



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Rapporto finale n° 2370 del Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI

sull'incidente occorso al velivolo
Junkers Ju 52/3m g4e, HB-HOT,

operato da Ju-Air,

in data 4 agosto 2018

1,2 km a sud-ovest del Piz Segnas,
Flims (GR)

Ringraziamenti

Le osservazioni, le fotografie e i video messi a disposizione del Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza (SISI) dalla popolazione nel corso dell'inchiesta hanno contribuito in modo significativo allo svolgimento della stessa e alla stesura del rapporto finale ora disponibile. Il SISI ringrazia tutti coloro che, spontaneamente e a seguito dei relativi appelli, hanno fornito indicazioni e immagini utili ai fini dell'inchiesta.

Le seguenti autorità, organizzazioni e aziende hanno contribuito in maniera rilevante alla riuscita dell'inchiesta:

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA)

Forensisches Institut Zürich (FOR)

Polizia cantonale dei Grigioni

Comune di Flims

Flims Electric AG, a Flims (GR)

MatExpert GmbH, a Thun (BE)

Mountain Lodge, passo del Segnas

Scuola Universitaria Professionale di Zurigo (ZHAW)

Considerazioni generali sul presente rapporto

Conformemente

all'articolo 3.1 della 12^a edizione dell'allegato 13, applicabile dal 5 novembre 2020, della Convenzione del 7 dicembre 1944 relativa all'aviazione civile internazionale, entrata in vigore per la Svizzera il 4 aprile 1947, stato 18 giugno 2019 (RS 0.748.0);

all'articolo 24 della legge federale del 21 dicembre 1948 sulla navigazione aerea, stato 1^o gennaio 2020 (LNA, RS 748.0);

all'articolo 1 numero 1 del regolamento (UE) n. 996/2010 del 20 ottobre 2010 del Parlamento europeo e del Consiglio, sulle inchieste e la prevenzione di incidenti e inconvenienti nel settore dell'aviazione civile e che abroga la direttiva 94/56/CE, entrato in vigore per la Svizzera il 1^o febbraio 2012 ai sensi della decisione del Comitato misto Svizzera-UE e in base all'Accordo del 21 giugno 1999 tra la Confederazione Svizzera e la Comunità europea sul trasporto aereo (accordo sul trasporto aereo);

nonché all'articolo 2 capoverso 1 dell'ordinanza del 17 dicembre 2014 concernente le inchieste sulla sicurezza in caso di eventi impreveduti nei trasporti, stato 1^o febbraio 2015 (OJET, RS 742.161);

l'inchiesta su un incidente aereo o un inconveniente grave ha come unico scopo la prevenzione di incidenti o inconvenienti gravi. Non sono espressamente oggetto di un'inchiesta di sicurezza la valutazione dal punto di vista giuridico delle cause e delle circostanze di incidenti aerei e inconvenienti gravi. Non è quindi scopo del presente rapporto stabilire questioni relative alla colpa e alla responsabilità.

Se il presente rapporto viene utilizzato a fini diversi da quello della prevenzione, occorre tenere debitamente conto di questa circostanza.

Salvo indicazioni contrarie, tutti i dati riportati si riferiscono al momento dell'incidente.

Se non specificato diversamente, tutte le indicazioni orarie contenute nel presente rapporto sono espresse in termini di ora locale valida per il territorio svizzero (*Local Time* – LT) che al momento dell'incidente corrispondeva all'ora legale dell'Europa centrale (CEST). La relazione tra LT, CEST e l'ora universale coordinata (*Coordinated Universal Time* – UTC) è:

LT = CEST = UTC + 2 h.

La versione di riferimento (originale) del presente rapporto è quella redatta in lingua tedesca.

Struttura del rapporto finale

Il presente rapporto finale, redatto secondo le norme dell'Organizzazione internazionale dell'aviazione civile, è costituito da una parte principale e da allegati. Il rapporto è stato strutturato in base ai seguenti principi:

- la parte principale si focalizza sui principali elementi necessari al chiarimento dell'incidente e mira a fornire, nel modo più semplice possibile, un quadro complessivo delle circostanze e dell'accaduto. I numerosi fatti rilevati sono stati riassunti e analizzati nella sostanza, e infine sono state ricavate le conclusioni;
- i capitoli 2 Analisi e 3 Conclusioni della parte principale riportano in modo conciso tutte le affermazioni chiave e mirano a far comprendere l'incidente, le condizioni pregresse e le interrelazioni sistemiche che l'hanno influenzato;

- al fine di eliminare i deficit di sicurezza individuati, il Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza ha formulato corrispondenti raccomandazioni di sicurezza e avvisi di sicurezza, presentati nel capitolo 4 *Raccomandazioni di sicurezza, avvisi di sicurezza e misure adottate dopo l'incidente*;
- gli nove allegati corrispondono ai paragrafi da 1.1 a 1.19 della parte principale e forniscono i dettagli della fattispecie e dei metodi d'indagine utilizzati. Inoltre vengono presentate valutazioni sintetiche dei fatti esposti che migliorano la comprensione dell'incidente e contribuiscono a trarne insegnamenti utili per accrescere la sicurezza;
- Valori stabiliti nel rapporto finale e negli allegati come ad esempio le altitudini di volo, velocità, angoli di assetto, ecc, sono stati riprodotti perlopiù senza arrotondamenti e indipendentemente dalla loro precisione. Con questo non si vuole suggerire una particolare puntigliosità. Si tratta invece di permettere in questo modo la tracciabilità delle fonti e l'estrapolazione dei calcoli. Per considerazioni di dettaglio sui relativi margini di errore e le tolleranze si prega di riferirsi all'allegato [A1.19](#), capitoli A1.19.3, A1.19.4, A1.19.5.1 e all'allegato [A1.18](#), capitolo A1.18.5.
- tutte le abbreviazioni utilizzate nel rapporto finale e i principali termini tecnici sono stati raggruppati in un [glossario](#).

Indice

Dati principali	8
Inchiesta.....	8
Breve descrizione.....	9
Cause	9
Raccomandazioni di sicurezza e avvisi di sicurezza	10
1 Circostanze.....	11
1.1 Fatti antecedenti e svolgimento del volo.....	11
1.1.1 Fatti antecedenti.....	11
1.1.2 Svolgimento del volo	13
1.1.3 Luogo e ora dell'incidente	19
1.2 Danni alle persone	19
1.3 Danni all'aeromobile	19
1.4 Danni a terzi.....	19
1.5 Informazioni relative al personale.....	20
1.5.1 Equipaggio di volo	20
1.5.2 Equipaggio di cabina	22
1.5.3 Collaboratori dell'impresa di trasporto aereo	22
1.5.4 Collaboratori delle aziende di manutenzione	23
1.5.5 Collaboratori dell'Ufficio federale dell'aviazione civile	23
1.6 Informazioni sull'aeromobile	23
1.6.1 Cenni storici	23
1.6.2 Caratteristiche di volo	24
1.6.3 Caratteristiche costruttive	25
1.6.4 Certificato di navigabilità e categoria di aeromobile	25
1.6.5 Manutenzione	26
1.7 Condizioni meteorologiche	28
1.7.1 Situazione meteorologica generale	28
1.7.2 Situazione meteorologica sul luogo e all'ora dell'incidente	28
1.7.3 Informazioni astronomiche	29
1.7.4 Osservazioni meteorologiche di altri equipaggi di volo	29
1.7.5 Ulteriori indicazioni e accertamenti	30
1.8 Aiuti alla navigazione	30
1.9 Comunicazione.....	30
1.10 Informazioni sull'aerodromo	30
1.11 Registratori di volo e dispositivi di registrazione	30
1.11.1 Ricostruzione delle rotte di volo.....	30
1.11.2 Analisi numeriche	35
1.11.3 Mancanza di dispositivi di registrazione dati.....	39

1.11.4	Raccomandazione di sicurezza	41
1.12	Informazioni su luogo dell'incidente, impatto e carcassa.....	41
1.12.1	Luogo dell'incidente	41
1.12.2	Impatto.....	41
1.12.3	Carcassa.....	41
1.13	Informazioni di natura medica e patologica	41
1.14	Incendio	42
1.15	Aspetti relativi alla sopravvivenza	42
1.15.1	In generale	42
1.15.2	Ricerca e salvataggio	42
1.16	Prove e risultati di ricerche	42
1.17	Informazioni su diverse organizzazioni e sulla relativa gestione	43
1.17.1	Impresa di trasporto aereo	43
1.17.2	Organizzazione per la gestione del mantenimento della navigabilità.....	48
1.17.3	Imprese di manutenzione	48
1.17.4	Autorità di sorveglianza	48
1.18	Informazioni supplementari.....	50
1.19	Metodi di indagine utili o efficaci	50
2	Analisi	51
2.1	Struttura dell'analisi	51
2.2	Condizioni quadro del volo dell'incidente	51
2.2.1	Prerogative umane	51
2.2.2	Prerogative tecniche	51
2.2.3	Condizioni meteorologiche	51
2.2.4	Prerogative operative	52
2.3	Volo dell'incidente.....	53
2.3.1	Aspetti operativi.....	53
2.3.2	Aspetti umani	58
2.4	Aspetti sistemici.....	60
2.4.1	In generale	60
2.4.2	Organizzazione e gestione delle operazioni di volo	61
2.4.3	Organizzazione e svolgimento della manutenzione	64
2.4.4	Attività di sorveglianza.....	65
3	Conclusioni.....	69
3.1	Evidenze	69
3.1.1	Aspetti tecnici.....	69
3.1.2	Aspetti operativi.....	70
3.1.3	Equipaggio di volo	71
3.1.4	Volo dell'incidente	71

3.1.5	Condizioni quadro	72
3.2	Cause	74
3.2.1	Cause dirette.....	74
3.2.2	Fattori contributivi diretti	74
3.2.3	Causa sistemica.....	74
3.2.4	Fattori contributivi sistemici	74
3.2.5	Ulteriori rischi	75
4	Raccomandazioni di sicurezza, avvisi di sicurezza e misure adottate dopo l'incidente	76
4.1	Raccomandazioni di sicurezza.....	76
4.1.1	Verifica dei danni da corrosione e difetti nei componenti di sistema	76
4.1.2	Creazione delle basi per un'efficace sorveglianza basata sui rischi.....	77
4.1.3	Rilascio di autorizzazioni speciali	77
4.1.4	Sorveglianza delle operazioni di volo di aeromobili storici	77
4.1.5	Miglioramento dell'organizzazione dell'attività di sorveglianza.....	78
4.1.6	Miglioramento della competenza dell'autorità di sorveglianza	78
4.1.7	Determinazione dei dati concernenti le prestazioni dei velivoli sottoposti a revisione completa	79
4.2	Avvisi di sicurezza	79
4.2.1	Verifica e miglioramento dei processi di manutenzione	79
4.2.2	Formazione continua degli equipaggi di volo.....	79
4.2.3	Miglioramento del Crew Resource Management	80
4.2.4	Miglioramento delle misure di gestione delle operazioni di volo.....	80
4.2.5	Miglioramento del sistema di gestione della sicurezza	80
4.2.6	Svolgimento di analisi degli eventi e dei rischi	81
4.2.7	Miglioramento dell'addestramento in situazioni di volo critiche	81
4.3	Misure adottate dopo l'incidente.....	81

Riassunto

Dati principali

Proprietario	Forze aeree svizzere, casella postale 1072, 8600 Dübendorf
Esercente	Verein der Freunde der Schweizerischen Luftwaffe (VFL), Überlandstrasse 271, 8600 Dübendorf, operava gli aerei Ju-52 sotto la designazione Ju-Air
Costruttore	Junkers Flugzeug- und Motorenwerke AG, Dessau, Germania
Modello	Ju 52/3m g4e
Stato d'immatricolazione	Svizzera
Contrassegno di immatricolazione	HB-HOT
Luogo	1,2 km a sud-ovest del Piz Segnas, a 2475 m s.l.m.
Data e ora	4 agosto 2018, ore 16:57
Tipo di operazione	Commerciale
Regole di volo	Regole di volo a vista (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>)
Luogo di decollo	Aerodromo di Locarno (LSZL)
Luogo di destinazione	Aerodromo militare di Dübendorf (LSMD)
Fase di volo	Volo di crociera
Tipo di incidente	Perdita di controllo

Inchiesta

L'incidente si è verificato il 4 agosto 2018 alle ore 16.57. La comunicazione è pervenuta al responsabile del servizio di picchetto del SISI alle ore 17:04. L'inchiesta è stata aperta il 4 agosto 2018 alle ore 17:55 dal Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza (SISI) in collaborazione con la polizia cantonale dei Grigioni. Il SISI ha informato dell'incidente Germania e Austria che hanno nominato rappresentanti accreditati. L'autorità investigativa francese *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile* (BEA) ha supportato il SISI con grande disponibilità nel recupero e nella lettura dei supporti dati dei passeggeri e dei membri dell'equipaggio rinvenuti sul luogo dell'incidente.

Ai fini dell'inchiesta erano disponibili le seguenti informazioni:

- assicurazione delle prove sul posto;
- registrazioni radar;
- registrazioni GPS;
- fotografie, registrazioni video e audio;
- interrogatori;
- documenti delle imprese coinvolte e delle autorità di sorveglianza, documenti d'archivio;
- analisi tecnica della carcassa del velivolo;
- ulteriori accertamenti e perizie tecniche.

Nonostante il velivolo non fosse dotato di alcun dispositivo di registrazione resistente agli urti, grazie ai dati summenzionati è stato possibile ricostruire l'incidente.

Poiché la ricostruzione del volo dell'incidente si è rivelata particolarmente complessa, l'attività d'inchiesta si è concentrata inizialmente su un'analisi dettagliata della carcassa per ricavare informazioni su fattori tecnici relativi all'incidente e su rischi sistemici associati alle operazioni di volo e alla manutenzione. Questi accertamenti hanno rivelato alcuni deficit di sicurezza sistemici. Pertanto, il 20 novembre 2018, al fine di migliorare la sicurezza del volo già nel corso dell'inchiesta, il SISI ha pubblicato un rapporto intermedio con una raccomandazione di sicurezza e un avviso di sicurezza.

Con la medesima intenzione, nel settembre 2019 il SISI ha comunicato nel dettaglio i risultati dell'inchiesta disponibili fino a quel momento e i deficit di sicurezza riscontrati ai responsabili dell'impresa di trasporto aereo Ju-Air, delle aziende di manutenzione e dell'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC), affinché queste organizzazioni potessero adottare efficaci misure di miglioramento della sicurezza già prima della pubblicazione del rapporto finale.

Il presente rapporto finale è pubblicato dal SISI.

Breve descrizione

Il 4 agosto 2018, alle ore 16:14, il velivolo passeggeri storico Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT ed operato da Ju-Air, decollava dall'aerodromo di Locarno per un volo diretto all'aerodromo militare di Dübendorf. Circa 40 minuti più tardi, seguendo una rotta in direzione nord-nordest, il velivolo entrava nella conca situata a sud-ovest del Piz Segnas. Verso l'estremità settentrionale della conca, iniziava una virata a sinistra che si sviluppava in una traiettoria a spirale verso il basso. Pochi secondi dopo, il velivolo si schiantava praticamente in verticale al suolo. Tutte le 20 persone a bordo rimanevano uccise; il velivolo veniva distrutto.

Cause

Cause dirette

L'incidente è dovuto al fatto che dopo la perdita di controllo non vi era sufficiente spazio per riprendere il controllo del velivolo che quindi si è schiantato al suolo.

L'inchiesta ha evidenziato i seguenti fattori causali diretti dell'incidente:

- L'equipaggio di volo ha condotto l'aereo in modo altamente rischioso¹, volando in una valle stretta a bassa quota e senza possibilità di una rotta di volo alternativa.
- L'equipaggio di volo ha scelto una velocità di volo pericolosamente bassa per rapporto alla rotta di volo.

I due fattori hanno causato, in combinazione con una comune e prevedibile turbolenza, un breve distacco dei filetti fluidi (*stall*) con una breve perdita di controllo del velivolo, ma anche l'insorgere di una situazione senza via d'uscita.

Fattori contributivi diretti

L'inchiesta ha determinato i seguenti fattori quali direttamente contributivi per l'insorgere dell'incidente:

- L'equipaggio si era abituato a non rispettare regole riconosciute per operazioni di volo sicure e ad assumersi rischi elevati.
- Il velivolo coinvolto nell'incidente veniva operato con una posizione del baricentro che si trovava oltre il limite posteriore, facilitando la perdita di controllo.

¹ Per la definizione dei termini azzardato, rischioso e altamente rischioso relativamente alla scelta del percorso di volo, cfr. capitolo [A1.18.5](#) come pure [A1.18.4](#).

Causa sistemica

L'inchiesta ha determinato la seguente causa sistemica per l'insorgere dell'incidente:

- Le prerogative per svolgere operazioni di trasporto aereo commerciali con il velivolo non erano adempiute tenendo conto del quadro normativo in vigore al momento dell'incidente.

Fattori contributivi sistemici

L'inchiesta ha determinato i seguenti fattori quali contributivi sistemici per l'insorgere dell'incidente:

- Il calcolo di massa e centraggio dello Ju 52 dell'operatore poteva essere svolto solo in maniera errata a causa degli strumenti lacunosi a disposizione.
- In particolare gli equipaggi di volo dell'impresa di trasporto aereo con una formazione come piloti delle Forze aeree, mostrarono durante il volo con lo Ju 52 l'abitudine di non rispettare sistematicamente regole riconosciute dell'aviazione e l'assunzione di alti rischi.
- L'impresa di trasporto aereo non è stata in grado di riconoscere ed evitare le carenze e i rischi come pure le frequenti violazioni delle regole da parte dei propri equipaggi di volo insorte durante l'esercizio.
- Una moltitudine di avvenimenti finanche diversi inconvenienti gravi non furono annunciati ai rispettivi uffici e alle autorità di competenza, cosicché non fu possibile intraprendere misure per migliorare la sicurezza.
- L'autorità di sorveglianza era parzialmente non in grado di identificare e intervenire correggendo efficacemente le numerose carenze e rischi operativi.

Ulteriori rischi

L'inchiesta ha evidenziato i seguenti fattori di rischio (*factors to risk*), che non hanno influito, perlomeno non in modo comprovato, sul verificarsi dell'incidente, ma che dovrebbero comunque essere eliminati per una maggior sicurezza in volo:

- Il velivolo si trovava in uno stato tecnico non conforme.
- Il velivolo non raggiungeva più le prestazioni di volo originariamente stabilite.
- La manutenzione degli aerei dell'impresa di trasporto aereo non era organizzata in modo efficace.
- La formazione degli equipaggi di volo in merito ai requisiti specifici delle operazioni di volo nonché in materia di *Crew Resource Management* era carente.
- Gli equipaggi di volo non avevano piena dimestichezza con tutte le situazioni critiche legate al comportamento dei velivoli in uno stallo aerodinamico.
- L'autorità di sorveglianza non riconobbe rispettivamente non corresse le numerose carenze tecniche.
- Le conoscenze specialistiche di persone impiegate dall'impresa di trasporto aereo, dalle aziende di manutenzione e dall'autorità di sorveglianza erano parzialmente insufficienti.

Raccomandazioni di sicurezza e avvisi di sicurezza

Nel rapporto intermedio del 20 novembre 2018 sono state formulate una raccomandazione di sicurezza e un avviso di sicurezza. Nel presente rapporto finale vengono formulate sette raccomandazioni di sicurezza e sei avvisi di sicurezza.

1 Circostanze

1.1 Fatti antecedenti e svolgimento del volo

1.1.1 Fatti antecedenti

Al mattino del 3 agosto 2018 è iniziato un viaggio d'avventura di Ju-Air della durata di due giorni, da Dübendorf, a nord delle Alpi, in direzione del Cantone Ticino sul versante sud delle Alpi. Sia il volo di andata del venerdì che il volo di ritorno del sabato si dovevano svolgere con il velivolo storico Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, nel quadro delle operazioni di volo commerciali (*Commercial Air Transport – CAT*), secondo le regole del volo a vista (*Visual Flight Rules – VFR*). Entrambi i voli sono stati assegnati ai piloti A e B che si sono avvicendati sui due voli nelle funzioni di comandante e *Pilot Flying* (PF) da un lato e copilota e *Pilot Monitoring* (PM) dall'altro.

Il piano di volo operativo (*Operational Flight Plan*) è stato redatto dal pilota A tramite il software per la pianificazione dei voli di Ju-Air. Questa attività di preparazione al volo ha incluso il calcolo del peso e centraggio; tuttavia tale calcolo è stato svolto in modo incompleto ed è risultato falsato da altri errori sistemici. Sul piano di volo operativo redatto erano indicati per il decollo da Dübendorf una massa di 9965 kg e una posizione del baricentro a 1,99 m dietro il bordo d'attacco. La massa al decollo da Dübendorf è stata ricostruita in 9714 kg e la posizione del baricentro a 2,098 m dietro il bordo d'attacco. Secondo l'indicazione del costruttore dell'aeromobile il limite di centraggio posteriore si trovava a 2,060 m dietro il bordo d'entrata dell'ala (cfr. allegati [A1.1](#) e [A1.6](#)).

Dopo l'arrivo dei passeggeri e la sistemazione dei bagagli nel velivolo, alle ore 08:59 l'HB-HOT è decollato dall'aerodromo militare di Dübendorf (LSMD), iniziando così il volo sulle Alpi alla volta dell'aerodromo di Locarno (LSZL). A bordo si trovavano 17 passeggeri e un'assistente di volo nonché il pilota B, che pilotava l'aeromobile in qualità di comandante e *Pilot Flying*, e il pilota A, che lo assisteva in qualità di copilota e *Pilot Monitoring*.

Il volo partito da Dübendorf ha sorvolato Wädenswil, poi ha costeggiato il Rigi in direzione sud-ovest e ha proseguito nella regione di Rosenloui (cfr. Figura 1), raggiungendo una quota di 2990 m s.l.m. Alle ore 09:37 l'HB-HOT è stato condotto dall'equipaggio di volo a una distanza di 30–50 m dalla parete rocciosa del Ritzlihorn. Durante il sorvolo del passo del Grimsel e della regione della Cristallina il velivolo si è trovato in diverse occasioni a una distanza ridotta dal terreno. Dopo un volo in discesa lungo la Val Maggia, l'HB-HOT è atterrato all'aerodromo di Locarno alle ore 10:13 (cfr. allegato [A1.1](#)).

I due piloti avevano accettato di effettuare il viaggio turistico di due giorni solo a condizione che l'impresa di trasporto aereo garantisse a entrambi un trasferimento aereo nella Svizzera settentrionale il 3 agosto 2018 e un altro passaggio verso Locarno il 4 agosto 2018. La direzione di Ju-Air aveva accettato questa condizione e così il pilota A, che il 1° agosto 2018 aveva iniziato in qualità di istruttore di volo ad introdurre un allievo pilota al modello Robin DR400, ha sfruttato l'accordo per proseguire quella formazione. Pertanto il 3 agosto 2018 alle ore 9.00 l'allievo del pilota A è partito da solo a bordo di un aereo a motore Robin DR400/140 B dall'aerodromo di Lommis (LSZT), nella Svizzera nord-orientale, alla volta di Locarno, dove è atterrato poco prima dell'arrivo dell'HB-HOT.

Alle ore 10:52 l'allievo del pilota A, è decollato insieme al pilota A nella funzione di istruttore di volo e al pilota B come passeggero, per un volo a vista verso Lommis, dove è atterrato alle ore 11:45.

I due piloti dell'HB-HOT hanno trascorso il resto della giornata nella Svizzera settentrionale. Nel frattempo i 17 passeggeri e l'assistente di volo, che fungeva anche da animatrice, hanno seguito in Ticino la parte non aeronautica del viaggio d'avventura.

Come emerge dalle indicazioni dei familiari, i due piloti hanno riposato a sufficienza durante la notte e si sono svegliati al mattino del 4 agosto 2018 verso le ore 7.00.

Il pilota B si è poi recato all'aerodromo militare di Dübendorf, dove dalle ore 09:15 ha effettuato per Ju-Air in qualità di comandante tre voli circolari con un velivolo gemello dell'HB-HOT. Questi voli circolari partiti da Dübendorf hanno attraversato le Alpi per rientrare poi a Dübendorf. In tutti e tre i voli l'equipaggio di volo ha condotto il velivolo più volte a una quota di sicurezza nettamente inferiore a 1000 ft AGL (300 m) dal suolo. Inoltre, non è stata posta l'attenzione su aspetti essenziali per un volo in sicurezza in montagna. Su questi voli la funzione di copilota non era svolta dal pilota A, bensì da un altro pilota del corpo piloti di Ju-Air.

Alle ore 13:30 il pilota A e il suo allievo sono partiti con un aereo a motore Robin DR400/140 B da Lommis alla volta di Dübendorf, dove sono atterrati alle ore 13:42. Qui hanno fatto salire a bordo il pilota B, che aveva da poco terminato il suo terzo volo circolare, e alle ore 13:55 sono partiti da Dübendorf in direzione di Locarno. Il volo è proseguito poi attraverso la valle Muotathal e il passo del Lucomagno ad una quota di 9500 ft AMSL² (2900 m s.l.m.) in direzione sud sulle Alpi. Durante il volo i piloti A e B hanno discusso l'itinerario per il volo di ritorno dell'HB-HOT. Entrambi erano concordi sullo sfruttare la durata del volo prevista dall'incarico, optando per un itinerario di lunghezza corrispondente. I piloti A e B non hanno fatto affermazioni più concrete. Alle ore 14:38 il Robin DR400/140 B è atterrato a Locarno. I piloti A e B si sono infine recati alla direzione dell'aerodromo per assicurarsi che il decollo dell'HB-HOT potesse avvenire dalla pista in duro al fine di evitare gli ostacoli al termine della pista e tenere conto dell'elevata temperatura dell'aria. Dopodiché i due piloti hanno preparato il velivolo per il volo di ritorno verso Dübendorf. Verso le ore 15:45 all'aerodromo Locarno sono arrivati i passeggeri, i cui bagagli sono stati sistemati dai piloti in diversi punti del velivolo.

Il piano di volo operativo per il volo di ritorno era stato redatto dal pilota A già il giorno precedente. Il calcolo di massa e centraggio è stato anch'esso effettuato in modo incompleto e risultava falsato ulteriormente da errori sistemici.

Nel piano di volo operativo redatto erano indicati per il decollo da Locarno una massa di 9737 kg e una posizione del baricentro a 1,98 m dietro il bordo d'attacco. La massa alla partenza da Locarno ricostruita era di 9387 kg e la posizione del baricentro a 2,077 m dietro il bordo d'entrata dell'ala. Il limite di centraggio posteriore era posto a 2,060 m dietro il bordo d'entrata (cfr. allegati [A1.1](#) e [A1.6](#)).

L'HB-HOT aveva nei serbatoi circa 1140 litri di carburante, quantitativo corrispondente a un'autonomia (*endurance*) di circa tre ore.

² AMSL: *above mean sea level*, altitudine media sul livello del mare

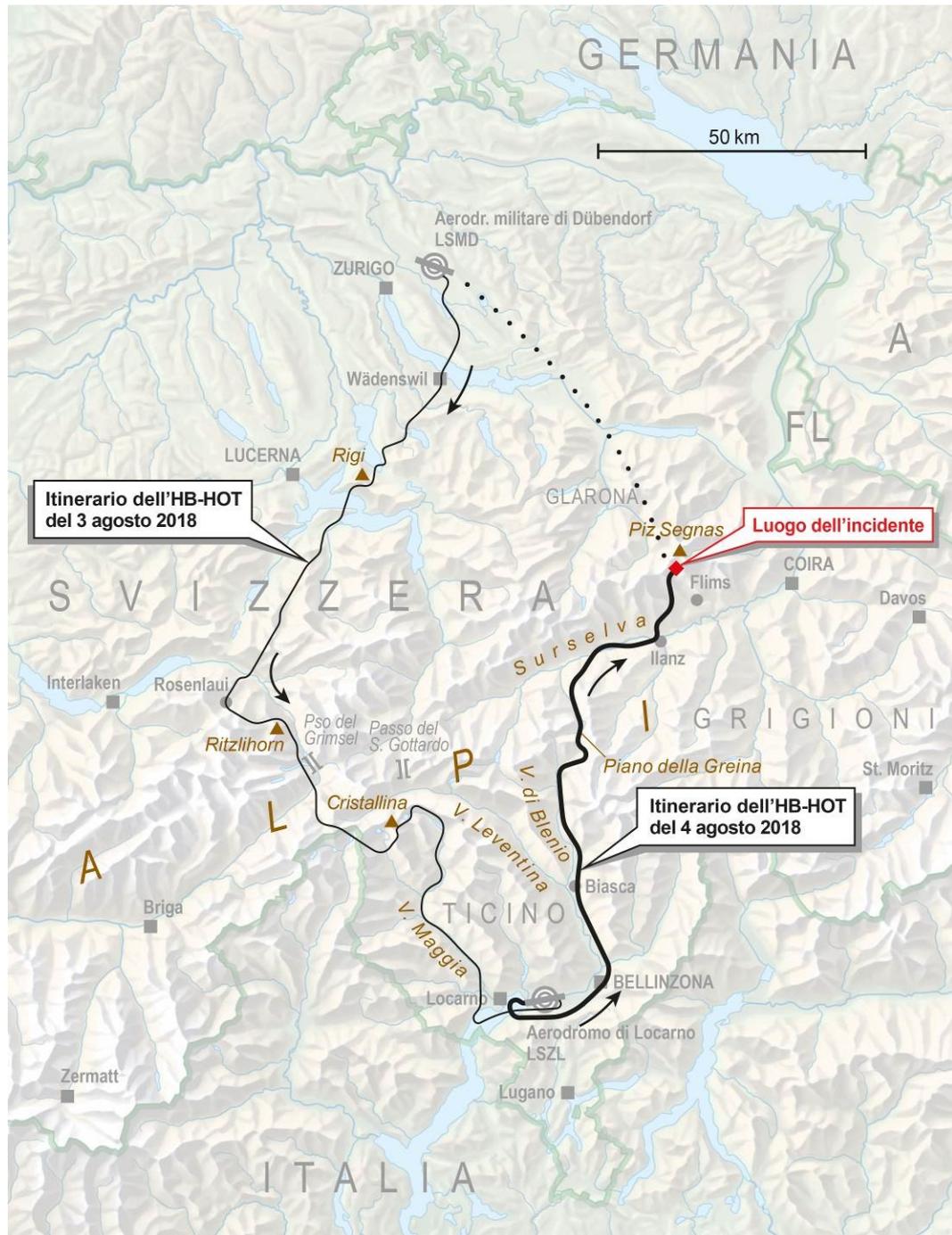


Figura 1: panoramica dell'andamento del volo del 3 agosto 2018 dall'aerodromo militare di Dübendorf all'aerodromo di Locarno e del volo dell'incidente il 4 agosto 2018. Fonte della carta di base: carta in rilievo dell'Ufficio federale di topografia.

1.1.2 Svolgimento del volo

Il 4 agosto 2018, alle ore 16:14, il velivolo passeggeri storico Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT e operato da Ju-Air, decollava dall'aerodromo di Locarno (LSZL) per un volo commerciale a vista verso l'aerodromo militare di Dübendorf (LSMD). Su questo volo il pilota A occupava il sedile a sinistra nella cabina e conduceva il velivolo in qualità di comandante, assistito dal pilota B in qualità di copilota che occupava il sedile a destra.

Dopo il decollo dalla pista in duro 26R in direzione ovest e una virata di inversione sopra il Lago Maggiore, il volo è proseguito via Bellinzona e Biasca verso la valle di Blenio. In questa fase l'HB-HOT guadagnava costantemente quota. A nord di Olivone il velivolo ha virato nella valle del Lago di Luzzone entrando così nella zona di silenzio nel paesaggio Adula/Greina/Medels/Vals. La zona di silenzio nel paesaggio è stata attraversata a un'altezza di 120–300 metri dal suolo e in alcune fasi ad una distanza laterale ridotta rispetto al suolo.

Alle ore 16:45, mentre il velivolo attraversava l'Alp Nadels, l'assistente di volo ha scritto un SMS a un conoscente a Ruschein (Comune di Ilanz), comunicandogli che si trovava sullo Ju 52 in avvicinamento a questa località. Il volo è proseguito nella regione Surselva in direzione est, a circa 2500 m s.l.m. Alle ore 16:51, nella regione di Ilanz il velivolo ha attraversato la valle del Reno anteriore seguendo una rotta in direzione nord-est, svolgendo dapprima una virata a sinistra relativamente stretta che lo ha condotto sopra la località di Ruschein. Dopodiché la rotta di volo ha seguito una direzione generale verso nord, passando accanto al Crap Sogn Gion in direzione della conca a sud-ovest del Piz Segnas. L'avvicinamento a questa conca è avvenuto inizialmente dal lato sinistro della valle rispetto alla rotta di volo, ossia quello occidentale. In questa fase l'HB-HOT era in volo di salita e nella regione di Nagens ha raggiunto una quota di 2833 m s.l.m.

Durante il sorvolo della Berghaus Nagens (cfr. Figura 2) il velivolo si trovava in una leggera virata a destra. In questa fase, alle ore 16:55 uno dei piloti informava i passeggeri sullo scenario circostante dall'altoparlante in cabina e dalle cuffie personali.

In questa fase il velivolo procedeva inizialmente a una velocità al suolo di 165 km/h che entro il punto F2 si è poi ridotta a 135 km/h, rimanendo più o meno su questo valore fino a poco prima del punto F3.

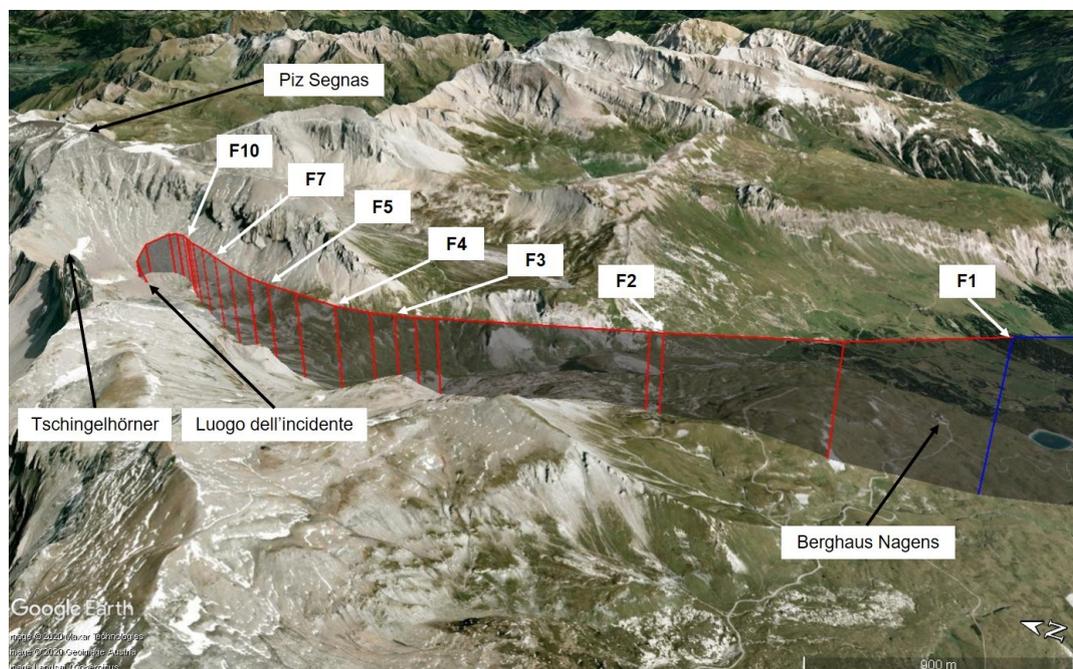


Figura 2: ricostruzione della rotta di volo dell'HB-HOT (in rosso) del 4 agosto 2018 dalla Berghaus Nagens fino al luogo dell'incidente, presentata in Google Earth. Il punto F1 rappresenta il primo di 29 punti determinati mediante fotogrammetria. L'altitudine di volo al punto F1 era di 2833 m s.l.m.

In prossimità del punto F3 il velivolo ha perso leggermente quota e la velocità al suolo è aumentata per un breve lasso di tempo di circa 65 km/h, toccando i 200 km/h. Durante questo lasso di tempo l'angolo di assetto longitudinale³ era di 5–7 gradi. Al termine di questa fase, poco prima del punto F4, l'angolo della traiettoria di volo⁴ è diminuito da -3 gradi a -1 grado e il regime di rotazione dei tre motori si è ridotto costantemente di circa 20 giri al minuto. Al punto F4 il velivolo si trovava ad una quota di 2742 m s.l.m.

Alle ore 16:56:02, poco dopo il punto F4, il regime dei tre motori è aumentato di circa 40 giri al minuto. Alle ore 16:56:09 l'HB-HOT è entrato ad una quota di 2755 m s.l.m. nella conca a sud-ovest del Piz Segnas (punto F5, cfr. anche la Figura 14) e si trovava quindi a circa 130 m sopra il passo del Segnas. L'equipaggio di volo ha condotto quindi il velivolo verso il centro della valle con una rotta nord-nordest. In questa fase l'HB-HOT è salito leggermente, l'angolo della traiettoria di volo era di circa 2 gradi e l'angolo di assetto longitudinale era ancora di 5–7 gradi. Alle ore 16:56:17, al punto F7, il velivolo ha raggiunto una quota di 2767 m s.l.m. trovandosi quindi a circa 140 m sopra il passo del Segnas.

L'HB-HOT ha volato accanto ai Tschingelhörnern e ha iniziato ad abbassarsi, perdendo oltre 15 m di quota in circa 6 secondi. In questa fase la potenza dei motori si è ridotta rapidamente di 30–50 giri al minuto, portando i regimi dei motori sempre più in un campo ristretto⁵. In questa fase l'angolo di assetto longitudinale è aumentato e l'angolo della traiettoria di volo ha registrato valori negativi in costante aumento.

Nel momento in cui il velivolo si trovava all'incirca al traverso del Martinsloch, ad una quota di 2766 m s.l.m. (punto F8), durante il volo di discesa l'equipaggio di volo ha iniziato una virata a destra e infine ha eseguito un cambio di virata a sinistra (punto F109, cfr. Figura 5). In quel momento la velocità al suolo era di circa 170 km/h e la differenza tra l'angolo di assetto longitudinale e l'angolo della traiettoria di volo durante la virata a destra è aumentata a 15 gradi. Nel passaggio alla virata a sinistra (tra i punti F9 e F10) l'angolo di assetto longitudinale era di 11 gradi e l'angolo della traiettoria di volo di circa -10 gradi. In questo momento l'aeromobile volava verso il passo del Segnas con un'elevazione di circa 125 m (cfr. Figura 3).

³ Angolo di assetto longitudinale (*pitch attitude, pitch angle, pitch*): angolo tra l'asse longitudinale del velivolo e il piano orizzontale nel sistema geodetico di coordinate. I valori positivi indicano un angolo sopra il piano orizzontale (*angle nose-up*), i valori negativi invece corrispondono ad angoli sotto il piano orizzontale (*angle nose-down*). A scopo illustrativo cfr. le figure 22 e 23 e per i valori di misurazione dettagliati le rappresentazioni grafiche nel paragrafo 1.11.2.

⁴ Angolo della traiettoria di volo (*flight path angle – FPA*): angolo tra la tangente sulla traiettoria di volo e il piano orizzontale nel sistema geodetico di coordinate. I valori negativi corrispondono ad angoli sotto il piano orizzontale e ad una traiettoria discendente; i valori positivi indicano angoli sopra il piano orizzontale e una traiettoria ascendente. A scopo illustrativo cfr. le figure 22 e 23 e per i valori di misurazione dettagliati le rappresentazioni grafiche nel paragrafo 1.11.2.

⁵ Si tratta di una procedura tipica quando i regimi dei motori devono essere sincronizzati.



Figura 3: immagine di una ripresa video al punto F10, effettuata dalla cabina passeggeri dell'HB-HOT con direzione dello sguardo verso il Martinsloch (freccia rossa). L'angolo di assetto longitudinale è di $11,0^\circ$, l'inclinazione a sinistra di $4,8^\circ$ e la quota di 2749 m s.l.m. La differenza tra l'angolo della traiettoria di volo e l'angolo di assetto longitudinale è di $20,6^\circ$.

Nei 4 secondi successivi il velivolo si è abbassato di 25 m e l'angolo della traiettoria di volo, già negativo, si è ulteriormente ampliato, come emerge chiaramente dal confronto tra la Figura 3 e la Figura 4 nonché nella Figura 5.



Figura 4: immagine di una ripresa video al punto F13, effettuata dalla cabina passeggeri dell'HB-HOT con direzione dello sguardo verso il Martinsloch (freccia rossa), 4,3 secondi dopo l'immagine nella Figura 3. L'angolo di assetto longitudinale è di $12,1^\circ$, l'inclinazione a sinistra di $32,7^\circ$ e la quota di 2724 m s.l.m.

Dopo il punto F13 il rollio verso sinistra è continuamente aumentato, senza mai ridursi, nemmeno quando si è verificata una chiara escursione degli alettoni verso destra. Gli alettoni sono stati di conseguenza portati in posizione neutrale deflessi temporaneamente per una virata a sinistra.

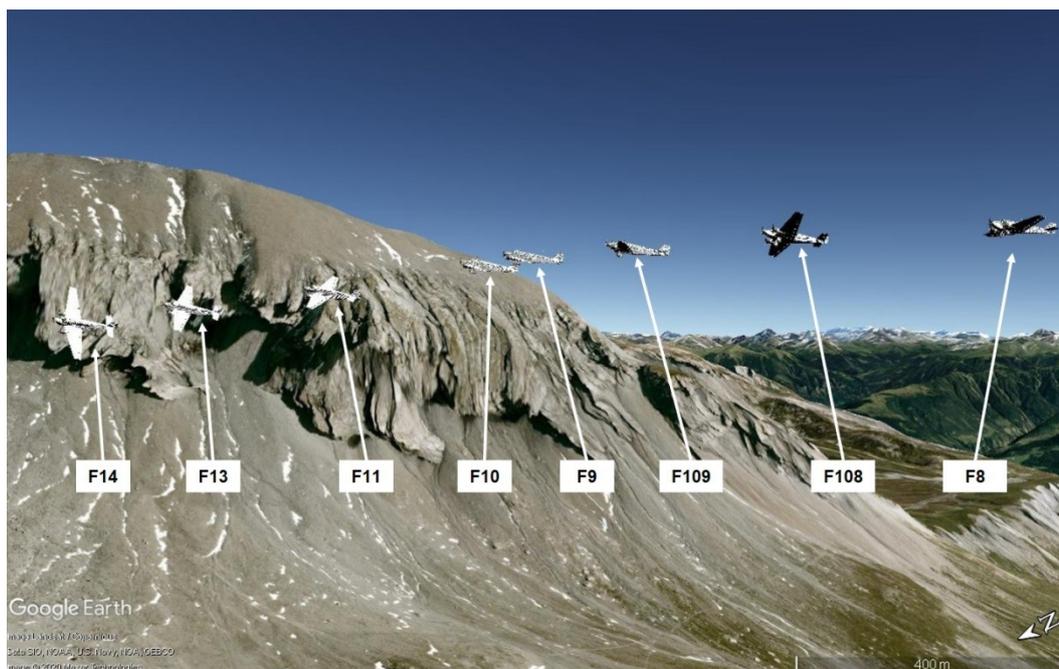


Figura 5: assetto di volo ricostruito mediante fotogrammetria in posizioni esemplari, presentato in Google Earth. Per maggiore chiarezza il velivolo è stato ingrandito di due volte.

Nel contempo l'angolo di assetto longitudinale ha iniziato a ridursi e la traiettoria di volo è diventata sempre più verticale verso il basso con un'inclinazione in costante aumento verso sinistra (cfr. Figura 6).

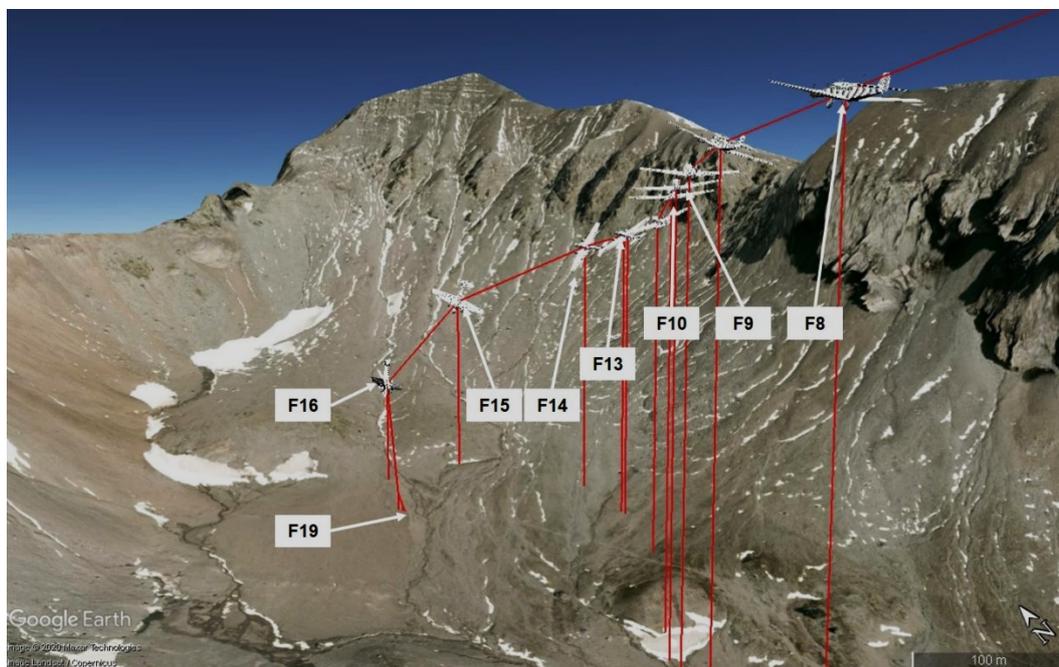


Figura 6: ricostruzione fotogrammetrica della rotta di volo dell'HB-HOT del 4 agosto 2018 (in rosso) tra il punto F8 e il luogo dell'incidente (F19) con il Piz Segnas sullo sfondo, presentata in Google Earth. Per maggiore chiarezza il velivolo è stato ingrandito di due volte e mezza.

Durante quest'ultima fase di volo si sono verificate oscillazioni a bassa frequenza del velivolo. Quando infine il velivolo si trovava ancora a 108 m dal suolo (punto

F16, cfr. Figura 6 e Figura 7), il suo asse longitudinale era orientato verso il basso di 68 gradi rispetto all'orizzonte. In questo momento il timone di profondità era deflesso di circa 13 gradi verso l'alto e il timone di direzione di 2 gradi verso destra.



Figura 7: immagine dell'HB-HOT al punto F16 con modello tridimensionale sovrapposto di uno Ju 53/3m g4e di identica fattura (in azzurro), volta a determinare angolazioni, deformazione delle ali e deflessioni dei timoni. La direzione dello sguardo è verso nord-est, sullo sfondo è visibile la propaggine meridionale del Piz Segnas.

I regimi dei tre motori erano leggermente aumentati rispetto all'inizio del volo di discesa spiraliforme e poco prima dell'impatto erano compresi tra 1720 e 1750 giri al minuto.

In questa fase il rollio verso sinistra ha subito una netta accelerazione. Il velivolo si è schiantato al suolo poco dopo le ore 16:57 in un assetto di volo verticale e con una traiettoria di volo quasi verticale, ad una velocità di circa 200 km/h (cfr. Figura 8).

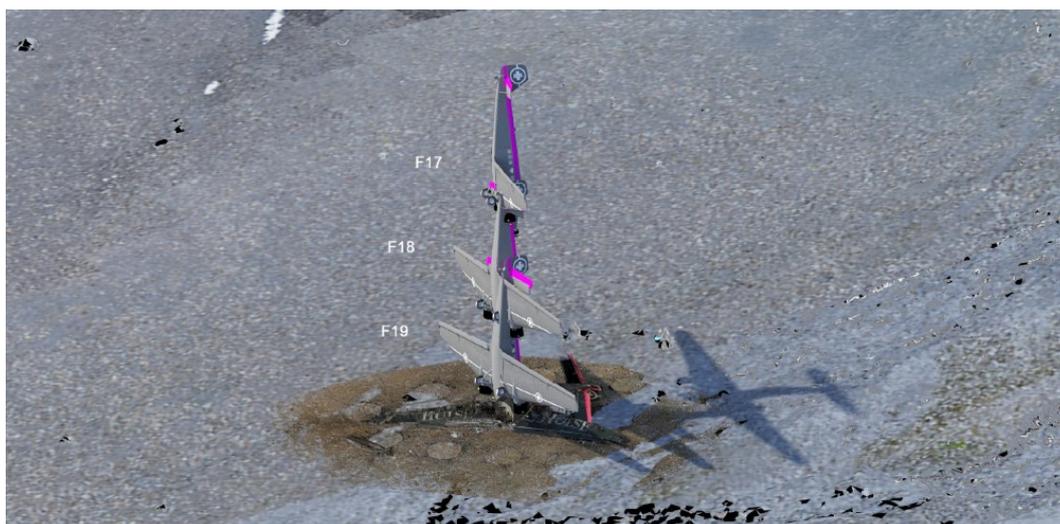


Figura 8: ricostruzione delle posizioni nello spazio e degli assetti di volo dell'HB-HOT prima dell'impatto ai punti F17, F18 e F19. È raffigurato il modello tridimensionale di uno Ju 52/3m g4e di identica fattura attraverso un modello ricostruito in 3D del terreno con direzione dello sguardo verso nord. Per maggiore chiarezza la posizione finale della carcassa e il terreno cosparso di macerie sono stati volutamente raffigurati in modo schematico.

Tutte le 20 persone a bordo del velivolo persero la vita con l'impatto. Il velivolo è stato distrutto. Non vi è stato incendio.

Dalle ricostruzioni è emerso che al momento dell'incidente l'HB-HOT presentava una posizione del baricentro a 2,071 m dietro il bordo d'attacco (cfr. allegato [A1.6](#)). Il materiale video e fotografico a disposizione dall'interno dell'HB-HOT, non mostra indizi sul fatto che durante l'entrata in volo nella conca a sud ovest del Piz Segnas e fino all'inizio della traiettoria di volo spiraliforme discendente vi siano state persone che si sono spostate all'interno del velivolo, rispettivamente che non sedevano al loro posto.

Una descrizione dettagliata della ricostruzione della rotta di volo e una raffigurazione grafica dei parametri rilevanti tra la posizione F1 e il luogo dell'incidente sono riportate nel paragrafo 1.11.2. Ulteriori dettagli sui fatti antecedenti e sull'andamento del volo sono riportati nell'allegato [A1.1](#).

1.1.3 Luogo e ora dell'incidente

Data e ora	4 agosto 2018, ore 16:57
Condizioni d'illuminazione naturale	giorno
Coordinate ⁶	195 793 / 736 424 (<i>Swiss Grid</i> 1903) N 46° 53' 57" / E 009° 13' 45" (WGS ⁷ 84)
Quota ⁸	2475 m s.l.m. corrispondenti a 8120 ft AMSL

1.2 Danni alle persone

Lesioni	Membri d'equipaggio	Passeggeri	Numero totale di persone a bordo	Terze persone
Mortali	3	17	20	0
Gravi	0	0	0	0
Leggere	0	0	0	0
Nessuna	0	0	0	non pertinente
Totale	3	17	20	0

1.3 Danni all'aeromobile

Il velivolo è stato distrutto.

1.4 Danni a terzi

Ci sono stati lievi danni al terreno.

⁶ Le coordinate indicate corrispondono alla posizione finale del motore centrale e pertanto all'incirca alla proiezione verticale del centro spaziale di tutte le parti della carcassa.

⁷ WGS: *World Geodetic System*, sistema di riferimento geodetico: lo standard WGS 84 è stato ripreso per l'aviazione civile nel 1989 mediante decisione dell'Organizzazione internazionale dell'aviazione civile (*International Civil Aviation Organization* – ICAO).

⁸ Altitudine secondo la carta geografica nazionale della Svizzera.

1.5 Informazioni relative al personale

1.5.1 Equipaggio di volo

1.5.1.1 Pilota A

Persona	Sesso maschile, anno di nascita 1955	
Funzioni durante il volo dell'incidente	Comandante, <i>Pilot Flying</i> (PF)	
Licenza	Licenza di pilota di linea per aeroplano (<i>Airline Transport Pilot Licence Aeroplane – ATPL(A)</i>) secondo l'Agencia Europea della Sicurezza Aerea (<i>European Union Aviation Safety Agency – EASA</i>), rilasciata per la prima volta dall'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) il 20 maggio 1992	
Esperienza di volo	Totale	20 714 h
	Con il tipo coinvolto nell'incidente	297 h ^(A)
	Durante gli ultimi 90 giorni	90:02 h
	Di cui sul tipo coinvolto nell'incidente	42:50 h

^(A) ore di volo escluso il rullaggio prima e dopo il volo

Negli ultimi due mesi prima del volo dell'incidente il pilota A ha effettuato complessivamente 33 voli sul tipo coinvolto nell'incidente, di cui 28 insieme al pilota B, che ha svolto insieme a lui il volo dell'incidente.

Nei mesi e negli anni precedenti al volo dell'incidente, sono stati documentati diversi voli in cui il pilota A era parte dell'equipaggio e nel corso dei quali non sono state rispettate le quote minime di sicurezza⁹ oppure sono stati corsi grandi rischi. Da aprile 2018 fino al giorno dell'incidente compreso sono stati registrati almeno sei voli rientranti nelle categorie di rischio tra 8 e 10 (cfr. capitolo [A1.18.4](#)); a bordo di quattro di questi voli era impiegato assieme al pilota B. Il 6 luglio 2018 il pilota A in qualità di comandante insieme al pilota B con funzione di copilota avevano sorvolato con il velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, l'area urbana di Monaco di Baviera ad una quota notevolmente inferiore all'altitudine minima richiesta, episodio questo per il quale era stato avviato un procedimento penale nei confronti del pilota A.

Il 7 aprile 2018, durante l'ultimo volo di verifica nelle operazioni di volo in linea (*line check*) del pilota A, quote di sicurezza di volo che sono indicate nel VFR-*Guide* del manuale delle informazioni aeronautiche (*Aeronautical Information Publication – AIP*) sono state volate a valori nettamente inferiori. Inoltre, non è stata data considerazione ai principi per un volo in sicurezza in montagna. Questo regolamento è presente nell'AIP dal 1981 e al momento dell'incidente era pubblicato sotto RAC 6-3¹⁰ (cfr. capitolo [A1.17.6.2.2](#)). Per la qualifica del pilota A durante questo volo di verifica delle operazioni in linea era stato incaricato un *Training Captain* di Ju-Air,

⁹ Il concetto di quota di sicurezza è stato scelto di proposito, per definire la quota di volo necessaria alla condotta in sicurezza di un volo. Questa quota può essere adattata a seconda delle situazioni tra la quota minima legale e una quota di sicurezza superiore adeguata per il volo in montagna.

¹⁰ Al momento della pubblicazione di questo rapporto finale, il regolamento in oggetto era pubblicato nel VFR *Manual* dell'AIP sotto RAC 4-5-2.

che tra l'altro era anche istruttore per i passaggi macchina¹¹ ed esaminatore¹² sullo Ju-52. Questo *Training Captain* ha valutato la prestazione del pilota A da buona a molto buona (*standard to high standard*). La scelta della rotta di volo è stata giudicata «*adeguata*» e «*ragionevole*».

Ulteriori indicazioni sulla formazione e su eventi rilevanti nella carriera del pilota A si trovano nell'allegato [A1.5](#).

1.5.1.2 Pilota B

Persona	Sesso maschile, anno di nascita 1956	
Funzioni durante il volo dell'incidente	Copilota, <i>Pilot Monitoring</i> (PM)	
Licenza	Licenza di pilota di linea per aeroplano (<i>Airline Transport Pilot Licence Aeroplane – ATPL(A)</i>) secondo l'Agenzia Europea della Sicurezza Aerea (<i>European Union Aviation Safety Agency – EASA</i>), rilasciata per la prima volta dall'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) il 17 settembre 1992	
Esperienza di volo	Totale	19 751 h
	Con il tipo coinvolto nell'incidente	945 h ^(A)
	Durante gli ultimi 90 giorni	60:45 h
	Di cui sul tipo coinvolto nell'incidente	52:17 h

^(A) ore di volo escluso il rullaggio prima e dopo il volo

Negli ultimi due mesi prima del volo dell'incidente, il pilota B ha effettuato complessivamente 41 voli sul tipo coinvolto nell'incidente, di cui 28 insieme a pilota A, che ha svolto insieme a lui il volo dell'incidente.

Nei mesi e negli anni precedenti il volo dell'incidente, sono stati documentati diversi voli critici in termini di sicurezza, durante i quali il pilota B era parte dell'equipaggio e non sono state rispettate le quote minime di sicurezza oppure sono stati corsi grandi rischi. Da aprile 2018 fino al giorno dell'incidente compreso sono stati registrati almeno otto voli rientranti nelle categorie di rischio tra 8 e 10 (cfr. capitolo [A1.18.4](#)); a bordo di quattro di questi voli era impiegato assieme al pilota A.

Il 12 maggio 2018, durante l'ultimo volo di verifica nelle operazioni di volo in linea (*line check*) del pilota B, quote di sicurezza di volo che sono indicate nel VFR-Guide del manuale delle informazioni aeronautiche (*Aeronautical Information Publication – AIP*) sono state volate a valori nettamente inferiori. Inoltre, non è stata data considerazione ai principi per un volo in sicurezza in montagna. Questo regolamento è presente nell'AIP dal 1981 e al momento dell'incidente era pubblicato sotto RAC 6-3 (cfr. capitolo [A1.17.6.2.2](#)). Per la qualifica del pilota B durante questo volo di verifica delle operazioni in linea era stato incaricato un *Training Captain* di Ju-Air, che all'interno dell'impresa di trasporto aereo svolgeva anche la funzione di *Ground Instructor*, Egli ha valutato la prestazione del pilota B come molto buona

¹¹ Istruttore per i passaggi macchina (*Type Rating Instructor – TRI*)

¹² Esaminatore per passaggi macchina (*Type Rating Examiner – TRE*). In base alle loro esigenze, le imprese di trasporto aereo o gli enti di formazione richiedono all'Ufficio federale dell'aviazione civile di poter impiegare specialisti idonei a fungere da esaminatori. Questi specialisti vengono anche definiti "Esperti per gli esami di pilotaggio" o "Esperti d'esame". L'UFAC nomina gli esaminatori, li forma e ne sorveglia l'attività. Gli esaminatori garantiscono il raggiungimento e il rispetto da parte dei piloti degli standard di formazione e allenamento previsti a livello nazionale e internazionale.

(*high standard*). La scelta della traiettoria di volo è stata giudicata «*attenta*» e «*previdente*».

Il 6 luglio 2013 il pilota B in qualità di comandante, insieme al pilota A, che allora era ancora copilota, è entrato in volo in salita nella conca a sud-ovest del Piz Segnas con il velivolo omologo HB-HOP in modo simile al volo dell'incidente, sorvolando il crinale del passo del Segnas a circa 30 m dal suolo (cfr. Figura 9).

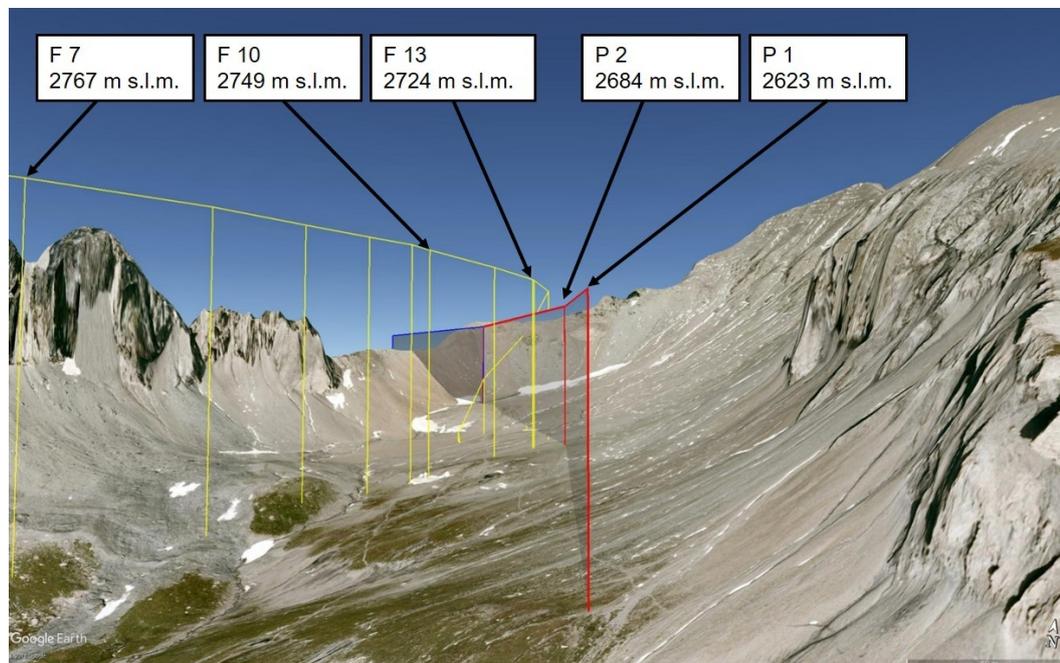


Figura 9: confronto delle rotte di volo ricostruite del 6 luglio 2013 (in rosso, punti contrassegnati con P), proiezione della rotta (in blu) con il volo dell'incidente del 4 agosto 2018 (in giallo, punti contrassegnati con F). Presentazione in Google Earth.

Su questo volo non sarebbe stato possibile effettuare una virata di inversione o seguire una rotta di volo alternativa nella parte settentrionale della conca a sud-ovest del Piz Segnas.

Ulteriori indicazioni sulla formazione e su eventi rilevanti nella carriera del pilota B si trovano nell'allegato [A1.5](#).

1.5.2 Equipaggio di cabina

1.5.2.1 Assistente di volo

Persona	Sesso femminile , anno di nascita 1952
Funzione durante il volo dell'incidente	Assistente di volo (<i>In-flight Service Personnel – ISP</i>)

1.5.3 Collaboratori dell'impresa di trasporto aereo

Data la loro rilevanza sotto il profilo sistemico nel verificarsi dell'incidente sono state verificate in modo approfondito nell'inchiesta le seguenti persone operanti nell'impresa di trasporto aereo Ju-Air:

- dirigente responsabile (*Accountable Manager*);
- persona nominata per le operazioni di volo (*Nominated Person Flight Operation – NPFO*);

- persona nominata per le operazioni a terra (*Nominated Person Ground Operation – NPGO*);
- persona nominata per il mantenimento della aeronavigabilità (*Nominated Person Continuing Airworthiness – NPCA*);
- responsabile della sicurezza e della qualità (*Safety Manager – SM*) e *Compliance Monitoring Manager (CMM)*.

Le indicazioni sulla funzione e sulle qualifiche dei collaboratori dell'impresa di trasporto aereo si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.5.4 Collaboratori delle aziende di manutenzione

Data la loro rilevanza sotto il profilo sistemico nel verificarsi dell'incidente sono state verificate in modo approfondito nell'inchiesta le seguenti persone operanti nelle aziende di manutenzione di Ju-Air e della Naef Flugmotoren AG:

- dirigente responsabile di Ju-Air;
- *Aircraft Maintenance Manager* di Ju-Air;
- *Workshop Manager* di Ju-Air;
- responsabile tecnico della Naef Flugmotoren AG;
- auditor di entrambe le imprese.

Le indicazioni sulla funzione e sulle qualifiche dei collaboratori delle aziende di manutenzione si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.5.5 Collaboratori dell'Ufficio federale dell'aviazione civile

Data la loro rilevanza sotto il profilo sistemico nel verificarsi dell'incidente sono state verificate in modo approfondito nell'inchiesta le seguenti funzioni del personale dell'Ufficio federale dell'aviazione civile in qualità di autorità nazionale di sorveglianza¹³:

- livello dirigenziale sorveglianza operativa;
- livello dirigenziale sorveglianza tecnica;
- ispettori delle operazioni di volo;
- ispettori tecnici.

Le indicazioni sulla rilevanza di queste funzioni nell'incidente oggetto del rapporto si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.6 Informazioni sull'aeromobile

1.6.1 Cenni storici

Il velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, è stato costruito nel 1939 in Germania dalla fabbrica d'armi statale Junkers Flugzeug- und Motorenwerke AG (JFM) insieme ai due velivoli omologhi HB-HOS e HB-HOP. Quello stesso anno i tre velivoli sono stati acquistati dalla Confederazione Svizzera per le truppe d'aviazione e della difesa contraerea¹⁴. L'HB-HOT, registrato militarmente

¹³ Con il termine «autorità di sorveglianza» s'intende l'autorità nazionale o sovranazionale responsabile del rilascio delle autorizzazioni tecniche e d'esercizio nonché della sorveglianza tecnica e operativa delle corrispondenti imprese o organizzazioni.

¹⁴ Il 1° gennaio 1996 le truppe d'aviazione e della difesa contraerea sono state ribattezzate «Forze Aeree».

come A-702, era stato originariamente previsto come aereo da addestramento per la formazione di osservatori volanti e operatori radio di bordo. La versione acquistata dalla Svizzera era equipaggiata con tre motori radiali a nove cilindri del tipo BMW 132 A3 con una potenza nominale di 660 CV¹⁵ ciascuno. I tre velivoli Ju-52 delle truppe d'aviazione vennero poi temporaneamente utilizzati con immatricolazione civile per impieghi all'estero. Nel 1981, quando i tre Junkers Ju 52/3m g4e sono stati dismessi dalle truppe d'aviazione, l'HB-HOT aveva accumulato 3545 ore di volo.

Nel 1979 è stata fondata il sodalizio "*Verein der Freunde des Museums der Schweizerischen Fliegertruppen*" (VFMF) che ha utilizzato per voli commerciali a partire dal 1982 l'HB-HOS e l'HB-HOP e dal 1985 l'HB-HOT. L'HB-HOT è stato ceduto all'associazione dalle truppe d'aviazione a titolo di prestito permanente.

Nel 1997 l'associazione "*Verein der Freunde der Fliegerabwehrtruppen*" (VF Flab) e la VFMF si sono fuse dando vita alla nuova Associazione degli amici delle Forze Aeree svizzere (VFL), il cui scopo è il mantenimento degli aerei militari svizzeri e degli apparecchi affini.

Sotto il nome di «Ju-Air», la VFL era responsabile delle operazioni di volo, della manutenzione dei velivoli e dell'organizzazione per la gestione del mantenimento della navigabilità (*Continuing Airworthiness Management Organisation – CAMO*).

Al momento della messa in servizio in ambito civile del tipo Ju 52/3m g4e da parte dell'impresa di trasporto aereo non esistevano più – già da molto tempo – né il costruttore né il detentore del certificato di tipo.

Al momento dell'incidente il velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, presentava 10 189 ore di volo.

1.6.2 Caratteristiche di volo

Il tipo Junkers Ju 52/3m g4e è considerato in generale robusto e docile. Con la massa massima ammissibile al decollo e la potenza nominale dei tre motori ha un rapporto peso/potenza di 5,3 kg/CV. Risulta così essere un velivolo debolmente motorizzato, comparabile per questa sua caratteristica a un Cessna 152 (rapporto peso/potenza 6,9 kg/CV) o ad un Piper Super Cub (rapporto peso/potenza da 4,5 a 5,4 kg/CV).

Come velocità raccomandata del volo di salita le istruzioni operative originarie del costruttore riportavano 140 km/h di velocità indicata.

La velocità di stallo secondo il manuale di volo per questo tipo di velivolo è di 107 km/h di velocità indicata, alle seguenti condizioni:

- il peso del velivolo è di 9200 kg;
- tutti e tre i motori rilasciano una potenza corrispondente a 1750 giri al minuto;
- le ali ausiliarie sono rientrate.

Da questo dato si può calcolare che alla quota di 2800 m s.l.m., alle medesime condizioni, l'angolo d'incidenza critico per uno stallo aerodinamico nel volo orizzontale viene raggiunto a 125 km/h di velocità vera.

Il manuale di volo dell'aeromobile non indica alcuna velocità di manovra. Con una massa in volo di 9200 kg e un'accelerazione normale di 2.5 g, questa può essere calcolata in 169 km/h di velocità indicata. Nelle condizioni date corrispondenti a 197 km/h di velocità vera.

¹⁵ CV: cavallo vapore, unità storica di misura della potenza, 1 CV corrisponde a 0,736 kW.

Secondo quanto affermato da piloti esperti dell'impresa di trasporto aereo, le caratteristiche di volo dei tre aerei omologhi Junkers Ju 52/3m g4e, registrati come HB-HOP, HB-HOS e HB-HOT, si differenziavano solo lievemente. All'approssimazione ad uno stallo aerodinamico in volo livellato, gli Ju 52/3m g4e di Ju-Air hanno mostrato leggere vibrazioni (buffeting) e sono infine entrati in un regime di volo pre-stallo. Rilasciando i timoni, rispettivamente con una lieve pressione sul timone di profondità, mediante la conseguente riduzione dell'angolo d'incidenza i piloti potevano riportare rapidamente sotto controllo la condizione di volo. Nel volo in virata, in caso di stallo aerodinamico, gli Junkers Ju 52/3m g4e presentavano la caratteristica di inclinarsi verso l'interno della virata.

1.6.3 Caratteristiche costruttive

La struttura del tipo Ju 52/3m g4e, realizzata interamente in metallo con costruzione a traliccio, è caratterizzata principalmente dal fasciame in lamiera ondulata. Gli elementi costruttivi sono stati realizzati perlopiù in alluminio e acciaio, mentre per gli elementi strutturali in alluminio è stato utilizzato il duralluminio, una lega altamente resistente. Per quanto riguarda gli elementi costruttivi in acciaio si tratta perlopiù di costruzioni saldate in lamiera.

Gli elementi costruttivi sono stati rivettati tra loro utilizzando rivetti in duralluminio e in acciaio. Tutti gli elementi costruttivi sono stati rivestiti con una vernice protettiva anticorrosione. Inoltre in fase di fabbricazione le lamiere del fasciame e dei profili sono state rivestite su entrambi i lati con un sottile strato in lega di alluminio più resistente alla corrosione.

Il duralluminio è una lega di alluminio, rame e magnesio, caratterizzata da elevati valori di resistenza e buoni valori di estensione plastica. Questa lega di alluminio presenta lo svantaggio di una limitata resistenza alla corrosione che tuttavia può essere aumentata grazie a uno strato integro di adeguata vernice protettiva. In caso di sollecitazione termica il materiale è molto più soggetto alla corrosione.

Ulteriori indicazioni sulle caratteristiche costruttive e sui dati relativi alle prestazioni nonché in particolare le descrizioni dettagliate dei sistemi del velivolo e dei motori si trovano nell'allegato [A1.6](#).

1.6.4 Certificato di navigabilità e categoria di aeromobile

Affinché il velivolo Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, potesse operare nel trasporto aereo civile commerciale, il 21 agosto 1985 l'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) ha rilasciato un certificato di navigabilità nazionale (*Certificate of Airworthiness – CofA*), in cui ne veniva dichiarata la conformità alla Convenzione del 7 dicembre 1944 relativa all'aviazione civile internazionale. Attraverso questo certificato di navigabilità, l'HB-HOT era assegnato alla categoria di navigabilità «Standard», sottocategoria «Normale».

Fino al 1° dicembre 2006 anche la Svizzera è stata membro delle *Joint Aviation Authorities* (JAA), un'associazione delle autorità dell'aviazione civile. In questo periodo la categoria dell'HB-HOT è rimasta invariata.

Dal 1° dicembre 2006, in forza dell'Accordo sul trasporto aereo, la Svizzera è diventata membro dell'Agenzia europea per la sicurezza aerea (*European Aviation Safety Agency – EASA*), l'autorità sovranazionale di autorizzazione e vigilanza. Con l'Accordo sul trasporto aereo, determinate norme europee sono diventate vincolanti per la Svizzera. Conformemente all'allora vigente regolamento europeo

(CE) n. 216/2008¹⁶, i velivoli Ju-52 di Ju-Air facevano parte degli aeromobili di cui all'allegato II, precisamente delle categorie (a)(ii) («*aeromobile di chiaro interesse storico*») e (d) («*[ex] aeromobili che sono stati in servizio presso le forze armate*»). Gli aeromobili di cui all'allegato II non rientravano nel campo d'applicazione di determinati regolamenti europei, mentre per quanto riguarda l'esercizio e l'equipaggiamento i regolamenti europei erano applicabili. In quanto a navigabilità e alle corrispondenti categorie, la base legale applicabile era l'ordinanza del 18 settembre 1995¹⁷ del DATEC concernente la navigabilità degli aeromobili (ODNA, RS 748.215.1).

La ODNA prevede due categorie di navigabilità: standard e speciale. Gli aeromobili di categoria standard devono soddisfare i requisiti dei regolamenti europei applicabili in Svizzera e vengono ammessi alla circolazione mediante un certificato di navigabilità (*Certificate of Airworthiness – CofA*).

Gli aeromobili che non soddisfano, in tutto o in parte, i criteri della categoria standard, rientrano nella categoria speciale. Ogni aeromobile della categoria speciale viene assegnato a una sottocategoria e ammesso alla circolazione attraverso un permesso di volo (*permit to fly*).

Poiché i velivoli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air non corrispondevano alle disposizioni europee, sarebbero dovuti rientrare nella categoria speciale, sottocategoria «Storico».

Il 7 giugno 2007 l'Ufficio federale dell'aviazione civile ha rinnovato il certificato di navigabilità dell'aereo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, del 21 agosto 1985. Il velivolo è così rimasto nella categoria standard e nel certificato di navigabilità era dichiarata la sua conformità alla Convenzione del 7 dicembre 1944 relativa all'aviazione civile internazionale.

Ulteriori indicazioni e dettagli sulla categoria di aeromobile si trovano nell'allegato [A1.6](#).

1.6.5 Manutenzione

1.6.5.1 Ore di volo dei motori

Nelle istruzioni operative dei motori radiali a nove cilindri del tipo BMW 132 A3 montati sullo Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air, il costruttore aveva previsto la necessità di una revisione completa ogni 200–300 ore di volo.

Dopo il passaggio all'esercizio civile, l'impresa di trasporto aereo aveva più volte richiesto all'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) di aumentare il numero di ore di volo previsto tra due revisioni complete. L'UFAC ha gradualmente autorizzato un aumento a 1500 ore di volo.

La documentazione disponibile sui motori del velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, evidenzia che dall'ultima revisione completa non sono state raggiunte le 1500 ore di volo autorizzate. Sono invece risultate necessarie continue riparazioni e in particolare la sostituzione di importanti componenti al di fuori dell'ambito di una revisione completa.

Ulteriori indicazioni sull'inchiesta relativa ai motori si trovano nell'allegato [A1.6](#).

¹⁶ Regolamento (CE) n. 216/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 febbraio 2008 recante regole comuni nel settore dell'aviazione civile e che istituisce un'Agenzia europea per la sicurezza aerea, e che abroga la direttiva 91/670/CEE del Consiglio, il regolamento (CE) n. 1592/2002 e la direttiva 2004/36/CE. Questo regolamento è stato abrogato poco dopo l'incidente del 4 agosto 2018. Il successivo regolamento (UE) 2018/1139 del Parlamento europeo e del Consiglio del 4 luglio 2018 è entrato in vigore nell'UE l'11 settembre 2018 e in Svizzera il 1° settembre 2019. Nell'allegato I di questo regolamento sono indicati gli aeromobili che in Svizzera rientrano nella categoria speciale; nell'allegato II sono descritti i requisiti base per la navigabilità.

¹⁷ DATEC: Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni

1.6.5.2 Disturbi di funzionamento

Tra il 2008 e l'incidente sono stati registrati numerosi disturbi di funzionamento ai motori dei velivoli di Ju-Air. Sono documentate le apparizioni durante i voli di 17 perturbazioni ai motori o malfunzionamenti di un sistema in relazione a un motore rilevanti per la sicurezza. In tali situazioni è stato necessario spegnere un motore durante il volo oppure si è verificata una riduzione della potenza. In 14 di questi 17 casi il volo è stato interrotto; in un caso il motore era completamente fuori uso.

Tra il 2012 e il 2018, a causa di pale delle eliche con gioco, sono avvenuti diversi eventi comportanti forti vibrazioni durante il volo. Ulteriori indicazioni in merito si trovano nell'allegato [A1.6](#).

Indicazioni dettagliate su questi imprevisti si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.6.5.3 Prestazioni di volo

La documentazione sulla manutenzione e in particolare le registrazioni delle prove al banco e delle prove a terra dei motori dello Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, evidenzia che al momento dell'incidente le prestazioni di volo originariamente documentate non potevano più essere raggiunte.

Ulteriori indicazioni su questi accertamenti si trovano nell'allegato [A1.6](#).

1.6.5.4 Gestione dei pezzi di ricambio

Già poco tempo dopo l'avvio dell'attività di volo civile, Ju-Air ha iniziato a costruire pezzi di ricambio per i motori e la fusoliera secondo campione oppure a far riparare i vecchi pezzi, non più disponibili da tempo. Non tutte le imprese che fabbricavano o riparavano questi pezzi disponevano di una corrispondente autorizzazione per l'aviazione.

Poiché non esistevano più né il costruttore del tipo di aereo e dei motori né un detentore del certificato di tipo, tra il 1984 e il 2001 l'impresa di trasporto aereo ha descritto le corrispondenti procedure in 41 istruzioni di modifica (*Service Bulletin – SB*), che venivano sottoposte all'UFAC e da questo approvate. Nel 2005 l'UFAC ha approvato un nuovo SB; nel 2018 un SB esistente è stato aggiornato per quanto riguarda processi e subappaltatori. Per numerosi elementi costruttivi di nuova realizzazione non sono stati più redatti *Service Bulletin*, mancanza questa mai riscontrata rispettivamente contestata dall'Ufficio federale dell'aviazione civile.

Ulteriori dettagli ed esempi relativi alla gestione dei pezzi di ricambio si trovano nell'allegato [A1.6](#).

1.6.5.5 Assicurazione della qualità e documentazione

L'analisi della carcassa del velivolo incidentato HB-HOT, unitamente alla documentazione disponibile sugli interventi di manutenzione eseguiti, ha evidenziato numerose lacune. In particolare nel programma di manutenzione di Ju-Air mancavano importanti indicazioni, quali ad esempio: revisioni parziali e complete della cellula, indicazioni sulla protezione della superficie e programmi di controllo speciali (*Supplemental Structural Inspection Document – SSID*). Al momento dei rispettivi controlli è stata verificata lo stato della maggioranza delle parti e, quando necessario, le parti sono state sostituite, riparate o sottoposte a revisione completa.

In generale la ricostruzione degli interventi di manutenzione eseguiti e delle modifiche e riparazioni è risultata complicata a causa della documentazione sulla manutenzione errata, incompleta o gestita in modo non sistematico.

Esempi relativi ai problemi di qualità e alle lacune nella documentazione si trovano nell'allegato [A1.6](#).

1.7 Condizioni meteorologiche

1.7.1 Situazione meteorologica generale

Le Alpi erano interessate da un promontorio anticiclonico dell'anticiclone delle Azorre. La distribuzione della pressione al suolo era piatta e la stratificazione verticale della massa d'aria favoriva la formazione di cumuli. All'altezza della cresta principale delle alpi il vento soffiava da nord-ovest a nord-est. Lo zero termico era tra 4400 m s.l.m. a sud delle Alpi e 4600 m s.l.m. a nord.

1.7.2 Situazione meteorologica sul luogo e all'ora dell'incidente

Le seguenti informazioni sulle condizioni meteorologiche all'ora e nel luogo dell'incidente si basano su di un'interpolazione spaziale e temporale di diverse informazioni meteorologiche, presentate in modo dettagliato nell'allegato [A1.7](#).

Nelle Alpi grigionesi e glaronesi il tempo era caldo e soleggiato, erano presenti cumuli con base a 10 000 ft AMSL rispettivamente tra 2800 e 3400 m s.l.m. Tra il Vorab e il Piz Segnas, il vento soffiava da nord a nord-ovest all'altezza del passo e della quota di volo iniziale. Questa circostanza, insieme alla termica ancora attiva, ha portato nella conca a sud del passo del Segnas a condizioni di vento turbolente. Alla quota di volo di 9000 ft AMSL (2750 m s.l.m.) la temperatura dell'atmosfera era di circa 13 °C superiore rispetto all'atmosfera standard ICAO¹⁸, corrispondente a un'altitudine di densità di 10 100 ft AMSL (3080 m s.l.m.).

Nelle immagini d'archivio della rete di radar meteorologici di MeteoSvizzera è visibile la comparsa di deboli piovvaschi 7 km a ovest del luogo dell'incidente, come pure da 15 a 20 km a ovest, nella regione di Linthal. Nelle immagini della webcam sono visibili i cumuli sul Piz Segnas e nell'ambiente circostante (cfr. allegato [A1.7](#)).

Nuvolosità	cumuli da 3/8 a 4/8 con base a 10 000 ft AMSL (3000 m s.l.m.)
Visibilità	superiore a 10 km
Vento	stazione Crap Masegn ¹⁹ 009°/16 kt, a raffiche a 26 kt analisi COSMO ²⁰ alla quota di volo all'entrata nella conca 340°/18 kt (±raffiche) in una stazione di misurazione 3 km a sud ²¹ a raffiche 10 kt da nord nel punto dell'impatto al suolo ²² 060°/17 kt
Temperatura/punto di rugiada	stazione Crap Masegn 14.9 °C/6.7 °C analisi COSMO all'altitudine di volo 10.5 °C/ 7.4 °C
Pressione atmosferica	stazione Crap Masegn 762.3 hPa, corrispondente a una QNH ²³ di 1030.8 hPa

¹⁸ ICAO: *International Civil Aviation Organization*, Organizzazione internazionale dell'aviazione civile

¹⁹ Stazione di misurazione di MeteoSvizzera più vicina, con esposizione simile, situata a 2480 m s.l.m. (Vento a 2495 m.s.l.m; temperatura e pressione a 2482 m.s.l.m)

²⁰ Modello meteorologico a maglia fine di MeteoSvizzera

²¹ Stazione di misurazione di Flims Electric AG

²² Dall'analisi dello spostamento della nube di polvere dopo l'impatto

²³ QNH: pressione ridotta al livello del mare, calcolata con i valori dell'atmosfera standard ICAO

1.7.5 Ulteriori indicazioni e accertamenti

Nell'ambito dell'inchiesta sono state raccolte e analizzate le previsioni meteorologiche valide per il volo dell'incidente, le affermazioni di testimoni oculari, riprese webcam, immagini satellitari, registrazioni dei radar meteorologici e dei palloni sonda. Per ricostruire il comportamento di volo e i parametri aerodinamici prevalenti durante l'incidente, come l'angolo d'incidenza e la velocità relativa all'aria, sono stati determinati nel modo più preciso possibile i movimenti su piccola scala delle masse d'aria nella conca a sud-ovest del Piz Segnas. A questo scopo, sono state simulate le correnti d'aria intorno al Passo del Segnas utilizzando un modello a maglia fine. Al fine di convalidare e quantificare la frequenza e l'entità degli effetti calcolati, tra il 17 luglio 2019 e il 14 settembre 2019 sono state effettuate misurazioni nell'area dell'incidente. Una stazione meteorologica classica ha determinato il vento, la temperatura e l'umidità sul crinale vicino al Passo del Segnas. Un sistema Lidar²⁵ ha effettuato una rilevazione tridimensionale dei flussi d'aria da un luogo di misurazione nella conca. In particolare è stata data grande attenzione alla tipica distribuzione del vento verticale nell'area della rotta di volo poco prima dell'inizio della traiettoria di volo spiraliforme. Dettagli e valori di misurazione relativi a questi accertamenti si trovano nell'allegato [A1.7](#).

1.8 Aiuti alla navigazione

Non concerne

1.9 Comunicazione

Le comunicazioni radio tra l'equipaggio di volo dell'HB-HOT e gli enti del Controllo del traffico aereo fino all'abbandono della frequenza di *Locarno Tower* il 4 agosto 2018 alle ore 16:22 si sono svolte senza difficoltà. In nessun momento del viaggio turistico l'HB-HOT non ha mai avuto contatti radio con il servizio d'informazione aeronautica *Zurich Information*.

1.10 Informazioni sull'aerodromo

L'aerodromo cantonale di Locarno-Magadino, situato a 650 ft AMSL o 198 m s.l.m., è utilizzato e gestito congiuntamente dalle Forze Aeree e dall'aviazione civile. Dispone di due piste in erba 08C/26C e 08R/26L, entrambe di 700 m x 30 m. Inoltre è presente una pista in duro 08L/26R, di 800 m x 23 m. Sulla pista 26R, utilizzata dall'HB-HOT, la corsa disponibile per il decollo era di 670 m.

Durante gli orari di esercizio delle Forze Aeree oppure quando richiesto dall'attività di volo civile, Skyguide offre servizi di controllo del traffico aereo (*Air Traffic Control Services – ATS*). Durante il decollo dell'HB-HOT il 4 agosto 2018 l'organo di controllo della circolazione aerea era presidiato.

1.11 Registratori di volo e dispositivi di registrazione

1.11.1 Ricostruzione delle rotte di volo

1.11.1.1 Procedimento

Poiché il velivolo storico Junkers Ju 52/3m g4e coinvolto nell'incidente immatricolato come HB-HOT non era dotato di alcun dispositivo di registrazione, per ricostruire le rotte del volo di andata verso Locarno del 3 agosto 2018 e del volo dell'incidente del 4 agosto 2018 si è dovuti ricorrere ad altre fonti di dati:

²⁵ Lidar (*Laser Detection and Ranging*): sistema di misura che emette impulsi laser e valuta la luce riflessa e diffusa dall'atmosfera, in questo caso sfruttando l'effetto Doppler. Nel presente caso viene utilizzato per la misurazione tridimensionale del vento sopra il sito.

- ampie parti delle rotte di volo dell'HB-HOT sono state ricostruite mediante i dati radar provenienti da un *Multi Radar Tracker* (MRT) o da singole stazioni radar;
- E' stato valutato un ampio repertorio di materiale fotografico e video nonché le dichiarazioni di numerosi testimoni oculari che avevano osservato l'HB-HOT da terra;
- inoltre sul luogo dell'incidente sono stati rinvenuti 44 dispositivi, tra telefoni cellulari e videocamere digitali, dei passeggeri e dei membri dell'equipaggio. In alcuni casi, i dispositivi elettronici trovati erano fortemente danneggiati; alla fine si è riusciti nella lettura di dieci di questi supporti dati.

Al fine di determinare le posizioni del velivolo incidentato nello spazio, le relative angolazioni di assetto su tre assi e la velocità al suolo, sono state effettuate onerose analisi fotogrammetriche, in particolare per la fase di volo decisiva prima dell'incidente.

La metodologia d'analisi per la ricostruzione delle rotte di volo e dell'analisi fotogrammetrica è descritta nell'allegato [A1.19](#).

1.11.1.2 Fase di volo dalla valle del Reno anteriore in direzione del passo del Segnas

Partendo dai punti dati dell'MRT corretti per l'altitudine (punti blu nella Figura 11 e Figura 12), il 4 agosto 2018 alle ore 16:54 l'HB-HOT ha volato vicino alla stazione di monte del Crap Sogn Gion (2215 m s.l.m., cfr. Figura 12). L'aereo si trovava ad una quota di 2740 m s.l.m., in una leggera virata a sinistra. Al primo punto determinato mediante fotogrammetria F1²⁶, l'HB-HOT era situato a una quota di 2833 m s.l.m. con una rotta vera al suolo (*True Track – TT*) di 335 gradi (cfr. Figura 12). La velocità al suolo calcolata dall'MRT (*Ground Speed – GS*) pochi secondi prima del punto F1 era di 94 kt (pari a 48,4 m/s o 174,1 km/h).

²⁶ Nel rapporto i punti determinati mediante fotogrammetria sono contrassegnati dalla lettera «F» e numerati.

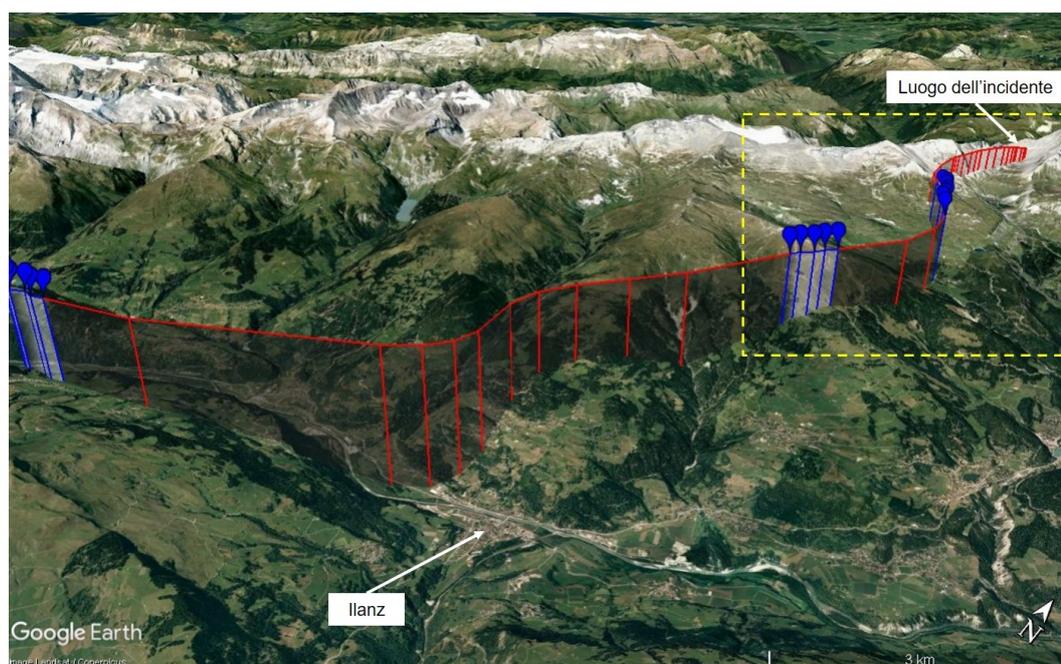


Figura 11: rotta di volo dell'HB-HOT del 4 agosto 2018 presso Ilanz (GR) e fino al luogo dell'incidente con punti dati dell'MRT corretti per l'altitudine (blu), ricostruita in base alle affermazioni dei testimoni e del materiale fotografico nonché a sezioni della rotta determinate mediante fotogrammetria (rosso), presentata in Google Earth. Il settore raffigurato nella successiva Figura 12 coincide con il rettangolo delimitato dal tratteggio giallo.

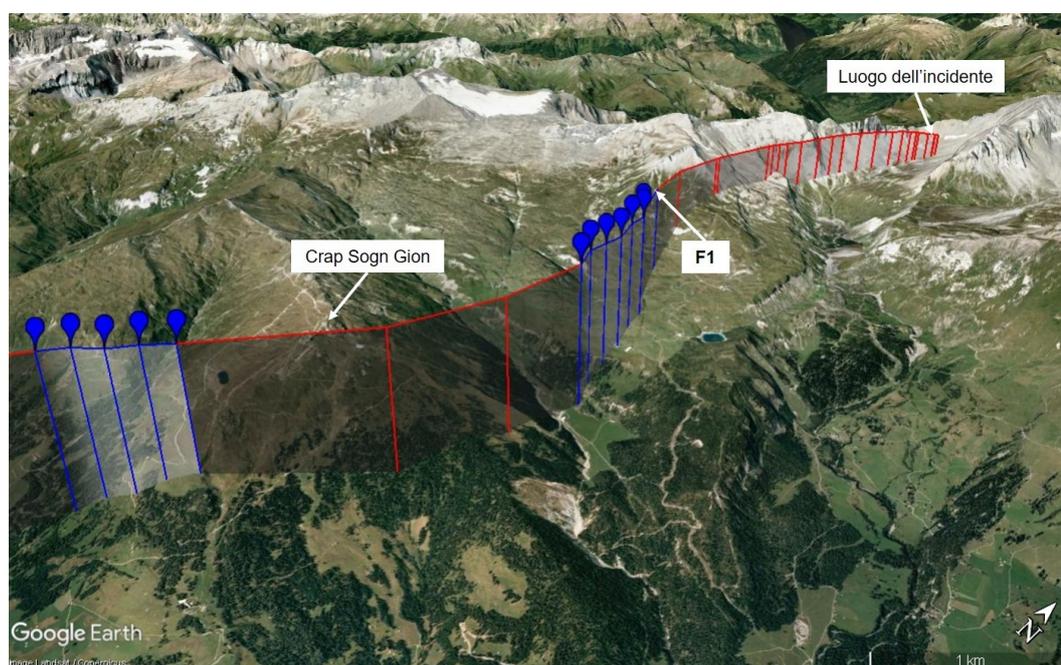


Figura 12: ricostruzione della rotta di volo dell'HB-HOT del 4 agosto 2018, presentata in Google Earth. F1 indica il primo punto determinato mediante fotogrammetria.

1.11.1.3 Fase di volo nel compartimento di terreno del passo del Segnas

Per ricostruire l'ultima sezione della rotta di volo prima del luogo dell'incidente è stato utilizzato materiale fotografico e video di testimoni oculari, che hanno osservato il velivolo da terra, nonché due riprese video effettuate dai passeggeri. Tra le

due riprese video dalla cabina passeggeri dell'HB-HOT vi è un vuoto temporale: la prima termina dopo il punto F101 e la seconda inizia al punto F102 (cfr. Figura 13).

In questo lasso di tempo senza registrazioni tra il punto F101 e F102 sono stati ricevuti dati radar dal transponder dell'HB-HOT. Oltre agli altri dati usuali, il transponder con modalità S ha trasmesso per due volte in momenti noti dati precisi dell'apparecchio GPS collegato al transponder. Sono stati trasmessi la rotta vera al suolo (True Track – TT) e la velocità GPS al suolo (Ground Speed – GS). L'altitudine trasmessa è stata generata dalla sonda di pressione del transponder, mentre la posizione GPS non è stata trasmessa. Una stazione radar ubicata in modo sfavorevole sotto il profilo geometrico ha registrato la posizione del velivolo al momento della trasmissione di questi due pacchetti dati; tuttavia tale posizione non è stata utilizzata a causa dell'insufficiente grado di precisione. I valori trasmessi relativi a ora, TT e GS sono invece precisi e quindi sono stati utilizzati. Pertanto in questo settore sono disponibili due ulteriori pacchetti dati con orario, TT e GS:

- 14:55:34 UTC: TT = 353 gradi, GS = 74 kt
(corrispondenti a 38,0 m/s rispettivamente 137.0 km/h);
- 14:55:39 UTC: TT = 354 gradi, GS = 76 kt
(corrispondenti a 39,1 m/s rispettivamente 140.8 km/h).

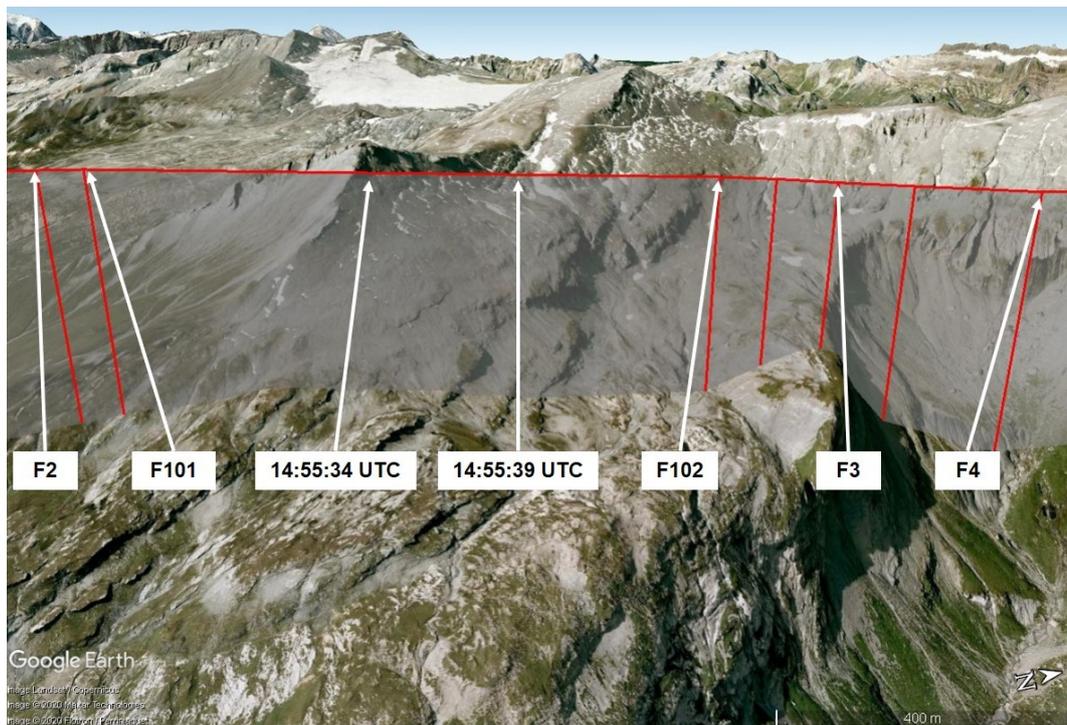


Figura 13: ricostruzione fotogrammetrica della rotta dell'HB-HOT del 4 agosto 2018 (rosso) tra i punti F2 e F4, presentata in Google Earth. I due pacchetti dati supplementari sono stati trasmessi dal transponder alle ore 14:55:34 UTC e alle ore 14:55:39 UTC.

Una terza e ultima trasmissione di questi dati GPS è stata effettuata successivamente nell'andamento del volo, poco prima del punto F10, con i seguenti dati:

- 14:56:27 UTC: TT = 43,4 gradi, GS = 92 kt
(corrispondenti a 47,3 m/s rispettivamente 170.4 km/h).

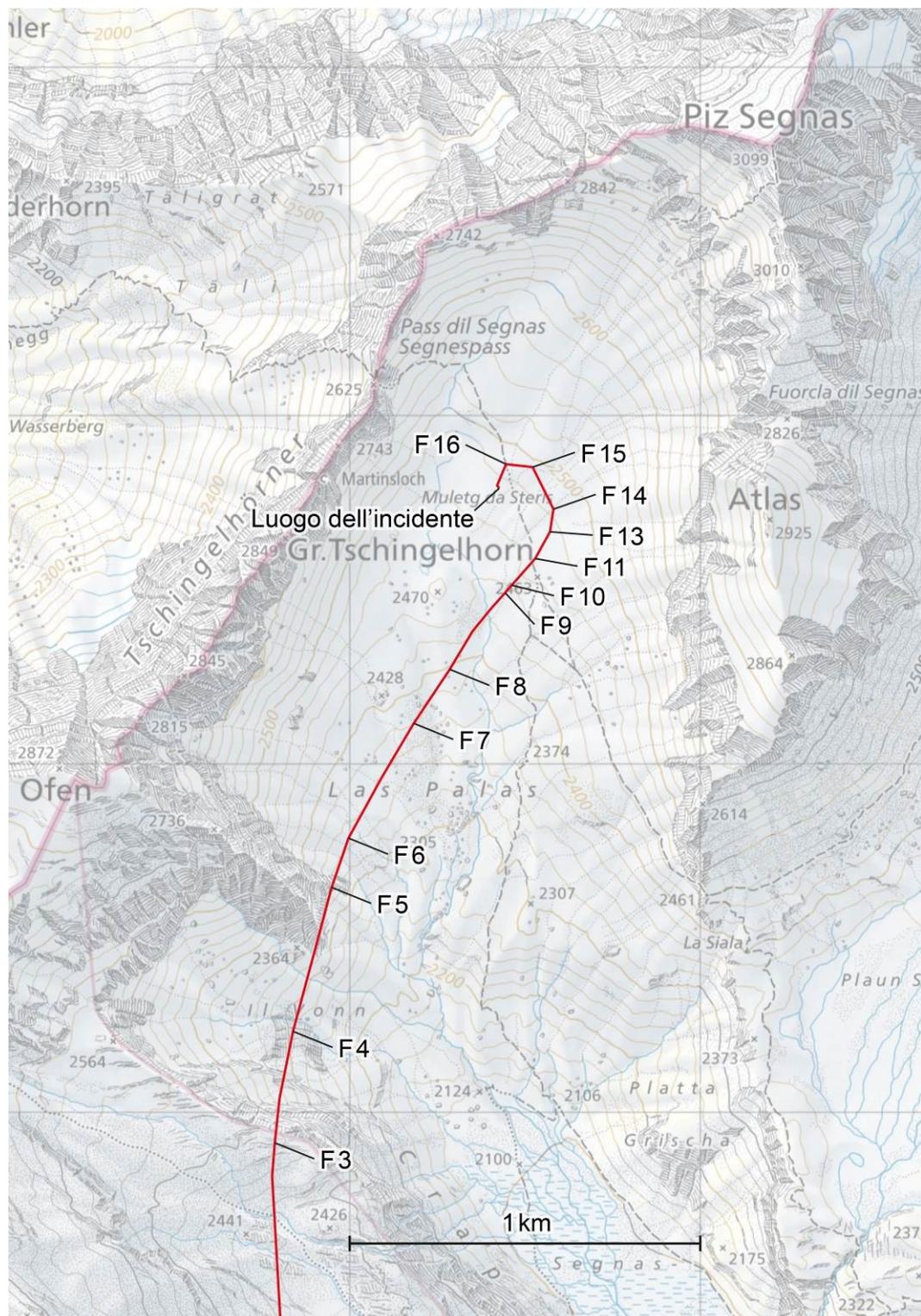


Figura 14: ricostruzione della rotta dell'HB-HOT del 4 agosto 2018 (rosso) dal punto F3 al luogo dell'incidente. Fonte della carta di base: Ufficio federale di topografia.

1.11.1.4 Ultima fase di volo

Un testimone oculare ha fotografato l'HB-HOT durante l'ultima fase di volo. L'immagine ad alta risoluzione è stata sottoposta ad analisi fotogrammetrica, grazie alla quale sono stati determinati la posizione nello spazio e l'assetto di volo al punto F16 (cfr. Figura 7) nonché i seguenti parametri:

- l'angolo di assetto longitudinale era di 68.0 gradi verso il basso;
- vi era un'inclinazione di 50.8 gradi verso sinistra;
- l'altitudine era di 2583 m s.l.m., corrispondente a circa 108 m al di sopra del punto dell'impatto (2475 m s.l.m.);
- in quel momento il timone di profondità presentava una deflessione di circa 13 gradi verso l'alto e pertanto era in una posizione semi-deflessa rispetto alla deflessione massima possibile;
- il timone di direzione era deflesso di 2 gradi verso destra;
- la deformazione delle ali era di 0.6 gradi verso l'alto rispetto alla posizione iniziale dell'ala portante del velivolo al suolo. Dal confronto con una ripresa in volo orizzontale non accelerato risulta una deformazione delle ali di circa 1.2 gradi verso l'alto rispetto alla posizione iniziale.

Lo schianto dell'HB-HOT è stato registrato in un video da una testimone oculare che si trovava sul passo del Segnas. La registrazione video mostra in singole immagini gli ultimi 0.4 secondi dell'HB-HOT prima dell'impatto. Partendo da queste immagini sono state determinate le posizioni nello spazio e gli assetti in volo da F17 a F19 (cfr. Figura 8). L'impatto è avvenuto a una quota di 2475 m s.l.m. con un angolo di assetto longitudinale di 84.2 gradi verso il basso e un movimento di rollio verso sinistra. La velocità al momento dell'impatto, determinata in base alla sequenza video, era di 55.7 m/s, pari a 200 km/h. Data la distanza tra il luogo della ripresa e il luogo dell'impatto, la registrazione presenta tracce acustiche negli ultimi 1.6 secondi prima dell'impatto.

1.11.2 Analisi numeriche

Le analisi numeriche si basano su dati ricavati mediante la fotogrammetria, in particolare delle posizioni e degli assetti del velivolo nello spazio. Per l'analisi della fase di volo al momento dell'entrata nel compartimento di terreno del passo del Segnas sono stati inoltre utilizzati i seguenti dati:

- risultati delle analisi meteorologiche, in particolare della velocità del vento e delle direzioni del vento in quota nonché le velocità verticali del vento;
- analisi (sonogrammi) dei dati sonori di una ripresa video effettuata all'interno dell'aeromobile, svolta dall'autorità investigativa francese di sicurezza *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile* (BEA);
- analisi visiva delle escursioni degli alettoni effettuata dal SISI sulla base di una ripresa video eseguita all'interno dell'aeromobile.

L'analisi numerica di complessivi 29 punti dati determinati della fase di volo all'ingresso nel compartimento di terreno del passo del Segnas si basa su queste quattro fonti di dati, dalle quali sono state generate le immagini da Figura 15 a Figura 20, raffiguranti i principali parametri in funzione della rotta e dell'orario.

Nella Figura 15 sono rappresentati altitudine, angolo di assetto longitudinale (*pitch*) e angolo della traiettoria di volo (*flight path angle*) nonché la differenza tra questi angoli.

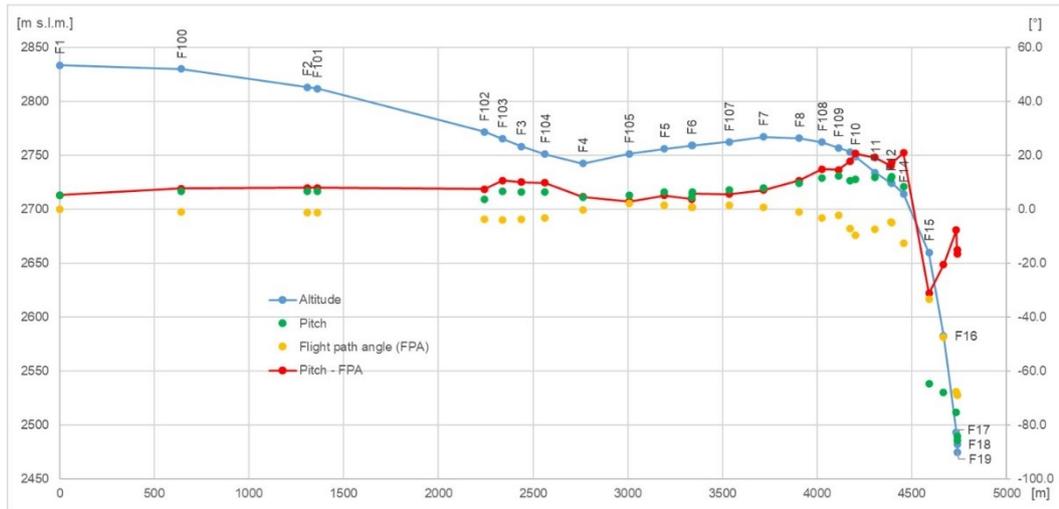


Figura 15: altitudine (*altitude*), angolo di assetto longitudinale (*pitch*) e angolo della traiettoria di volo (*flight path angle – FPA*) in funzione della rotta orizzontale percorsa. L'ordinata sinistra riporta il valore dell'altitudine, l'ordinata destra i valori degli angoli.

Nella Figura 16 sono rappresentati i parametri in base alla durata di una fonte video; il punto F102 è il primo punto determinato mediante questa fonte video ed è raffigurato nella Figura 15 con una distanza percorsa orizzontale di 2243 m. Tra i punti non collegati nella Figura 16 vi sono altri punti generati da altre fonti di dati (ad esempio F6 tra i punti F5 e F106), ai quali non è possibile attribuire una durata.

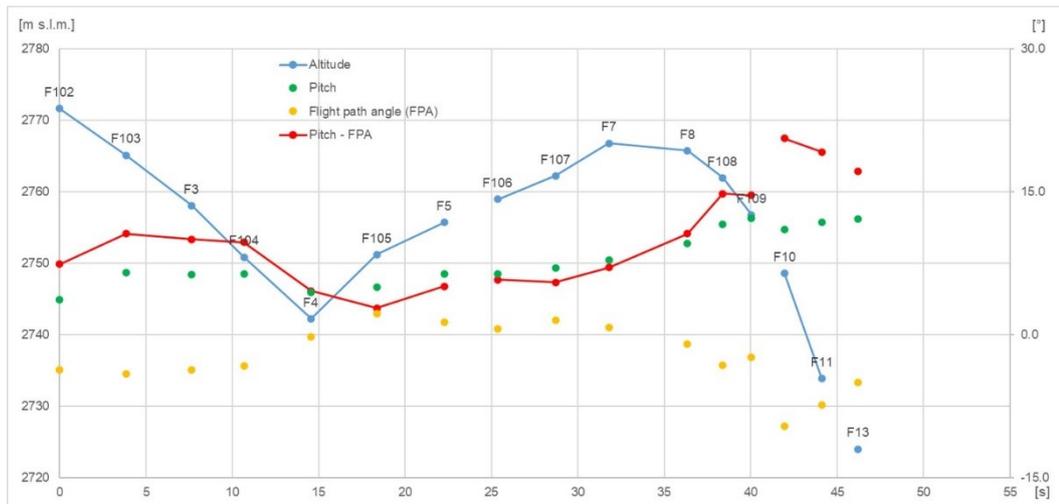


Figura 16: *altitude*, *pitch* e *flight path angle* in funzione della durata del video. L'ordinata sinistra riporta il valore dell'altitudine, l'ordinata destra i valori degli angoli.

Dalla Figura 17 emerge l'evoluzione calcolata della velocità del velivolo al suolo (*Ground Speed – GS*); in questo caso sono stati considerati anche i tre valori GS ricevuti dal transponder dell'HB-HOT.

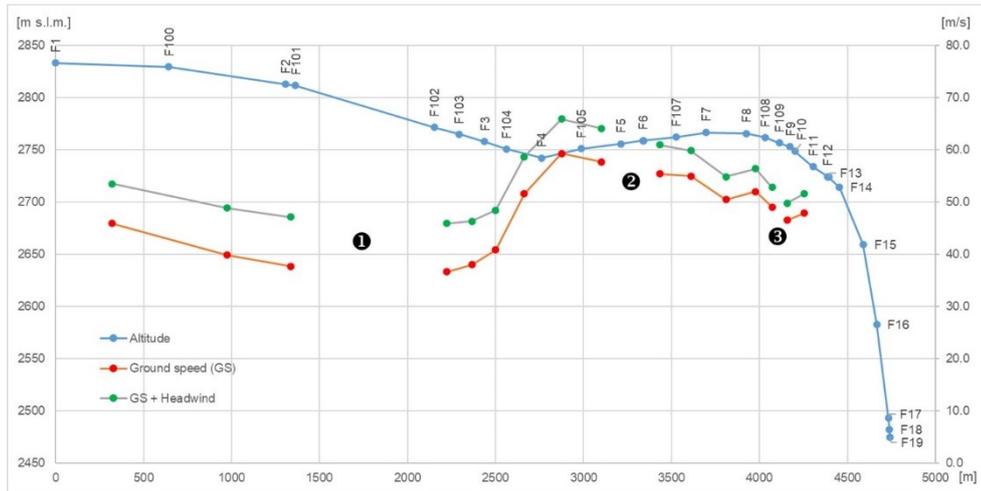


Figura 17: *altitude, ground speed* calcolata e *ground speed + headwind* in funzione della distanza orizzontale cumulata.

Nel settore ❶ (cfr. Figura 17), in cui gli andamenti delle curve della velocità al suolo sono interrotti, non è stato possibile calcolare la differenza temporale e pertanto nemmeno la *ground speed*, poiché i punti dati sono stati determinati in base a due diverse fonti video non correlate tra loro. Per quanto riguarda le altre due interruzioni (settori ❷ e ❸), esistono punti non raffigurati da altre fonti di dati a cui non è possibile attribuire una durata.

Nella Figura 18 è rappresentato l'andamento dei giri dei tre motori sulla base della durata del video. Non è stato possibile attribuire i giri dei motori A, B e C (*Engine A, B, C*) alla posizione dei motori (sinistra, centro, destra).

Oltre a *pitch* e FPA, la Figura 19 mostra anche la velocità di salita e di discesa in base alla durata del video.

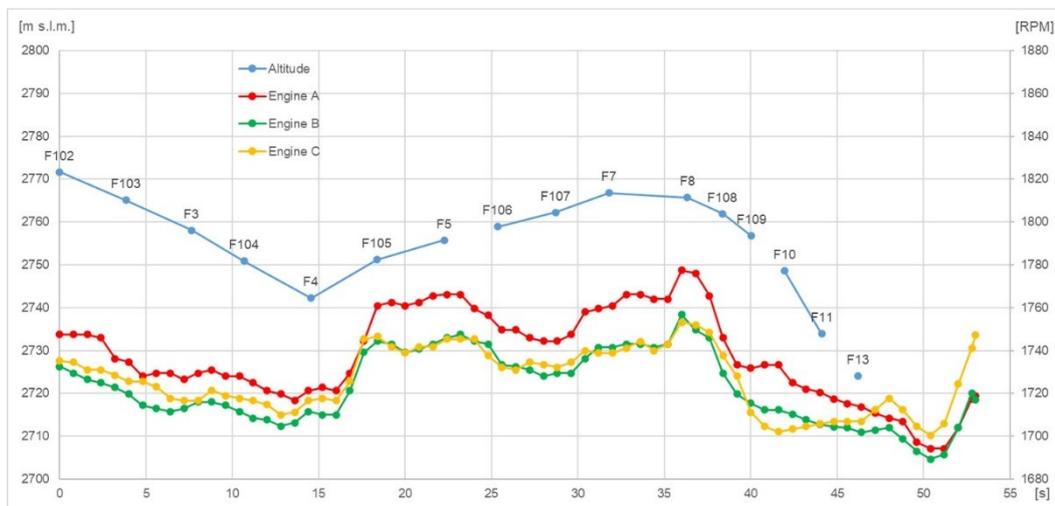


Figura 18: quota (*altitude*) e giri dei tre motori in funzione della durata del video.

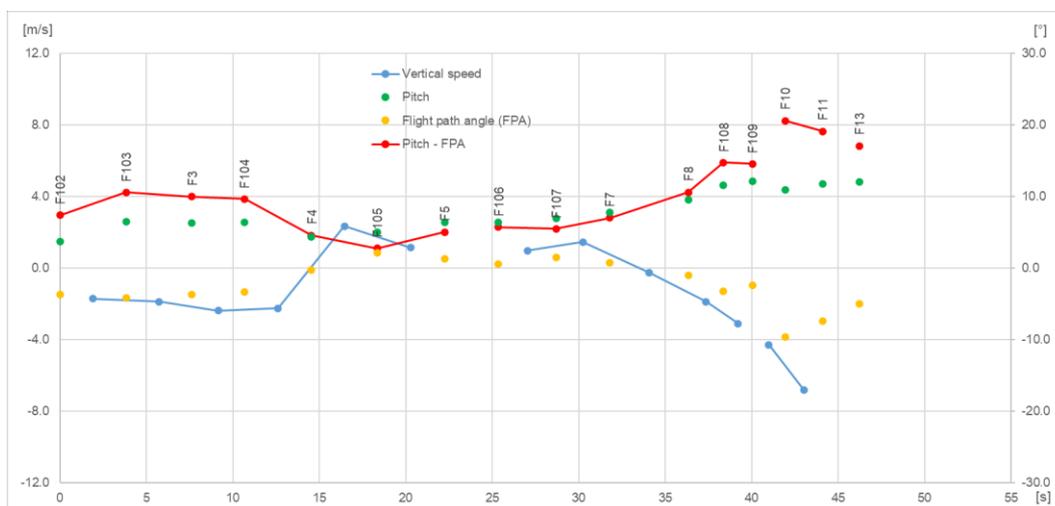


Figura 19: *vertical speed*, *pitch* e *flight path angle* in funzione della durata del video.

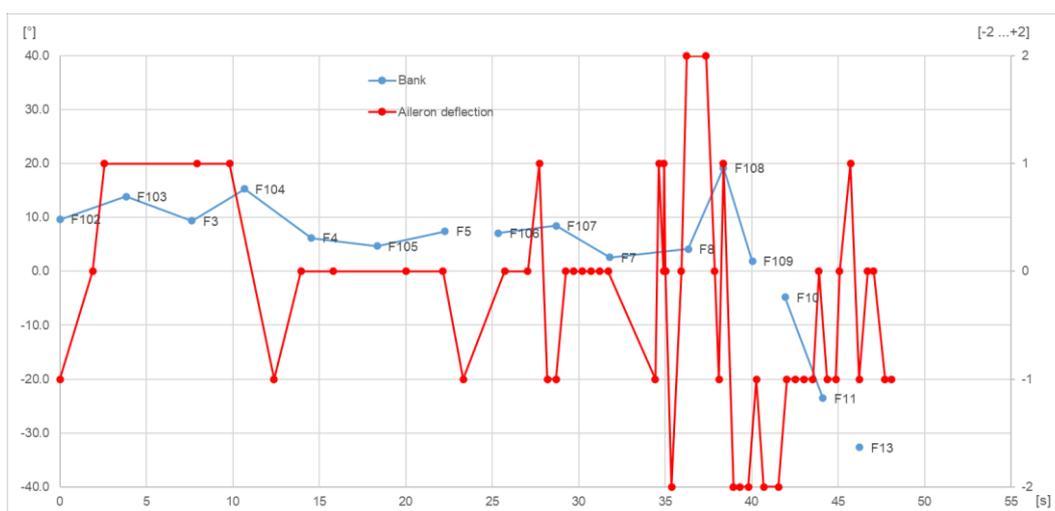


Figura 20: inclinazione (*bank*) ed escursione degli alettoni (*aileron deflection*) in funzione della durata del video. I gradi positivi sull'ordinata sinistra indicano un'inclinazione verso destra rispettivamente escursioni degli alettoni per una virata a destra. Gli angoli d'inclinazione (*bank angle*) sono stati determinati mediante fotogrammi.

Le escursioni degli alettoni sono state valutate qualitativamente sulla base di una ripresa video, effettuata dall'interno dell'aeromobile, con i valori - 2, - 1, 0, + 1 e + 2 (Figura 20, ordinata destra). I valori positivi indicano un'escursione degli alettoni per un rollio in senso orario visto nella direzione di volo, ossia per una virata a destra, i valori negativi indicano analogamente escursioni degli alettoni per una virata a sinistra e i valori zero una posizione neutra degli alettoni.

1.11.3 Mancanza di dispositivi di registrazione dati

Il velivolo passeggeri storico coinvolto nell'incidente, lo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, non era dotato di alcun dispositivo di registrazione. Considerata la data di primo rilascio del certificato di navigabilità, un registratore di volo (*Flight Data Recorder* – FDR) non era richiesto. Un registratore vocale di cabina (*Cockpit Voice Recorder* – CVR) era invece prescritto per le operazioni di volo commerciali; tuttavia essendo stata rilasciata un'autorizzazione speciale dall'Ufficio federale dell'aviazione civile, l'impresa di trasporto aereo non ha installato tale dispositivo (cfr. in merito l'allegato [A1.6](#)).

Pertanto nell'incidente oggetto dell'inchiesta mancava un registratore di dati di volo resistente agli urti, che, nel caso di incidenti con aeromobili di grandi dimensioni, solitamente permette la ricostruzione della rotta di volo, la determinazione della posizione dell'aeromobile nello spazio e rispetto al flusso d'aria, nonché la velocità dell'aeromobile rispetto al suolo e all'aria. Mancava anche un CVR, dispositivo che avrebbe potuto fornire informazioni sui dialoghi fra i membri dell'equipaggio, sulla loro collaborazione e sulla natura dei problemi all'origine dell'incidente.

Ciò ha reso molto complessa e onerosa la ricostruzione della rotta di volo e dello svolgimento dell'incidente. Inoltre, nonostante queste onerose procedure di ricostruzione, non è stato possibile ricavare importanti evidenze per il chiarimento dell'incidente, in particolare i dialoghi in cabina, che avrebbero potuto permettere analisi sui processi decisionali dei piloti che hanno portato al consenso sull'entrata nella conca a sudovest del Piz Segnas.

Spesso in passato alcuni incidenti occorsi nell'attività di volo commerciale non sono stati chiariti a causa della mancanza di dati registrati. A seguito di questa circostanza le autorità d'inchiesta sulla sicurezza hanno emanato diverse raccomandazioni circa l'equipaggiamento di velivoli con dispositivi di registrazione di ogni tipo.

TSB Recommendation A91-13 (1991): «The Department of Transport expedite legislation for upgrading the flight recorder requirements for Canadian-registered aircraft.»

[Traduzione: «Il Dipartimento dei Trasporti dovrebbe accelerare l'iter legislativo per migliorare i requisiti in merito ai registratori di volo per gli aeromobili immatricolati in Canada »]

AAIB²⁷ 2005-101 (2005): «The European Aviation Safety Agency²⁸ should promote the safety benefits of fitting, as a minimum, CVR equipment to all aircraft operated for the purpose of commercial air transport, regardless of weight or age.»

[Traduzione: «L'EASA dovrebbe promuovere i vantaggi in termini di sicurezza offerti dall'installazione di un dispositivo CVR, quale requisito minimo, per tutti gli aeromobili utilizzati per il trasporto commerciale, indipendentemente dal peso e dall'età.»]

²⁷ AAIB: *Air Accidents Investigation Branch del Regno Unito (UK)*

²⁸ *European Aviation Safety Agency (EASA)*, Agenzia europea per la sicurezza aerea, rinominata nel 2018 *European Union Aviation Safety Agency*

NTSB²⁹ «*Safety Recommendation A-06-017 (2006): to the Federal Aviation Administration: Require all rotorcraft operating under 14 Code of Federal Regulations Parts 91 and 135 with a transport-category certification to be equipped with a cockpit voice recorder (CVR) and a flight data recorder (FDR). For those transport-category rotorcraft manufactured before October 11, 1991, require a CVR and an FDR or an onboard cockpit image recorder with the capability of recording cockpit audio, crew communications, and aircraft parametric data.*»

[Traduzione: «L'Amministrazione federale dell'aviazione americana deve prevedere l'equipaggiamento con un *Cockpit Voice Recorder (CVR)* e un *Flight Data Recorder (FDR)* su tutti gli aeromobili ad ala rotante che secondo il 14 Code of Federal Regulations parti 91 e 135 operano con un certificato nella categoria di trasporto. Gli aeromobili ad ala rotante della summenzionata categoria di trasporto costruiti prima dell'11 ottobre 1991 necessitano di un CVR e un FDR o di un dispositivo di registrazione delle immagini in cabina in grado di registrare i suoni nella cabina, i dialoghi tra i membri dell'equipaggio e i parametri dell'aeromobile.»]

TSB³⁰ *Recommendation A13-01 (2013): «The Department of Transport should work with industry to remove obstacles to and develop recommended practices for the implementation of flight data monitoring and the installation of lightweight flight recording systems by commercial operators not currently required to carry these systems.»*

[Traduzione: «Il Dipartimento dei Trasporti, in collaborazione con l'industria, dovrebbe eliminare gli ostacoli e sviluppare pratiche raccomandate per l'introduzione del monitoraggio dei dati di volo e l'installazione di sistemi di registrazione leggeri da parte degli operatori commerciali, ai quali per ora non è richiesto di dotarsi di tali sistemi.»]

Nel 2017, nell'ambito della procedura legislativa (RMT³¹.0271 (ex MDM³².073(a)) e RMT.0272 (ex MDM.073(b))) l'EASA ha pubblicato la *Notice of Proposed Amendment (NPA) 2017-03 In-flight recording for light aircraft*.

«*This Notice of Proposed Amendment (NPA) addresses safety and regulatory harmonisation issues related to the need of in-flight recordings for accident investigation and accident prevention purposes. 12 safety recommendations were addressed to the European Aviation Safety Agency (EASA) by 7 safety investigation authorities, recommending an in-flight recording capability for light aircraft models which are outside the scope of the current flight recorder carriage requirements. In addition, new Standards (recently introduced in ICAO Annex 6) require the carriage of lightweight flight recorders for light aeroplanes and light helicopters. [...] This NPA proposes to mandate the carriage of lightweight flight recorders for some categories of light aeroplanes and light helicopters when they are commercially operated and manufactured 3 years after the date of application of the amending regulation. In addition, this NPA proposes to promote the voluntary installation of in-flight recording equipment for all other light aeroplanes and light helicopters and for all balloons. The proposed changes are expected to increase safety with limited economic and social impacts.*»

[Traduzione in italiano: «La presente proposta di modifica (*Notice of Proposed Amendment, NPA*) affronta le questioni relative alla sicurezza e all'armonizzazione connesse alla necessità di registrazioni in volo ai fini delle indagini sugli incidenti e

²⁹ NTSB: *National Transport Safety Board*, Stati Uniti

³⁰ TSB: *Transportation Safety Board of Canada*

³¹ RMT: *Rulemaking tasks*

³² MDM: *Multi-Disciplinary Measures*

della prevenzione degli incidenti. L'Agenzia europea per la sicurezza aerea (EASA) ha ricevuto 12 raccomandazioni di sicurezza da parte di sette autorità investigative sulla sicurezza, che raccomandano la possibilità di avere un sistema di registrazione in volo per i modelli di aeromobili leggeri che non rientrano nell'ambito di applicazione delle attuali prescrizioni relative all'installazione dei registratori di volo. Inoltre, le nuove norme (recentemente introdotte nell'annesso 6 dell'ICAO) richiedono l'installazione di registratori di volo leggeri per aerei leggeri ed elicotteri leggeri. [...] Questa NPA propone di rendere obbligatoria l'installazione di registratori di volo leggeri per alcune categorie di aerei leggeri ed elicotteri leggeri quando questi sono utilizzati per scopi commerciali e sono stati prodotti tre anni dopo l'entrata in vigore della modifica legislativa. Inoltre, questa NPA propone di promuovere l'installazione volontaria di dispositivi di registrazione in volo per tutti gli altri aerei ed elicotteri leggeri e per tutti i palloni aerostatici. Le modifiche proposte dovrebbero aumentare la sicurezza con un impatto economico e sociale limitato.»]

Poiché al giorno d'oggi esistono le opportune soluzioni tecniche, anche secondo il SISl le disposizioni del diritto aeronautico sull'equipaggiamento con registratori dei dati di volo, *Cockpit Voice Recorder* o *Cockpit Image Recording System*, dovrebbero essere applicate ai velivoli passeggeri storici, aspetto che non era il caso al momento dell'incidente. Un'autorizzazione speciale, come quella concessa nel presente caso, rappresenta una soluzione non opportuna sul piano della sicurezza.

1.11.4 Raccomandazione di sicurezza

Considerate le numerose raccomandazioni di sicurezza formulate e le previste modifiche del diritto aeronautico concernenti l'obbligo di equipaggiamento con i registratori di volo, il SISl rinuncia a formulare un'ulteriore raccomandazione di sicurezza che andrebbe nella stessa direzione.

1.12 Informazioni su luogo dell'incidente, impatto e carcassa

1.12.1 Luogo dell'incidente

Il luogo dell'incidente si trova in un avvallamento a circa 1.2 km a sud-ovest del Piz Segnas, nel Cantone dei Grigioni. A circa 500 m a ovest del luogo dell'incidente si trova il Martinsloch, una finestra naturale nella roccia della catena montuosa dei Tschingelhörner, a sud-est di Elm (GL).

1.12.2 Impatto

Tutte le tracce sul luogo dell'incidente dimostrano che l'impatto del velivolo al suolo è avvenuto in un assetto di volo verticale e con una traiettoria di volo quasi verticale. Queste tracce sono state confermate da una ripresa video.

1.12.3 Carcassa

Tutte le parti principali del velivolo sono state identificate già sul luogo dell'incidente. Sono stati ritrovati numerosi bagagli, in parte pesanti. Le parti della carcassa sono state pulite, ordinate per gruppi costruttivi e attentamente analizzate. Tutte le altre indicazioni in merito si trovano nell'allegato [A1.12](#).

1.13 Informazioni di natura medica e patologica

Nello schianto entrambi i piloti sono morti sul colpo a causa delle ferite riportate.

Le salme dei piloti A e B sono state sottoposte ad autopsia. Dalle analisi tossicologiche forensi svolte non sono emersi esiti rilevanti; in particolare non sono risultati indizi che i piloti fossero sotto l'effetto di alcol, medicinali, stupefacenti o monossido di carbonio.

I fatti medici antecedenti dei due piloti sono irrilevanti. Secondo quanto affermato dai familiari, prima dei due voli in questione entrambi i piloti erano in buona salute.

1.14 Incendio

Nonostante la presenza di un notevole quantitativo di carburante nei serbatoi, fuoriuscito con l'impatto, non vi è stato incendio.

1.15 Aspetti relativi alla sopravvivenza

1.15.1 In generale

Non era possibile sopravvivere a questo incidente.

1.15.2 Ricerca e salvataggio

L'incidente è stato osservato da diverse persone che subito dopo l'impatto del velivolo hanno allertato la polizia e sono accorse sul luogo dell'incidente per prestare i primi soccorsi. Già pochi minuti dopo l'incidente sono intervenuti sul posto diversi elicotteri di soccorso. In seguito il luogo dell'incidente è stato raggiunto dal Soccorso Alpino Svizzero, dai vigili del fuoco e dalla polizia.

Il trasmettitore di localizzazione d'emergenza (*Emergency Locator Beacon Aircraft* – ELBA) installato sul velivolo si è attivato e ha trasmesso un segnale rilevabile.

1.16 Prove e risultati di ricerche

Le analisi forensi delle tracce degli strumenti e degli elementi di comando nella cabina del velivolo incidentato hanno fornito i seguenti importanti valori relativi al momento dell'impatto:

- l'indicatore di velocità, ancora analizzabile, segnava una velocità intorno ai 202 km/h;
- i contagiri dei tre motori indicavano tra 1800 e 1900 giri al minuto;
- il limitatore del massimo delle tre manette normali dei carburatori era attivato. Per la descrizione tecnica cfr. allegato [A1.6](#). I risultati dell'analisi forensi delle tracce si trovano nell'allegato [A1.16](#).

A seguito dei difetti riscontrati sulla carcassa e per poter valutare in particolare la solidità e il comportamento in seguito all'invecchiamento dei materiali utilizzati nel velivolo Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, sono stati svolti ampi accertamenti sotto il profilo metallurgico e della corrosione. L'esito di questo esame è stato il seguente:

- Su parti della struttura dell'ala portante e della fusoliera sono stati rinvenuti importanti danni da corrosione
- Un longherone inferiore dell'ala portante di sinistra presentava rotture a fatica
- Lo strato protettivo della superficie sul materiale sensibile alla corrosione intercristallina era insufficiente o completamente mancante.

Inoltre da una simulazione dello svolgimento del volo è emerso che secondo assunti realistici, dopo l'inizio dell'ultima virata a sinistra l'equipaggio di volo non sarebbe più stato in grado di evitare la collisione al suolo.

I metodi applicati e i risultati dettagliati sono descritti nell'allegato [A1.16](#).

1.17 Informazioni su diverse organizzazioni e sulla relativa gestione

1.17.1 Impresa di trasporto aereo

1.17.1.1 Organizzazione

La *Verein der Freunde der Schweizerischen Luftwaffe (VFL, Associazione degli amici delle forze aeree svizzere)* era un'associazione secondo il diritto svizzero. La VFL gestiva Ju-Air, precisamente il comitato direttivo dell'associazione nominava un direttore generale. Di conseguenza Ju-Air era parte della *Verein der Freunde der Schweizerischen Luftwaffe* e per questa ragione i certificati ufficiali delle autorità di sorveglianza erano stati emessi alla VFL.

Ulteriori indicazioni sull'organizzazione e sulle procedure operative dell'impresa di trasporto aereo si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.17.1.2 Requisiti per l'attività commerciale

Per il trasporto aereo commerciale (*Commercial Air Transport – CAT*), ossia la tipologia di trasporto esercitata da Ju-Air, devono essere rispettati i requisiti europei, riguardanti in particolare i seguenti argomenti e ambiti:

- certificato di operatore aereo e certificato di navigabilità;
- sistema di gestione della sicurezza e obbligo di annuncio;
- sistema di sorveglianza interna della conformità alle regole;
- equipaggio di volo;
- corsa disponibile per il decollo, velocità ascensionale minima e altitudini minime di sicurezza;
- strumentazione ed equipaggiamento degli aeromobili.
- Manuale delle operazioni

L'implementazione presso Ju-Air di questi requisiti viene esplicita nei seguenti capitoli da 1.17.1.3 fino a 1.17.1.9.

1.17.1.3 Certificato di operatore aereo e certificato di navigabilità

L'operatore deve disporre di un certificato di operatore aereo (*Air Operator Certificate – AOC*). Per ottenerlo, gli aeromobili operati devono avere un certificato di navigabilità (*Certificate of Airworthiness – CofA*) conformemente alle disposizioni europee.

I velivoli Ju-52 di Ju-Air non disponevano di certificati di navigabilità conformi alle norme europee. Per poter comunque rilasciare un certificato di operatore aereo, l'UFAC ha fatto riferimento a una deroga della Commissione europea (cfr. allegato [A1.6](#)). Questa deroga prevedeva essenzialmente che i velivoli Ju-52 disponessero di un certificato di navigabilità secondo l'annesso 8 ICAO e fossero assistiti da un'impresa di manutenzione certificata secondo le disposizioni europee (cfr. allegato [A1.17](#)).

I velivoli Ju-52 di Ju-Air disponevano di un certificato di navigabilità rilasciato dall'UFAC conformemente alla Convenzione del 7 dicembre 1944 relativa all'aviazione civile internazionale. Pertanto, secondo le indicazioni fornite dall'UFAC, il velivolo era certificato secondo l'allegato 8 di tale convenzione, ma in realtà non ne soddisfaceva i requisiti.

I velivoli Ju-52 di Ju-Air erano seguiti da aziende di manutenzione certificate dall'UFAC secondo i requisiti europei; tuttavia queste aziende di manutenzione non soddisfacevano tali requisiti.

1.17.1.4 Sistema di gestione della sicurezza e obbligo di annuncio

Il sistema di gestione della sicurezza (*Safety Management System – SMS*) applicato da Ju-Air comprendeva gli aspetti usuali per un'impresa commerciale di trasporto aereo e in questa forma era stato approvato dall'Ufficio federale dell'aviazione civile. L'SMS prevedeva tra le altre cose il rilevamento sistematico di tutti i principali pericoli delle operazioni di volo e l'analisi della loro rilevanza. Dal 2012 fino alla data dell'incidente l'impresa di trasporto aereo ha svolto 22 analisi dei rischi. Ju-Air non ha mai condotto un'analisi dei rischi specifici del volo a vista o del volo in montagna e nemmeno l'Ufficio federale dell'aviazione civile l'ha mai richiesta, siccome considerava l'operazione della Ju-Air come un volo a vista standard (cfr. capitolo [A1.17.7.4](#)). Presso l'UFAC anche per l'operazione di volo a vista standard non era disponibile una analisi dei rischi.

Per poter valutare l'applicazione e l'efficacia dell'SMS da parte dell'impresa di trasporto aereo, nell'ambito di questa inchiesta di sicurezza sono stati rilevati oltre 150 eventi critici in termini di sicurezza nelle operazioni di volo di Ju-Air. Questi eventi si sono verificati tra il 2000 e il momento della temporanea sospensione dell'esercizio di Ju-Air. Sono stati inoltre presi in esame reclami e segnalazioni della popolazione, registrati ad esempio negli anni precedenti l'incidente, riguardanti l'attraversamento a bassa quota di zone di protezione della selvaggina da parte di velivoli di Ju-Air. Infine è stato chiarito in che modo questi inconvenienti sono stati segnalati alle competenti autorità e gestiti a livello operativo interno. Tra le altre cose è emerso che gli obblighi di informazione previsti dalla legge sono venuti a mancare e che non è mai stata svolta un'analisi interna approfondita degli eventi. Questi inconvenienti hanno inoltre dimostrato che anche gli equipaggi di volo di Ju-Air, esperti e altamente qualificati, non di rado hanno commesso errori nell'ambito delle nozioni base di volo. Ad esempio i velivoli di Ju-Air hanno commesso ripetute violazioni dello spazio aereo controllato circostante gli aerodromi militari. Nonostante in alcuni casi questi errori siano stati rilevati dalle autorità di sorveglianza, la loro entità e la ripetizione sistematica non sono state portate alla luce. L'autorità di sorveglianza non ha richiesto misure correttive efficaci.

A differenza di altre funzioni nell'impresa di trasporto aereo, il regolamento non prescrive nessun criterio di abilitazione per i responsabili della sicurezza (*Safety Manager*) e quelli garante per l'applicazione conforme delle norme applicabili (*Compliance Monitoring Manager*). Le persone che svolgono questa funzione non devono nemmeno superare un esame di idoneità (*Assessment*). Nelle sue raccomandazioni operative, l'EASA propone determinati requisiti solamente per la funzione di *Safety Manager*.

Indicazioni dettagliate sul sistema di gestione della sicurezza dell'impresa di trasporto aereo e sul relativo funzionamento si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.17.1.5 Sistema di sorveglianza interna della conformità alle regole

Internamente a Ju-Air esisteva un sistema di verifica delle attività aziendali per quanto riguarda la conformità alle norme di legge e ai processi definiti internamente (*Compliance Monitoring*). Nell'ambito di questo *Compliance Monitoring* sono state dichiarate non applicabili a Ju-Air alcune norme di legge che in realtà lo erano. Inoltre in alcuni casi è stata dichiarata la conformità alle norme, mentre in realtà non vi era conformità. In alcuni casi è stata verificata solamente l'esistenza delle descrizioni dei processi, ma non l'effettiva implementazione di tali processi.

Ulteriori indicazioni sul sistema per la sorveglianza interna della conformità alle regole sono riportate nell'allegato [A1.17](#).

1.17.1.6 Equipaggi di volo

La formazione per ottenere l'abilitazione al tipo (*Type Rating – TR*) per gli Junkers Ju 52/3m g4e è costituita da una parte teorica e da un addestramento in volo. In quest'ultimo gli equipaggi esercitavano tra le altre cose anche il volo in virata stretta e si familiarizzavano con il comportamento del velivolo all'approssimazione e all'ingresso di uno stallo aerodinamico a bassa velocità e in volo livellato non accelerato. In queste sequenze della formazione a bordo si trovava solamente l'equipaggio di volo.

Nell'ambito degli esami di idoneità annuali non è stata esercitata la situazione di stallo aerodinamico.

Ulteriori indicazioni sulla formazione dei piloti sono riportate nell'allegato [A1.5](#)

1.17.1.7 Corsa disponibile per il decollo, velocità ascensionale minima e altitudine minima di sicurezza

1.17.1.7.1 Decollo

Per i velivoli trimotore con prestazioni di classe C il cui manuale di volo non contiene dati relativi alla distanza di decollo con un'avaria motore, il regolamento europeo 965/2012 prevede quanto segue per le operazioni di trasporto aereo commerciali: per raggiungere il livello di sicurezza richiesto al decollo, la distanza secondo il manuale di volo a partire dall'inizio della corsa di decollo necessaria al velivolo per raggiungere un'altezza di 50 piedi sopra la superficie di decollo, moltiplicata per un fattore di 1,25 non deve essere superiore alla distanza disponibile per la corsa di decollo.

I velivoli Ju-52 di Ju-Air sono trimotori con prestazioni di classe C. La distanza secondo il manuale di volo a partire dall'inizio della corsa di decollo necessaria al velivolo per raggiungere un'altezza di 15 metri (circa 50 piedi) sopra la superficie, per la massa al decollo data (ricostruita) e la temperatura ambiente era di circa 700 m, che moltiplicata per il fattore 1.25 dà 875 m. Tenendo conto della massa al decollo secondo il piano di volo operativo dei piloti, queste distanze sarebbero dovute essere di 760 m rispettivamente 950 m.

Nel manuale d'esercizio di Ju-Air, la regola sopraindicata con il fattore di 1.25 non era citata.

Indicazioni sulla corsa di decollo disponibile presso l'aerodromo cantonale di Locarno sono riportate nel capitolo 1.10. Ulteriori indicazioni sulla computazione della corsa di decollo minima come pure inchieste sistemiche in relazione a questo aspetto sono riportate nell'allegato [A1.17](#).

1.17.1.7.2 Volo di crociera

Per raggiungere il livello di sicurezza necessario al volo di crociera, i velivoli con prestazioni di classe C per le operazioni di trasporto aereo commerciali devono poter raggiungere in ogni punto della rotta rateo di salita di almeno 300 ft/min. Gli Ju-52 sono velivoli con prestazioni di classe C. Secondo le stime di Ju-Air, a una quota di 3000 m s.l.m.³³ e con temperature estive, i velivoli Ju-52 raggiungono rateo di salita tra i 100 e al massimo i 300 ft/min. Non sono disponibili corrispondenti prove o dati misurati.

³³ Durante il volo dell'incidente lo HB-HOT raggiunse una quota di volo massima di 2833 m.s.l.m. (cfr. capitolo 1.1.2), corrispondente ad una altitudine di pressione di 2670 m.s.l.m. Siccome Ju-Air non trasportava ossigeno

Al fine di raggiungere il livello di sicurezza necessario, in aggiunta alla distanza minima verticale e orizzontale dal suolo e dagli ostacoli prevista per il volo a vista non commerciale, le regole per le operazioni di trasporto aereo commerciali prevedono i seguenti requisiti: nel caso in cui uno qualsiasi dei motori diventi inoperativo – e se la velocità di salita risultante è negativa – i velivoli con prestazioni di classe C devono poter superare tutti gli ostacoli situati entro 9.3 km da entrambe i lati della rotta prevista con un margine verticale di 2000 ft, pari a circa 610 m. A partire da 2500 m s.l.m. la velocità di salita di uno Ju 52 in caso di motore inoperativo è negativa e il velivolo inizia inevitabilmente a perdere quota. Poiché in qualsiasi momento uno dei motori potrebbe diventare inoperativo, ne consegue che in qualsiasi punto della rotta sulle Alpi, l'altitudine minima di volo da tenere deve essere maggiore di 2000 ft rispetto all'ostacolo più elevato a sinistra e a destra della rotta. Nella rotta di volo dell'HB-HOT nella conca a sud-ovest del Piz Segnas questa altitudine minima di volo era al di sopra dei 12 500 ft AMSL, pari a 3800 m s.l.m.

Nel manuale d'esercizio di Ju-Air non sono riportate queste regole relative al rateo di salita minimo e allo spazio libero da ostacoli.

Ulteriori indicazioni in merito al rateo di salita minimo e alle quote minime di volo sono riportate nell'allegato [A1.17](#).

1.17.1.8 Strumentazione ed equipaggiamento degli aeromobili

I requisiti relativi agli strumenti e all'equipaggiamento di aeromobili utilizzati a scopi commerciali sono descritti nei *Joint Aviation Requirements (JAR-OPS 1)* a partire dal 1997. Poiché, data la loro età, gli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air non soddisfacevano numerosi requisiti, nel febbraio 2004 l'impresa di trasporto aereo Ju-Air aveva richiesto all'UFAC di approvare deroghe a 15 requisiti, compresa la possibilità di rinunciare a un dispositivo di registrazione audio per la cabina (*Cockpit Voice Recorder – CVR*) e ad un secondo sistema di presa di pressione statica indipendente per la misurazione della velocità e dell'altitudine.

Il 15 aprile 2004 l'Ufficio federale dell'aviazione civile ha approvato senza condizioni queste richieste di Ju-Air. Nel passaggio da JAR-OPS 1 a EU-OPS 1³⁴ nel 2007 e da EU-OPS 1 a EASA OPS³⁵ nel 2014, queste deroghe sono state riprese senza essere sottoposte a nuova valutazione. Di conseguenza non è stato dato seguito alla disposizione che prevedeva l'installazione di un sistema di avviso per la prossimità del terreno.

Ulteriori indicazioni relative alla strumentazione e all'equipaggiamento degli aeromobili sono riportate nell'allegato [A1.6](#)

supplementare a bordo dei propri aerei, Ju-Air dichiarava nei propri manuali d'esercizio, che gli equipaggi di volo degli aerei Ju-52 durante il normale esercizio non avrebbero dovuto superare altitudini di pressione oltre i 10 000 piedi (3048 m) (cfr. allegato [A1.17](#)).

³⁴ Regolamento (CEE) n. 3922/91 del Consiglio del 16 dicembre 1991 concernente l'armonizzazione di regole tecniche e di procedure amministrative nel settore dell'aviazione civile modificato dal regolamento (CE) n. 1899/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 dicembre 2006 che modifica il regolamento (CEE) n. 3922/91 del Consiglio concernente l'armonizzazione di regole tecniche e di procedure amministrative nel settore dell'aviazione civile.

³⁵ Regolamento (UE) n. 965/2012 della Commissione del 5 ottobre 2012 che stabilisce i requisiti tecnici e le procedure amministrative per quanto riguarda le operazioni di volo ai sensi del regolamento (CE) n. 216/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio.

1.17.1.9 Manuale d'esercizio

La struttura dei manuali d'esercizio parte A fino a D (*Operation Manual – OM*) dell'impresa di trasporto aereo erano allineati a quella dei manuali di una compagnia aerea tradizionale. Poiché effettuava esclusivamente voli secondo le regole del volo a vista, Ju-Air non aveva inserito le parti normalmente presenti riguardanti il volo strumentale. I manuali descrivono nel dettaglio alcune procedure necessarie alle operazioni. Tuttavia, come emerge da una verifica di numerosi voli e documenti di pianificazione, queste disposizioni erano di carattere puramente formale e non venivano attuate dagli equipaggi di volo in esercizio. Ad esempio era consuetudine non effettuare o effettuare solo parzialmente il calcolo del peso e il centraggio. Il piano di volo operativo (*Operational Flight Plan*) raramente veniva compilato in maniera corretta e utilizzato conformemente alle disposizioni.

I manuali operativi non contenevano nessuna disposizione per il volo in montagna.

Ulteriori indicazioni sui contenuti del manuale d'esercizio sono riportati in diversi punti dell'allegato [A1.17](#).

1.17.1.10 Sorveglianza delle operazioni di volo

Poiché l'impresa di trasporto aereo non disponeva di alcun mezzo per una valutazione significativa delle proprie operazioni di volo, questo accertamento è stato svolto dopo l'incidente dal Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza. A tal fine il SISI ha acquisito agli atti i dati radar di 216 voli con velivoli del tipo Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air, svolti tra aprile 2018 e il giorno dell'incidente. Dopo averne corretto l'altitudine per le condizioni di pressione e temperatura al momento dei voli in questione, queste tracce radar sono state analizzate per quanto riguarda le procedure applicate, in particolare per il volo in montagna. È stata prestata particolare attenzione ai seguenti aspetti della tattica di volo:

- fasi di volo senza possibile virata di inversione o senza rotta di volo alternativa;
- sorvolo a bassa quota di altipiani situati a 2500 m s.l.m. e oltre;
- avvicinamento e sorvolo di creste con rotta all'incirca di 90 gradi rispetto al crinale e bassa quota dal suolo;
- avvicinamento al suolo verticale nettamente al di sotto delle quote di sicurezza minime rispettivamente delle distanze dal suolo minime prescritte per il volo a vista non commerciale.

In questo modo è stato ricavato un quadro realistico dei principi operativi e delle procedure effettivamente applicate. È emerso che in circa un terzo dei voli (36.6 %) analizzati sono state compiute considerevoli violazioni dei principi elementari per una condotta del volo sicura in montagna. Nel 16.7 % dei voli si sono verificate situazioni ad alto rischio. Dei 27 piloti di Ju-Air, 16 erano piloti attivi o a riposo delle Forze Aeree. Le violazioni di elementari regole di sicurezza non sono state compiute da tutti i piloti del corpo, bensì prevalentemente da coloro che avevano una formazione come piloti delle Forze Aeree³⁶. Indicazioni dettagliate su questi accertamenti relativi alle operazioni di volo si trovano nell'allegato [A1.18](#).

³⁶ La maggior parte di questi piloti era stata addestrata dalle Forze Aeree durante la guerra fredda. Secondo le Forze Aeree Svizzere, l'attuale addestramento di un pilota militare e l'attuale sistema di sicurezza aerea delle Forze Aeree non sono paragonabili alle allora circostanze e corrispondono agli standard internazionali in vigore oggi.

1.17.2 Organizzazione per la gestione del mantenimento della navigabilità

Ju-Air disponeva di un'approvazione come impresa di gestione del mantenimento della navigabilità (*Continuing Airworthiness Management Organisation – CAMO*) ai sensi dell'appendice I (parte M) del regolamento europeo 1321/2014³⁷. Il personale di Ju-Air necessario per ottenere l'approvazione come CAMO coincideva con le persone impiegate nelle due aziende di manutenzione.

Ulteriori indicazioni sulla CAMO, in particolare sulla definizione delle corrispondenti procedure e sulla qualifica del personale impiegato, si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.17.3 Imprese di manutenzione

Ju-Air disponeva di un'approvazione come organizzazione di manutenzione ai sensi dell'appendice II (parte 145) del regolamento europeo 1321/2014, il che le consentiva di effettuare interventi di manutenzione sui velivoli Ju 52/3m.

La manutenzione, le riparazioni e le revisioni complete dei motori venivano esternalizzate alla ditta Naef Flugmotoren AG, la cui officina era situata nello stesso edificio di Ju-Air. Anche la ditta Naef Flugmotoren AG disponeva di un'approvazione come organizzazione di manutenzione ai sensi dell'appendice II (parte 145) del regolamento europeo 1321/2014.

Ulteriori indicazioni sull'organizzazione della manutenzione, in particolare sulla definizione delle corrispondenti procedure e sulla qualifica del personale impiegato, si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.17.4 Autorità di sorveglianza

1.17.4.1 Organizzazione

L'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) è l'autorità nazionale di sorveglianza sull'aviazione civile in Svizzera, competente anche per la strategia e la politica aeronautica, sempre che questi compiti non siano svolti dall'EASA, l'autorità sovranazionale per l'aviazione civile. L'UFAC, che fa capo al Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC), garantisce che l'aviazione civile in Svizzera presenti un elevato livello di sicurezza e persegua uno sviluppo sostenibile.

Nel quadro della presente inchiesta di sicurezza, per la loro influenza nell'ambito dell'incidente sono state coinvolte prevalentemente le divisioni «Sicurezza tecnica» e «Sicurezza delle operazioni di volo».

Ulteriori indicazioni sull'organizzazione e sui compiti dell'UFAC si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.17.4.2 Attività d'ispezione in ambito tecnico

Nei documenti relativi alle cinque ispezioni sulla navigabilità svolte a partire dal 2010 sul velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, l'Ufficio federale dell'aviazione civile non ha riportato alcuna contestazione né commento.

In occasione di audit nelle aziende di manutenzione l'UFAC ha riscontrato occasionalmente delle carenze puntualmente contestate, e ha richiesto all'impresa toccata che venissero colmate. Le aziende di manutenzione si sono adeguate a queste disposizioni dell'UFAC solo in parte e quindi al successivo audit l'UFAC ha

³⁷ Regolamento (EU) 1321/2014 della Commissione del 26 novembre 2014 sul mantenimento dell'aeronavigabilità di aeromobili e di prodotti aeronautici, parti e impianti, nonché sull'approvazione delle organizzazioni e del personale autorizzato a tali mansioni.

nuovamente contestato le carenze. Nonostante l'ennesima contestazione in alcuni casi le carenze non sono state colmate.

L'organizzazione per la gestione del mantenimento della navigabilità (CAMO) non soddisfaceva i relativi processi di garanzia della qualità. L'UFAC contestò alcuni punti in merito ai processi e al personale, le mancanze dovute all'assenza di meccanismi di controllo non furono tuttavia identificate.

Presso l'UFAC mancavano da tempo le competenze relative ai motori a pistoni.

I dettagli sull'attività di sorveglianza tecnica dell'UFAC si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.17.4.3 Autorizzazione ad operare

L'impresa di trasporto aereo disponeva di un manuale d'esercizio (*Operations Manual – OM*) composto dalle parti A fino a D, come da prassi per un operatore nel trasporto aereo commerciale. L'Ufficio federale dell'aviazione civile aveva autorizzato le procedure sottostanti autorizzazione. Questi principi operativi poggiavano sulle disposizioni del regolamento europeo 965/2012³⁸, applicabili direttamente anche in Svizzera.

All'interno dell'UFAC vigevano interpretazioni divergenti sul motivo per cui era possibile deviare dai requisiti del regolamento europeo 965/2012. Da un lato, si riteneva che questi requisiti si applicassero solo alle operazioni di traffico aereo in base alle regole del volo strumentale, D'altro canto, si riteneva che le norme applicabili alle operazioni di volo commerciali non avrebbero adeguatamente tenuto conto delle peculiarità nell'impiego in volo a vista di grossi aeroplani storici e dunque la Svizzera potesse ritagliarsi una certa flessibilità nell'applicazione delle stesse. L'UFAC, secondo proprie indicazioni, non documentò però nella forma adatta queste deviazioni, e non mise al corrente le istanze europee. Nei documenti di Ju-Air non si trovano conseguentemente degli espliciti permessi per deviare dalle regole in questione. In questo senso, la deviazione dalle regole per le quote minime di volo per i voli commerciali da parte di Ju-Air, come pure la deviazione da altri requisiti secondo il regolamento europeo 965/2012 venivano tollerate dall'UFAC.

I dettagli sull'autorizzazione ad operare si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.17.4.4 Sorveglianza delle operazioni

La sorveglianza operativa dell'UFAC era composta da audit, voli di ispezione e ispezioni di rampa.

Nei sei anni precedenti il volo dell'incidente, l'Ufficio federale dell'aviazione civile ha svolto in cinque giornate complessivamente sei ispezioni di rampa non annunciate su un velivolo Ju-52 di Ju-Air in aerodromi svizzeri. Durante queste ispezioni i collaboratori dell'UFAC, oltre alle licenze dell'equipaggio di volo e ai documenti del velivolo, hanno verificato anche il calcolo del peso e il centraggio effettuati dell'equipaggio di volo. Come ha dimostrato l'inchiesta, il calcolo del peso e centraggio di questi voli presentava errori. Ad esempio sui piani di volo operativi sono state utilizzate masse a vuoto (*Basic Empty Mass – BEM*) non corrette, facilmente ricavabili dalle schede della pesata nel manuale di volo presente sul velivolo. In

³⁸ Regolamento (UE) n. 965/2012 della Commissione del 5 ottobre 2012 che stabilisce i requisiti tecnici e le procedure amministrative per quanto riguarda le operazioni di volo ai sensi del regolamento (CE) n. 216/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio.

occasione di tali ispezioni di rampa questi errori nel calcolo del peso e centraggio non sono mai stati contestati.

Oltre agli audit, gli ispettori delle operazioni di volo dell'UFAC hanno svolto anche dei voli con equipaggi di Ju-Air, partecipando perlopiù a singole verifiche periodiche delle prestazioni effettuate dall'impresa di trasporto aereo in primavera. Questi voli sono stati effettuati senza passeggeri e non erano comparabili con le rotte utilizzate nelle operazioni di volo commerciale, in quanto solitamente svolti nello spazio circostante l'aerodromo, senza raggiungere le montagne. Nei dieci anni precedenti l'incidente, solamente il 13 settembre 2016 un ispettore dell'Ufficio federale dell'aviazione civile ha partecipato a un volo con passeggeri. L'analisi dei corrispondenti dati mostra che durante questo volo più volte sono stati attraversati dei crinali volando decisamente sotto alla quota di sorvolo in sicurezza di 1000 ft AGL (300 m.s.l.m). Inoltre l'avvicinamento alle creste avvenne ad angolo retto o in salita. La scelta di questo tipo di traiettoria di volo era in evidente contrasto con le linee direttive redatte dall'UFAC per il volo nelle Alpi, come pubblicate nel manuale delle informazioni aeronautiche (*Aeronautical Information Publication – AIP*), VFR-Guide RAC 6-3 (cfr. capitolo [A1.17.6.2.2](#)). Questo volo è stato giudicato dall'ispettore dell'Ufficio federale dell'aviazione civile presente a bordo come impeccabile sotto ogni punto di vista. Anche gli evidenti errori nel calcolo del peso e centraggio non sono stati contestati.

Negli anni precedenti l'incidente l'Ufficio federale dell'aviazione civile è stato sottoposto ad audit dall'autorità sovranazionale di sorveglianza EASA. Nel corso di questi audit l'EASA è giunta alla conclusione che l'entità delle attività di sorveglianza dell'UFAC non garantiva un esame approfondito della conformità alle regole tra gli operatori sottoposti a vigilanza. Nell'ambito dell'inchiesta sono state osservate manchevolezze simili in rapporto all'attività di sorveglianza verso Ju-Air. L'incisività delle misure attuate a seguito dei risultati degli audit (Aumento della durata e del numero degli audit e delle ispezioni in volo) non ha potuto essere riscontrata per la sorveglianza di Ju-Air e delle imprese di manutenzione.

Ulteriori dettagli sull'attività di sorveglianza operativa, in particolare anche sugli audit dell'UFAC, si trovano nell'allegato [A1.17](#).

1.18 Informazioni supplementari

Una selezione dei voli di Ju-Air valutati dal SISI dopo l'incidente e informazioni su questi accertamenti sulle operazioni di volo si trovano nell'allegato [A1.18](#).

1.19 Metodi di indagine utili o efficaci

Nell'ambito di questa indagine si sono rivelati particolarmente utili ed efficaci i seguenti metodi d'indagine:

- messa in sicurezza, lettura e valutazione di supporti dati non resistenti agli urti e pertanto parzialmente danneggiati di telefoni cellulari e videocamere degli occupanti il velivolo;
- valutazione delle caratteristiche del suono dei motori per l'analisi del numero di giri e del loro stato partendo da riprese video;
- valutazione fotogrammetrica di immagini e riprese video dall'interno del velivolo e di persone a terra per determinare le posizioni nello spazio, gli angoli di assetto e gli svolgimenti temporali.

Indicazioni dettagliate sui metodi d'indagine utilizzati si trovano nell'allegato [A1.19](#).

2 Analisi

2.1 Struttura dell'analisi

Per comprendere al meglio ciò che è accaduto durante il volo dell'incidente, vengono innanzitutto analizzate le prerogative umane e viene poi presentata la rilevanza delle prerogative tecniche, delle condizioni meteorologiche e operative. In seguito vengono illustrati l'incidente e le cause ad esso direttamente connesse. In una terza parte sono analizzati gli aspetti sistemici, ossia le cause più profonde che hanno fatto sì che potesse verificarsi questo incidente.

2.2 Condizioni quadro del volo dell'incidente

2.2.1 Prerogative umane

La carriera, formazione ed esperienza permettono di affermare senza alcun dubbio che i piloti A e B erano adeguatamente qualificati per il previsto volo da Locarno a Dübendorf con il velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, e disponevano delle necessarie conoscenze specialistiche.

Tutti i mezzi di prova, raccolti nell'ambito dell'inchiesta, dimostrano che i piloti A e B all'inizio del volo di ritorno verso Dübendorf erano riposati e in buone condizioni fisiche e psichiche. Il fatto che il 3 agosto 2018 l'equipaggio di volo avesse volato nella Svizzera settentrionale con un velivolo a motore, e che al mattino del 4 agosto 2018 il pilota B avesse effettuato diversi voli circolari da Dübendorf con altri Junkers Ju 52 dell'impresa di trasporto aereo, non influisce in alcun modo sull'incidente.

2.2.2 Prerogative tecniche

I approfonditi accertamenti tecnici hanno dimostrato che il velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, presentava diversi limiti tecnici. Ad esempio tutti e tre i motori radiali a nove cilindri del tipo BMW 132 A3 non raggiungevano più il numero di giri prescritto dal costruttore. È stato inoltre dimostrato che le prestazioni di volo previste dalle istruzioni operative del tipo di aeromobile non potevano più essere raggiunte. Inoltre, durante l'ispezione del velivolo HB-HOT sono state riscontrate numerose anomalie tecniche, quali danni da corrosione sulla struttura del velivolo. Infine, sono state riscontrate carenze nella manutenzione di diversi elementi costruttivi oppure sostituzioni con parti costruite successivamente che presentavano difetti qualitativi. Da queste numerose carenze tecniche si può concludere che, quando è iniziato il volo dell'incidente, il velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, non era né materialmente né formalmente atto al volo. Tuttavia, le anomalie tecniche riscontrate sul velivolo non hanno prodotto alcun effetto dimostrabile sull'incidente. Non vi è alcuna indicazione che questi difetti abbiano influenzato le azioni e le decisioni dell'equipaggio di volo; lo dimostra anche il fatto che esso il giorno prima aveva volato con l'aereo da Dübendorf a Locarno senza alcuna contestazione. Nelle settimane e nei mesi precedenti l'incidente anche altri equipaggi di volo non hanno presentato reclami rilevanti riguardo al velivolo HB-HOT. Questo porta alla conclusione che gli equipaggi di volo si erano abituati alle limitate caratteristiche di volo e che gli altri difetti non potevano essere da loro rilevati. Tuttavia, le condizioni tecniche non ordinarie del velivolo HB-HOT e le sue limitate prestazioni di volo costituiscono fattori di rischio (*factor to risk*) che dovrebbero essere eliminati in futuro per i velivoli dello stesso tipo.

2.2.3 Condizioni meteorologiche

Le previsioni meteorologiche che l'equipaggio di volo ha potuto consultare prima del volo non hanno evidenziato condizioni meteorologiche eccezionali o particolar-

mente difficili. Come è emerso dall'inchiesta, le condizioni meteorologiche incontrate durante il volo sono state in gran parte in linea con le previsioni. Almeno il pilota B aveva già volato da Dübendorf al mattino e si era confrontato con la situazione meteo. Entrambi i piloti avevano già attraversato la cresta principale delle Alpi con un aereo leggero poco prima del volo dell'incidente. In relazione alla sua grande esperienza, si può concludere che l'equipaggio di volo avesse una sufficiente conoscenza della situazione meteorologica in quel momento. Doveva essere chiaro all'equipaggio di volo che aree locali caratterizzate da rovesci o temporali potevano essere aggirate senza problemi. Le condizioni meteorologiche erano adatte per un volo a vista sulle Alpi e consentivano diverse rotte sicure per un volo da Locarno a Dübendorf. Sia sulla base delle previsioni, sia in considerazione delle effettive condizioni meteorologiche, sarebbe stato possibile anche un rientro in Ticino in qualsiasi momento. Il tempo lungo il percorso non riservava sorprese ed era di facile valutazione. Inoltre, non c'è dubbio che i piloti, esperti e ben addestrati, fossero consapevoli del fenomeno dell'altitudine di densità relativamente alta con temperature estive elevate. Nonostante, come detto sopra, il velivolo non offrisse più le prestazioni comprovate dal costruttore, le temperature prevalenti di quel giorno non rappresentavano una limitazione critica per il volo in programma.

2.2.4 Prerogative operative

Il 4 agosto 2018 l'equipaggio di volo si è incontrato all'aerodromo di Locarno circa un'ora e mezza prima del decollo verso Dübendorf. C'era quindi tempo sufficiente per la preparazione del velivolo e la pianificazione del volo. Nell'ambito della preparazione del volo, il piano di volo operativo (*Operational Flight Plan*) prevedeva anche il calcolo del peso e centraggio. I piani di volo operativi ritrovati dopo l'incidente, sia per il volo da Dübendorf a Locarno del 3 agosto 2018 sia per il volo coinvolto nell'incidente, mostrano che l'equipaggio di volo ha effettuato il calcolo del peso e centraggio in modo incompleto e non corretto. Inoltre, non è stato possibile ritrovare alcuna prova di calcolo o almeno una stima delle prestazioni di volo al decollo, nel volo di crociera e all'atterraggio. Come ha dimostrato l'inchiesta, gli equipaggi di volo della Ju-Air hanno spesso omesso di effettuare questo tipo di calcolo prima del volo, nonostante fosse prescritto nei manuali dell'impresa di trasporto aereo. È quindi ipotizzabile che anche i due piloti A e B si fossero abituati al mancato rispetto di questi requisiti operativi e che la preparazione del volo fosse quindi incompleta. Nel volo dell'incidente non sono stati rispettati i requisiti sovranazionali previsti per il decollo e il volo di crociera per quanto riguarda la corsa disponibile per il decollo, il rateo di salita e la separazione dagli ostacoli.

Nel caso in esame, è stato dimostrato che il velivolo è stato operato con una massa inferiore alla massa massima ammissibile in volo, sia sul volo di andata del 3 agosto 2018 che sul volo dell'incidente del 4 agosto 2018. Per quanto riguarda invece il centraggio del velivolo, su entrambi i voli era più arretrato rispetto al corrispondente limite specificato dal costruttore. Va notato che l'equipaggio di volo, se avesse calcolato correttamente la massa e il centraggio utilizzando la documentazione a disposizione o il software di pianificazione del volo utilizzato da Ju-Air, non sarebbe stato in grado di rilevare che il centraggio era dietro al limite consentito. Le ragioni sono da ricondurre a dati iniziali errati e a una progettazione inadeguata del software di pianificazione del volo. Queste carenze rappresentano un fattore sistemico contributivo all'incidente.

2.3 Volo dell'incidente

2.3.1 Aspetti operativi

Il 4 agosto 2018, dopo la partenza da Locarno, il volo del velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, si è svolto dapprima senza alcun evento sopra la Riviera e la Valle di Blenio in direzione della piana della Greina. La zona di silenzio del paesaggio nell'area della piana della Greina designata nella carta aeronautica come «*zona da evitare*» è stata sorvolata a un'elevazione dal suolo tra 120 e 300 m, il che fa intuire un comportamento poco rispettoso verso questa zona da parte dell'equipaggio di volo. In merito va osservato che già negli anni precedenti l'incidente erano stati presentati reclami dalla popolazione per velivoli di Ju-Air che avevano attraversato a bassa quota zone di protezione della selvaggina. Di conseguenza l'Ufficio federale dell'aviazione civile aveva sollecitato l'impresa di trasporto aereo ad adottare adeguate misure di sensibilizzazione e formazione, che evidentemente, perlomeno sui piloti A e B, non avevano prodotto alcun effetto.

Alcuni minuti dopo, nella regione di Ilanz, il velivolo ha attraversato la regione di Surselva seguendo una rotta in direzione nord-est ed ha dapprima eseguito una virata relativamente stretta a sinistra. Questa manovra è stata effettuata sopra Ruschein (GR), dove viveva una conoscente dell'assistente di volo. Pochi minuti prima dal suo cellulare l'assistente di volo ha inviato alla conoscente un messaggio di testo in cui comunicava che di lì a poco lo Ju 52 avrebbe sorvolato Ruschein. È quindi ovvio che la manovra di volo, che si poteva ben notare anche da terra, è stata una conseguenza di questa comunicazione.

In questa fase l'HB-HOT si trovava in un volo di salita e sopra alla zona di Nagens ha raggiunto i 2833 m s.l.m., ossia l'altitudine più elevata durante il suo ultimo volo.

È emerso che poco dopo aver superato il Berghaus Nagens l'equipaggio di volo ha condotto l'aereo ad una velocità che per molto tempo è stata di soli 140 km/h circa rispetto al suolo. Considerando il vento contrario presente in questa fase, l'aereo procedeva ad una velocità di volo vera di circa 180 km/h. Ciò significa che la velocità di volo durante l'avvicinamento alla conca a sud-ovest del Piz Segnas era superiore di circa il 44 % rispetto alla velocità di stallo. Poiché durante il volo si era già verificata una turbolenza e per l'attraversamento del passo era necessaria una virata, in combinazione con una velocità di stallo superiore questo margine di sicurezza era troppo esiguo. Inoltre, già in questa fase il velivolo presentava un'elevazione tendenzialmente ridotta, inferiore a 200 m rispetto al passo del Segnas, il che, unitamente a questa bassa velocità, rappresentava una condizione iniziale rischiosa per l'ulteriore andamento del volo.

Nonostante il temporaneo aumento della velocità di 50 km/h fino a circa 230 km/h di velocità vera questa situazione non è migliorata, poiché questo aumento di velocità non derivava da un aumento della potenza, ma da un leggero volo di discesa di circa 80 metri, che ha ridotto l'altezza del velivolo rispetto al passo del Segnas a circa 115 metri. Il passo costituiva il punto più basso della catena montuosa che delimitava la conca. A causa della stretta topografia di questo passaggio, per un attraversamento sicuro della cresta, la scelta della rotta doveva tenere in conto elevazioni del terreno decisamente superiori rispetto alla quota del passo.

Attraverso un aumento della potenza di tutti e tre i motori di circa 40 giri al minuto, il velivolo è risalito di 25 metri fino a 2767 m s.l.m., presentando così di nuovo un'altezza di 140 m rispetto al passo del Segnas. Contemporaneamente tuttavia, la velocità vera dell'HB-HOT è scesa a circa 200 km/h e il vento contrario presente si è costantemente ridotto.

L'analisi della potenza e dei giri dei tre motori dimostra che questi erano regolabili e che il velivolo reagiva correttamente alle variazioni di potenza. Non sono stati raggiunti né il numero di giri massimo consentito dei motori né quello massimo possibile in considerazione delle limitazioni tecniche dimostrate. Da ciò si può concludere che nonostante l'altitudine di densità relativamente alta e le carenti condizioni dei motori rimaneva ancora una riserva di potenza.

L'analisi delle escursioni degli alettoni e della reazione del velivolo a questi comandi prova che il velivolo anche in questa fase era controllabile e reagiva di conseguenza.

Poco dopo l'HB-HOT entrava nella conca a sud-ovest del Piz Segnas e da quel momento è stato condotto dall'equipaggio di volo all'incirca nel centro della stessa con una rotta in direzione nord-nordest. Scegliendo questa rotta l'equipaggio di volo voleva possibilmente dare ai passeggeri una buona visuale sulla famosa particolarità geologica del Martinsloch. A causa della ridotta elevazione e del passaggio stretto nella conca, a quel punto non era più possibile effettuare una virata di inversione sicura o scegliere un'altra rotta se non quella sopra il crinale del passo del Segnas. Fa parte dei principi elementari del volo in montagna avere sempre la possibilità di effettuare una rotta di volo alternativa o una virata di inversione. Non garantendo queste condizioni di sicurezza, e considerata la bassa elevazione rispetto al passo da sorvolare, l'equipaggio di volo ha creato una situazione ad alto rischio, che non tollerava altri errori, perturbazioni o influssi dall'esterno. In tal modo questo tipo di condotta del volo rappresenta una condizione causale per l'ulteriore svolgimento dell'evento.

Come mostrano la ricostruzione della rotta e le condizioni del vento, passando accanto ai Tschingelhörnern il velivolo ha iniziato a perdere quota per alcuni secondi a causa di venti discendenti, che presentavano una velocità verticale da 2 a 5 m/s. Questo tipo di venti discendenti in questa area della conca sono stati provati dagli approfonditi accertamenti meteorologici e costituiscono un fenomeno non straordinario in montagna.

Come provano le riprese video, durante questa perdita di quota e quando il velivolo si trovava all'incirca al traverso rispetto al Martinsloch, l'equipaggio di volo ha iniziato una virata a destra e ha poi effettuato un cambio di virata a sinistra. In questa fase la velocità vera era di circa 180 km/h e durante la virata a destra la differenza tra l'angolo di assetto longitudinale e l'angolo della traiettoria di volo è salito a circa 15 gradi.

In questa fase la potenza dei motori è stata leggermente ridotta; le caratteristiche della modalità di regolazione suggeriscono che l'equipaggio di volo stesse per sincronizzare i tre motori. Contemporaneamente aumentava continuamente l'angolo di assetto longitudinale del velivolo e la traiettoria di volo diventava sempre più ripida rispetto al basso.

È pensabile che, impegnato nella gestione dei motori e con una prospettiva che rendeva difficoltoso un facile riconoscimento della perdita di quota, l'equipaggio di volo abbia inconsapevolmente aumentato l'angolo di assetto longitudinale al fine di compensarlo (cfr. Figura 21). Inoltre questo processo è stato favorito dalla posizione del centraggio al di fuori del limite posteriore che ha reso il velivolo più instabile intorno all'asse trasversale, rappresentando così un fattore che ha direttamente contribuito all'incidente.

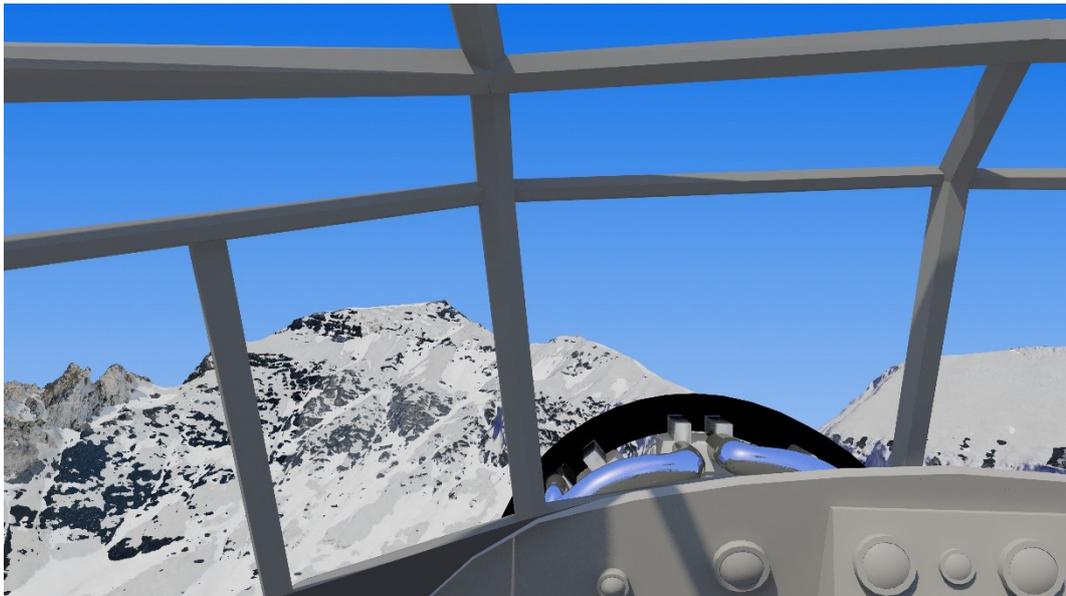


Figura 21: vista ricostruita dalla posizione del comandante dell'HB-HOT al punto F9. In direzione dello sguardo si trova il Piz Segnas. Raffigurata con il modello semplificato del velivolo e il modello tridimensionale del terreno. La mancanza di punti visibili dietro la prima linea dell'orizzonte rende difficoltoso riconoscere la perdita di quota dovuta al vento discendente.

A questo punto il velivolo presentava una velocità di discesa di 6 m/s, in continuo aumento, che dall'analisi di assetto di volo, velocità e condizioni del flusso nella conca a sud-ovest del Piz Segnas non era più attribuibile a un vento discendente. A causa dell'elevato angolo di assetto longitudinale e della traiettoria di volo rivolta nettamente verso il basso è inoltre da escludere che il volo di discesa sia stato indotto dall'equipaggio di volo attraverso il timone di profondità. Si può piuttosto concludere che il velivolo si trovasse in una condizione di volo in cui si è verificata la separazione del flusso d'aria perlomeno parziale sull'ala portante. In merito va osservato che uno stallo aerodinamico si verifica indipendentemente dalla velocità, nel momento in cui viene superato l'angolo d'incidenza critico del profilo alare.

Questo distacco dei filetti d'aria (*stall*) può essere descritto nel seguente modo: l'HB-HOT è stato portato dapprima in un volo di discesa in una corrente discendente. Il volo di discesa in una corrente discendente, compensato parzialmente da un crescente angolo di assetto longitudinale, ha creato una condizione di volo vicina all'angolo d'incidenza massimo. Con questo assetto di volo era sufficiente un ulteriore aumento dell'angolo d'incidenza all'ingresso di una corrente ascendente più o meno forte, per causare uno stallo aerodinamico, perlomeno parziale. In una condizione di vento discendente continuo o in lenta diminuzione, questo sviluppo non sarebbe stato atteso. Le condizioni di flusso rilevate nella conca indicano che il velivolo è passato da una zona di vento discendente a una zona di corrente ascendente. È bastato un cambio della componente verticale del vettore vento da 2 a 5 m/s discesa a 3 o 0 m/s di salita per far superare l'angolo d'incidenza critico (cfr. Figura 22 e Figura 23). Come hanno mostrato sia le misurazioni che il calcolo del flusso, erano senz'altro possibili anche valori di variazione superiori. Simili condizioni di turbolenza non sono insolite in montagna e rappresentano un rischio se si vola in prossimità del suolo.



Figura 22: volo stazionario in una zona di vento discendente. Nero: asse longitudinale del velivolo, tratteggio nero: riferimento orizzontale; verde: corda del profilo alare; vettore giallo: vettore di movimento del velivolo in riferimento alla zona di vento discendente; vettore azzurro: vettore del vento discendente; vettore rosso: traiettoria di volo, ossia vettore di movimento risultante del velivolo nello spazio; angolo viola: angolo di assetto longitudinale – angolo tra il riferimento orizzontale e l'asse longitudinale del velivolo; angolo rosso: angolo della traiettoria di volo – angolo tra il riferimento orizzontale e la tangente alla traiettoria di volo; angolo giallo: angolo d'incidenza – angolo tra il vento relativo, che corrisponde all'opposto del vettore di movimento relazionato alla zona di vento discendente, e la corda del profilo alare.

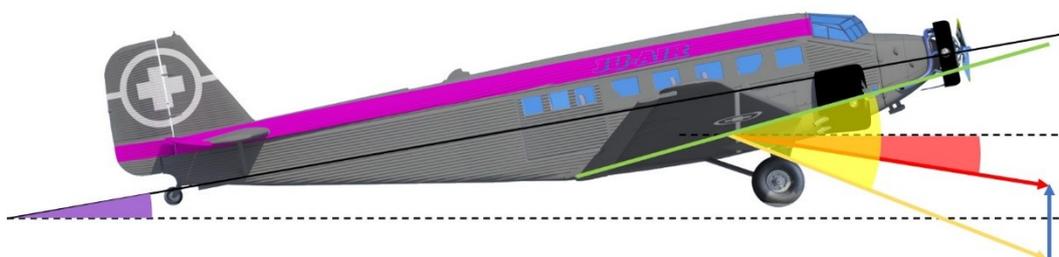


Figura 23: ingresso da una zona di vento discendente in una zona di corrente ascendente. A causa dell'inerzia del peso del velivolo, il vettore della traiettoria di volo (rosso) rimane per breve tempo il medesimo; vettore azzurro: vettore della corrente ascendente; vettore giallo: vettore di movimento del velivolo in riferimento alla corrente ascendente. L'angolo d'incidenza (giallo) aumenta notevolmente. Nero: asse longitudinale del velivolo; tratteggio nero: riferimento orizzontale; verde: corda del profilo alare; angolo viola: angolo di assetto longitudinale – angolo tra il riferimento orizzontale e l'asse longitudinale del velivolo; angolo rosso: angolo della traiettoria di volo – angolo tra il riferimento orizzontale e la tangente alla traiettoria di volo; angolo giallo: angolo d'incidenza – angolo tra la direzione del flusso, che corrisponde al vettore di direzione opposto al movimento relazionato alla zona di corrente ascendente, e la corda del profilo alare.

I principi elementari del volo in montagna prevedono inoltre, in caso di condizioni di turbolenza e all'avvicinarsi al suolo, la necessità di aumentare la velocità e quindi l'energia del velivolo per evitare che a causa di tagli del vento si generi uno stallo aerodinamico, anche se perlopiù di breve durata. In questi frangenti occorre inoltre fare attenzione che il velivolo non sia sovrasollecitato da raffiche o deflessioni dei timoni. La velocità di manovra facilmente calcolabile risulta dunque quella ottimale. In questa fase il velivolo HB-HOT, incontrando il taglio del vento, presentava una velocità vera di circa 180 km/h, che in quelle condizioni era di 55 km/h o del 44 % superiore alla velocità di stallo. Una simile riserva di velocità è troppo esigua in caso di usuali turbolenze in montagna.

È provato che l'equipaggio di volo non ha utilizzato la riserva di potenza disponibile dei motori per raggiungere in modo conseguente una velocità nell'ambito della velocità di manovra, che in quelle condizioni quadro corrispondeva a una velocità vera di 197 km/h. Se non si riesce a raggiungere la velocità di manovra nel volo orizzontale, il che è possibile nei velivoli con un rapporto peso/potenza relativamente sfavorevole, essa deve essere perseguita nel volo di discesa. Questo a sua

volta presuppone che precedentemente sia stata creata in via prudenziale una sufficiente riserva di quota. In ogni caso nel volo in montagna è indispensabile prestare la massima attenzione per mantenere uno stato di energia sicuro del velivolo.

Nel presente caso l'equipaggio di volo non ha rispettato questo importante principio, il che è dimostrato anche dal fatto che, quando il velivolo si muoveva troppo basso e lento nella conca, l'equipaggio ha ulteriormente ridotto la potenza dei tre motori. Pertanto la scelta di una velocità bassa, e quindi rischiosa per rapporto alla traiettoria di volo, rappresenta un altro fattore causale per il verificarsi dell'incidente.

Inoltre le riprese video mostrano che durante questa condizione di volo, simile a un regime di volo pre-stallo, l'inclinazione verso sinistra è aumentata costantemente. Quando questa ha raggiunto i 30 gradi, si è verificata una deflessione correttiva dell'alettone sinistro verso il basso, dapprima ridotta e poi marcata, che mirava a ottenere un momento di rollio verso destra o a contrastare il rollio. Da ciò si può dedurre che l'equipaggio di volo volesse stabilizzare la virata a sinistra con un'inclinazione costante e probabilmente non avesse ancora realmente percepito il sopravvenuto stallo aerodinamico. In questo momento il velivolo si trovava a 2725 m s.l.m., presentando così un'elevazione di ancora 100 m rispetto al passo del Segnas.

Tuttavia il movimento di rollio verso sinistra non rallentava e l'inclinazione laterale aumentava ulteriormente. A questo punto gli alettoni sono stati portati in posizione neutra e deflessi leggermente in una posizione per ottenere una virata a sinistra. Contemporaneamente il muso del velivolo ha iniziato a rivolgersi verso il basso. Questa sequenza si lascia spiegare nel seguente modo:

- è provato che in questa fase il velivolo si trovava in una condizione di volo non più controllabile, rispettivamente nella quale il rollio verso sinistra non poteva, perlomeno momentaneamente, essere interrotto;
- il rollio non controllato del velivolo si è verificato perché sull'ala sinistra, posta sul lato interno della virata, il flusso laminare dell'aria si era distaccato – perlomeno in misura maggiore rispetto all'ala destra, il che ha portato a una distribuzione asimmetrica della portanza. Anche il flusso turbolento può aver prodotto un effetto asimmetrico. In questo modo l'ala destra ha generato una maggiore portanza rispetto all'ala sinistra, facendo continuare il rollio del velivolo verso sinistra;
- gli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air sono noti per il fatto che in uno stallo aerodinamico durante il volo in virata si adagiano sul lato interno della virata, il che comporta l'ulteriore aumento dell'inclinazione del velivolo nonché la riduzione dell'angolo di assetto longitudinale e del raggio della virata;
- per mettere fine allo stallo aerodinamico e riportare sotto controllo il velivolo che si sta inclinando, bisogna ridurre l'angolo d'incidenza. A tale scopo va ridotta la deflessione del timone di profondità e gli alettoni devono essere portati in posizione concordante con l'inclinazione. Non bisogna mai tentare di fermare il rollio con movimenti discordanti degli alettoni, poiché con l'allettone sull'ala posta all'interno della virata deflesso verso il basso, aumenta ulteriormente l'angolo d'incidenza, ed è difficile che il flusso dell'aria aderisca nuovamente all'ala;
- nel presente caso i piloti esperti hanno reagito in maniera corretta, cercando con evidenza di riprendere il controllo del velivolo riportando i comandi di volo in direzione del movimento di inclinazione.

In questo modo è stata avviata la procedura per riprendere il controllo del velivolo che tuttavia, a causa della ridotta distanza rispetto al suolo, non poteva più essere portata a termine con successo, come ha dimostrato la relativa simulazione.

Le sequenze di meccanica del volo fino alla collisione del velivolo al suolo possono essere spiegate nel modo seguente: come provano le riprese video effettuate nel velivolo, durante la traiettoria di volo che diventava sempre più ripida si sono manifestate oscillazioni aeroelastiche (*buffeting*) a bassa frequenza del velivolo, indici di un'ulteriore separazione del flusso dell'aria dell'ala o dell'impennaggio orizzontale. L'ultima fotografia del velivolo prima dell'impatto mostra che le ali erano meno flesse verso l'alto rispetto al volo in linea retta e il timone di profondità era orientato verso l'alto di circa la metà della deflessione completa. Il timone di direzione era leggermente deflesso verso destra. In quel momento il velivolo si trovava a 108 metri dal suolo. Poco più di due secondi dopo, dopo un movimento di rollio di altri 186° a sinistra in un assetto di volo verticale e con una traiettoria di volo quasi verticale, il velivolo si è schiantato al suolo a una velocità di circa 200 km/h. Anche questi valori indicano che durante il processo di ripresa del controllo a una velocità tra 170 e 200 km/h, l'angolo d'incidenza critico era stato nuovamente superato attraverso uno stallo dinamico (*accelerated stall*). Inoltre, al momento in cui è stata scattata l'ultima fotografia dell'HB-HOT, risulta chiara una marcata distribuzione della spinta ascensionale unilaterale, che nella fase finale del volo ha portato a un rateo di rollio di circa 90° al secondo.

Sia l'analisi dei rumori dei motori sia l'analisi forense degli elementi di comando dei motori mostrano che durante l'ultima fase del volo il limitatore del massimo della manetta era attivato. Ciò significa che l'equipaggio di volo non aveva più portato i motori alla massima potenza possibile.

2.3.2 Aspetti umani

Di seguito vengono raffrontate le azioni dell'equipaggio di volo con i principi del volo in montagna generalmente riconosciuti.

Dalle sequenze illustrate risulta chiaro che l'equipaggio di volo ha condotto il velivolo nella conca a sud-ovest del Piz Segnas con una modalità avente le seguenti caratteristiche:

- entrando nella conca, a causa della rotta all'incirca al centro della stessa, non era più possibile effettuare in modo sicuro una virata di inversione oppure scegliere una rotta diversa da quella passante sopra il passo del Segnas;
- l'altezza ridotta rispetto al passo del Segnas durante l'avvicinamento al passo avrebbe necessariamente comportato un attraversamento della catena montuosa a bassa quota, poiché l'equipaggio di volo non aveva scelto un volo di salita.

Pertanto la rotta scelta era in contraddizione con i principi elementari del volo in montagna, appresi da ogni pilota già nel corso della formazione di base. Una delle regole fondamentali in questo ambito è che durante l'intero volo devono sempre esserci una o più vie d'uscita nel caso subentri una situazione imprevista. Concretamente significa che deve esistere sempre uno spazio di manovra sufficiente per una virata di inversione oppure una rotta alternativa, se ad esempio il velivolo trova condizioni di vento discendente, si verifica un problema tecnico oppure si incontrano improvvisamente degli ostacoli quali nuvole o altri aeromobili. Inoltre nel volo in montagna è decisivo mantenere una distanza sufficiente dal suolo. Le turbolenze, o addirittura correnti a forma di rotore sono marcate soprattutto sotto le creste: di conseguenza i relativi rischi possono essere ridotti mantenendo una distanza sufficiente dalla montagna. È generalmente riconosciuto che la distanza

minima di 150 m dal suolo prevista dalla legge per il sorvolo di aree non abitate, non sia sufficiente per un volo sicuro in montagna. Anche sulla carta aeronautica della Svizzera per le rotte principali sulle Alpi è indicata un'elevazione minima di 300 m al di sopra dell'altezza del passo da sorvolare. L'esperienza dimostra tuttavia che, a seconda della combinazione tra topografia e condizioni meteorologiche, per un volo sicuro in montagna vanno rispettate elevazioni minime ancora maggiori.

Di seguito si entra nel merito per quale motivo i due piloti, molto esperti e adeguatamente formati, abbiano condotto il velivolo nella conca a sud-ovest del Piz Segnas in modo così altamente rischioso, creando in questa maniera le prerogative per il verificarsi dell'incidente.

L'indagine ha dimostrato al di là di ogni dubbio che i due piloti conoscevano i suddetti principi elementari del volo in montagna e quindi non si sono trovati in questa situazione per mancanza di conoscenze. Inoltre, si può escludere che i piloti siano stati ingannati circa la loro reale altitudine da un'errata indicazione dell'altimetro al momento dell'ingresso nella conca. Le registrazioni video dei display dell'altimetro durante il volo dimostrano che gli altimetri sono stati impostati su una pressione dell'aria di riferimento corretta. Un confronto di queste indicazioni con l'altitudine effettiva volata, determinata attraverso i dati radar e le misurazioni fotogrammetriche, permette di concludere che gli altimetri hanno dato indicazioni corrette rispetto a questa pressione dell'aria di riferimento e che l'altitudine effettiva era maggiore di quella visualizzata sugli altimetri a causa dell'andamento della temperatura nell'atmosfera. Dai dati disponibili si può concludere che quando l'equipaggio è entrato nella conca ad una quota effettiva di 2750 m s.l.m., il cockpit mostrava una quota di circa 2650 m s.l.m. In qualità di ex piloti delle Forze aeree, i due avevano solide conoscenze geografiche e conoscevano le altitudini di tutti i principali passi alpini, essendo nozioni ampiamente trasmesse nel corso dell'addestramento dei piloti militari. Si può quindi ipotizzare che l'equipaggio di volo, anche senza l'utilizzo di una mappa, conoscesse l'altitudine di 2625 m s.l.m. del passo del Segnas situato lì di fronte. Questo a sua volta permette di concludere che l'ingresso nella conca è stato il risultato di una decisione consapevole. È anche possibile, tuttavia, che l'equipaggio non abbia nemmeno preso in considerazione gli altimetri, ma abbia deciso di volare nella conca solo sulla base di impressioni visive, come spesso accade nel volo in montagna.

Questo comportamento a rischio può essere ricondotto in ultima analisi anche alla combinazione di formazione aeronautica e allo sviluppo dei due piloti in seno alla cultura aziendale presso Ju-Air, che ha infine portato all'abituarsi a queste situazioni. Nei mesi e negli anni precedenti il volo dell'incidente sono stati documentati diversi voli critici in termini di sicurezza, durante i quali i piloti A e B, singolarmente o talvolta insieme, non hanno rispettato disposizioni di sicurezza e hanno violato norme:

- sul volo da Dübendorf a Locarno del 3 agosto 2018 il pilota B ha più volte condotto il velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, in modo rischioso vicino ai fianchi della montagna oppure ha volato al di sotto dell'altitudine minima di sicurezza;
- il 6 luglio 2018 il pilota A in qualità di pilota responsabile, insieme al pilota B in qualità di copilota, ha sorvolato sul velivolo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, l'area urbana di Monaco ad una quota notevolmente inferiore rispetto all'altitudine minima di sicurezza;
- i voli di Ju-Air analizzati tra aprile 2018 e il giorno dell'incidente dimostrano che il pilota A ha fatto parte dell'equipaggio in almeno sei voli in cui il velivolo

è stato condotto in modo altamente rischioso. In quattro di questi voli ha operato anche il pilota B;

- i voli di Ju-Air analizzati tra aprile 2018 e il giorno dell'incidente dimostrano che il pilota B ha fatto parte dell'equipaggio in almeno otto voli in cui il velivolo è stato condotto in modo altamente rischioso. In quattro di questi voli ha operato anche il pilota A;
- il 6 luglio 2013 il pilota B in qualità di comandante, insieme al pilota A in qualità di copilota, ha sorvolato con il velivolo omologo Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOP, il crinale del passo del Segnas in maniera altamente rischiosa. Nel volo di salita, senza che ci fosse la possibilità di una virata di inversione, si è avvicinato al crinale che ha poi attraversato con un'elevazione di soli 30 m.

In questi eventi si riconosce un filo rosso, ossia la tendenza dei due membri dell'equipaggio a non considerare vincolanti le regole per operazioni di volo in sicurezza oppure a correre gravi rischi inutilmente³⁹. Questo comportamento è comprovato anche da altri esempi, riportati nell'allegato [A1.5](#). Nello stesso allegato sono contenute altre possibili spiegazioni per le azioni osservate.

In sintesi si può affermare che nelle condizioni presenti il giorno dell'incidente si poteva sorvolare senza problemi ad una quota adeguata la conca a sud-ovest del Piz Segnas e raggiungere il versante nord delle Alpi sorvolando il crinale del passo del Segnas. Oltre a tutti gli accertamenti analitici che conducono a questa conclusione, ciò è corroborato anche dal fatto che circa un minuto prima dell'incidente dell'HB-HOT un allievo pilota e un istruttore di volo a bordo di un velivolo a motore del tipo Cessna C152 avevano attraversato senza problemi il crinale del passo del Segnas da sud a nord. Nel caso di specie, la traiettoria di volo laterale permetteva in ogni momento una inversione della rotta o un percorso di volo alternativo. Tuttavia, anche in questo caso, l'aereo era stato condotto ad una quota di volo sopra la cresta che non era conforme alle regole per un volo sicuro in montagna pubblicate nel manuale delle informazioni aeronautiche (*Aeronautical Information Publication* – AIP). L'equipaggio di volo dello Junkers Ju 52/3m g4e coinvolto nell'incidente era abituato in maniera comprovata a non seguire le regole riconosciute per operazioni di volo in sicurezza e a correre grandi rischi, il che lo ha portato a seguire la tattica di volo descritta. Questa abitudine rappresenta quindi un fattore che ha direttamente contribuito all'incidente.

2.4 Aspetti sistemici

2.4.1 In generale

Un'inchiesta di sicurezza approfondita non deve concentrarsi unicamente sulla determinazione delle cause dirette e dei fattori contributivi dell'incidente. L'analisi degli aspetti sistemici evidenzia solitamente il maggiore fabbisogno di azione, in particolare relativamente ai possibili miglioramenti della sicurezza. È il caso anche dell'incidente analizzato che ha condotto alla formulazione di diverse raccomandazioni di sicurezza e avvisi di sicurezza.

³⁹ Il *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge* dell'autorità dell'aviazione civile americana *Federal Aviation Administration* (FAA), 2016, descrive come segue un comportamento rischioso di quel tipo: Antiautoritario: questo comportamento si riscontra soprattutto nelle persone che malvolentieri accettano indicazioni dagli altri su come devono comportarsi. In un certo modo si dicono: «Nessuno può dirmi cosa devo fare». È possibile che si irritino quando qualcuno dà loro istruzioni su come devono comportarsi oppure considerano regole, prescrizioni e procedure stupide e inutili. Quando capiscono di essere nel torto si sentono in diritto di mettere in dubbio l'autorità.

2.4.2 Organizzazione e gestione delle operazioni di volo

2.4.2.1 Analisi della tattica di volo in montagna degli equipaggi di volo

Fino al momento dell'incidente l'impresa di trasporto aereo non ha svolto alcun tipo di analisi o sorveglianza delle proprie operazioni di volo sulla base di dati di volo reali. Al giorno d'oggi un simile *Flight Data Monitoring* viene spesso utilizzato nelle operazioni di volo commerciali al fine di ottenere un quadro realistico dell'esercizio e individuare così tempestivamente eventuali lacune e problemi.

Nel corso dell'indagine il SISI ha valutato i dati radar di 216 degli oltre 400 voli complessivamente svolti da Ju-Air da aprile 2018 fino al giorno dell'incidente. In particolare ha analizzato le procedure seguite dagli equipaggi nel volo in montagna in riferimento a una condotta del volo sicura: considerate le caratteristiche e lo stato tecnico dei velivoli di Ju-Air sono state classificate come altamente rischiose soprattutto le fasi di volo che hanno escluso per lungo tempo la possibilità di una virata di inversione o di una rotta di volo alternativa. Nel volo in montagna considerare solamente le altitudini minime di sicurezza non è sufficiente per valutare le situazioni rischiose: occorre sempre tenere conto anche del livello di energia e della disponibilità di potenza di un aeromobile. Per questo motivo anche nella valutazione dei voli è sempre stata condotta un'analisi della situazione generale.

Nell'ambito di questa valutazione dei voli sono state constatate numerose situazioni in cui i velivoli di Ju-Air in montagna erano condotti ad altezze inferiori a 300 metri dal suolo. In un'impresa di trasporto aereo attenta agli aspetti della sicurezza queste situazioni possono essere rilevate e analizzate, al fine di garantire una condotta del volo in montagna a basso rischio. Nel quadro di questa inchiesta tali eventi sono stati valutati solamente sotto un profilo statistico. Sono state invece esaminate nel dettaglio 44 situazioni riscontrate in 36 voli. In questi casi vi era un'elevata probabilità di incidente, poiché gli equipaggi di volo avevano corso rischi elevati.

L'analisi di queste situazioni nelle operazioni di volo di Ju-Air ha mostrato che spesso erano state scelte rotte di volo che, in caso di correnti ascendenti, discendenti o perturbazioni tecniche, non avrebbero più consentito una via d'uscita o un'inversione. Inoltre erano state scelte altitudini che in presenza di tali limitazioni non avrebbero quasi più offerto alcun margine di manovra. Infine è stato rilevato che spesso gli equipaggi di volo volavano molto vicino alle pareti rocciose e ai fianchi della montagna. In tal modo questi equipaggi di volo correvano sistematicamente dei rischi, altrimenti facilmente evitabili, mettendo in pericolo persone e materiale. Poiché non vi è alcun dubbio che gli equipaggi dell'impresa di trasporto aereo, esperti e ben qualificati, conoscessero i principi elementari del volo in montagna come pure le disposizioni aeronautiche generali per il volo a vista, in considerazione degli schemi della *Just Culture* applicati dall'impresa di trasporto aereo e dall'Ufficio federale dell'aviazione civile, questi comportamenti vanno catalogati come violazioni temerarie (*reckless violation*).

Dall'analisi della carriera degli equipaggi di volo, che dal punto di vista dell'inchiesta di sicurezza avevano violato le regole, emerge che, soprattutto gli equipaggi di volo con una formazione come piloti delle Forze aeree, spesso non rispettavano i principi generalmente riconosciuti per una condotta in sicurezza del volo in montagna.

È ovvio che l'abitudine diffusa tra gli equipaggi di volo dell'impresa di trasporto aereo di non rispettare in modo sistematico regole aeronautiche riconosciute e norme di legge o di correre grandi rischi, abbia influenzato anche i piloti A e B. Per questa ragione tale abitudine a violare le regole è considerata un fattore sistemico che ha contribuito all'incidente.

Diversi piloti con funzione di quadro di Ju-Air si sono fatti ripetutamente notare per violazioni delle regole e hanno partecipato a voli caratterizzati da una scelta della rotta molto rischiosa. Non vi è invece alcun indizio a sostegno del fatto che queste modalità di volo altamente rischiose fossero attivamente promosse dai responsabili dell'impresa di trasporto aereo. Tuttavia, in mancanza di meccanismi di controllo, questi responsabili non erano in grado di riconoscere la violazione sistematica delle regole critiche in termini di sicurezza, il che a sua volta costituisce un fattore sistemico che ha contribuito all'incidente.

2.4.2.2 Formazione e verifiche delle prestazioni

Il programma di formazione per ottenere l'abilitazione al tipo (*Type Rating*) Junkers Ju 52 è stato analizzato soprattutto in riferimento agli aspetti rilevanti nell'incidente. Nell'ambito di questa formazione gli equipaggi si familiarizzavano con il comportamento del velivolo in avvicinamento a uno stallo aerodinamico (*stall*) e con il volo lento in linea retta in presenza di stallo aerodinamico, apprendendo le necessarie contromisure da adottare (*stall recovery*). Queste esercitazioni venivano effettuate con velivoli relativamente leggeri e con una posizione del baricentro situata anteriormente, poiché a bordo vi era solamente l'equipaggio di volo. Per proteggere i velivoli, non sono state svolte esercitazioni finalizzate a scoprire il comportamento di stallo nel volo in virata e con velivoli carichi normalmente. Nonostante si tratti di una procedura certamente comprensibile, bisogna tuttavia osservare che il comportamento di un velivolo in uno stallo aerodinamico dipende fortemente dalla sua condizione di carico. Inoltre il comportamento nel volo in virata o in una situazione con elevata velocità e accelerazione si differenzia notevolmente da quello nel volo con moto rettilineo uniforme. Nonostante la mancanza di dimestichezza degli equipaggi di volo con tutte le situazioni critiche nel comportamento dei velivoli in uno stallo aerodinamico non abbia contribuito in maniera comprovata all'incidente oggetto dell'indagine, dovrebbe essere considerata un fattore di rischio (*factor to risk*) da correggere in futuro.

In riferimento ai piloti A e B coinvolti nell'incidente, sono state inoltre esaminate le verifiche periodiche per il mantenimento dell'abilitazione al tipo (*proficiency check*) e i controlli in linea (*line check*) effettuati dai *Training Captains* di Ju-Air. Si nota che sui relativi documenti di prova non sono praticamente riportate critiche o proposte di miglioramento e che le prestazioni dei piloti sono sempre state valutate da buone a ottime. L'ultimo *line check* del pilota A svolto il 7 aprile 2018 e quello del pilota B del 12 maggio 2018, i cui dati radar erano ancora disponibili e potevano essere valutati, mostrano che anche su questi voli le quote di sicurezza, che sono specificate nel VFR-*Guide* del manuale delle informazioni aeronautiche (*Aeronautical Information Publication – AIP*) sono state ampiamente non rispettate. Inoltre, non sono stati considerati importanti principi per il volo sicuro in montagna. Nonostante queste violazioni delle norme aeronautiche, il *Training Captain* che era anche istruttore per le qualificazioni sul tipo ed esperto dell'Ufficio federale dell'aviazione civile, aveva valutato il volo del pilota A da buono a ottimo (*standard to high standard*), senza criticare gli errori commessi. La scelta della rotta di volo è stata espressamente giudicata come «adeguata» e «ragionevole». La prestazione del pilota B è stata giudicata ottima (*high standard*) e la scelta della rotta di volo «attenta» e «previdente». In questo modo, da un lato si è persa l'occasione di attirare l'attenzione dei piloti A e B sul mancato rispetto delle regole di sicurezza, il che probabilmente avrebbe avuto un influsso positivo sui due piloti, dall'altro i casi mostrano inoltre in modo esemplare che i controlli in linea venivano svolti in modo poco critico e senza evidenziare gli errori commessi.

2.4.2.3 Sistema di gestione della sicurezza

Da un'analisi del sistema di gestione della sicurezza utilizzato da Ju-Air emerge che formalmente esso comprendeva gli aspetti usuali per un'impresa di trasporto aereo commerciale e che in questa forma era stato approvato dall'Ufficio federale dell'aviazione civile.

Per quanto riguarda invece l'attuazione o l'applicazione del sistema di gestione della sicurezza sono state rilevate carenze considerevoli. Ad esempio è emerso che rischi importanti, quali le sfide specifiche nel volo a vista o i pericoli del volo in montagna con un volo di linea, non erano mai stati rilevati e analizzati. Anche l'autorità di sorveglianza non ha mai richiesto una simile valutazione dei rischi; di conseguenza non sono state elaborate e applicate misure correttive per la riduzione di questi rischi che in tal modo si sono concretizzati nell'incidente oggetto dell'inchiesta.

Nell'ambito dell'inchiesta sono stati analizzati 150 eventi rilevanti per la sicurezza nelle operazioni di volo di Ju-Air e valutati in riferimento al loro trattamento nel quadro del sistema di gestione della sicurezza. Tra le altre cose è emerso che tra il 2000 e il momento dell'incidente non sono stati segnalati alle competenti autorità d'inchiesta sulla sicurezza almeno nove inconvenienti gravi e sono state omesse numerose segnalazioni all'autorità di sorveglianza. In molti casi gli eventi rilevanti per la sicurezza all'interno di Ju-Air sono stati indagati solo in modo sommario oppure non sono stati affatto indagati dai servizi statali competenti, in quanto non noti. Pertanto non è stato possibile, o lo è stato in maniera molto limitata, trarre insegnamenti da questi imprevisti ed evitare il ripetersi di simili situazioni. Non sorprende che casi analoghi si siano ripetuti spesso. Lo scarso rigore nelle segnalazioni e la carente analisi degli imprevisti hanno contribuito in modo sistemico al verificarsi dell'incidente oggetto dell'inchiesta: infatti si può dedurre che una gestione coerente da parte delle persone e delle organizzazioni responsabili avrebbe portato a un miglioramento della sicurezza.

Oltre agli imprevisti, che hanno comportato un rischio elevato, è emerso che gli equipaggi di volo, esperti e ben qualificati, spesso hanno commesso errori nell'ambito delle nozioni base di volo. Ad esempio sono stati spesso violati gli spazi aerei degli aerodromi militari; di questo dovevano esserne consapevoli soprattutto i piloti con una formazione delle Forze aeree. Questo tipo di errori indica una scarsa conoscenza delle regole vigenti o un'insufficiente collaborazione tra gli equipaggi di volo (*Crew Resource Management – CRM*). Nonostante non abbia contribuito in maniera comprovata al verificarsi dell'incidente, questa fattispecie rappresenta un fattore di rischio (*factor to risk*) da correggere in futuro.

Il sistema interno di verifica e audit della Ju-Air, che di fatto esisteva nei manuali dell'operatore e che provocava un grande quantità di oneri formali, non è stato in grado di riconoscere diverse manchevolezze presso Ju-Air perché non è stato utilizzato in maniera adeguata. A tal proposito contano in particolare la mancanza di esami ricorrenti della conformità alla normativa delle operazioni aziendali per il raggiungimento dei necessari livelli di sicurezza per il trasporto aereo commerciale, e quella con i processi aziendali (*Compliance monitoring*), la mancanza dei calcoli delle prestazioni di volo e diversi errori nel software impiegato per il calcolo di massa e centraggio.

Complessivamente si ha l'impressione che gran parte delle disposizioni procedurali dell'impresa di trasporto aereo, e in particolare anche il sistema di gestione della sicurezza, siano state redatte per ragioni formali, ossia perché richieste dal legislatore. Non è stata invece rilevata un'applicazione coerente e attenta alla sicurezza di queste disposizioni. Ciò si evince anche dal fatto che come responsabili

della sicurezza (*Safety Manager*) e dell'applicazione conforme delle regole aziendali interne e delle norme (*Compliance Monitoring Manager*) erano state nominate persone che, seppur volenterose e motivate, non disponevano di sufficienti competenze specialistiche e metodologiche. In questo contesto risalta il fatto che proprio per queste due funzioni critiche per la sicurezza di un'impresa di trasporto aereo non esistesse alcuna disposizione legale che imponesse capacità adeguate. Questa lacuna non ha contribuito in maniera comprovata al verificarsi dell'incidente oggetto dell'inchiesta, ma costituisce un fattore di rischio (*factor to risk*) da correggere in futuro.

Infine il sistema di gestione della sicurezza, come pure l'attività diretta di gestione dei rischi da parte dei responsabili dell'impresa di trasporto aereo sono risultati inefficaci, avendo per conseguenza l'incidente, il che va considerato come un fattore sistemico che ha contribuito al verificarsi dell'incidente.

2.4.3 Organizzazione e svolgimento della manutenzione

2.4.3.1 Motori

Bayrischen Motorenwerke, il costruttore dei motori radiali a nove cilindri del tipo BMW 132 A3, utilizzati sui velivoli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air, aveva previsto la necessità di una revisione completa ogni 200–300 ore di volo. Dopo l'inizio dell'esercizio civile, l'impresa di trasporto aereo aveva progressivamente ottenuto dall'Ufficio federale dell'aviazione civile l'autorizzazione ad aumentare il monte ore tra due revisioni complete fino a 1500 ore. Nel quadro della presente inchiesta è stata analizzata approfonditamente la manutenzione del tipo di velivolo, in particolare dei motori. Nell'esercizio i motori non hanno mai raggiunto le 1500 ore di volo complessive autorizzate dall'Ufficio federale dell'aviazione civile – in deroga alle disposizioni del costruttore – e sono risultate necessarie continue riparazioni e in particolare la sostituzione di importanti componenti. Ciò prova che l'aumento delle ore di volo non era giustificato.

Nel periodo tra il 2008 e il 2018 esaminato, si sono verificati numerosi inconvenienti ai motori ed è stato registrato un guasto ai motori durante il volo. In 16 casi un motore è stato spento durante il volo oppure ha funzionato con potenza ridotta. Anche in riferimento a questi eventi imprevisti emerge un quadro simile a quello degli imprevisti operativi, ossia un'analisi insufficiente ai fini della sicurezza e per il suo miglioramento.

È stato constatato che quantomeno il velivolo incidentato Junkers Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, non raggiungeva più le prestazioni di volo originariamente comprovate. Per questa ragione il fatto che i dati relativi alle prestazioni dei velivoli non fossero più stati verificati per lungo tempo costituisce un considerevole deficit di sicurezza, che dovrebbe essere colmato in particolare in vista del futuro esercizio di tali velivoli.

2.4.3.2 Gestione dei pezzi di ricambio

Poiché i pezzi di ricambio per i motori e la fusoliera non erano più disponibili da tempo, Ju-Air aveva deciso di realizzare le parti necessarie secondo campione oppure di farle restaurare. Questo accadeva talvolta in imprese non certificate per la costruzione di parti per l'aviazione. In tal modo il montaggio di queste parti su di un velivolo atto al volo non era consentito, ossia l'utilizzo di tali parti causava perlomeno la perdita formale della navigabilità dell'aeromobile in questione.

Le corrispondenti procedure sono state stabilite tra il 1984 e il 2001 in 41 *Service Bulletin*, che in mancanza del competente costruttore, sono stati redatti da Ju-Air. Questi *Service Bulletin* sono stati infine presentati all'UFAC che li ha approvati. Colpisce il fatto che a partire dal 2002 tutti questi *Service Bulletin*, tranne uno, non

sono più stati aggiornati per quanto riguarda i processi e i subappaltatori. Per numerosi elementi costruttivi di nuova costruzione non sono più stati redatti *Service Bulletin*; conseguentemente è mancato anche il processo di verifica e approvazione da parte dell'Ufficio federale dell'aviazione civile.

Complessivamente queste carenze nei processi e nelle procedure hanno fatto sì che i velivoli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air non fossero in uno stato conforme.

2.4.3.3 Assicurazione della qualità

Le condizioni generali dei velivoli e dei motori hanno mostrato numerose carenze nella manutenzione, che indicano processi inadeguati e scarsa competenza o insufficiente consapevolezza della qualità da parte dei responsabili.

Inoltre, l'interdipendenza delle varie organizzazioni e il numero ridotto di persone, la maggior parte delle quali svolgeva diverse funzioni contemporaneamente, può aver reso più difficile il controllo indipendente e critico dei processi interni.

Numerosi documenti sulla manutenzione erano incompleti o compilati in modo non accurato, il che rende difficile il tracciamento degli interventi di manutenzione eseguiti e delle modifiche o delle riparazioni effettuate sugli aeromobili.

Tutte queste carenze e inadeguatezze nell'organizzazione della manutenzione non hanno contribuito in modo comprovato all'incidente oggetto dell'inchiesta. Tuttavia, esse rappresentano fattori di rischio (*factor to risk*) da correggere in futuro.

2.4.4 Attività di sorveglianza

2.4.4.1 Certificazione tecnica

Poiché dalla messa in esercizio da parte dell'impresa di trasporto aereo del tipo Ju 52/3m g4e non esisteva più il costruttore né il titolare del certificato di tipo, mancava il relativo supporto per l'ottenimento della navigabilità. A suo tempo l'Ufficio federale dell'aviazione civile aveva assegnato gli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air alla categoria standard. L'UFAC non è più stato in grado di presentare in maniera ricostruibile i motivi di questa originaria assegnazione. E' un dato di fatto che, perlomeno secondo l'ordinanza del DATEC concernente la navigabilità degli aeromobili (ODNA), il tipo di velivolo Ju 52/3m g4e sarebbe dovuto rientrare nella categoria speciale e pertanto era stato omologato in modo errato dall'autorità di sorveglianza.

Questa classificazione dell'Ufficio federale dell'aviazione civile risalente al 1985 non è stata riesaminata, nonostante le modifiche dei regolamenti nazionali e internazionali nei 33 anni antecedenti l'incidente. In particolare il passaggio negli anni Novanta alle disposizioni *Joint Aviation Requirements* (JAR) e ai regolamenti operativi europei (EASA-OPS/EU-OPS), che riguardavano anche lo svolgimento delle operazioni di volo commerciali di Ju-Air, sarebbe stata una buona occasione per riesaminare in modo critico la situazione.

Di conseguenza l'Ufficio federale dell'aviazione civile non ha riconosciuto che mancava un requisito fondamentale per lo svolgimento delle operazioni di volo commerciali.

2.4.4.2 Attività di ispezione tecnica

Per molti anni dalle ispezioni sulla navigabilità condotte dall'Ufficio federale dell'aviazione civile non sono emersi difetti al velivolo incidentato HB-HOT. Anche per quanto riguarda la manutenzione generale, dal 2010 gli ispettori dell'UFAC non hanno rilevato nulla di contestabile. Ciò si spiega con il fatto che gli ispettori hanno verificato soltanto aspetti formali e che vi è stato uno scambio di informazioni molto

ridotto tra le divisioni specialistiche dell'UFAC che seguivano i vari settori di Ju-Air. Inoltre gli ispettori incaricati non disponevano delle conoscenze specialistiche per poter comprendere in modo adeguato questo tipo particolare di aeromobile e le relative caratteristiche. Dunque facevano riferimento alle persone dell'impresa di manutenzione, senza mettere evidentemente in discussione in maniera critica le loro conoscenze specialistiche e la loro professionalità.

L'attività di sorveglianza tecnica era piuttosto di connotazione formale e le condizioni reali vennero tenute in considerazione o esaminate poco. Inoltre non sono state né riconosciute né contestate le numerose inadempienze nella documentazione e nella gestione delle parti di ricambio.

In occasione di audit, l'autorità di sorveglianza ha individuato e contestato occasionali carenze nell'organizzazione per la gestione del mantenimento della navigabilità e nelle aziende di manutenzione. L'impresa tuttavia non ha in parte rimediato a queste criticità, il che ha indotto l'UFAC al successivo audit a richiedere di nuovo un intervento correttivo. Fino al momento dell'incidente le criticità contestate non sono state corrette.

Poiché le condizioni tecniche non regolari del velivolo Ju 52/3m g4e, registrato come HB-HOT, non presentano un influsso comprovato sul verificarsi dell'incidente, anche la scarsa efficacia della sorveglianza tecnica non va valutata come fattore causale, ma rappresenta comunque un fattore di rischio (*factor to risk*) che deve essere migliorato in futuro.

2.4.4.3 Autorizzazione d'esercizio

Analizzando l'impiego dei requisiti sovranazionali in relazione alla certificazione di una impresa di trasporto aereo commerciale, deve dapprima essere stabilito che il regolamento europeo 965/2012 si applica a qualsiasi tipo di volo commerciale, indipendentemente che si tratti di volo strumentale (*Instrument Flight Rules – IFR*) oppure di volo a vista (*Visual Flight Rules – VFR*). L'UFAC ha tollerato che Ju-Air ha deviato dalle quote di volo minime e da altri requisiti stabiliti per i voli commerciali. A questo proposito all'interno dell'UFAC vigevano diverse interpretazioni. Da un lato vigeva il punto di vista che il regolamento europeo 965/2012 non fosse applicabile per l'ambito del volo a vista. Altri responsabili dell'UFAC erano invece convinti del parere che l'applicazione del regolamento in oggetto era data per le operazioni commerciali, dunque anche quelle di Ju-Air. Tali esperti però espressero il punto di vista che la Svizzera poteva sancire delle eccezioni. L'UFAC ha dunque garantito queste eccezioni tacitamente e ha tralasciato di documentarle e di informare le istanze europee.

Scopo dei regolamenti europei e dunque anche quello del regolamento in questione, è quello di assicurare un corrispondente livello di sicurezza nel trasporto aereo commerciale. In questo caso, le eccezioni ammesse dall'UFAC hanno portato alla conseguenza che aerei della Ju-Air sono stati operati con un livello di sicurezza che non corrispondeva a quello di un'operazione di volo commerciale. L'analisi dei manuali operativi (*Operation Manual – OM*), dell'impresa di trasporto aereo, basati sui testi di legge in vigore dimostra che erano stati redatti con l'intento di adempiere al meglio alle disposizioni dell'EASA e dell'UFAC. Questo corposo documento tuttavia non convince dal punto di vista della sicurezza, poiché non ha saputo rilevare e ridurre i notevoli rischi delle operazioni di volo a vista e in particolare i rischi che si sono concretizzati in questo incidente. Complessivamente si ha l'impressione che la forma di regolamentazione scelta e la vigilanza su di essa non fossero adeguate a questo tipo di operazioni di volo. Essa ha comportato solamente un forte onere formale che tuttavia non è risultato efficace rispetto ai problemi principali.

In ultima analisi non erano date le condizioni per lo svolgimento di operazioni di volo commerciali. Se fossero state rispettate le disposizioni internazionali, il volo dell'incidente non si sarebbe dovuto svolgere in quanto a decollo, altitudine scelta e rotta di volo. Il fatto che il volo sia stato comunque effettuato va considerato un fattore sistemico che ha contribuito all'incidente.

2.4.4.4 Sorveglianza operativa

Nell'ambito della sorveglianza operativa, negli anni precedenti il volo dell'incidente i velivoli di Ju-Air sono stati sottoposti anche sei volte ad un'ispezione di rampa non annunciata da parte dell'UFAC. Nel corso di queste ispezioni secondo la procedura avrebbe dovuto essere svolto per default anche la verifica della correttezza del calcolo del peso e del centraggio. E' comprensibile fino a un determinato grado che gli errori di calcolo e di programmazione del programma di pianificazione di volo utilizzato da Ju-Air non sono stati individuati. E' invece difficilmente comprensibile come nessuno degli ispettori abbia rilevato palesi errori, ad esempio le errate masse a vuoto (*Basic Empty Mass* – BEM), facilmente individuabili. Anche a seguito dell'ispezione in volo del 13 settembre 2016, l'ispettore dell'UFAC non fece caso ai valori errati di massa e bracci di leva del *Basic Aircraft* utilizzati. Questa carenza non va ricondotta tanto a scarse conoscenze specialistiche, poiché rientra nelle capacità di base di ogni pilota⁴⁰ effettuare correttamente tali calcoli o essere in grado di verificarli. Piuttosto emerge qui una modalità di lavoro scarsamente critica nell'attività di sorveglianza. In questo caso, ciò ha potuto svilupparsi in modo particolarmente pernicioso, in quanto non evitò che l'HB-HOT, durante il volo dell'incidente, abbia ravvisato una posizione altamente rischiosa del baricentro, che è dunque da considerarsi un fattore sistemico.

Solitamente gli ispettori dell'UFAC ispezionavano ogni anno alcune verifiche delle prestazioni su voli senza passeggeri, ma tralasciarono ampiamente la condotta di ispezioni in volo delle operazioni di volo vere e proprie. In tal modo ottenevano una visione limitata delle reali operazioni di volo. Durante una delle rare ispezioni in volo svolte da un ispettore dell'Ufficio federale dell'aviazione civile su un volo in montagna con passeggeri, in diverse occasioni si è volato decisamente più bassi che alla quota minima di sicurezza di 1000 ft AGL (300 m.s.l.m). Inoltre non sono stati considerati aspetti determinanti per un volo sicuro in montagna. La selezione della rotta di volo era in netto contrasto con le direttive redatte dall'UFAC per i voli sopra le alpi, che sono pubblicate nel manuale delle informazioni aeronautiche della Svizzera (*Aeronautica Information Publication* – AIP), VFR-Guide RAC 6-3 (cfr. capitolo [A1.17.6.2.2](#)). L'ispettore non contestò però alcun aspetto di questo volo. Questo dimostra in maniera esemplare come mancassero l'attitudine di base critica verso gli esperti piloti di Ju-Air o la capacità critica di giudizio degli ispettori, che ha portato a non riconoscere da parte dell'autorità di sorveglianza palesi errori nelle operazioni di volo che non poterono così essere eliminati.

L'analisi delle ispezioni operative e degli audit condotti dall'Ufficio federale dell'aviazione civile presso Ju-Air evidenzia che era stata appurata soprattutto l'esistenza formale delle procedure previste nei manuali operativi, mentre in realtà non era garantita un'attuazione corretta ed efficace in ottica della sicurezza di tali procedure. L'autorità di sorveglianza si comportò come fosse ignara delle violazioni, talora gravi, commesse dagli equipaggi di volo di Ju-Air, nonostante le occasionali segnalazioni all'UFAC che avrebbero dovuto condurre ad accertamenti approfonditi. Inoltre nell'organizzazione della sorveglianza operativa probabilmente ha influito negativamente anche il fatto che non erano stati rilevati i principali rischi

⁴⁰ Gli ispettori operativi dell'UFAC dispongono di fondate conoscenze in qualità di piloti di linea.

delle operazioni di volo e pertanto non erano stati nemmeno inclusi nell'organizzazione dell'attività di sorveglianza. A ciò si aggiunge la circostanza per cui in seno alle autorità, le diverse divisioni specialistiche collaboravano a livello formale, cosa che invece avveniva in modo limitato tra gli ispettori tecnici. Ciò ha fatto sì che l'autorità di sorveglianza non è riuscita ad ottenere un quadro reale delle operazioni di volo di Ju-Air.

Va infine osservato che gli audit svolti negli anni precedenti l'incidente dall'autorità di sorveglianza sovranazionale EASA all'interno dell'UFAC, avevano evidenziato alcune di queste carenze, come ad esempio una sorveglianza non sufficientemente approfondita da parte dell'autorità nazionale. Tuttavia fino al momento dell'incidente queste evidenze non hanno potuto produrre alcun effetto perché evidentemente non hanno comportato nessuna misura correttiva mirata rispetto alla sorveglianza dell'UFAC nei confronti di Ju-Air e delle imprese di manutenzione.

Il fatto che l'autorità di sorveglianza non fosse in grado di riconoscere i numerosi rischi e carenze sotto il profilo operativo o introdurre efficaci correzioni in questa direzione, deve essere considerato un fattore sistemico che ha contribuito all'incidente.

3 Conclusioni

3.1 Evidenze

3.1.1 Aspetti tecnici

- Il velivolo disponeva di autorizzazioni per l'esercizio secondo le regole del volo a vista (*Visual Flight Rules – VFR*).
- Dalla messa in servizio da parte dell'impresa di trasporto aereo del tipo Ju 52/3m g4e con i motori BMW 132 A3 non esisteva più un costruttore né un detentore del certificato di tipo. Ciò ha avuto come conseguenza che la navigabilità doveva essere garantita dall'impresa di trasporto aereo, in collaborazione con l'autorità di sorveglianza, senza il sostegno di un costruttore.
- Nel certificato di navigabilità i velivoli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air erano assegnati alla categoria «Standard», sottocategoria «Normale».
- Conformemente all'ordinanza concernente la navigabilità degli aeromobili (ODNA), vigente al momento dell'incidente, i velivoli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air sarebbero dovuti rientrare nella «Categoria speciale», sottocategoria «Storico».
- Dal momento della fondazione dell'impresa di trasporto aereo la classificazione dei velivoli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air non è più stata riesaminata, nonostante l'evolversi delle disposizioni di diritto superiore nel corso del tempo.
- L'impresa di trasporto aereo ha incaricato imprese non certificate per l'aviazione di costruire pezzi di ricambio secondo campione e li ha utilizzati nei velivoli del tipo Ju 52/3m g4e.
- Nei dieci anni precedenti l'incidente si è verificato un rilevante numero di perturbazioni ai motori.
- Il costruttore dei motori dell'HB-HOT aveva messo in conto inizialmente una durata di esercizio di 200–300 ore fino alla successiva revisione completa.
- Tra il 1985 e il 2004 l'impresa di trasporto aereo ha ottenuto dall'UFAC l'autorizzazione ad aumentare a 1500 le ore di volo dei motori fino alla successiva revisione completa.
- I motori dell'HB-HOT necessitarono in parte di importanti lavori di riparazione poche ore dopo la revisione generale
- Nei due anni precedenti l'incidente i motori dell'HB-HOT nelle prove a terra non hanno raggiunto il numero di giri massimo specificato dal costruttore.
- A causa della presa di gioco delle pale dell'elica, tra il 2012 e il 2018 si sono verificati diversi casi di forti vibrazioni durante il volo.
- Le prestazioni di volo originariamente pubblicate nelle istruzioni operative non venivano più raggiunte dagli HB-HOT.
- Tra il 1984 e il 2001 per i componenti di nuova costruzione o per le parti da rielaborare sono stati redatti 41 *Service Bulletin*, approvati dall'Ufficio federale dell'aviazione civile.
- Dopo il 2002 la maggioranza dei *Service Bulletin* non è più stata curata, precisamente non sono più stati aggiornati i processi e i subappaltanti, e nemmeno è stata presentata all'Ufficio federale dell'aviazione civile per l'approvazione.

- Per numerosi elementi costruttivi di nuova realizzazione non sono stati più redatti *Service Bulletin*. Per questi elementi costruttivi non è stata rilasciata alcuna autorizzazione dall'Ufficio federale dell'aviazione civile.
- La qualità degli elementi costruttivi dei velivoli di nuova costruzione e rielaborati era spesso scarsa.
- In occasione di ispezioni sulla navigabilità da parte dell'UFAC, dal 2010 al 2018 non vi è stata alcuna contestazione agli HB-HOT.
- Vi erano carenze nella documentazione e nella gestione dei pezzi di ricambio.
- La gestione dei documenti complessivamente carente non è mai stata contestata durante le ispezioni dell'UFAC.
- Il raggruppamento di funzioni in una sola persona nelle organizzazioni Ju-Air in qualità di impresa di manutenzione nonché CAMO e Naef Flugmotoren AG ha fatto sì che i processi di assicurazione della qualità non fossero sufficientemente efficaci.
- L'UFAC ha ripetutamente contestato diverse carenze nelle aziende di manutenzione e nella CAMO, parte delle quali non sono state colmate.
- Alcune carenze nell'infrastruttura, nei processi lavorativi e nella gestione delle parti dell'aeromobile sono state individuate nell'ambito dell'attività di sorveglianza dell'UFAC e contestate. Queste mancanze per la maggior parte non furono corrette dalle imprese di manutenzione.
- Tra i collaboratori della sezione sicurezza tecnica all'UFAC vi è stato uno scambio di informazioni insufficiente circa le imprese sorvegliate. Gli ispettori hanno svolto la propria attività di sorveglianza per la maggior parte limitatamente alla rispettiva specialità.
- Mancava una preparazione degli audit e delle ispezioni specifica e adeguata alla situazione di Ju-Air. Gli audit sono stati preparati in modo schematico e orientati ad aspetti formali.
- All'UFAC mancava da tempo la competenza specialistica nel settore dei motori a pistoni.
- Su parti strutturali dell'ala portante e della fusoliera sono stati rilevati significativi danni da corrosione.
- Un longherone inferiore dell'ala portante sinistra presentava rotture dovute a fatica.
- Sul materiale sensibile alla corrosione intercristallina lo strato protettivo superficiale era insufficiente o totalmente assente.
- Il velivolo HB-HOT coinvolto nell'incidente non era atto al volo né formalmente né materialmente.
- Le deficienze tecniche riscontrate nel velivolo HB-HOT incidentato e le inadeguatezze nella manutenzione non hanno contribuito in modo comprovabile al verificarsi dell'incidente oggetto della presente inchiesta.

3.1.2 Aspetti operativi

- Le basi e i software di pianificazione del volo presentavano carenze ed errori per quanto riguarda il calcolo del peso e centraggio.
- Nell'esercizio del tipo Ju 52/3m g4e soprattutto gli equipaggi di volo con una formazione come piloti delle Forze aeree spesso non rispettavano i principi

generalmente riconosciuti per una condotta del volo in sicurezza in montagna. In particolare le altitudini di volo sicure e le distanze dagli ostacoli sono state sistematicamente e ampiamente non rispettate.

- I principali rischi delle operazioni di volo che hanno condotto all'incidente non sono stati analizzati dall'impresa di trasporto aereo né l'autorità di sorveglianza ha mai richiesto questa valutazione dei rischi o corrispondenti misure correttive.
- La gestione e la sorveglianza delle operazioni di volo da parte dell'impresa di trasporto aereo, per quanto riguarda i rischi individuati e le violazioni delle regole rilevate nell'ambito dell'indagine, sono risultate inefficaci.
- I velivoli Junkers Ju 52/3m g4e di Ju-Air non erano operati in modo regolamentare, poiché le condizioni di base per le operazioni di trasporto aereo commerciali non erano rispettate in modo adeguato né dall'autorità preposta all'autorizzazione e alla sorveglianza né dall'impresa di trasporto aereo.
- Tra gli equipaggi di volo esperti, che durante le operazioni di volo hanno commesso frequenti errori nell'ambito delle nozioni basilari di volo (violazioni dello spazio aereo, mancato rispetto di regole elementari), sono emerse carenze nella formazione operativa specifica e nella collaborazione (*Crew Resource Management* – CRM).
- Le verifiche delle prestazioni sono state svolte dai responsabili in modo poco critico e ignorando gli errori commessi.

3.1.3 Equipaggio di volo

- Entrambi i piloti possedevano le licenze necessarie per il volo.
- Non ci sono indizi su uno stato di salute compromesso dei due piloti durante il volo dell'incidente.
- Al momento dell'incidente entrambi i piloti disponevano di un'esperienza di volo generale pluriennale e il loro grado di allenamento attuale sul tipo coinvolto nell'incidente era buono.
- La carriera di volo dei due piloti presenta forti similitudini. Le abilità di pilotaggio dei due piloti sono state valutate nel corso della loro intera carriera da buone a ottime.
- Il comportamento di entrambi i piloti dimostra che non consideravano per loro vincolanti alcune regole definite per operazioni di volo sicure e di essere disposti a correre grandi rischi.

3.1.4 Volo dell'incidente

- Le conoscenze dell'equipaggio sulle condizioni meteorologiche in vista del volo dell'incidente erano sufficienti. I calcoli del peso e centraggio non sono stati eseguiti correttamente; mancavano i calcoli delle prestazioni per il decollo, il volo di crociera e l'atterraggio.
- Durante l'intero volo il velivolo era governabile; i motori erano regolabili e erogavano potenza.
- L'equipaggio di volo ha scelto una rotta di volo molto rischiosa, che a causa della ridotta elevazione dal suolo e della mancanza di spazio di inversione non consentiva vie d'uscita o possibilità di correzione in caso di errori, malfunzionamenti o influssi meteorologici.

- L'equipaggio di volo ha condotto il velivolo a una velocità troppo bassa per la rotta di volo scelta e pertanto risultava pericolosa.
- L'ingresso nella conca con insufficienti margini di sicurezza in una condizione meteorologica usuale d'estate in alta montagna ha provocato la perdita di controllo del velivolo, perlomeno temporanea.
- Nel tentativo di riprendere il controllo del velivolo, si è verificato uno stallo aerodinamico dovuto a un'accelerazione normale troppo elevata (*accelerated stall*), che a sua volta ha portato allo schianto praticamente verticale.
- Al momento dell'incidente la massa del velivolo incidentato era entro i limiti prescritti dal manuale di volo. La posizione del baricentro era al di fuori dei limiti posteriori.
- Al momento dell'impatto il limitatore del massimo della manetta era attivato, il che dimostra che i motori non funzionavano con il numero di giri massimo possibile.
- Il segnalatore automatico d'emergenza (*Emergency Locator Beacon Aircraft – ELBA*) si è attivato.

3.1.5 Condizioni quadro

- Le condizioni meteorologiche erano adatte per un volo a vista sulle Alpi.
- L'evoluzione delle condizioni meteorologiche era in linea con le previsioni; i rovesci e i temporali lungo la rotta scelta erano piuttosto ridotti rispetto a quanto sarebbe stato possibile secondo le previsioni.
- L'evoluzione era ben osservabile, e dato il tempo in Ticino e nella valle del Reno era possibile effettuare in qualsiasi momento un'inversione o un cambio di rotta.
- I rischi dati dall'altitudine di densità e dalla tendenza temporalesca erano noti e non hanno influito sull'andamento del volo.
- Vi erano diverse alternative, qualora le nuvole e le precipitazioni sulla cresta principale avessero impedito il volo sopra le Alpi.
- Al momento dell'attraversamento delle Alpi, le precipitazioni si limitavano ad alcuni deboli rovesci, facilmente aggirabili.
- La turbolenza sul lato sottovento del passo del Segnas non era insolita per un pomeriggio con vento da nord in aumento e comprendeva zone di correnti ascendenti e di vento discendente marcate e pericolose per un volo in prossimità del suolo.
- Le disposizioni procedurali e in particolare il sistema di gestione della sicurezza dell'impresa di trasporto aereo avevano perlopiù un carattere puramente formale e non venivano applicate in maniera adeguata.
- L'impresa di trasporto aereo, le aziende di manutenzione e l'autorità di sorveglianza impiegava personale che non riconobbe rischi, o non intraprese misure correttive efficaci per la loro riduzione.
- Alle competenti autorità non erano stati segnalati numerosi imprevisti fino a diversi inconvenienti gravi. Pertanto non era possibile trarre da questi eventi adeguati insegnamenti.
- La regolamentazione e la sorveglianza non erano adeguate a questo tipo di esercizio.

- L'attività dell'UFAC nei settori regolamentazione, autorizzazione e vigilanza si è rivelata in gran parte inefficace per quanto riguarda i rischi, gli eventi imprevedibili e le violazioni delle regole individuati nell'ambito dell'inchiesta.
- La vigilanza sovranazionale sull'autorità di sorveglianza nazionale mostra che l'entità dell'attività di sorveglianza dell'UFAC garantisce una verifica approfondita del rispetto delle regole nelle imprese sorvegliate in maniera non sufficiente.

3.2 Cause

Per raggiungere i propri scopi di prevenzione, un'autorità d'inchiesta sulla sicurezza esprime il proprio parere sui rischi e sui pericoli identificati nell'ambito dell'incidente in oggetto e che dovrebbero essere evitati in futuro. In questo senso, i termini e le frasi utilizzate di seguito sono da intendersi esclusivamente dal punto di vista della prevenzione. L'individuazione delle cause e dei fattori contributivi non implica in alcun modo l'attribuzione di colpe o la determinazione di responsabilità amministrative, civili o penali.

3.2.1 Cause dirette

L'incidente è dovuto al fatto che dopo la perdita di controllo non vi era sufficiente spazio per riprendere il controllo del velivolo che quindi si è schiantato al suolo.

L'inchiesta ha determinato i seguenti fattori causali diretti dell'incidente:

- L'equipaggio di volo ha condotto il velivolo in modo altamente rischioso, volando in una valle stretta a bassa quota e senza possibilità di una rotta di volo alternativa.
- L'equipaggio di volo ha scelto una velocità pericolosamente bassa per rapporto alla rotta di volo.

I due fattori hanno causato, in combinazione con una comune e prevedibile turbolenza, un breve distacco dei filetti fluidi (*stall*) con una breve perdita di controllo del velivolo, ma anche l'insorgere di una situazione senza via d'uscita.

3.2.2 Fattori contributivi diretti

L'inchiesta ha determinato i seguenti fattori quali direttamente contributivi per l'insorgere dell'incidente:

- L'equipaggio di volo si era abituato a non rispettare regole riconosciute per operazioni di volo sicure e ad assumersi rischi elevati.
- Il velivolo coinvolto nell'incidente veniva operato con una posizione del baricentro che si trovava oltre il limite posteriore, facilitando la perdita di controllo.

3.2.3 Causa sistemica

L'inchiesta ha determinato la seguente causa sistemica dell'incidente:

- Le prerogative per svolgere operazioni di trasporto aereo commerciali con il velivolo non erano adempiute tenendo conto del quadro normativo in vigore al momento dell'incidente.

3.2.4 Fattori contributivi sistemici

L'inchiesta ha determinato i seguenti fattori quali contributivi sistemici per l'insorgere dell'incidente:

- Il calcolo di massa e centraggio dello Ju 52 dell'operatore poteva essere svolto solo in maniera errata a causa degli strumenti lacunosi a disposizione.
- In particolare gli equipaggi di volo dell'impresa di trasporto aereo con una formazione come piloti delle Forze aeree, mostrarono durante il volo con lo Ju 52 l'abitudine di non rispettare sistematicamente regole riconosciute dell'aviazione e l'assunzione di alti rischi.
- l'impresa di trasporto aereo non è stata in grado di riconoscere ed evitare le carenze e i rischi emersi nel corso dell'esercizio nonché le violazioni delle regole commesse dai propri equipaggi di volo.

- Una moltitudine di avvenimenti finanche diversi inconvenienti gravi non furono annunciati ai rispettivi uffici e alle autorità di competenza, cosicché non fu possibile intraprendere misure per migliorare la sicurezza.
- L'autorità di sorveglianza era parzialmente non in grado di identificare e intervenire correggendo efficacemente le numerose carenze e rischi operativi.

3.2.5 Ulteriori rischi

L'inchiesta ha evidenziato i seguenti fattori di rischio (*factors to risk*), che non hanno influito, perlomeno non in modo comprovato, sul verificarsi dell'incidente, ma che dovrebbero comunque essere eliminati per una maggior sicurezza in volo:

- Il velivolo si trovava in uno stato tecnico non conforme.
- Il velivolo non raggiungeva più le prestazioni di volo originariamente stabilite.
- La manutenzione dei velivoli dell'impresa di trasporto aereo non era organizzata in modo efficace.
- La formazione degli equipaggi di volo in merito ai requisiti specifici delle operazioni di volo nonché in materia di *Crew Resource Management* era carente.
- Gli equipaggi di volo non avevano piena dimestichezza con tutte le situazioni critiche legate al comportamento dei velivoli in uno stallo aerodinamico.
- L'autorità di sorveglianza non riconobbe rispettivamente non corresse le numerose carenze tecniche.
- Le conoscenze specialistiche di persone impiegate dall'impresa di trasporto aereo, dalle aziende di manutenzione e dall'autorità di sorveglianza erano parzialmente insufficienti.

4 Raccomandazioni di sicurezza, avvisi di sicurezza e misure adottate dopo l'incidente

4.1 Raccomandazioni di sicurezza

Secondo la normativa internazionale⁴¹ e nazionale⁴² tutte le raccomandazioni di sicurezza elencate in questo rapporto sono indirizzate alle autorità di sorveglianza dei relativi Stati. In Svizzera si tratta dell'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) o l'agenzia sovranazionale dell'Unione Europea per la sicurezza del volo (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*). La corrispondente autorità di sorveglianza deve decidere sull'implementazione delle stesse. Allo stesso tempo ogni ufficio, ogni impresa, ogni singola persona sono invitati, in merito alla raccomandazione di sicurezza presentata, a ricercare un miglioramento nella sicurezza aerea.

Il SISI pubblica le risposte dell'ufficio federale competente o delle autorità di sorveglianza straniere sul sito www.sust.admin.ch e permette così una visione generale sullo stato attuale dell'implementazione delle corrispondenti raccomandazioni di sicurezza.

Il Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza ha redatto un rapporto intermedio sull'incidente oggetto dell'inchiesta, pubblicato il 20 novembre 2018. In questo rapporto intermedio il SISI ha formulato la raccomandazione di sicurezza n. 548 e l'avviso di sicurezza n. 25. Nel quadro del rapporto finale il SISI formula le raccomandazioni di sicurezza dal n. 561 al n. 567 e gli avvisi di sicurezza dal n. 32 al n. 37.

4.1.1 Verifica dei danni da corrosione e difetti nei componenti di sistema

4.1.1.1 Deficit di sicurezza

Sulla carcassa dell'HB-HOT sono stati evidenziati considerevoli danni da corrosione a livello dei longheroni, delle cerniere, delle guarnizioni metalliche delle ali e in corrispondenza del pavimento della cabina. Due dei tre motori montavano dischi a camme di nuova costruzione difettosi.

Visto il medesimo anno di costruzione, l'analoga modalità d'esercizio e le ore di volo, si presume che anche i velivoli omologhi HB-HOP e HB-HOS presentino simili difetti.

4.1.1.2 Raccomandazione di sicurezza n. 548

In collaborazione con l'impresa di trasporto aereo, l'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) dovrebbe garantire attraverso apposite misure che i velivoli omologhi HB-HOP e HB-HOS vengano controllati al fine di individuare eventuali danni da corrosione e difetti ai componenti di sistema.

⁴¹ Annesso 13 dell'Organizzazione internazionale dell'aviazione civile (*International Civil Aviation Organization – ICAO*), oltre che dell'articolo 17 del regolamento (UE) n. 996/2010 del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 ottobre 2010 sulle inchieste e la prevenzione di incidenti e inconvenienti nel settore dell'aviazione civile e che abroga la direttiva 94/56/CE

⁴² Articolo 48 dell'Ordinanza concernente le inchieste sulla sicurezza in caso di eventi impresiti nei trasporti (OIET) del 17 dicembre 2014, stato al 1 febbraio 2015 (OIET, SR 742.161)

4.1.2 Creazione delle basi per un'efficace sorveglianza basata sui rischi

4.1.2.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha evidenziato che i requisiti di legge per le operazioni di volo con velivoli passeggeri storici sono stati implementati sia dall'autorità di sorveglianza che dall'impresa di trasporto aereo primariamente in modo formale. Molti dei processi descritti nei manuali descrivevano solo in parte le prerogative operative. In particolare, i rischi rilevanti delle operazioni secondo le regole del volo a vista con i velivoli di cui all'allegato II del regolamento europeo 216/2008 (oggi corrispondente all'allegato I del regolamento europeo 2018/1139) sono stati presi in considerazione solo parzialmente. Nel complesso, la normativa si è rivelata complessa e poco adatta alle reali esigenze delle operazioni di volo. Indipendentemente dalla forma di organizzazione prescelta, questa dovrebbe garantire i gradi di sicurezza desiderato per operazioni di volo con passeggeri. Una consultazione su possibili raccomandazioni di sicurezza ha dato per risultato che deve essere cercata una soluzione a livello nazionale. Dato che un processo legislativo di questo tipo usualmente necessita di molto tempo, si consiglia di procedere in due fasi.

4.1.2.2 Raccomandazione di sicurezza n. 561

L'Ufficio federale dell'aviazione civile dovrebbe occuparsi di stabilire regole adeguate alle operazioni di volo con passeggeri sugli aeromobili di cui all'allegato I del regolamento europeo 2018/1139 che tengano effettivamente conto dei rischi specifici di tali operazioni.

4.1.2.3 Raccomandazione di sicurezza n. 562

Fino all'implementazione della raccomandazione di sicurezza n. 561 l'Ufficio federale dell'aviazione civile dovrebbe garantire a livello nazionale che nelle operazioni di volo con passeggeri sugli aeromobili di cui all'allegato I del regolamento europeo 2018/1139, i rischi specifici di questo tipo di operazioni siano rilevati e ridotti in modo mirato, con un onere commisurato alla complessità e all'entità delle rispettive operazioni di volo.

4.1.3 Rilascio di autorizzazioni speciali

4.1.3.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha evidenziato che al momento della messa in servizio per scopi civili, l'aeromobile era stato assegnato a una categoria secondo basi legali che sono poi cambiate nel corso del tempo. Di conseguenza la classificazione del tipo al momento dell'incidente non era più adeguata. In base alla classificazione originaria del tipo, diverse disposizioni per l'autorizzazione attraverso deroghe sono state dichiarate non applicabili. Queste decisioni non sono state riesaminate nemmeno in occasione di importanti revisioni di legge.

4.1.3.2 Raccomandazione di sicurezza n. 563

Nell'ambito dell'autorizzazione di aeromobili di cui all'allegato I del regolamento europeo 2018/1139, l'Ufficio federale dell'aviazione civile dovrebbe tenere conto dei rischi specifici connessi a questo tipo di operazioni di volo nel momento in cui intende rilasciare autorizzazioni speciali, e verificarle periodicamente.

4.1.4 Sorveglianza delle operazioni di volo di aeromobili storici

4.1.4.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha dimostrato che nelle operazioni di volo con velivoli passeggeri storici, gli equipaggi di volo hanno violato le regole e corso grandi rischi.

Questo comportamento a rischio non è stato rilevato né dall'impresa di trasporto aereo né dall'autorità di sorveglianza, poiché sono mancate una gestione, una sorveglianza e un controllo efficaci. Numerosi altri eventi rilevanti per la sicurezza non sono stati riconosciuti né dall'impresa di trasporto aereo né dall'autorità di sorveglianza oppure, se riconosciuti, non sono stati affrontati in modo da promuovere la sicurezza.

4.1.4.2 Raccomandazione di sicurezza n. 564

In collaborazione con le imprese che utilizzano aeromobili storici prevalentemente per il trasporto passeri, l'Ufficio federale dell'aviazione civile dovrebbe stabilire efficaci misure di gestione e sorveglianza basate sui rischi, volte a individuare e correggere tempestivamente i problemi specifici di questo tipo di operazioni.

4.1.5 Miglioramento dell'organizzazione dell'attività di sorveglianza

4.1.5.1 Deficit di sicurezza

4.1.5.2 L'inchiesta di sicurezza ha dimostrato che gli audit e le ispezioni dell'Ufficio federale dell'aviazione civile non fornivano un quadro realistico dell'esercizio effettivo e dei processi reali nell'impresa di trasporto aereo e nelle aziende di manutenzione. La sorveglianza era perlopiù formale e denotava poca efficacia, in particolare perché all'interno dell'autorità mancava un'attitudine di base critica e lo scambio di informazioni tra gli ispettori tecnici era scarso.

4.1.5.3 Raccomandazione di sicurezza n. 565

L'Ufficio federale dell'aviazione civile dovrebbe migliorare la propria organizzazione per lo svolgimento di audit e ispezioni in modo da consentire un miglioramento nello scambio di informazioni in seno alle autorità, un'analisi critica dell'impresa in questione e l'individuazione più efficace degli ambiti problematici rilevanti.

4.1.6 Miglioramento della competenza dell'autorità di sorveglianza

4.1.6.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha evidenziato che spesso, in occasione di audit e ispezioni dell'impresa di trasporto aereo e delle imprese di manutenzione, i collaboratori dell'Ufficio federale dell'aviazione civile non sono stati in grado di individuare i problemi rilevanti per la sicurezza. Nell'ambito della sorveglianza tecnica, ciò è dovuto principalmente alla carenza di competenze specialistiche e metodologiche relative a questo tipo di aeroplani storici. Questo ha comportato una certa dipendenza dalle conoscenze specialistiche dei collaboratori delle imprese di manutenzione. Nell'ambito della sorveglianza operativa invece la competenza degli ispettori era data, essi però dimostrarono poco spirito critico. Di conseguenza la sorveglianza su queste imprese non si è rivelata sufficiente.

4.1.6.2 Raccomandazione di sicurezza n. 566

L'Ufficio federale dell'aviazione civile, per la sorveglianza dell'aviazione storica, dovrebbe acquisire o rendere disponibili attraverso enti indipendenti le competenze tecniche e metodologiche necessarie. Inoltre dovrebbe assicurarsi che la sorveglianza venga svolta in maniera efficace.

4.1.7 Determinazione dei dati concernenti le prestazioni dei velivoli sottoposti a revisione completa

4.1.7.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha dimostrato che determinati dati concernenti le prestazioni e l'esercizio dei velivoli non erano più corretti oppure non disponibili. Ad esempio non venivano più raggiunte le prestazioni documentate del volo di crociera, mancavano indicazioni sulla velocità di manovra e le prestazioni in caso di avaria del motore erano documentate in modo insufficiente.

4.1.7.2 Raccomandazione di sicurezza n. 567

Prima della messa in servizio regolare dei velivoli sottoposti a revisione completa del tipo Ju 52/3m g4e, l'Ufficio federale dell'aviazione civile dovrebbe richiedere all'impresa di trasporto aereo la trasmissione dei principali dati relativi alle prestazioni e l'adeguamento dei corrispondenti documenti.

4.2 Avvisi di sicurezza

Il SISI può pubblicare⁴³ sotto forma di avvisi di sicurezza informazioni in merito all'oggetto, quando una raccomandazione di sicurezza secondo il regolamento (EU) Nr. 996/2010 non è adeguata, formalmente non possibile o se attraverso la forma più libera dell'avviso di sicurezza è ipotizzabile una maggiore efficacia.

4.2.1 Verifica e miglioramento dei processi di manutenzione

4.2.1.1 Deficit di sicurezza

L'indagine sulle attività di manutenzione ha messo in luce varie carenze, in particolare a livello di documentazione dell'esecuzione di modifiche rilevanti e della gestione dei pezzi di ricambio. Tali carenze rappresentano un rischio.

4.2.1.2 Avviso di sicurezza n. 25

Insieme all'impresa addetta alla gestione del mantenimento dell'aeronavigabilità (*Continuing Airworthiness Management Organisation – CAMO*), l'impresa di trasporto aereo e le aziende di manutenzione dovrebbero esaminare le procedure esistenti e migliorarle in maniera tale da garantire la tracciabilità degli interventi di manutenzione e una chiara gestione dei pezzi di ricambio.

4.2.2 Formazione continua degli equipaggi di volo

4.2.2.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha dimostrato la tendenza tra i piloti dell'impresa di trasporto aereo Ju-Air a sistematicamente violare regole riconosciute dall'aviazione (*reckless violation*). Inoltre tra gli equipaggi di volo sono state constatate conoscenze non più attuali dei principi di volo elementari quali la struttura degli spazi aerei, la preparazione del volo, il calcolo del peso e centraggio e le disposizioni del diritto aeronautico.

4.2.2.2 Avviso di sicurezza n. 32

L'impresa di trasporto aereo dovrebbe svolgere con i propri equipaggi di volo formazioni continue mirate riguardanti disciplina, rispetto delle regole e in particolare del volo sicuro in montagna e l'applicazione dei principi di volo elementari.

⁴³ Articolo 56 dell'Ordinanza concernente le inchieste sulla sicurezza e gli eventi imprevisti nei trasporti (OIET) del 17 dicembre 2014, stato al 1 febbraio 2015 (OIET, SR 742.161)

4.2.3 Miglioramento del Crew Ressource Management

4.2.3.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha evidenziato che non di rado anche gli equipaggi di volo con grande esperienza hanno commesso errori elementari quali violazioni dello spazio aereo. Il fatto che spesso i velivoli fossero condotti da due piloti esperti col rango di capitano non ha impedito che venissero commessi questi errori. Occasionalmente le verifiche delle prestazioni sono state svolte in modo non critico; errori palesi non sono stati individuati o affrontati per essere corretti. Un tale comportamento rivela notevoli carenze nella collaborazione, soprattutto tra membri dell'equipaggio esperti dello stesso rango.

4.2.3.2 Avviso di sicurezza n. 33

L'impresa di trasporto aereo dovrebbe ottimizzare la collaborazione dei propri equipaggi di volo (*Crew Ressource Management*) in modo da adeguarla agli specifici requisiti delle proprie operazioni di volo (volo a vista, volo in montagna, grande esperienza, stesso rango ecc.).

4.2.4 Miglioramento delle misure di gestione delle operazioni di volo

4.2.4.1 Deficit di sicurezza

Dall'inchiesta di sicurezza è emerso che non di rado gli equipaggi di volo dell'impresa di trasporto aereo gestivano in modo irresponsabile le libertà loro concesse nell'ambito delle condizioni quadro delle operazioni di volo. Tuttavia, anche i membri dell'equipaggio più esperti, che avevano lavorato per molto tempo in importanti compagnie aeree, tenevano questo tipo di comportamento rischioso, violando le elementari regole di sicurezza. Tutte le imprese per cui avevano lavorato disponevano di efficaci misure di gestione e sorveglianza che avrebbero permesso di evidenziare immediatamente scostamenti dalla qualità del lavoro richiesta. Al contrario, nell'impresa di trasporto aereo Ju-Air non vi erano i mezzi e gli strumenti volti a riconoscere questi problemi di sicurezza. Da ciò si può concludere che anche gli equipaggi di volo abituati da anni ad un ambiente attento alla sicurezza, in assenza di efficaci misure di gestione e sorveglianza possono cadere in una mancanza di disciplina.

4.2.4.2 Avviso di sicurezza n. 34

L'impresa di trasporto aereo dovrebbe elaborare e attuare misure di gestione e sorveglianza che consentano di accertare la violazione dei principi di sicurezza elementari e delle norme di legge e di garantirne il rispetto.

4.2.5 Miglioramento del sistema di gestione della sicurezza

4.2.5.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha fatto emergere numerosi problemi di qualità nella manutenzione dei velivoli gestiti da Ju-Air. Inoltre numerosi esempi confermano che le segnalazioni di eventi rilevanti per la sicurezza non venivano trasmesse o elaborate al fine di accrescere la sicurezza. In tal modo non si potevano trarre insegnamenti da tali imprevisti oppure solamente in modo molto limitato. L'impresa di trasporto aereo disponeva dal punto di vista formale di un sistema di gestione della sicurezza, che tuttavia è risultato ampiamente inefficace nella sua implementazione.

4.2.5.2 Avviso di sicurezza n. 35

L'impresa di trasporto aereo dovrebbe migliorare i propri processi interni, in particolare nel settore della garanzia della qualità e nella gestione dei rischi, in modo da poter individuare tempestivamente i problemi di sicurezza e risolverli in modo efficace.

4.2.6 Svolgimento di analisi degli eventi e dei rischi

4.2.6.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha dimostrato che i principali rischi delle operazioni di volo non sono mai stati analizzati dall'impresa di trasporto aereo. Ciò ha permesso il regolare proseguimento delle operazioni di volo e ha fatto in modo che un piccolo guasto avrebbe potuto provocare un incidente. L'incidente oggetto dell'inchiesta è tipico anche perché una procedura rischiosa spesso eseguita, combinata a una condizione quadro naturale quotidiana, ha potuto sviluppare un esito fatale.

4.2.6.2 Avviso di sicurezza n. 36

L'impresa di trasporto aereo dovrebbe effettuare le analisi degli eventi e dei rischi mancanti e, in caso di avaria dei motori e nel volo in montagna, garantire sempre il completamento sicuro del volo grazie a una pianificazione e una scelta della rotta di volo mirate.

4.2.7 Miglioramento dell'addestramento in situazioni di volo critiche

4.2.7.1 Deficit di sicurezza

L'inchiesta di sicurezza ha dimostrato che gli equipaggi di volo dell'impresa di trasporto aereo non disponevano dell'esperienza relativa al comportamento del tipo Junkers Ju 52/3m g4e con un normale carico di passeggeri in condizioni di volo critiche.

4.2.7.2 Avviso di sicurezza n. 37

L'impresa di trasporto aereo dovrebbe documentare situazioni di volo critiche in situazioni d'esercizio realistiche. Gli equipaggi dovrebbero familiarizzarsi quanto più possibile con condizioni di volo critiche.

4.3 Misure adottate dopo l'incidente

Il 16 agosto 2018 l'Ufficio federale dell'aviazione civile ha disposto che l'impresa di trasporto aereo equipaggiasse i propri velivoli con un logger per poter sorvegliare e valutare i voli. Inoltre sono state ordinate altezze minime di volo superiori, eccetto che per decollo e atterraggio, pari a 1000 piedi dal suolo sopra le aree non abitate e 2000 piedi dal suolo sopra le aree abitate. Inoltre durante il volo i passeggeri dovevano rimanere seduti con le cinture allacciate. Ju-Air ha dovuto svolgere per gli equipaggi di volo e di cabina un corso di ripetizione delle procedure di volo standard e di *Cockpit Ressource Management*.

Il 16 novembre 2018 l'UFAC ha revocato mediante ordinanza i certificati di navigabilità dei velivoli omologhi HB-HOP e HB-HOS.

Nel settembre 2019 il Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza ha informato approfonditamente i responsabili dell'impresa di trasporto aereo, delle aziende di manutenzione e dell'Ufficio federale dell'aviazione civile circa i risultati dell'inchiesta disponibili fino a questo momento e i deficit di sicurezza individuati. Ciò per

mettere a disposizione di queste organizzazioni il primo possibile tutte le informazioni necessarie affinché, entro la pubblicazione del rapporto finale, possano adottare efficaci misure di miglioramento della sicurezza.

Con presa di posizione del 29 luglio 2020, l'UFAC ha annunciato le seguenti misure di miglioramento della sicurezza del volo e che il SISI pubblica senza commenti qui di seguito:

«Nel corso del primo quartale del 2019, presso la Part-145 di Ju-Air sono stati svolti tre audit, che hanno portato alla sospensione del certificato di Part-145. In seguito si è svolta una ispezione, che ha evidenziato che Ju-Air, nonostante la sospensione del certificato Part-145, ha continuato a svolgere lavori di manutenzione. Questo ha portato ad una multa emessa il 15.10.19.

Al 15.5.19 Ju-Air ha ritornato volontariamente il certificato Part-M/G della CAMO.

Al 11.6.19 la nuova impresa Junkers Flugzeugwerke ha richiesto la certificazione Part-145 per aeroplani del tipo JU-52. Questo processo non è ancora concluso.

Al 7.5.20 Naef ha ritornato volontariamente la certificazione Part-145

Al 24.6.20 Ju-Air ritorna volontariamente la certificazione Part-145 sospesa.

Internamente all'UFAC sono state intraprese diverse attività

Al 25 & 26.3.2019 a seguito del rapporto preliminare del SISI le sezioni STOB & STOZ hanno effettuato un workshop di due giorni su Lessons learned e definito ulteriori misure.

Al 23 & 24.9.2019, nelle sezioni STOB e STOZ è stata effettuata una formazione continua di due giorni sul tema tecnica degli audit e tattica con Workshop pratici e Lessons learned.

Inoltre all'interno dell'UFAC è stato inizializzato un progetto che si occupa degli aspetti relativi agli aeromobili che invecchiano. È stata svolta una valutazione dei rischi in questo senso, che dovrà poi anche essere inserita nella modifica legislativa pianificata.

L'UFAC ha completato e affinato i suoi processi per la valutazione dei rischi nelle imprese di trasporto aereo. In questo modo deve essere garantito che la pianificazione della sorveglianza si occupi di identificare quei rischi particolari che non sono coperti dalla normativa. Questa ponderazione dei rischi è utilizzata dal 2019.

Dato che l'operazione di volo è ferma da tempo [...], in questo momento non vi è un'immediata necessità di azione per ulteriori misure operative nei confronti di Ju-Air.»

Al di fuori dell'UFAC, nessun altro Stakeholder ha annunciato misure che sono state intraprese a partire dall'incidente.

Il presente rapporto finale è stato approvato dalla Commissione del Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI (art. 10 lit. h dell'ordinanza del 17 dicembre 2014 concernente le inchieste di sicurezza in caso di eventi imprevisti nei trasporti).

Berna, 22 dicembre 2020

Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza