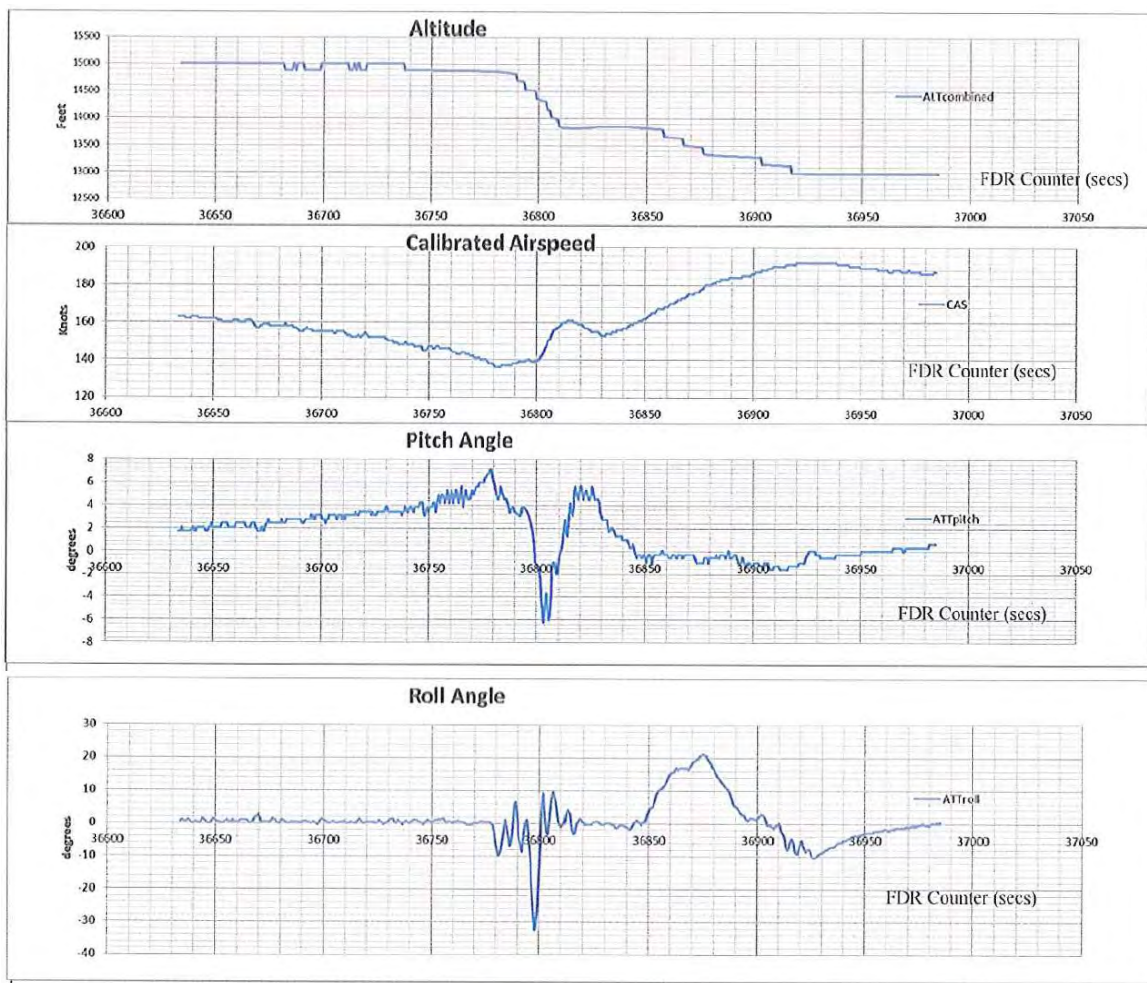
1.11.2.2 Samtidig som hastigheten avtok, økte vinkelen på flyets nesestilling (pitch) gradvis. Da hastigheten på SE-MAF var kommet ned mot minste verdi, hadde pitchen økt fra 0 til over 7 grader. De siste to gradene gikk hurtigst, og på dette tidspunktet oppstod det ukontrollerte rollbevegelser.

1.11.2.3 Fra plottene i figur 10 kan man se følgende:

- Hastigheten falt gradvis samtidig som pitchen økte
- Hendelsen varte i ca. 30 sekunder (fra FDR Counter 36780 – 36810)
- Laveste hastighet var 136 kt
- Ekstremutslagene i pitch var 7,1° nose up og 6,2° nose down
- Høydetapet var ca. 1 000 ft i tidsrommet flyet var helt eller delvis ute av kontroll
- Rollutslagene endret hurtig retning og nådde maksimalt 32,3° mot venstre.

⁵ Calibrated Air Speed, CAS, dvs. IAS korrigert for posisjons- og kompressibilitetsfeil

⁶ 1 count tilsvarer 1 sekund



Figur 10: Registrerte parametere for høyde, hastighet, nesestilling og krenkning i perioden fra ca. 3 minutter før til ca. 3 minutter etter hendelsestidspunktet. Kilde: West Air Sweden AB

1.11.2.4 Øyeblikksbildet da krenkningen (roll angle) var på det mest ekstreme, var at vertikalhastigheten (høydetapet) var i størrelsesorden 2 500-3 000 ft/min, med følgende registrerte verdier for hastighet, rorutslag⁷ og flygestilling:

Tabell 4: Øyeblikksbilde fra FDR

Count	Combined Altitude	CAS	Left elevator	Right elevator	Pitch trim angle	Aircraft pitch angle	Aircraft roll angle	Left aileron angle	Right aileron angle	Rudder angle
36798	14501	139	11,1	26,8	-9,1	2	-32,3	18,5	-17,9	2,7

1.11.2.5 Dette innebærer at krenkningen var $32,3^{\circ}$ mot venstre samtidig som flyhastigheten var 19 kt under anbefalt hastighet i isingsforhold, mens flyets nesestilling fortsatt var over horisonten. Fulle kontrollutslag ble ikke på noe tidspunkt benyttet.

1.12 Havaristedet og flyvraket

Ikke relevant.

⁷ Det registrerte avviket mellom høyre og venstre høyderor antas å være feil i FDR-kalibreringen. Reelt sprik kan ikke forekomme når systemene ikke er koblet fra hverandre (disconnect system operated).

1.13 Medisinske og patologiske forhold

Ikke relevant.

1.14 Brann

Ikke relevant.

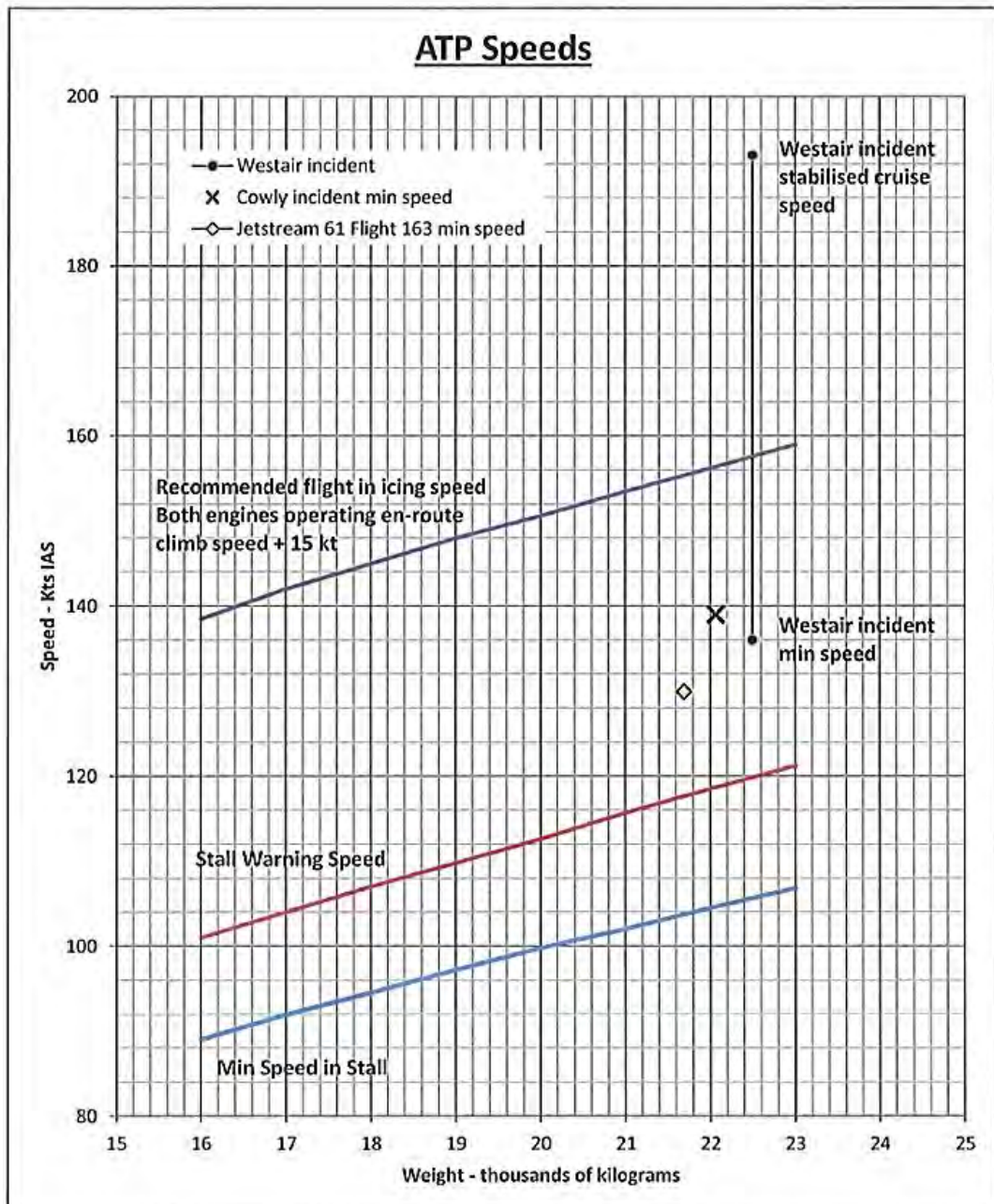
1.15 Overlevelsesaspekter

Ikke relevant.

1.16 Spesielle undersøkelser**1.16.1 Hastighetstap og referansehastigheter**

1.16.1.1 BAE Systems analyserte FDR-data og utarbeidet en figur som illustrerer hastighetstapet under hendelsen. Her sammenlignes laveste registrerte hastighet både med fabrikantens anbefalte hastighet i isingsforhold, hastighet for aktivering av steilevarsel og laveste steilehastighet (se figur 11). Figuren viser også data fra en tidligere isingshendelse med et tilsvarende fly (Cowley incident, se 1.18.1.2) og erfarte verdier fra testflygingsprogrammet for isingsforhold på den videreutviklede versjonen av flytypen (BAe ATP Jetstream 61, Flight 163 min speed).

1.16.1.2 Det fremkommer at laveste hastighet under hendelsen med SE-MAF var 30 kt høyere enn «clean» steilehastighet og 16 kt høyere enn «clean»-hastigheten som aktiverer steilevarselet, men 22 kt lavere enn anbefalt minstehastighet i ising:



Figur 11: Hastighetstap på SE-MAF og minste registrerte hastighet sett i forhold til anbefalt minstehastighet i ising, hastighet for steilevarsel og steilehastighet. Figuren viser også minstehastighet i Cowley-hendelsen og verdi fra testflyging med Jetstream 61. Kilde: BAE Systems

1.16.2 Aerodynamisk vurdering

- 1.16.2.1 BAE Systems analyserte data fra flygeregistratoren på SE-MAF inngående for å vurdere hvorvidt flyet steilet. Angrepsvinkelen ble estimert ved å sammenligne registrerte pitch-verdier på FDR med flyets antatte bevegelsesbane gjennom luften⁸. Det viste seg at løftkoeffisient (C_L), og dermed løftkraften, avvek betydelig fra det normale (ref. figur 12). Maksimal løftkraft var ca. 1,05 og ble oppnådd ved angrepsvinkel på ca. 4°. Løftkraften forble deretter omtrent uendret mens angrepsvinkelen økte til ca. 12°. (Angrepsvinkelen økte gradvis fra 4° til 12° mens flyet opprettholdt horisontal flyging).

⁸ Med forbehold om feilkilder blant annet som følge av interpolasjon

1.16.2.2 I disse analysene sammenlignet BAE Systems dessuten løftkoeffisienten på SE-MAF med data fra testflygingsprogrammet som ble foretatt for å dokumentere Jetstream 61 *Stall and Pushover Handling Characteristics in Icing*. Figur 12 viser BAE Systems' analyser, sammen med effekt av isoppbygging på Jetstream 61; 'J61 Flt163 1st' og 'J61 Flt 150'⁹:

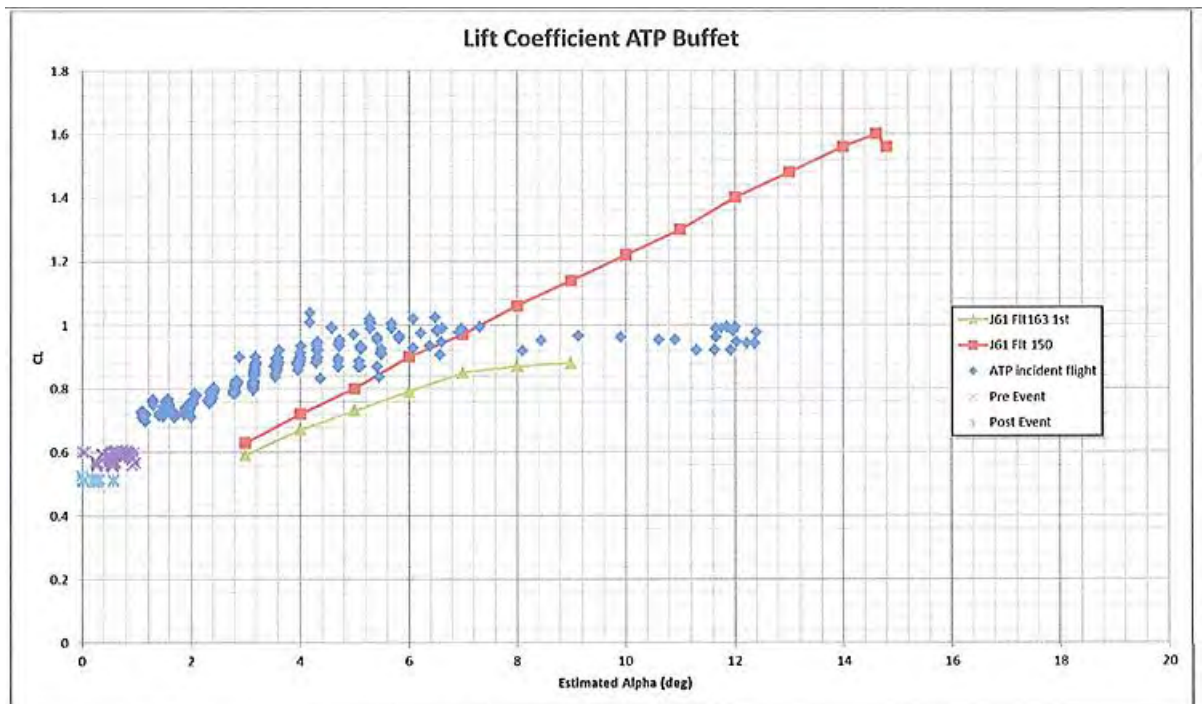


Figure 1: ATP Comparison of incident C_L vs α with flight test data from Ref.1

Figur 12: Løftkoeffisient for anslåtte angrepsvinkler på den aktuelle flygingen (blå symboler) sammenlignet med Jetstream 61 med henholdsvis «ren» vinge (rød graf) og kunstig isforurenset vinge (grønn graf). Kilde: BAE Systems

1.16.2.3 Konklusjonene fra BAE Systems knyttet til løftberegningene var som følger:

- Analyser av FDR-data for hendelsen indikerer en langt lavere maksimal løftkoeffisient enn det en ren vinge produserer ved høyere angrepsvinkler.
- Laveste hastighet under hendelsen var betydelig over både flyets steilehastighet med «ren» (dvs. isfri) vinge og hastigheten for aktivisering av steilevarsel.
- Laveste hastighet under hendelsen var markant lavere enn BAE Systems anbefalte hastighet for flyging i isingsforhold (Both Engine Operation En-route + 15 kt).

1.16.2.4 En mulig årsak til hastighetsreduksjonen kan ha vært økt motstand som følge av isoppbygging på flyskroget. BAE Systems vurderte hvordan motstanden utviklet seg (drag coefficient, C_D). Ytelsesberegningen viste at motstanden økte betydelig, omtrent like mye og like hurtig som i Cowley-hendelsen, forutsatt at man antok at hele hastighetstapet skyldtes isoppbygging. I ettertid har BAE Systems anslått at effekten av fjellbølgene kan ha forårsaket inntil halve hastighetsbortfallet, slik at innvirkningen av økt motstand kan ha vært tilsvarende lavere.

⁹ Ikke direkte sammenlignbart siden J61 hadde vortex-generatorer og ventelig høyere C_{Lmax}

1.17 Organisasjon og ledelse

1.17.1 West Air Sweden

1.17.1.1 *Generelt*

West Air Sweden AB har svensk Air Operator Certificate (AOC). Selskapet inngår i West Atlantic Group, som også består av det britiske flyselskapet Atlantic Airlines Ltd og leasingselskapet European Turboprop Management AB. Vedlikeholdsorganisasjonen European Aircraft Maintenance Ltd med tilhold på Isle of Man inngår også i gruppen. Samlet flåtestørrelse var ifølge årsrapporten for 2013 på 51 fly, hvorav 41 av typen ATP. West Atlantic Group er i særklasse den største operatøren av flytypen ATP.

Høsten 2014 oppga West Air Sweden at antallet ATP var 32, og at 21 av disse gikk på svensk AOC. Åtte av disse flyene ble til daglig benyttet i Norge. West Air Sweden økte sin kapasitet med 50 % da de i 2006 inngikk kontrakt med Posten Norge. På hendelsestidspunktet hadde selskapet ca. 100 flygere. Mens flygerne som fløy i Norge tidligere i hovedsak var norske, er en betydelig andel nå fra Sverige og andre land som for eksempel Frankrike, Spania og Nederland.

Fra basen i Oslo flys det regelmessige postruter til Stavanger, Bergen, Molde, Trondheim og Bodø. I tillegg trafikkeres Harstad/Narvik, Tromsø og Longyearbyen. På den nordligste ruten benyttes fly av typen Bombardier CRJ200.

1.17.1.2 *Varsling, rapportering, intern gransking og oppfølging av hendelsen med SE-MAF*

Fartøysjefen skrev rapport om det inntrufne dagen etter hendelsen. Rapporten omtalte hendelsesforløpet relativt detaljert, og hennes forholdsregel om å holde hastigheten på minst 140 kt var nevnt (ref. 1.1.4). Havarikommisjonen ble ikke telefonisk varslet, og den skriftlige rapporten til norske myndigheter kom sent¹⁰.

Selskapet iverksatte både teknisk og operativ gransking få dager etter hendelsen. Da SHT startet sin undersøkelse ca. syv uker senere, var hovedfokuset i selskapets undersøkelser rettet mot feilen ved avisingsystemet og isoppbygging på halen som følge av dette. Momenter knyttet til minste anbefalte hastighet i ising ble ikke nevnt før etter at fabrikanten utga Flight Operations Safety Information Letter (FOSIL) nr. ATP/007/14 med tittelen *Recommended Minimum Speed in Icing Conditions* 25. november 2014 (ref. 1.6.8 og vedlegg D).

FOSIL ATP/007/14 ble i sin helhet tatt inn som vedlegg til selskapets ukentlige info-skriv Flight Operations Information – FOI Week 48-2014. Infoskrivet var på totalt 13 A4-sider og omhandlet ti ulike temaer, hvorav nevnte FOSIL var det åttende temaet. Overskriften var FOSIL ATP. Sjefsflygeren på ATP avsluttet sin «ukens info» med følgende innledning til det som gjaldt isingshendelsen:

BAe has released a new FOSIL (Flight Operation Support Information Leaflet) due to our icing incident with possible tail ice over Norway. Please read the attached FOSIL below.

¹⁰ Iht. norske bestemmelser som gjaldt på hendelsestidspunktet var det for alvorlige luftfartshendelser plikt til øyeblikkelig varsling til SHT per telefon, etterfulgt av skriftlig rapport til LT innen 72 timer.

West Air Sweden fikk tilgang til resultatene av de aerodynamiske analysene som BAE Systems utførte straks de forelå (ref. 1.11). Basert på innholdet utga sjefsflygeren ny informasjon til besetningene i FOI Week 2-2015. Denne gangen var budskapet tydelig med tanke på viktigheten av å overholde minste anbefalte hastighet i ising. Relevant tekst fra OM-B og AFM ble sitert, og grafen som viser hastighetstapet og minste registrerte hastighet på SE-MAF sett i forhold til anbefalt minstehastighet i ising m.m., var med (ref. figur 11).

I tillegg til eksisterende relevant materiale som ble gjengitt, trykket West Air følgende tabell i FOI Week 2-2015:

Weight Kg	16000	17000	18000	19000	20000	21000	22000	23000	24000
Min en-route Climb Speed kts	124	127	130	133	136	139	141	144	147
Min icing Speed kts	139	142	145	148	151	154	156	159	162

Figur 13: Referansetabell for minstehastighet i ising. Kilde: West Air Sweden AB

1.17.1.3 Selskapets håndtering av værforhold som en risikofaktor

Værforholdene var en identifisert risikofaktor for selskapets flyginger over fjellet mellom Oslo og Bergen. Her forelå spesielle prosedyrer for utkltring for å unngå isingsforhold. Ruten mellom Oslo og Værnes var ikke kjent for å være like værutsatt, og her var ingen spesielle tiltak iverksatt.

På forespørsel fra Havarikommisjonen uttalte ledende operativt personell at tilfeller med moderat ising er vanlig forekommende, men at det de senere år ikke hadde kommet rapporter om hendelser som har ført til alvorlige problemer under flyging.

West Air Sweden AB hadde ikke tatt i bruk rutinemessige analyser av flygeregistratordata (Flight Data Monitoring, FDM) i sitt flysikkerhetsarbeid da hendelsen inntraff. Dette var heller ikke et myndighetskrav.

1.18 Andre opplysninger

1.18.1 Tidligere hendelser

1.18.1.1 Databasesøk

Havarikommisjonen ba Transportstyrelsen i Sverige og Luftfartstilsynet i Norge om å søke i sine databaser etter hendelser der ising eller fjellbølger var registrert som en faktor under flyging.

Fra Sverige var svaret at de ikke fant noen relevante isingshendelser. Fra Luftfartstilsynet i Norge mottok SHT en liste med ca. 70 tilfeller siden 2001. De fleste gjaldt tilfeller knyttet til temporært fastfrosne rør, utilstrekkelig avising, feil ved pitot-heat eller andre

anti- eller avisingsystemer som resulterte i at fly måtte snu for å unngå å komme inn isingsforhold. Ti av rapportene omhandlet tap eller tilløp til tap av kontroll, og er listet opp i oversikten under. Fem av tilfellene har blitt klassifisert som alvorlig luftfartshendelse eller luftfartsulykke og er undersøkt av Havarikommisjonen:

Location	Local date	AC reg.	make/model/series	SHT rapport
Værnes 50 NM S of	26.02.2015	LN-PBO	CESSNA - 208 - B	--- Hendelse ---
Gardermoen - Værnes	26.09.2014	SE-MAF	BAE - ATP	--- Aktuell sak ---
Sola	29.11.2011	UNKNOWN	SAAB - 340	--- Hendelse ---
Flesland - Gardermoen	11.11.2010	SE-LNX	BAE - ATP	--- Hendelse ---
Gardermoen 20NM S of	17.12.2008	LN-PBO	CESSNA - 208	--- Hendelse ---
Gardermoen - Flesland	07.08.2008	LN-PBK	CESSNA - 208	--- Hendelse ---
Flesland CTR	09.11.2007	OY-JRY	ATR - ATR42 - 300	SL RAP 2013/03
Florø 14 NM E of	19.01.2006	LN-PBF	CESSNA - 208 - B	SL RAP 2006/31
Stord 50 NM E of	14.09.2005	LN-FAO	ATR - ATR42 - 300	SL RAP 2009/02
Skien Geiteryggen	30.11.2001	SE-LGA	BAE - JETSTREAM3100	SL RAP 2005/11

Tilfellet med SE-LNX i 2010 (skravert grå) var et fly fra West Air Sweden som måtte snu og returnere til Flesland etter å ha påtruffet turbulens og sterk ising ut fra Flesland. I FL130 droppet hastigheten til ca. 145 kt og flyet begynte å vibrere (buffeting). Besetningen senket nesene på flyet for å unngå steiling. Da hastigheten hadde økt igjen, fortsatte de klatringen til FL150, og det samme gjentok seg. Etter dette forlot de området med ising. Besetningen mente underkjølt regn (super cooled large droplets) hadde ført til isoppbygging under vingene. I selskapets oppfølging av hendelsen bemerket sjefsflygeren at besetningen håndterte situasjonen slik man var opplært til på «Flying in Norway»-kurs, nemlig ved å returnere til et luftrom med plussgrader. Det ble ikke nevnt noe om overholdelse av minstehastighet i ising.

1.18.1.2 «Cowley-hendelsen»

Den britiske havarikommisjonen AAIB har utgitt rapport om en isingshendelse med samme flytype ved Cowley¹¹ nær Oxford 11. august 1991 ([Aircraft Accident Report 4/92](#)). Under stigning til flygenivå FL160 ble ytelsen markant redusert med autopiloten tilkopledd i «pitch mode». Varsel om begynnende steiling aktiverte ikke, og besetningen trodde vibrasjonene de følte skrev seg fra is på propellene. Flyet steilet og tapte 3 500 ft høyde før kontrollen ble gjenvunnet. Boots ble aktivert først etter at kontrollen gikk tapt.

Hovedkonklusjonen i rapporten fra AAIB var at det raskt hadde bygd seg opp et lag klaris på flyet, uten at besetningen oppfattet dette. Det var mørkt da hendelsen inntraff, og inspeksjonslysene som skulle lyse på vingeforkanten var feiljustert. Rapporten inneholdt totalt 14 sikkerhetstilrådinge, hvorav to dreide seg om at fabrikanten burde vurdere om isingshastigheter var godt nok kunngjort i flygehåndboken. Andre tema var spørsmål knyttet til selskapets selvpålagte begrensninger i uttak av motorkraft, valg av autopilotmodus i isingsforhold, forebyggelse av propellising, logikk for steilevarsel, aktivisering av boots, trening av besetningsmedlemmer, sertifiseringskrav knyttet til ising, justering av vingeinspeksjonslys samt vibrasjonsproblematikk knyttet til EFIS og flygeregistratorer.

¹¹ Stedsnavn ved inkurie kalt Cowly i AAIB-rapport

1.18.1.3 Andre eksempler på isingstilfeller

Historisk har det vært flere tilfeller av ulykker og alvorlige luftfartshendelser der turbopropfly i transportkategorien (Large Aeroplanes) har kommet ut av kontroll og hvor ising eller steilevarselfunksjon i ising har vært en faktor (ref. f.eks. [ATR 72-212 Roselawn 1994](#), [Embraer EMB-120RT Michigan 1997](#), [Saab SF340A Australia 1998](#), [Saab340A Argentina 2011](#), [Colgan Air Bombardier DHC-8-400 New York 2009](#)).

En faktor ved flere av disse ulykkene, har vært at besetningen ikke har gjenkjent symptomene på begynnende steiling. Noen flytyper har blitt modifisert eller konstruert slik at Stick shaker aktiveres ved lavere angrepsvinkler i isingsforhold, men dette gjelder ikke ATP (ref. 1.6.2.2).

1.18.2 Iverksatte tiltak – BAE Systems

1.18.2.1 I tillegg til strakstiltaket med å sende ut sikkerhetsinformasjon til operatørene noen uker etter denne hendelsen (ref. 1.6.8), valgte BAE Systems i februar 2015 å ta nødvendige grep for å få inn tilleggsopplysninger knyttet til steiling i isingsforhold i de myndighetsgodkjente håndbøkene Aircraft Flight Manual (AFM) og Manufacturers Operations Manual (MOM) for ATP.

1.18.2.2 MOM inneholder den mest utfyllende beskrivelsen. Den reviderte teksten om effekten av is med hensyn til steiling og steilevarsel gir flere advarsler der man gjenkjenner scenarioet i den aktuelle hendelsen med SE-MAF:

Effect of ice on stall and stall warning

Small amounts of ice on the aerodynamic surfaces can adversely affect the lifting capability of the wings and cause the aircraft to stall at higher speeds than when they are clear of ice. Depending on the icing conditions encountered the stall warning system may not function and in these cases pre-stall warning is provided to the crew by airframe buffet. This pre stall buffet is more severe and different to that experienced during a clean wing stall or that experienced with propeller ice induced vibration.

Ice can also increase drag thus leading to reduction in IAS. If the IAS is seen to reduce ensure that the minimum airspeed quoted in the AFM is maintained. If the airspeed is allowed to reduce below this stall warning buffet may be encountered before the stick shaker operates. Recovery is achieved by immediately reducing the angle of attack (AoA). Avoid excessive manoeuvring until the aircraft is clear of ice. If the autopilot was in use up to initiation of recovery anticipate that a higher than normal force may be required to move the control column as the pitch trim might have trimmed nose up to maintain the autopilot selection.

1.18.2.3 Deretter følger et avsnitt som går spesifikt på overholdelse av minstehastighet under flyging i isingsforhold frem til regimet for innflyging påbegynnes. Her viser fabrikanten til at flygerne skal beregne flyets minstehastighet basert på en hastighet som allerede er tilgjengelig på Speed Cards som besetningen har foran seg:

Minimum airspeed for flight in icing conditions until on approach

In icing conditions (or with airframe accreted ice) the speed should not be allowed to fall below the both engines operating en-route climb speed of Figure

5.09.6 plus 15 knots. As this figure is not usually available on the flight deck the same speed can be found by adding 25 knots to the V_{SER} (as displayed on the Speed Cards) for the appropriate mass.

1.18.3 Iverksatte tiltak – West Air Sweden

West Air Sweden avsluttet sin internundersøkelse ved årsskiftet 2014/2015. Man anså da at alle vesentlige forhold var avklart, både på teknisk og operativ side. Ny De-ice Timer var en forbedring (ref. 1.6.6.2), og flygerkorpset hadde blitt behørig informert om viktigheten av å overholde minstehastighet i ising (ref. 1.17.1.2). På operativ side skrev man at det som gjenstod var å forbedre treningsprogrammet:

The web based “Winter training” module will also be revised, to include important recommendations and procedures directly from the AFM.

West Air Sweden har opplyst at de vil følge sikkerhetstilrådingen fra SHT (se kap. 4).

1.18.4 EASA Annual Safety Conference 2013

Ising er en vedvarende utfordring også for luftfartsmyndighetene, bla. i sertifiseringsammenheng. På EASA Annual Safety Conference i 2013 var temaet *Icing conditions on-ground and in flight*. Program og presentasjoner er tilgjengelig på [EASAs nettsider](#).

1.19 **Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder**

Det har ved denne undersøkelsen ikke blitt benyttet metoder som kvalifiserer til spesiell omtale.

2. **ANALYSE**

2.1 **Innledning og avgrensning**

2.1.1 Denne analysen tar for seg funnene i undersøkelsen i et forsøk på å forklare hvorfor flyet i underveisfasen mistet hastighet og kom ut av kontroll. Her drøftes både atmosfæriske, aerodynamiske, flytekniske og flyoperative forhold. Analysen munner i ut konklusjoner der de viktigste læringspunktene fremheves spesielt, etterfulgt av tilrådingen som SHT mener kan bidra til å bedre flysikkerheten.

2.1.2 SHT mener undersøkelsen har vist at vibrasjonene og kontrolltapet som oppstod, mest sannsynlig skyldtes steiling eller begynnende steiling. Dette drøftes nærmere i analysens pkt. 2.3. I første omgang var det nærliggende å tro at denne «uforklarlige hendelsen» hadde sammenheng med en konkret teknisk feil. Det virket sannsynlig at kontrollproblemene skyldtes at det var is på haleflaten, siden Airframe De-icing system på halen trolig ikke fungerte. Men BAE Systems ledet oppmerksomheten over på det egentlige problemet, som er relatert til minstehastighet i isingsforhold. Undersøkelsen avdekket en kunnskapsbrist hos selskapet som etter Havarikommisjonens vurdering dels kan spores tilbake til svakheter ved flyets godkjente dokumentasjon. Dette drøftes nærmere i analysens pkt. 2.6.

- 2.1.3 Analysene som BAE Systems har gjort, viser at løftkoeffisienten ble sterkt redusert i forhold til det man skulle forvente for en ren vinge (ref. 1.16). Flyet begynte å vibrere som et forvarsel på at det var nær ved å steile, selv om hastigheten var høyere enn den som aktiverer steilevarselet. At «buffet» kan oppstå så tidlig når flyet er i isingsforhold er kjent og ble tatt hensyn til da flyet ble sertifisert. Konstruksjonsbestemmelsene på dette området er komplekse og har senere blitt skjerpet.
- 2.1.4 Uventet steiling er et alvorlig sikkerhetsproblem, og steiling uten tilstrekkelig forvarsel kan betraktes som en «unsafe condition» som sår tvil om et flys luftdyktighet. For besetningen på SE-MAF var det ikke åpenbart at steiling var nært forestående. Styrmannen opplevde vibrasjonene og måten flyet responderte på som svært forskjellig fra det han hadde opplevd i simulatoren (ref. 1.1.14). SHT vil likevel hevde at denne hendelsen ikke gir grunnlag for å fremme dyptgripende tilrådinger vedrørende luftdyktighetsspørsmål. Det finnes anbefalte minstehastigheter i isingsforhold som gir økte sikkerhetsmarginer, forutsatt at de er kjent og blir overholdt. De vesentligste sikkerhetsproblemene som er avdekket i denne undersøkelsen kan løses med enkle midler. SHT avstår derfor fra å gå nærmere inn på forhold knyttet til konstruksjon og sertifisering.
- 2.1.5 Undersøkelsen har ikke avdekket forhold knyttet til lasting av flyet eller teknisk tilstand for øvrig som kan forklare hvorfor hastigheten sank eller kontrollen gikk tapt. Masse og balanse lå innenfor gjeldende rammer ved avgang, og under de beskrevne forholdene er det er usannsynlig at flyskroget hadde akkumulert så store mengder is at masse eller tyngdepunkt skapte problemer.

2.2 Atmosfæriske forhold

2.2.1 Ising

- 2.2.1.1 Væropplysninger som er fremlagt i forbindelse med undersøkelsen av denne hendelsen tyder på at flyet befant seg i et område der det i det aktuelle høydesjiktet lokalt kan ha vært fjellbølger med leskyer og sterk ising (ref. 1.7.3.8). Dette stemmer bra med besetningens forklaring om at de ikke erfarte ising under stigning, og at det var sterk vestavind i høyden.
- 2.2.1.2 Besetningen beskriver også at det ikke var synlig nedbør, og at den observerte isen var hvit og porøs og bygde seg opp til betydelig tykkelse i løpet av få minutter (ref. 1.1.5). Dette tyder på at isingen var relativt sterk, men SHT fikk likevel inntrykk av at isingen i dette tilfellet var mindre intens enn ved Cowley-hendelsen og flere av hendelsene som SHT tidligere har undersøkt eller som er nevnt i opplistingen i 1.18.1. For SE-MAF var det åpenbart ikke snakk om såkalte «Supercooled Large Droplets» eller underkjølt regn, som er kjent for å skape farlige forhold.
- 2.2.1.3 SHT mener det er trolig at rimis har lagt seg på store deler av ubeskyttede områder av flyet, og at dette har gitt økt luftmotstand (parasite drag). Det er kjent at små dråper frysende yr kan skape rimis med betydelig aerodynamisk effekt, uten at besetninger oppdager faren. Slik is kan sågar være vanskelig å brette opp med boots. FAA Advisory Circular AC 20-73A - Aircraft Ice Protection, utgitt i 2006, har en tabell som viser effekt i form av hastighetstap uavhengig av den velkjente kategoriseringen av isingsintensitet. Denne kan være informativ for flygere og nyttig om man skal sende pilot report (PIREP). Tabellen er gjengitt i vedlegg G til denne rapporten.

2.2.1.4 Økende pitch vil eksponere nye områder på undersiden av vinger og skrog for isoppbyggelse. Årsak og virkning for øvrig som følge av økende pitch på SE-MAF drøftes mer inngående i avsnittet om kontrolltapet (se 2.3).

2.2.2 Fjellbølger

2.2.2.1 Hvorvidt fjellbølger kunne ha skapt forhold som forverret situasjonen, har også blitt vurdert. Ifølge læreboken *Flymeteorologi* (Dannevig, P. 1969), er vertikalhastigheten i fjellbølger over Skandinavia vanligvis 3-6 m/s [600-1 200 ft/min], sjelden opp mot 10 m/s [2 000 ft/min]. De er gjerne sterkest i 2 000-5 000 m [6 500-16 000 ft] høyde, og gir i seg selv ingen særlig sterk turbulens. Største ulempen er vertikalforflytninger av flyet, noe som kan gjøre det vanskelig å holde høyde. (Situasjonen kan sammenlignes med at man i en rulletrapp som går nedover må løpe oppover for å holde seg på samme sted i forhold til omgivelsene.)

2.2.2.2 Meteorologisk institutt anslo at bølgebevegelsen var på maksimalt 1 m/s (ca. 200 ft/min). Flyet kan for eksempel ha fløyet nordover langs en nedadgående bølge. Da ville autopiloten måtte kompensere med å øke angrepvinkelen noe for å opprettholde høyden. Forutsatt at anslaget fra MI var korrekt, måtte flyet i verste fall stige nesten 200 ft/min for å holde FL150. Dette ville redusere flyets hastighet og kan ifølge BAE Systems muligens forklare inntil halve det observerte hastighetstapet (ref. 1.16.2.4).

2.2.3 Varslet vær og bruk av faremeldinger

2.2.3.1 Meteorologisk institutt har konkludert med at varslet vær i hovedsak stemte godt med observert vær (ref. 1.7.3). Havarikommisjonen deler denne oppfatningen, men har merket seg at det ikke var utstedt faremelding av noe slag (ref. 1.7.3.6).

2.2.3.2 Forskrift om flyværtjeneste (BSL G 7-1) § 21 beskriver at faremeldinger¹² (SIGMET, ev. AIRMET¹³) skal utstedes dersom værforholdene krever det. I ettertid kan det synes som om vær-situasjonen som vist på kartene, med den aktuelle fronten og rådende temperaturer (ref. 1.7.3.2), tilsa at det var isingsfare og at faremeldinger burde gjenspeilet dette. SHT har forelagt dette for Meteorologisk Institutt, som har anført følgende:

«Vær-situasjonen [...] tilsa at det var lokal isingsfare men ikke i så stor utstrekning at det var grunnlag for AIRMET om MOD ICE, eller SIGMET om SEV ICE. Dersom modelldataene hadde vist mer omfattende ising, riktig plassert i tid og rom, og dette i tillegg hadde vært understøttet av pilotrapporter, er det sannsynlig at faremeldinger (SIGMET/AIRMET) videre utover kvelden og natten hadde gjenspeilet dette.»

2.2.3.3 SHT har ikke gått mer i dybden for å kartlegge og vurdere tjenesten som ble levert i det aktuelle tidsrommet, og har heller ikke søkt etter mulige systemsvakheter i flyværtjenesten. SHT vil imidlertid minne om at selv om Pilotrapporter (PIREP/AIREP) er et verdifullt supplement til meteorologene og nyttig for lokal erfaringsoppbygging, er de sporadiske og til dels upålitelige. Dette bla. fordi fly med turbojetmotorer normalt

¹² Informasjon utsendt av et meteorologisk kontor eller overvåkingskontor om observerte eller forventede vær-phenomener som kan ha innvirkning på luftfartøyers sikkerhet under flyging, for luftfartøy på bakken og for en landingsplass' infrastruktur og drift.

¹³ Informasjon utsendt av et meteorologisk overvåkingskontor om observert eller forventet forekomst av farlige værforhold som ikke krever utstedelse av SIGMET.

passerer de problematiske høydesjiktene raskt og helt uproblematisk, mens turbopropflyene, som det er langt færre av, ofte har sin marsjhøyde i skytøppene. En viktig effekt av at flygebesetninger varsles gjennom SIGMET etc., er økt bevissthet. Når man er advart vil man raskere kunne gjenkjenne en potensiell faresituasjon og ta nødvendig aksjon.

2.3 Kontrolltapet

- 2.3.1 Havarikommisjonen mener det er sannsynlig at ising i kombinasjon med fjellbølger gjorde at flyhastigheten sank. Flyets motorkraft ble ikke økt for å kompensere for hastighetsreduksjonen. Mottiltak i form av å redusere angrepvinkelen og starte nedstigning ble iverksatt for sent, og kontrollen gikk tapt. Graden av kontrolltap og alternative scenarioer med annen kontrollbruk er ikke vurdert i denne undersøkelsen.
- 2.3.2 Når det bygger seg opp is på flyet, reduseres løftkoeffisienten. Hvis autopiloten er satt til «Altitude Hold»¹⁴, vil den heve nesestillingen (øke pitch) for å forsøke å holde høyden. Etterhvert som pitchen øker vil også kraftbehovet på stikka øke, og autopiloten trimmer “nose up” for å avhjelpe dette. Hvis flygeren tar over kontrollen på dette stadiet, med mye nose-up trim, må stikka dyttes forover med stor kraft for å oppnå et “nose down”-moment. Høyere nesestilling fører også til økt motstand. At flyet var tungt lastet var dermed også en faktor, siden angrepvinkelen da må være høyere for å opprettholde et visst løft.
- 2.3.3 Det kan synes lite sannsynlig at man under ordinær flyging i *marsjhøyde* FL150 med denne flytypen skal kunne tape så mye hastighet at situasjonen blir kritisk, med mindre man åpenbart er utsatt for mer intens ising enn forventet – kanskje fordi isoppbyggingen pågår over lengre tid, eller fordi man har en feil ved avisingssystemet. Både i AFM og i treningsprogrammet ble behovet for å øke hastigheten nevnt i forbindelse med *stigning*, hvor marginen til steiling er mindre enn ved horisontal flyging (ref. 1.6.9 og 1.6.10). Men fjellbølger kan altså gjøre at flyet i realiteten må stige for å opprettholde konstant høyde, og det uten at man ser effekten i form av at stigeevnen avtar. Forholdet tilsvarer dermed det som skjer om man under stigning velger en konstant stigehastighet som overstiger flyets ytelse (som i Cowley-hendelsen, ref. 1.18.1.2).
- 2.3.4 Fjellbølgeeffekten og økt motstand kamufleres med autopiloten i Altitude Hold. Havarikommisjonen mener at fjellbølger kan ha vært en «ukjent faktor» ved hastighetstapet i dette tilfellet. At isingen ikke ble oppfattet som ekstrem, kan ha gjort situasjonsforståelsen vanskeligere og forsinket besetningens beslutning om å forlate det problematiske høydesjiktet.
- 2.3.5 Vinger med isdannelse er mindre effektive og gir dårligere løft enn «rene» vinger. Luftstrømmen forstyrres, og vil kunne separere ved lavere angrepvinkler enn normalt. Dette innebærer at steilehastigheten blir høyere, og er bakgrunnen for at man har en anbefalt minstehastighet i isingsforhold.
- 2.3.6 I tilfellet med SE-MAF gikk hastigheten ned til 136 kt, som er 22 kt lavere enn anbefalt for den aktuelle massen i isingsforhold (ref. 1.16.1). Beregninger BAE Systems har foretatt, viser at vingen ikke produserte mer løft til tross for at angrepvinkelen økte (ref. 1.16.2.3). Sammenholdt med besetningens beskrivelse av at vingen droppet ukontrollert,

¹⁴ Forutsetter at motorkraften holdes konstant.

mener SHT dette gir grunnlag for å hevde at vingene må ha vært forurenset av is, og at luftstrømmen har separert over hele eller deler av vingen (aerodynamic stall).

- 2.3.7 SHT har anslått at flyet var helt eller delvis ute av kontroll i ca. 30 sekunder. Deretter tok det ytterligere noen sekunder før flygingen kan sies å ha stabilisert seg (vedlegg F, count 36820). Øyeblikksbildet som er gjengitt i pkt. 1.11.2.4, med 32° krenkning mens flyet fortsatt hadde over 2 500 ft/min i gjennomsynk og nesestillingen var over horisonten, illustrerer alvorlighetsgraden. Steiling kan få katastrofale følger hvis kontrollen ikke gjenvinnes i tide. Med isforurensete vinger og haleflater er i tillegg både flyegegenskapene og evnen til å gjenvinne kontrollen negativt påvirket og uforutsigbar. «Recovery-fasen», dvs. der kontrollen ble gjenvunnet, drøftes nærmere i pkt. 2.5.

2.4 Avisingsystemet

2.4.1 Betraktninger knyttet til bruk av avisingsystemet

- 2.4.1.1 Havarikommisjonen har tidligere påpekt at BAE Systems ikke støttet forslaget fra den amerikanske luftfartsmyndigheten FAA om at operatørene skulle kjøre boots ved første tegn til isdannelse på vingene (ref. [SL RAP 11/2005](#), ulykke med British Aerospace Jetstream 31). BAE Systems la både den gang og ved denne undersøkelsen frem et brev med sine kommentarer til FAA NPRM 1999, der boot-produsenten BFGoodrichs viser til at deres eksperimenter tilsier at man får best effekt om man venter til det er ¼ til ½ tomme is før aktivisering av boots. Som typesertifikatholder mente man at endring av prosedyrene som foreslått av FAA tilsa behov for resertifisering av flytypen når det gjaldt flyging i isingsforhold.

- 2.4.1.2 Flygerne får ingen presis indikasjon på hvor tykt islaget på vingeforkantene er (ref. 1.6.7.2). Det er heller ikke mulig å anslå tykkelsen basert på at det ble observert 3-4 cm is på vindusrammen da boots ble aktivert. Aktivisering av Airframe De-icing system registreres ikke på FDR, og ifølge BAE Systems vil hverken tidspunktet eller effekten av en vellykket de-icing av vinger og hale være synlig på øvrige registrerte parametere som for eksempel hastighet, nesestilling eller motorparametere. SHT vil anta at varsellyset kom på da andre sekvens startet, altså ca. 5 minutter etter at besetningen hadde sett at isen brakk løs fra vingeforkantene (ref. 1.6.4.6).

- 2.4.1.3 SHT avstår fra å ta opp igjen diskusjonen om hva som er korrekt tidspunkt for aktivisering av boots. Ved mistanke om is under innflyging skal systemet uansett kjøres, uavhengig av istykkelse (ref. vedlegg C). Hendelsen viser at «korrekt» bruk av boots alene ikke gir noen garanti mot at flyet steiler. Det holder ikke at man ser at isen forsvinner fra vingeforkantene, flyet vil likevel kunne steile før steilevarselet trigges. Det er uvisst om det ville endret situasjonen dersom systemet hadde blitt kjørt i HEAVY eller MANUAL. Havarikommisjonen mener disse betraktningene understreker hvor viktig det er å overholde minstehastigheten i ising.

2.4.2 Betydningen av feilen på avisingsystemet

- 2.4.2.1 BAE Systems bekreftet at symptomene var forenlige med det man kan forvente når De-ice Timer feiler. Dette tilsier at bootsene på haleflaten sannsynligvis ikke blåste seg opp, og det var trolig betydelig isoppbygging på haleflaten da flyet kom ut av kontroll.
- 2.4.2.2 Besetningens opplevelse av at hastighetstrenden plutselig gikk «all the way down» (ref. 1.1.6), fikk SHT til å spørre BAE Systems om avisingsystemet kunne ha feilet på en slik

måte at boots på halen eller vingen forble oppblåst. Dette ble sett på som høyst usannsynlig, og det avvises at en slik feil skulle kunne forklare hvorfor motstanden økte og hastigheten gikk ned. Betydningen av feilen på avisingsystemet begrenset seg til en noe økt andel av totalmotstanden. Feilen ved Airframe De-ice Timer hadde altså ikke direkte innvirkning på kontrolltapet.

2.5 Gjenvinning av kontroll – «Recovery-fasen»

- 2.5.1 Innledningsvis i recovery-fasen ville korrekt prioritering være å kople ut autopiloten ved hjelp av bryteren på stikka og øyeblikkelig senke nesene på flyet for å redusere angrepsvinkelen. Styrmannen har forklart at han måtte bruke betydelige krefter for å få stikka fremover, hvilket tyder på at autopiloten hadde kjørt pitch-trim mot maksimalt utslag (ref. 1.18.2.2 og 2.3). Flygeregistratoren inneholdt ingen parameter for status på autopiloten, men besetningens forklaringer tyder på at det tok litt tid før denne ble koblet ut (ref. 1.1.7).
- 2.5.2 SHT har vurdert hvorfor autopiloten ikke koblet seg ut automatisk ved denne hendelsen. Ifølge dokumentasjonen for autopiloten inngår krenkning som overstiger 35°, pitch over 25° eller påførte stikkekrefter på mer enn 50 lb på høyderorskontrollen blant parameterne som leder til utkopling. Flygestillingen var ikke så ekstrem, og selv om styrmannen brukte betydelige krefter på stikka, var trolig ingen av de nevnte eller noen av de øvrige parameterne som kan lede til utkopling oppfylt i dette tilfellet.
- 2.5.3 I en situasjon med begynnende steiling anbefales det å unngå overdreven manøvrering, siden rorutslag vil kunne fremkalle steiling. Det var således riktig prioritering å ofre høyde og tillate kursendring mens hendelsen utspant seg (ref. 1.1.8). Høydetapet på knapt 1 000 ft var udramatisk i forhold til underliggende terreng. At det etter at hastigheten hadde bygd seg opp igjen tok litt tid før flygingen stabiliserte seg, kan forklares med at styrmannen var rystet av det plutselige og uventede kontrolltapet og den unormale responsen på flyets kontroller.
- 2.5.4 BAE Systems har i forbindelse med undersøkelsen bekreftet at de anbefaler å beholde valgt cruise power med mindre det er snakk om en nødsituasjon. Hastighetsbortfall som følge av ising skal løses ved at man forlater høyden, slik besetningen hadde planer om. Fartøysjefens betraktninger med hensyn til å avstå fra å bruke motorkraft i recovery-situasjonen (ref. 1.1.15), er også i tråd med gjeldende prosedyrer. I de senere år har man generelt, uavhengig av flytype, i større grad fokusert på at begynnende steiling i sikker høyde best korrigeres ved å redusere angrepsvinkelen fremfor å gi på motorkraft og fokusere for mye på å minimalisere høydetap.
- 2.5.5 Etter at flyet var vel nede i FL130, opprettholdt det marsjhastigheten som normalt. Flyet var da sannsynligvis ute av høydesjiktet der kombinasjonen ising og fjellbølger skapte problemer.
- 2.5.6 Beregninger fra BAE Systems som sammenlignet motstand og løftekraft før og etter hendelsen, tyder på at vingens evne til å produsere løft fortsatt var noe redusert etter at hendelsen var over (ref. figur 12). Det har ikke vært mulig å fastslå sikkert hva som var årsaken til dette løftetapet, men det skyldtes trolig is på de ubeskyttede seksjonene av vingeforkantene. Værkartene og FDR-data tyder på at det også i FL130 var kuldegrader, og at flyet fløy i plussgrader kun de siste 5 minuttene av innflygingen (ref. 0-isotermen i

figur 8 og Saturated Air Temperature (SAT) i vedlegg F som viser at temperaturen kom på plussiden ved passering av FL090 under nedstigning).

2.6 Minstehastighet i isingsforhold

- 2.6.1 Det er ikke normalt at et fly kommer ut av kontroll ved normal flyging i underveisfasen, og det kan være komplisert og tidkrevende å finne ut hva som egentlig skjedde. Det var bra at selskapet sørget for å sikre flygeregistratordata fra hendelsen, og at man iverksatte både teknisk og operativ internundersøkelse. SHT mener det er forståelig at man i løpet av de første ukene ikke hadde rukket å utelukke hale-ising som sannsynlig årsak. Uten å gå i detalj om aerodynamiske forhold, kan det nevnes at is på halepartiet sjelden er et problem under flyging i marsjhøyde, siden haleflaten da genererer lite løftekraft. Hvis haleflaten steiler, er det typisk i forbindelse med innflyging, når trimforandringene er store i forbindelse med utfelling av flaps. Da vil flyet kunne «pitche» brått og ukontrollert ned, og dette kan skape alvorlige problemer. Et kjennetegn på is på haleflatene er at kun stikka vibrerer, ikke hele flyet.
- 2.6.2 SHT mener imidlertid at det er betenkelig at opplysninger om flyets betydelige hastighetstap var tilgjengelig for ledende operativt personell i selskapet fra dagen etter hendelsen, uten at noen reagerte. Fartøysjefens rapport viste at hun trodde sikkerhetsmarginen var tilstrekkelig hvis de holdt seg over 140 kt (ref. 1.1.4), mens den anbefalte minstehastigheten for aktuell masse i realiteten var så høy som 158 kt (ref. 1.6.7 og 1.16.1). Kunnskapen om spesiell fremgangsmåte under innflyging i isingsforhold syntes å være på plass hos alt operativt personell SHT snakket med i forbindelse med undersøkelsen. Derimot var inntrykket at man manglet kunnskap om, eller ikke var bevisst på, minstehastighet i ising for øvrig.
- 2.6.3 Da BAE Systems hadde analysert FDR-data fra hendelsen med SE-MAF, gikk det kun få uker før de utga Flight Operations Safety Information Letter der hovedbudskapet var at besetninger på ATP ikke syntes å være fullt klar over anbefalte minstehastigheter i isingsforhold (ref. 1.6.8.1). Første gang West Air Sweden formidlet denne informasjonen videre til flygerne, var man fortsatt mest opptatt av haleflate-is (1.17.1.2). Det virket som om dokumentasjonen fra BAE Systems fremhevet eksisterende publisert materiale som ledende operativt personell ennå ikke var kjent med. Dette forsterker inntrykket av at det rådet kollektiv kunnskapsbrist når det gjaldt minstehastigheter i isingsforhold.
- 2.6.4 Som dokumentert i faktadelens pkt. 1.6.7, var opplysningene om anbefalt minstehastighet i isingsforhold vanskelig tilgjengelig i flyets offisielle håndbøker. Det var nødvendig å slå opp flere steder og foreta en beregning for å finne aktuell hastighet. Tiltakene som er iverksatt for å bøte på dette, drøftes nærmere i pkt. 2.8.

2.7 Bevissthet om isingsfare og fjellbølger

- 2.7.1 Fjell nær kyst og fjordstrøk langt mot nord gjør at isingsfare er en risikofaktor som operatører i Norge må ta på alvor. At det ikke ble funnet eksempler på relevante isingshendelser i den svenske hendelsesdatabasen kan skyldes administrative forhold, men også at ising faktisk oppstår hyppigere i Norge enn i Sverige (ref. 1.18.1.1). Selv om det statistiske grunnlaget er spinkelt, mener SHT det er grunn til å merke seg at halvparten av flyene i oppstillingen av registrerte isingshendelser i pkt. 1.18.1.1 er utenlandsk-registrerte.

- 2.7.2 West Air Sweden flyr mye i Norge, helt opp til Svalbard, med en stor andel flygere som har sin bakgrunn fra sydligere strøk. Mye av flygingen foregår med masse opp mot det maksimalt tillatte, og de aktuelle høydesjiktene for turbopropfly er isingsutsatte. Spesielle prosedyrer ut fra Flesland er et eksempel på at West Air Sweden har tatt noen grep på dette området (ref. 1.17.1.3), men SHT mener hendelsen med SE-MAF har synliggjort et behov for mer oppmerksomhet rundt isings-temaet.
- 2.7.3 Sett i et flysikkerhetsperspektiv kunne hendelsen med SE-LNX i 2010 gitt god læring for selskapet (ref. 1.18.1). Selv om det allerede da var lenge siden hendelsen i Cowley i 1991, ville et aktivt søk etter sammenlignbare hendelser gjort at den historien kom opp igjen. Dermed kunne organisasjonen økt sin kunnskap og bevissthet om steiling og ising. Disse isingssakene har for øvrig også mange likhetstrekk med den alvorlige luftfartshendelsen med ATR 42, LN-FAO operert av Coast Air, som SHT undersøkte og utga en omfattende rapport om i 2009 (ref. SHT [2009/02](#)).

2.8 Vurdering av iverksatte tiltak

- 2.8.1 SHT mener BAE Systems siste tillegg og presiseringer i AFM om MOM er vesentlige forbedringer (ref. 1.18.2), men at det fortsatt er grunn til å vurdere om man har gjort nok for å forebygge steiling i isingsforhold. Kunnskap og trening er essensielt her, og det er bra at West Air Sweden har tilkjennegitt at de vil forbedre sitt treningsprogram. I den forbindelse må det forventes at det nye innholdet fra BAE Systems inngår i pensum (ref. 1.6.10 og 1.18.3).
- 2.8.2 Den nye teksten i MOM refererer i likhet med den tidligere teksten først til en figur som ikke er lett tilgjengelig. I figuren skal man finne en hastighet og legge til 15 kt (ref. 1.18.2.3). Så viser BAE Systems at de også har sett poenget med at flygerne trenger denne informasjonen foran seg, og refererer videre til en annen hastighet som kan benyttes som utgangspunkt, forutsatt at man da husker å legge til 25 kt:

[...] As this figure is not usually available on the flight deck the same speed can be found by adding 25 knots to the V_{SER} (as displayed on the Speed Cards) for the appropriate mass.

- 2.8.3 SHT er av den oppfatning at det ikke holder at «formelen» for beregning nevnes i håndbøker og i grunnleggende opplæring, mens flygerne i operativ tjeneste må stole på hukommelsen og kalkulere verdiene selv. Forekomst av ising i Norge tilsier at minstehastigheten for å unngå steiling i ising i underveisfasen ikke er kun av teoretisk interesse, og SHT mener flygerne bør ha verdiene lett tilgjengelig mens de flyr.
- 2.8.4 Speed Cards er små hefter som flygerne benytter i cockpit for å bestemme diverse hastigheter ved ulike masser i forskjellige flygefaser. SHT er kjent med at andre turbopropoperatører har innlemmet isingshastigheter i sine «Speed booklets», og mener dette bør vurderes også for ATP. Andre måter eller midler for å formidle informasjonen på kan imidlertid også tenkes, eksempelvis at selskapet gjør tabellen de kunngjorde i FOI Week 2-2015 tilgjengelig i cockpit (ref. 1.17.1.2). Det fremmes sikkerhetstilrådinger på dette området.

3. KONKLUSJON

3.1 Vesentlige undersøkelsesresultater av betydning for flysikkerheten

Vibrasjonene og kontrolltapet som besetningen opplevde skyldtes mest sannsynlig steiling eller begynnende steiling. Is som hadde bygd seg opp på flyet ga økt motstand og redusert løft, og i tillegg bidro fjellbølger trolig til at hastigheten avtok. Besetningen var ukjent med flytypens anbefalte minstehastigheter i isingsforhold, og var for sen med å iverksette mottiltak. Hendelsen kan knyttes til mangler i selskapets treningsprogram og svakheter i flyets myndighetsgodkjente dokumentasjon.

3.2 Undersøkelsesresultater

- a) Besetningsmedlemmene hadde gyldige sertifikater og rettigheter på flytypen.
- b) Luftfartøyet var forskriftsmessig registrert og hadde gyldig miljø- og luftdyktighetsdokumentasjon.
- c) Luftfartøyet masse og tyngdepunkts plassering var innenfor tillatte begrensninger.
- d) Det var varslet moderat ising på signifikante værkart den aktuelle ettermiddagen, men det ble ikke utgitt farevarsel (AIRMET, SIGMET) i forbindelse med frontpassasje om kvelden.
- e) Flyets systemer for å forebygge is på propeller og luftinntak var påslått og fungerte som forutsatt.
- f) På marsjhøyden FL150 bygde det seg opp is på flyet, og besetningen aktiverte Airframe De-icing system i normal modus for å fjerne is fra forkantene på vingene, halefinnen og haleflatene.
- g) Besetningen så at isen brakk løs fra vingeforkantene.
- h) Marsjhastigheten avtok betydelig i løpet av noen minutter, og da besetningen hadde innsett at de av den grunn måtte gå ned til lavere høyde, oppstod det plutselig kraftig skaking og risting (buffet) samtidig som nesepartiet hevet seg og flyet krenget ukontrollert mot venstre.
- i) Hastighetstapet antas å ha vært forårsaket av økt motstand som følge av at flyet befant seg i et sjikt med lokalt sterk ising i kombinasjon med nedadgående luftstrømmer i forbindelse med fjellbølger.
- j) Fra sertifiseringen av flyet er det kjent at steilehastigheten med isforurensning på vingene kan være vesentlig høyere enn normalt. Naturlig «buffeting» er da vurdert som tilstrekkelig forvarsel.
- k) Laveste hastighet under hendelsen var 16 kt høyere enn verdien som aktiverer flyets steilevarslingsystem (Stick shaker), og 30 kt høyere enn flyets forutsette steilehastighet med rene (isfrie) vinger.
- l) Laveste hastighet under hendelsen var 22 kt lavere enn anbefalt minstehastighet i isingsforhold.

- m) Besetningen var sen med å kople ut autopiloten, men fulgte for øvrig anbefalt prosedyre for å gjenvinne kontrollen over flyet.
- n) Kontrollen ble gjenvunnet etter anslagsvis 30 sekunder, og høydetapet på 1 000 ft var udramatisk i forhold til underliggende terreng.
- o) Etter at kontrollen var gjenvunnet, fortsatte flygingen i FL130 uten problemer til landing på bestemmelsesstedet.
- p) Like etter hendelsen kom det på et varsellys om en teknisk feil på systemet som skal fjerne is fra forkanten på vinger, finne og horisontal stabilisator.
- q) Feilen på avisingsystemet førte til at forkanten på halefinnen og haleflatene trolig ikke ble aviset, men dette antas å ha hatt kun marginal eller ingen betydning for kontrolltapet som oppstod.
- r) Det ble ikke avdekket andre tekniske feil eller uregelmessigheter ved luftfartøyet som kan ha hatt innvirkning på hendelsesforløpet.
- s) Besetningsmedlemmene manglet kunnskap om gjeldende minstehastigheter for flyging i ising i underveisfasen, og samme kunnskapsbrist synes å ha vært gjeldende hos ledende operativt personell i selskapet.
- t) Selskapets computerbaserte treningsprogram omtalte ikke minstehastigheter ved ising i underveisfasen.
- u) Typesertifikatholderens godkjente flygehåndbok inneholdt nødvendig informasjon om flyging i isingsforhold, inkludert minstehastigheter, men noe av informasjonen var vanskelig tilgjengelig.
- v) BAE Systems har etter hendelsen tatt initiativ for å forbedre flyets dokumentasjon om ising og minstehastighet under flyging i isingsforhold frem til innflyging starter.

4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Undersøkelsen av denne alvorlige luftfartshendelsen har avdekket ett område hvor Statens havarikommisjon for transport ser behov for å fremme sikkerhetstilrådinger for å forbedre flysikkerheten¹⁵:

Sikkerhetstilråding SL 2015/09T

Isforurensning på vingene vil kunne føre til at steiling inntreffer før forvarsel i form av «Stick shaker» aktiveres på fly av typen ATP. Ulykker har skjedd på sammenlignbare flytyper som følge av at flygebesetningsmedlemmer ikke har gjenkjent naturlig «buffet» som forvarsel til steiling. SHT mener sikkerhetsmarginene kan økes ved å bevisstgjøre ATP-flygerne om gjeldende anbefalte minstehastigheter i isingsforhold. I tillegg til planlagte tiltak i form av forbedrede beskrivelser i håndbøker og treningsprogram, mener SHT at verdier for anbefalte minstehastigheter i isingsforhold bør være lett tilgjengelige for flygerne i cockpit.

Statens havarikommisjon for transport (SHT) tilrår at BAE Systems vurderer å innlemme anbefalte minstehastigheter for ising i de offisielle Speed Cards for flytypen ATP, eller på annen egnet måte gjør dataene lett tilgjengelig for referanse i cockpit.

Sikkerhetstilråding SL 2015/10T

Isforurensning på vingene vil kunne føre til at steiling inntreffer før forvarsel i form av «Stick shaker» aktiveres på fly av typen ATP. Ulykker har skjedd på sammenlignbare flytyper som følge av at flygebesetningsmedlemmer ikke har gjenkjent naturlig «buffet» som forvarsel til steiling. SHT mener sikkerhetsmarginene kan økes ved å bevisstgjøre ATP-flygerne om gjeldende anbefalte minstehastigheter i isingsforhold. I tillegg til planlagte tiltak i form av forbedrede beskrivelser i håndbøker og treningsprogram, mener SHT at verdier for anbefalte minstehastigheter i isingsforhold bør være lett tilgjengelige for flygerne i cockpit. Dersom typesertifikatholderen BAE Systems ikke kommer med tiltak som ivaretar dette (ref. SHTs sikkerhetstilråding 2015/09T over), vil SHT anbefale operatøren å gjøre tiltak på selvstendig grunnlag.

Statens havarikommisjon for transport (SHT) tilrår at West Atlantic Group finner en egnet måte for å gjøre minstehastigheter i ising på ATP lett tilgjengelig for referanse i cockpit.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 29. oktober 2015

¹⁵ Bestemmelser om sikkerhetstilrådinger og oppfølging av slike er gitt i forordning (EU) 996/2010 Art. 17-18.

VEDLEGG

- Vedlegg A: Aktuelle forkortelser
- Vedlegg B: Masse- og balanseberegning
- Vedlegg C: ATP Operations Manual - Normal procedures ice and rain protection
- Vedlegg D: Flight Operations Safety Information Letter (FOSIL) nr. ATP/007/14
- Vedlegg E: Symbolforklaring signifikant værkart
- Vedlegg F: Parametere fra FDR
- Vedlegg G: FAA AC 20-73A Appendix P - Icing Rate

AKTUELLE FORKORTELSER

AFM	Aircraft Flight Manual
AMM	Aircraft Maintenance Manual
AOA	Angle of Attack
AOC	Air Operator Certificate
CBT	Computer Based Training
CAS	Calibrated Air Speed
CVR	Cockpit Voice Recorder
CWP	Central Warning Panel
EEC	Engine Electronic Control
EASA	European Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Authority
FDR	Flight Data Recorder
FOI	Flight Operations Information
FOSIL	Flight Operations Safety Information Leaflet
hPa	Hectopascal
IAS	Indicated Air Speed
IMC	Instrument Meteorological Conditions,
KIAS	Kt Indicated Air Speed
Kt/knot(s)	Nautiske mil per time
METAR	Rutinemessig værobservasjon for luftfarten (i meteorologisk kode)
MOM	Manufacturers Operations Manual
NTSB	National Transportation Safety Board
OM	Operations Manual
OPC	Operator Proficiency Check
PC	Proficiency Check
PF	Pilot Flying
PM	Pilot Monitoring
QNH	Høydemåler innstilt slik at høyden over havet vises når man står på bakken
SIGMET	Significant Meteorological Information
TAF	Værvarsel for flyplass (i meteorologisk kode)
UTC	Co-ordinated Universal Time
V _S	steilehastighet
V _{SER}	Single engine operating en-route climb speed

Masse og balanseberegning

WEST AIR SWEDEN

ATP - Freighter

810

LOADSHEET AND BALANCE CHART

32
995
924
952

7
-25
-14
+25
+25
66.0
65
4 (1030)

Address: WAAA				All Masses in Kg.			
From: OSK	Originator:	LDM:	Flight: SW072T	A/C reg: SEMAF	Version: N	Crew: 2/0	Date: 2509
Basic Mass		13587		Maximum Masses for		Zero Fuel	
Crew		170		+ Take Off Fuel		21772	
Pantry				+ Trip Fuel		773	
Dry Operating Mass		13587		Max allowed T.O.M. lowest of a, b or c		a: 24522, b: 23672, c: 23077	
Take Off Fuel		2750		Operating Mass		16337	
Operating Mass		16337		Allowed Traffic load		7341	

Pos X	Pos C (3)	Pos E (5)	Pos G (7)
109	112	109	151
106	106	135	150
104	104	141	163
106	106	153	138
74	74	67	
91	112	72	
35	76	25	30
76	67	104	
94	93	75	
105	148	70	
102			
105			
104			
103			
Pos A (1)	Pos D (4)	Pos F (6)	Pos H (8)
105	111	162	/
115	112	157	/
75	112	167	/
73	118	65	/
79	28	100	/
107	65	71	/
86	29	70	/
79	95	78	/
125	95		
79			
Pos B (2)	Pos J	Pos K	
105	/	/	
115	/	/	
75	/	/	
73	/	/	
79	/	/	
107	/	/	
86	/	/	
79	/	/	

Dest: TRO	Dest:	Dest:	TOTAL
X	X	X	X
A(1) 1012	A(1)	A(1)	A(1)
B(2) 913	B(2)	B(2)	B(2)
C(3) 918	C(3)	C(3)	C(3)
D(4) 1030	D(4)	D(4)	D(4)
E(5) 1041	E(5)	E(5)	E(5)
F(6) 870	F(6)	F(6)	F(6)
G(7) 632	G(7)	G(7)	G(7)
H(8)	H(8)	H(8)	H(8)
J	J	J	J
K	K	K	K
TM 6593	TM	TM	TM

902

Allowed Traffic Load	7341	TOTAL TRAFFIC LOAD	6593
TOTAL TRAFFIC LOAD	6593	Dry Operating Mass	13587
Underload before LMC	745	ZERO FUEL MASS	20180
		Max	21772
		Take-off Fuel	2750
		TAKE-OFF MASS	22930
		Max	23672
		Trip Fuel	773
		LANDING MASS	22157
		Max	23177

LMC	Dest	Spec.	Pos	+/-	Mass

86
7
6
23
29
22
18
21
25

BI		
Crewcorr	-7	39
Pos X	-6	
Pos A (1)	-26	
Pos B (2)	-13	
Pos C (3)	-4	
Pos D (4)	+7	
Pos E (5)	+13	
Pos F (6)	+26	
Pos G (7)	+25	
Pos H (8)		
Pos J		
Pos K		
Total	60	116
LIZFM/TOM	56	60

DOI	Weight	I.U
I.U		131
I.U		134
I.U		137
I.U		140
I.U		143
Based on 2° groundangle. Decrease MAX value by 2 I.U./additional degree groundangle.		
FUEL	Index	= 0



ATP Operations Manual – Normal procedures ice and rain protection

4.10.13
Page 2
G/NOV 08/10

NORMAL PROCEDURES
ICE AND RAIN PROTECTION

Airframe De-icing

The first indication of airframe icing will be ice accretion on the windscreen wipers. This should alert the flight crew to the need for wing leading edge inspection.

The ice on the wing leading edges should normally be allowed to build up to a thickness of approximately half an inch prior to operation of the airframe de-icing system. After one cycle of the airframe de-icing, and having cleared the initial ice, consider switching the system off to allow a further build up of half an inch. Such action will prevent ice bridging over the inflatable boots. The thickness of ice on the wing leading edges can be observed at night by using the ice inspection lights. The tailplane leading edge can be checked through the rear passenger cabin windows (except freighter aircraft).

In the event of severe airframe icing being experienced (i.e. 'NORMAL' selection fails to remove the ice) then put the mode selector to HEAVY.

If the descent has been made in icing conditions select the airframe de-icing system to ON and HEAVY for 3 minutes prior to landing. During the approach, a wing leading edge inspection should be carried out for accreted ice at approximately 1 000 ft AGL. If ice is seen or suspected on the airframe, the de-icing system should be operated irrespective of the thickness of ice. The airframe de-icing system should be switched off passing 500 ft AGL, but no later than 200 ft AGL on the approach to landing.

4.10.13
Page 3
G/NOV 08/10

NORMAL PROCEDURES
ICE AND RAIN PROTECTION

Operation at low power settings

During operation of the airframe de-icing system at low engine power settings, the pressure supply to the de-icing system may fall to less than 16 PSIG and may result in operation of the "DE-ICING" light on the CWP. If the "DE-ICING" light illuminates and the cause is identified using the Emergency and Abnormal drills as low pressure, the power levers can be either advanced (to increase LP pressure as shown on the airframe de-icing pressure gauge) or retarded (to initiate the switch to HP pressure as indicated by the "HP BLEED" legend on the overhead panel) and the airframe de-icing system selected off and reselected to "ON" to reset the warning legend.

ECS Malfunction

In the event of an ECS malfunction, with both HP air bleeds having been selected to OFF it may be necessary to increase engine power, so as to maintain the airframe de-icing system pressure at 16-20 PSIG.

EFFECTS OF ICE

General

When icing conditions are encountered, ice will build up on the aircraft. This build up can be very rapid. The engine/propeller and airframe de-icing systems will remove most of this ice but ice can remain on parts of the wing, tailplane and fin leading edges and on the fuselage.

The actual effects of ice on the aircraft performance are dependent upon the nature of ice on the aircraft. In addition, airframe buffet may be encountered at normal operating speeds. Propeller vibration may also be encountered.

Freezing rain, freezing drizzle and unusual icing conditions may cause heavy accretion which could exceed the capabilities of the ice protection systems. Such ice can also accrete on the unprotected surfaces. This ice cannot be shed and it may seriously degrade performance and control of the aircraft.

Prolonged operations in altitude bands where temperatures are near freezing and heavy moisture is visible on the windscreen, should be avoided.

If the aircraft exhibits airframe buffet onset, unexpected loss of speed, uncommanded roll or unusual roll control wheel forces, immediately reduce the angle of attack (AOA) and avoid excessive manoeuvring, until the airframe is clear of ice.

If ice is seen forming behind the unprotected surfaces, or unusual roll trim requirements or autopilot trim warnings are encountered, then:

- Leave icing conditions as soon as possible.
- If flap is extended, do not retract the flap until the airframe is clear of ice.

4.10.13
Page 4
G/NOV 08/10

NORMAL PROCEDURES
ICE AND RAIN PROTECTION

- Hold the control wheel firmly and disengage the autopilot (if in use).
- Increase the airspeed as much as configuration will allow, but not above V_{RA} .
- Do not engage the autopilot until the airframe is clear of ice.

Ice Effects - Climb, Cruise and Descent

The additional drag due to the presence of ice on the aircraft will reduce the performance. A careful check of the fuel state should be maintained. Where possible, cruising levels should be changed to avoid icing conditions.

In icing conditions the speed should not be allowed to fall below the both engines operating en-route climb speed of Figure 5.09.6 plus 15 knots.

NOTE: Both the icing speed increment and the ice accretion on the airframe have an effect on the aircraft performance. The aircraft should be operated in accordance with associated performance information, in the Operations Manual.

It is also recommended that for descent, the minimum fuel descent technique of 180 knots IAS be adopted.

BAE System Flight Operations Support Information Letter (FOSIL) nr. ATP/007/14
Recommended Minimum Speed in Icing Conditions**BAE SYSTEMS****ATP****FLIGHT OPERATIONS SUPPORT INFORMATION LEAFLET**
ATP/007/14**AIRCRAFT TYPE: ATP****SUBJECT : RECOMMENDED MINIMUM SPEED IN ICING CONDITIONS****Suggested Operator Distribution** Director of Operations Chief Pilot Head of Training**1. Introduction**

A recent incident has shown that crews may not be fully aware of the recommended minimum speeds in icing conditions provided in the Aircraft Flight Manual (AFM).

2. Discussion

In 1992 an ATP stalled when the crew were using the pitch mode of the autopilot to try and achieve their cleared flight level. The aircraft had accreted ice and approached the stall as the speed reduced to 142 knots. The aircraft subsequently stalled and lost about 4000 feet in altitude. As the aircraft slowed the autopilot had demanded more nose up trim and so when the pilot took control he found it difficult to pitch the nose down as nearly full nose up trim had been applied. Had the AFM recommended minimum speed been maintained there would not have been an incident. From the AFM the minimum speed recommended in icing is the both engines operating en-route climb speed plus 15 knots; as the estimated mass was 22065 kg this speed would have been 157 knots in this case. This report can be accessed on the UK Air Accident Investigation Branch's site as Formal Report 4/92.

A recent incident, currently under investigation, appears to have similar characteristics and, although the investigation is still underway BAE Systems wish to remind crews of the information contained in the AFM and the Manufacturers Operating Manual (MOM) regarding flight in icing conditions, and these are (copied from AFM 003 4.10.13):

It should be noted that the certification basis of the ATP for flight in icing conditions takes credit for both natural stall warning (buffet) and artificial stall warning (stick shake) as means to alert crews that the aircraft is approaching an aerodynamic stall.

DATE OF ORIGINAL ISSUE: 25/11/14**- 1 -**

This document is submitted to operators for information and assistance and is not intended to constitute a contract between BAE SYSTEMS and any party. To the extent permitted by law, BAE SYSTEMS shall not be liable for any losses, damages, costs or expenses incurred by any party in connection with the information contained in this document.

The information contained in this document shall remain valid unless updated or cancelled by BAE SYSTEMS.

Climb, Cruise and Descent

In icing conditions the speed should not be allowed to fall below the both engines operating en-route climb speed of figure 5.09.6 plus 15 knots. It is also recommended that for descent the minimum fuel descent technique of 180 knots IAS be adopted.

Approach and landing

For the approach and landing phase, after experiencing airframe icing or descending to land in icing conditions, 15 knots should be added to the normal speeds and a visual icing check carried out at 1000 feet above runway level.

If no ice is present the approach and threshold speeds can be reduced to the normal values.

If ice is present the increased approach speed should be maintained. In the final stages of the approach the speed should be adjusted to cross the threshold at $V_{AT} (V_{REF})$ plus 15 knots.

If the aircraft crosses the threshold at V_{AT} plus 15 knots the hold off should not be prolonged and the power levers closed slowly so that the touchdown is made at V_{AT} . A nose down pitching moment may be encountered during touchdown, and the scheduled landing distance required should be increased by 25%.

In the event of a go-around in icing conditions 15 knots should be added to all go-around and initial climb speeds. The speed for en-route climbs in this condition should be the both engines operating climb speed of Figure 5.09.6 plus 15 knots.

The both engines operating en-route climb speed is the single engine operating en-route climb speed plus 10 knots and V_{ser} can be read from the speed cards.

3.Recommendation

BAE Systems recommend that Operators remind flight crews of the speeds given in the AFM and MOM. For any queries please contact us at raftops@baesystems.com.

This document is submitted to operators for information and assistance and is not intended to constitute a contract between BAE SYSTEMS and any party. To the extent permitted by law, BAE SYSTEMS shall not be liable for any losses, damages, costs or expenses incurred by any party in connection with the information contained in this document.

The information contained in this document shall remain valid unless updated or cancelled by BAE SYSTEMS.

Tegnforklaring Low Level SIGWX kart Norge



For luftrommet fra SFC-FL150 iht. ICAO Annex 3. For turbulens, ising og skyer gis øverste og nederste grense

Generell informasjon

	Signifikant vær, ICE/TCU/CB (ising, towering cumulus, cumulonimbus)
	Signifikant vær, TURB/VA/RC (turbulens, vulkansk aske, radioaktiv sky)
	Sikt- og skybasereduksjon: skybase<1000ft og/el sikt<5km.
	Markerer trykksenteret
L	Markerer lavtrykk
H	Markerer høytrykk
	Varmfront
	Kaldfront
	Okklusjon

Fare

	Moderat turbulens (ikke CAT)		
	Kraftig (SEV) turbulens (ikke CAT).		
	Fjellbølger		
	Moderat ising		Kraftig(SEV) ising
	Underkjølt nedbør. FZRA/FZDZ		

Vær

	Hagl (GR)		Torden
	Tåke (FG)		Iståke (FZFG),
	Tåkedis/mist BR		Snø
	Snø		Regn
	Yr		Regnbyger
	Snøbyger		

Tilleggsinformasjon

	Bakkevind ≥ 30 kt (i knop)
	0-isoterm (i hektotof, se Skyer)
	Mountain Obscuration
	Sjøtemperatur
	Vulkansk aske
	Radioaktivt utslipp

Bølger [seastate iht METAR-koden]:

S'	Betegnels	Bølgehøyde i m
3	Slight	0.5 -1.25
4	Moderate	1.25 - 2.5
5	Rough	2.5 - 4
6	Very rough	4 - 6
7	High	6 - 9
8	Very high	9 - 14
9	Phenomenal	Over 14

Skyer

Skyhøyde i hektotof, feks 010 tilsvarer 1000ft.

CB – Cumulonimbus og

TCU – Towering cumulus angis med:

ISOL(isolated)=Individual CB/TCU with a max spatial coverage less than 50% of the area concerned.

OCNL(occasional)=Well-separated CB/TCU with a max spatial coverage between 50 and 75 per cent of the area concerned.

FRQ(frequent)=Little or no separation between adjacent CB/TCU with a max spatial coverage greater than 75 per cent of the area concerned

EMBD= Embedded in layers of other clouds and cannot be readily recognized.

CU – Cumulus og

STF – Stratiform clouds angis med:

FEW = (few) skymengde 1 - 2 åttedeler

SCT = (scattered) skymengde 3 - 4 åttedeler

BKN = (broken) skymengde 5 - 7 åttedeler

OVC = (overcast) skymengde 8 åttedeler

NSC = Nil significant cloud

BAE SYSTEMS

BAE SYSTEMS (Operations) Limited

EASA 21 Approval EASA.21J.047

NUMBER : AE1404/ATP

ISSUE : 4

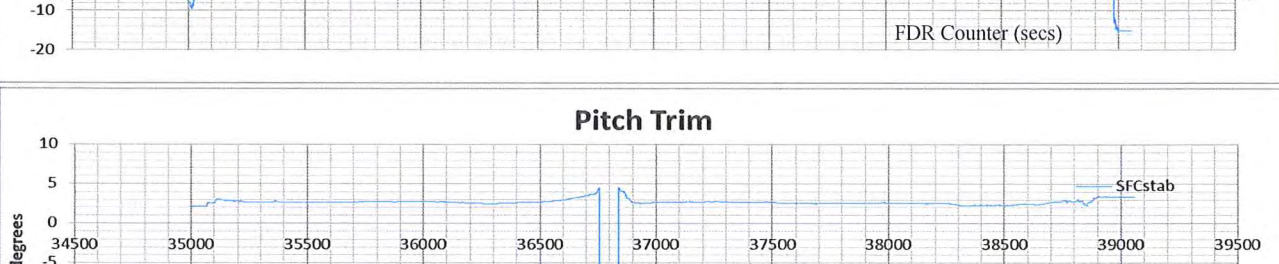
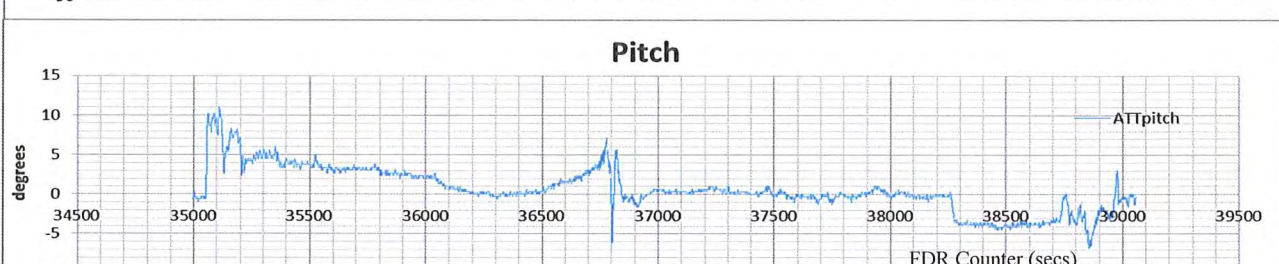
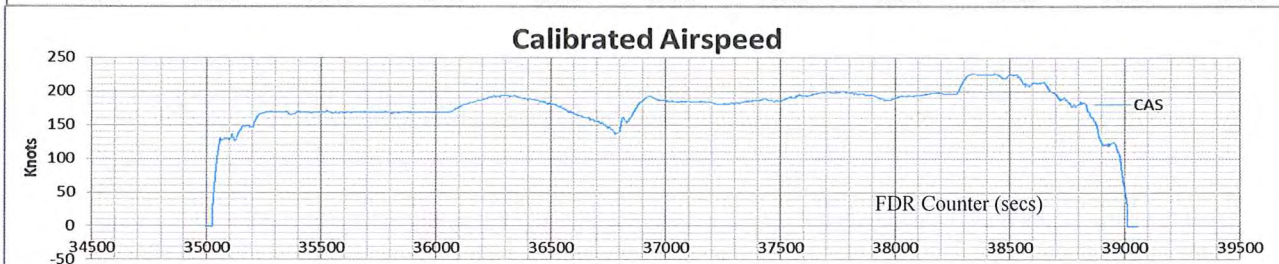
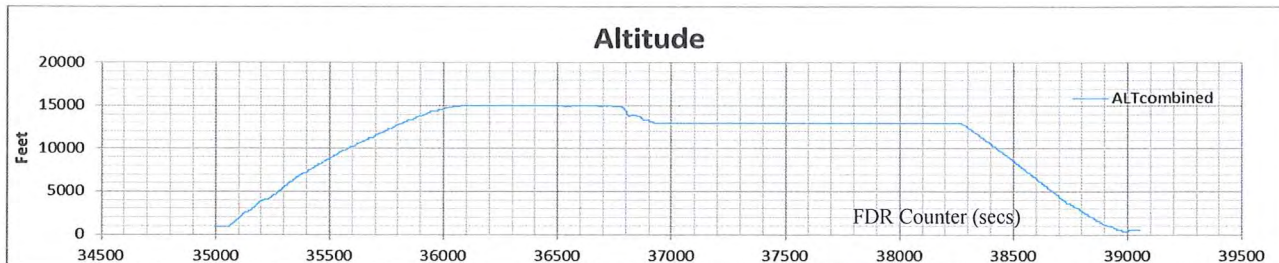
PAGE : 12 of 17

ISSUE DATE : 19/5/2015

SITE : PRESTWICK

COMPANY CLASSIFICATION : UNCLASSIFIED

Appendix 2: Full Flight Plots from FDR



BAE SYSTEMS

BAE SYSTEMS (Operations) Limited

EASA 21 Approval EASA.21J.047

NUMBER : AE1404/ATP

ISSUE : 4

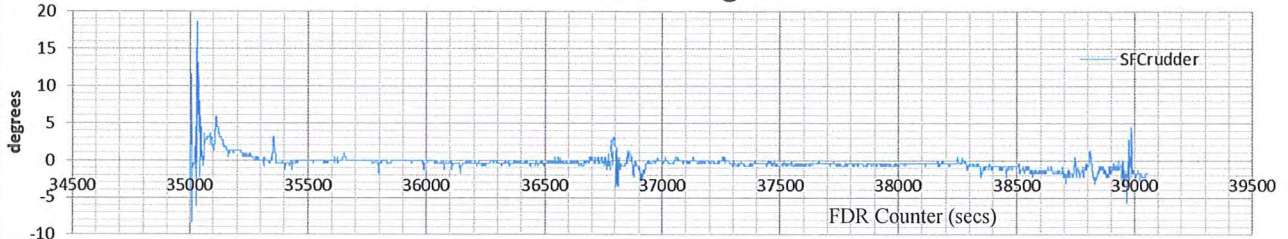
PAGE : 13 of 17

ISSUE DATE : 19/5/2015

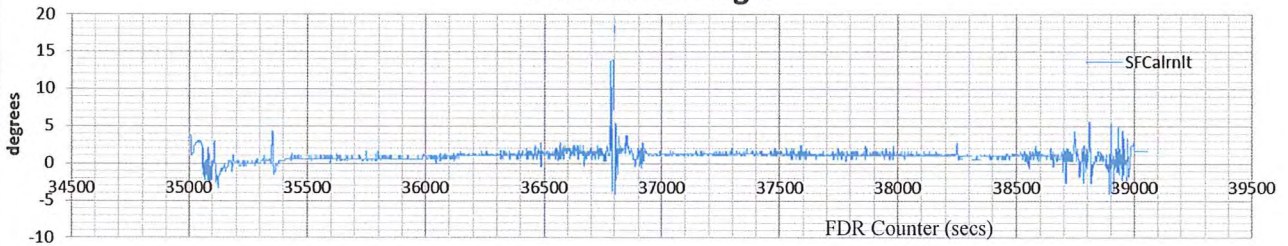
SITE : PRESTWICK

COMPANY CLASSIFICATION : UNCLASSIFIED

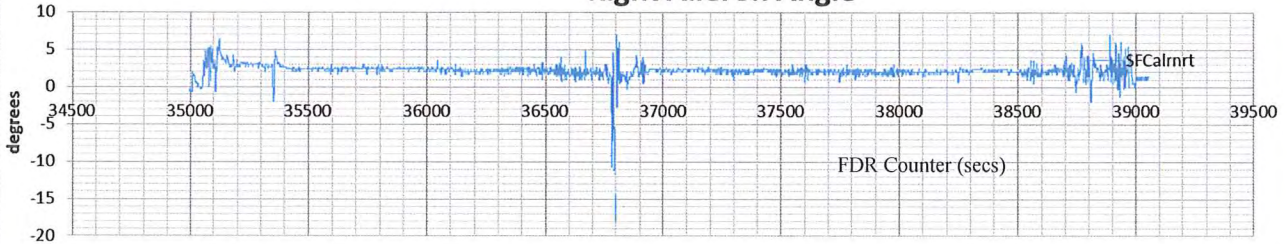
Rudder Angle



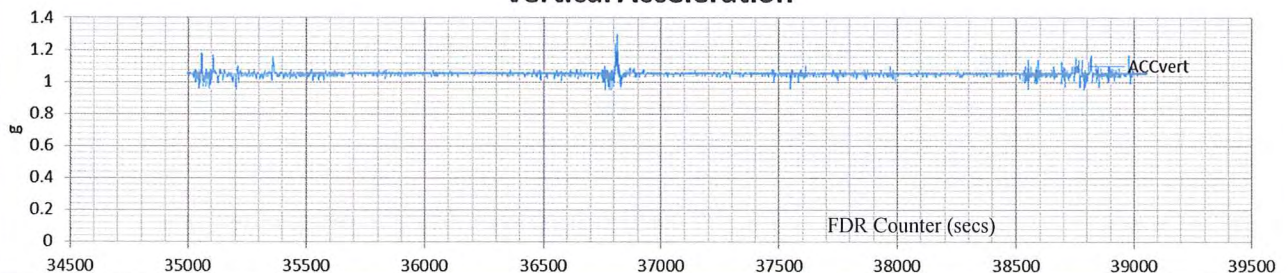
Left Aileron Angle



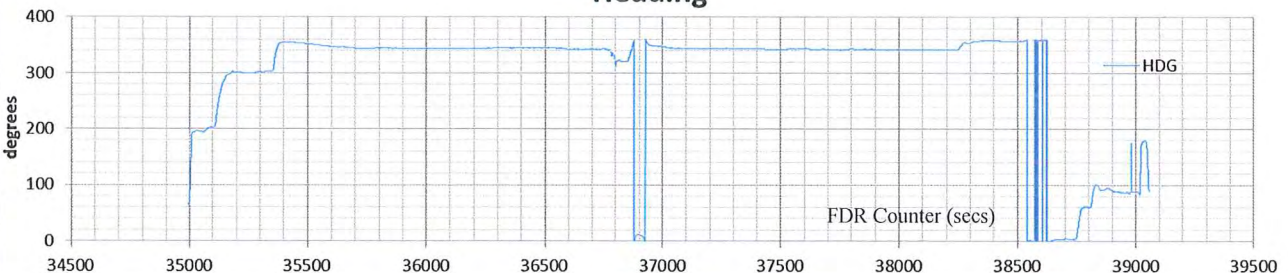
Right Aileron Angle



Vertical Acceleration



Heading





BAE SYSTEMS (Operations) Limited

EASA 21 Approval EASA.21J.047

NUMBER : AE1404/ATP

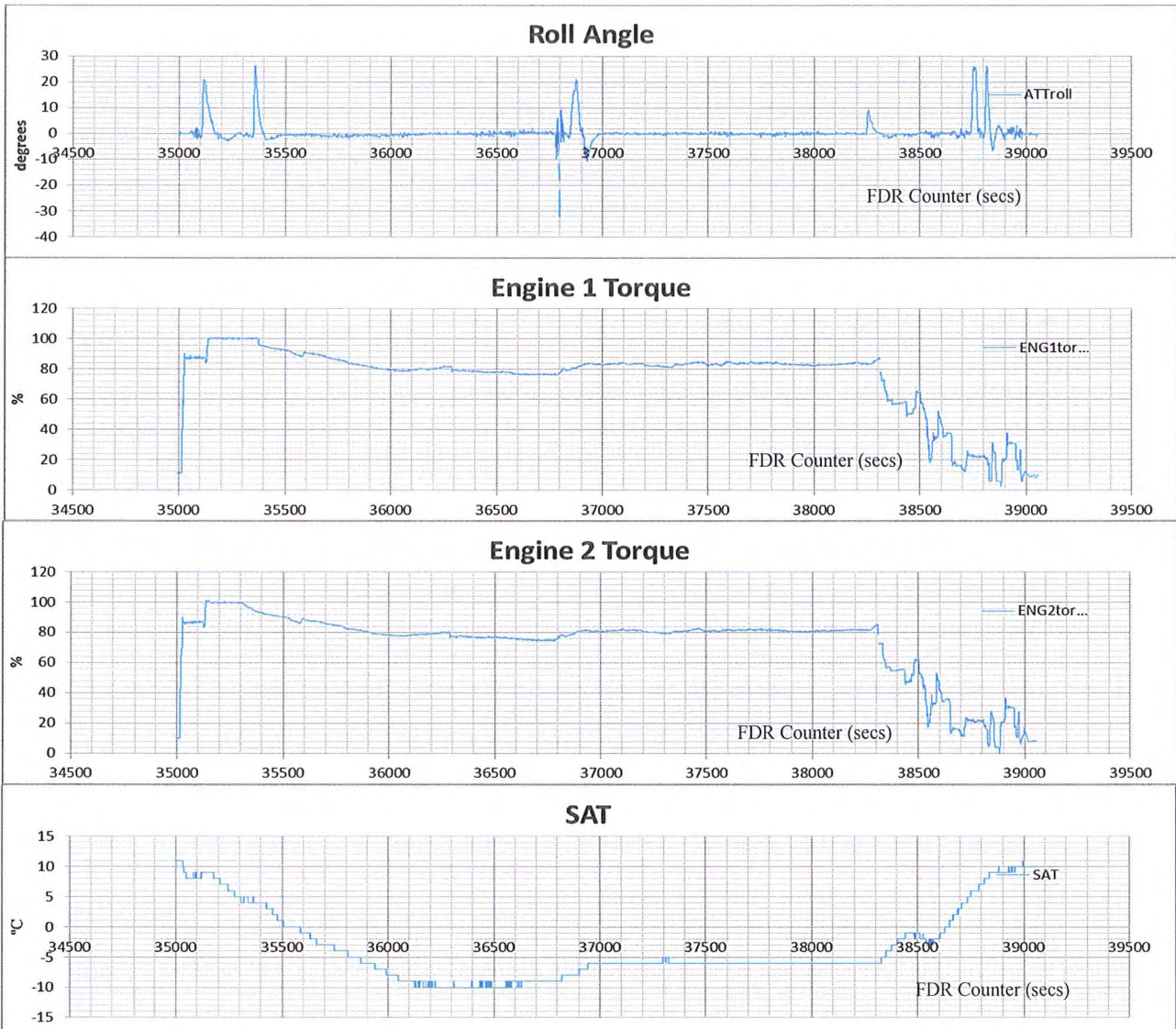
ISSUE : 4

PAGE : 14 of 17

ISSUE DATE : 19/5/2015

SITE : PRESTWICK

COMPANY CLASSIFICATION : UNCLASSIFIED



8/16/06

AC 20-73A

**APPENDIX P. USING ICING RATE TO DOCUMENT ICING EXPOSURES
(CONTINUED)**

Table P-3. Effects on Aircraft²

Aircraft Effect (AE)	Speed (Note a)	Power (Note b)	Climb (Note c)	Control (Note d)	Vibration (Note e)
Level 1	Less than 10 knot loss	Less than 10% increase required	No effect or less than 10% loss	No effect	No effect
Level 2	10-19 knot loss	10%-19% increase required	10%-19% loss rate of climb	No effect	No effect
Level 3	20-39 knot loss	20%-39% increase required	20% or more loss rate of climb	Unusually slow or sensitive response from control input	Controls may have slight vibration
Level 4	40 or more knot loss	Not able to maintain speed	Not able to climb	Little or no response to control input	May have intense buffet and/or vibration

Notes:

- a. **SPEED:** Loss of speed because of aircraft icing. This is based on the airspeed before the buildup of ice on the aircraft. This is also before applying added power to keep original airspeed.
- b. **POWER:** Added power required to keep aircraft speed and performance that was being flown before the buildup of ice on the aircraft. Refers to primary power settings, that is, torque, rpm, or manifold pressure.
- c. **CLIMB:** Estimated decay in rate of climb (ROC) due to aircraft icing. For example, 10 percent loss in ROC, 20 percent loss in ROC, or not able to climb at normal climb speed with maximum climb power applied.
- d. **CONTROL:** Effect of icing on the aircraft's response to control inputs.

Levels 1 and 2. No noticeable effect on response to control input.

Level 3. Aircraft is slow to respond to control input. Aircraft may feel sluggish or very sensitive in one or more axes.

Level 4. Little or no response to control input. Controls may feel unusually heavy or unusually light.
- e. **VIBRATION/BUFFET:** May be felt as a general airframe buffet or sensed through the flight controls. It is not intended to refer to unusual propeller vibration (for airplanes so equipped) in icing conditions.

² The Task I-B working group devised this table under the 1997 FAA Aircraft Icing Plan. It was developed for use with pilot reports (PIREPs) for icing conditions, but it is also suitable as a checklist for icing test flights. The table lists four increasingly worsening levels of effects due to icing conditions on three performance factors (speed, power, and climb capability) and two handling aspects (control and vibration). See reference P2.