

RELAZIONE D'INCHIESTA

INCIDENTE

occorso all'aeromobile

Let L-410 marche di identificazione 9A-BTA,

in località Orio al Serio (BG),

30 ottobre 2005

INDICE

INDICE	I
OBIETTIVO DELL'INCHIESTA DI SICUREZZA	III
GLOSSARIO	IV
PREMESSA	VI
CAPITOLO I - INFORMAZIONI SUI FATTI	1
1. GENERALITÀ	1
1.1. STORIA DEL VOLO	1
1.2. LESIONI RIPORTATE DALLE PERSONE	2
1.3. DANNI RIPORTATI DALL'AEROMOBILE	2
1.4. ALTRI DANNI	3
1.5. INFORMAZIONI RELATIVE AL PERSONALE	4
1.5.1. Equipaggio di condotta	4
1.5.2. Passeggeri	5
1.6. INFORMAZIONI SULL'AEROMOBILE	5
1.6.1. Informazioni generali	5
1.6.2. Informazioni specifiche	6
1.6.3. Informazioni supplementari	7
1.7. INFORMAZIONI METEOROLOGICHE	9
1.8. ASSISTENZA ALLA NAVIGAZIONE	10
1.8.1. Aiuti alla navigazione aerea e all'atterraggio	11
1.8.2. Sistemi disponibili a bordo	11
1.9. COMUNICAZIONI	11
1.9.1. Servizio mobile	11
1.9.2. Servizio fisso	11
1.9.3. Trascrizione delle comunicazioni	11
1.9.4. Tracciati radar	11
1.10. INFORMAZIONI SULL'AEROPORTO	12
1.11. REGISTRATORI DI VOLO	13
1.11.1. Generalità	13
1.11.2. Stato di rinvenimento	13
1.11.3. Dati scaricati	14

1.11.4.	Trascrizione del CVR	18
1.12.	INFORMAZIONI SUL RELITTO E SUL LUOGO DI IMPATTO	21
1.12.1.	Luogo dell'incidente	22
1.12.2.	Tracce al suolo e distribuzione dei rottami	22
1.12.3.	Esame del relitto	23
1.12.4.	Dinamica di impatto	29
1.12.5.	Avarie connesse con l'evento	30
1.13.	INFORMAZIONI DI NATURA MEDICA E PATOLOGICA	30
1.14.	INCENDIO	31
1.15.	ASPETTI RELATIVI ALLA SOPRAVVIVENZA	31
1.16.	PROVE E RICERCHE EFFETTUATE	31
1.17.	INFORMAZIONI ORGANIZZATIVE E GESTIONALI	31
1.18.	INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI	33
1.19.	TECNICHE DI INDAGINE UTILI O EFFICACI	35
	CAPITOLO II - ANALISI	36
2.	GENERALITÀ	36
2.1.	PREPARAZIONE DEL VOLO	37
2.2.	CONDOTTA DEL VOLO	39
2.3.	FATTORE AMBIENTALE	47
2.4.	FATTORE TECNICO	48
2.5.	FATTORE UMANO/CRM	49
	CAPITOLO III - CONCLUSIONI	51
3.	GENERALITÀ	51
3.1.	EVIDENZE	51
3.2.	CAUSE	52
	CAPITOLO IV - RACCOMANDAZIONI DI SICUREZZA	53
4.	RACCOMANDAZIONI	53
	APPENDICE	54

OBIETTIVO DELL'INCHIESTA DI SICUREZZA

L'Agenzia nazionale per la sicurezza del volo (ANSV), istituita con il decreto legislativo 25 febbraio 1999 n. 66, si identifica con l'autorità investigativa per la sicurezza dell'aviazione civile dello Stato italiano, di cui all'art. 4 del regolamento UE n. 996/2010 del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 ottobre 2010. **Essa conduce, in modo indipendente, le inchieste di sicurezza.**

Ogni incidente e ogni inconveniente grave occorso ad un aeromobile dell'aviazione civile è sottoposto ad inchiesta di sicurezza, nei limiti previsti dal combinato disposto di cui ai paragrafi 1, 4 e 5 dell'art. 5 del regolamento UE n. 996/2010.

Per inchiesta di sicurezza si intende un insieme di operazioni comprendente la raccolta e l'analisi dei dati, l'elaborazione delle conclusioni, la determinazione della causa e/o di fattori concorrenti e, ove opportuno, la formulazione di raccomandazioni di sicurezza.

L'unico obiettivo dell'inchiesta di sicurezza consiste nel prevenire futuri incidenti e inconvenienti, non nell'attribuire colpe o responsabilità (art. 1, paragrafo 1, regolamento UE n. 996/2010). Essa, conseguentemente, è condotta indipendentemente e separatamente da inchieste (come ad esempio quella dell'autorità giudiziaria) finalizzate all'accertamento di colpe o responsabilità.

L'inchiesta di sicurezza è condotta in conformità con quanto previsto dall'Allegato 13 alla Convenzione relativa all'aviazione civile internazionale (stipulata a Chicago il 7 dicembre 1944, approvata e resa esecutiva in Italia con il decreto legislativo 6 marzo 1948, n. 616, ratificato con la legge 17 aprile 1956, n. 561) e dal regolamento UE n. 996/2010.

Ogni inchiesta di sicurezza si conclude con una relazione redatta in forma appropriata al tipo e alla gravità dell'incidente o dell'inconveniente grave. Essa può contenere, ove opportuno, raccomandazioni di sicurezza, che consistono in una proposta formulata a fini di prevenzione.

Una raccomandazione di sicurezza non costituisce, di per sé, una presunzione di colpa o un'attribuzione di responsabilità per un incidente, un inconveniente grave o un inconveniente (art. 17, paragrafo 3, regolamento UE n. 996/2010).

La relazione garantisce l'anonimato di coloro che siano stati coinvolti nell'incidente o nell'inconveniente grave (art. 16, paragrafo 2, regolamento UE n. 996/2010).

N.B. L'incidente oggetto della presente relazione d'inchiesta è occorso in data precedente l'entrata in vigore del regolamento UE n. 996/2010. Alla relativa inchiesta (già denominata "tecnica") è stata conseguentemente applicata la normativa previgente il citato regolamento UE n. 996/2010.

GLOSSARIO

(A): Aeroplane.

ACC: Area Control Centre o Area Control, Centro di controllo regionale o Controllo di regione.

AFM: Airplane Flight Manual.

AGL: Above Ground Level, al di sopra del livello del suolo.

AIP: Aeronautical Information Publication, Pubblicazione di informazioni aeronautiche.

ANSV: Agenzia nazionale per la sicurezza del volo.

ATC: Air Traffic Control, controllo del traffico aereo.

ATIS: Automatic Terminal Information Service, Servizio automatico di informazioni terminali.

ATPL: Airline Transport Pilot Licence, licenza di pilota di linea.

ATS: Air Traffic Services, servizi del traffico aereo.

BKN: Broken, abbreviazione usata nei bollettini meteorologici per indicare una copertura nuvolosa con squarci (da 5/8 a 7/8 di copertura).

BRIEFING: descrizione preventiva di manovre o procedure.

CAT I, CAT II, CAT III: categorie di avvicinamento strumentale.

CHECK LIST (scritto anche **CHECKLIST**): lista dei controlli.

CPL: Commercial Pilot Licence, licenza di pilota commerciale.

CRM: Crew Resource Management, si definisce come l'uso efficace, da parte dell'equipaggio di volo, di tutte le risorse disponibili, al fine di assicurare operazioni di volo efficienti ed in sicurezza.

CVR: Cockpit Voice Recorder, registratore delle comunicazioni, delle voci e dei rumori in cabina di pilotaggio.

DME: Distance Measuring Equipment, apparato misuratore di distanza.

DOM: Dry Operating Mass.

DOW: Dry Operating Weight.

E-GPWS: Enhanced Ground Proximity Warning System, sistema di avviso di prossimità col terreno.

ENAC: Ente nazionale per l'aviazione civile.

ENAV SPA: Società nazionale per l'assistenza al volo.

FDR: Flight Data Recorder, registratore di dati di volo.

FG: Fog, nebbia.

FI: Flight Instructor, istruttore di volo.

FT: Foot (piede), unità di misura, 1 ft = 0,3048 metri.

GPS: Global Positioning System, sistema di posizionamento globale.

ICAO/OACI: International Civil Aviation Organization, Organizzazione dell'aviazione civile internazionale.

IFR: Instrument Flight Rules, regole del volo strumentale.

ILS: Instrument Landing System, sistema di atterraggio strumentale.

IMC: Instrument Meteorological Conditions, condizioni meteorologiche di volo strumentale.

IR: Instrument Rating, abilitazione al volo strumentale.

KIAS: IAS espressa in nodi (kt).

KT: Knot (nodo), unità di misura, miglio nautico (1852 metri) per ora.

ME: Multi Engine, plurimotore.

MEP: Multi Engine Piston, abilitazione per pilotare aeromobili plurimotori con motore alternativo.

METAR: Aviation routine weather report, messaggio di osservazione meteorologica di routine.

MKR: Marker, radio segnalatore verticale.

MRT: Multi Radar Tracking.

MTOW: Maximum Take Off Weight, peso massimo al decollo.

NM: Nautical Miles, miglia nautiche (1 nm = 1852 metri).

NOTAM: Notice To Air Men, avvisi per il personale interessato alle operazioni di volo.

OM: Operations (o Operational) Manual.

PA: Pressure Altitude, altitudine di pressione.

PF: Pilot Flying, pilota che aziona i comandi.

PIC: Pilot in Command, pilota con le funzioni di comandante.

PNF: Pilot Not Flying, pilota che assiste il PF.

PPL: Private Pilot Licence, licenza di pilota privato.

QNH: regolaggio altimetrico per leggere al suolo l'altitudine dell'aeroporto.

QTB: quaderno tecnico di bordo.

RVR: Runway Visual Range, portata visuale di pista.

RWY: Runway, pista.

SAFA: Safety Assessment of Foreign Aircraft.

SEP: Single Engine Piston, abilitazione per pilotare aeromobili monomotore con motore alternativo.

SID: Standard Instrument Departure, partenza strumentale standard.

SITUATIONAL (o SITUATION) AWARENESS: si definisce come tale la percezione degli elementi ambientali in un determinato intervallo di spazio e di tempo, la comprensione del loro significato e la proiezione del loro stato nell'immediato futuro.

SMR: Surface Movement Radar, radar di sorveglianza dei movimenti al suolo.

S/N: Serial Number.

SOGLIA della pista (THR): l'inizio della parte di pista utilizzabile per l'atterraggio.

SSR: Secondary Surveillance Radar, radar secondario di sorveglianza.

T/B/T: comunicazioni radio terra-bordo-terra.

TEMPERATURA DI RUGIADA: termine meteorologico per definire la temperatura di riferimento alla quale la massa d'aria in raffreddamento condensa.

THR: Threshold, vedi "soglia" della pista.

TWY: Taxiway, via di circolazione o di rullaggio.

UTC: Universal Time Coordinated, orario universale coordinato.

VDL: limitazione apposta sul certificato medico: l'interessato deve indossare lenti correttive per una corretta visione a distanza e portare un paio di occhiali di riserva.

VFR: Visual Flight Rules, regole del volo a vista.

VMC: Visual Meteorological Conditions, condizioni meteorologiche di volo a vista.

VOR: VHF Omnidirectional radio Range, radiosentiero omnidirezionale in VHF.

PREMESSA

L'incidente è occorso il giorno 30 ottobre 2005, alle ore 21.04' UTC (22.04' locali), nelle vicinanze dell'aeroporto di Orio al Serio (BG), ed ha interessato l'aeromobile tipo Let L-410-25 marche di identificazione 9A-BTA.

L'aeromobile in questione (operante il volo Trade Air 729), in servizio di trasporto merci, era decollato dall'aeroporto di Orio al Serio (LIME) diretto a Zagabria (LDZA). Dopo il decollo, l'aeromobile iniziava una virata a sinistra sempre più accentuata, associata ad una perdita di quota, che lo portava ad impattare il terreno in prossimità delle località Azzano di S. Paolo e Grassobbio, circa un chilometro a Sud-Ovest della pista. L'aeromobile andava completamente distrutto; i due membri dell'equipaggio ed il passeggero decedevano nell'incidente.

L'ANSV è stata informata dell'evento dall'ENAC e dall'ENAV SpA.

L'ANSV ha effettuato il sopralluogo operativo l'1 novembre 2005.

L'ANSV ha provveduto ad inviare la notifica dell'evento in questione, in accordo alla normativa internazionale in materia (Allegato 13 alla Convenzione relativa all'aviazione civile internazionale), ai seguenti soggetti:

- Civil Aviation Department Ministry of Transport and Communications, Repubblica Ceca, in rappresentanza dello Stato di produzione dell'aeromobile;
- Ministry of Maritime Affairs, Transport and Communication, Department of Civil Aviation, Croazia, in rappresentanza dello Stato di immatricolazione dell'aeromobile e dell'operatore.

Tutti gli orari riportati nella presente relazione d'inchiesta, se non diversamente specificato, sono espressi in **ora UTC** (Universal Time Coordinated, orario universale coordinato), che, alla data dell'evento, corrispondeva all'ora locale meno un'ora.

CAPITOLO I

INFORMAZIONI SUI FATTI

1. GENERALITÀ

Di seguito vengono illustrati gli elementi oggettivi raccolti nel corso dell'inchiesta di sicurezza.

1.1. STORIA DEL VOLO

L'incidente si è verificato il giorno 30 ottobre 2005, alle ore 21.04' UTC (22.04' locali), nei pressi delle località Azzano S. Paolo e Grassobbio, nelle vicinanze dell'aeroporto di Orio al Serio (BG), ed ha interessato l'aeromobile tipo Let L-410-25 marche di identificazione 9A-BTA.

L'aeromobile, in configurazione cargo, era adibito al trasporto di un carico costituito da pacchi di piccole dimensioni per un peso totale, computato nei calcoli di decollo, di 1600 kg dall'aeroporto di Orio al Serio a quello di Zagabria. A bordo, oltre ai due piloti, era presente anche la moglie del comandante, in qualità di passeggero.

La partenza del volo era stata anticipata dalla compagnia e l'equipaggio era giunto in aeroporto quando il carico era già stato completato da parte del personale della società DHL. Le condizioni meteorologiche erano caratterizzate da vento calmo e da una fitta nebbia, che limitava la visibilità a meno di 400 m.

Dopo diverse richieste da parte del comandante, l'aeromobile era stato autorizzato alla messa in moto e al rullaggio; l'aeromobile seguiva il veicolo *follow-me* dalla piazzola 12, dove stazionava, fino alla testata RWY 28, come previsto dalle procedure aeroportuali di Orio al Serio per le operazioni in condizioni di bassissima visibilità.

Dopo il decollo, l'aeromobile veniva autorizzato alla SID "ORI 5Q", che prevedeva, per la salita iniziale, il mantenimento della prua pista fino a 2 NM; lo stesso, tuttavia, iniziava una leggera virata a sinistra, che, in maniera sempre più accentuata, lo portava ad invertire la propria direzione di volo ed a perdere rapidamente quota, fino ad impattare contro il suolo con una prua opposta a quella di decollo, a circa un chilometro dalla pista, dopo circa un minuto di volo.

L'impatto è avvenuto in un campo arato, dopo aver urtato e tranciato i cavi di un elettrodotto a media tensione posto ai margini del campo stesso.



Figura 1: punto di impatto dell'aeromobile rispetto alla pista dell'aeroporto di Orio al Serio.

1.2. LESIONI RIPORTATE DALLE PERSONE

Lesioni	Equipaggio	Passeggeri	Totale persone a bordo	Altri
Mortali	2	1	3	
Gravi				
Lievi				
Nessuna				
Totali	2	1	3	

1.3. DANNI RIPORTATI DALL'AEROMOBILE

L'aeromobile ed il suo carico sono andati completamente distrutti nell'impatto e dal conseguente incendio. L'elevato grado di frammentazione delle parti dell'aeromobile e del carico hanno reso difficoltosa l'identificazione di evidenze in grado di permetterne la ricostruzione, anche parziale, per successive analisi.



Foto 1: evidenza dell'elevato grado di frammentazione dell'aeromobile.

1.4. ALTRI DANNI

L'incidente ha prodotto il danneggiamento e la rottura dei cavi elettrici di un elettrodotto a media tensione.



Foto 2: dettaglio dei danni all'elettrodotto.

1.5. INFORMAZIONI RELATIVE AL PERSONALE

1.5.1. Equipaggio di condotta

Comandante

Generalità: maschio, 61 anni di età, nazionalità croata.
Licenza: ATPL(A), in corso di validità.
Abilitazioni in esercizio: L-410, IR/ME.
Controlli periodici: *line check* effettuato in data 22.3.2005, *proficiency check* effettuato in data 3.10.2005.
Controllo medico: certificato medico di classe prima, in corso di validità, con limitazione VDL.
Esperienza di volo del comandante: 7.780h 53' di volo totali, di cui 760h 30' negli ultimi 12 mesi sul velivolo LET 410 e 480h effettuate da gennaio 2005.

Storia professionale del comandante.

Il comandante era in possesso di ATPL(A) dal 1978 ed aveva conseguito l'abilitazione su aeromobili tipo ATR 42, ATR 72, Fokker 27, AC 500, oltre che L-410.

Aveva maturato la sua esperienza lavorativa come pilota comandante a bordo di aeromobile L-410 presso una compagnia aerea ungherese, a partire dall'anno 2000.

La sua formazione professionale comprendeva anche la qualifica per l'esecuzione di controlli tecnici e interventi di piccola manutenzione, come certificato dalla stessa compagnia (*line maintenance training certificate*) nel 2002.

Primo ufficiale

Generalità: femmina, 35 anni di età, nazionalità slovena.
Licenza: CPL(A), in corso di validità.
Abilitazioni in esercizio: L-410, SEP, MEP, IR/SE, IR/ME, FI.
Controlli periodici: *proficiency check* effettuato in data 16.6.2005.
Controllo medico: certificato medico di classe prima, in corso di validità, con limitazione VDL.
Esperienza di volo del primo ufficiale: 1.272h 03' di volo totali.

Storia professionale del primo ufficiale.

Il primo ufficiale aveva maturato un'esperienza di volo pari a 200 ore circa sull'aeromobile tipo L-410 in qualità di copilota. Dopo aver conseguito il PPL(A) nel 1997 e il CPL(A) nell'anno successivo, la stessa aveva maturato una discreta esperienza su piccoli velivoli monomotore. Aveva in seguito superato l'esame teorico come pilota di linea (ATPL) nel 2001 ed era diventata istruttore di volo (FI) nel 2002.

Nel luglio del 2004 aveva acquisito l'abilitazione al volo strumentale su velivoli plurimotore (MEP, IR/ME) e aveva completato il proprio addestramento su velivolo L-410 nel giugno 2005.

1.5.2. Passeggeri

A bordo era presente anche la moglie del comandante, in qualità di passeggero, anch'ella deceduta. L'operatore del velivolo ha dichiarato che non era a conoscenza della presenza a bordo del passeggero.

1.6. INFORMAZIONI SULL'AEROMOBILE

1.6.1. Informazioni generali

Il Let L-410 è un bimotore turboelica, di costruzione metallica ad ala alta e carrello retrattile, prodotto dal costruttore ceco Let Kunovice (oggi Aircraft Industries) e impiegato principalmente per il trasporto a corto raggio di passeggeri e cargo. Alla data dell'incidente, ne risultavano ancora in carico 817 unità, a 175 operatori in tutto il mondo.



Foto 3: l'aeromobile Let L-410 marche 9A-BTA distrutto nell'incidente.

Le principali caratteristiche sono le seguenti: lunghezza 14,424 m; larghezza 19,479 m; altezza 5,829 m; MTOW 6.400 kg.

1.6.2. Informazioni specifiche

Aeromobile

Costruttore:	Let.
Modello:	L-410 UVP-E19A.
Numero di costruzione:	912538.
Anno di costruzione:	1991.
Marche di naz. e immatricolazione:	9A-BTA.
Esercente:	Trade Air.
Proprietario:	Trade Air.
Certificato di navigabilità:	0234.
Revisione certificato di navigabilità:	valido fino al 2.5.2006.
Ore totali:	7185h.
Ore da ultima ispezione:	1162h. In data 15.3.2004: ispezione periodica (<i>check</i> 3), applicazione di <i>Airworthiness Directives, Service Bulletin</i> , verifiche agli accessori e ai comandi di volo, installazione di nuovi apparati avionici.
Ore da ultima manutenzione:	266h da <i>check</i> P2 effettuato in data 4.7.2005.
Programma di manutenzione previsto:	manutenzione successiva (<i>check</i> P4) prevista a 7217h.

Motori (S/N 874003, S/N 903016)

Costruttore:	Motorlet-Walter.
Modello:	M 601E.

Il motore sinistro era stato sostituito sull'aeromobile nell'anno 2004 ed aveva totalizzato 6533h di funzionamento, mentre il motore destro era stato installato nel 2003 e aveva 5755h di funzionamento.

Eliche (S/N 64068174, S/N 210681186)

Costruttore:	Avia Propeller.
Modello/tipo:	V510/90A/C.

1.6.3. Informazioni supplementari

Carico e centraggio

Secondo il modulo di carico e centraggio approvato dal comandante risulta che il peso al decollo fosse di 6400 kg, pari, quindi, al massimo ammesso (MTOW), di cui 1600 kg costituivano il *payload*, ovvero il carico pagante, costituito dai pacchi inseriti nel manifesto di carico. Dalle testimonianze rese dal personale DHL è risultato che il carico fosse costituito principalmente da piccoli pacchi stipati nel vano principale, occupando tutto lo spazio disponibile. Una parte del carico era stata sistemata anche nel vano situato nel muso dell'aeromobile.

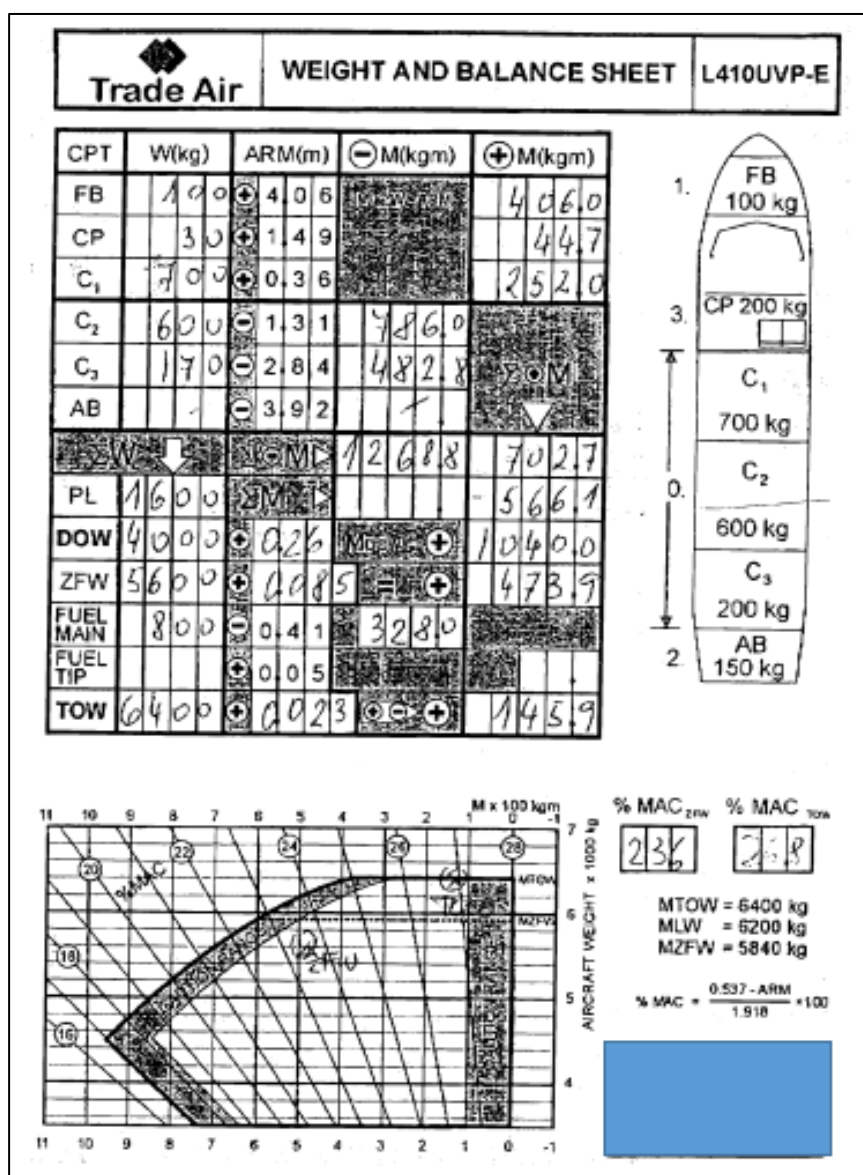


Figura 2: modulo di massa e centraggio compilato prima del volo.

Non risulta che la passeggera fosse stata inclusa nei calcoli di decollo.

Velocità di stallo

Sulla base dell'AFM, le velocità caratteristiche di stallo in configurazione pulita e con i flap estesi a 18° sono rappresentate nella figura sottostante.

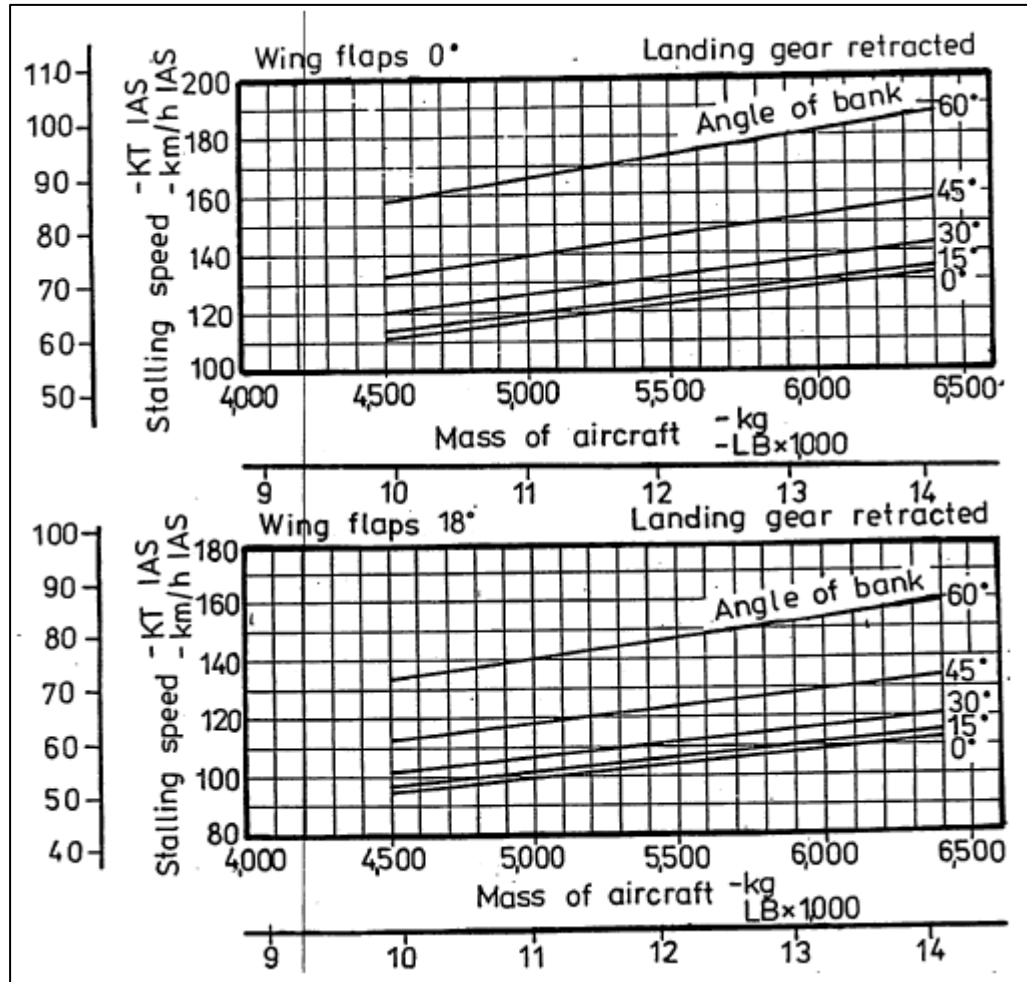


Figura 3: grafico velocità di stallo (tratto dall'AFM).

Registrazione inefficienze o malfunzionamenti

Sulla base del QTB l'aeromobile risultava efficiente per il volo.

Sistemi di allertamento di prossimità con il terreno

L'aeromobile era equipaggiato con un sistema E-GPWS Mark VI prodotto dalla Honeywell e installato sull'aeromobile dalla East Air Company; tale apparato era stato controllato in volo e ispezionato in data 13.3.2004.

L'E-GPWS Mark VI emette un avviso acustico "DON'T SINK" qualora l'aeromobile perda quota durante la fase di decollo o di mancato avvicinamento. Nel caso in cui la perdita di quota

sia eccessiva, il segnale d'allarme è associato ad un doppio "WHOOOP", seguito dall'istruzione "PULL UP".

1.7. INFORMAZIONI METEOROLOGICHE

Le condizioni meteorologiche, al momento dell'incidente, erano caratterizzate da scarsissima visibilità, con nebbia e nuvole basse presenti su tutta l'area interessata.



Foto 4: condizioni di bassissima visibilità persistenti nell'area immediatamente dopo l'incidente.

L'equipaggio era in possesso dei bollettini meteo e del cartello di rotta (incluse le previsioni per l'aeroporto di partenza e di destinazione), che evidenziavano la visibilità molto ridotta. La carta significativa del tempo riportava condizioni generali di alta pressione, con aria stabile sull'intera area. Non era stato emanato alcun avviso relativo a fenomeni atmosferici pericolosi per il volo.

I bollettini METAR a cavallo dell'ora dell'incidente riportavano quanto segue:

- LIME 302020Z 14005KT 0300 R28/0375N FG BKN001 11/10 Q1023;
- LIME 302120Z 14004KT 0200 R28/0350N FG BKN001 11/10 Q1023.

L'ultimo ATIS prima del decollo, delle ore 20.51Z, riportava quanto segue: «pista in uso 28; livello di transizione 70; vento da 140°, 4 nodi; visibilità 300 metri; RVR zona di contatto 375 metri; tempo osservato nebbia, nuvole, parzialmente coperto (BKN) a 100 piedi; temperatura

11 °C, punto di rugiada 10 °C; QNH 1023; informazioni sull'aeroporto: categoria 3 in corso, solo i voli in possesso di autorizzazione operativa valida sono ammessi».

Le condizioni atmosferiche al momento del decollo non consentivano l'atterraggio a Bergamo con le normali procedure di avvicinamento di precisione CAT I, escludendo la possibilità di un c.d. “*Emergency Return*” sull'aeroporto di partenza. In base all'OM della compagnia, qualora le condizioni sull'aeroporto di partenza fossero state inferiori alle minime per l'avvicinamento, sarebbe stato necessario selezionare un “*Take Off alternate*” con condizioni meteo adeguate e posizionato entro un'ora di volo in condizioni di crociera “*single-engine*”. Tale aeroporto avrebbe dovuto essere inserito nel piano di volo operativo.

1.8. ASSISTENZA ALLA NAVIGAZIONE

La procedura di salita iniziale della SID cui l'aeromobile era stato autorizzato prevedeva, dopo il decollo, di continuare su prua pista (284°) fino a 2 NM dal VOR/DME di Orio al Serio (ORI) (ubicato circa a metà pista), quindi virare a sinistra per 120° fino ad intercettare e seguire la radiale (RDL) 166 dallo stesso VOR per il punto che si trova su tale radiale a 12 NM, per poi virare a destra verso il Locator (LO) di Orio al Serio (ORI).

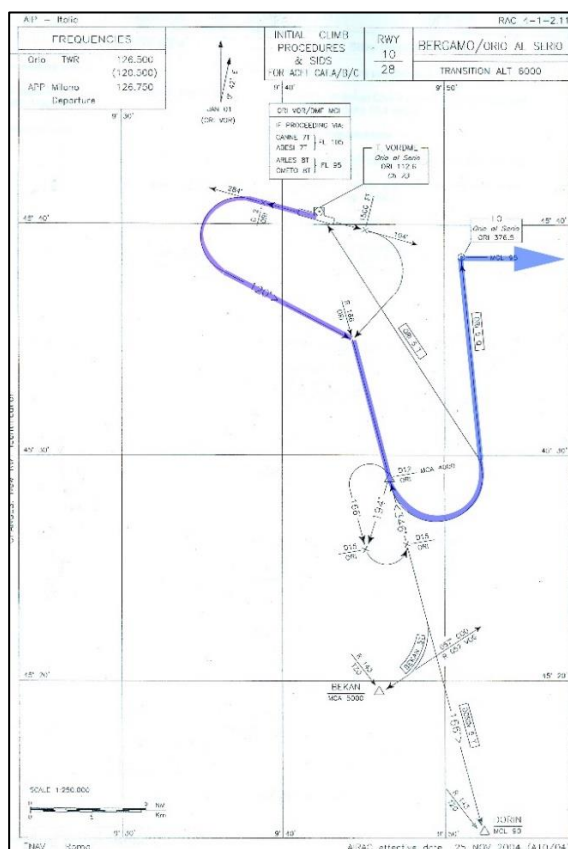


Figura 4: procedura di salita iniziale (SID) cui l'aeromobile era stato autorizzato.

1.8.1. Aiuti alla navigazione aerea e all'atterraggio

L'aeroporto di Orio al Serio era dotato di un VOR/DME (ORI) e di un locator (ORI) necessari per effettuare la procedura di salita strumentale assegnata all'aeromobile; tali ausili, da NOTAM, risultavano efficienti al momento dell'incidente.

1.8.2. Sistemi disponibili a bordo

L'aeromobile era equipaggiato con ricevitore VOR/ILS/MKR, DME, GPS, radar meteo, radio altimetro e quanto previsto per il volo in IFR.

1.9. COMUNICAZIONI

In questo paragrafo sono riportate le informazioni di maggiore interesse relative ai mezzi disponibili per le comunicazioni e sul relativo stato di efficienza.

1.9.1. Servizio mobile

Non risulta alcuna problematica relativa all'efficienza dei sistemi di comunicazione terra-bordo-terra, ATIS, ecc., in quanto regolarmente utilizzati dall'equipaggio e dagli enti ATC fino al momento dell'incidente.

1.9.2. Servizio fisso

Nessun problema è stato rilevato.

1.9.3. Trascrizione delle comunicazioni

Sono state analizzate e sincronizzate con i dati del CVR le comunicazioni T/B/T e ATIS. Inoltre, sono state acquisite le conversazioni telefoniche intercorse tra la TWR di Orio al Serio, Milano ACC, Vigili del fuoco, Polizia di Stato e Carabinieri per il coordinamento delle azioni di ricerca e soccorso.

1.9.4. Tracciati radar

Considerata la durata limitata del volo e la quota massima raggiunta di circa 420 piedi rispetto al suolo, solo poche battute sono state registrate dai radar PSR/SSR del sistema MRT di Milano ACC. Tali informazioni sono comunque coerenti con i dati rilevati dal FDR in termini di tracciato al suolo e di quota raggiunta dall'aeromobile.

1.10. INFORMAZIONI SULL'AEROPORTO

Di seguito sono riportate le principali informazioni relative all'aeroporto di Orio al Serio (LIME), tratte dall'AIP Italia, in vigore alla data dell'incidente.

Coordinate: N45°40'08" E009°42'01". Direzione e distanza dalla città: 2NM Sud-Est.

Elevazione: 782 piedi.

Tipo di traffico consentito: IFR/VFR.

Piste: RWY 10/28, 2874x45 m, in conglomerato bituminoso; RWY 12/30, 778x18, in conglomerato bituminoso.

Categoria servizio antincendio aeroportuale: CAT 9 ICAO.

Procedure speciali applicabili agli aeromobili in condizioni di bassa visibilità

- 1) Gli avvicinamenti e gli atterraggi in CAT II e CAT III per RWY 28 sono consentiti agli aeromobili e piloti certificati dalla competente autorità.
- 2) Le operazioni in bassa visibilità dell'aviazione generale, del trasporto commerciale e del lavoro aereo devono essere effettuate secondo quanto riportato in AIP Italia RAC 1 "Operazioni ogni tempo nello spazio aereo nazionale"¹.
- 3) [omissis].
- 4) Quando il valore della RVR al punto di contatto sia inferiore a 550 M: [omissis].
- 5) Quando il valore della RVR sia inferiore a 400 M:
 - la movimentazione degli aeromobili nell'intera area di movimento sarà limitata ad un solo aeromobile alla volta, [omissis];
 - l'assistenza del *follow-me* per la guida al suolo è obbligatoria;
 - la corsa di decollo deve avere inizio dalla THR RWY 28.

Procedure antirumore

Allo scopo di ridurre il rumore sui quadranti situati a Sud della città di Bergamo devono essere applicate determinate procedure; si riporta, di seguito, solo quella di diretto interesse: «tutto il traffico IFR deve seguire rigorosamente le procedure di salita iniziale pubblicate in AIP Italia, RAC 4-1-2-9 e seguenti, sia che abbia ricevuto una SID codificata o una autorizzazione ATC in chiaro».

¹ Riferimento al regolamento ENAC "Operazioni ogni tempo nello spazio aereo nazionale", edizione 1 del 30.6.2003, in cui si dà la definizione di decollo in bassa visibilità (Low Visibility Take-Off, LVTO): «operazioni di decollo da una pista con RVR inferiore a 400 metri».

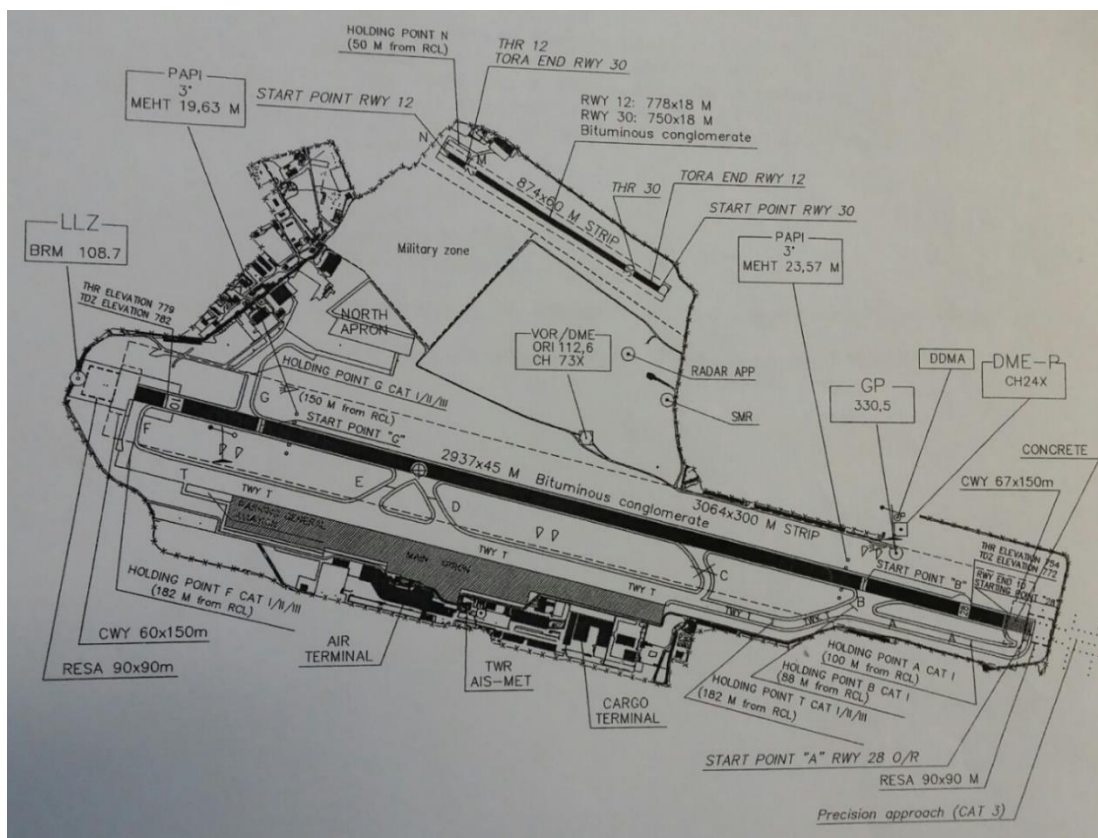


Figura 5: pianta dell'aeroporto di Orio al Serio (BG), tratta dall'AIP Italia.

1.11. REGISTRATORI DI VOLO

1.11.1. Generalità

L'aeromobile era equipaggiato con un FDR modello FDR-59BL prodotto nella Repubblica Ceca dalla Speel Praha Ltd, composto da una scheda di memoria di tipo solido della capacità di 12 MB e in grado di registrare 82 parametri di volo (*Speel Technical Manual*).

Il CVR installato sull'aeromobile era un modello Fairchild A100A, di fabbricazione statunitense, con memoria a nastro magnetico. A seguito del *readout* dei dati CVR è emerso che l'unico canale di registrazione che ha funzionato (sui 4 disponibili) è stato il n. 4. Tale canale di registrazione era collegato al microfono ambientale, rendendo così la registrazione non sempre di agevole comprensione.

1.11.2. Stato di rinvenimento

Il FDR, seriamente danneggiato dall'impatto e dalla prolungata esposizione alle elevate temperature sprigionate dall'incendio, è stato decodificato, in presenza del personale dell'ANSV, presso i laboratori della Speel Praha Ltd, siti a Praga, Repubblica Ceca.



Foto 5: FDR con danni evidenti dovuti all'impatto con il terreno e all'incendio sviluppatosi.

Anche il CVR è stato rinvenuto in condizioni critiche. I dati sono stati scaricati nei laboratori dell'ANSV e analizzati presso la Speel Praha Ltd, che ha collaborato alla trascrizione e alla traduzione del contenuto.

1.11.3. Dati scaricati

L'ultima registrazione del FDR copre circa 12 minuti e mezzo, di cui la fase di volo (dal distacco delle ruote dalla pista al momento dell'impatto con il suolo) dura 51 secondi.

Dall'analisi degli 82 parametri registrati dal FDR è risultato quanto segue.

- I giroscopi degli orizzonti artificiali destro e sinistro si sono stabilizzati normalmente dopo l'allineamento iniziale (FDR *time* 00:02:48 e 00:03:02 rispettivamente) e sono risultati alimentati per tutta la durata della registrazione.
- Il radioaltimetro ha registrato l'involò dell'aeromobile a FDR *time* 00:11:39 (51 secondi prima dell'impatto).
- Rollio a sinistra in continuo aumento da FDR *time* 00:11:40.
- Retrazione del carrello iniziata a FDR *time* 00:11:44.
- L'orizzonte artificiale di *back-up*, stabilizzatosi dopo due minuti di allineamento, ha dato un momentaneo segnale di avaria a FDR *time* 00:12:03.
- Retrazione flap iniziata a FDR *time* 00:12:07 e completata a FDR *time* 00:12:12.

- Avviso di stallo a FDR *time* 00:12:15.
- Massimo *pitch* raggiunto a FDR *time* 00:12:16.
- Massima quota raggiunta (300,2 metri PA²) a FDR *time* 00:12:22.
- Input volantino a destra per contrastare inclinazione a sinistra a FDR *time* 00:12:23.
- Massima velocità raggiunta (160 KIAS) a FDR *time* 00:12:30 (orario di impatto al suolo).

Ulteriori verifiche sono state effettuate al fine di escludere l'eventualità che possano essere insorte avarie ai motori o ai sistemi di bordo durante il decollo. In particolare, dai dati estrapolati dal FDR, non sono emerse anomalie a carico dei sistemi di lubrificazione e alimentazione dei motori, del *feathering* delle eliche, degli orizzonti artificiali sinistro e destro; il sistema di *autobanking* è risultato propriamente disattivato.

Il FDR ha registrato un leggero disallineamento delle manette di potenza associabile a un probabile difetto di calibrazione del segnale. Durante il decollo e fino al momento dell'impatto si sono registrati valori di giri e coppia dei motori costanti ed in linea con le prestazioni riportate nei manuali del velivolo; tuttavia, il motore sinistro ha prodotto un torque (TQ) di 92.3%, - N2 95.8%, mentre il motore destro aveva un TQ di 86.9% - N2 95.5%.

Inoltre il *rudder trim* è risultato posizionato a circa 1,2° a destra per tutta la durata della registrazione. La deflessione massima del trim è di +/- 10°, quindi la misura rilevata rappresenta il 12% della deflessione massima che, a parere del costruttore dell'aeromobile, rappresenta un valore insignificante, tra l'altro all'interno delle tolleranze e potrebbe essere stato causato da una inesattezza di registrazione del dato.

I grafici che seguono, estrapolati dai dati FDR, sono relativi all'ultimo minuto di registrazione. Il grafico in figura 6 rappresenta le escursioni di *rudder* e *aileron*, l'inclinazione alare e la prua. Premesso che i picchi relativi alla "*rudder deviation*" costituiscono segnali spuri del FDR e non vanno presi in considerazione, si nota la tendenza, nell'ultima parte del volo, ad un accentuarsi della deviazione relativa agli alettoni verso sinistra ed un improvviso cambio di direzione 8 secondi circa prima del termine della registrazione.

Analogamente, la variazione di prua è sempre più rapida all'aumentare dell'inclinazione alare, che arriva a quasi 90° prima dell'impatto.

² Corrispondenti a circa 984 piedi.

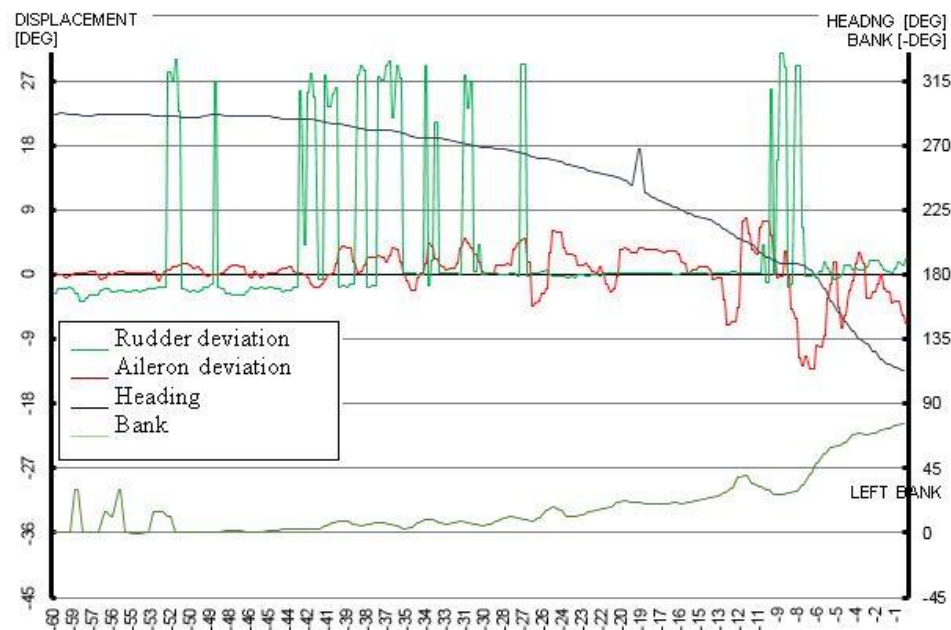


Figura 6: dati FDR dell'aeromobile relativi alla deviazione del timone di direzione, alla deviazione degli alettoni, alla prua e all'inclinazione alare nell'ultimo minuto di volo.

Nel grafico in figura 7 vengono prese in considerazione l'accelerazione "g" cui l'aeromobile è stato sottoposto, la velocità e la quota. Le variazioni di "g" indicano un incremento temporaneo al momento della retrazione dei flap. La velocità risulta in costante aumento fino a raggiungere una velocità di circa 160 KIAS immediatamente prima dell'impatto.

I dati della quota sono coerenti con quelli radar forniti dall'ATC, appropriatamente corretti in funzione dell'elevazione e del QNH in uso (1023). La massima quota raggiunta dall'aeromobile è stata di circa 420 piedi.

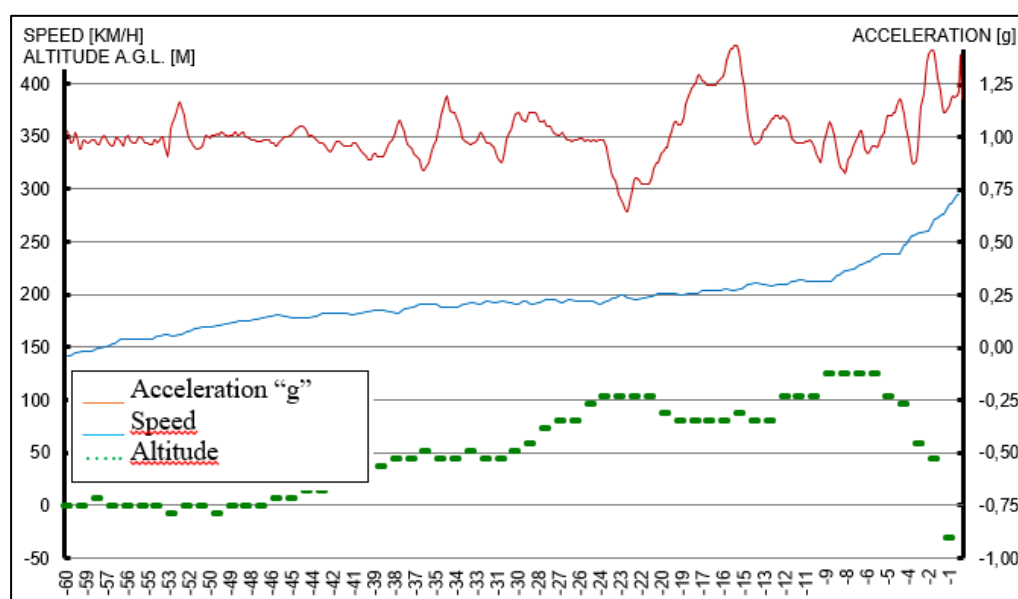


Figura 7: dati FDR relativi alla accelerazione (g), alla velocità e alla quota nell'ultimo minuto di volo.

Per quanto riguarda il CVR, è stato possibile estrarre i dati di uno solo dei quattro canali di registrazione (quello relativo al microfono ambientale), che risulta disturbato dai forti rumori di sottofondo (motori alla potenza di decollo e salita). Si è resa quindi necessaria una accurata analisi audio presso i laboratori dell'ANSV, relativa, specificatamente, all'ultimo minuto di volo prima dell'incidente, per verificare le comunicazioni all'interno del *cockpit*.

All'inizio dell'attività è stata verificata il contenuto della traccia audio nella rappresentazione ampiezza/tempo (figura 8) e in quella frequenza/tempo (figura 9).

Nel primo caso, dalla larghezza del segnale è evidente il livello di rumorosità associato alla qualità della registrazione e soprattutto all'effetto del funzionamento dei motori, che per intensità copre quasi ogni altro suono.

Dalla rappresentazione in forma di spettro (figura 9) sono visibili delle nette linee orizzontali, le quali corrispondono al funzionamento di componenti che emettono un rumore, che si pone sempre sulla stessa frequenza (ad esempio, motore che ruota a numero di giri costanti).

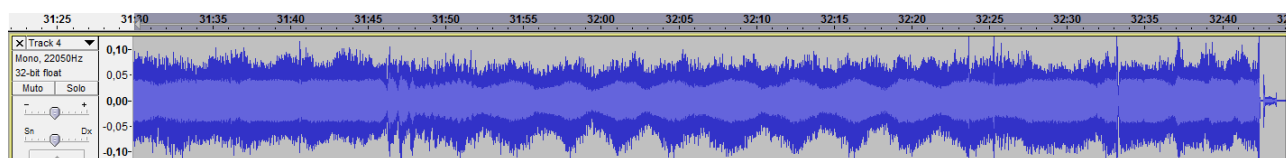


Figura 8: traccia audio 4, grafico ampiezza/tempo.

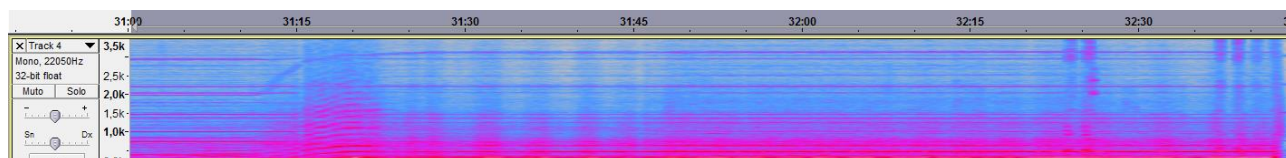


Figura 9: traccia audio 4, grafico frequenza/tempo.

Per isolare dunque la voce dell'equipaggio si è agito nel seguente modo:

1. inserimento di un filtro passa-banda fasato sulla banda di emissione della voce umana: 200 Hz -8000 Hz;
2. inserimento sullo spettro di numerosi *notch filter*, in modo da eliminare tutti i rumori fissi in frequenza (eliche, compressore-turbina gas generator, turbina di potenza, accessori, ecc.); il *notch filter* è un filtro che abbassa l'intensità in dB del segnale ad una data frequenza per segmento selezionato della traccia, sfumando la sua applicazione in funziona di un fattore Q, che rappresenta l'ampiezza a metà altezza del filtro applicato;
3. amplificazione di 6 dB dei punti ove si osservava una forma di spettro riconducibile a espressioni vocali (variazioni in ampiezza e frequenza istante per istante);

4. rallentamento del suono in corrispondenza delle forme d'onda di cui al punto 3.

In tal modo sono stati cancellati i rumori e amplificate le voci. I risultati ottenuti sui grafici ampiezza/tempo e frequenza/tempo sono riportati rispettivamente in figura 10 e figura 11.

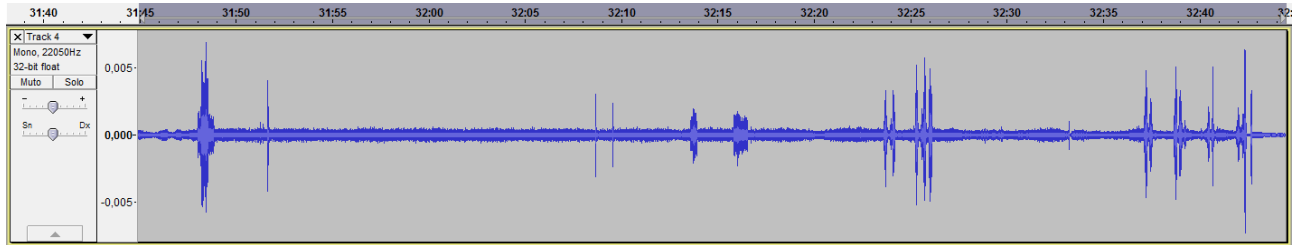


Figura 10: traccia audio 4 analizzata, grafico ampiezza/tempo.

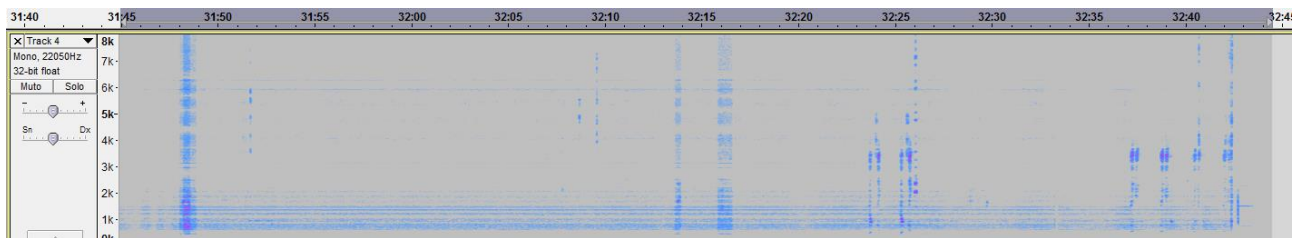


Figura 11: traccia audio 4 analizzata, grafico frequenza/tempo.

Dalle predette figure sono evidenti delle emissioni di suoni a specifici istanti. Nel dettaglio, l'ascolto dell'audio trattato così come descritto ha permesso di rilevare quanto segue:

- nell'arco di tempo che intercorre tra il termine registrazione e il minuto precedente ci sono delle comunicazioni aggiuntive rispetto a quelle trascritte inizialmente;
- la voce che emette queste comunicazioni è maschile;
- la trascrizione delle comunicazioni aggiuntive è la seguente: 21:03:23 «Ok, gear up»; 21:03:48 «Ok»; 21:03:51 «Flaps up».

1.11.4. Trascrizione del CVR

Nonostante le difficoltà riscontrate nella trascrizione dell'unico canale funzionante, la registrazione del CVR ha apportato elementi di interesse per l'analisi dei fatti. Si riporta, di seguito, un estratto delle parti più significative della registrazione CVR, integrate con le T-B-T, tradotte in lingua italiana.

Tempo	Comandante	Copilota
20:31:40	INIZIO REGISTRAZIONE	
↓	OMISSIS	
20:40:36	Niente, gli dica che sono passati 10 minuti e che siamo pronti per ...	
20:40:50		Trade Air 729, c'è qualche novità per la nostra partenza?
20:40:55	ATC: 729, negativo. Nessuna notizia fino ad ora.	
↓	OMISSIS	
20:41:48	Non vola nessuno.	
20:41:48		Prego? (cosa?)
20:41:48	Nessuno vola. Vede, nessuno sta atterrando.	No?!
↓	OMISSIS	
20:48:57	ATC: Trade Air 729	
20:48:59		Trade Air 729 avanti!
20:49:00	ATC: Abbiamo avuto un piccolo miglioramento, messa in moto approvata, pista 28, QNH 1023.	
20:49:06		QNH 1023, per pista 28, messa in moto [incomprensibile] Trade Air 729.
↓	OMISSIS	
20:49:48	ATC: 729, LDZA, ORI 5Q, OSKOR 8T, 5000 piedi, codice transponder 0456.	
20:49:57		ORI 5Q, OSKOR 8T, a 5000 piedi e codice transponder 0456, Trade Air 729.
20:50:05	ATC: 729, corretto. Riportate pronti al rullaggio.	
20:50:07		Eseguiamo.
20:50:08	Ok.	[continua lettura checklist]

20:50:50	[risposta ai controlli riportati sulla checklist]	...engine start.
20:52:37	[Effettuazione controlli - <i>rumore motori, volume voce normale</i>]	[Lettura lista controlli - <i>voce in sottofondo difficilmente percettibile</i>]
20:52:58	Ok pronti al rullaggio.	
20:53:01		Trade Air 729 richiede rullaggio.
20:53:48	ATC: Trade Air 729, seguendo la vettura <i>follow-me</i> rullate al punto attesa Tango, pista 28.	
20:53:54		Seguirà la vettura <i>follow-me</i> fino al Tango per pista 28, Trade Air 729.
20:54:05	ATC: Trade Air 729, solo con la vettura <i>follow-me</i> in vista potete rullare al punto attesa Tango.	
20:55:10		Stiamo rullando verso Tango, alla posizione CAT III 28, Trade Air 729.
	OMISSIS	
20:55:20	Lentamente.	
20:56:33	... assistendo ... e in caso di ... torniamo indietro, voglio dire, avvicinamento, normalmente quello che loro ci daranno, entrambi Papa o Tango [<i>incomprensibile</i>].	
20:56:40	ATC: 729, contattate la Torre, 126.5. Ciao.	
20:56:43		Uno due sei decimali cinque Trade Air 729. Grazie, ciao.
20:57:01		Torre, Trade Air 729, buona sera. Stiamo giusto avvicinandoci al Tango CAT II-III per pista 28 e siamo pronti alla partenza. [<i>dalla registrazione T-B-T</i>]
20:57:05	ATC: 729, buona sera. Continuate verso Alpha e, via Alpha, alla pista 28. Allineamento e attesa.	
20:57:07		Stiamo continuando verso Alpha, 28, e allineamento pista 28, Trade Air 729. [<i>dalla registrazione T-B-T</i>]
20:58:28	Ascolto ATIS su freq. 112.6	
21:01:20		Trade Air 729, pronti per la partenza. [<i>dalla registrazione T-B-T</i>]

↓	OMISSIS	
21:02:24	ATC: 729, pista 28, autorizzati al decollo, vento 150°/4 nodi. Riportate in volo.	
21:02:27		Autorizzati al decollo, pista 28, Trade Air 729, ed eseguirà. <i>[dalla registrazione T-B-T]</i>
21:03:37		TRADE-AIR 729, in volo.
	ATC: <i>[incomprensibile]</i> 729, roger. Milano 126.3. Ciao.	
21:03:39		126.3. Ciao. <i>[dalla registrazione T-B-T]</i>
21:03:23	Ok, gear up.	
21:03:48	Ok.	
21:03:51	Flaps up.	
21:03:59	Avviso E-GPWS: DON'T SINK (NON SCENDERE)	
21:04:00	Avviso E-GPWS: DON'T SINK (NON SCENDERE)	
21:04:01	Breve allarme sonoro (avviso di stallo)	
21:04:03	C'è qualcosa che non va.	
21:04:12	Avviso sonoro: BANK ANGLE	
21:04:14	Avviso sonoro: BANK ANGLE	
21:04:15	Mi dia che questo... <i>[traduzione letterale che può significare: «Dai un po'...»]</i> <i>[Frase incompleta che comunque non viene usata in stato di agitazione]</i>	
21:04:17	Avviso sonoro: BANK A...	
21:04:18	IMPATTO	

1.12. INFORMAZIONI SUL RELITTO E SUL LUOGO DI IMPATTO

In questo paragrafo sono riportate le informazioni acquisite dall'esame del relitto e del luogo dell'evento.

1.12.1. Luogo dell'incidente

Il punto in cui il Let L-410 9A-BTA ha urtato inizialmente il suolo si trova in coordinate geografiche N45°39'27.0" E009°41'19.6", a una elevazione di circa 780 piedi sul livello del mare, approssimativamente allo stesso livello del vicino aeroporto di partenza.



Foto 6: zona di impatto dell'aeromobile.

1.12.2. Tracce al suolo e distribuzione dei rottami

Le tracce del primo impatto al suolo erano impresse su un campo incolto, mentre quasi tutti i resti dell'aeromobile erano distribuiti su un adiacente campo arato, nei pressi della strada provinciale che collega i paesi di Grassobbio ed Azzano S. Paolo, in un'area rurale circondata da serre ed abitazioni.

I rottami si trovavano dispersi su un'area lunga 120 m e con un angolo di apertura dal punto iniziale di impatto di circa 35° e orientata lungo un asse di 135° magnetici.



Foto 7: vista aerea della distribuzione dei rottami.

1.12.3. Esame del relitto

L'aeromobile è andato completamente distrutto. L'elevata frammentazione e la distribuzione dei rottami sono indicative di un impatto avvenuto ad alta velocità.

La profondità del cratere, non eccessiva se paragonata all'energia dell'impatto, è indice di un angolo di incidenza relativamente piatto.

Inoltre, la forma del solco iniziale, i danni alla semiala sinistra e la posizione del ritrovamento dell'elica del motore sinistro fanno presupporre una elevata inclinazione alare a sinistra.

Infine, la posizione dei piani di coda e della cabina di pilotaggio sono indici di un ribaltamento successivo all'impatto.



Foto 8: vista ravvicinata della distribuzione dei rottami.

Fusoliera

L'analisi della fusoliera è risultata molto complessa a causa dell'alta frammentazione. Particolare attenzione è stata focalizzata sulla configurazione del vano di carico e sull'equipaggiamento di ritenzione della merce: il materiale con cui doveva essere rivestito il vano di carico potrebbe essere andato distrutto dall'incendio; pur tuttavia, il materiale di fissaggio è stato rinvenuto in quantità molto limitata.

Semiali e relative superfici mobili

Sulla semiala sinistra, andata anch'essa quasi completamente distrutta, sono evidenti i danni causati dall'urto contro i cavi dell'elettrodotto adiacente al campo dove è avvenuto l'incidente. I segni lasciati sulla semiala forniscono valide indicazioni in merito:

- all'elevato angolo di *bank* al momento dell'urto (tracce quasi perpendicolari all'angolo di attacco della semiala);
- al presunto angolo di impatto con il terreno;
- al momento di rotazione prodotto dal contatto con i cavi, che ha favorito il ribaltamento dell'aeromobile dopo il contatto con il terreno.



Foto 9: particolari dei danni subiti dalla semiala sinistra all'impatto con i cavi dell'elettrodotto.

Cabina di pilotaggio e strumentazione di bordo

La cabina di pilotaggio e il resto dell'aeromobile sono andati completamente distrutti. L'analisi della strumentazione di bordo ha fornito pochi dati, a causa della violenza dell'impatto e dell'incendio che ha interessato anche la cabina di pilotaggio. Tra i pochi strumenti ancora riconoscibili si segnala uno dei due anemometri, che indica una velocità di 172 KIAS (318 km/h), che potrebbe essere coerente con il dato registrato dal FDR al momento dell'impatto con il terreno (295 km/h). Dalla strumentazione dei motori si può dedurre che i propulsori stessero funzionando, come si nota dalle indicazioni dei seguenti strumenti: temperatura delle turbine (ITT), misuratore di flusso del carburante (*Fuel Flow*), RPM.

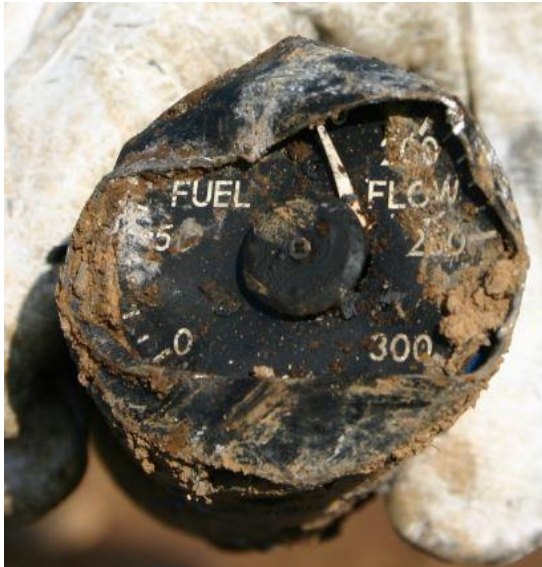


Foto 10, 11, 12 e 13: anemometro, indicatore temperatura turbina, indicatore *Fuel Flow* e RPM ritrovati tra i rottami.



Foto 14 e 15: orizzonte artificiale principale e *stand by*, rinvenuti tra i rottami.

La posizione della leva dei flap, collocata nella piantana centrale, risultava in posizione “retratti”, come da foto seguente.

La posizione della leva del carrello, anch'essa collocata nella piantana centrale, risultava in posizione “UP”.

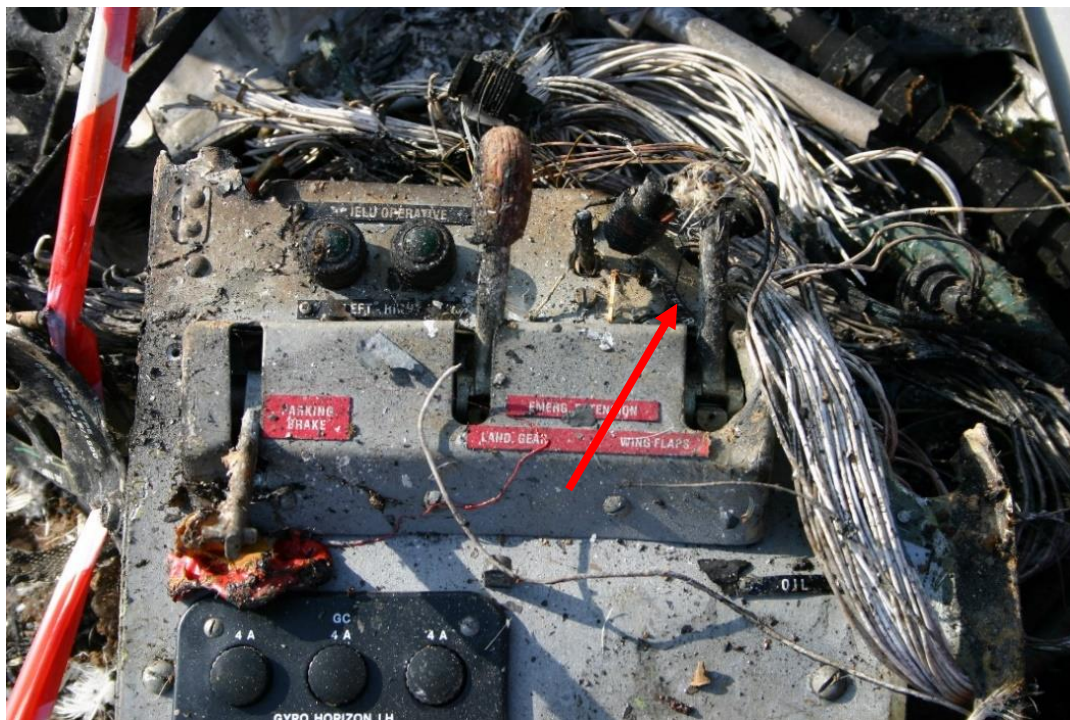


Foto 16: piantana centrale, con leva del carrello in posizione “UP” e leva dei flap (a destra) in posizione “retratti”.

Impennaggi e relative superfici mobili

Nonostante l'approfondita analisi delle superfici mobili, non è stato possibile determinarne la posizione al momento dell'impatto, in quanto completamente deformate e staccate dalla struttura principale per effetto della violenta collisione con il suolo. Particolare attenzione è stata posta nel verificare un eventuale malfunzionamento del dispositivo automatico (*Automatic Bank Control*), che interviene, in caso di avaria ad un motore, per compensare la spinta asimmetrica dell'unico propulsore rimasto funzionante attraverso la estroflessione di una delle due piccole superfici mobili imperniate alle estremità delle semiali e contigue agli assi di cerniera degli alettoni. Tali superfici mobili, qualora azionate per un malfunzionamento del sistema, avrebbero potuto inficiare la manovrabilità dell'aeromobile. Tuttavia, la posizione di queste due piccole superfici mobili è risultata correttamente retratta, così come confermato anche dal FDR.

Gruppo motopropulsore ed impianto combustibile

I motori sono stati rinvenuti estremamente danneggiati, mentre i gruppi eliche erano fuoriusciti dalla propria sede a causa del violento impatto. La posizione dei propulsori al momento del ritrovamento ed i danni rotazionali subiti rivelano che i medesimi stessero producendo spinta fino al momento dell'incidente.



Foto 17 e 18: stato di ritrovamento dei motori.

La posizione di ritrovamento dell'elica sinistra in prossimità del punto di impatto indica che la semiala sinistra ha colpito il terreno per prima. Alcune pale sono rimaste attaccate al mozzo dell'elica, che si è separato dal gruppo motore, mentre altre sono state ritrovate a una distanza considerevole, a causa della forza centrifuga al momento del distacco dal mozzo stesso. Il loro stato di deformazione conferma il fatto che i motori stessero funzionando al momento dell'impatto.



Foto 19: particolare delle pale dell'elica del motore sinistro conficcate nel terreno in prossimità della zona d'impatto.



Foto 20 e 21: deformazioni subite dalle pale delle eliche.

1.12.4. Dinamica di impatto

Sulla base delle tracce sul terreno, della distribuzione dei rottami, dei dati forniti dal FDR e dei danni osservati sul bordo d'attacco della semiala sinistra causati dall'impatto con i cavi dell'elettrodotto è stato possibile ricostruire, indicativamente, la dinamica di impatto.

L'aeromobile ha impattato contro il terreno con una traiettoria di discesa di circa 30° ed una inclinazione alare prossima ai 90° a sinistra, come evidenziato in figura.

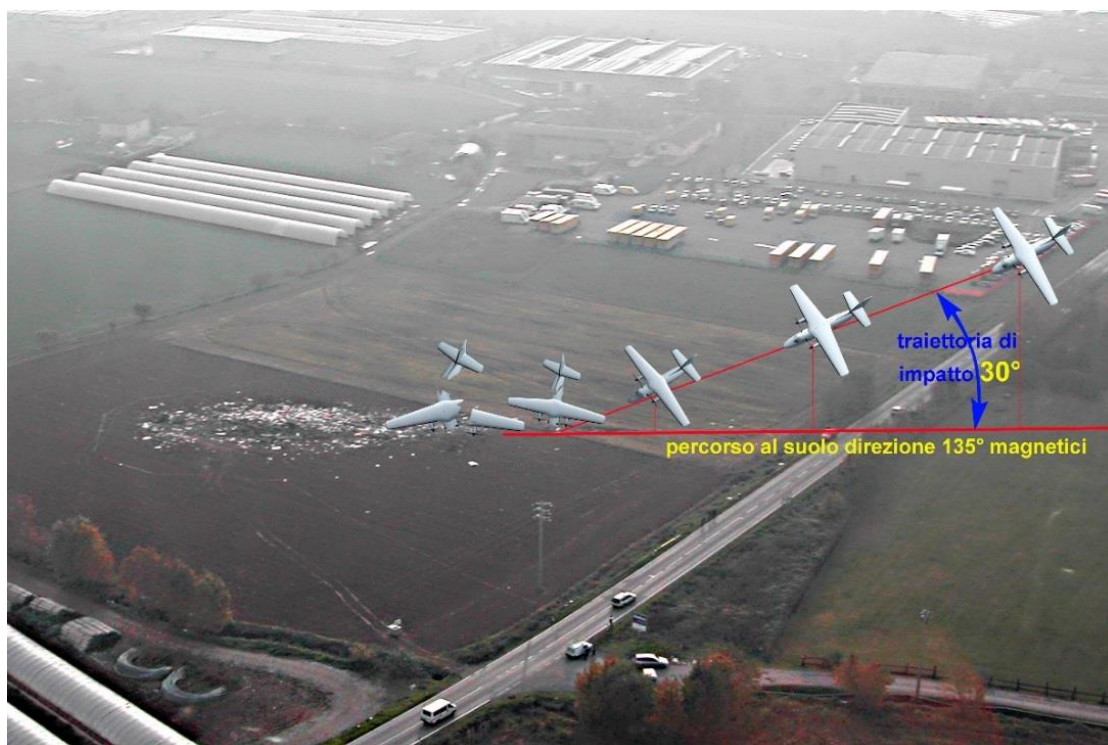


Figura 12: indicativa ricostruzione della dinamica dell'impatto con il suolo.

In particolare, il contatto della semiala sinistra con i cavi dell'elettrodotto ha impresso un momento rotatorio, che ha favorito il ribaltamento dell'aeromobile, con ulteriore effetto distruttivo.

1.12.5. Avarie connesse con l'evento

Dalla documentazione tecnica esaminata non risulta che il velivolo sia andato in volo con inefficienze che rilevino in relazione all'incidente; dall'esame dei rumori e delle conversazioni registrati dal CVR non sono emerse evidenze di avarie agli impianti di bordo manifestatesi durante il volo, che possano aver avuto una qualche correlazione con la dinamica dell'evento.

1.13. INFORMAZIONI DI NATURA MEDICA E PATOLOGICA

Non sono emerse evidenze di natura medica e patologica che possano aver influito sull'accadimento dell'evento.

1.14. INCENDIO

Tutte le evidenze rilevate sul luogo dell'incidente e sui rottami sono relative all'incendio innescatosi in seguito all'impatto con il terreno, che ha sprigionato temperature sicuramente superiori ai 660 °C (come confermato dalle tracce di liquefazione dell'alluminio rinvenute tra i rottami).

1.15. ASPETTI RELATIVI ALLA SOPRAVVIVENZA

Non ricevendo alcuna comunicazione dall'equipaggio dopo il cambio di frequenza, il competente ente ATS contattava prontamente la TWR di Bergamo. La fitta nebbia che insisteva nella zona ha chiaramente influito sulla corretta comprensione della gravità dell'accaduto da parte del personale in servizio, che, in assenza di un immediato riscontro visivo dell'accaduto e dell'incendio sviluppatosi, non ha attivato le procedure interne di allerta aeroportuale, né ha diramato i messaggi di disastro previsti dalle normative internazionali (INCERFA, ALERFA, DETRESFA), pur riuscendo nell'intento di definire la situazione ed indirizzare correttamente l'intervento dei soccorsi.

La violenza dell'impatto al suolo e la estrema frammentazione delle strutture dell'aeromobile che ne è conseguita non hanno consentito alcuna possibilità di sopravvivenza per le persone a bordo.

1.16. PROVE E RICERCHE EFFETTUATE

Non pertinente.

1.17. INFORMAZIONI ORGANIZZATIVE E GESTIONALI

Trade Air è una compagnia aerea privata fondata nel 1994, con sede operativa a Zagabria; alla data dell'incidente, la flotta comprendeva due velivoli a getto Fokker 100 e tre velivoli turboelica Let L-410, incluso quello andato distrutto.

Con 75 dipendenti ed una organizzazione strutturata in conformità alle normative europee JAR-OPS 1, la Trade Air offriva una vasta gamma di servizi, tra cui trasporto pubblico passeggeri e merci.

Ad iniziare dal 1995, i velivoli della compagnia hanno assicurato un regolare collegamento tra Bergamo e Zagabria.

Nel periodo antecedente la data dell'incidente, i velivoli della compagnia erano stati oggetto di verifiche di rampa da parte del personale ENAC di Orio al Serio. Tali controlli, condotti

pochi giorni prima dell'incidente (24 ottobre 2005) sull'aeromobile 9A-BTA, avevano evidenziato lacune nelle procedure di carico e fissaggio delle merci, come riportato nel SAFA Ramp Inspection Report.

SAFA Ramp Inspection Report			
Report ENAC-IT-2005-1328			
Source:	Ramp Inspection		
Date:	24/10/2005		
Local time:	22:00		
Place:	BERGAMO - Orio al Serio - LIME		
Operator:	TRADE AIR - TOR	Name:	
AOC Number:	CRO 003-04	State:	Croatia
Route from:	ZAGREB CITY - LDZG	Flight Number:	RS 0710
Route to:		Flight Number:	
Chartered by Operator:		Charterer's Name:	
Charterer's State:			
Aircraft Type:	Let L-410/420 Turbolet	Registration Mark:	9A-BTA
		Construction Number:	911258
Flight crew/ State of Licensing:	Hungary - LH	2 nd State of Licensing:	
Class of actions taken: 3d) Entry permit repercussions: - 3c) Aircraft grounded: - 3b) Corrective actions before flight authorised: Y 3a) Restriction on the aircraft operation: - 2) Information to the Authority and Operator: Y 1) Information to Captain: Y			
Findings:			
code	std	cat	remarks
A3	1	3	1) GPWS WITHOUT FORWARD LOOKING TERRAIN AVOIDANCE FUNCTION (Cat. 3). 2) A/C operating in ICAD EUR region and not ACAS II equipped (Cat. 3): Inspectors requested a copy of ACAS exemption. Sendes by fax the day after (approved by EUROCONTROL, ACAS Support Unit)
A6	1	2	NAVIGATION CHARTS: RECENTLY OUT OF DATE
A7	1	2	No evidence of NAA approval
D3	1	3	Arrival Flight: Cargo not correctly secured and restrained. The inspectors asked the PIC for a secure stowage of the cargo before departure (scheduled on 25th October)

Volo in arrivo con carico non correttamente assicurato e legato. Gli ispettori hanno chiesto al comandante (PIC) la messa in sicurezza del carico prima della partenza (pianificata per il giorno 25 Ottobre).

Figura 13: rapporto SAFA compilato da personale ENAC dell'aeroporto di Bergamo Orio al Serio, riferito ad un precedente volo operato dalla compagnia Trade Air con l'aeromobile coinvolto nell'incidente.

Si è ritenuto quindi opportuno effettuare una verifica delle condizioni del vano di carico dell'aeromobile gemello a quello dell'incidente, marche di identificazione 9A-BTB, operato dalla stessa compagnia. Esso presentava un numero esiguo di elementi di vincolo e fissaggio per il carico, come si può notare dalla fotografia sottostante.



Foto 22: vano di carico dell'aeromobile gemello marche 9A-BTB.

1.18. INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

Ipotesi di spostamento del carico in volo

Da una ricerca effettuata su precedenti incidenti occorsi ad aeromobili dello stesso tipo è risultato di particolare interesse l'incidente mortale occorso il 6 maggio 2004, in Sudan, all'aeromobile Let 410 marche di identificazione 9XR-DC. L'incidente era stato attribuito all'improvviso movimento del carico, non correttamente bloccato, che aveva reso il velivolo incontrollabile a causa dello spostamento del centro di gravità oltre il limite di centraggio consentito. La possibilità di uno spostamento del carico tale da influire sulla controllabilità del velivolo è stata quindi ulteriormente approfondita dall'ANSV nel corso dell'inchiesta di sicurezza, attraverso:

- verifiche sulla configurazione e sulle procedure di carico attuate dalla compagnia Trade Air;
- ispezione al velivolo gemello marche 9A-BTB (dettagliata al precedente paragrafo);
- le testimonianze rese da alcuni dipendenti DHL in merito al caricamento e alla disposizione dei pacchi nel vano di carico (piccoli pacchi sfusi, che riempivano completamente il vano di carico, tanto è vero che una parte del carico era stata stipata anche nello scomparto anteriore); va precisato che il caricamento, non effettuato sotto

- il manifesto di carico ed i resti ritrovati intorno al relitto.

Ipotesi di mancata rimozione dell'asta blocco comandi di volo

A line drawing of a bicycle seat assembly. The seat is mounted on a vertical post. Four numbered callouts point to specific parts: 1 points to the seat plate, 2 points to the seat post, 3 points to the seat clamp, and 4 points to the seat post clamp.

Qualora la barra fosse risultata estesa, ma non perfettamente collegata alla pedaliera o al volantino, non sarebbe stata di intralcio ai comandi dell'elevatore (*pitch*) durante la rotazione per il decollo, ma avrebbe consentito solo movimenti marginali per quanto riguarda il controllo degli alettoni (*roll*) e della pedaliera (*yaw*).

Si veda oltre per l'analisi di questo aspetto.

Testimonianze

Il personale della TWR, che stava osservando il radar utilizzato per i movimenti a terra, ha riferito di aver avuto l'impressione che l'aeromobile stesse “seguendo” la TWY ad alta velocità “E”.

1.19. TECNICHE DI INDAGINE UTILI O EFFICACI

Non pertinente.

CAPITOLO II

ANALISI

2. GENERALITÀ

Di seguito vengono analizzati gli elementi oggettivi acquisiti nel corso dell'inchiesta, descritti nel capitolo precedente.

L'obiettivo dell'analisi consiste nello stabilire un nesso logico tra le evidenze acquisite e le conclusioni.

La breve traiettoria di volo dell'aeromobile prima dell'incidente è stata ricostruita utilizzando i dati del FDR, quelli del radar di sorveglianza di aerodromo (SMR) presente presso l'aeroporto di Bergamo e quelli dei radar PSR e SSR del MRT di Milano ACC. La ricostruzione è rappresentata nella figura sottostante ed analizzata in tutte le sue parti nei paragrafi seguenti.

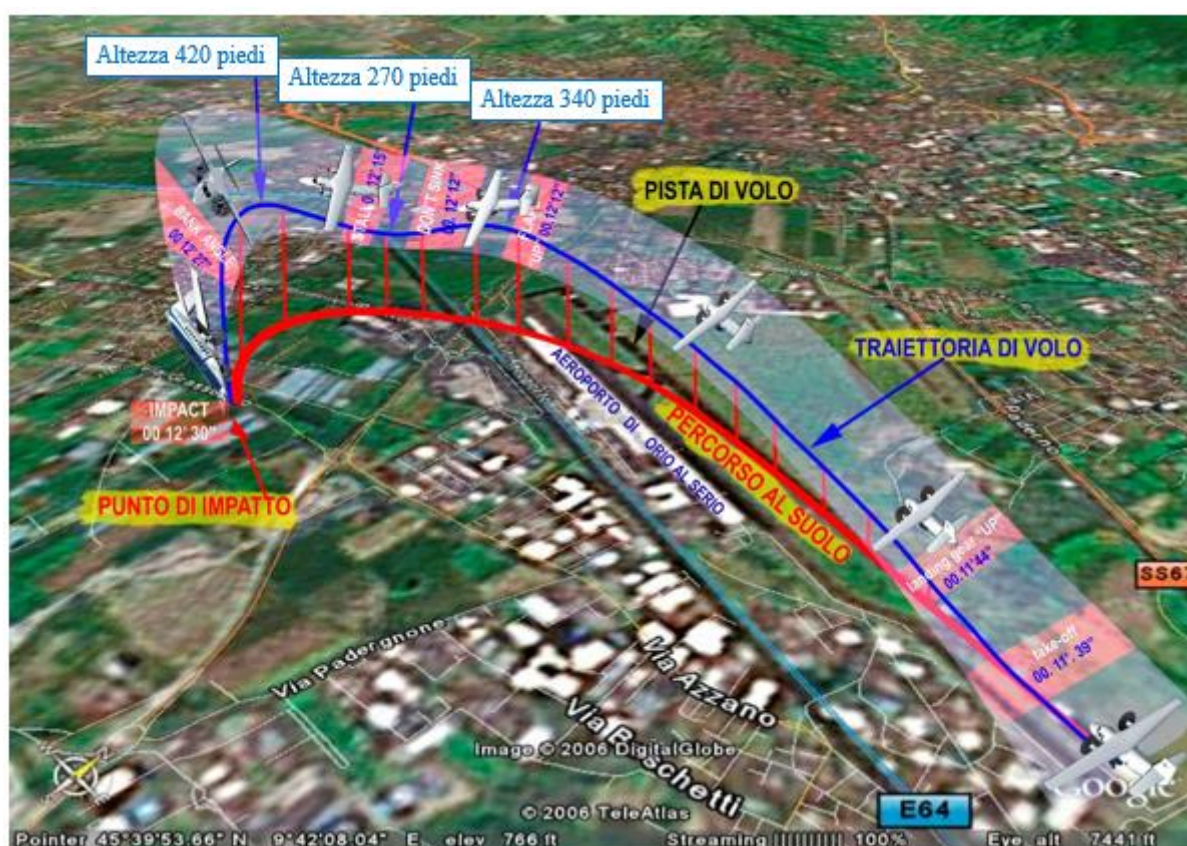


Figura 15: ricostruzione della traiettoria percorsa dall'aeromobile 9A-BTA.

2.1. PREPARAZIONE DEL VOLO

La variazione dell'orario di partenza rispetto a quello previsto ha fatto sì che l'equipaggio arrivasse all'aeromobile quando le operazioni di carico erano, di fatto, già state completate; il comandante si è limitato a compilare il modulo di peso e centraggio con i dati forniti dal personale DHL.

Il modulo per il calcolo del peso e bilanciamento dell'aeromobile è stato tuttavia compilato in maniera approssimativa, inserendo un dato di Dry Operating Weight (DOW) improprio e non prendendo in considerazione il peso del passeggero.

Dal controllo della documentazione comprovante i calcoli di massa e centraggio rispetto a quanto previsto sull'OM, è emersa infatti una criticità nel dato riferito al Dry Operating Weight (DOW = DOM) utilizzato dal comandante. Considerando infatti le indicazioni riportate nell'OM relativamente ai voli condotti su aeromobili in configurazione cargo e con presenza di un assistente di volo (assimilabile alla effettiva condizione con un passeggero a bordo), l'improprietà sarebbe risultata di 264 kg, come evidenziato nella figura successiva, fornita dal costruttore Let a seguito di una analisi accurata dei dati di decollo.

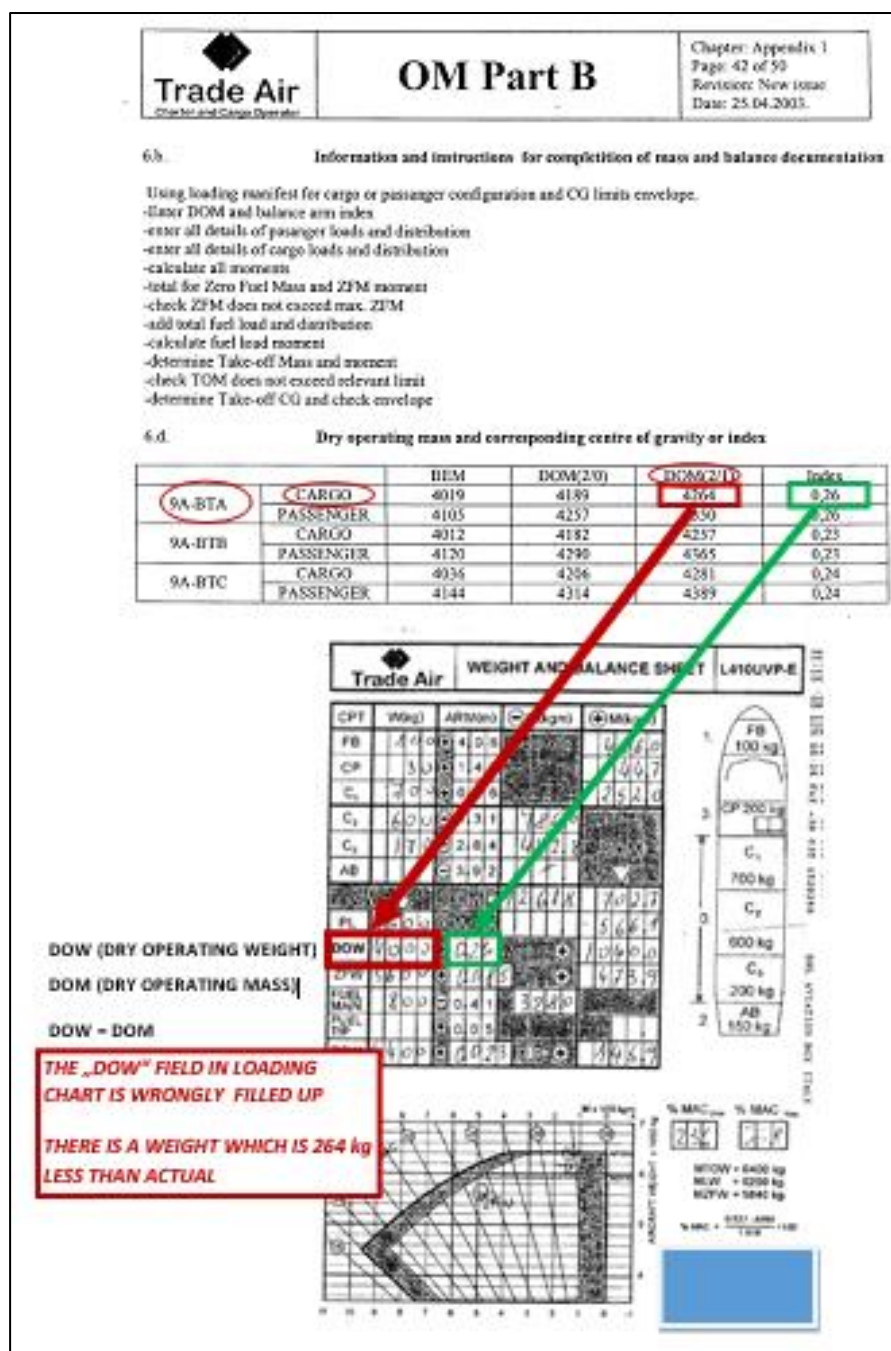


Figura 16: i calcoli di massa e centraggio non sono stati effettuati secondo quanto stabilito dall'OM della compagnia; inoltre, i dati del passeggero non sono stati inseriti.

La presenza della passeggera a bordo, benché omessa nei calcoli di massa e centraggio dell'aeromobile, era in linea con quanto previsto dalla regolamentazione di compagnia. Quest'ultima, infatti, prevedeva la possibilità di imbarcare passeggeri sui propri velivoli, utilizzando sedili normalmente adibiti all'equipaggio di cabina, a discrezione del comandante e fatte salve alcune condizioni, quali la capacità di evacuare autonomamente l'aeromobile e ricevere il *briefing* di sicurezza. La passeggera rientrava in questa casistica, grazie anche alla

sua passata esperienza di assistente di volo. L'operatore del velivolo ha tuttavia dichiarato che non era a conoscenza della presenza a bordo del passeggero.

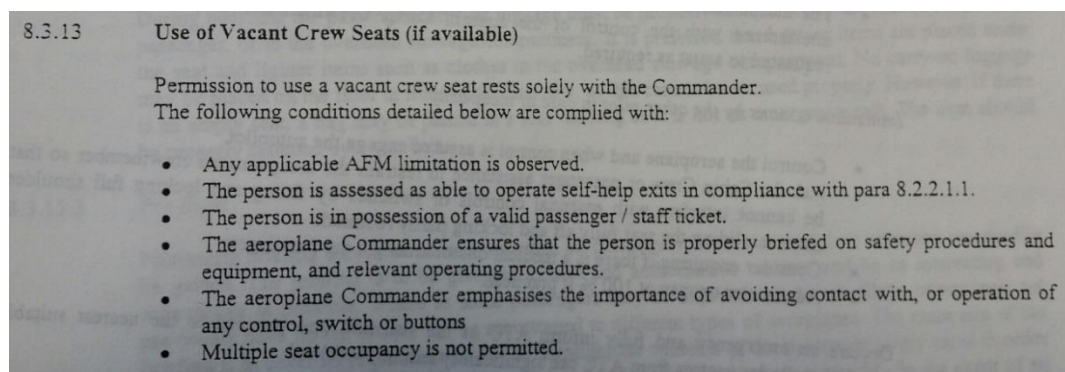


Figura 17: estratto dell'OM di compagnia relativo all'utilizzo dei sedili adibiti all'equipaggio da parte di passeggeri.

Premesso che la normativa aeronautica pone in capo al comandante la responsabilità di verificare la quantità e la distribuzione delle masse a bordo dell'aeromobile prima del decollo, dai colloqui avuti con i coordinatori delle operazioni di carico sarebbe emerso che a questi ultimi fossero state impartite linee guida generiche e che il vano di carico dell'aeromobile non sarebbe stato presumibilmente predisposto per accogliere il carico in maniera adeguata. Ciò sarebbe in linea col ritrovamento, tra i rottami, di pochi dispositivi per la ritenzione della merce trasportata (alcuni brandelli di rete e uno spezzone di cinghia), nonché di una esigua quantità di polycarbonato che avrebbe dovuto ricoprire internamente il vano di carico, ancorché sia possibile che quest'ultimo sia andato parzialmente distrutto dall'incendio. Peraltro, come già visto in precedenza, nel corso di una ispezione SAFA proprio all'aeromobile 9A-BTA, condotta alcuni giorni prima dell'incidente, erano emerse carenze nelle procedure di carico e fissaggio delle merci, confermate anche dall'esiguo materiale di vincolo riscontrato durante il sopralluogo condotto dal personale dell'ANSV sull'aeromobile gemello, operato dalla stessa compagnia.

2.2. CONDOTTA DEL VOLO

Gli apparati di navigazione dell'aeromobile risultavano efficienti prima della partenza e dall'esame del FDR non sono emerse avarie dopo il decollo, così come non risulta che vi siano state avarie ai sistemi di ausilio alla navigazione. Dalle comunicazioni radio con l'ATC non sono emerse problematiche manifestate dall'equipaggio.

Le istruzioni relative alla SID sono state comunicate dalla TWR e ripetute in maniera corretta da parte dell'equipaggio, come risulta dalla registrazione del CVR. La SID pubblicata

prevedeva, dopo il decollo, di mantenere prua pista fino a 2 NM dal VOR/DME di Orio al Serio (ORI), per poi virare a sinistra e procedere come indicato dalla linea blu nella figura sottostante. La traccia rossa riportata in figura rappresenta, invece, la ricostruzione del percorso a terra realmente seguito dall'aeromobile fino all'incidente.

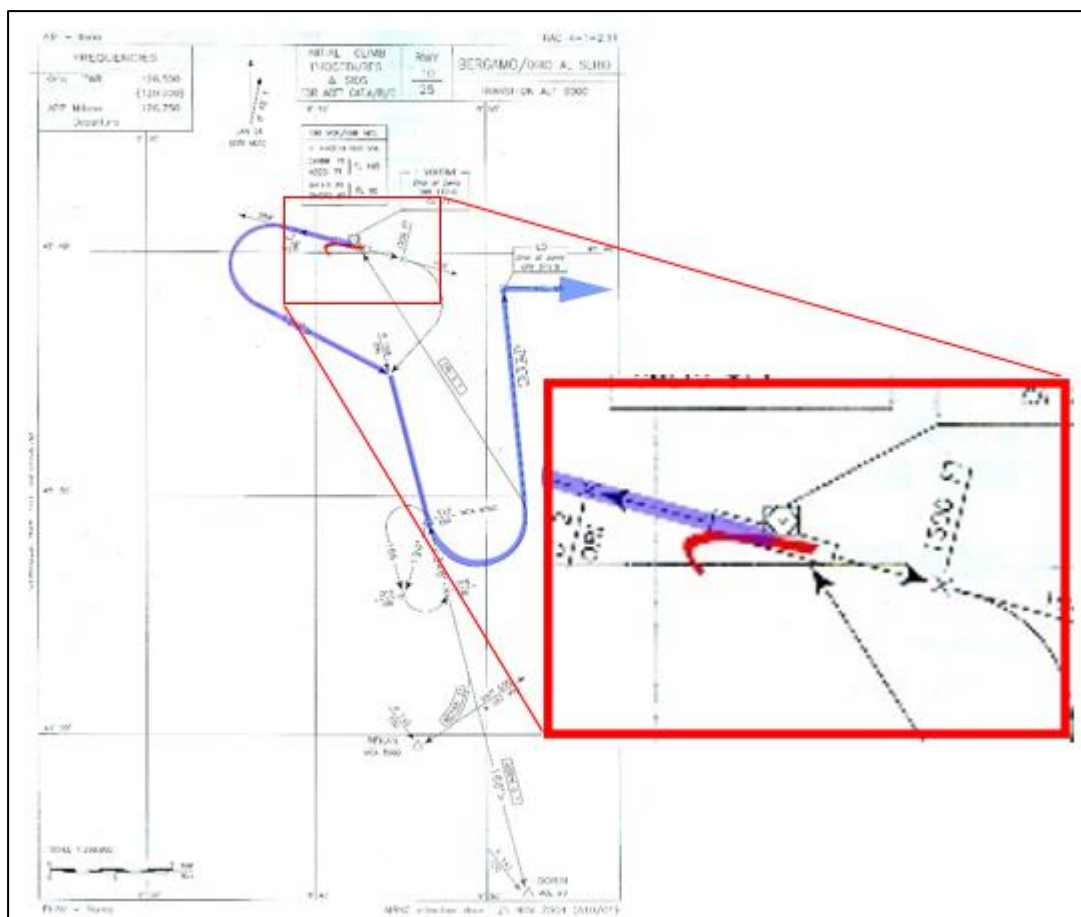


Figura 18: in azzurro, SID cui il Let L-410 era stato autorizzato; in rosso, ricostruzione del percorso seguito dall'aeromobile dopo il decollo.

Il tracciato radar conferma la deviazione verso sinistra iniziata subito dopo il decollo e accentuatasi negli ultimi attimi del volo, che ha portato l'aeromobile ad invertire la rotta iniziale, raggiungendo una quota massima di circa 420 piedi AGL prima di precipitare.

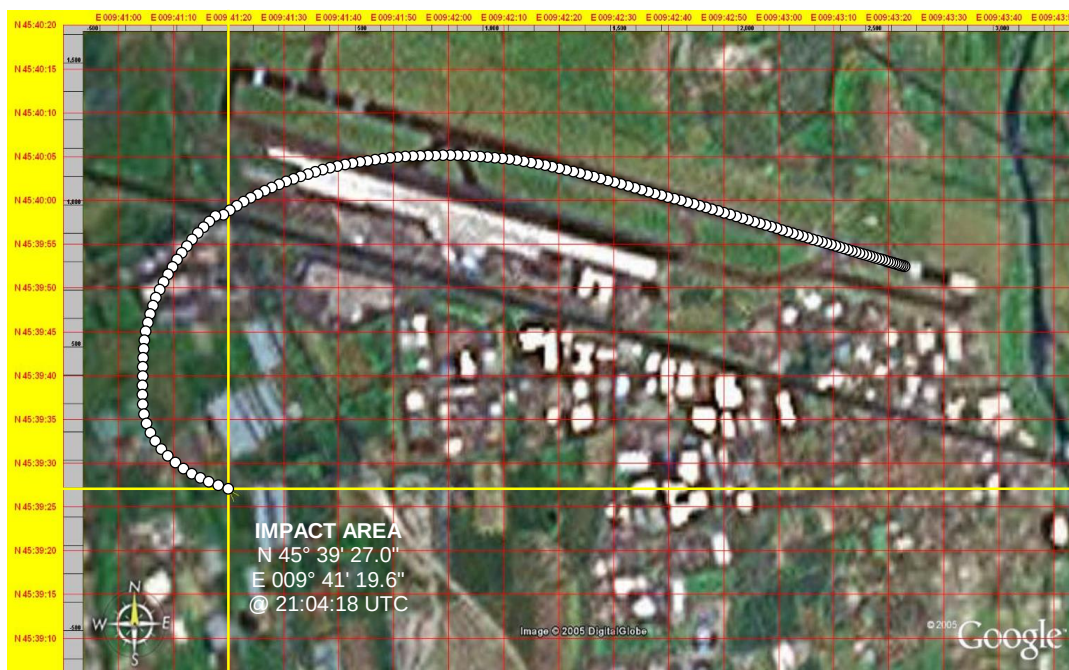


Figura 19: ricostruzione della traccia al suolo dell'aeromobile (su supporto Google Earth).

Dall'ascolto del CVR risulta che i controlli relativi al prevolo e alla preparazione per la messa in moto dei motori siano stati condotti in maniera corretta, seguendo il concetto “*read and do*”, ovvero lette dal copilota ed eseguite dal comandante. Molte delle frasi registrate successivamente dal CVR risultano tuttavia incomprensibili; parrebbe invece evidente la mancanza di una chiara comunicazione di “*checklist completed*” prima, durante e dopo il rullaggio, come invece previsto dall'OM. Inoltre, il comandante, sebbene cosciente delle condizioni meteorologiche che non avrebbero consentito di utilizzare l'aeroporto di partenza per un eventuale rientro immediato, afferma «... e in caso di... torniamo indietro, voglio dire, avvicinamento, normalmente quello che loro ci daranno, entrambi Papa o Tango» (riferito alle procedure ILS di Bergamo).

Il rullaggio dalla piazzola 12 alla testata RWY 28 è stato condotto seguendo la *vettura follow-me*, come prescritto dalle procedure aeroportuali di Orio al Serio nel caso di visibilità inferiori ai 400 m, confermando ancora una volta che le operazioni venivano condotte nella fascia di visibilità più restrittiva. Durante tutto il non breve periodo del rullaggio le comunicazioni registrate dal CVR sono state poche, come pure quelle intercorse con l'ATC, probabilmente per l'esigenza dell'equipaggio di concentrarsi sul rullaggio stesso in condizioni di bassissima visibilità.

dell'aeromobile (ipotizzabile, sulla base delle prestazioni dell'aeromobile, poco prima della TWY C), le luci pista si riducono alla *center line* e a quelle di bordo pista. Le luci della TWY "E", posta obliquamente a sinistra della pista, potrebbero aver dato al pilota l'illusione ottica³ di essere in virata a destra, con la necessità, quindi, di correggere a sinistra, innescando così un pericoloso disorientamento spaziale accentuato dalle luci che filtravano attraverso la fitta nebbia. Questa ipotesi risulterebbe plausibile proprio alla luce della dichiarazione del personale della TWR, che, sulla base di quanto osservato sul SRM, ha riferito quanto sopra già detto, cioè che sembrava che l'aeromobile avesse imboccato la via di rullaggio ad alta velocità "E".

Potrebbe quindi risultare plausibile che, una volta in volo, il comandante (PF), seduto a sinistra, sia incorso in un'illusione ottica prodotta dalle luci della via di rullaggio alla sua sinistra.

L'unica anomalia rilevate dai dati FDR consiste in una discrepanza della coppia erogata al decollo dai due motori. Non si ritiene, comunque, che questo dato possa costituire un elemento atto a provocare una perdita di controllo dell'aeromobile, in quanto la spinta superiore del motore sinistro avrebbe innescato una eventuale tendenza a imbardare verso destra. Tuttavia, non si può del tutto escludere che questa asimmetria possa avere concorso all'iniziale inclinazione alare verso sinistra in maniera indiretta, come correzione attuata dal pilota ai comandi per contrastare una tendenza contraria dell'aeromobile.

I dati di velocità e quota rilevati dal FDR, relativamente alla fase di salita iniziale fino alla retrazione dei *flap*, sono in linea con quanto riportato nell'OM per un decollo normale (400 piedi/94 KIAS); tuttavia tale manovra si discosta dalle procedure "*Noise Abatement*" previste per i decolli da Orio al Serio e definite nell'OM. Quest'ultimo identifica due tipologie di procedure antirumore, che prevedono entrambe una salita iniziale a velocità costante e con i *flap* estesi fino alla quota di 3000 piedi (Procedura A) o 1000 piedi (Procedura B) rispetto all'elevazione dell'aeroporto, prima di accelerare e retrarre i *flap* alla velocità prevista.

³ Dal sito www.skybrary.aero/index.php/Visual_Illusions: una illusione ottica si verifica quando l'occhio del pilota faccia una errata valutazione della posizione o orientamento dell'aeromobile rispetto all'ambiente esterno. Essa si verifica quando il pilota percepisca il mondo esterno in maniera diversa da come sia nella realtà e la sua risposta alla situazione non raggiunga i risultati aspettati. Tale illusione risulta particolarmente critica quando ci si trovi in assenza di riferimenti visivi (di notte) o si transiti da condizioni VMC a IMC o viceversa. Da una analisi effettuata a livello mondiale dalla Flight Safety Foundation, su 76 incidenti e inconvenienti di volo occorsi nel periodo 1984/1997, il 21% di essi è riconducibile a disorientamento e illusioni ottiche dell'equipaggio; la carenza di visibilità ha costituito un fattore significativo per il 59% degli eventi presi in considerazione.

La retrazione dei *flap* è indubbiamente avvenuta in un momento critico della manovra, in quanto l'aeromobile, pur essendo ad una velocità adeguata (circa 103 KIAS contro i 94 KIAS previsti dall'OM), era già con un assetto caratterizzato da un angolo di inclinazione alare superiore ai 20°, apparentemente non percepito (o verificato sugli strumenti) da alcun membro di equipaggio.

La perdita di portanza dovuta al rientro degli ipersostentatori, sommata all'incremento del fattore di carico (fino a 1,4 g) innescato dal pilota in reazione all'avviso acustico "DON'T SINK", e l'inclinazione alare già oltre i 20° non hanno fatto altro che portare il velivolo in una condizione momentanea di stallo, testimoniata dal breve segnale acustico registrato da CVR e FDR immediatamente dopo la retrazione dei *flap* e aggravata dalle condizioni di sovrappeso precedentemente esposte.

La figura sottostante evidenzia l'incremento della velocità di stallo di circa 15 nodi a seguito della retrazione dei *flap*.

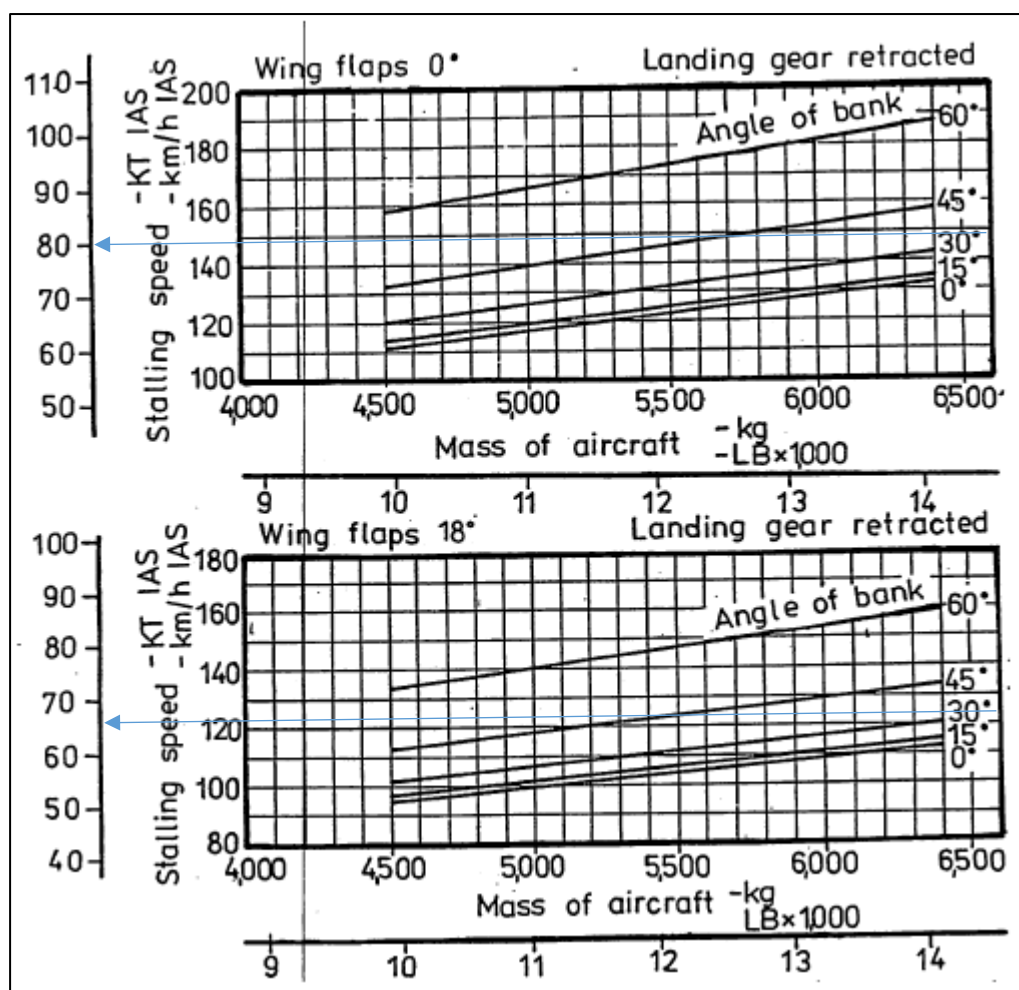


Figura 21: velocità di stallo nella presunta configurazione di peso e inclinazione alare dell'aeromobile.

L'avviso acustico "DON'T SINK" prodotto dall'E-GPWS è stato attivato dalla perdita di quota, in questa fase del volo, di circa 60 piedi, prima che l'aeromobile riprendesse una leggera salita, favorita dalla naturale tendenza al "*pitch up*" dell'aeromobile ad ala alta durante la retrazione dei *flap*, come evidenziato dai dati FDR.

La movimentazione dei *flap*, così come la retrazione o estensione del carrello, rientra tra quelle manovre normalmente "chiamate" dal PF ed effettuate dal PNF dopo aver controllato i parametri di volo.

L'aeromobile si è trovato quindi con un assetto critico, caratterizzato da un alto angolo di incidenza (confermato dall'avviso di stallo), una ridotta portanza dovuta alla retrazione dei *flap* e da un elevato angolo di rollio (come confermato dall'avviso acustico "BANK ANGLE" registrato tre volte in rapida successione dal CVR). A questo *input* il comandante ha reagito in maniera istintiva, tentando di risollevare la semiala sinistra ruotando il volantino verso destra, ma la correzione è stata effettuata tardivamente e per un tempo insufficiente a recuperare un angolo di *bank* ormai superiore ai 45°.

Data la bassa quota a cui l'evento si è verificato (l'aeromobile ha raggiunto la quota massima di circa 420 piedi AGL) non è stato possibile per l'equipaggio recuperare la corretta posizione dell'aeromobile, che ha continuato la spirale verso il terreno.

Dai grafici riportati nelle figure 6 e 7, estrapolati dai dati FDR, si evincono le fasi sopra esposte in maniera dettagliata ed analitica relative all'ultimo minuto di registrazione.

Nel grafico in figura 6 si nota la tendenza, nell'ultima parte del volo, ad un accentuarsi della deviazione relativa agli alettoni verso sinistra ed un improvviso cambio di direzione presumibilmente assimilabile al momento in cui il pilota ha provato a raddrizzare l'ala.

Analogamente, la variazione di prua è sempre più rapida all'aumentare dell'inclinazione alare, che arriva a quasi 90° prima dell'impatto, come confermato dall'analisi del relitto.

Nel grafico in figura 7, dove vengono prese in considerazione l'accelerazione "g" cui l'aeromobile è stato sottoposto, la velocità e la quota, è evidente l'incremento di "g" dovuto alla virata e al contemporaneo movimento a cabrare impartito dal pilota in reazione all'allarme sonoro "DON'T SINK" in seguito alla retrazione dei *flap*. La velocità risulta in costante aumento e, verosimilmente, ha indotto l'equipaggio a retrarre i *flap* ad una velocità di circa 104 KIAS (193 km/h), che rientra ampiamente nel limite massimo consentito di 135 KIAS (250 km/h). L'aeromobile ha poi continuato ad accelerare per effetto della spinta dei motori e la perdita di quota, fino a raggiungere una velocità di circa 160 KIAS (295 km/h) poco prima dell'impatto.

Ipotesi di spostamento del carico in volo

Poiché tra gli incidenti occorsi alla tipologia di aeromobile in esame, uno (quello occorso nel 2004, in Sudan, all'aeromobile marche di identificazione 9XR-DC) era stato attribuito all'improvviso movimento del carico, non correttamente bloccato, è stata analizzata l'ipotesi di uno spostamento del carico, tale da influire sulla controllabilità dell'aeromobile.

Dalle evidenze raccolte è risultato improbabile uno spostamento sostanziale del carico, in grado di compromettere la controllabilità dell'aeromobile, pur non escludendo che un possibile movimento del carico in volo (o un suo inadeguato posizionamento) possa aver indotto l'iniziale tendenza dell'aeroplano ad inclinarsi a sinistra.

Ipotesi di mancata rimozione dell'asta blocco comandi

Durante l'inchiesta di sicurezza è stata inoltre esaminata la possibilità che l'equipaggio possa aver dimenticato di rimuovere l'asta di blocco dei comandi (*control lock*) prima del volo.

Qualora la barra, descritta al paragrafo 1.18, fosse risultata estesa, ma non perfettamente collegata alla pedaliera o al volantino, non sarebbe stata di intralcio ai comandi dell'elevatore (*pitch*) durante la rotazione per il decollo, ma avrebbe consentito solo movimenti marginali per quanto riguarda il controllo degli alettoni (*roll*) e della pedaliera (*yaw*).

Peraltro, durante il rullaggio, il ruotino viene azionato dal “*nose wheel steering tiller*”, che è posizionato sulla piantana centrale in maniera indipendente dal volantino e dalla pedaliera. Inoltre, i freni vengono azionati con la parte superiore dei pedali e tale azione non risente di un eventuale blocco dei comandi di volo. Quindi sarebbe risultato difficile per i piloti rendersi conto di un blocco parziale di questo genere.

Tuttavia, almeno in due occasioni prima del decollo, l'equipaggio avrebbe dovuto accorgersi dell'eventuale presenza del predetto sistema di blocco:

- nella “*Pre-flight checklist*”, al punto 2, viene indicato: “Control lock” – “Removed”;
- nella “*Holding checklist*” effettuata prima di entrare in pista per il decollo, al punto 3, viene indicato “Controls” – “Checked”. In questa fase si controlla proprio la libertà di movimento di tutti i comandi di volo portandoli a fine corsa.

Dal FDR risulta, comunque, che solo il timone di profondità sia stato portato a fondo corsa prima del decollo.

Nella parte iniziale del volo, la registrazione dei parametri FDR non evidenzia eccessive escursioni dei comandi di *roll*, mentre la pedaliera è risultata pressoché neutra (a parte dei picchi ritenuti segnali spuri). Solo quando il comandante avesse avuto la necessità di effettuare

una manovra più decisa per contrastare l'inclinazione alare si sarebbe reso conto del parziale blocco del volantino.

Questa teoria, sebbene per alcuni aspetti plausibile, è stata considerata altamente improbabile dal costruttore stesso dell'aeromobile, in quanto il pannello frontale (contrassegnato con il numero 1 nella figura 14) dell'asta di bloccaggio copre praticamente il volantino e non consente al pilota di raggiungere i comandi. Peraltro, tale ipotesi non spiegherebbe la iniziale tendenza dell'aeromobile a virare a sinistra e, alla luce delle registrazioni del CVR, le reazioni dell'equipaggio appaiono eccessivamente pacate di fronte ad una eventuale situazione critica di blocco dei comandi di volo.

2.3. FATTORE AMBIENTALE

Osservando le condizioni generali del tempo e le temperature riportate a bassa quota, caratterizzate da alta pressione e da stabilità, si può ragionevolmente escludere che l'aeromobile abbia incontrato fenomeni di turbolenza atmosferica o ghiaccio durante il decollo e la salita iniziale. L'elemento di criticità, dal punto di vista ambientale, è quindi identificabile con la bassissima visibilità, a causa della fitta nebbia che insisteva nell'area.

I bollettini meteorologici che sono stati messi a disposizione dell'equipaggio all'arrivo in aeroporto, fino all'ultimo ATIS ascoltato via radio pochi attimi prima del decollo, hanno sempre riportato una RVR inferiore ai 400 metri ed un base delle nubi a 100 piedi.

Gran parte delle comunicazioni occorse nella cabina di pilotaggio durante la fase di prevolo ha riguardato proprio le avverse condizioni meteorologiche: l'equipaggio si è reso conto che non atterrava alcun aeromobile ed ha discusso le problematiche inerenti al decollo con bassa visibilità. Il comandante ha comunque deciso di proseguire con il volo, accelerando peraltro le procedure di partenza tramite l'invio di un "*ready message*" e sollecitando la TWR per l'autorizzazione alla messa in moto.

Pur essendo la visibilità riportata prossima a quella limite, era comunque superiore alla minima prevista dall'OM della compagnia (figura successiva) per decolli in condizioni notturne e con luci di bordo pista e di mezzera efficienti (condizioni in cui si trovava l'aeroporto di Orio al Serio).

 Trade Air Charter and Cargo Operator	Flight Operations OPERATIONS MANUAL	Chapter: 8 Page: 9 of 67 Revision: New issue Date: 01.11.2001
---	--	--

Table 2 RVR/Visibility for Take-Off.

Take-off RVR / Visibility	
Facilities	RVR/Visibility (Note 3)
Nil (Day only)	500 m
Runway edge lighting and / or centreline marking	250/300m (Notes 1 & 2)
Runway edge and centreline lighting	200/250 m (Note 1)
Runway edge and centreline lighting and multiple RVR information	150/200 m (Notes 1 & 4)

NOTES:

- The higher values apply to Category D aeroplanes.*
- For night operations, at least runway edge and runway end lights are required.*
- The reported RVR/Visibility representative of the initial part of the take-off run may be replaced by pilot assessment.*
- The required RVR value must be achieved for all of the relevant RVR reporting points except as stated in Note 3, above.*

It is assumed that the aeroplane's performance is such that in the event of an engine failure at any point during take-off, the aeroplane can either stop or continue to a height of 1500 feet above the aerodrome while clearing all obstacles by the required margins.

Figura 22: estratto dell'OM di compagnia relativo alla visibilità minima per il decollo.

Il dubbio di una possibile cancellazione del volo è stato esternato, ad un certo punto della conversazione, tra i piloti, ma, alla fine della discussione, il comandante ha esortato il copilota a chiedere un nuovo stimato di partenza alla TWR: «gli dica che sono passati 10 minuti e che siamo pronti per ...».

2.4. FATTORE TECNICO

Durante l'inchiesta sono state considerate ed analizzate molteplici evidenze tecniche che avrebbero potuto indurre l'aeromobile ad assumere l'assetto che ha poi determinato l'incidente.

Sono ovviamente stati esclusi quei fattori macroscopici che avrebbero determinato una pronta reazione dell'equipaggio e la puntuale registrazione su CVR e FDR di molteplici elementi di prova (avaria motore, blocco dei comandi di volo, ecc.).

Particolare attenzione è stata posta sulla discrepanza, rilevata dal FDR, nella posizione del trim di direzione, che, tuttavia, è risultata rientrare nelle tolleranze ammissibili ed ininfluyente ai fini dell'incidente.

Una ulteriore ricerca è stata effettuata per stabilire l'eventualità che una delle superfici mobili atte a garantire la controllabilità laterale dell'aeromobile in caso di avaria ad un motore (*Automatic Bank Control System*) potesse essere estroflessa, causando, così, l'imbardata iniziale. Anche questa ipotesi è risultata poco plausibile, a causa delle evidenze raccolte sul

luogo dell'incidente. Peraltro, sul velivolo sono installate segnalazioni luminose che allertano della fuoriuscita di queste superfici e che avrebbero causato la reazione dell'equipaggio e la conseguente registrazione nel CVR. Inoltre, la loro posizione è monitorizzata dal FDR, che, per tutta la durata del volo, non ne ha registrato alcun movimento.

Infine è stata analizzata la possibilità di una avaria ad uno o ad entrambi gli orizzonti artificiali, che avrebbe potuto innescare il disorientamento spaziale dei piloti. Tuttavia, anche questa evenienza avrebbe dovuto avere un riscontro nel FDR di bordo, che registra il funzionamento di tali strumenti.

2.5. FATTORE UMANO/CRM

Dall'analisi dei fattori che hanno contribuito al verificarsi dell'incidente, parrebbe evidente che la componente “umana” abbia inciso significativamente sull'accadimento dell'evento.

Dall'ascolto delle registrazioni del CVR è emerso quanto segue:

- il contenuto dei dialoghi, gli scambi di battute ed i toni delle voci confermano un ambiente sostanzialmente sereno;
- dalle parole del comandante non sono emersi atteggiamenti eccessivamente autoritari nei confronti del più inesperto copilota, nonostante si rivolga a quest'ultimo in maniera formale, dandole del “lei”;
- il copilota gestisce attivamente le comunicazioni con la TWR e la *checklist* di “*before start*” in un inglese disinvolto e corretto;
- nelle comunicazioni tra i membri dell'equipaggio e con il personale della TWR emerge una persistente sensazione di urgenza;
- la chiamata radio “*airborne*” effettuata dal copilota dopo il decollo confermerebbe che il comandante fosse il pilota ai comandi (PF) durante il decollo;
- l'assenza di comunicazioni relative ad avarie o anomalie di funzionamento indicano che l'aeromobile appariva all'equipaggio completamente efficiente durante il breve volo;
- le comunicazioni pacate e l'assenza di esclamazioni negli attimi prima dell'impatto parrebbero indicare che l'equipaggio non fosse pienamente consapevole dell'assetto del velivolo e della perdita di quota.

Altri aspetti che emergono dall'analisi precedente, supportati dagli strumenti messi a disposizione dalla letteratura scientifica relativa agli studi sul fattore umano, sono i seguenti:

- la pressione psicologica di rientrare a Zagabria (effettiva o, più probabilmente, percepita), testimoniata da una serie di comportamenti dell'equipaggio, potrebbe aver messo fretta a quest'ultimo;
- la frettolosa pianificazione del volo ha fatto sì che, tra le altre cose, si eccedesse il limite massimo di peso al decollo, autorizzando l'imbarco di un passeggero senza includerlo nei calcoli di peso e centraggio e inserendo nei calcoli di massa e centraggio un dato di peso improprio; azioni che potrebbero indicare una eccessiva fiducia nelle proprie capacità, derivante dall'esperienza maturata o dalla ripetitività dei voli;
- l'analisi delle limitazioni operative imposte dalla visibilità inferiore ai 400 metri è stata superficiale, probabilmente a causa dell'urgenza di decollare;
- alcuni controlli predecollo non sono stati effettuati o, quanto meno, non sono stati svolti secondo i criteri dettati dall'OM e, più in generale, dai principi del CRM, tra cui il *briefing* predecollo, dove si sarebbero dovute specificare compiutamente le procedure di "*Noise Abatement*" e di una eventuale *diversion* all'aeroporto alternato nel caso di emergenza in decollo (*emergency return*), poiché le condizioni sull'aeroporto di partenza erano inferiori alle minime per l'avvicinamento;
- il copilota, con il compito di monitoraggio dei parametri di volo proprio del PNF, non parrebbe essersi accorto del pericoloso assetto che l'aeromobile stava assumendo o non sarebbe intervenuto con la necessaria assertività;
- il comandante potrebbe essere stato presumibilmente affetto da una illusione ottica dovuta alle luci della TWY "E", che filtravano nella nebbia dopo il decollo;
- l'angolo di *bank*, sviluppatosi in maniera progressiva, ma costante, potrebbe aver "ingannato" l'apparato vestibolare; il disorientamento spaziale, probabilmente nato dall'illusione ottica subita dal comandante, avrebbe prodotto un degrado della "*situation awareness*", che ha portato alla perdita di controllo dell'aeromobile.

CAPITOLO III

CONCLUSIONI

3. GENERALITÀ

In questo capitolo sono riportati i fatti accertati nel corso dell'inchiesta e le cause dell'evento.

3.1. EVIDENZE

- I membri dell'equipaggio di condotta erano in possesso dei necessari titoli aeronautici e qualificati per l'effettuazione del volo in questione.
- L'aeromobile era adeguatamente equipaggiato per il volo in IFR e le manutenzioni erano state effettuate in accordo alla normativa vigente e alle procedure approvate.
- Non sono emerse evidenze che facciano ritenere che prima dell'evento si siano verificate avarie alla struttura dell'aeromobile e ai relativi impianti, tali da causare l'incidente.
- L'apparato CVR di bordo ha registrato le conversazioni ed i suoni all'interno della cabina per tutta la durata del volo senza evidenziare avarie verificatesi durante il volo.
- L'apparato FDR di bordo ha registrato i parametri di volo senza evidenziare avarie verificatesi durante il volo.
- I dati FDR hanno evidenziato una differenza di 5.4% della coppia e di 0.3% dei giri tra i due motori durante la corsa di decollo e per la durata del volo.
- La partenza del volo era stata anticipata dalla compagnia e l'equipaggio era giunto in aeroporto quando il carico era già stato completato da parte del personale della società DHL.
- La massa dell'aeromobile eccedeva i limiti prescritti, perché il passeggero non era stato inserito nei calcoli e i dati di DOW inseriti dal comandante nel computo della massa e del centraggio dell'aeromobile non erano appropriati.
- Sul luogo dell'incidente sono stati ritrovati materiali di vincolo del carico in quantità esigua e non sufficiente al corretto fissaggio del carico.
- La compagnia Trade Air aveva ricevuto un riporto SAFA per carico non correttamente assicurato e legato in un precedente volo.
- Le condizioni meteorologiche erano caratterizzate da una fitta nebbia, con visibilità inferiore ai 400 m e base delle nubi a 100 piedi.

- Il decollo è avvenuto regolarmente.
- L'aeromobile, immediatamente dopo il decollo, ha deviato dalla SID.
- L'aeromobile ha impattato contro il terreno con una traiettoria di discesa di circa 30 gradi, con una inclinazione alare prossima ai 90° a sinistra e con elevata velocità (160 KIAS).
- L'impatto è avvenuto in un campo arato, dopo aver urtato e tranciato i cavi di un elettrodotto a media tensione posto ai margini del campo stesso.

3.2. CAUSE

Per quanto accertato, documentato ed argomentato, la causa dell'incidente è dovuta ad una perdita di controllo in volo dell'aeromobile.

Ancorché non sia stato possibile definire con incontrovertibile certezza la causa di tale perdita di controllo, si può ragionevolmente ritenere che la stessa sia stata indotta da un degrado della “*situation awareness*” dell'equipaggio durante la fase di salita iniziale, immediatamente dopo il decollo.

Alla perdita della suddetta “*situation awareness*” potrebbero aver contribuito congiuntamente o disgiuntamente:

- lo spostamento o l'errato posizionamento del carico, che avrebbe indotto un momento di rotazione sull'asse longitudinale dell'aeromobile (rollio) non immediatamente percepito e contrastato dall'equipaggio;
- Il disorientamento spaziale, in seguito alla possibile illusione ottica prodotta dalle luci della TWY ad alta velocità “E”, che, attraversando la fitta nebbia, potrebbero aver indotto il pilota a virare, determinando così la definitiva perdita di controllo dell'aeromobile.

Inoltre, la limitata esperienza di volo del copilota e l'inadeguata applicazione delle tecniche di CRM da parte dell'equipaggio non hanno consentito di individuare tempestivamente la situazione di pericolo e di applicare le necessarie azioni di recupero dell'aeromobile.

CAPITOLO IV

RACCOMANDAZIONI DI SICUREZZA

4. RACCOMANDAZIONI

Alla luce delle evidenze raccolte e delle analisi effettuate, non si ritiene necessario emanare raccomandazioni di sicurezza.

APPENDICE

In linea con quanto consentito dall'ordinamento internazionale e UE in materia di inchieste di sicurezza (Allegato 13 alla Convenzione relativa all'aviazione civile internazionale, regolamento UE n. 996/2010) ha trasmesso commenti alla bozza della relazione finale d'inchiesta predisposta dall'ANSV la seguente autorità:

- Air, Maritime and Railway Traffic Accident Investigation Agency croata.

I commenti condivisi dall'ANSV sono stati integrati nel testo della relazione, mentre quelli non condivisi sono riportati di seguito.

**COMMENTI TRASMESSI DA:
AIR, MARITIME AND RAILWAY TRAFFIC
ACCIDENT INVESTIGATION AGENCY CROATA**

Ad 1.11.3 in the part mentioning rudder trim & Ad 1.18 under “blocco di comandi” – The locking mechanism might not be completely properly described. However, due to possible translation mistakes of the document to Croatian language, I would like to clarify it once again here: The locking mechanism works on the principle that both pedals on the captain’s side get locked first and then the lock is “hooked” to the control column. Then the rod (Italian asta) is tightened (shortened). When the rod is extended (elongated) only, it is still connected to both pedals and the control wheel, allowing the control wheel to be moved forward/afterward, allowing the limited control of the aircraft pitch depending on the level of it’s extension. However, in such a case where control lock is not removed from control column and the pedals, control over aircraft bank is marginal and pedal control is nil. As I was personally flying L410 aircraft type earlier, I believe this is the reason of the aircraft crash and will further elaborate it lower with FRD data.

Ad 2.1 – comment for: Premesso che la normativa aeronautica pone in capo al comandante la responsabilità di verificare la quantità e la distribuzione delle masse a bordo dell’aeromobile prima del decollo, dai colloqui avuti con i coordinatori delle operazioni di carico sarebbe emerso che a questi ultimi fossero state impartite linee guida assolutamente generiche e che il vano di carico dell’aeromobile non sarebbe stato presumibilmente predisposto per accogliere il carico in maniera adeguata. – The cargo configuration we had in utilization had all necessary netting, strapping and other protective equipment for the carriage of cargo as per our OM B approved at that time of accident. We find it difficult to accept some local loading coordinator’s opinion that this was not the case in a final report on the aircraft accident like this as the report should be factual based only.

Ad 2.2 – Comment on: Ipotesi di spostamento del carico in volo – Statement considering that the movement of cargo could have caused turn of the aircraft to the left:

- If the cargo moved forward or aft during flight, it would have caused change of the CG and thereby pitch up or down moment. The crew did not have pitch control issues.
- If the cargo moved laterally left or right, it could not have caused significant lateral movement to cause the aircraft to bank to a side, but quite a marginal one. Especially because if something moved, it would be not whole cargo load, but just a small part of it. Anyhow, analysis below presents that ailerons were pretty much neutral until the last few seconds of the flight, despite the ever increasing bank to the left.