

RELAZIONE D'INCHIESTA

**INCIDENTE
occorso all'aeromobile
Learjet 45 marche di identificazione I-ERJC,
in prossimità aeroporto di Milano Linate,
1 giugno 2003**

INDICE

INDICE	I
OBIETTIVO DELL'INCHIESTA DI SICUREZZA	III
GLOSSARIO	IV
PREMESSA	VI
CAPITOLO I - INFORMAZIONI SUI FATTI	01
1. GENERALITÀ	01
1.1. STORIA DEL VOLO	01
1.2. LESIONI RIPORTATE DALLE PERSONE	01
1.3. DANNI RIPORTATI DALL'AEROMOBILE	01
1.4. ALTRI DANNI	01
1.5. INFORMAZIONI RELATIVE AL PERSONALE	02
1.5.1. Equipaggio di condotta	02
1.6. INFORMAZIONI SULL'AEROMOBILE	05
1.6.1. Informazioni generali	05
1.6.2. Informazioni specifiche	08
1.6.3. Informazioni supplementari	09
1.7. INFORMAZIONI METEOROLOGICHE	15
1.8. ASSISTENZA ALLA NAVIGAZIONE	16
1.8.1. Aiuti alla navigazione aerea e all'atterraggio	16
1.8.2. Sistemi disponibili a bordo	16
1.9. COMUNICAZIONI	16
1.9.1. Servizio mobile	16
1.9.2. Servizio fisso	16
1.9.3. Trascrizione delle comunicazioni	16
1.10. INFORMAZIONI SULL'AEROPORTO	17
1.11. REGISTRATORI DI VOLO	18
1.11.1. Generalità	19
1.11.2. Stato di rinvenimento	19
1.11.3. Dati scaricati	20
1.11.4. Trascrizione del CVR	41
1.12. INFORMAZIONI SUL RELITTO E SUL LUOGO DI IMPATTO	49
1.12.1. Luogo dell'incidente	49

1.12.2.	Tracce al suolo e distribuzione dei rottami	49
1.12.3.	Esame del relitto	51
1.12.4.	Dinamica di impatto	54
1.12.5.	Avarie connesse con l'evento	54
1.12.6	Rinvenimento carcasse di piccioni	54
1.13.	INFORMAZIONI DI NATURA MEDICA E PATOLOGICA	55
1.14.	INCENDIO	55
1.15.	ASPETTI RELATIVI ALLA SOPRAVVIVENZA	56
1.16.	PROVE E RICERCHE EFFETTUATE	56
1.17.	INFORMAZIONI ORGANIZZATIVE E GESTIONALI	62
1.18.	INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI	63
1.19.	TECNICHE DI INDAGINE UTILI O EFFICACI	70
	CAPITOLO II - ANALISI	71
2.	GENERALITÀ	71
2.1.	CONDOTTA DEL VOLO	71
2.2.	FATTORE TECNICO	77
2.2.1.	Analisi evidenze relative al motore sinistro	78
2.2.2.	Analisi evidenze relative al motore destro	78
2.2.3	Conclusioni analisi evidenze sui motori	79
2.3.	FATTORE AMBIENTALE	80
2.4.	FATTORE UMANO/ORGANIZZATIVO	81
2.4.1.	Addestramento primo ufficiale	82
2.4.2.	Impiego del comandante	83
2.4.3.	CRM	84
	CAPITOLO III - CONCLUSIONI	87
3.	GENERALITÀ	87
3.1.	EVIDENZE	87
3.2.	CAUSE	90
	CAPITOLO IV - RACCOMANDAZIONI DI SICUREZZA	92
4.	RACCOMANDAZIONI	92

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 e 4 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.

AFM: Airplane Flight Manual.

ANSV: Agenzia nazionale per la sicurezza del volo.

AOA: Angle of Attack, angolo di attacco.

AOC: Air Operator Certificate, certificato di operatore aereo (COA).

APU: Auxiliary Power Unit.

AREA DI MANOVRA: quella parte di un aeroporto utilizzata per il decollo, l'atterraggio ed il rullaggio degli aeromobili, esclusi i piazzali di sosta degli aeromobili.

ASDA: Accelerate-Stop Distance Available, distanza disponibile per accelerazione-arresto.

ATC: Air Traffic Control, controllo del traffico aereo.

ATL: Aircraft Technical Logbook.

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

BRIEFING: descrizione preventiva di manovre o procedure.

CAM: Cockpit Area Microphone.

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

CHIME: campanello, avviso sonoro.

COA: certificato di operatore aereo, vedi anche AOC.

COCKPIT: cabina di pilotaggio.

CPL: Commercial Pilot Licence, licenza di pilota commerciale.

CPT: Captain, comandante.

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.

DEEC: Digital Electronic Engine Control.

DGAC: Direzione generale dell'aviazione civile.

DUV: dichiarazione unica del vettore.

EFIS: Electronic Flight Instrument System, sistema di strumentazione integrata di bordo di tipo elettronico.

EI: Engine Indicating o Engine Instrument.

EICAS: Engine Instrument and Crew Alerting System.

E-GPWS (scritto anche **EGPWS**): Enhanced Ground Proximity Warning System, sistema di avviso di prossimità col terreno.

ENAC: Ente nazionale per l'aviazione civile.

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

FMS: Flight Management System.

FO: First Officer, primo ufficiale (copilota).

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

FTO: Flying Training Organisation, scuola di volo.

GND: Ground.

GS: Ground Speed, velocità al suolo.

IAS: Indicated Air Speed, velocità indicata rispetto all'aria.

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

IDLE: posizione delle leve che comandano la potenza dei motori corrispondente al minimo regime.

IFR: Instrument Flight Rules, regole del volo strumentale.

ITT: Interstage Turbine Temperature.

JAR: Joint Aviation Requirements, disposizioni tecniche emanate dalle JAA.

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

LPC: Low Pressure Compressor.
LPT: Low Pressure Turbine.
MEP: Multi Engine Piston, abilitazione per pilotare aeromobili plurimotori con motore alternativo.
MIC: Microphone, microfono.
MTOM: Maximum Take Off Mass, massa massima al decollo.
NM: Nautical Miles, miglia nautiche (1 nm = 1852 metri).
PF: Pilot Flying, pilota che aziona i comandi.
PFD: Primary Flight Display, schermo principale dati di volo.
PNF: Pilot Not Flying, pilota che assiste il PF.
QNH: regolaggio altimetrico per leggere al suolo l'altitudine dell'aeroporto.
QRH: Quick Reference Handbook.
RADALT: quota radaraltimetrica.
RIT: responsabile in turno.
RWY: Runway, pista.
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.
S/N: Serial Number.
SV: Synthetic Voice, avviso audio con voce sintetica.
TBT: comunicazioni radio terra-bordo-terra.
TCSN: Total Cycles Since New.
TESTATA: termine per identificare la parte iniziale di una pista.
TLA: Thrust Lever Angle.
TODA: Take-Off Distance Available, distanza disponibile per il decollo.
TORA: Take-Off Run Available, corsa disponibile per il decollo.
TPP: trasporto pubblico passeggeri.
TRE: Type Rating Examiner, esaminatore per abilitazioni per tipo.
TRI: Type Rating Instructor, istruttore per l'abilitazione per tipo.
TRTO: Type Rating Training Organization.
TTSN: Total Time Since New.
TWR: Aerodrome Control Tower, Torre di controllo dell'aeroporto.
UTC: Universal Time Coordinated, orario universale coordinato.
V1: velocità di decisione.
VR: velocità di rotazione.

PREMESSA

L'incidente è occorso l'1 giugno 2003, alle ore 13.25' UTC (15.25' locali), nel territorio del Comune di Peschiera Borromeo (MI), a breve distanza dalla pista dell'aeroporto di Milano Linate, ed ha interessato l'aeromobile tipo Bombardier Learjet 45 marche di identificazione I-ERJC.

L'aeromobile decollava per RWY 36R da Milano Linate, diretto a Genova Sestri, ove avrebbe effettuato uno scalo prima di procedere verso la successiva destinazione, Amsterdam. In fase di decollo avveniva un impatto con volatili e l'equipaggio, subito dopo l'involò, comunicava alla TWR l'intenzione di effettuare un rientro immediato a Linate. Il velivolo si portava in sottovento, ad Est dell'aeroporto. Alle 13.25' il velivolo precipitava in corrispondenza di un capannone industriale, incendiandosi. I due piloti, unici occupanti a bordo, decedevano all'impatto.

L'ANSV, immediatamente informata dell'incidente, provvedeva ad inviare un team investigativo, che giungeva sul luogo dell'incidente alle 19.30' del giorno stesso.

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 due ore.

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

Il giorno 1 giugno 2003, alle ore 13.23' UTC, il velivolo Learjet 45 (di seguito scritto anche LJ45) marche I-ERJC, con nominativo radio ERJ1570, decollava per RWY 36R da Milano Linate, diretto a Genova Sestri, per effettuare uno scalo prima di procedere verso la successiva destinazione, Amsterdam. In fase di decollo avveniva un impatto con volatili e l'equipaggio, negli istanti successivi l'involto, comunicava alla TWR l'intenzione di effettuare un rientro immediato a Linate, dichiarando la natura del problema. Il velivolo si portava in sottovento, ad Est dell'aeroporto. Alle 13.25' il velivolo precipitava in corrispondenza di un capannone industriale a Sud dell'aeroporto, incendiandosi. I due piloti, unici occupanti a bordo, decedevano all'impatto.

1.2. LESIONI RIPORTATE DALLE PERSONE

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

1.3. DANNI RIPORTATI DALL'AEROMOBILE

Aeromobile distrutto a seguito dell'impatto contro il capannone industriale ed al conseguente incendio.

1.4. ALTRI DANNI

Danni ingenti al capannone industriale causati dall'impatto e dal conseguente incendio. Essendo l'incidente occorso di domenica, nel capannone non era presente personale.

1.5. INFORMAZIONI RELATIVE AL PERSONALE

1.5.1. Equipaggio di condotta

Comandante

Generalità:	maschio, 38 anni di età, nazionalità italiana.
Licenza:	pilota di linea di velivolo (modello nazionale) rilasciata dal Ministero dei trasporti-DGAC nel 1998, in corso di validità.
Abilitazioni in esercizio:	C501, C525, LJ45, LJ20/30, IFR.
English proficiency level:	non applicabile al momento dell'evento. Il pilota era titolare di abilitazione alla radiotelefonia in lingua inglese.
Controlli periodici:	13.10.2002, <i>proficiency check</i> Cessna 525 + IFR; 30.1.2003, <i>recurrent check</i> LJ45 + IFR (attività di 2 ore effettuata al simulatore); 15.2.2003, esame per conseguimento abilitazione pilotaggio aeromobili tipo LJ20/30 effettuato su aeromobile tipo LJ31.
Controllo medico:	certificato medico di classe prima, in corso di validità, con limitazione obbligo lenti correttive in volo per lontano.

Esperienza di volo del comandante

Il comandante dell'aeromobile, dopo aver conseguito la prevista licenza di pilotaggio professionale, aveva trovato impiego come copilota presso una società che effettuava attività di trasporto passeggeri, inizialmente con velivoli del tipo DA10 e successivamente con velivoli del tipo BAe125. Dopo tale esperienza in attività di *executive jet*, egli veniva assunto da una compagnia aerea italiana ed impiegato, dal 1997 al 2001, in qualità di copilota, inizialmente su velivoli del tipo B767 (voli di lungo raggio) e successivamente su velivoli del tipo A320. Dal suo libretto di volo emerge che, a partire dal 17 febbraio 2001, iniziava ad essere impiegato, in qualità di comandante, presso la Eurojet Italia srl, inizialmente su aeromobili del tipo C501 e successivamente anche su aeromobili del tipo C525 e LJ45. Sempre dal libretto emerge che nel mese di giugno 2001, dopo aver conseguito l'abilitazione al pilotaggio di aeromobili C501 e C525, egli fosse stato impiegato su entrambi i tipi di aeromobili. Il comandante, dopo aver conseguito l'abilitazione al pilotaggio su aeromobili tipo LJ45, veniva impiegato, in tale ruolo, sui tre tipi di aeromobili: C501, C525 e LJ45.

Relativamente all'esperienza professionale del comandante, dalla documentazione disponibile non è stato possibile stabilire l'attività di volo totale effettuata presso la società Eurojet su aeromobili tipo C501 e C525, in quanto il libretto di volo riportava la registrazione dell'attività di volo fino alla data del 10 maggio 2002 (circa un anno prima dell'incidente). Tale attività può tuttavia essere desunta, in quanto, dalla dichiarazione resa dalla società Eurojet, il pilota aveva effettuato per conto di quest'ultima un totale di 1031h 05' di volo, di cui 544h 31' su aeromobile LJ45. Ne deriva che il comandante avesse effettuato, per conto di Eurojet, un'attività di volo di 486h 34' su aeromobili tipo C501 e C525. Dal libretto volo del comandante, aggiornato alla data del 12 maggio 2002, risulta un'attività di volo di 329h 10' su C501 ed una attività di volo di 97h 30' su aeromobili C525, per un totale di 426h 40'. La differenza di ore volo tra quanto attestato da Eurojet e quanto riportato (fino al 12 maggio 2002) sul libretto di volo del pilota permette di quantificare in 59h 54' l'attività che il pilota ha effettuato su aeromobili C501 e C525 nel corso dell'ultimo anno e precisamente tra il 12 maggio 2002 e l'1 giugno 2003.

Relativamente all'attività svolta presso Eurojet su aeromobili LJ45, la società ha dichiarato un'attività di volo di 544h 31' svolta dal comandante a partire dalla data di assunzione; sul libretto di volo aggiornato fino al 12 maggio 2002 il pilota ha riportato un'attività di volo effettuata su LJ45 pari a 267h 10'. Tali dati permettono di quantificare in 277h e 21' l'attività di volo effettuata dal comandante su aeromobili tipo LJ45 nel corso dell'ultimo anno, precisamente tra il 12 maggio 2002 e l'1 giugno 2003.

Primo ufficiale

Generalità:	maschio, 34 anni di età, nazionalità italiana.
Licenza:	pilota commerciale di velivolo (modello ICAO) rilasciata nel 2003, in corso di validità.
Abilitazioni in esercizio:	C500/550/560, LJ45 copilota; IFR.
English proficiency level:	non applicabile al momento dell'evento. Il pilota era abilitato alla radiotelefonica in lingua inglese.
Controlli periodici:	14.6.2002, controllo per ripresa volo C500 e mantenimento abilitazione IFR; 14.12.2002, <i>proficiency check</i> e IFR a/m C500/550 (l'attestazione di controllo firmata dal controllore che ha eseguito il <i>check</i> non riporta i tempi dell'attività di volo

effettuata per il controllo: vengono indicate soltanto la data e l'idoneità).

Controllo medico: certificato medico di classe prima, in corso di validità.

Il libretto di volo del copilota non è stato rintracciato. L'attività di volo svolta è stata quindi parzialmente ricostruita sulla base dei documenti presentati alle autorità aeronautiche in occasione del conseguimento e dei rinnovi dei titoli aeronautici.

Il copilota aveva iniziato a volare nel 1987, conseguendo il brevetto di pilota civile di 2° grado (poi convertito in licenza di pilota privato di velivolo) nel settembre del 1988, totalizzando circa 75h di volo su velivoli SEP (C172 e S.205). Nel luglio del 1991 aveva conseguito la licenza di pilota commerciale negli USA e successivamente, nell'ottobre del 1992, aveva ottenuto il rilascio di quella italiana dopo aver superato, in Italia, i previsti esami teorico-pratici di conversione del titolo statunitense: aveva totalizzato, al momento della conversione italiana della licenza statunitense circa 238h di volo su velivoli SEP e MEP.

Dall'aprile del 1993 al settembre del 1994 aveva lavorato presso l'Ufficio gestione traffico di una società di servizi aerei e dal giugno 1995 era impiegato come assistente di volo presso una compagnia aerea. Non sono stati reperiti dati circa l'attività di volo svolta tra il luglio del 1992 ed il 1995. La licenza è stata rinnovata regolarmente fino al maggio del 1995, prima di un'interruzione di più di 3 anni. Nel novembre del 1998 aveva effettuato circa 5h di volo su PA-28, in seguito alle quali, il 1° dicembre 1998, aveva reintegrato la licenza. Nel contempo, completava il corso teorico ATPL(A) ed il corso *Multi Crew Cooperation*.

Due anni dopo, nel giugno del 2000, aveva nuovamente provveduto ad effettuare 5h di volo su velivolo PA-28, a seguito delle quali, il 16 ottobre 2000, aveva ottenuto il reintegro della licenza (carenza di attività).

Nel febbraio del 2001 aveva conseguito l'abilitazione su velivolo C500/550.

Nel novembre del 2001 aveva effettuato 2h di volo ed un nuovo *check* per carenza dell'attività di volo prevista per il mantenimento in esercizio della licenza.

Dal giugno 2002 era iscritto nel COA dell'esercente coinvolto nell'incidente, dopo avere presentato un curriculum con 500h di volo; da allora aveva effettuato circa 88h di volo su C500 e circa 14 su LJ45. Dal giugno 2002 al febbraio 2003 aveva frequentato, presso un FTO, il corso teorico per il conseguimento della licenza di pilota di linea ATPL(A).

Il pilota aveva frequentato il corso di transizione sul LJ45 (*ground course e training FFS*) negli Stati Uniti dal 19 al 23 maggio 2003. Al termine di tale corso otteneva l'attestazione di completamento del corso "*LJ45 Second in Command Pilot Recurrent*". Detto corso, in accordo al programma Eurojet TRTO type rating LJ45 edizione 20.3.2003, prevedeva quanto segue: «This program can be completely solely in FFS for a total of 24 hours for a first type rating on a Learjet aircraft, or combining the use of an aeroplane for a minimum of 6 hours in the airplane and a minimum of 12 hours in the FFS when the applicant already has a type rating on similar type of aircraft (i.e. a LJ31)».

Il 29 maggio 2003 il pilota aveva conseguito l'abilitazione al pilotaggio di aeromobili tipo LJ45.

Secondo quanto dichiarato dall'esercente all'ANSV e da quanto emerge dalla documentazione reperita presso l'ENAC, il copilota aveva effettuato presso Eurojet 14h 02' di volo su LJ45 nel periodo compreso tra il 25 ed il 30 maggio 2003. Di tali 14h 02' di volo, l'esercente ha documentato ai competenti uffici ENAC che 7h erano state effettuate con le finalità di addestramento per il conseguimento dell'abilitazione al pilotaggio di aeromobili tipo LJ45. All'ANSV l'esercente dichiarava che 12h 08' delle 14h 02' totali su LJ45 erano state effettuate in addestramento.

Da un approfondimento effettuato presso gli uffici periferici aeroportuali dell'ENAC attraverso il conteggio delle ore risultanti dalle DUV dei voli in partenza e in arrivo risulterebbe un'attività istruzionale effettuata dal copilota nei giorni dal 25 maggio al 27 maggio pari a 2h 27' nel corso di tre sortite. I restanti voli dichiarati all'ENAC risulterebbero essere, dalle DUV, o voli TPP durante i quali non era possibile effettuare addestramento per conseguimento abilitazioni oppure voli intestati ad altri copiloti. Inoltre, sempre da quanto emerso dalle DUV, risulterebbe che i voli di addestramento compresi nelle 2h 27' erano stati effettuati con un comandante che non rientrava nell'elenco dei TRI/TRE autorizzati dall'ENAC ad operare nel TRTO EuroJet.

1.6. INFORMAZIONI SULL'AEROMOBILE

1.6.1. Informazioni generali

Il LJ45 è un velivolo bireattore prodotto dalla Learjet (divisione della Bombardier Aerospace) ed assemblato presso gli stabilimenti di Wichita (Kansas, USA).

Può trasportare fino a 9 passeggeri, con una MTOM di 9752 kg (aumentata a 21.500 libbre a seguito dell'applicazione del SB45-11-4 rev. 1 del 24 febbraio 2003). Può imbarcare fino a 2.750 kg di carburante. La massa massima all'atterraggio è pari a 8.709 kg.

L'aeromobile dispone di una suite avionica avanzata di tipo EFIS (Honeywell Primus 1000) con schermi multifunzione, autopilota, *flight director*, EICAS e radar meteorologico.



Foto 1: il Learjet 45 marche di identificazione I-ERJC.

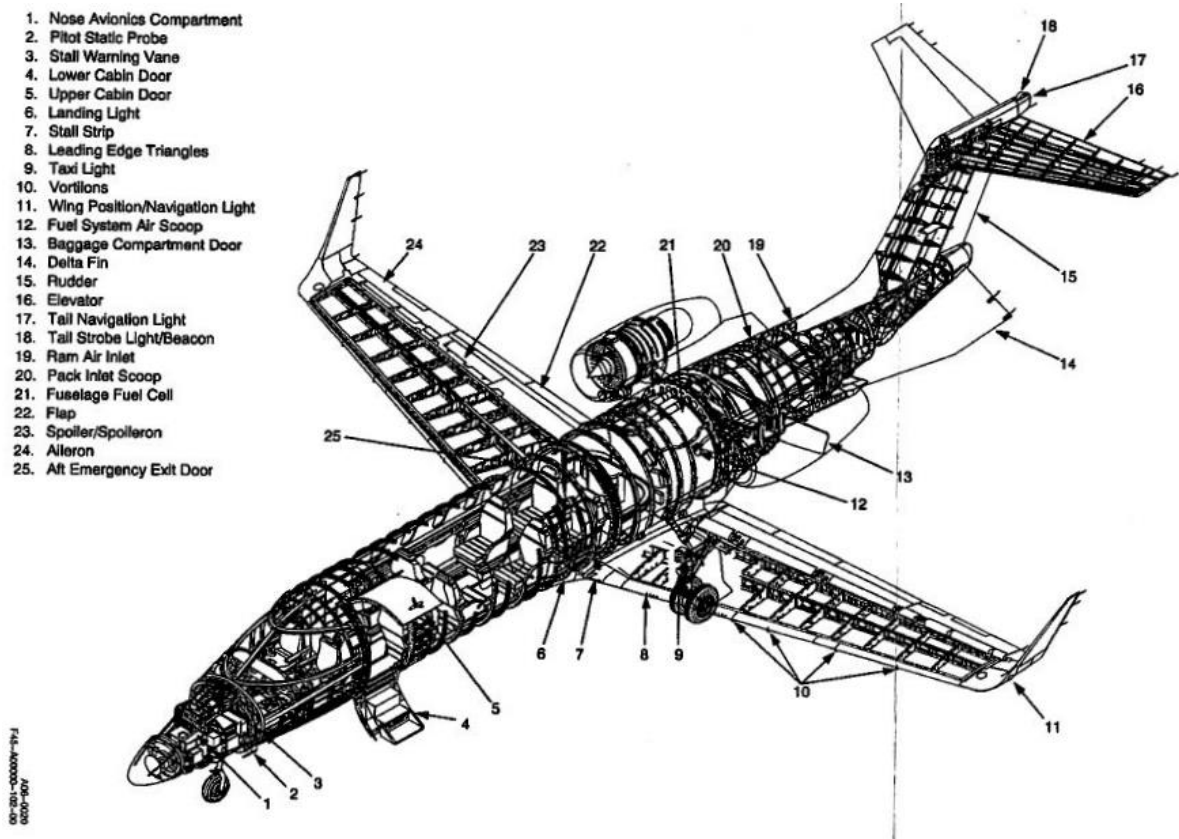


Figura 1: Learjet 45 *general arrangement exterior* (Learjet 45 AFM).

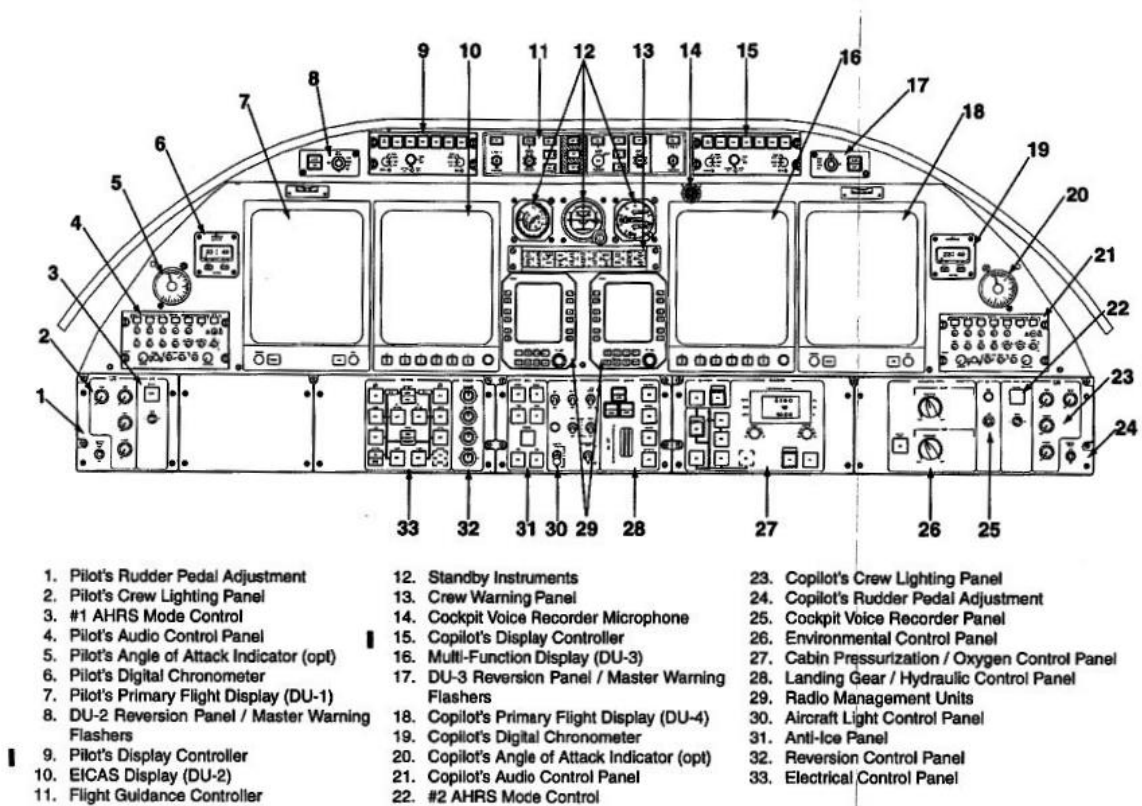


Figura 2: Learjet 45 *instrument panel layout* (Learjet 45 AFM).

Motori

Il velivolo è equipaggiato con due motori Honeywell TFE-731-20AR-1B, in grado di erogare una spinta di 3.500 lb (15,57 kN) ciascuno.

Il motore TFE-731-20 è un *turbofan* a due alberi. Sull'albero di bassa pressione, cui corrisponde la velocità di rotazione N1, sono collegati un compressore assiale a quattro stadi (LPC) ed una turbina assiale a tre stadi (LPT). Il fan è collegato per il tramite di una scatola ad ingranaggi all'albero di bassa pressione. Sull'albero di alta pressione, cui corrisponde la velocità di rotazione N2, sono collegati un compressore centrifugo ed una turbina assiale, entrambi mono stadio.

Il motore è dotato di due sistemi di controllo. Il sistema primario, normalmente in uso, è costituito da un regolatore elettronico denominato DEEC. È presente, inoltre, un sistema di controllo secondario del motore, costituito da un regolatore meccanico, che interviene in caso di malfunzionamento del sistema elettronico.

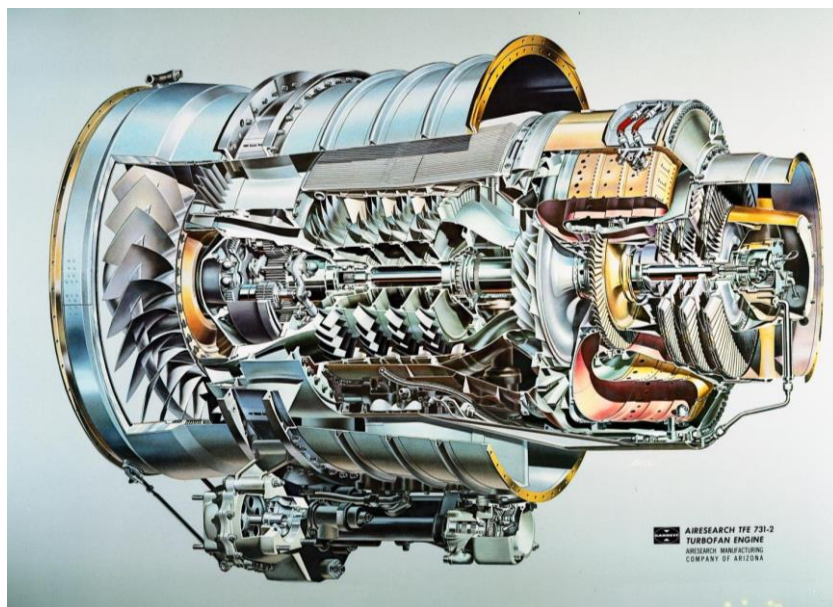


Figura 3: spaccato del motore turbofan TFE-731-20.

1.6.2. Informazioni specifiche

Aeromobile

Costruttore: Bombardier Aerospace.

Modello: LJ45.

Numero di costruzione: 45-093.

Anno di costruzione: 2000.

Marche di naz. e immatricolazione: I-ERJC.

Certificato di immatricolazione: 10063 rilasciato da ENAC il 15 aprile 2002.

Esercente: Eurojet Italia srl.
Certificato di navigabilità: 14566/a rilasciato da ENAC il 12 aprile 2002.
Ore totali: 931h 34' (890 cicli).
Ore da ultima ispezione: ispezione 300 ore effettuata il 31 maggio 2003.
Programma di manutenzione previsto: programma del costruttore.

Motori

Costruttore: Honeywell.
Modello: TFE-731-20AR-1B.

- Motore sinistro (n. 1): S/N P-116180; TTSN 931h 34'; TCSN 890.
- Motore destro (n. 2): S/N P-116177; TTSN 931h 34'; TCSN: 890.

La manutenzione dei motori (ispezione 600 ore motore) è stata effettuata nel periodo 23-29 gennaio 2003, con esito favorevole.

L'ultima manutenzione dei motori (ispezione 150 ore motore) è stata effettuata il 28 maggio 2003, con esito favorevole.

Combustibile

Tipo di combustibile utilizzato: JETA1.

Distribuzione del combustibile nei serbatoi di bordo: il velivolo imbarcava il pieno di carburante, ovvero 2750 kg di carburante (6000 libbre circa).

1.6.3. Informazioni supplementari

Carico e centraggio

La massa al decollo risultava essere pari a 8981 kg (19.800 libbre), quindi inferiore alla MTOM.

La massa risultava invece superiore alla massa massima all'atterraggio (19.200 libbre/8709 kg).

Registrazione inefficienze o malfunzionamenti

L'esame della documentazione tecnica dell'aeromobile (ATL, rapporti di lavoro) ha evidenziato che il velivolo era stato sottoposto ai controlli periodici alle scadenze previste e che, al momento del decollo, era in condizioni di efficienza.

Accessori e impianti dell'aeromobile

Sistema di controllo dei motori

Il controllo della potenza dei motori viene esercitato tramite due *thrust lever*, posizionate nella parte superiore della piantana centrale, operate convenzionalmente con la posizione tutta avanti corrispondente alla massima potenza.

Un blocco meccanico (stop) alla posizione *idle* previene l'accidentale selezione della posizione CUT OFF. Per superare lo stop è necessario sollevare una leva di sicurezza posizionata sul lato esterno delle *thrust lever*.

Vi sono inoltre dei blocchi (*detent*) per ogni posizione delle *thrust lever*:

- CUT OFF;
- IDLE;
- MCR (Maximum Cruise);
- MCT (Maximum Continuous Thrust);
- T/O (Take-Off);
- APR (Automatic Performance Reserve).

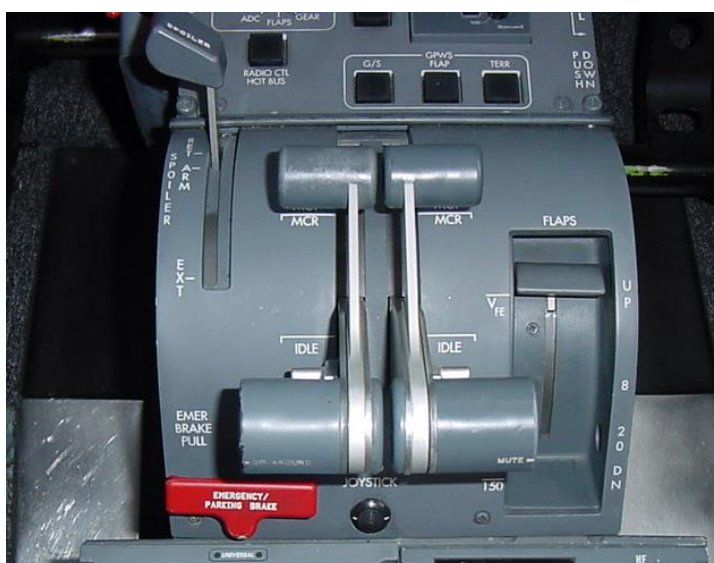


Foto 2: Learjet 45 particolare delle *thrust lever*.

Sull'EI si illumina una indicazione verde MCR, MCT, T/O, APR, a seconda della corrispondente posizione delle *thrust lever*.

La posizione APR provvede a variare automaticamente la potenza del motore operativo in caso di perdita di potenza da parte del motore opposto durante le fasi di decollo e di mancato avvicinamento. Il sistema può venire armato con la pressione di un interruttore posto sulla

piantana centrale. Quando il sistema è armato, ognuno dei due DEEC monitora il motore opposto, al fine di aumentare al massimo la spinta disponibile del motore controllato se il motore opposto perda potenza. La funzione APR può anche essere attivata manualmente, portando le *thrust lever* tutte avanti all'*APR detent*.

Sistema di indicazioni motore (Engine Indicating Display - EI)

Il sistema fornisce indicazioni riferite alla posizione selezionata delle *thrust lever* (MCR, MCT, T/O, APR) ed altre importanti indicazioni quali:

- Engine vibration monitor;
- Oil temperature;
- Oil pressure;
- Fuel flow;
- N1 (fan speed);
- N2;
- ITT;
- Engine fire.

In particolare, il sistema per il monitoraggio del livello di vibrazioni per ciascun motore, in caso di livello vibratorio superiore al normale, determina l'accensione sull'EI dell'indicazione bianca di avviso ENG VIB MON.

CAS	Color	Description
ENG VIB MON	White	Vibration level, in the associated (L or R) engine, is higher than normal.

Figura 4: estratto dal Learjet 45 AFM relativo al CAS *message* ENG VIB MON.

Comandi di volo primari e secondari

I comandi di volo primari (elevatore, alettoni e timone), che provvedono al controllo di picchiata, rollio ed imbardata, sono di tipo meccanico.

Quelli secondari (ipersostentatori e diruttori) sono controllati elettricamente ed azionati idraulicamente.

Gli ipersostentatori (flap), uno per semiala, sono azionati da due martinetti a vite senza fine ciascuno. La leva di azionamento è posizionata sulla piantana centrale ed è protetta da azionamenti involontari. Il comando prevede quattro posizioni: 0° (UP), 8°, 20° e 40°.

Sistemi di allertamento

EICAS

L'EICAS è un sistema integrato digitale computerizzato, che sostituisce la maggioranza degli indicatori e spie luminose di avviso tradizionalmente presenti nel *cockpit*.

Il *display* è suddiviso in quattro aree:

1. EI;
2. CAS messages;
3. System display page;
4. Menu item.

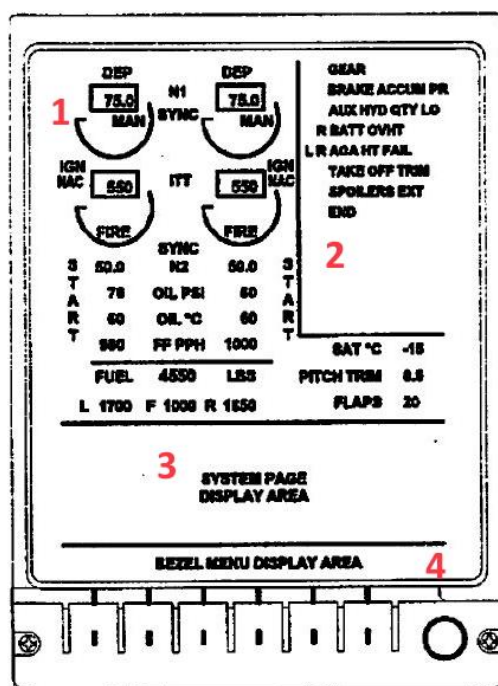


Figura 5: Learjet 45 EICAS *display*: 1 engine instrument, 2 CAS messages, 3 system page, 4 menu item.

Durante il decollo e l'atterraggio una logica di inibizione previene automaticamente che alcuni avvisi (del tipo *caution and advisory CAS message*) vengano eventualmente attivati fino a quando le dette fasi non siano state completate.

La logica di inibizione degli avvisi in decollo si attiva quando:

- entrambe le *thrust lever* siano posizionate oltre il MCR *detent*;
- la velocità sia superiore a 40 KIAS;
- gli *Air/Ground switch* siano in modalità "Ground".

Una volta in volo la logica dell'*inhibit mode* si disattiva automaticamente alle seguenti condizioni:

- trascorsi 30" da quando gli *Air/Ground switch* siano commutati in modalità "Air";
- al superamento di una RADALT di 400 piedi.

Aural warning and voice summary

L'EICAS incorpora il Crew Warning Panel, che fornisce la rappresentazione grafica degli avvisi. È presente anche un sistema di allertamento sonoro per il tramite del sistema audio del *cockpit*.

In particolare si evidenziano:

- il *master warning* o *triple chime*, che è continuo e può essere silenziato con la pressione del relativo tasto;
- il *master caution* o *single chime*, che si attiva una volta.

Tra gli avvisi sonori si evidenzia la voce sintetica (SV) relativa all'avvicinamento allo stallo (*Stall*) che non è silenziabile e la voce sintetica di fuoco al motore (*Engine fire*), che, invece, è silenziabile.

<u>WARNING AURALS</u>	<u>SOUND/VOICE</u>	<u>FREQUENCY</u>
Master Warning (M/W)	Triple Chimes (Attention 3)	Repeat, P/M
Overspeed	"OVERSPEED, OVERSPEED, ..."	N/C
Cabin Altitude	"CABIN ALTITUDE"	Repeat all, P/M, (Note 1)
Gear Warning	M/W + "GEAR, GEAR, ..."	N/C
T/O Configuration	"CONFIGURATION, CONFIGURATION, ..."	N/C
Stall	"STALL, STALL, STALL ..."	N/C
Engine Fire (L/R)	M/W + "L/R ENGINE FIRE"	Repeat all, P/M
Reverser Unsafe	M/W + "L/R REVERSER UNSAFE"	Repeat all, P/M
Brake Failure	M/W + "BRAKES FAIL"	Repeat all, P/M
 <u>CAUTION AURALS</u>		
Master Caution (M/C)	Single Chime (Attention 1)	Once
Gear Caution	M/C + "GEAR"	Once

Figura 6: schema riepilogativo dei *warning* e *caution aural*.

Engine fire detection system

In ogni *nacelle* motore sono presenti tre sensori di eccessiva temperatura collegati in serie: un sensore è posizionato intorno alla scatola accessori (*accessory gearbox*), uno intorno al cono di scarico e uno intorno alla paratia antifiamma del motore.

In caso di fuoco motore avviene l'attivazione della spia *master warning* e del *rispettivo fire switch* posizionato sul *L* o *R engine panel* della console centrale. Inoltre, sull'*EI display* all'interno dell'arco dell'indicatore ITT lampeggia la scritta rossa "Fire".

Ogni qual volta venga rilevato un surriscaldamento/fuoco avviene l'attivazione del messaggio vocale sintetico “*Left o Right engine fire*”. Tale avviso può venire silenziato premendo il pulsante *mute* o la spia *master warning*.

L'attivazione degli avvisi di *engine fire* avviene quando venga rilevata, in prossimità della paratia antifiamma o della *gearbox*, una temperatura superiore a 210 °C oppure una temperatura in prossimità del cono di scarico superiore a 477 °C.



Foto 3: particolare del pedestal con i *fire switch* ed *extinguisher*.

Stall warning system

Il sistema indicatore di stallo, a cui ci si riferisce anche come sistema di indicazione dell'angolo di attacco, ha lo scopo di avvisare l'equipaggio circa una imminente situazione di stallo aerodinamico dell'aeroplano. Consiste di due sistemi indipendenti che utilizzano un computer a doppio canale. Gli altri componenti del sistema sono: due sensori di angolo di attacco, due indicatori di angolo d'attacco, un *control column shaker motor (stick shaker)* e l'interfaccia con i due PFD. Una barra verticale rossa sul lato interno dell'indicatore di velocità cresce verticalmente dal fondo dell'indicatore all'aumentare dell'angolo di attacco. Non appena la sommità della barra rossa intercetta il puntatore dell'indicatore di velocità si attiva l'avviso di stallo

L'indicatore di angolo di attacco mostra all'equipaggio il valore di AOA a cui l'aeroplano sta volando. Il comandante riceve l'indicazione dal canale sinistro dello *stall warning computer*, mentre il copilota dal canale destro.

L'indicatore dell'AOA è graduato con i valori di .10, .20, .30, e così via, fino al valore massimo di 1.0. Quando l'aeroplano vola ad un valore di angolo di attacco pari a .80 avviene l'attivazione dello *stick shaker* (avviso di avvicinamento alle condizioni di stallo che provoca la vibrazione meccanica della *cloche*), dello *stall warning* (messaggio vocale sintetico non cancellabile “*Stall*”, che viene ripetuto fino a che non venga ridotto l'angolo d'attacco al di sotto del valore previsto) e l'attivazione del *master warning*.

EGPWS

L'aeromobile era dotato di un sistema elettronico di avviso di prossimità al terreno (EGPWS). Tra i vari avvisi che il sistema è in grado di fornire si citano i seguenti applicabili.

- Modo 3 - *Altitude loss after take-off*: si attiva il messaggio acustico “*Don't sink*” quando, dopo il decollo o la riattaccata, avvenga una significativa perdita di quota e l'aeromobile non è in configurazione di atterraggio.
- Modo 4 (B) - *Unsafe terrain clearance*: applicabile in fase di crociera o in avvicinamento con l'aeromobile con il carrello giù e i flap non in configurazione di atterraggio. Sotto una determinata quota e velocità si attiva il messaggio acustico “*Too low, terrain*”.
- Mode 2 (A) – *Excessive terrain closure rate*: quando il sistema, calcolando la traiettoria del velivolo e confrontatala con i dati del terreno, determini la possibilità di collisione. Ne consegue l'ordine “*Pull up*”.
- Mode 6 - *Bank angle advisory call out*: si attiva il messaggio acustico “*Bank angle*” quando l'angolo di inclinazione alare risulti eccessivamente accentuato. Per altezze tra 150 e 2450 piedi l'inclinazione a cui l'*advisory* si attiva varia da +/-40° a +/-55° di *bank*.

1.7. INFORMAZIONI METEOROLOGICHE

Al momento del decollo il cielo era sereno e la visibilità era superiore ai 10 km con assenza di fenomeni significativi. La temperatura al suolo era di 29 °C con presenza di vento proveniente da 140° e intensità di 8 nodi. 40 secondi prima dell'impatto, il competente ente ATC aveva riportato all'equipaggio l'informazione di un vento proveniente da 140° con intensità di 9 nodi.

1.8. ASSISTENZA ALLA NAVIGAZIONE

In questo paragrafo sono riportate le informazioni di maggiore interesse relative agli aiuti disponibili per la navigazione aerea e sul relativo stato di efficienza.

1.8.1. Aiuti alla navigazione aerea e all'atterraggio

Non applicabile.

1.8.2. Sistemi disponibili a bordo

Non applicabile.

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

L'equipaggio del volo ERJ1570 è stato in contatto radio con Milano Linate GND sulla frequenza 121.800 MHz e con Milano Linate TWR sulla frequenza 118.100 MHz.

1.9.2. Servizio fisso

Non applicabile.

1.9.3. Trascrizione delle comunicazioni

Sulla frequenza della TWR di Linate (118.100 Mhz), nella finestra temporale in cui ha avuto luogo il breve volo ERJ1570, si sono registrate le comunicazioni dell'aeromobile operante il volo AP2947, che si stava apprestando a decollare subito dopo l'ERJ1570. Da evidenziare che, come emerso dall'ascolto del CVR, la chiamata per l'allineamento dell'AP2947 aveva luogo durante la corsa di decollo del Learjet 45, in concomitanza del momento in cui il primo ufficiale di quest'ultimo annunciava di avere visto i volatili di fronte. Alla dichiarazione di emergenza del ERJ1570, il volo AP2947, che si trovava ormai allineato, veniva istruito a liberare la pista, cosa che l'equipaggio effettuava prontamente.

La trascrizione delle comunicazioni TBT, sia sulla frequenza TWR sia GND, sono state confrontate con la registrazione del CVR. Dal confronto non sono emerse discrepanze.

L'unica eccezione è la chiamata di MAYDAY effettuata dal copilota, che, seppure registrata dal CVR, non risulta trasmessa sulla frequenza radio della TWR.

1.10. INFORMAZIONI SULL'AEROPORTO

L'aeroporto di Milano Linate (ICAO LIML) è localizzato a 4,32 NM ad E/SE della città di Milano. L'elevazione dell'aeroporto è di 353 piedi. Il sedime aeroportuale confina a Nord-Est con un piccolo lago artificiale (Idroscalo).

All'epoca dei fatti la RWY principale era la 36R/18L. Il giorno dell'incidente la pista in uso era la 36R, in asfalto con testate in cemento, larga 60 m; di seguito le caratteristiche principali: TORA 2440 m; TODA 2500 m; ASDA 2440 m; LDA 2440 m.

La gestione dell'aeroporto al momento dell'incidente era affidata alla SEA Aeroporti di Milano SpA.

Controllo dell'avifauna sull'aeroporto di Linate

L'ENAC, all'atto dell'affidamento in gestione di un aeroporto, impone al gestore l'obbligo di porre in essere ogni azione finalizzata alla prevenzione del rischio derivante dall'impatto con volatili. Tale obbligo discende dalle previsioni del "Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti" con il quale l'ENAC ha provveduto a dare attuazione all'Annesso 14 ICAO relativo alla sicurezza delle operazioni aeroportuali.

L'ENAC, all'epoca dei fatti, con la circolare APT-01 "Direttiva sulle procedure da adottare per la prevenzione dei rischi di impatto con volatili negli aeroporti", del 20 maggio 1999, aveva definito cosa dovesse essere posto in essere da parte delle dipendenti Direzioni aeroportuali e delle società di gestione aeroportuale per la prevenzione del rischio *birdstrike*, disponendo in particolare che:

- venisse condotta una ricerca di tipo naturalistico ambientale, allorché ricorressero determinate condizioni (ad esempio, un impatto con volatile negli ultimi dodici mesi negli spazi aerei sovrastanti l'aeroporto fino a 300 piedi) indicative dell'esistenza di un rischio di impatto;
- la relazione venisse inviata all'ENAC ed al *Bird Strike Committee Italy* (comitato tecnico alle dipendenze di ENAC con la partecipazione di rappresentanti di ENAV SpA, AMI e associazione di categorie professionali), che entro 30 giorni avrebbe dovuto stabilire se la situazione fosse tale da richiedere l'adozione di specifici provvedimenti di controllo dell'avifauna;

- nel caso la situazione avesse richiesto l'adozione di un piano di prevenzione, la società di gestione avrebbe dovuto provvedere a predisporre ed attuare il piano d'intesa e in coordinamento con il Direttore d'aeroporto;
- dopo dodici mesi dall'introduzione del piano lo stesso avrebbe dovuto essere verificato ed eventualmente ottimizzato.

La società di gestione aveva commissionato lo studio naturalistico ad un ente esterno. L'osservazione sul campo aveva avuto luogo dall'1 gennaio al 31 dicembre 2002 ed al momento dell'incidente la relazione non era ancora stata consegnata alla società di gestione committente.

All'epoca dei fatti la struttura organizzativa della società di gestione prevedeva che il controllo della avifauna venisse svolto dalla Unità organizzativa denominata "security aeroportuale e servizi generali". Da evidenziare che in ambito aeronautico il termine "security" è afferente alla attività di sicurezza intesa come prevenzione da atti illeciti.

L'attività di prevenzione posta in essere dalla SEA consisteva nel controllo dell'altezza dell'erba per il tramite dello sfalcio, che veniva effettuato con la precauzione di utilizzare insetticidi dopo lo sfalcio per evitare di richiamare volatili attratti dagli insetti.

L'attività di controllo consisteva in una ispezione giornaliera effettuata di primo mattino su piste e raccordi e nella previsione della comunicazione, da parte del personale della TWR, di piloti e del personale di vigilanza dell'eventuale presenza di volatili al Responsabile in turno (RIT) della citata Unità organizzativa. In seguito ad eventuale segnalazione, il RIT avrebbe avuto cura di procedere all'allontanamento dei volatili mediante impiego di pistola lancia razzi.

Il giorno dell'incidente, all'atto della ispezione mattutina, non era stato segnalato alcunché di anomalo, né vi era stata alcuna segnalazione nel corso della giornata prima del verificarsi dell'incidente.

1.11. REGISTRATORI DI VOLO

In questo paragrafo sono riportate le informazioni di maggiore interesse relative agli apparati di registrazione presenti a bordo.

1.11.1. Generalità

L'aeromobile era equipaggiato con registratori FDR e CVR, con memoria a stato solido, del tipo:

- FDR Fairchild FA2100-2042-00 S/N 0152418;
- CVR Honeywell 980-6022-011 S/N 3340.



Foto 4: CVR Honeywell 980-6022-011.



Foto 5: FDR Fairchild FA2100-2042-00.

1.11.2. Stato di rinvenimento

Alle 17.30' del 2 giugno 2003 i Vigili del fuoco, coadiuvati dall'investigatore incaricato dell'ANSV, recuperavano dal relitto i due registratori.

Gli apparati hanno funzionato regolarmente ed è stato possibile recuperare i dati registrati dalle rispettive memorie.

1.11.3. Dati scaricati

I parametri registrati dal FDR per le evidenze del comportamento dei motori sono i seguenti (ogni parametro, eccettuato l'APU, è disponibile per il motore sinistro e destro).

- N1 regime di funzionamento del FAN espresso in % RPM.
- TLA: angolo della *thrust lever* espresso in gradi, che permette di definire le seguenti posizioni:

Cut off	<7 gradi;
Idle	tra 7 e 26;
Cruise	tra 26 e 89;
Climb	tra 89 e 100;
Take off	tra 100 e 112;
APR	tra 112 e 123.5;
- Fuel press low;
- Oil press low;
- Generator fail;
- Thrust reverse;
- Engine pylon overheat;
- Engine fire;
- APU fire.

Le indicazioni dei livelli vibratori dei motori non sono registrate, così come non sono presenti i valori di N2 e ITT.

Al tempo di registrazione FDR 4:12:29:33 (secondo 390573), il parametro relativo all'*Air/Ground switch* commuta su *Air* ad indicare il decollo dell'aeromobile. Tale tempo viene nel corso della trattazione definito come T/O+00", ad indicare l'istante dell'involo e utilizzato come base di riferimento temporale nella descrizione degli eventi.

Allineamento e corsa di decollo

Dalle registrazioni del FDR si evince che l'aeromobile ha effettuato un decollo statico per RWY 36R.

Al tempo T/O-60" (FDR 4:12:28:33; da ora in poi verrà fatto riferimento solo ai minuti e ai secondi), si registrava infatti una prua magnetica di 355°, ad indicare l'avvenuto allineamento ed un valore di *ground speed* in diminuzione dalla velocità di rullaggio fino a 0

nodì. Il velivolo era configurato con i flap a 8°. Le *thrust lever* erano in posizione *idle* (rispettivamente, motore sinistro TLA 19,6° N1 24% RPM, motore destro TLA 19,6° N1 23,75% RPM).



Figura 7: tempo T/O-60” aeromobile allineato motori ad *idle*.

Al tempo T/O-34” (FDR 28:59) le *thrust lever* venivano progressivamente avanzate alla posizione APR, ovvero tutte avanti. Tale posizione (motore sinistro TLA 117,6°, motore destro TLA 116,3°) veniva raggiunta in 7 secondi al tempo T/O-27” (FDR 29:06).

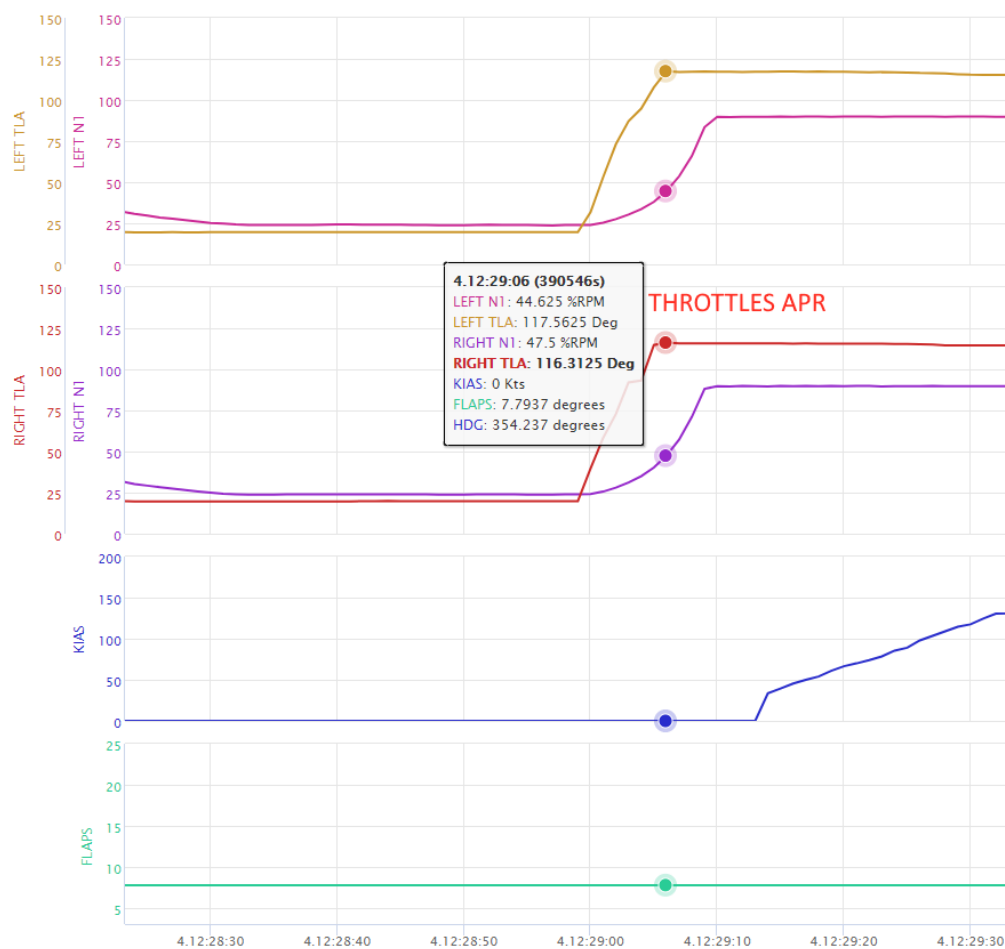


Figura 8: tempo T/O-27'' aeromobile allineato TLA APR.

Al tempo T/O-23'' (FDR 29:10) entrambi i motori si stabilizzavano al valore di N1 pari all'89,75% ed il velivolo cominciava a muovere.

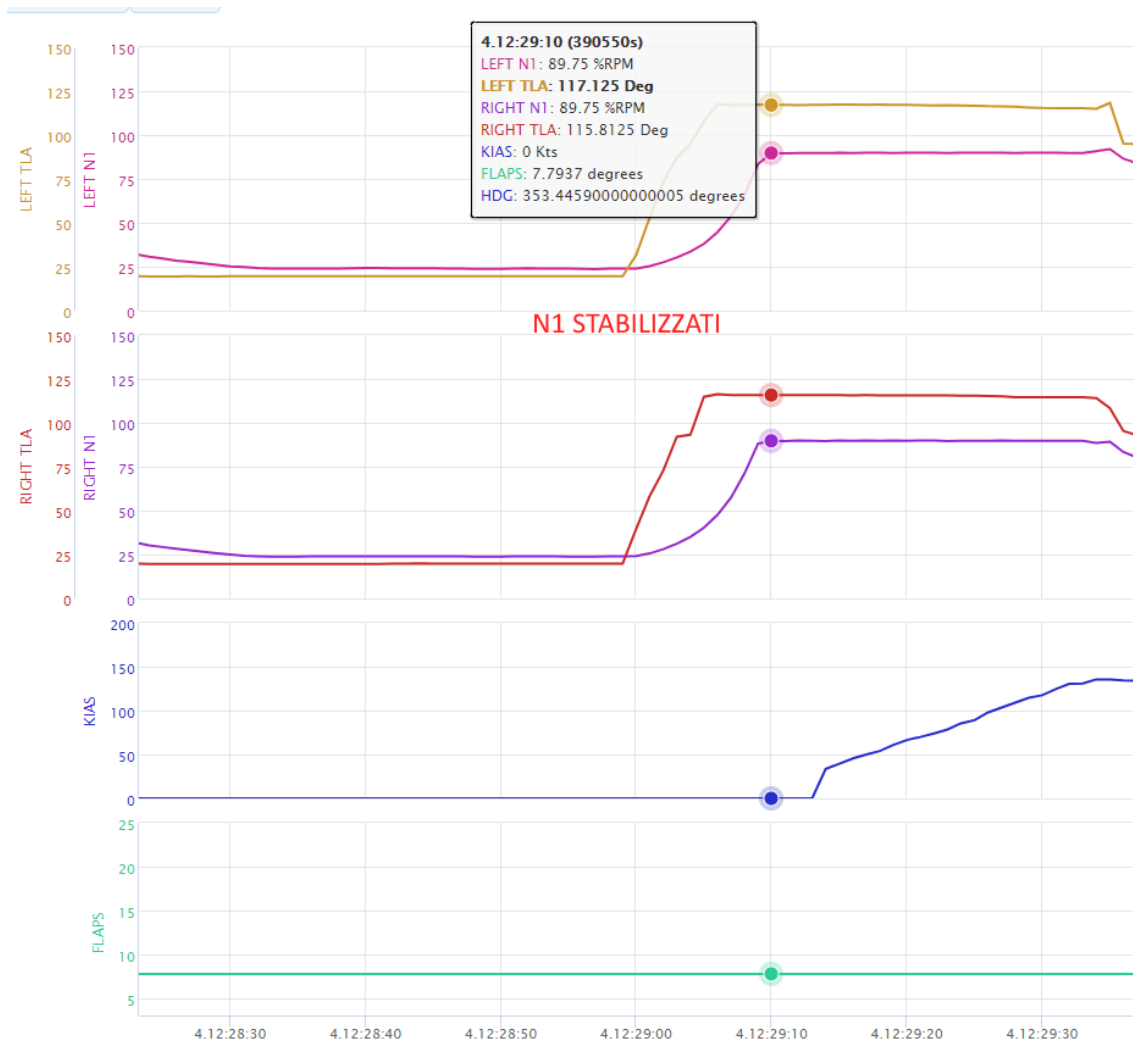


Figura 9: tempo T/O-23" inizio corsa di decollo.

Al tempo T/O-02" (FDR 29:31) aveva inizio la rotazione ad una IAS pari a 124,5 nodi (GS 126 nodi). I motori erano stabilizzati ad un valore di N1 pari, rispettivamente, all'89,9% RPM il motore sinistro e all'89,7% RPM il motore destro. Le TLA, pari a 115° per entrambi, indicavano il campo APR. La durata complessiva della corsa di decollo dal rilascio freni è stata di 23 secondi.

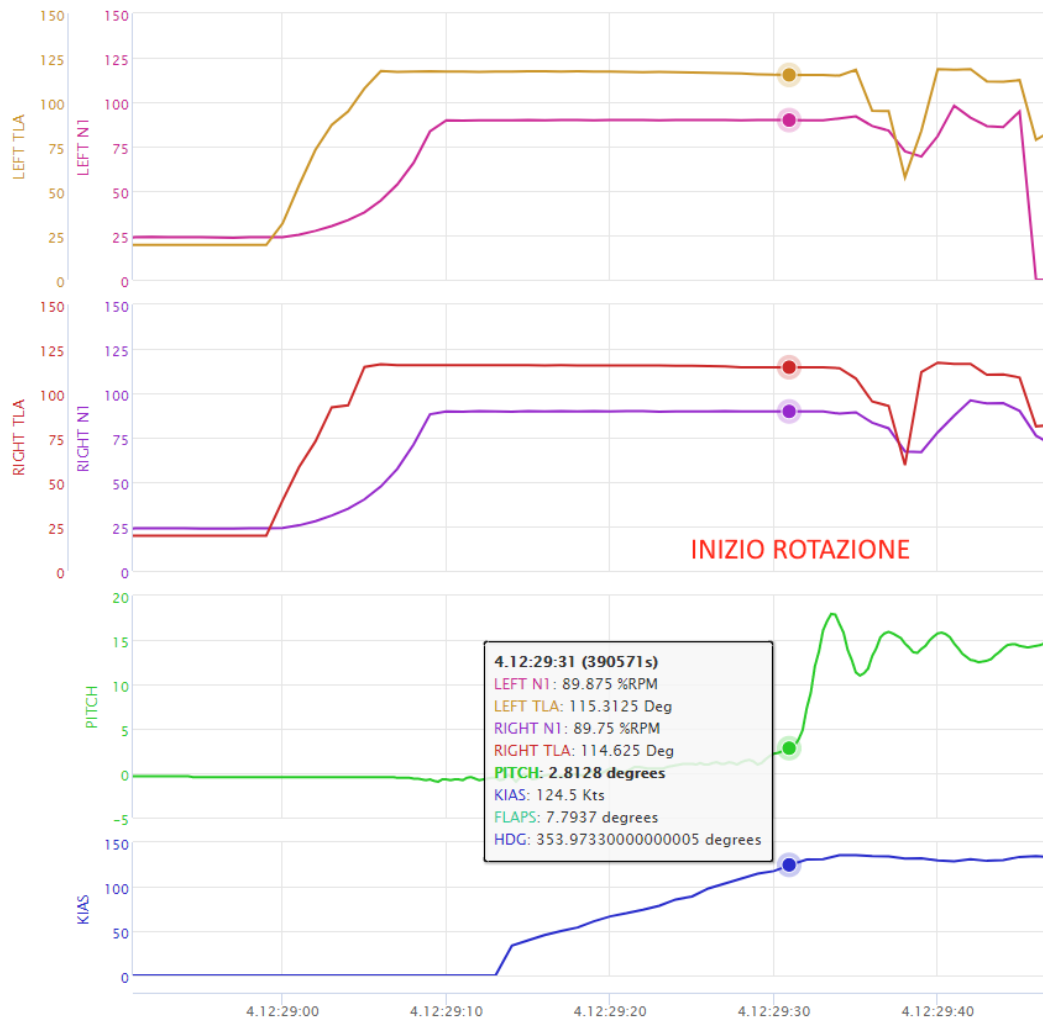


Figura 10: tempo T/O-2" inizio rotazione.

Al tempo T/O+00" (FDR 29:33) il sensore terra aria commutava. La IAS era di 131 nodi (GS 135 nodi), il *pitch* era pari a +16° (aumentava poi ad un massimo di +18°, 50 centesimi di secondo dopo), le indicazioni di angolo di attacco erano AOA1= 0,7, AOA2 = 0,82. I valori di N1 di entrambi i motori erano stabili all'89,75% RPM.

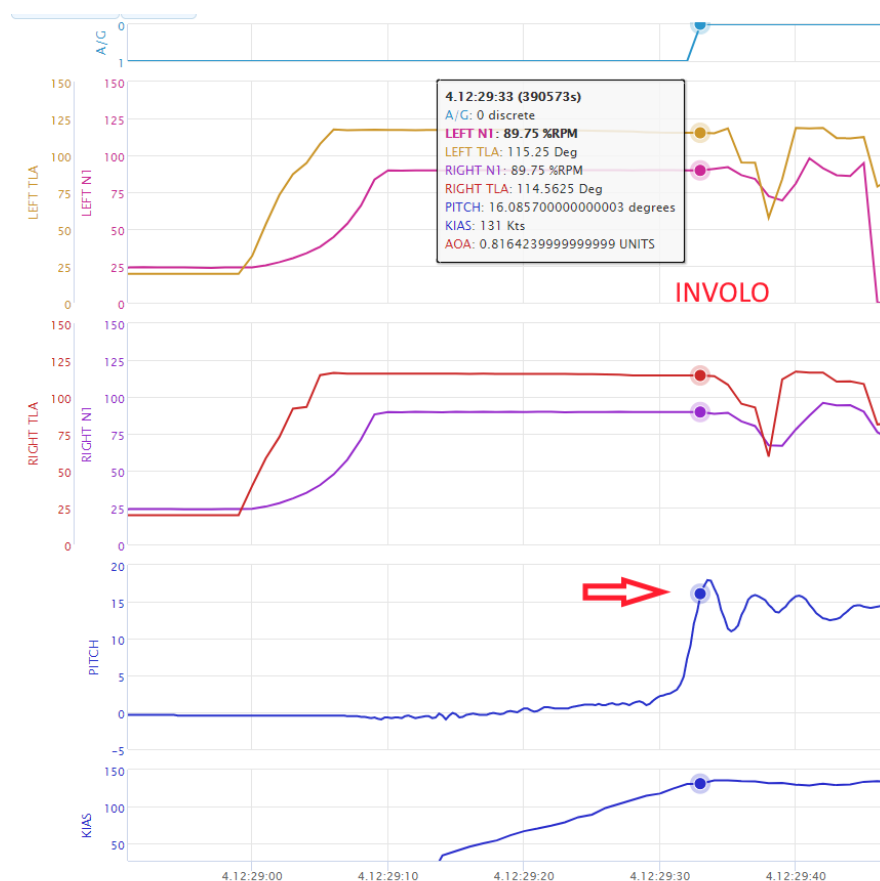


Figura 11: tempo T/O+0" involo.

Decollo

A T/O+01" (FDR 29:34) a 12 piedi RADALT, IAS 135 nodi (GS 139 nodi), AOA massimo 0,75 unità, *pitch* +17°, si registrava l'attivazione di *master caution* e *master warning*. Si registrava una variazione nei parametri N1 con un leggero aumento del valore relativo al motore sinistro ed un leggero calo relativo al motore destro, contestualmente, però, ad una lieve variazione dell'angolo della posizione delle *thrust lever* (motore sinistro TLA 114,9° N1 90,8% RPM, motore destro TLA 114° N1 88,5% RPM).

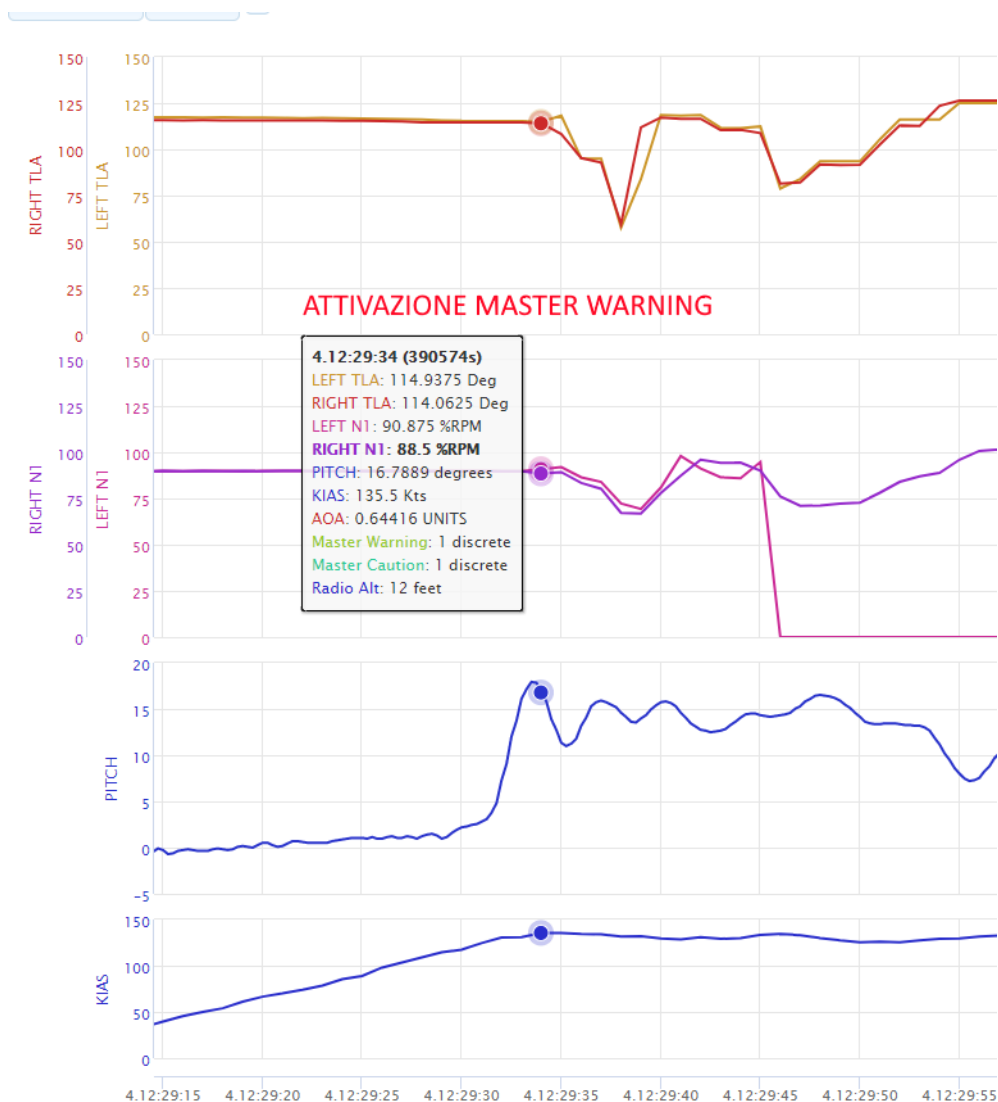


Figura 12: tempo T/O+1'' attivazione *master warning*.

Verosimilmente l'attivazione del *master warning* è riconducibile all'attivazione dello *stall warning* per superamento del valore di AOA massimo. Il *master warning* rimaneva attivo per 31 secondi, fino al tempo T/O+32'' (FDR 30:05).

L'aumento dei giri del motore sinistro da 89,75% RPM a 92% RPM coincideva con la variazione della TLA del motore sinistro da 114,9° a 118,2°, che si registrava al secondo successivo (T/O+2'', FDR 29:35).

La deflessione di giri del motore destro da 89,7% RPM a 88,5% RPM sembra coincidere con la variazione della TLA motore destro da 114,6° a 114,0°, iniziata il secondo precedente e che continuava poi con la riduzione al campo *cruise*.

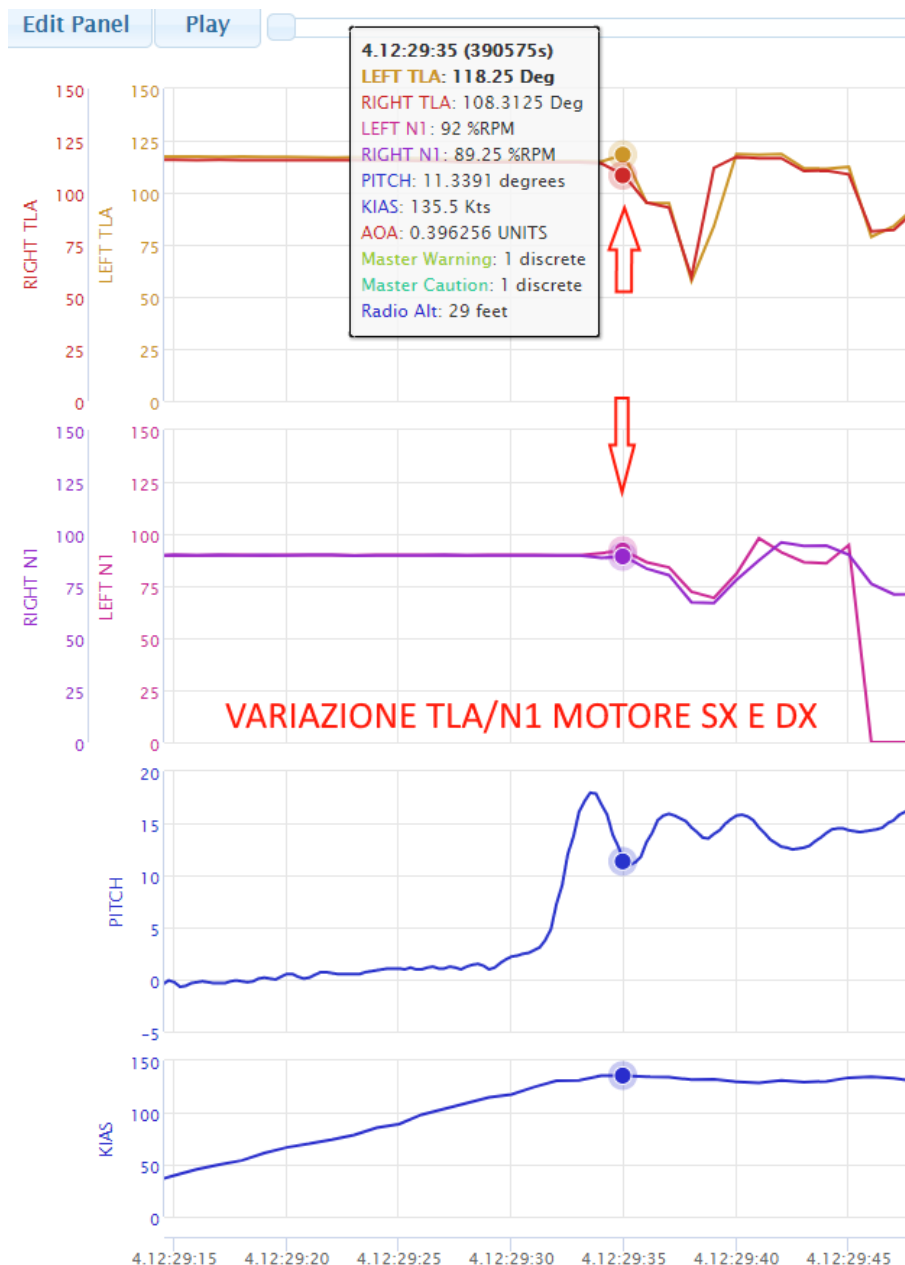


Figura 13: tempo T/O+2" andamento TLA e N1.

Si registrava nel frattempo la mancata retrazione del carrello dopo il decollo, che veniva lasciato in posizione *down* fino all'impatto. I flap rimanevano sempre in posizione 8° fino al tempo T/O+01'23" (FDR 30:53), quando venivano portati a 20°.

Prima riduzione di potenza dei motori

Dal tempo T/O+02" (FDR 29:35) ad una RADALT di 29 piedi, IAS 135 nodi, AOA massimo 0,48 unità, le *thrust lever* del motore sinistro e destro vengono progressivamente ridotte.

Al tempo T/O+05" (FDR 29:38), a 97 piedi RADALT, IAS 131 nodi, AOA massimo di 0,6 unità, le *thrust lever* raggiungevano l'angolo minimo registrato nel corso della prima riduzione dei motori operata in campo *cruise*: il motore sinistro registrava TLA pari a 57,7°, corrispondente ad un N1 di 72,2% RPM; il motore destro registrava TLA pari a 59,5°, corrispondente ad un N1 di 67,25% RPM. Il valore di N1 del motore destro, inferiore a quello del sinistro nonostante la posizione più avanzata della rispettiva *thrust lever*, potrebbe essere indicazione di avvenuta ingestione di volatile.

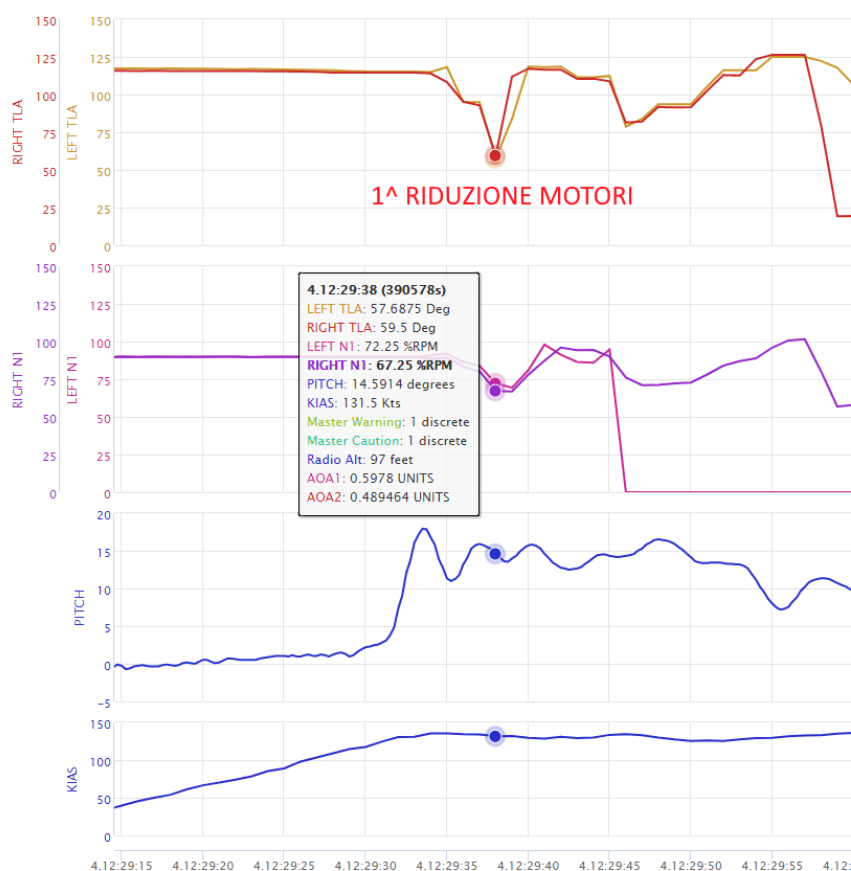


Figura 14: tempo T/O+5" riduzione in campo *cruise*.

Al tempo T/O+07" (FDR 29:40), a 144 piedi RADALT, IAS 129 nodi, AOA massimo di 0,73 unità, le TLA di entrambi i motori ritornavano in campo APR: il motore sinistro ad una TLA di 118,6° e N1 pari a 80,9% RPM, il motore destro ad una TLA di 117,2° e N1 pari a 78% RPM. L'andamento nella risposta del motore destro appariva più lenta rispetto a quella del motore sinistro.

Al tempo T/O+8" (FDR 29:41) il motore sinistro registrava 98% RPM, il destro 87% RPM.

Al tempo T/O+9" (FDR 29:42) il motore sinistro registrava 91% RPM, il destro 96% RPM.

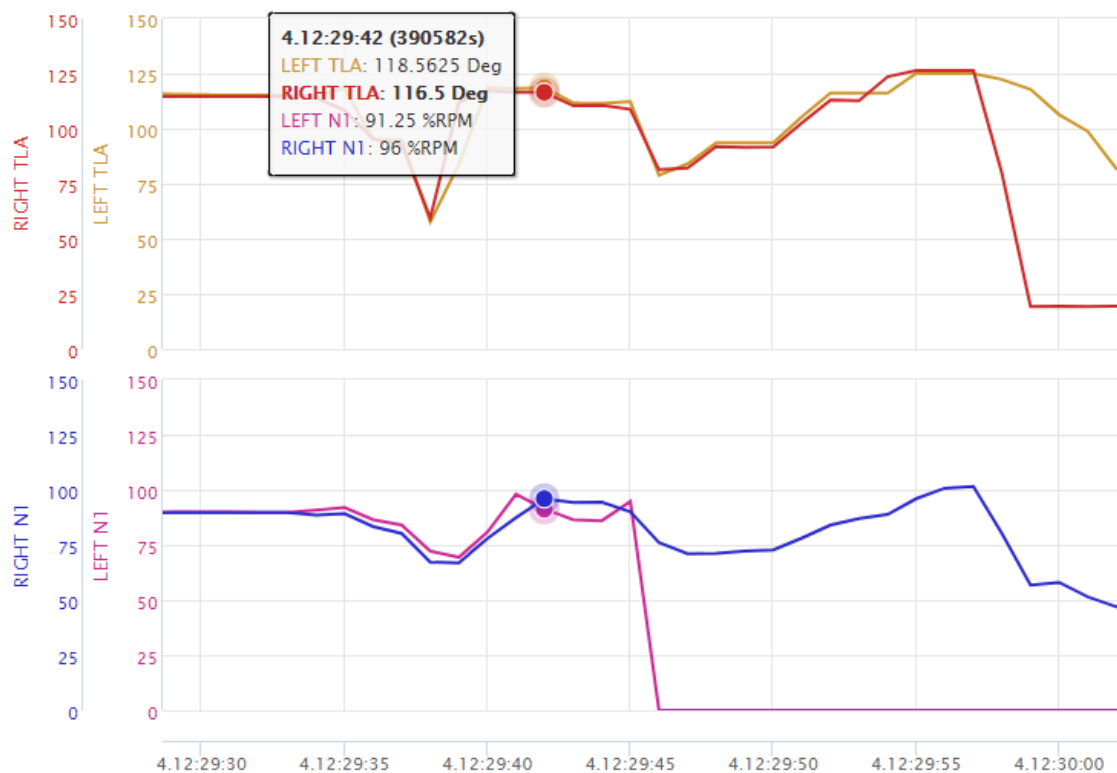


Figura 15: tempo T/O+9" thrust lever APR, indicazioni N1.

Virata in sottovento e seconda e terza riduzione delle thrust lever

Al tempo T/O+10" (FDR 29:43), a 209 piedi RADALT, IAS 129 nodi, AOA massimo 0,53 unità, l'aeroplano lasciava la prua di decollo ed iniziava una virata verso destra, con un angolo di *bank* in progressivo aumento fino al raggiungimento di un valore massimo al tempo T/O+20" (FDR 29:53) di 39° di *bank* a circa un terzo della virata di 180° per portarsi in sottovento. In tale secondo, attraversando una prua di 041°, la quota RADALT era di 397 piedi, la IAS 127 nodi e l'AOA massimo pari a 0,87 unità.

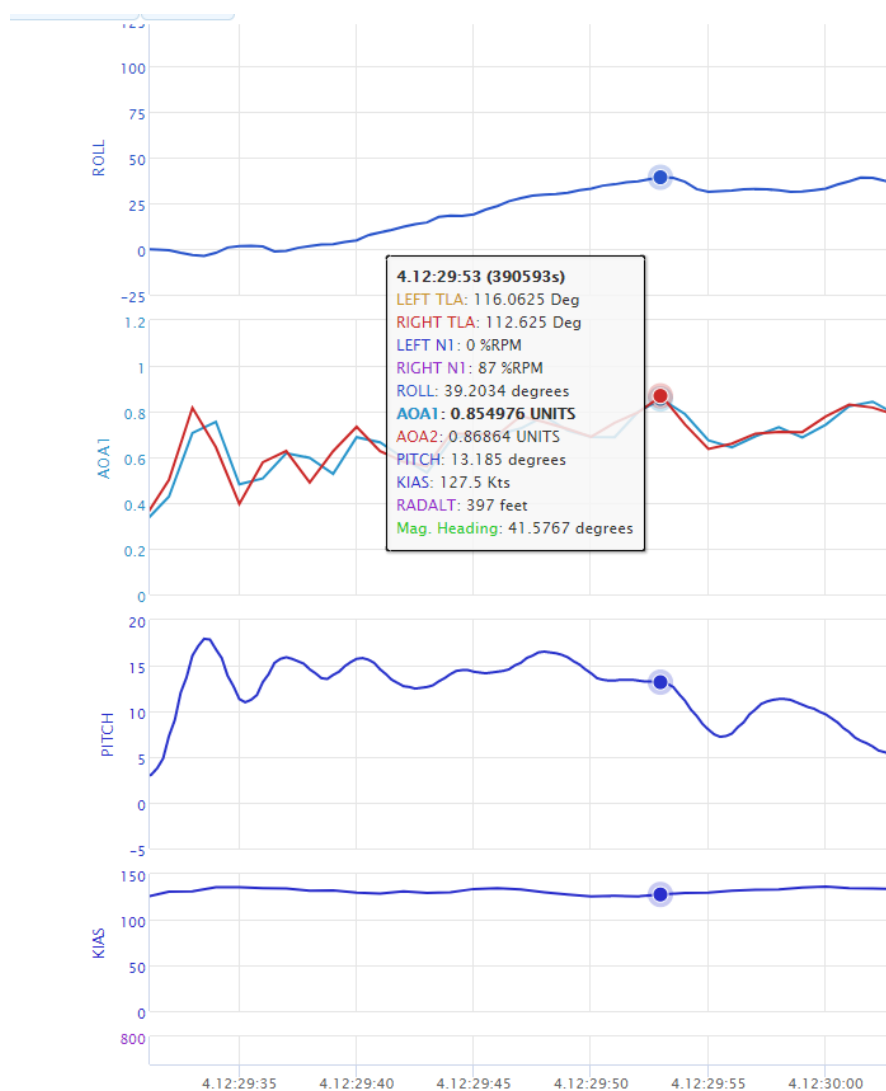


Figura 16: tempo T/O+10" velivolo in virata per il sottovento.

Contemporaneamente, nel corso della virata, appena dopo aver raggiunto il massimo di N1, le *thrust lever* venivano per la seconda volta progressivamente ritardate in campo *cruise*, registrando al tempo T/O+13" (FDR 29:46) i valori di TLA motore sinistro pari a 78,8° e di TLA motore destro pari 81,3°. In corrispondenza di tale riduzione, il valore di N1 del motore sinistro passava in un secondo da 95% a 0% RPM, nonostante poi la *thrust lever* del motore sinistro abbia continuato nelle fasi successive del volo a venire modulata. Ciò è verosimilmente indice della perdita del segnale del trasduttore di giri N1 motore sinistro, possibile conseguenza di ingestione di volatili.

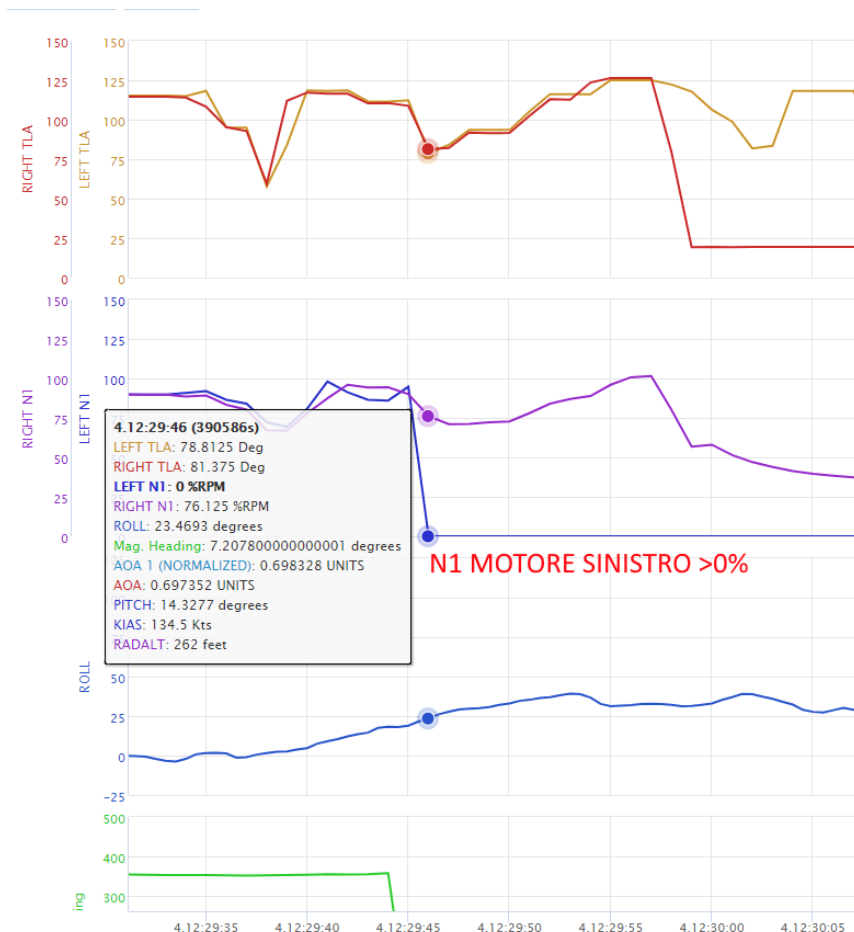


Figura 17: tempo T/O+13" riduzioni di TLA. Indicazione di N1 repentinamente a 0.

Il valore di N1 del motore destro nel corso della seconda riduzione raggiungeva un minimo di 71% RPM, per poi tornare al tempo T/O+24" (FDR 29:57) ad un massimo di 101% RPM, quando entrambe le *thrust lever* venivano riposizionate in APR.

Sempre nel corso della virata avevano luogo, rispettivamente al tempo T/O+15" (FDR 29:48) e T/O+22" (FDR 29:55), due attivazioni del MIC *switch* della radio VHF, indicazione di due chiamate radio effettuate dall'equipaggio.

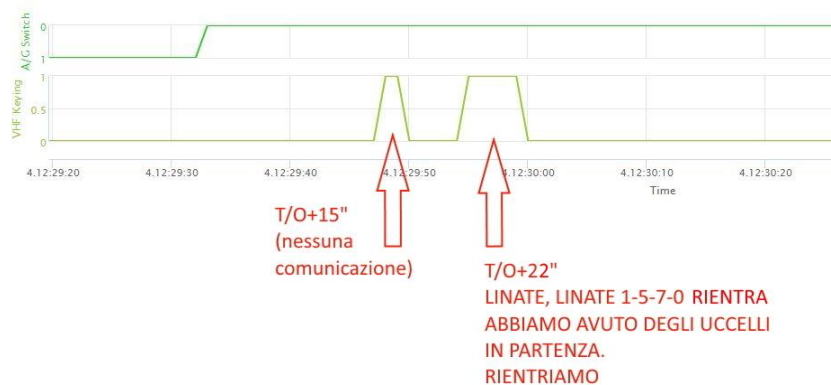


Figura 18: tempo T/O+15'' e T/O+22'' pressioni del MIC switch VHF.

Al tempo T/O+24'' (FDR 29:57) aveva luogo la terza riduzione delle *thrust lever*. Questa volta la *thrust lever* destra veniva portata ad *idle* (TLA 19,3°), posizione mantenuta poi fino all'impatto. Il valore di N1 del motore destro si stabilizzava progressivamente ad un valore di 28% RPM, congruente con la posizione della *thrust lever*.

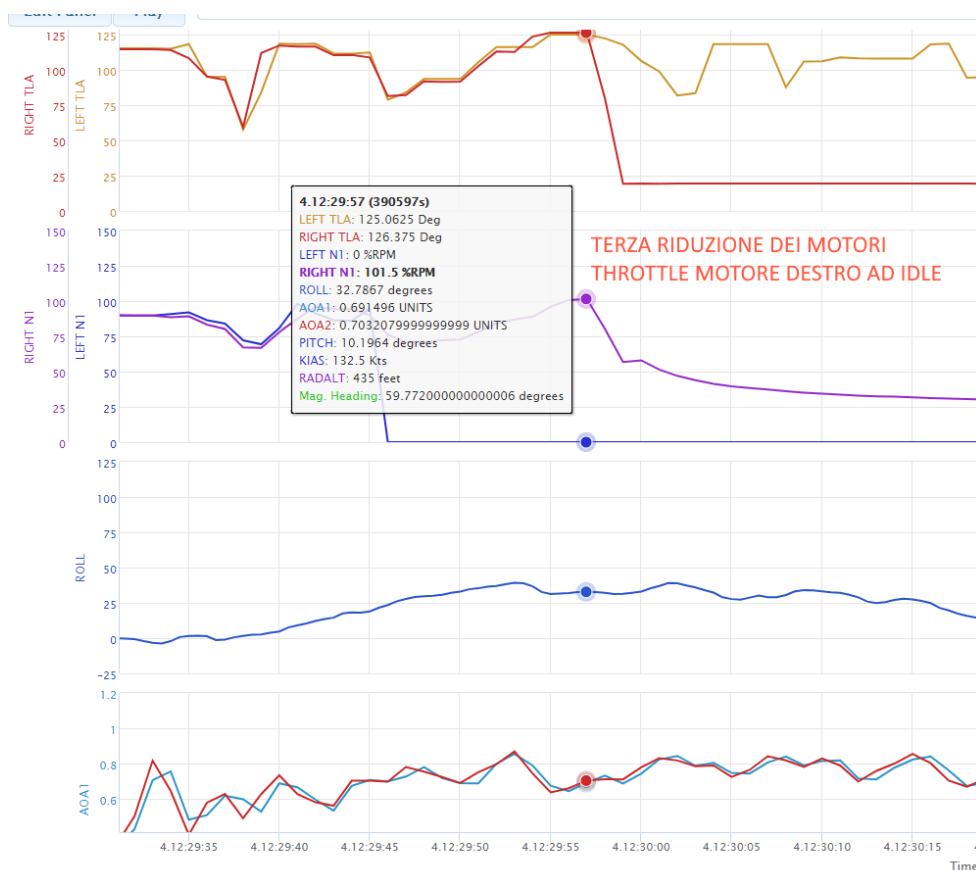


Figura 19: tempo T/O+24'' terza riduzione di TLA e motore destro ad *idle*.

Dal tempo T/O+30" (FDR 30:03) il pilota utilizzava solo la *thrust lever* del motore sinistro con tre ulteriori riduzioni in campo *cruise*. Come detto, il parametro N1 del motore sinistro non era più disponibile.

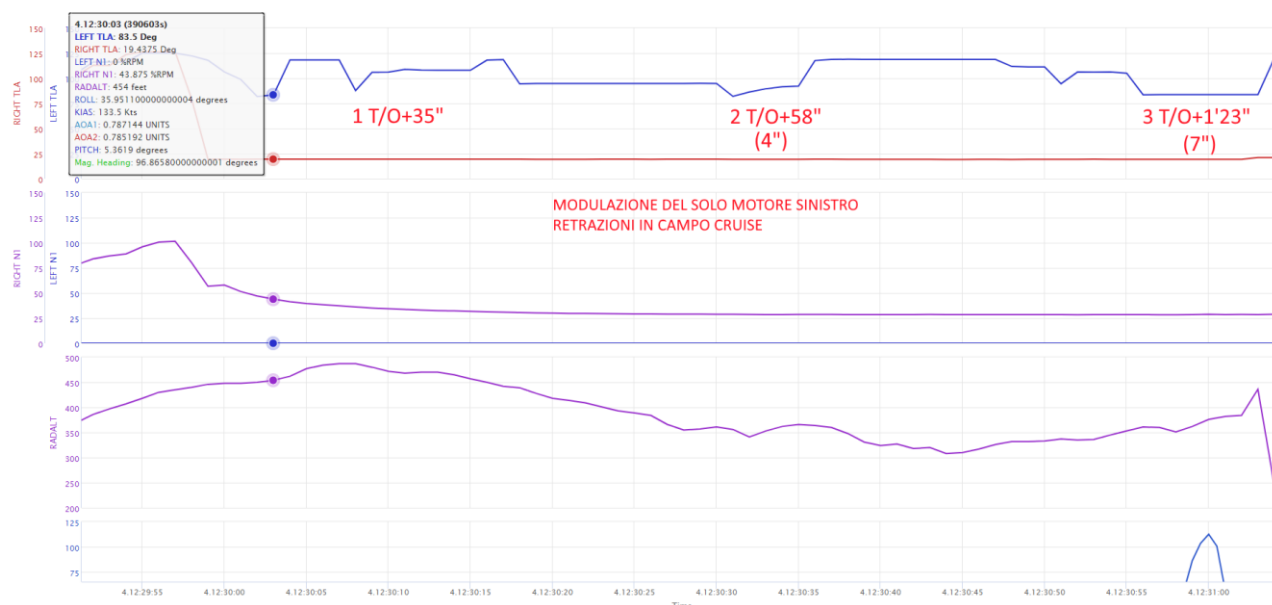


Figura 20: modulazioni della sola *thrust lever* del motore sinistro con tre retrazioni in campo *cruise*.

La RADALT massima registrata è stata di 480 piedi al tempo T/O+35" (FDR 30:08), corrispondente, allo stesso tempo, anche alla massima altitudine barometrica di 898 piedi. La virata di posizionamento in sottovento terminava al tempo T/O+50" (FDR 30:23), su una prua di 170°, ad una RADALT di 401 piedi ed una IAS di 134 nodi.

Fase sottovento, virata base destra e perdita di controllo

Il tratto sottovento aveva inizio al tempo T/O+50" (FDR 30:23) e veniva mantenuto fino al tempo T/O+1'17" (FDR 30:40) ed è stato caratterizzato, come evidenziato dalla figura precedente, dalla modulazione del solo motore sinistro con una riduzione in campo *cruise*. Al tempo T/O+1'01" (FDR 30:34) si attivava l'EGPWS *alert* per una durata di 15", fino al tempo T/O+1'16" (FDR 30:49). Anticipando quanto emerso dall'analisi del CVR, si riporta che il primo EGPWS *alert* registrato al T/O+1'01" ha generato il messaggio "*Don't sink*". Al tempo T/O +1'10" (FDR 30.43) ad una RADALT di 320 piedi si è invece registrato il messaggio "*Too low, terrain*". Durante tale intervallo temporale, infine, si è registrata l'attivazione del MIC *switch* della radio VHF, al tempo T/O+1'07" (FDR 30:40).

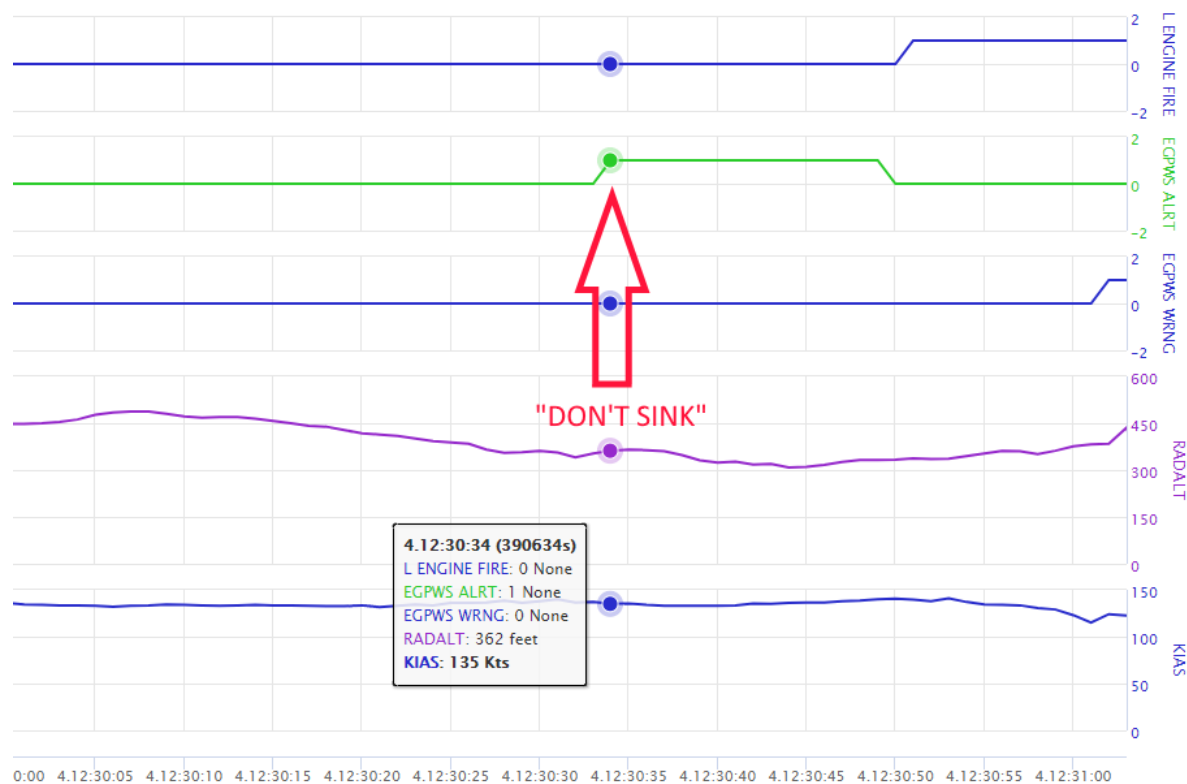


Figura 21: tempo T/O+1'01" attivazione EGPWS alert "DON'T SINK".

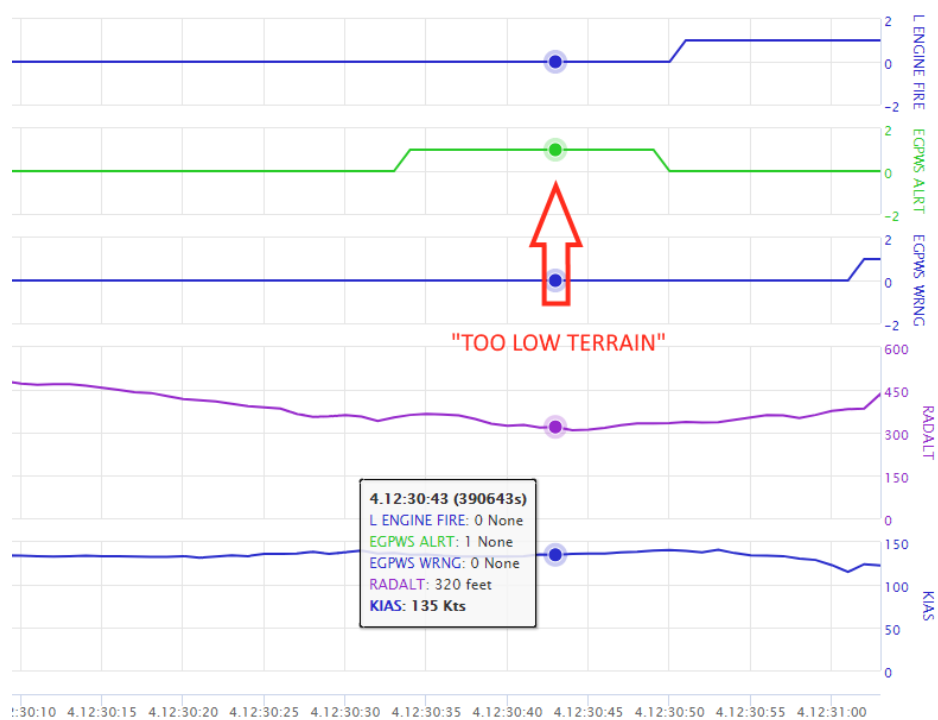


Figura 22: tempo T/O+1'10" attivazione EGPWS alert "TOO LOW, TERRAIN".



Figura 23: tempo T/O+1'07" pressione del MIC switch VHF.

Il tratto sottovento è terminato al tempo T/O+1'07" (FDR 30:40) circa, quando ha avuto inizio la virata a destra per l'ingresso in base. Il velivolo si trovava a 324 piedi RADALT, IAS 133 nodi e ad un AOA massimo di 0,68 unità. La *thrust lever* del motore sinistro era in posizione APR, quella del motore destro in posizione *idle*.

Al tempo T/O+1'16" (FDR 30:49) i flap venivano comandati a 20°. L'aeroplano era a 332 piedi RADALT, ad una IAS di 140 nodi, un *bank* di 15° a destra in aumento, +8° di *pitch*, AOA massimo 0,76 unità, motore sinistro TLA in campo T/O, motore destro ad *idle*.

Al tempo T/O+1'18" (FDR 30:51) si attivava il *warning* "*L engine fire*", che rimaneva poi attivo fino all'impatto.

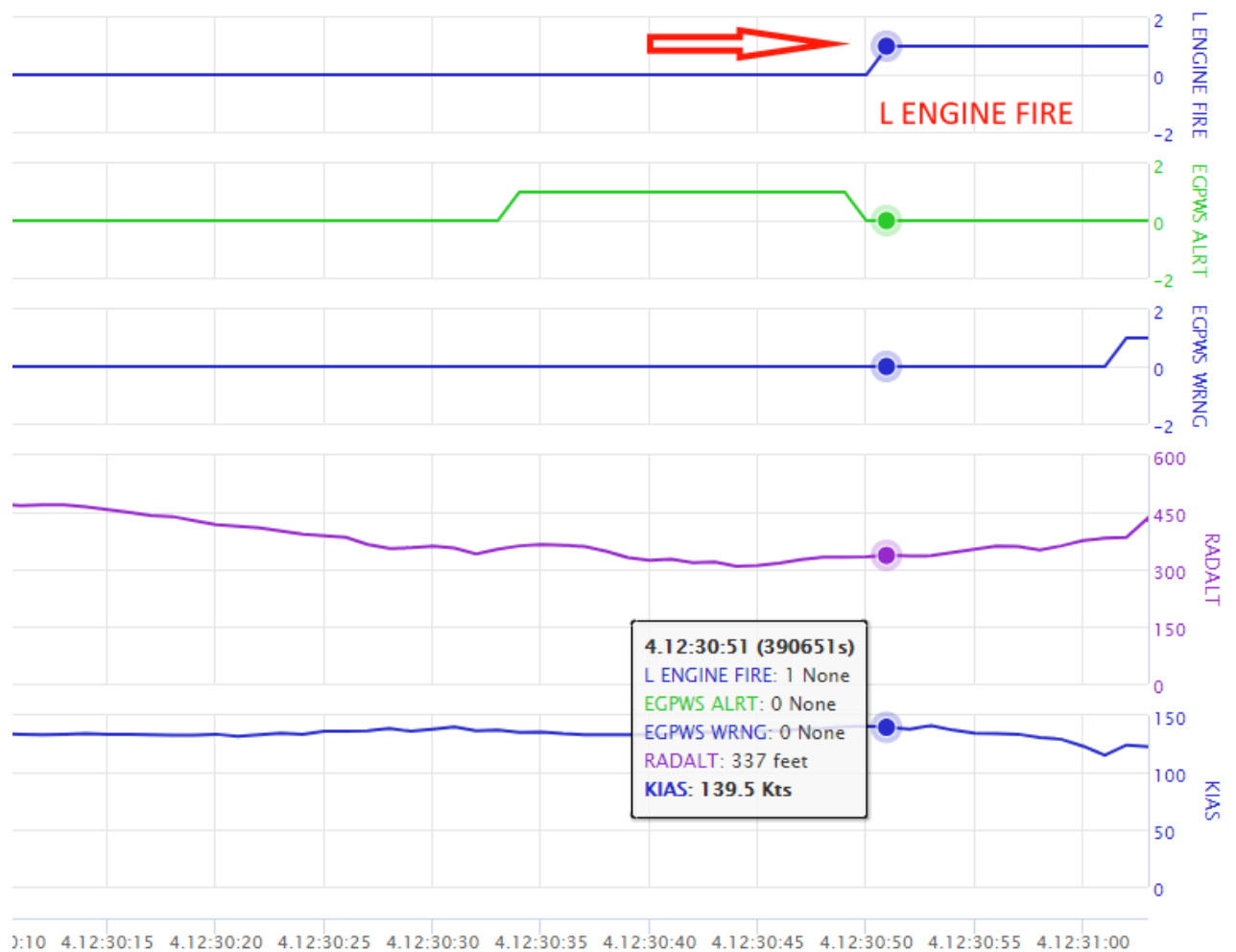


Figura 24: tempo T/O+1'18" attivazione warning "LEFT ENGINE FIRE".

Si registrava a partire da T/O+1'23" una riduzione in campo *cruise* della *thrust lever* del motore sinistro per 7".

Al tempo T/O+1'25" (FDR 30:58), con velivolo in configurazione L/G *down*, flap 20°, IAS di 130 nodi, RADALT di 351 piedi, passando la prua di 248°, dopo una retrazione della *thrust lever* del motore sinistro a 83,6°, si registrava un angolo di *bank* in aumento di 45° a destra ed un *pitch* di +5,4°. L'AOA massimo registrato in tale fase è stato di 0,98 unità.

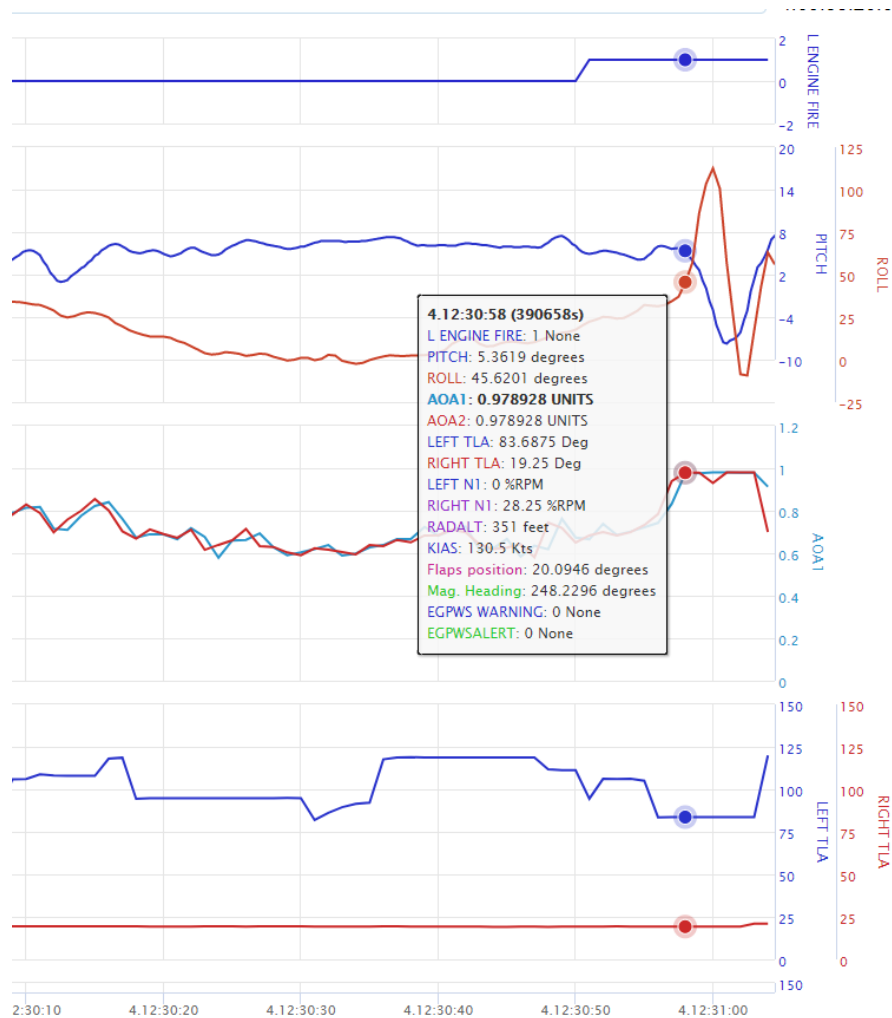


Figura 25: tempo T/O+1'25" retrazione della TLA motore sinistro in campo *cruise* in seguito alla indicazione di *engine fire*.

Due secondi dopo, T/O+1'27" (FDR 31:00), passando la prua 269°, ad una RADALT di 376 piedi, l'angolo di *bank* registrava il valore massimo di 112° a destra, il *pitch* indicava il valore di -3°, la IAS diminuiva fino a 123 nodi.

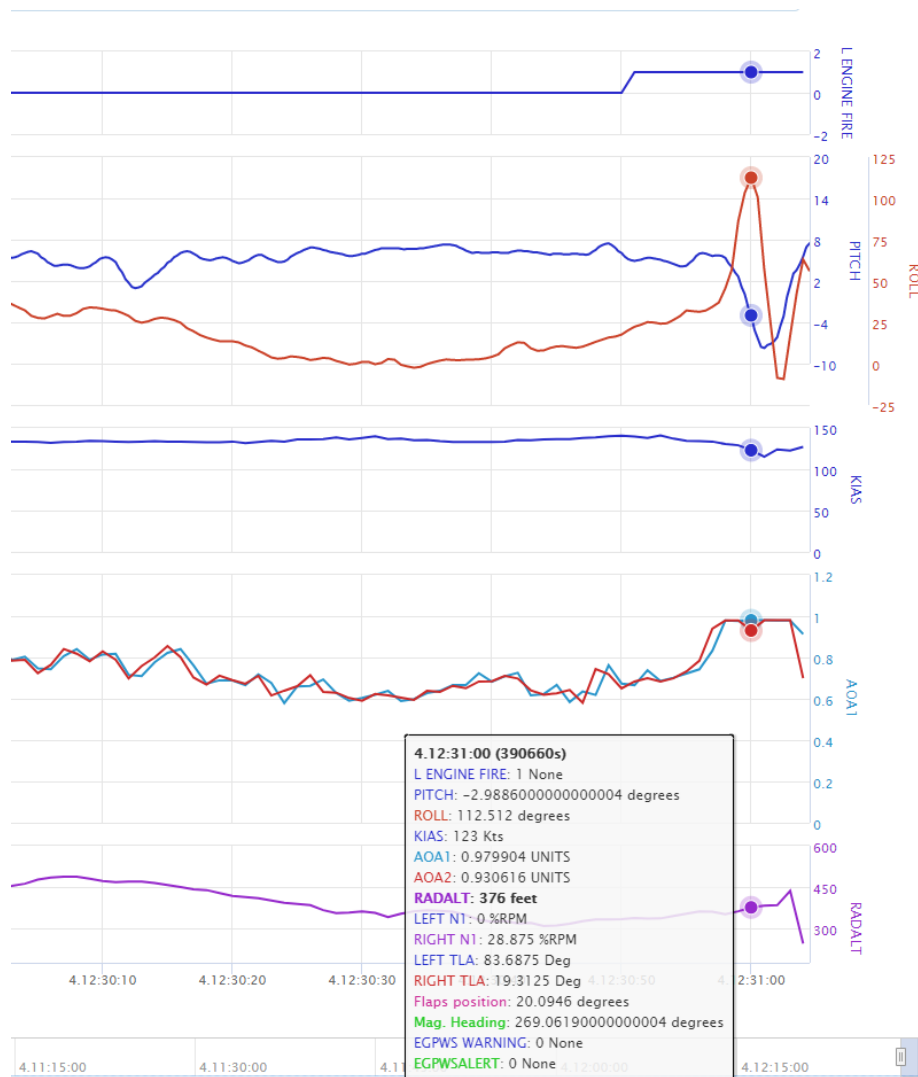


Figura 26: tempo T/O+1'27" perdita di controllo.

Al tempo T/O+1'29" (FDR 31:02) si attivava l'EGPWS warning "Terrain, terrain. Pull up".



Figura 27: tempo T/O+1'18" attivazione EGPWS warning "TERRAIN, TERRAIN, PULL UP".

Al tempo T/O+1'30" (FDR 31:03) si registrava la pressione del MIC switch della radio VHF.



Figura 28: tempo T/O+1'30" pressione del MIC switch VHF.

Al tempo T/O+1'31" (FDR 31:04) la prua era di 273°, l'AOA massimo 0,91 unità. Veniva registrata una RADALT di 245 piedi, una IAS di 127 nodi, la *thrust lever* del motore sinistro era in posizione APR, quella del motore destro ad *idle*,
 Gli ultimi parametri registrati, al tempo FDR 31:04,50, sono stati quelli relativi all'assetto dell'aeromobile: angolo di *bank* 56° a destra, con un *pitch* di +7,5°.

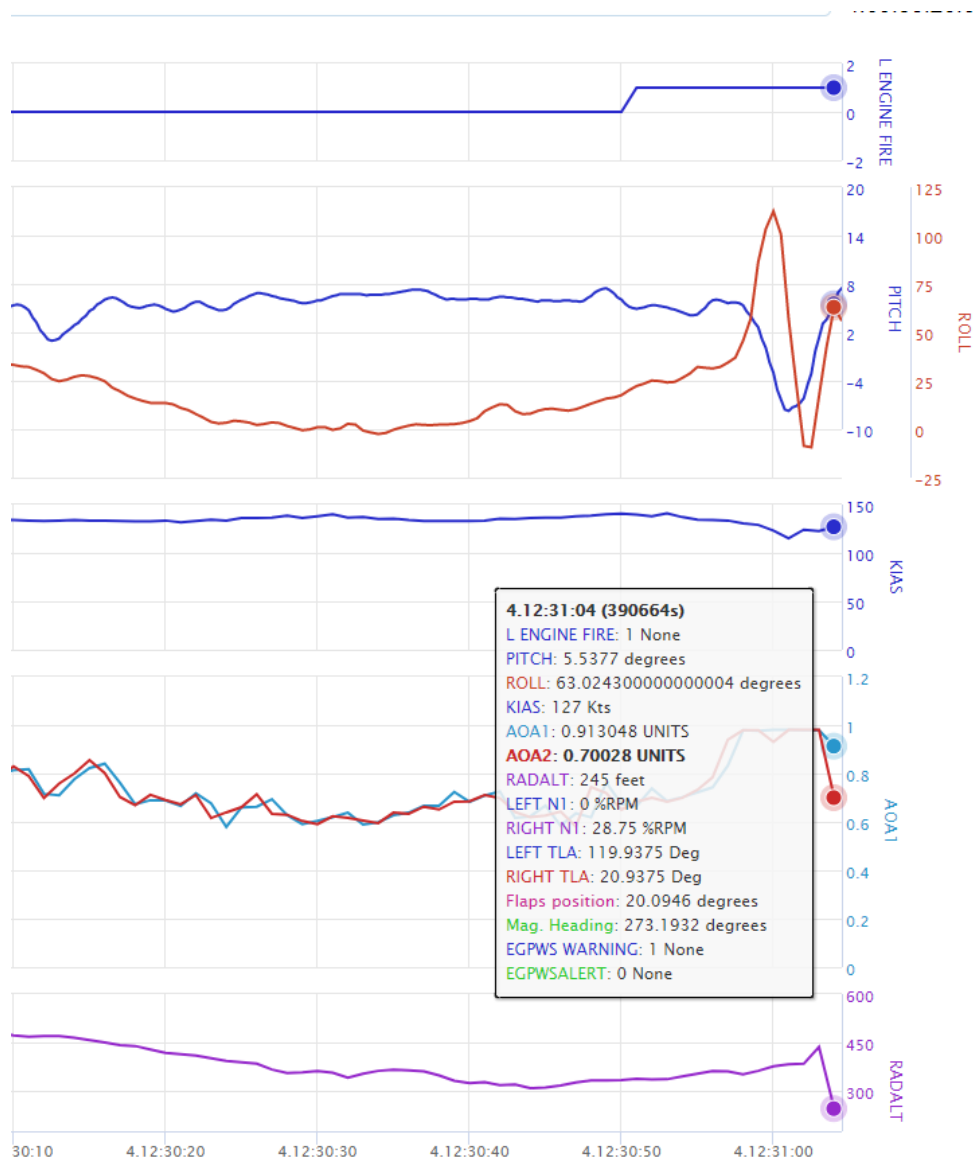


Figura 29: tempo T/O+1'31" indicazione degli assetti nell'ultimo secondo di registrazione.

Non si è registrata in alcuna fase del volo l'attivazione delle indicazioni di bassa pressione dell'olio motore, di bassa pressione carburante, generatore. Degli indicatori *engine fire* si è registrata la attivazione relativa al solo motore sinistro.

1.11.4. Trascrizione del CVR

La registrazione audio del CVR, di interesse per la ricostruzione di quanto accaduto nel volo dell'incidente, ha una durata di 26'45" ed inizia al tempo corrispondente al T/O-25'13" (avviamento motore destro) e termina al tempo T/O+1'32" (interruzione dell'alimentazione all'impatto). Gli eventi si sono svolti tra gli orari UTC 12.58' (messa in moto primo motore) e impatto al suolo 13.25' circa.

La sincronizzazione dell'audio con i dati FDR è stata effettuata correlando al FDR i tempi in cui sono udibili le attivazioni degli avvisi STALL, DON'T SINK, LEFT ENGINE FIRE e PULL UP

Tempo FDR	Evento FDR	Tempo CVR	Evento CVR	Tempo T/O
29:33	A/G switch to AIR	(28:47)	--	T/O
29:34	Master warning	28:48	STALL	T/O +1"
30:34	EGPWS alert	29:48	DON'T SINK	T/O + 1'01"
30:51	Left engine fire	30:05	LEFT ENG FIRE	T/O + 1'18"
31:02	EGPWS warning	30:16	PULL UP	T/O + 1'29"

Operazioni al parcheggio

Al tempo T/O-25'13" ha avuto luogo l'avviamento del motore destro con positivo commento di aumento N1, attivazione dell'*ignition*, incremento del *fuel flow* e ITT da parte dell'equipaggio.

In tale fase il comandante ha illustrato, senza seguire passo a passo la *checklist*, il flusso di azioni da effettuare.

Indicando apparati, sistemi e controlli da effettuare frequentemente non veniva usata, da parte del comandante, la terminologia prevista, ma si riferiva piuttosto a locuzioni quali: «parti di qui», «questo va bene», «fai qui», «vai qua», «occhio qua», «scendi di qui». Anche il primo ufficiale, in alcune circostanze, non utilizzava i nomi specifici dei sistemi, indicandoli, invece, con locuzioni quali «questo qui», «quello», ecc. Molte frasi nel flusso delle comunicazioni tra i due membri non venivano completate, in quanto o il comandante non terminava il discorso iniziato, interrompendosi, o il copilota interveniva parlando sopra al comandante già impegnato in un discorso, determinando, così, a sua volta, l'interruzione della frase del comandante. Tutte le comunicazioni a terra avevano luogo in tono cordiale e rilassato.

Tra le varie comunicazioni si riportano le seguenti di interesse.

Al tempo T/O-23'28", il comandante, nel configurare i vari apparati avionici (autopilota), comunicava al primo ufficiale che sarebbe stato il PF della tratta.

Al tempo 5'20", nell'impostare le velocità, il comandante comunicava quanto segue.

CPT: «La speed... metti la V2+25...non sbagli, son 150».

FO: «anche qua... ho sentito V2... V2+25».

CPT: «Dopo discutiamo di questo. Al simulatore sicuramente hai fatto V2. Sicuro, garantito. Ci sono i video che se ti pianta il motore a V2+10... V2+20... tu sali a V2+20... la traiettoria è più bassa.».

Dopo di che il comandante proseguiva con i controlli: «poi vai a destra... questo lo vediamo dopo...».

Il comandante passava quindi all'impostazione del FMS. In tale fase veniva confermato il peso di 20.000 libbre. Il primo ufficiale inseriva la SID PIKOT5A e la transizione GENOVA 8A.

Al tempo T/O-21'10" il primo ufficiale chiedeva al comandante cosa ne pensasse del modello di FMS del LJ45 comparato con quello del B767. Il comandante rispondeva commentando le differenze tra il FMS del LJ45 e quelli del Boeing B767 e dell'Airbus A320.

Al tempo T/O- 20'19" circa aveva termine la programmazione del FMS.

Al tempo T/O-20'06" veniva messo in moto il motore sinistro.

Al tempo T/O-18'06" veniva chiamata la *before taxing checklist*, letta dal primo ufficiale, comprensiva di controllo del *governor* dei motori, dei comandi di volo e dei trim (controllo commentato dal comandante, non senza qualche imprecisione).

Al tempo T/O-14'19" il primo ufficiale chiedeva a Linate GND il rullaggio dall'area aviazione generale.

Al tempo T/O-14'14" il controllore di Linate GND autorizzava il volo ERJ1570 a rullare via R5 al N2, comunicando il valore del QNH di 1010 hPa.

Operazioni in rullaggio

Il rullaggio iniziava al tempo T/O-14'14".

Al tempo T/O-13'18", mentre il primo ufficiale effettuava il rullaggio, il comandante ricordava quanto segue.

CPT: «Poi nella cockpit preparation, una cosa che bisogna fare sono le speed...».

FO: «Va bene».

CPT: «Quindi tornando qua queste qui son cose che ti fai quando uno è a bordo tranquillo. Pesiamo diciannove e otto al decollo, facciamo ventimila. Ventimila con trenta gradi sono centosedici, diciassette, ventisei».

FO: «OK».

CPT: «Tu segui l'aeroplano, te le metto io?»

FO: «Va bene».

CPT: «Dopo ti spiego come ho fatto».

Al tempo T/O-12'36", sempre in fase di rullaggio, il FO chiedeva quanto segue.

FO: «Non si usa mai un solo motore, vero?... per rullare? Non lo fate mai?».

CPT: «Mmmm... no... non lo facciamo. Adesso poi ti dico anche...».

La discussione sull'argomento veniva interrotta dal comandante, che effettuava la verifica delle indicazioni di prua dei relativi *display* di navigazione: CPT: «C'è la tua bussola che è un po' fuori...».

Al tempo T/O-9'55" il comandante chiedeva al primo ufficiale il nominativo del volo.

CPT: «Come ci chiamiamo?».

FO: «1-5-7-0».

CPT: «Dunque siamo... 1-5.... scusa?».

FO: «1-5-7-0».

CPT: «1-5-7-0. Dopo ti spiego come andare qua».

FO: «Va beh. Molte cose le ho già viste anche per un...».

CPT: «Sì sì, io le ripeto».

FO: «No, no... fai bene, anche perché, guarda...».

CPT: «Pian pianino... poi dopo...».

L'attenzione poi tornava nuovamente all'allineamento della bussola.

Al tempo T/O-9'06" il comandante enunciava la voce relativa ai parametri per il decollo.

CPT: «OK take off data li abbiamo messi, settati. Li rileggi... sedici, diciassette...».

FO: «Allora sedici, diciassette, ventisei di V2».

CPT: «Allora qui non... sarebbe da fare un brief...».

FO: «Sì usciamo dall'apron qua».

CPT: «Evitiamo...continuiamo dopo».

FO: «Va bene».

FO: «Qui ci son delle cartine... quelle di Milano».

CPT: «Farò io... Che bolgia. Erano già li così?».

FO: «Sì, non ho fatto neanche in tempo a guardarli».

CPT: «Allora... Linate.... Dorin.... Dorin vero?».

FO: «Sì.».

Al tempo T/O-8'20" il primo ufficiale iniziava un colloquio, anticipando che le vere difficoltà in rullaggio le avrebbero incontrate ad Amsterdam, verosimilmente riferendosi alla tratta successiva. Il comandante confermava e commentava l'osservazione, facendo un paragone con altri aeroporti. Iniziava poi una serie di domande del primo ufficiale circa i precedenti impieghi operativi del comandante.

Al tempo T/O-6'36" Linate GND assegnava il codice da inserire nel transponder e cambiava il volo ERJ1750 sulla frequenza di TWR. Rispondeva alla GND il comandante e il colloquio riferito alla precedente esperienza volativa del comandante procedeva.

Al tempo T/O-5'38" terminava il colloquio menzionato. Il comandante contattava la TWR.

Al tempo T/O-5'26" il primo ufficiale chiedeva al comandante di avere il briefing sulla SID PIKOT5A, che il comandante iniziava, ma poi interrompeva subito commentando le impostazioni del FMS.

CPT: «Dritto 356 track, quando passi i millequattrocento, ma non prima di Linate VOR DME, che è sul mio...».

FO: «Va bene».

CPT: «Allora le partenze le facciamo in FMS».

FO: «OK. Non devo settare comunque lo stesso la... le course sotto?».

CPT: «Sì, sì, sì... course sotto... c'era già?... Navigation back up c'è?».

FO: «Come? Di cosa stai parlando?».

CPT: «3-5-6 allora mettiamolo. 3-5-6... FMS».

FO: «Va bene».

CPT: «e FMS 2... va bene... ti hanno fatto vedere di decollare così?».

FO: «Sì, di solito sì».

CPT: «Va bene, dopo ti spiego.... ad Amsterdam non si...».

FO: «Non si decolla in... dopo mi dici...».

CPT: «No, non è che non si decolla... ormai sono tutte partenze in RNAV. Il back up con le radiali vale fino ad un certo punto».

FO: «Ho capito».

CPT: «Il futuro non è più le radiali, quindi.... dritto... poi a destra, passando i 1400 vai 104 outbound da Linate.... Le metto sul mio?».

FO: «Ok».

[omissis]

CPT: «Quindi 104 outbound, 12 miglia e poi a destra per il PIKOT. Poi te la dico io. La quota è 5000 piedi quella che abbiamo ricevuto».

FO: «Settata. Va bene».

Briefing di decollo

Al tempo T/O-4'0" aveva inizio il T/O *briefing* effettuato dal comandante.

CPT: «Il navigation set up è completo. Il take off briefing.... fermati qui.... facciamo una chiacchieratina».

CPT: «Io ti dico come lo faccio. Poi... In base a quello...».

CPT: «... quello che ti hanno spiegato anche al simulatore, in base alle tue esperienze.... Sarà un decollo da destra, con gli anti-ice off e il rudder off».

FO: «Va bene».

CPT: «Tutte le EuroJet call out. Prima degli 80 nodi ci fermiamo per qualsiasi cosa. Prima della V1 ci fermiamo per una red warning, ATC, aeroplano non sotto controllo».

FO: «Va bene».

CPT: «In questo caso sarà idle, brake».

FO: «Ok».

CPT: «Idle e i freni quelli che servono. Prima....».

FO: «OK. Un'altra... scusa se ti interrompo... le manette ce l'ho io per il decollo o ce l'hai tu che sei il comandante?».

CPT: «No, voli tu, voli tu».

FO: «Ok, perché questa qua è un'altra filosofia che ho sentito: il comandante di solito c'ha le manette.».

CPT: «Tu sei addestrato... hai fatto il simulatore, hai le mani sulle manette, sei addestrato».

FO: «Va bene».

CPT: «... è più un [omissis] che... dopo ti...».

FO: «Sì».

CPT: «Ricordati che poi ne parliamo».

FO: «Sì. Poi ne parliamo».

CPT: «Dopo, prima della V1, facciamo questi item, consideriamo la passenger evacuation».

FO: «Va bene».

CPT: «In caso di emergenza grave, stiamo in pista dopo avere usato idle, reverse e controlliamo gli spoiler».

FO: «Va bene».

CPT: «Lo fa il pilot non flying il controllo».

FO: «Va bene».

CPT: «Parking brake ON... Maximum brakes, Parking brake ON e emergency evacuation. Gli item sono cut-off e poi dopo di che le emergency light arrivano da sole. Battery off».

FO: «Quello... va bene».

CPT: «Primo dei due, il pilot non flying schizza fuori aiuta i passeggeri e porta...».

FO: «Va bene».

CPT: «Dopo la V1 su il carrello, nessuna azione prima dei 400 piedi. Vediamo bene quello che è successo. 1500 piedi è la nostra quota».

FO: «Acceleriamo...».

CPT: «Non facciamo nulla. Sali alla V2 o quella che hai, V2+10 è accettabile. Sali a quella, 1500 piedi livelli».

FO: «Flap up».

CPT: «Flap a zero, puliamo l'aeroplano, andiamo su Trezzo».

FO: «Ok».

CPT: «Holding e vediamo quello che è successo. Emergenza grave, engine fire... puoi mantenere questa configurazione, volando l'aeroplano a destra o a mano fai un sottovento».

FO: «Va bene».

CPT: «Quindi se il tempo, ovviamente, le condizioni lo permettono e... consideriamo un rientro immediato con un engine fire... Gli item sono che il pilot flying ha l'aeroplano e ha la radio, l'altro fa le check list».

FO: «Ok».

CPT: «L'after take off check list e l'approach check list... Abbiamo un overweight landing... Ce ne fregiamo e rientriamo qua. Alternato al decollo Linate... Per il resto...».

FO: «Va bene».

CPT (a TWR): «Pronto 1-5-7-0».

Veniva quindi effettuata la *runway lineup check list*, con selezione, tra gli altri controlli, dell'APR switch in posizione ARM.

Corsa di decollo e fase di volo

Dal tempo T/O-42'' (13.23' circa) iniziava la fase di decollo e seguiva il breve volo che terminava al tempo T/O+1'32'' con l'impatto al suolo (13.25' circa).

Nella tabella che segue non vengono riportate le comunicazioni della TWR.

TEMPO	CPT	FO	Cockpit Area Microphone
T/O-42''	Qualsiasi cosa prendo io l'aeroplano oggi...ok?		
T/O-40''		Ok. Va bene.	
T/O-39''	...solo oggi.		
T/O-38''		Va bene. Pronti al decollo?	
T/O-37''	Sì. Metti un sei-due che è sufficiente. Va bene. Vai.	Spetta eh? Ok.	
T/O-32''			Rumore di regime motori in aumento.
T/O-26''	Take off thrust set.	Take off thrust.	
T/O-16''	Speed alive.		
T/O-15''		Checked.	
T/O-9''			
T/O-8''	Eighty knots.		
T/O-7''		Checked.	
T/O-4''			
T/O-2''		Un po' di uccelli...	
T/O-1''	V-one		
T/O	[omissis]		Colpo secco.
T/O+1''			Il rumore di fondo dei motori cambia e diviene grave e rugoso. <i>Synthetic voice</i> (di seguito SV) "STALL".
T/O+2''	C'ho io l'aeroplano.		
T/O+4''			DING (<i>master caution</i>).
T/O+5''		Ok. You have control.	
T/O+6''			Il forte rumore di fondo registra una variazione del regime di giri dei motori prima in diminuzione e poi in aumento.
T/O+9''	Chiedi emergenza. Emergenza! Rientriamo subito.	Ok.	
T/O+12''			DING DING DING (<i>master warning</i>). Rumore di giri motore in diminuzione poi in aumento.
		Ok	
T/O+13''	Chiedi...	...eh... aspetta...	
T/O+15''		Mayday, Mayday,	

		Mayday.	
T/O+18"	Vai, vai, vai...		Rumore di giri motore in diminuzione poi in aumento.
T/O+20"			SV "STALL" + <i>stick shaker</i> .
T/O+22"		Linate... Linate,	
T/O+26"		1-5-7-0 rientra.... Abbiamo avuto degli uccelli in partenza... Rientriamo.	Rumore di giri in diminuzione poi in aumento.
T/O+29"			SV "STALL" + <i>stick shaker</i> .
T/O+31"			
T/O+35"			Rumore di giri in diminuzione. SV "STALL" + <i>stick shaker</i> . Rumore di giri in regime intermedio.
T/O+35"			
T/O+38"			SV "STALL" + <i>stick shaker</i> .
T/O+39"			SV "STALL" + <i>stick shaker</i> .
T/O+43"			
T/O+49"			
T/O+49"		Hai bisogno di me?	
T/O+51"	OK. Facciamo gli item. Grazie. Destra... Va bene. È il sunto. Lasciamolo così.		
T/O+56"			
T/O+57"	Grazie per il check list.		
T/O+58"		OK.	
T/O+59"		Vuoi fare quella normale o l'altra?	
T/O+1'00"	Sì. Facciamo normale.	OK.	
T/O+1'01"			SV "DON'T SINK. DON'T SINK. DON'T SINK". Rumore di giri in aumento.
T/O+1'07"	1-5-7-0 copiato.		
T/O+1'10"		Before landing check list: landing gear è down.	SV "TOO LOW, TERRAIN".
T/O+1'12"	Va bene così...		
T/O+1'13"	I flap... mettiamo flap 20, grazie.		
T/O+1'15"		Flap 20 sta arrivando.	
T/O+1'16"			Giri in diminuzione
T/O+1'18"		Engine Synchronizer On.	DING DING DING (<i>master warning</i>).
T/O+1'19"	Chiedi... dobbiamo fare un altro giro.		SV "LEFT ENGINE FIRE. LEFT ENGINE FIRE".
T/O+1'20"	[omissis]		
T/O+1'22"		Te lo chiudo io?	<i>Stick shaker</i> continuo.

T/O+1'23"	[omissis, esclamazione]		SV "BANK ANGLE. BANK ANGLE". <i>Stick shacker.</i>
T/O+1'29"		Tiralo su, tiralo su.	SV "BANK ANGLE. TERRAIN. TERRAIN. PULL UP. PULL UP".
T/O+1'31"	[omissis, esclamazione]	Tiralo su, tiralo su, tira su.	Rumore di giri motore in diminuzione poi in aumento.

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

L'impatto è avvenuto in prossimità di un capannone industriale sito nel territorio del comune di Peschiera Borromeo (MI), in coordinate 45° 25' 46"N 009° 17' 06"E, a circa 750 m dalla testata RWY 36R.

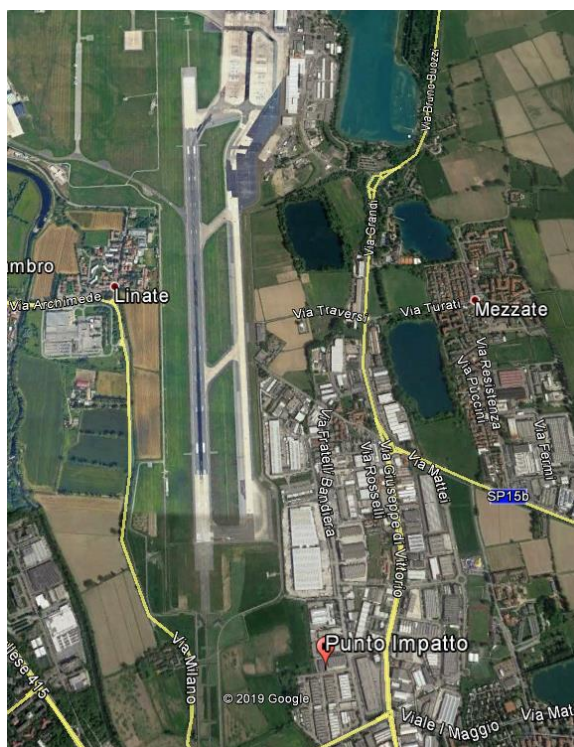


Foto 6: il punto di impatto (su supporto Google Earth).

1.12.2. Tracce al suolo e distribuzione dei rottami

Il velivolo ha impattato il suolo in corrispondenza di un piazzale antistante un capannone industriale, posto a pochi metri di distanza da un altro capannone industriale contro il quale ha terminato la propria corsa. L'estremità della semiala sinistra ha urtato la parte superiore

del cancello di ingresso, mentre sul piazzale sono evidenti i segni di impatto ad alta energia lasciati dalle gambe di forza del carrello principale e dall'estremità alare destra. Il muso dell'aeromobile ha invece colpito e distrutto un tratto della recinzione perimetrale.

Dopo l'impatto iniziale con la superficie del piazzale, il velivolo ha proseguito la sua corsa, orientata su una direttrice di 300° circa, abbattendo la parete del capannone industriale. Penetrando al suo interno, il velivolo ha abbattuto una colonna portante. Conseguentemente, le corrispondenti travi che sorreggevano il primo piano del capannone sono crollate, determinando la caduta di un'ampia porzione della pavimentazione, le cui macerie hanno ricoperto quasi completamente il velivolo. La cabina di pilotaggio è rimasta parzialmente scoperta dalle macerie.

Il motore destro, nell'urto contro la colonna, si è separato dalla fusoliera ed è stato rinvenuto in corrispondenza della parte opposta del capannone.

Il motore sinistro si è anch'esso separato dalla fusoliera ed è stato rinvenuto in prossimità del velivolo, completamente ricoperto dalle macerie.

La semiala destra si è separata nell'impatto con il suolo ed il carburante contenuto nel serbatoio alare si è disperso all'esterno dell'edificio, alimentando un violento incendio, che ha distrutto completamente alcuni veicoli parcheggiati.



Foto 7: tracce dell'impatto sul piazzale.



Foto 8: interno del capannone.



Foto 9: direttrice e punto di impatto.

1.12.3. Esame del relitto

Il relitto presentava un notevole grado di distruzione e molte parti risultavano bruciate. Inoltre, le operazioni di messa in sicurezza del capannone per permetterne l'accesso e le operazioni di recupero delle parti di aeromobile rimaste schiacciate sotto le macerie hanno comportato ulteriori inevitabili alterazioni del relitto.



Foto 10: alcune parti recuperate del relitto.

Strutture dell'aeromobile e superfici di controllo

Tra le parti rinvenute si segnalano le gambe di forza del carrello di atterraggio.



Foto 11 e 12: carrello principale.

Sono state rinvenute, inoltre, alcune parti del sistema dei flap. Dall'analisi del martinetto, è stato possibile appurare che il numero dei filetti lasciato libero dall'attuatore sulla vite senza fine (35) corrispondeva alla posizione "flap 20°".

Posizione dei flap	Numero dei filetti esposti sull'attuatore
0°	0
8°	22,1
20°	34,7
40°	45

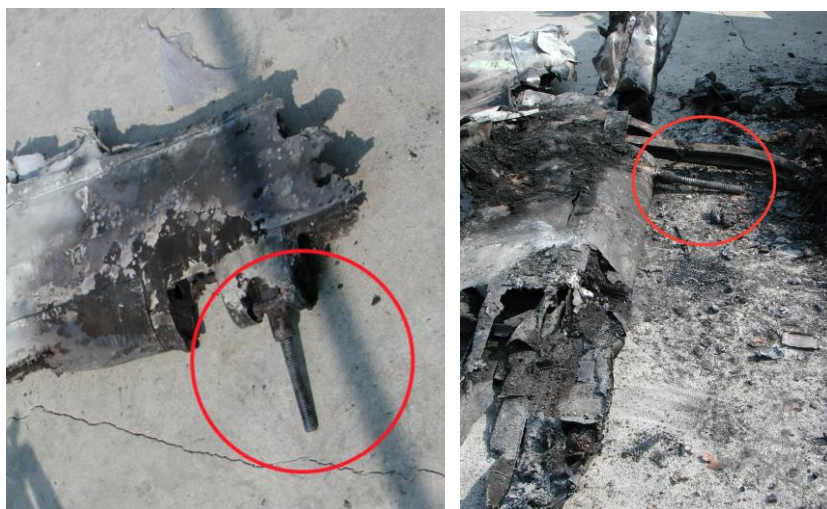


Foto 13 e 14: attuatore dei flap.

Cabina di pilotaggio e strumentazione di bordo

Non sono stati reperiti strumenti di bordo, ad eccezione di un anemometro, peraltro privo di valenza informativa. Sono stati rinvenuti il gruppo manette motori, un volantino con barra di comando ed una barra di comando senza volantino.



Foto 15: gruppo manette motore.

Gruppo motopropulsore

Il motore sinistro (S/N P-116180) è stato rinvenuto separato dal velivolo, ma nelle immediate vicinanze dello stesso, ricoperto dalle macerie che ne hanno limitato l'esposizione alle elevate temperature generatesi a seguito dell'incendio, ma che hanno provocato alcuni danni da schiacciamento.



Foto 16: motore sinistro.

Il motore destro (S/N P-116177) è stato rinvenuto anche esso separato dal velivolo, ad una distanza di circa 15 m e ruotato di 180° rispetto alla direzione del moto. Dei due motori, il destro ha subito maggiori danni a seguito dell'impatto al suolo e del successivo incendio.



Foto 17: motore destro.

1.12.4. Dinamica di impatto

L'impatto è avvenuto ad alta energia cinetica. Le tracce al suolo lasciate dalla semiala destra e le deformazioni subite dalle gambe del carrello principale indicano che il velivolo ha impattato il suolo con il carrello e con elevato angolo di *bank* a destra. Percorrendo a ritroso la traiettoria del velivolo prima del punto di impatto, vi sono, a breve distanza, edifici e pali della luce che non sono stati urtati, ad indicazione che l'angolo di discesa nelle fasi precedenti l'impatto doveva essere elevato.

1.12.5. Avarie connesse con l'evento

Dall'analisi del relitto sul luogo dell'evento non sono emerse evidenze di avarie che possano essersi verificate prima dell'impatto con i volatili al momento del decollo. La prima analisi sulle palette del fan dei due motori ha fornito indicazione di motori in rotazione al momento dell'impatto.

1.12.6. Rinvenimento carcasse di piccioni

Sono state rinvenute carcasse di circa 6 piccioni sulla mezzeria destra della pista di decollo, poco oltre l'intersezione di questa con il raccordo R3.

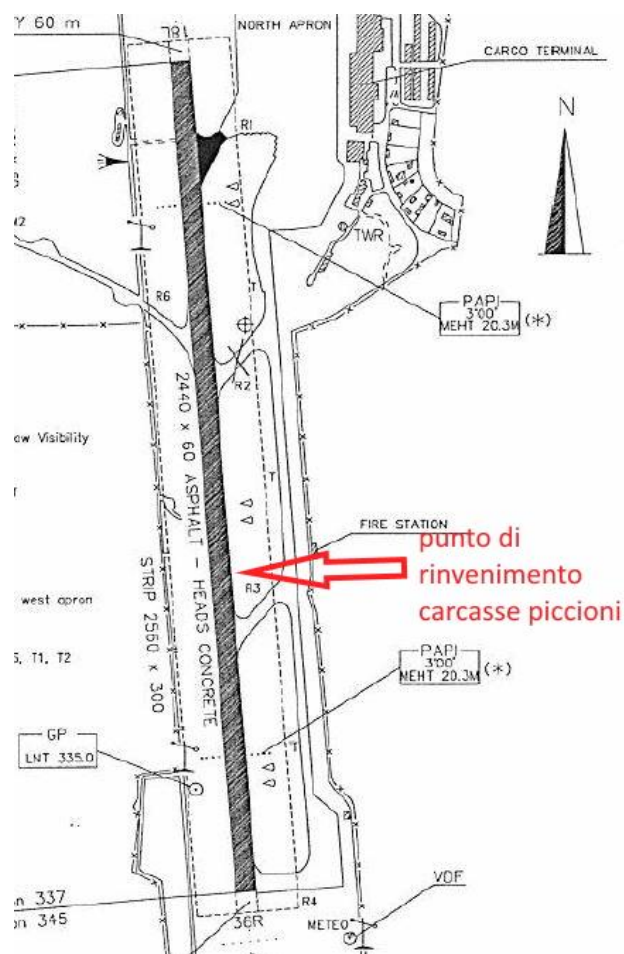


Figura 30: planimetria aeroportuale e punto di rinvenimento delle carcasse di piccioni.

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. Le due persone a bordo sono decedute a seguito dell'impatto.

1.14. INCENDIO

Il velivolo, con circa 2700 kg di carburante a bordo, ha impattato diagonalmente l'edificio industriale, causando il crollo di una soletta, che ha coperto alcune parti del relitto. L'incendio, propagatosi a causa del carburante fuoriuscito dai serbatoi, ha distrutto le parti della struttura che non erano state ricoperte dai detriti del capannone. Il capannone, con le aperture delle finestre al piano superiore, ha innescato un effetto camino. L'incendio ha causato inoltre la distruzione di alcuni veicoli parcheggiati nelle immediate vicinanze del capannone. Sul luogo dell'incidente sono intervenuti i Vigili del fuoco della città di Milano.



Foto 18: evidenze dell'incendio a seguito dell'impatto.

1.15. ASPETTI RELATIVI ALLA SOPRAVVIVENZA

La dinamica dell'incidente indica chiaramente che l'equipaggio non aveva alcuna possibilità di sopravvivere allo schianto. I soccorsi sono stati tempestivi, favoriti dalla posizione del punto dell'incidente situato a 750 m dalla testata RWY 36R. Questo era infatti perfettamente individuabile dalla TWR a seguito della colonna di fumo nero che ha generato l'incendio. I mezzi antincendio hanno raggiunto il luogo dell'incidente percorrendo un pezzo di strada dove si stava svolgendo una competizione ciclistica (Giro d'Italia), senza che ciò abbia comportato ritardi nei soccorsi.

1.16. PROVE E RICERCHE EFFETTUATE

Nei giorni 22-24 settembre 2003 si sono svolte a Genova, presso la Piaggio Aero Industries, le operazioni di disassemblaggio parziale dei motori, con lo scopo di individuare eventuali danni o anomalie preesistenti all'impatto al suolo.

L'attività è consistita in:

- rimozione dei fan di entrambi i motori;
- ricostruzione parziale del fan motore destro con le palette rinvenute sul luogo dell'incidente;
- esame visivo delle palette dei fan;
- controllo dello stato della superficie esterna dei motori per la presenza di eventuali tracce di incendio in volo;
- esame endoscopico delle parti interne.

Motore sinistro S/N P-116180

Le 30 palette del fan, sebbene danneggiate, risultavano ancora in sede, e, complessivamente, presentavano deformazioni di verso contrario al senso di rotazione, con intagli e rotture localizzate tipiche da ingestione di corpi duri (sassi, parti metalliche, ecc.). Presentavano inoltre, alla estremità superiore, abrasioni e piegature originatesi in seguito allo sfregamento con la cassa di contenimento, la quale, a sua volta, presentava un punto caratterizzato da deformazione in corrispondenza del quale erano evidenti segni di abrasione da un lato e surriscaldamento dovuto a frizione dall'altro.

I cuscinetti non sembravano avere subito danni consistenti, essendo ancora possibile ottenere una rotazione dell'albero, ancorché ovviamente difficoltosa.

Le palette dello statore, in materiale composito con bordo di attacco metallico, risultavano tutte presenti, anche se danneggiate dal fuoco.

Alcune di esse presentavano alle estremità superiori depositi di materiale biancastro successivamente identificato come residui di piumaggio di piccione.

Le palette rotoriche del 1° stadio del compressore di bassa pressione (LPC) risultavano tutte in sede e presentavano intaccature di limitata entità.

Le palette della turbina di bassa pressione (LPT) visibili dalla parte posteriore del motore presentavano tracce di deposizione di metallo fuso (*metal spray*).

È stato rimosso il coperchio dell'involucro in cui era contenuto il trasduttore dei giri motore N1 senza rilevare anomalie al trasduttore stesso. Lo spinotto (connettore filettato) che collegava il trasduttore al cablaggio diretto al DEEC è stato rinvenuto scollegato.

Il rappresentante del costruttore dell'aeromobile, a mezzo email, ha chiarito, a seguito di specifica domanda, quanto segue: «Upon loss of the N1 signal the affected engine reverts to manual mode. The Master Caution and an amber ENG CMPTR FAULT light is illuminated on EICAS and an audible chime is announced. Furthermore, on the N1 display (usually the number two MFD) an amber MAN is displayed in place of the DEEC computed target N1 (the bug) and the actual N1 will display amber dashes or a very low number (1 to 3). The N2 and ITT indication is still available to validate engine operation upon loss of N1 indicator.».



Foto 19: particolare del fan del motore sinistro.



Foto 20: tracce di sfregamento sul case del fan.



Foto 21: la parte posteriore del motore sinistro. Vista generale.



Foto 22: motore sinistro. Vista della turbina di bassa pressione.

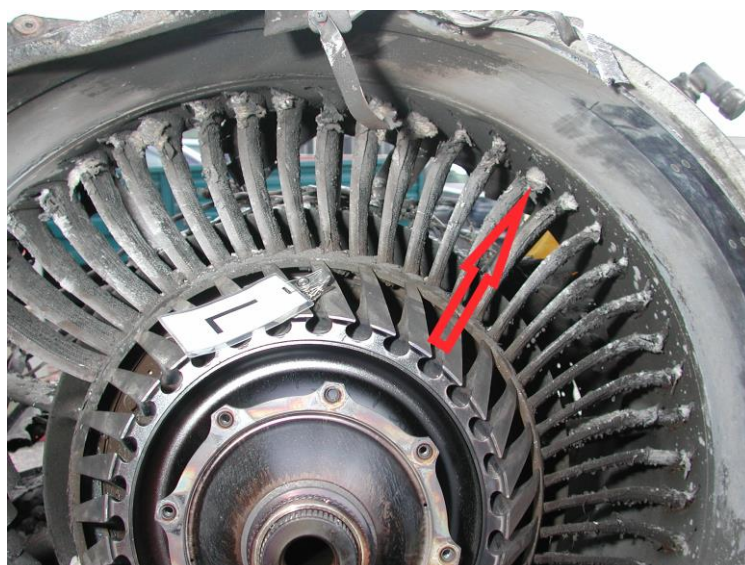


Foto 23: particolare dei residui organici prelevati dalle palette statoriche del fan sinistro.



Foto 24: disconnessione del cablaggio collegante il trasduttore con il DEEC del motore sinistro.

Non sono emerse evidenze di distacco in volo di palette del fan e degli stadi successivi esaminati, tali da causare caratteristici danni al *casing* di contenimento e agli stadi statorici e rotorici successivi. Non sono state rilevate evidenti tracce di fuoco in volo. Il motore evidenziava danni sulle palette analizzate caratteristici da impatto al suolo in rotazione, causati verosimilmente dall'ingestione di materiali duri all'interno del capannone. Si deve tuttavia considerare che questi potrebbero avere mascherato eventuali danni causati dalla ingestione di volatili in volo.

Motore destro S/N P-116177

L'ogiva del fan in lega di alluminio è risultata completamente fusa. Venti palette del fan risultavano rotte alla radice; frammenti di palette sono stati rinvenuti all'interno del *case* di contenimento del motore, ma numerose parti erano mancanti. Il fan è stato smontato e quindi ricomposto su un piano orizzontale. Le palette dello statore successive al fan risultavano danneggiate dal fuoco e dall'impatto. Le palette rotoriche del 1° stadio LPC, a similitudine di quanto riscontrato sul motore sinistro, risultavano tutte in sede e con danni di limitata entità.

Gli ingranaggi ed i cuscinetti risultavano ancora in sede, in quanto l'albero poteva essere ruotato manualmente, sebbene con difficoltà.



Foto 25: motore destro.



Foto 26: particolare del fan del motore destro.



Foto 27: ricostruzione delle palette del fan motore destro.



Foto 28: la turbina di bassa pressione del motore destro.



Foto 29: particolare della turbina di bassa pressione del motore destro.

La rottura delle palette del fan è sembrata, per quelle ancora presenti e che è stato possibile valutare, dovuta all'impatto con il terreno con motore in rotazione.

La presenza di *metal spray* sugli stadi statorici e rotorici rappresenta una ulteriore indicazione che il motore fosse in rotazione, con presenza di fiamma nella camera di combustione.

È comunque da considerare che i danni dovuti all'ingestione di oggetti duri a seguito dell'impatto al suolo potrebbero avere mascherato eventuali danni causati dalla ingestione di volatili in volo.

Sul motore destro non risultavano evidenze di incendio in volo, mentre apparivano evidenti gli effetti dell'incendio a terra, quali la fusione dello *spinner* e la bruciatura delle palette in composito.

1.17. INFORMAZIONI ORGANIZZATIVE E GESTIONALI

La Eurojet Italia srl, avente base presso l'aeroporto di Milano Linate, era, alla data dell'incidente, in possesso di COA rilasciato dall'ENAC, con scadenza 25.10.2003, per l'effettuazione di operazioni di trasporto aereo commerciale in virtù della rispondenza ai requisiti per la certificazione dell'operatore prescritti dal regolamento JAR OPS 1 e dal DM 38T del 30.3.1998.

In accordo alla specifica delle operazioni, revisione 5, allegata al suddetto certificato, l'Eurojet Italia era autorizzata a svolgere operazioni commerciali di trasporto passeggeri con 11 velivoli, tra cui c'erano anche due LJ45, uno dei quali era appunto l'I-ERJC.

La stessa società era anche in possesso di certificato di approvazione rilasciato dall'ENAC, valido fino al 6.11.2003, attestante il possesso di Eurojet dei requisiti JAR FCL riguardanti

la costituzione di una organizzazione di addestramento; conseguentemente era autorizzata ad operare come centro di addestramento per le abilitazioni per tipo (TRTO). I corsi di addestramento autorizzati dall'ENAC ad Eurojet Italia, così come indicati nella specifica dell'approvazione, facente parte integrante dello stesso certificato di approvazione, erano i seguenti corsi JAR-FCL: corso di abilitazione per tipo e rinnovo LJ20/30; corso di abilitazione per tipo e rinnovo LJ45; corso di abilitazione per tipo e rinnovo LJ60; corso di abilitazione per tipo e rinnovo C500/550/560; corso di abilitazione per tipo e rinnovo C525; corso di abilitazione per tipo e rinnovo BE300/1900; corso Multi Crew Coordination; corso abilitazione istruttori TRI. Altri corsi specifici di addestramento: corso RVSM-B-RNAV-MNPS.

1.18. INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

Dichiarazioni testimoniali

Si riportano, di seguito, le parti più significative delle dichiarazioni testimoniali rese da tre piloti e da un controllore radar che hanno assistito all'incidente.

Testimone 1 (comandante dell'aeromobile operante il volo AP2947)

Il testimone in questione (per comodità denominato testimone 1) il giorno dell'incidente era in procinto di operare il volo AP2947 per Roma Fiumicino.

Prossimo al punto attesa della RWY 36R vedeva l'I-ERJC iniziare la corsa di decollo.

Effettuati i controlli prima del decollo sentiva via radio la comunicazione: «Impatto con uccelli, rientriamo in emergenza.». A questo punto, su indicazione della TWR, liberava la RWY, sulla quale si era nel frattempo allineato, per rientrare al parcheggio.

Mentre era in rullaggio, vedeva l'I-ERJC in virata a destra, con un *bank* di circa 45°, praticamente sul piazzale dell'aeroporto. Mentre continuava il rullaggio, vedeva il LJ45 nel tratto sottovento avanzato, in volo orizzontale, con assetto leggermente picchiato ed una quota stimata di non più di 300 piedi. Un attimo dopo l'I-ERJC cominciava a rollare in maniera vistosa, «bancando ripetutamente a destra e a sinistra».

Successivamente vedeva il LJ45 in virata accentuata a destra, con un *bank* di circa 100° e con assetto a picchiare. Rilevava che l'I-ERJC aveva una prua di circa 330°, che dal motore destro usciva del fumo e che il relativo fan era incandescente. Successivamente il *bank* del velivolo si riduceva sensibilmente ed il muso era leggermente cabrato; la sua quota era molto bassa, intorno ai 50 piedi. Il testimone 1 riferisce infine di aver sentito via radio

alcune esclamazioni provenienti dai piloti del LJ45 e di aver visto quest'ultimo sparire dietro un capannone, dal quale si alzavano subito dopo un'alta fiammata e fumo.

Ha altresì aggiunto che durante il rullaggio notava sulla pista, circa 200 metri prima dell'ultimo raccordo di uscita pista, la presenza di alcune carcasse (6) di uccelli morti, posizionate sulla parte destra della pista stessa.

Testimone 2 (copilota dell'aeromobile operante il volo AP2947)

Quanto dichiarato dal copilota è sostanzialmente in linea con quanto riportato dal predetto testimone 1. Anch'egli ha riferito di aver visto l'I-ERJC in sottovento, ad una quota inferiore ai 300 piedi, in leggera discesa, con carrello giù e leggermente «barcollante». Notava quindi che dal motore 2 usciva del fumo nero, che il fan dello stesso motore era molto rosso e che il velivolo aveva cominciato una virata inizialmente coordinata verso destra. All'improvviso il *bank* aumentava incredibilmente fino ad arrivare a circa 70/80°. Il *bank* si riduceva poi sensibilmente, con «successivo *pitch up* del muso del velivolo, ma seguito immediatamente da un possibile stallo dell'ala destra, con ulteriore imbardata a destra e quindi impatto con il suolo.».

Testimone 3 (comandante di un aeromobile in rullaggio dietro quello operante il volo AP2947)

Il testimone 3 ha riportato che, al momento dell'incidente, stava rullando dietro ad un aeromobile commerciale di linea. Ha visto l'I-ERJC da un punto al suolo posto a circa 300 metri dal punto in cui questi ha effettuato la rotazione, poco prima della metà pista. Subito dopo la rotazione ha visto «come una fiammata dal motore destro.». Quindi il velivolo ha effettuato una virata a destra, iniziandola con il carrello esteso e a non più di 100/150 piedi. Non ha sentito chiamate in quanto era ancora sulla frequenza Ground.

Testimone 4 (controllore del traffico aereo radar d'aerodromo)

Il testimone 4 l'1.6.2003 era in turno presso la TWR di Linate in qualità di controllore del traffico aereo radar d'aerodromo.

Aveva iniziato il turno di servizio alle ore 14.00' locali. Dalle 14.00' in poi non erano stati segnalati volatili nei pressi della pista, né lui li aveva notati. Poco dopo le 15.00', uscito momentaneamente dalla sala, la sua attenzione era attirata da un rumore anomalo prodotto da un velivolo in fase di decollo, per cui si girava verso la pista. Vedeva l'I-ERJC mentre stava effettuando una virata a destra, a bassa quota, che lo portava a sorvolare il piazzale o

l'aerostazione (dal suo punto di osservazione non aveva la percezione esatta della distanza del velivolo). Il velivolo, continuando la virata, sorvolava l'Idroscalo sempre a quota molto bassa e producendo un rumore diverso da quello usuale. Nel frattempo il testimone 4 chiedeva ai suoi colleghi se l'I-ERJC avesse dichiarato emergenza, ricevendo come risposta che aveva solo comunicato di voler rientrare immediatamente.

A questo punto, avvalendosi di un binocolo, cominciava ad osservare il LJ45 a partire, grossomodo, da metà del tratto sottovento fino all'impatto. Non ricorda di aver osservato la posizione del carrello, ancorché gli sembrasse esteso. Ricorda invece che il velivolo era lento, faceva un rumore diverso dal solito e procedeva con un assetto leggermente cabrato. La quota di volo era stimabile sugli 800 piedi. Una volta iniziata la virata per rientrare in aeroporto, notava che il velivolo effettuava una repentina rotazione sull'asse con abbassamento della semiala destra, interrotta approssimativamente quando le ali erano a coltello, seguita da una rotazione sull'asse in senso inverso. A questo punto perdeva il contatto visivo con il velivolo e subito dopo vedeva una enorme fiammata seguita da una fumata nera. È a quel punto che ritiene di aver schiacciato il pulsante che attivava la sirena di emergenza: individuava sulla carta con il reticolato la posizione in cui doveva essere caduto il velivolo e il cancello di uscita più vicino, fornendo tali informazioni al capo sala. Una cosa che lo aveva colpito era il tono della voce, molto calmo, della comunicazione fatta dall'equipaggio poco prima dell'impatto. Per quanto poteva ricordare, nei giorni precedenti quello dell'incidente non era stato segnalato alcunché di anomalo per quanto riguarda la presenza di volatili sull'aeroporto, mentre nei giorni immediatamente successivi all'incidente c'è stato un forte incremento degli avvistamenti, poi ridottosi ai livelli pre-incidente.

Ricognizione delle procedure operative per l'aeromobile Learjet 45: procedure da AFM

Si è proceduto ad effettuare una ricognizione delle procedure operative normali e di emergenza, al fine di valutare la rispondenza delle azioni attuate dall'equipaggio nel corso della preparazione ed esecuzione del volo, con riferimento al *LJ45 Airplane Flight Manual*.

In particolare, si riportano le seguenti procedure di emergenza riferite a:

- Engine failure during take-off;
- STALL voice activates;
- Engine fire: ENGINE FIRE voice activates.

Engine Failure**During Takeoff****Below V1 Speed**

- 1. Brakes — Apply.**
- 2. Thrust Levers — IDLE.**

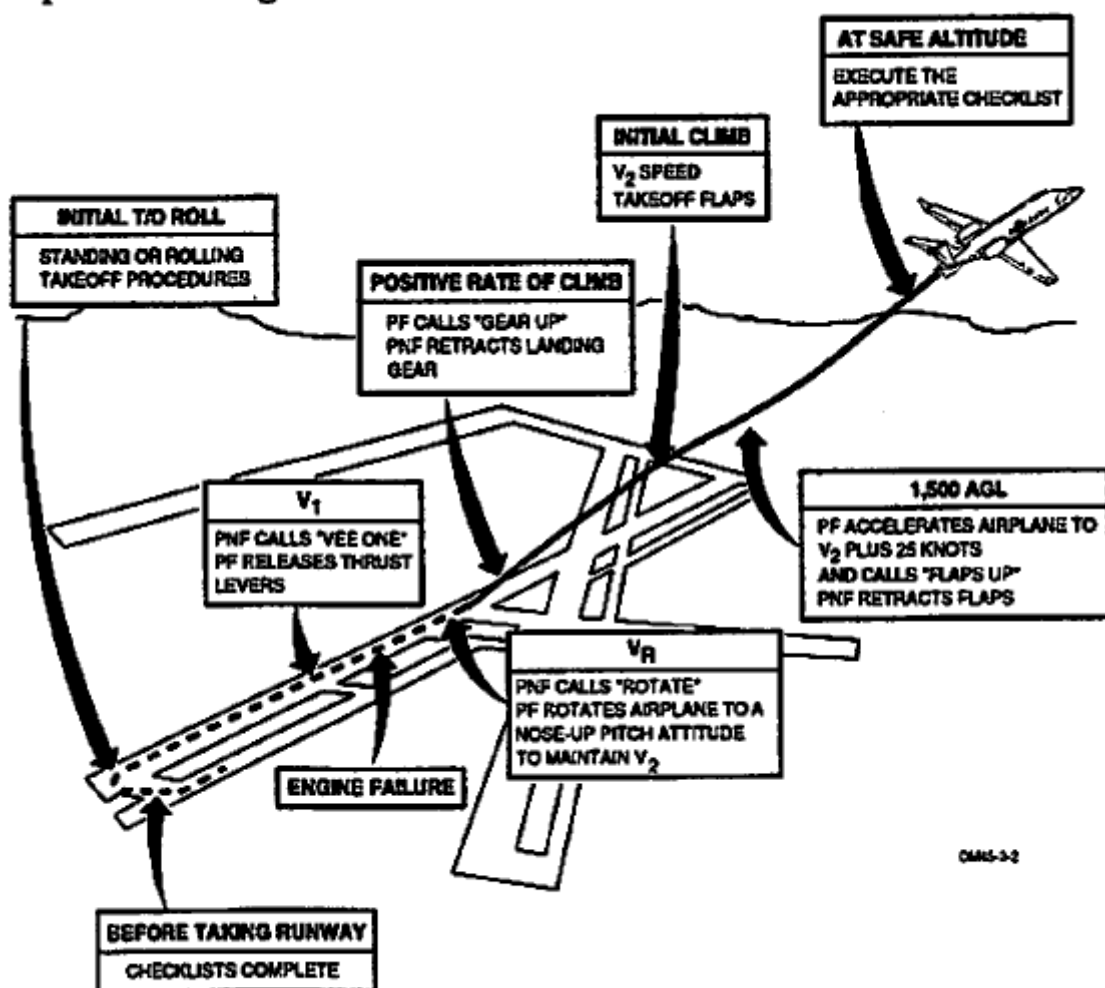
- 3. Spoilers — Verify extended.**
- 4. Thrust Reversers — Deploy, if necessary.**

Above V1 Speed

- 1. Attitude Control — As required.**
- 2. Accelerate to VR. Keep nose wheel on the ground.**
- 3. Rotate at VR to target takeoff pitch attitude; Climb at V2.**
- 4. Gear — UP, when positive rate of climb is established.**
- 5. Climb to 1500 feet, accelerate to V2 + 25, retract flaps, then accelerate to 200 KIAS en route climb speed.**

- 6. Refer to Engine Shutdown in Flight procedure, Section IV.**

Figura 31: procedura “Engine failure during take-off” (dal LJ45 AFM).



Takeoff Emergencies - Engine Failure At or After V₁

Figura 32: procedura "Engine failure at or after V₁" (dal Manuale di addestramento Flight Safety International per il LJ45).

"STALL" Voice Activates

The stall warning computer has sensed a limit angle of attack. This warning will also be accompanied with the activation of the control column stick shaker.

1. Lower the pitch attitude to reduce angle of attack.
2. Thrust Levers — TO (manual APR if required).
3. Level the wings.
4. Accelerate out of stall condition.

Figura 33: procedura "STALL voice activates" (dal LJ45 AFM).

Engine FIRE "ENGINE FIRE" Voice Activates

Illumination of the FIRE red EI displayed in the ITT indicator, the FIRE PUSH red indication in the FIRE switch (ENGINE), or a "L" or "R ENGINE FIRE" voice message indicates that the engine fire detection loop has activated. An engine fire is usually accompanied by other indications, such as: excessive ITT, erratic or rough engine operation, fluctuating engine indications, or smoke in the cabin.



The FIRE switch (ENGINE) stops the flow of fuel and hydraulic fluid to the engine, shuts off bleed air from the engine, shuts down generator, alternator and ignition, arms the engine fire extinguishing system and illuminates the WSHLD HT FAIL amber CAS.

Affected Engine:

1. Thrust Lever — IDLE, unless a critical thrust situation exists.
2. ● If fire continues more than 15 seconds or there are other indications of fire:
 - a. Thrust Lever — CUTOFF.
 - b. Applicable FIRE Switch (ENGINE) — Lift guard, FIRE PUSH.
 - c. EXTINGUISHER #1 Switch (ENGINE) — Lift guard, ARMED push.

(Continued)

Learjet 45 AFM

Emergency Procedures

Engine FIRE (Cont)

- d. ■ If fire continues:
 - (1) EXTINGUISHER #2 Switch (ENGINE) — Lift guard, ARMED push.
 - (2) Land as soon as possible.
 - (3) Go to step e.
- d. ■ If fire extinguishes:
 - (1) Land as soon as practical.
 - (2) Go to step e.
- e. ENG SYNC Switch — OFF.
- f. Rudder Trim — As required.
- g. Yaw Damper — As required.
- h. Autopilot — As desired.
- i. Applicable STBY Switch (FUEL) — Off.
- j. Refer to Engine Shutdown in Flight procedure, Section IV.
2. ● If fire extinguishes in less than 15 seconds:
 - a. Leave thrust lever at IDLE, unless a critical thrust situation exists.
 - b. ENG SYNC Switch — OFF.
 - c. Rudder Trim — As required.
 - d. Yaw Damper — As required.
 - e. Autopilot — As desired.
 - f. Monitor fuel balance. Crossflow as required. STBY pump may be used.
 - g. Land as soon as practical.
 - h. Refer to Abnormal Landings, Single Engine Landing, Section IV.

Figura 34: procedura "Engine fire voice activates" (dal LJ45 AFM).

Tracciati radar

Il tracciato radar del volo dell'incidente è composto da 18 battute. La prima battuta è registrata alle 13.23'53" ed ha rilevato il velivolo ad una quota sul modo "C" di 600 piedi e con una velocità di 131 nodi.

Fino alla battuta delle 13.25'05", il dato radar è del tipo "combinato", ovvero combina i dati forniti sia dal radar di sorveglianza primario (PSR) sia da quello secondario (SSR). Le ultime cinque battute (dalle 13.25'11" alle 13.25'35") sono informazioni esclusivamente fornite dal radar secondario (SSR).



Foto 30: nei riquadri rossi le battute non coerenti con la reale traiettoria del velivolo (su supporto Google Earth).

Come evidenziato dalla immagine, a partire dalla battuta delle 13.25'17" le indicazioni fornite dal radar secondario non risultano più coerenti né con la traiettoria del velivolo né con i tempi del volo.

1.19. TECNICHE DI INDAGINE UTILI O EFFICACI

Recupero dei dati registrati dai DEEC

Il recupero delle memorie e lo scarico dei dati dai DEEC dei due motori sono stati effettuati da personale specializzato della ditta Honeywell, costruttrice dei motori, a Phoenix (Arizona) dal 17 al 19 novembre 2003.

I dati ricavati però non si sono rivelati utili ad integrare i dati del FDR, per le fasi del volo di interesse.



Foto 31 e 32: DEEC motore sinistro e destro.

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.

2.1. CONDOTTA DEL VOLO

Domenica 1 giugno 2003, l'equipaggio del velivolo LJ45 marche I-ERJC si accingeva ad effettuare un volo di riposizionamento da Milano Linate a Genova Sestri. Qui avrebbe dovuto imbarcare un passeggero e procedere alla volta di Amsterdam.

L'equipaggio era composto dal comandante e dal FO. Quest'ultimo aveva conseguito tre giorni prima il *type rating* sul LJ45.

Dalla analisi delle registrazioni CVR, dai dati dell'FDR e dalle dichiarazioni testimoniali è stato possibile ricostruire quanto segue.

Operazioni a terra

Al tempo T/O-25'13" (corrispondente alle 12.59' circa) l'equipaggio effettuava la messa in moto, avviando il motore destro e poi il sinistro. Il comandante, senza seguire rigorosamente la *checklist*, guidava il copilota nelle operazioni di *cockpit set up*, chiedendo, per alcuni punti della *checklist* non approfonditi sul momento (quali, per esempio, la procedura per il calcolo delle velocità caratteristiche di decollo e la definizione della V2), di ricordargli di approfondirli in un momento successivo. In tale fase, il comandante assegnava al FO la condotta del velivolo, che sarebbe quindi stato il PF per la tratta da Linate a Genova.

I *flap* venivano posizionati a 8° per il decollo e il FMS veniva programmato con l'inserimento della SID e del quantitativo di carburante (circa 6000 libbre). Il velivolo quindi, con un peso al decollo di 19.800 libbre, aveva un peso inferiore di 1700 libbre rispetto a quello massimo di decollo. Le velocità caratteristiche risultanti di decollo erano pari a V1=116 nodi, VR=117 nodi, V2=126 nodi.

Al tempo T/O-18'06", il primo ufficiale leggeva la *before taxing checklist*. Richieste e ricevute le istruzioni per il rullaggio, l'equipaggio iniziava a muovere dal parcheggio dell'aviazione generale di Linate al tempo T/O-14'14".

Durante il rullaggio, il comandante (PNF) chiamava i controlli della *taxi and before take off checklist*.

Le procedure a terra, che si svolgevano in tono cordiale e rilassato, erano caratterizzate da frequenti interruzioni, nel tentativo, da parte del comandante, di spiegare punti relativi alle procedure normali; tale spiegazione, però, il più delle volte, non veniva completata, come ad esempio nel caso della spiegazione del calcolo delle velocità di decollo, del *briefing* relativo alla SID e del *briefing* delle emergenze in fase di decollo (ripreso poi in un secondo momento).

Sono emersi inoltre degli elementi che denotano delle criticità nella conoscenza di alcuni elementi del volo: ad esempio, il nominativo radio del velivolo non noto al comandante e l'uscita strumentale non nota allo stesso, che, nel briefing, citava la SID DORIN invece della PIKOT.

Per alcuni minuti si sono registrati colloqui relativi all'impiego professionale precedente del comandante e affermazioni che dimostravano come l'attenzione fosse rivolta alla tratta successiva con il passeggero, facendo riferimento alle operazioni di rullaggio ed alla procedura di decollo e uscita dall'aeroporto di Amsterdam.

Briefing di decollo

Al punto attesa per RWY 36R, al tempo T/O-4'0", ultimato l'inserimento dei dati di navigazione, il comandante iniziava il *briefing* di decollo (*take off briefing*), durante il quale, rispondendo ad una specifica richiesta del primo ufficiale, precisava che sarebbe stato quest'ultimo, in qualità di PF, a gestire le manette dei motori durante la corsa di decollo.

Nel corso del *briefing* il comandante ripeteva le azioni da compiere nel caso si fosse verificata un'emergenza grave durante la corsa di decollo, prima e dopo il raggiungimento della velocità caratteristica V1, comprensiva del piano di rientro in emergenza sull'aeroporto di partenza.

Il *briefing* relativo alle azioni in caso di problemi dopo la V1, salvo qualche incertezza riferita al mantenimento della velocità di salita iniziale V2 (V2, V2 +10 o V2+20 nodi), rispecchiava sostanzialmente la procedura riportata nell'AFM "*Engine failure during take-off*", che riporta quanto segue.

Above V1 speed

1. Attitude control – As Required.
2. Accelerate to VR. Keep nose wheel on the ground.
3. Rotate at VR to target takeoff pitch attitude; Climb at V2.
4. Gear – UP, when positive rate of climb is established.
5. Climb to 1500 feet, accelerate to V2+25, retract flaps, then accelerate to 200 KIAS en route climb speed.

Veniva inoltre specificato che non si sarebbero intraprese azioni prima del raggiungimento della quota di sicurezza di 400 piedi.

Risulta anomalo, invece, quando, commentando l'evenienza «*emergenza grave, engine fire*», il comandante abbia specificato che avrebbero mantenuto quella configurazione. Non è chiaro infatti se intendesse con «*configurazione*» soltanto il mantenimento dei flap a 8° oppure anche il carrello di atterraggio estratto, come poi accaduto. Da sottolineare come la retrazione del carrello dopo il decollo in caso di *engine failure* sia importante per la riduzione della resistenza e per la massimizzazione delle prestazioni di accelerazione e salita.

È inoltre da notare che, durante l'allineamento, il comandante comunicava che solamente nell'occasione di quel volo, in caso di problemi in decollo, avrebbe preso lui stesso il controllo del velivolo.

Si evidenzia, specie in considerazione del livello addestrativo del FO alla prima sortita operativa e con velivolo prossimo al peso massimo al decollo, che, a differenza di quanto previsto dall'AFM, non veniva menzionato dal comandante l'assetto da impostare in decollo (*target take off pitch attitude*), né in condizioni normali, né in emergenza.

Decollo ed impatto con i volatili

Al tempo T/O-60" il velivolo era allineato con i motori ad *idle* e pronto al decollo per RWY 36R.

Al tempo T/O-23", con le *thrust lever* già in posizione APR, i motori si stabilizzavano regolarmente ai previsti parametri ed aveva inizio la corsa di decollo.

Al tempo T/O-2" il FO (PF) comunicava, con voce calma e non preoccupata, di avere notato la presenza di alcuni uccelli.

Non si sono registrati accenni, né da parte del FO né da parte del comandante, ad una eventuale intenzione di interrompere il decollo. È probabile che, in tale fase, il comandante

avesse parte dell'attenzione dedicata al monitoraggio delle velocità caratteristiche di decollo, mentre il primo ufficiale era intento a guardare fuori. Infatti al secondo successivo la chiamata di avvistamento degli uccelli del FO, il comandante chiamava la V1.

Inoltre, in tale fase, la chiamata radio effettuata dal volo AP2947 in allineamento, si sovrapponeva alle comunicazioni standard della fase di decollo all'interno del *cockpit* del LJ45, contribuendo involontariamente ad "occupare" il canale di comunicazione interfonico tra i due piloti.

Come avvalorato anche dalle dichiarazioni testimoniali, il velivolo, in rotazione ed in prossimità dell'intersezione con il raccordo R3, impattava lo stormo di piccioni precedentemente avvistato dal FO, che stava attraversando la pista da Ovest verso Est.

In cabina si registrava chiaramente l'impatto secco con i volatili e la netta variazione del rumore prodotto dai motori, che diventava molto rugoso e di tonalità più grave.

La rotazione eccessiva effettuata dal PF alla velocità VR di poco superiore a quella prevista provocava il raggiungimento di un assetto pari a 18° di *pitch*, con conseguente attivazione del messaggio vocale "*Stall*".

Azioni successive all'impatto con i volatili

Al tempo T/O+2" il comandante assumeva il controllo del velivolo, comunicando al primo ufficiale: «C'ho io l'aeroplano.». Il primo ufficiale dava l'*acknowledge* al comandante, comunicando «Ok. You have control». Si registrava in tale istante una lieve variazione del TLA dei due motori, ad indicare verosimilmente l'intervento della mano del comandante sulle *thrust lever* all'assunzione del controllo.

All'aumento della quota dell'aeroplano, indicativa di una positiva indicazione variometrica, non corrispondeva però l'ordine di retrazione del carrello, contrariamente a quanto era stato enunciato nel *briefing*.

A cominciare dal tempo T/O+2", dopo l'assunzione da parte del comandante del controllo del velivolo, ad una altezza di appena 29 piedi RADALT, le *thrust lever* venivano retratte in campo *cruise*. Venivano avanzate in posizione APR cinque secondi dopo, al tempo T/O+7". Anche tale azione risulta essere difforme rispetto a quanto previsto dalle procedure riportate nell'AFM e con quanto enunciato in fase di *briefing* dal comandante (nessuna azione prima dei 400 piedi). L'indicazione degli N1 dei motori in tale fase risultava congruente con la rispettiva TLA, ma in cabina si registrava la variazione di rumore al variare della posizione delle *thrust lever*, con rugosità in diminuzione alla riduzione delle *thrust lever* e poi rugosità in aumento all'avanzamento delle stesse.

Da evidenziare che dopo la comunicazione della assunzione del controllo, non seguiva alcun commento del comandante sulle indicazioni dei motori, né alcuna richiesta fino al tempo T/O+9", quando il comandante chiedeva al primo ufficiale di dichiarare emergenza e gli comunicava l'intenzione di riportarsi immediatamente all'atterraggio («Chiedi emergenza. Emergenza! Rientriamo subito»).

Al tempo T/O+10", a 209 piedi RADALT, 129 nodi di IAS, il comandante cominciava una virata a destra per il posizionamento in sottovento, con un angolo di *bank* in progressivo aumento, che raggiungeva il massimo dopo 10 secondi con il valore di 39° a circa un terzo della virata per portarsi sulla prua reciproca.

Al tempo T/O+12", dopo una seconda riduzione dei motori in campo *cruise*, si registrava l'attivazione del *master warning (triple chime)* in corrispondenza dell'istante in cui le indicazioni del N1 del motore sinistro andavano a 0% a causa della separazione, riscontrata poi sul relitto in fase di investigazione, del connettore tra il trasduttore dei giri motore N1 ed il DEEC. La *thrust lever* del motore sinistro comunque continuava a venire modulata dal comandante fino alla fine del volo.

Dopo la riduzione dei motori, al tempo T/O+20", si registrava l'attivazione dell'avviso vocale di stallo "*Stall*" e l'intervento dello *stick shaker*, per la seconda volta dopo quella avvenuta al distacco.

Dopo una iniziale attivazione del PTT della radio VHF, al tempo T/O+15" per un secondo, senza però che la chiamata MAYDAY venisse effettivamente trasmessa e registrata dalla TWR (è registrata sul CVR), al tempo T/O+22" il FO comunicava: «Linate... Linate, 1-5-7-0 rientra.... Abbiamo avuto degli uccelli in partenza... Rientriamo.».

Al tempo T/O+24" (440 piedi RADALT, 133 nodi IAS, con una prua di 064°) aveva luogo la terza riduzione delle *thrust lever*: in particolare, la *thrust lever* del motore destro veniva posizionata dal comandante ad *idle*, senza peraltro notificare l'azione al FO e senza alcun commento circa eventuali indicazioni di anomale o del motivo per cui tale riduzione venisse eseguita. Le indicazioni N1 del motore destro, sempre coerenti con il valore di TLA, si stabilizzavano progressivamente ad *idle*. Da questo momento fino al termine del volo il comandante agiva esclusivamente modulando con la *thrust lever* del motore sinistro, nel frattempo repressa in campo *cruise* per circa due secondi.

In seguito a tale riduzione si registrava la terza attivazione dell'avviso vocale di stallo "*Stall*" e l'intervento dello *stick shaker*. In cabina il CVR registrava chiaramente la variazione di rumore e di rugosità al variare della posizione delle *thrust lever*, rugosità in

diminuzione alla riduzione delle *thrust lever* e poi in aumento, in quanto la *thrust lever* sinistra veniva posizionata in APR.

Al tempo T/O+31" la TWR ordinava di liberare la pista al velivolo operante il volo AP2947, appena allineatosi, ed istruiva i traffici in avvicinamento a Linate a mantenere la posizione per consentire l'atterraggio del velivolo in rientro.

La virata a destra del LJ45 proseguiva fino al tempo T/O+50" ed al raggiungimento di una prua di 170° per il tratto sottovento. La quota RADALT massima registrata è stata di 480 piedi e la IAS di 134 nodi.

Nel corso della virata si registravano ai tempi T/O+35", T/O+38" e T/O+39" tre messaggi di avviso vocale di stallo "*Stall*", con altrettante attivazioni dello *stick shaker*.

La *thrust lever* del motore sinistro anche nel corso del tratto sottovento veniva modulata tra il campo *cruise* e la posizione APR: la registrazione del canale CAM comparata con la registrazione FDR dei TLA è sembrata indicare come questa venisse portata avanti alla attivazione dello avviso di stallo "*Stall*", per poi venire retratta quando, all'aumentare del regime motore, aumentava contestualmente anche il livello di rugosità. Il tratto sottovento veniva mantenuto per 17".

Al tempo T/O+49", in assenza di indicazioni impartite dal comandante, il primo ufficiale chiedeva se potesse essere di aiuto («Hai bisogno di me?»).

Al tempo T/O+51" il comandante chiedeva di effettuare la *checklist* («OK. Facciamo gli item» e poi: «Grazie per il check-list», senza però specificarne il titolo.

Infatti il FO chiedeva al comandante quale *checklist* volesse effettuare («Vuoi fare quella normale o l'altra?»). Il comandante confermava di effettuare quella normale.

Al tempo T/O+1'01", in corrispondenza di una progressiva diminuzione della RADALT da 480 a 320 piedi, si registrava l'attivazione dell'EGPWS *alert* "*Don't Sink*", seguito dopo 9", al tempo T/O+1'10", dalla attivazione del messaggio "*Too low, terrain*".

Nel frattempo, al tempo T/O+1'07", il comandante aveva iniziato la virata base. Il FO, dopo avere dato il ricevuto alla TWR alla autorizzazione all'atterraggio, iniziava la lettura della *before landing checklist*.

Il comandante chiedeva la selezione dei flap a 20°, che, in tale contesto energetico e di assetto (*thrust lever* del motore destro ad *idle*, *thrust lever* del motore sinistro in campo T/O, 15° di *bank* in aumento, +8° di *pitch*, 0,76 AOA, 332 piedi RADALT) risultava altamente peggiorativa della situazione, in considerazione dell'aumento di resistenza conseguente.

Al tempo T/O+1'18" (FDR 30:51) si attivava l'avviso "*Left engine fire*" e la *thrust lever* sinistra veniva ridotta in campo *cruise* per 7". Il CVR ha registrato la variazione del rumore

di fondo associato alla conseguente riduzione di giri. Il comandante a questo punto ipotizzava la necessità di dover fare un altro giro.

Al tempo T/O+1'22" il copilota chiedeva al comandante «Te lo chiudo io?», intendendo forse un *item* della procedura di emergenza per il fuoco al motore, quale il posizionamento della *thrust lever* in posizione “CUT OFF”, oppure il *FIRE switch – FIRE PUSH*.

L'aumento del regime del motore sinistro indicato dall'aumento del rumore di fondo registrato dal microfono ambientale del CVR dopo il tempo T/O+1'29" porta ad escludere che tale azione sia stata effettuata. Non si sono inoltre registrate attivazioni delle spie di bassa pressione del carburante, dell'olio o di uscita di linea del generatore, in conseguenza di un ipotetico spegnimento, comandato o no, del motore.

Al tempo T/O+1'25" (FDR 30:58), con velivolo in configurazione carrello *down*, flap 20°, IAS 130 nodi, 351 piedi RADALT, passando la prua di 248°, dopo una retrazione della TLA del motore sinistro a 83,6°, si registrava un angolo di *bank* in aumento fino ad un valore di 45° a destra ed un *pitch* di +5,4°. L'AOA massimo registrato in tale fase è stato pari a 0,98 unità.

Avveniva infatti l'attivazione dell'EGPWS *warning* “*Bank angle*”, “*Terrain*” e “*Pull up*”.

Al tempo T/O+1'27", passando la prua 269°, a 376 piedi RADALT, l'angolo di *bank* registrava il valore massimo di 112° a destra.

La TLA del motore sinistro aumentava di nuovo e conseguentemente aumentava il rumore di fondo del motore registrato dal CVR.

L'ultimo secondo registrato al tempo T/O+1'31" (FDR 31:04) indicava una prua di 273°, l'AOA massimo di 0,91 unità, una RADALT di 245 piedi, una IAS di 127 nodi, la *thrust lever* del motore sinistro in campo APR, quella del motore destro ad *idle*.

La perdita di controllo per stallo aerodinamico, con il conseguente assetto assunto dall'aeromobile, ad una quota così bassa non è risultata recuperabile.

2.2. FATTORE TECNICO

Il velivolo era stato sottoposto ai controlli periodici alle scadenze previste ed era in condizioni di efficienza; non sono emerse problematiche di carattere tecnico a carico dell'aeromobile fino al momento dell'impatto con i volatili.

Dall'analisi dei dati FDR, che fornisce, però, solo indicazioni relative al regime di rotazione del fan (N1), ma non indicazioni relative al *core engine* (N2 e ITT), il funzionamento dei

motori è risultato regolare fino al momento dell'involò, quando l'aeromobile è stato interessato dall'impatto con i piccioni.

L'interessamento del sistema di propulsione a seguito dell'impatto e dell'ingestione dei volatili è comunque chiaramente rilevabile dalla analisi del CVR (canale CAM), che ha registrato un colpo secco e l'immediato cambio di rumore dei motori percepibile all'interno del velivolo. Il rumore associato al regime di rotazione dei motori è infatti divenuto immediatamente più grave e rugoso.

2.2.1. Analisi delle evidenze relative al motore sinistro

L'impatto con i volatili ha sicuramente interessato il motore sinistro, visto che all'interno del fan, in corrispondenza del *fan by-pass stator*, sono state rinvenute tracce organiche identificate come piume di piccione.

I dati FDR hanno inoltre evidenziato malfunzionamenti del motore sinistro nel corso del volo, segnatamente la perdita dell'indicazione di N1 dopo 13" dal *birdstrike* e l'accensione della indicazione di fuoco (*L engine fire*) dopo 1'18" dal decollo.

La perdita di indicazioni N1 è riconducibile allo scollegamento, riscontrato in fase di *tear down* del motore, del connettore filettato del cablaggio che collega il traduttore al DEEC, verosimilmente in seguito alle vibrazioni del motore dopo l'ingestione dei volatili.

Non è stato invece possibile individuare il punto di origine dell'attivazione del segnale di fuoco al motore sinistro (*L engine fire*).

È da evidenziare che il motore sinistro ha comunque continuato ad essere operato per i restanti 1'19" di volo dal pilota, che aveva mantenuto invece la *thrust lever* del motore destro ad *idle*. La registrazione del rumore di fondo del CVR ha permesso di apprezzare chiaramente le variazioni di giri in conseguenza dello spostamento della *thrust lever* del motore sinistro fino allo schianto.

L'equipaggio non ha commentato alcun parametro motore nel corso del breve volo e il FDR non registra i parametri relativi ai livelli vibratorii del motore.

Il FDR non ha registrato alcuna attivazione relativa ad avvisi relativi alla bassa pressione dell'olio, del carburante o di malfunzionamento del generatore, indicativi di uno spegnimento del motore.

2.2.2. Analisi delle evidenze relative al motore destro

All'interno del motore destro non sono state rinvenute tracce di volatili, nonostante testimoni oculari abbiano riferito di avere visto, all'atto della rotazione, una fiammata uscire

dal motore destro e di avere notato fumo nero sempre dal motore destro con relativo fan incandescente, in fase di virata base.

Occorre tuttavia tenere presente che il motore destro è risultato molto più danneggiato dall'impatto con il suolo e dal conseguente fuoco a terra rispetto al motore sinistro, con 20 palette del fan mancanti. La rottura delle palette del fan è risultata indicativa di un impatto con il suolo con motore in rotazione. Inoltre, la presenza di *metal spray* sugli stadi statorici e rotorici è indice di motore in rotazione con presenza di fiamma nella camera di combustione. I danni dovuti alla ingestione di oggetti duri all'impatto con il suolo potrebbero avere mascherato eventuali danneggiamenti dovuti all'ingestione di volatili. Sul motore destro non si è riscontrata evidenza di incendio in volo, sebbene anche questa potrebbe essere stata mascherata dai segni prodotti dall'incendio a terra (quali la fusione dello *spinner* e la bruciatura delle parti in composito delle palette).

Anche nel caso del motore destro l'equipaggio, nel corso del breve volo, non aveva commentato alcun parametro o anomalia riferita al propulsore, nonostante che, 24" dopo il decollo ed in assenza di indicazioni anomale registrate dal FDR, il comandante avesse portato la *thrust lever* del motore destro a *idle*, posizione mantenuta fino all'impatto. Tale azione potrebbe essere stata o la conseguenza di una indicazione anomala di temperature o di livello vibratorio eccessivo non registrato dal FDR, oppure la reazione alle vibrazioni fisiche percepite all'interno dell'aeroplano ed al rumore anomalo sopraggiunti dopo l'impatto con i volatili.

L'unica anomalia, riscontrata nella analisi dei limitati parametri registrati, è rilevabile al tempo T/O+05" (FDR 29:38), quando le *thrust lever* sono state ridotte per la prima volta in campo *cruise*: il motore sinistro ha registrato una TLA pari a 57,7°, corrispondente ad un N1 di 72,2% RPM; il motore destro ha registrato una TLA pari a 59,5°, corrispondente ad un N1 di 67,25% RPM. Il valore di N1 del motore destro, inferiore a quello del sinistro nonostante la posizione più avanzata della rispettiva *thrust lever*, potrebbe essere indice di una ingestione di volatile.

Anche per il motore destro il FDR non ha registrato l'attivazione di avvisi relativi alla bassa pressione dell'olio, del carburante o di malfunzionamento del generatore e, a differenza del sinistro, non è stato interessato da indicazioni di fuoco (*engine fire*).

2.2.3. Conclusioni sulle analisi delle evidenze sui motori

L'impatto con i volatili ha certamente interessato il motore sinistro e dagli elementi disponibili (azioni dell'equipaggio e dichiarazioni dei testimoni) è verosimile che abbia

interessato anche il motore destro. Pur non potendo quantificare l'entità dei danni provocati dal *birdstrike*, le evidenze della rotazione dei fan (indicazioni N1 del motore destro per tutto il volo, del sinistro solo fino alla perdita di indicazione di N1, sebbene il motore continui ad essere operato normalmente ed il rumore registrato dal CVR ne confermi il funzionamento) indicano che la spinta era ancora disponibile.

Le evidenze non hanno permesso di individuare con certezza la causa che abbia indotto il comandante a portare il motore destro ad *idle* e a non utilizzarlo per la parte restante del volo. Rimangono comunque plausibili le seguenti ipotesi: un possibile livello vibratorio eccessivo indicato sull'EI, una anomalia nelle indicazioni del *core engine* (N2 o ITT) oppure la reazione del pilota conseguentemente alla valutazione di variazioni nel livello di vibrazioni della struttura o del rumore anomalo percepiti a bordo correlati alla modulazione delle *thrust lever*.

2.3. FATTORE AMBIENTALE

Le condizioni meteorologiche erano buone e non hanno inciso sulla dinamica dell'incidente.

La genesi dell'evento è individuabile in un impatto multiplo con volatili (*birdstrike*).

Il *birdstrike* ha avuto luogo a seguito dell'attraversamento della pista, verosimilmente da Ovest verso Est, di un consistente, anche se non meglio numericamente precisato, stormo di piccioni, poco oltre il punto di intersezione con il raccordo R3. Detto stormo ha intersecato la traiettoria del velivolo LJ45 in decollo per RWY 36R, ormai in fase di rotazione. Dalle carcasse osservate, l'impatto è avvenuto con almeno sei piccioni.

Da evidenziare che l'ENAC, all'epoca dei fatti, aveva, con la circolare APT-01 del 20 maggio 1999, definito le procedure che dovevano essere adottate dalle dipendenti Direzioni aeroportuali e dalle società di gestione aeroportuale per la prevenzione dei rischi da impatto con volatili, prevedendo, tra l'altro, che venissero condotte ricerche di tipo naturalistico ambientale, atte a verificare la sussistenza di situazioni tali da richiedere l'adozione di specifici provvedimenti di controllo.

La società di gestione aeroportuale aveva commissionato lo studio naturalistico ad un ente esterno. L'osservazione sul campo aveva avuto luogo dall'1 gennaio al 31 dicembre 2002 ed al momento dell'incidente la relazione non era ancora stata consegnata alla società committente.

L'attività di prevenzione dei rischi da impatto con volatili posta in essere dalla società di gestione aeroportuale (ed attuata dalla propria Unità organizzativa denominata “security aeroportuale e servizi generali”) consisteva nel controllo dell'altezza dell'erba per il tramite dello sfalcio ed in una ispezione giornaliera effettuata di primo mattino su piste e raccordi.

Inoltre, in caso di segnalazioni relative alla presenza di volatili da parte di personale della TWR, di piloti e del personale di vigilanza, il Responsabile in turno (RIT) della predetta unità organizzativa avrebbe avuto cura di procedere all'allontanamento dei volatili mediante impiego di pistola lancia razzi.

Il giorno dell'incidente, a seguito alla ispezione mattutina, non era stato segnalato alcunché di anomalo, né vi era stata alcuna segnalazione nel corso della giornata prima del verificarsi dell'incidente.

Alla luce delle evidenze acquisite, parrebbe ragionevole ritenere che le misure di prevenzione poste in essere all'epoca dei fatti non fossero adeguate a garantire una sufficiente reattività al contenimento dei rischi rappresentati dall'avifauna, dal momento che l'estrema mobilità e l'imprevedibilità di comportamento dei volatili sono più contrastabili attraverso un'opera di costante vigilanza e di allontanamento, piuttosto che attraverso una singola ispezione giornaliera.

2.4. FATTORE UMANO/ORGANIZZATIVO

La Eurojet Italia srl, esercente dell'aeromobile, oltre a possedere la licenza di esercizio per effettuare attività di trasporto passeggeri era anche, come già detto, in possesso delle autorizzazioni ENAC necessarie ad impartire addestramento ai piloti (sia interni che esterni) per il conseguimento di abilitazioni per tipo (*type rating*). Trattandosi di un TRTO che impartiva addestramento a piloti professionisti, offrendo una gamma di diversi *type rating*, aveva evidentemente, oltre ai requisiti di legge, anche la capacità tecnica ed operativa per valutare il raggiungimento di standard addestrativi da parte dei candidati. Non poteva quindi non essere in grado di valutare le abilità (*skill*) raggiunte in funzione di un futuro impiego operativo degli equipaggi. Trattandosi di aeromobili, quelli per cui la società era autorizzata ad impartire addestramento, impiegati in quella che viene comunemente chiamata “*business aviation*” (ovvero trasporto passeggeri non di linea su rotte che, in funzione della richiesta dei clienti, avrebbero potuto essere sia nazionali che internazionali, spesso prenotate con poco preavviso), la preparazione dei piloti avrebbe dovuto tenere conto non solo della conoscenza degli aeromobili (impianti, procedure normali e di emergenza, ecc.), ma anche

delle caratteristiche tecniche e ambientali di svariati aeroporti (procedure, criticità ambientali, ecc.), in funzione della tipologia di volo.

2.4.1. Addestramento primo ufficiale

L'analisi dei titoli di volo e dell'attività svolta dal primo ufficiale evidenzia una esperienza pari a circa 600 ore di volo totali (ne aveva 500 all'atto dell'assunzione circa un anno prima dell'incidente). Tale attività di volo, però, era stata svolta con discontinuità e nell'arco temporale di circa 13 anni (giòva ricordare che il pilota aveva dovuto effettuare due riprese volo: la prima nel 1998 dopo 3 anni di inattività e la seconda nel 2000 dopo 2 anni di inattività, per carenza di attività minima periodica prevista per il mantenimento in esercizio della licenza). Fino al 2000 l'attività di volo era stata effettuata presso scuole di volo con aeromobili monomotori e bimotori a pistonì. Dopo aver conseguito l'abilitazione al pilotaggio di aeromobili C500/550 nel maggio del 2001, il copilota fu inserito, nel giugno 2002, nell'organico di Eurojet Italia srl, presentando un *curriculum vitae* che riportava un'esperienza di volo complessiva di 500 ore.

L'addestramento impartito per il conseguimento dell'abilitazione al LJ 45 dal TRTO Eurojet Italia al primo ufficiale sembrerebbe, ad una prima lettura, essere stato impartito in accordo al programma autorizzato dall'ENAC. Analizzando però in maniera più approfondita la documentazione trasmessa all'ENAC al termine dell'addestramento in questione, emergerebbero particolari che lascerebbero trasparire un addestramento non pienamente rispondente al programma e soprattutto caratterizzato da attestazione di voli di addestramento che non parrebbero essere coerenti con i documenti giacenti presso gli aeroporti interessati (DUV).

Per meglio chiarire quanto sopra, dalla documentazione inviata all'ENAC per la trascrizione dell'abilitazione al LJ45 emergerebbe che il *ground course* e l'addestramento FFS fossero stati frequentati e superati dal primo ufficiale presso la Flight Safety International di Tucson, in Arizona. Al termine di tale corso, la Flight Safety International rilasciava l'attestazione del completamento del corso "*LJ45 Second in Command Pilot Recurrent*". In sostanza, sembrerebbe essere stato impartito un "*recurrent training*" ad una persona che avrebbe invece dovuto essere addestrata al primo *type rating* su aeromobili LJ45. La successiva attività di volo addestrativa specifica sull'aeromobile LJ45 dichiarata dal TRTO ai competenti uffici ENAC risultava pari a 7 ore, salvo poi, in fase successiva all'incidente, dichiarare all'ANSV un'attività addestrativa superiore, pari a circa 12 ore. Da un approfondimento effettuato attraverso l'analisi delle DUV relative ai detti voli, sarebbe

emerso che l'attività di volo istruzionale, da considerarsi effettivamente tale (e quindi non di trasporto commerciale passeggeri) ed in cui, nella composizione dell'equipaggio, figurava il nominativo del primo ufficiale in questione, sarebbe in realtà stata di 2 ore e 27'. Tale attività di addestramento non risulta aderire al programma approvato dall'ENAC al TRTO per il conseguimento dell'abilitazione al pilotaggio di aeromobili tipo LJ45. In conclusione, il primo ufficiale, oltre a non avere maturato una significativa esperienza di volo, non sarebbe stato addestrato presso il TRTO in accordo ai programmi previsti ed approvati (addestramento insufficiente al conseguimento dell'abilitazione), ma, nonostante ciò, sarebbe stato giudicato dallo stesso TRTO Eurojet "idoneo" al conseguimento dell'abilitazione al pilotaggio di aeromobili tipo LJ45 e per questo inserito nel programma dei voli a partire dall'1 giugno 2003 (addestramento in linea).

2.4.2. Impiego operativo del comandante

L'analisi degli stralci volo e della dichiarazione dell'attività di volo effettuata dal comandante presso la Eurojet Italia ha evidenziato che, sebbene egli fosse in possesso della licenza di pilota di linea e dell'esperienza da copilota su aeromobili a condotta plurima con configurazione passeggeri superiore a 19 posti, egli non era mai stato avviato ad un corso comando dai precedenti datori di lavoro. Aveva infatti concluso la sua attività di pilota su aeromobili operanti voli di linea/charter su tratte di medio e lungo raggio e su aeromobili B767 prima e A320 poi, in qualità di primo ufficiale, il 4 febbraio 2001, pochi giorni prima di essere inserito nell'organico dell'Eurojet Italia (17 febbraio 2001) in qualità di comandante. Gli addestramenti al pilotaggio di aeromobili C501, C525 e LJ45 sono stati impartiti dal TRTO Eurojet al comandante direttamente in posizione di CM1 e l'addestramento per il conseguimento dell'abilitazione al C501 è stato effettuato a partire da fine gennaio 2001, quando il comandante era ancora impiegato come primo ufficiale su Airbus 320 dal precedente datore di lavoro (ultimo volo su A320 in data 4 febbraio 2001). In un arco temporale di sei mesi il comandante aveva effettuato, presso il TRTO Eurojet Italia, l'addestramento, per successivo impiego operativo per conto Eurojet, su 3 diversi tipi di aeromobili (C501, C525 e LJ45). Dagli stralci volo acquisiti presso l'operatore è emerso che il comandante era stato impiegato, nei mesi successivi il conseguimento della terza abilitazione, sui tre citati tipi di aeromobile (C501, C525 e LJ45), volando tra gennaio 2001 e maggio 2003 circa 1000 ore di volo, di cui circa 500 ore su aeromobili C501 e C525 e circa 550 ore su aeromobili LJ45.

Tale impiego operativo contestuale su tre aeromobili diversi, per i quali sono previsti tre diversi *type rating*, in un lasso temporale inferiore ad un anno, potrebbe avere rappresentato una criticità per il raggiungimento e mantenimento della *proficiency* su ogni singolo tipo di aeroplano.

È stato inoltre appurato che presso i precedenti datori di lavoro il comandante, che era però impiegato come primo ufficiale, aveva sempre superato positivamente i previsti controlli semestrali in volo. Egli era quindi abituato a lavorare in contesti operativi schedati e organizzati in qualità di primo ufficiale.

2.4.3. CRM

L'evento, così come avviene nella maggior parte degli eventi di *birdstrike*, è caratterizzato da una presenza di preavviso estremamente limitata: in questo caso circa 3 secondi prima dell'impatto il FO, al tempo T/O-2", avvistava gli uccelli di fronte e lo comunicava verbalmente al comandante. Il comandante, in tale fase intento al monitoraggio degli strumenti all'interno del *cockpit* ed alla enunciazione delle velocità caratteristiche, potrebbe avere avuto ancora minor preavviso di quanto stava accadendo rispetto al primo ufficiale.

Si ha quindi ragione di ritenere che lo scarso preavviso, il colpo secco ed il repentino variare del rumore dei motori, uniti alla attivazione dello *stall warning*, abbiano necessariamente generato un effetto che viene generalmente definito, nella letteratura aeronautica, come *surprise and startle effect*.

Ciò potrebbe fornire una spiegazione di quanto accaduto nello svolgimento del decollo, in difformità con quanto previsto dalle procedure di emergenza, ovvero la rotazione eccessiva del velivolo fino alla generazione dell'avviso di stallo da parte del primo ufficiale (senza un adeguato intervento correttivo da parte del comandante), la retrazione delle *thrust lever* in campo *cruise* a 25 piedi ed il mancato ordine di retrazione del carrello quando positivamente in volo da parte del comandante stesso.

La generazione ed il persistere del forte rumore grave e rugoso conseguente all'ingestione dei volatili nei motori può avere contribuito a prolungare gli effetti dello *startle effect*, determinando un degrado delle capacità di effettuare correttamente l'*information processing*, *decision making* e *problem solving* anche nel minuto e mezzo successivo, contribuendo, altresì, alla decisione di atterrare nel più breve tempo possibile, a discapito di una messa in sicurezza del velivolo sotto il profilo gestionale.

Dall'analisi combinata FDR/canale Cockpit Area Monitor del CVR si percepisce che ogni attivazione dell'avviso *stall* (unitamente allo *stick shaker*) è avvenuta in conseguenza di una

diminuzione del rumore del regime dei motori, oltre che per l'applicazione di un angolo di *bank*: ciò è avvenuto per cinque delle sei attivazioni totali dell'avviso di stallo e ha fatto eccezione solo la attivazione immediatamente successiva la rotazione al decollo. Infatti, quando è avvenuta l'attivazione dello *stall warning* le *thrust lever* venivano avanzate. All'aumentare del livello del rumore di rugosità anomala, corrispondente all'incremento del regime di rotazione, conseguiva però poi la successiva nuova retrazione, con conseguente riattivazione dello *stall warning*. Ciò è avvenuto anche successivamente al tempo T/O+24", quando il motore destro è stato ridotto ad *idle* e la modulazione ha avuto luogo solo con la *thrust lever* del motore sinistro.

Nel frattempo si è assistito al completo deterioramento del CRM in *cockpit*, evidenziato anche dal fatto che il comandante, dopo aver preso il controllo del velivolo, non ha comunicato più nulla al FO, se si esclude la richiesta di effettuare la chiamata radio per comunicare la necessità di rientrare immediatamente. Sono seguiti infatti 49 secondi di silenzio tra i due membri dell'equipaggio fino a quando il primo ufficiale, in assenza di richieste da parte del comandante, ha chiesto se potesse fare qualcosa.

Tale deterioramento del CRM ha provocato un decadimento della *situational awareness*, intesa come:

- consapevolezza e gestione del livello energetico del velivolo;
- monitoraggio dei parametri (quali la velocità, gli assetti e la quota);
- controllo della configurazione (carrello);
- commento dei numerosi *warning* e delle indicazioni dei parametri motori;
- utilizzo della *checklist* appropriata e delle procedure previste (*engine failure after V1*).

Il *Manuale di volo* del LJ45, nella introduzione alle procedure di emergenza, così come avviene per la maggior parte dei velivoli, ribadisce che ogni situazione di emergenza deve essere affrontata considerando le seguenti priorità:

- Maintain aircraft control;
- Analyze the situation;
- Take proper action.

Nel caso in esame, invece, probabilmente a seguito del citato *surprise and startle effect* e del venire meno di tutte le dinamiche di CRM previste per la gestione di una emergenza, il controllo dell'aeromobile non è stato mantenuto, non vi è stata alcuna analisi della

situazione (per lo meno condivisa relativamente alle indicazioni e alle possibili avarie), non è stata attuata la procedura prevista ed enunciata nel corso del *briefing* pre-decollo («Dopo la V1 su il carrello, nessuna azione prima dei 400 piedi. Vediamo bene quello che è successo. 1500 piedi è la nostra quota. Non facciamo nulla. Sali alla V2 o quella che hai, V2+10 è accettabile. Sali a quella, 1500 piedi livelli. Flap a zero, puliamo l'aeroplano, andiamo su Trezzo»), non sono state rispettate le velocità minime e sono stati superati i limiti in termini di angolo di *bank* e di angolo di attacco. L'unica preoccupazione che si è percepita nelle registrazioni è stata quella di atterrare il più presto possibile.

L'ipotesi di *birdstrike* in decollo, con interessamento di entrambi i motori, non risulta essere trattata da alcuna delle procedure di emergenza contemplate dall'AFM LJ45, come non risulta che all'epoca dei fatti fosse prevista l'effettuazione di scenari assimilabili nelle sessioni di addestramento al simulatore.

Per quanto attiene la fase precedente la rotazione, si evidenzia come alla chiamata relativa alla presenza di uccelli, al fine di massimizzare il livello di CRM e di coordinamento tra i due membri dell'equipaggio, sarebbe stata probabilmente di aiuto una manifestazione di intenti da parte del comandante, del tipo “*Continue*” oppure “*Stop take off*”.

Nel contesto critico sopra delineato hanno certamente giocato un ruolo anche la scarsa esperienza e le carenze nel programma di addestramento del primo ufficiale: dall'analisi della documentazione relativa all'addestramento di linea di quest'ultimo dopo la transizione ai simulatori sul tipo di aeromobile è emerso, infatti, così come peraltro confermato dall'ascolto della registrazione del CVR relativa alle procedure a terra, che molti aspetti addestrativi e procedurali non erano stati trattati nelle sedi opportune.

Non si esclude, infine, per quanto riguarda il comandante, che il fatto di svolgere contemporaneamente attività su più tipi differenti di velivoli possa avere contribuito ad una diminuzione di *proficiency* sul singolo *type*.

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

- Il comandante era in possesso dei necessari titoli aeronautici e qualificato per l'effettuazione del volo in questione.
- Il comandante era impiegato presso l'operatore su tre tipi di aeromobili: C501, C525 e LJ45.
- Il FO era in possesso dei necessari titoli aeronautici.
- Il FO aveva conseguito l'abilitazione sul LJ45 tre giorni prima dell'incidente, in seguito ad un *recurrent training* al simulatore e 2h 27' minuti di volo ed era al primo volo di addestramento in linea.
- Il volo rappresentava per l'equipaggio la prima tratta della giornata e consisteva in un volo di posizionamento, a Genova, per l'imbarco di un passeggero, con successiva prosecuzione del volo alla volta di Amsterdam.
- Durante la preparazione del *cockpit*, nel corso della procedura di messa in moto, il comandante comunicava al FO che questi avrebbe svolto le mansioni di PF.
- Le procedure di messa in moto sono state svolte dal FO. Il comandante guidava il FO nelle varie operazioni, con frequenti interruzioni volte a spiegare alcuni aspetti dei controlli.
- Le spiegazioni da parte del comandante di alcuni aspetti procedurali, quali le modalità per il calcolo delle velocità caratteristiche ed il mantenimento della V2 dopo il decollo, venivano rimandati ad un momento successivo.
- Il comandante spiegava al FO il *briefing* pre-decollo.
- Il *briefing*, relativo alle azioni in caso di problemi dopo la V1, rispecchiava, a grandi linee, quanto riportato nell'AFM.
- Il comandante, commentando l'evenienza "*emergenza grave, engine fire*" specificava che avrebbero mantenuto la configurazione attuale.

- Durante l'allineamento il comandante comunicava che, solo nell'occasione di quel volo, in caso di problemi in decollo avrebbe preso il controllo del velivolo.
- Le condizioni meteorologiche sull'aeroporto di Linate erano ottimali.
- Il peso al decollo era inferiore di 1700 libbre alla massa massima al decollo per il velivolo in questione.
- Per quanto attiene la presenza di volatili sull'aeroporto, il giorno dell'incidente, all'atto della ispezione mattutina, non era stato segnalato nulla di anomalo, né vi era stata alcuna successiva segnalazione nel corso della giornata.
- L'attività di prevenzione dei rischi da impatto con volatili posta in essere dalla società di gestione aeroportuale, attuata dalla unità organizzativa "security aeroportuale e servizi generali", consisteva nel controllo dell'altezza dell'erba per il tramite dello sfalcio ed in una ispezione giornaliera effettuata di primo mattino su piste e raccordi.
- L'ENAC, all'epoca dei fatti, aveva definito, con la circolare APT-01 del 20 maggio 1999, le procedure che dovevano essere adottate dalle dipendenti Direzioni aeroportuali e dalle società di gestione aeroportuale per la prevenzione dei rischi da impatto con volatili, prevedendo, tra l'altro, che venissero condotte ricerche di tipo naturalistico ambientale, atte a verificare la sussistenza di situazioni tali da richiedere l'adozione di specifici provvedimenti di controllo. La società di gestione aveva commissionato lo studio naturalistico ad un ente esterno. L'osservazione sul campo ha avuto luogo dall'1 gennaio al 31 dicembre 2002 ed al momento dell'incidente la relazione non era ancora stata consegnata alla società di gestione aeroportuale.
- Il velivolo era stato sottoposto ai controlli periodici alle scadenze previste; al momento del decollo era in condizioni di efficienza. Non sono emerse problematiche di carattere tecnico a carico dell'aeromobile fino al momento dell'impatto con i volatili.
- La corsa di decollo ha avuto una durata di 23 secondi.
- 2 secondi prima dell'involò il FO (PF) comunicava, con voce calma e non preoccupata, di avere notato la presenza di alcuni uccelli. Un secondo dopo il comandante chiamava la V1.
- Il velivolo, in fase di rotazione ed in prossimità dell'intersezione con il raccordo R3, impattava lo stormo di piccioni precedentemente avvistato dal FO, che stava attraversando la pista da Ovest verso Est.
- L'impatto con i volatili interessava il motore sinistro e verosimilmente anche il motore destro, benché su quest'ultimo non siano state individuate evidenze incontrovertibili.

- Dopo la rotazione, a seguito al raggiungimento di un *pitch* di +18°, si attivava l'indicazione di stallo (*stall warning*). Il comandante prendeva il controllo del velivolo diventando PF.
- A 29 piedi veniva effettuata una prima riduzione dei motori in campo *cruise*.
- Al decollo non seguiva la retrazione del carrello, che rimaneva in posizione abbassata fino all'impatto.
- 10 secondi dopo l'involò, a 209 piedi RADALT, ad una velocità indicata di 129 nodi, il comandante cominciava una virata a destra per il posizionamento in sottovento con un *bank* in progressivo aumento fino a 39°.
- 12 secondi dopo l'involò, dopo una seconda riduzione dei motori in campo *cruise*, si attivava il *master warning (triple chime)* e le indicazioni del N1 del motore sinistro scendevano a 0%. Il motore sinistro tuttavia continuava a funzionare ed il comandante ne modulava la *thrust lever* fino alla fine del volo.
- In virata ed in sottovento si attivavano l'indicazione vocale “*Stall*” e lo *stick shaker*, per un totale complessivo di 6 attivazioni ciascuna.
- 24 secondi dopo l'involò aveva luogo la terza riduzione delle due *thrust lever*: la *thrust lever* del motore destro veniva posizionata dal comandante ad *idle*, senza alcuna condivisione della iniziativa con il FO.
- Le indicazioni N1 del motore destro si stabilizzavano ad *idle*. Da tale momento fino al termine del volo il comandante modulava esclusivamente la *thrust lever* del motore sinistro.
- 49 secondi dopo l'involò, considerata l'assenza di qualsiasi indicazione precedentemente impartita dal comandante, il primo ufficiale chiedeva se potesse essere di aiuto.
- 51 secondi dopo il decollo, il comandante chiedeva al FO di effettuare la *checklist*.
- Mentre l'aeroplano era in sottovento, si attivavano gli avvisi EGPWS “*Don't sink*” e “*Too low, terrain*”.
- 1 minuto e 7 secondi dopo il decollo, il comandante iniziava la virata base e chiedeva al FO di selezionare i flap a 20°.
- 1 minuto e 18 secondi dopo il decollo (*frame* del FDR 30:51) si attivava il “*L engine fire*” *warning* e, conseguentemente, la *thrust lever* sinistra veniva ridotta in campo *cruise* per 7 secondi.
- 1 minuto e 25 secondi dopo il decollo, il pilota perdeva il controllo del velivolo che impattava il suolo dopo 6 secondi.

- In considerazione del livello di distruzione dei due motori a seguito dell'impatto con il suolo, non è stato possibile quantificare con precisione l'entità dei danni provocati sui medesimi dall'ingestione dei volatili.
- In corrispondenza del *fan by-pass stator* del motore sinistro sono state rinvenute tracce organiche identificate come piume di piccione.
- La perdita di indicazioni N1 del motore sinistro è riconducibile allo scollegamento, riscontrato in fase di *tear down* del motore, del connettore filettato del cablaggio che collega il trasduttore al DEEC, verosimilmente a seguito delle vibrazioni del motore dopo l'ingestione dei volatili.
- Le evidenze della rotazione dei fan ed il rumore registrato dal CVR indicano che i motori ruotavano all'impatto e verosimilmente erano ancora in grado di erogare spinta.
- Il colpo secco, la repentina variazione del rumore dei motori e la attivazione dello *stall warning* hanno verosimilmente generato un effetto che viene generalmente definito, nella letteratura aeronautica, come *surprise and startle effect*.
- In *cockpit* si è assistito ad un deterioramento del CRM, soprattutto nella fase di emergenza.
- Il *birdstrike* in decollo, con interessamento di entrambi i motori, non risulta essere trattato da alcuna delle procedure di emergenza dell'AFM del LJ45 e non sono state rinvenute evidenze che tale situazione venisse proposta nelle sessioni di addestramento al simulatore.

3.2. CAUSE

L'evento, innescato da un impatto multiplo con volatili in fase di decollo, è stato determinato dalla perdita di controllo in volo dell'aeromobile, dovuta ad uno stallo aerodinamico verificatosi in fase di rientro sull'aeroporto di partenza, non recuperabile a causa della ridotta quota disponibile.

All'evento hanno contribuito i seguenti fattori:

- la mancata attuazione della procedura prevista dal *Manuale di volo* per la avaria al motore dopo la V1, con particolare riferimento al controllo della configurazione (carrello e *flap*), gestione delle *thrust lever*, definizione e raggiungimento della quota di sicurezza, mantenimento delle velocità previste;

- la mancanza di CRM, rilevabile già nella fase delle procedure a terra, ma aggravatasi significativamente a seguito dell'emergenza;
- la scarsa esperienza del FO, al suo primo volo di addestramento in linea sul tipo di aeromobile;
- l'inadeguatezza delle misure e dell'attività di contrasto dell'avifauna in area di manovra.

CAPITOLO IV

RACCOMANDAZIONI DI SICUREZZA

4. RACCOMANDAZIONI

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