



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. 2427

del Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI

riguardo all'incidente dell'elicottero
Airbus Helicopters H125, HB-ZTV,

del 16 marzo 2022

Riale Carcale, Comune di Gordola (TI)

Note generali su questo rapporto

L'unico scopo di un'indagine su un incidente aereo o un inconveniente grave è la prevenzione di incidenti o inconvenienti gravi. L'inchiesta di sicurezza e il presente rapporto non hanno espressamente lo scopo di determinare colpe o responsabilità.¹

Se questo rapporto viene utilizzato per scopi diversi dalla prevenzione degli infortuni, si deve tenere in debito conto questo fatto.

La versione italiana di questo rapporto è l'originale e quindi fa fede.

Se non diversamente specificato, tutti i dati si riferiscono al momento dell'incidente.

Salvo diversa indicazione, tutti gli orari citati nel presente rapporto sono espressi nell'ora solare (*Local Time* – LT) valida per il territorio svizzero al momento dell'incidente. La relazione tra LT, Ora dell'Europa Centrale (OEC) e Tempo Universale Coordinato (*Coordinated Universal Time* – UTC) è la seguente:

LT = OEC = UTC + 1 h

¹ Articolo 3.1 della 13a edizione dell'allegato 13, applicabile dal 5 novembre 2020, della Convenzione relativa all'aviazione civile internazionale del 7 dicembre 1944, entrata in vigore per la Svizzera il 4 aprile 1947, stato al 28 novembre 2024 (RS 0.748.0)

Articolo 24 della legge federale sulla navigazione aerea del 21 dicembre 1948, stato al 1° gennaio 2025 (LNA, RS 748.0)

Articolo 1 numero 1 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, entrato in vigore per la Svizzera il 1° febbraio 2012 ai sensi della decisione del Comitato misto Svizzera-UE e in base all'Accordo del 21 giugno 1999 tra la Comunità europea e la Confederazione svizzera sul trasporto aereo (accordo sul trasporto aereo)

Articolo 2, capoverso 1 dell'ordinanza del 17 dicembre 2014 concernente le inchieste sulla sicurezza in caso di eventi imprevisti nei trasporti; stato al 1° gennaio 2025 (OJET, RS 742.161)

Sintesi

Tipo di aeromobile	Airbus Helicopters H125			HB-ZTV
Esercente	Heli-TV SA, Aeroporto, CH-6527 Lodrino			
Proprietario	Nuova Camping Tamaro SA, via alla Costa 34, CH-6646 Contra			
Pilota	Cittadino svizzero, classe 1972			
Licenza	Licenza di pilota professionale di elicottero (<i>Commercial Pilot Licence – CPL(H)</i>), secondo le regole dell'agenzia dell'unione europea per la sicurezza aerea (<i>European Union Aviation Safety Agency – EASA</i>), emessa dall'ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC)			
Ore di volo	totale	6731:47 h	negli ultimi 90 giorni	73:59 h
	sul tipo coinvolto	>1350:00 ² h	negli ultimi 90 giorni	66:44 h
Posizione	Riale Carcale, Comune di Gordola (TI)			
Coordinate	711245 / 115867 (<i>Reticolo svizzero</i> 1903) N 46° 11' 06" / E 008° 52' 46" (WGS ³ 84)		Altezza	433 m/M
Data e ora	16 marzo 2022, ore 10:47 locali			
Tipo di operazione	Lavoro aereo			
Regole di volo	Regole del volo a vista (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>)			
Partenza	Sito di atterraggio esterno presso Contra (TI)			
Destinazione	Riale Carcale, Comune di Gordola (TI)			
Fase di volo	Avvicinamento			
Tipologia di avvenimento	Collisione con un elettrodotto ad alta tensione			
Lesioni personali				
Lesioni	Membri dell'equipaggio	Passeggeri	Numero totale di occupanti	Terze parti
Mortale	1	0	1	0
Significativo	0	0	0	0
Facile	0	0	0	0
Nessuno	0	0	0	Non applicabile
Totale	1	0	1	0
Danni all'aeromobile	Distrutto			
Danni a terzi	Conduttore di un elettrodotto ad alta tensione sezionato. Leggero danno da inquinamento al suolo			

² La documentazione visionata dopo l'incidente ha permesso di ricostruire con certezza questo dato a partire dall'anno 2019. È noto che il pilota deteneva l'abilitazione ed aveva esperienza di volo e lavoro aereo su H125 da molti anni.

³ WGS: *World Geodetic System*, sistema di riferimento geodetico: lo standard WGS 84 è stato adottato per l'aviazione con una risoluzione dell'*Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile* (ICAO) nel 1989.

1 Fatti

1.1 Antefatti e svolgimento del volo

1.1.1 Generale

Per la seguente descrizione degli antefatti e dello svolgimento del volo sono state utilizzate informazioni tratte da documenti e dichiarazioni di persone che potevano fornire riscontri rilevanti. Il volo era una missione di lavoro aereo con carico esterno.

1.1.2 Antefatti

La missione oggetto dell'incidente avrebbe dovuto svolgersi con un altro equipaggio il giorno precedente, ma è stata rinviata a causa della nebbia.

La sera prima dell'incidente, l'ufficio operativo dell'esercente ha comunicato al pilota coinvolto, mediante posta elettronica, il programma di volo previsto. L'inizio dei voli a Gordola era previsto per le ore 10:30.

Il giorno dell'incidente, mercoledì 16 marzo 2022, il pilota ha iniziato la giornata lavorativa alle ore 08:09 presso l'ufficio dell'Amministrazione cantonale a Bellinzona (cfr. capitolo 1.2.1.1). Egli ha registrato l'uscita dall'ufficio alle ore 08:57 per recarsi ad una visita medica sino alle ore 10:11, orario in cui ha di nuovo timbrato l'entrata in ufficio. In seguito egli si è recato in auto a Lodrino, dove è giunto alle ore 10:32.

Nel settore d'impiego erano arrivati 3 assistenti di volo (*Task specialist operator* – TSOP) denominati in seguito TSOP A, B, C, dislocati in altrettante ubicazioni. Lo TSOP A si trovava presso la piazza d'atterraggio di Contra, lo TSOP B si trovava presso il punto di carico del materiale in via Cecchino a Gordola e lo TSOP C presso il punto di scarico sul cantiere (cfr. Figura 1).

Sul cantiere inoltre si trovavano gli operai dell'impresa edile che era incaricata dello svolgimento dei lavori.

L'elicottero è decollato da Lodrino con a bordo 149 lt di carburante e si è annunciato alle ore 10:39 circa sulla frequenza della torre di controllo dell'aeroporto di Locarno (LSZL) proveniente da Nord in direzione di Contra, senza sorvolare il cantiere.

Il pilota ha richiesto, mediante la radio ricetrasmittente dedicata alle comunicazioni con gli TSOP, l'aggancio di una fune di trasporto di 40 m, realizzata unendo due funi da 10 m e 30 m, e ha fatto effettuare allo TSOP A il rifornimento di 90 litri di carburante.

1.1.3 Svolgimento del volo oggetto dell'incidente

Alle ore 10:46 il pilota dell'elicottero H125 immatricolato HB-ZTV ha comunicato alla torre di controllo di Locarno che la missione si sarebbe svolta tra Gordola e la valle del Carcale. Si è recato presso il punto di carico in via Cecchino, presso il quale lo TSOP B ha agganciato alla fune di trasporto un mazzo di legname da costruzione.

Lo TSOP C, dislocato sul luogo di scarico a circa metà della Valle del Carcale, ha ravvisato l'imminente arrivo dell'elicottero sentendo il rumore dello stesso. Egli ha chiesto via radio al pilota che genere di materiale fosse trasportato, ottenendo una risposta solo dopo alcuni tentativi.

Essendo il legname da costruzione destinato ad un punto più a valle rispetto alla posizione attuale dello TSOP C, questo si è portato rapidamente nel punto in cui

era previsto l'arrivo di questo carico. Durante lo spostamento egli ha scorto l'elicottero avvicinarsi con una velocità da lui valutata come superiore al solito, con il muso rivolto a monte, allineato con il fiume che percorre la valle ed a una distanza verticale sotto ai conduttori elettrici inferiori che attraversano la valle trasversalmente (cfr. Figura 1) stimata in circa 15 metri.

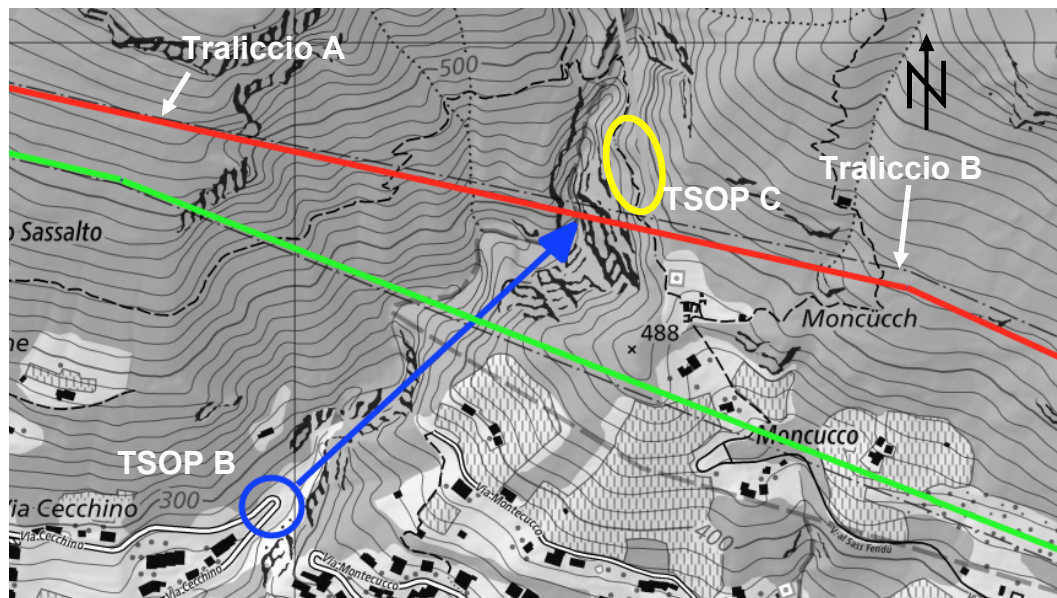


Figura 1: Luogo di carico (cerchio blu), luogo di scarico (ellissi gialla), elettrodotti (in verde quello a valle, in rosso quello oggetto dell'incidente), e il percorso di volo indicativo dell'elicottero (freccia blu). Le tracce degli elettrodotti (punto – linea secondo Swisstopo) e quelle colorate provengono dalla banca dati sugli ostacoli alla navigazione aerea. Origine della cartina di base: Ufficio federale di topografia Swisstopo.

In questo frangente lo TSOP C ha reso attento il pilota più volte, mediante la radio ricetrasmittente, alla presenza dei cavi dell'alta tensione, senza però ottenere risposta. Le comunicazioni sono state udite da altri equipaggi attivi nella regione.

Lo TSOP C ha distolto lo sguardo dall'elicottero per alcuni secondi, al momento di rialzare gli occhi ha scorto l'elicottero mentre urtava con il rotore principale un conduttore dell'elettrodotto ad alta tensione, tranciandolo. L'esercente dell'elettrodotto ha registrato la disgiunzione del conduttore alle ore 10:47:25.

Il rotore con la scatola di trasmissione principale e il rotore di coda sono stati istantaneamente divelti dalla cellula che è precipitata al suolo incendiandosi. I due spezzoni del conduttore tranciato sono caduti al suolo sui rispettivi versanti della valle. Le persone presenti sul cantiere non sono state colpite.

Il pilota è stato ferito mortalmente.

1.2 Indicazioni sulle persone

1.2.1 Pilota

1.2.1.1 Condizioni di impiego e situazione personale

Il pilota coinvolto nell'incidente era impiegato a tempo parziale (60 %) presso l'Amministrazione del Cantone Ticino in qualità di ingegnere forestale. Egli svolgeva altresì l'attività di pilota presso la ditta Heli-TV, di regola tale missione "freelance" veniva computata nella misura del 40 %, con una programmazione mensile volta a coprire i picchi di lavoro o sostituire le unità mancanti. In tal caso poteva succedere che egli veniva chiamato a breve termine, anche in assenza di una pianificazione preventiva.

In accordo con Heli-TV, di regola il pilota era a disposizione ogni giovedì e, se necessario, il sabato.

Il pilota era confrontato con una separazione, motivo per il quale era seguito da personale specializzato.

1.2.1.2 Istruzione ed esperienza

Il pilota ha frequentato la scuola di volo Swissair per la formazione quale pilota di linea (*Air Transport Pilot License Aeroplane – ATPL(A)*) ma non ha esercitato questa funzione a causa del contesto economico del momento. Egli ha ottenuto la licenza di pilota commerciale di elicotteri CPL(H) nel 2005 e in seguito la qualifica di istruttore di volo su elicotteri (*Flight Instructor Helicopter – FI(H)*).

Dall'aprile 2014 svolgeva la propria attività di pilota di elicotteri a tempo parziale presso la Heli-TV.

In totale egli possedeva un'esperienza di volo di 6731 ore, buona parte delle quali svolte in attività di trasporto commerciale e lavoro aereo con l'elicottero.

Sul cantiere oggetto dell'incidente egli aveva in precedenza compiuto una decina di missioni.

1.2.1.3 Piano di lavoro

Il pilota si è reso eccezionalmente disponibile ad effettuare il servizio di volo il giorno dell'incidente, in luogo del giovedì normalmente pianificato.

Le disposizioni relative ai tempi di servizio di volo e di riposo risultano essere state rispettate nel periodo antecedente il giorno dell'incidente.

1.2.1.4 Programma dei voli

Il piano di volo prevedeva esclusivamente il trasporto di materiale al gancio bari-centrico per il cantiere in oggetto, per una durata d'impiego di circa 90 minuti. Erano previsti il trasporto di 10 m³ di calcestruzzo e di un macchinario edile suddiviso in 3 voli, di cui uno da 1300 kg. Il programma non prevedeva alcun trasporto di mazzi di legname da costruzione.

La prima rotazione era prevista per le ore 10:30 con partenza dalla via Cecchino a Gordola.

1.2.2 Assistenti di volo TSOP

1.2.2.1 TSOP A addetto al rifornimento

Lo TSOP A svolgeva primariamente il compito di meccanico aeronautico e solo occasionalmente svolgeva attività di servizio di volo. Nella fattispecie egli era stato assegnato al rifornimento di carburante dell'elicottero e ad agganciare la fune di trasporto al suo giungere da Lodrino. Non aveva mai operato nel cantiere e non ne conosceva la morfologia.

Dalla sua postazione non ha potuto vedere l'incidente.

1.2.2.2 TSOP B addetto alla preparazione dei carichi

Lo TSOP B era impiegato a tempo pieno presso Heli-TV da alcuni anni ed aveva conseguito le certificazioni interne all'azienda previste per tale attività. Vantava una ampia esperienza in qualità di assistente di volo.

Dalla sua postazione non aveva in vista né la zona dove l'elicottero era atterrato per il rifornimento né la zona di scarico presso il cantiere.

1.2.2.3 TSOP C addetto alla ricezione del materiale sul cantiere

Lo TSOP C era impiegato principalmente come operaio forestale qualificato presso una ditta di lavori forestali della regione (cfr. capitolo 1.9.3.2). In quanto tale vantava una grande esperienza negli impieghi di esbosco tronchi e altri lavori forestali con l'ausilio dell'elicottero.

Per i lavori diversi dall'esbosco era stato formato da Heli-TV durante una giornata di istruzione svoltasi 11 giorni prima dell'incidente in oggetto. Il corso aveva per obiettivo l'istruzione del personale di terra all'esecuzione di ulteriori tipologie di lavoro con l'elicottero, per le quali sarebbe in seguito stato occasionalmente impiegato su mandato del proprio datore di lavoro principale.

La mattina dell'incidente egli aveva ricevuto la missione dal suo superiore e datore di lavoro tramite messaggio in una chat e senza ulteriori dettagli.

1.3 Indicazioni sull'aeromobile

1.3.1 In generale

Immatricolazione	HB-ZTV
Tipo di elicottero	Airbus Helicopters H125 (Denominazione commerciale AS350B3e Ecu-reuil)
Caratteristiche	Elicottero monomotore multiruolo a sei posti e carrello di atterraggio a pattini. Rotore principale a tre pale, sistema anticoppia convenzionale con rotore di coda. Sistema di controllo completamente digitale del motore ridondante (<i>Full Authority Digital Engine Control</i> – FADEC)
Costruttore	Airbus Helicopters, Marignane (F)
Anno di Costruzione	2012
Ore di funzionamento	Cellula: 8921:20 ore⁴ TSN⁵ Motore: 2922:39 ore⁴ TSN
Massa massima ammissibile al decollo	Senza carico esterno: 2250 Kg Con carico esterno: 2800 Kg
Massa e baricentro	Sia la massa che il centro di gravità rientrano nei limiti consentiti dal Manuale di volo (<i>Flight Manual</i> – FM).
Restrizioni o difetti	Nessun difetto/limitazione iscritto agli atti o noto al momento dell'incidente.

⁴ Riferito alle ultime ore registrate sul quaderno tecnico di bordo, al momento dell'incidente l'elicottero aveva circa una decina di minuti di volo in più, non ricostruibili con precisione, non rilevanti per lo svolgimento dell'incidente.

⁵ TSN: *Time Since New* – Ore di funzionamento da nuovo

1.3.2 Equipaggiamento

1.3.2.1 Modifiche specifiche per il lavoro aereo

L'elicottero era stato appositamente modificato per l'impiego di lavoro aereo. Nello specifico era stato dotato di una botola-finestra sul lato destro del pavimento che permetteva al pilota una visione diretta del carico secondo una tecnica di volo denominata riferimenti verticali (*vertical reference*). Inoltre era dotato di un telaio con specchi che permettono la visione indiretta del carico sospeso. Il pilota in questo caso guarda verso l'avanti e mantiene nel campo visivo periferico anche l'orizzonte e la traiettoria di volo.

Per le comunicazioni con il personale a terra, oltre alle due radio-ricetrasmittenti in banda aeronautica per le comunicazioni con gli enti del controllo del traffico aereo, l'elicottero era stato dotato di una radio-ricetrasmittente dedicata.

Le radio ricetrasmittenti erano collegate al pannello di gestione degli apparati di comunicazione, attraverso il quale il pilota può selezionare fino a 3 canali di ascolto contemporanei e fino a 2 di trasmissione.

1.3.2.2 Gestione elettronica del turbomotore

Il motore a turbina Arriel 2D del costruttore Safran Helicopter Engines è controllato da un calcolatore elettronico bicanale ridondante (*Electronic Engine Control Unit – EECU*). Il calcolatore svolge tutte le funzioni di monitoraggio e comando del motore. Gli apparati di controllo del motore e i relativi circuiti dei segnali sono rispondenti alla normativa DO160 (requisiti di protezione dagli influssi ambientali), in particolare deve essere dimostrata la protezione contro le interferenze elettromagnetiche (*Electromagnetic Interference – EMI*) generate ad esempio da un fulmine (cfr. capitoli 1.10.1.1 e 1.10.2).

1.3.2.3 Apparecchi di registrazione di dati

Al momento dell'incidente, e per l'elicottero oggetto dell'incidente, non era prescritta l'installazione di apparecchi di registrazione, che non erano installati.

L'incendio post impatto ha distrutto le memorie elettroniche presenti nei calcolatori del EECU e del registratore dei parametri motore (*Engine Data Recorder – EDR*).

1.4 Dati meteorologici

1.4.1 Condizioni meteorologiche generali

Nel campo di pressione al suolo, una stretta sella si estendeva dalla Francia occidentale alle isole britanniche. Sul suo lato orientale, l'aria scorreva dal Nord Africa alle Alpi.

1.4.2 Condizioni meteorologiche al momento e presso il luogo dell'incidente

Le seguenti informazioni sulle condizioni meteorologiche al momento e nel luogo in cui si è verificato l'incidente si basano su un'interpolazione spaziale e temporale di osservazioni provenienti da diverse stazioni meteorologiche.

L'afflusso di aria tropicale è stato combinato con una massiccia avanzata di polvere dal Sahara algerino. Sul piano di Magadino e lungo i pendii circostanti c'era una luce diffusa senza ombre pronunciate.

Ad eccezione della visibilità, i valori misurati elencati di seguito si riferiscono all'aeroporto di Locarno Magadino (LSZL). Qui è stata registrata una visibilità di 10 km o più. L'osservatorio di MeteoSvizzera a Locarno Monti ha registrato attorno alle

ore 10 una visibilità di 9 km. Le misurazioni della radiazione diffusa nelle stazioni circostanti disponibili documentano circa il 70 % di radiazione diffusa.

Il vento era debole. Secondo i calcoli del modello e le osservazioni, c'era una tendenza al vento ascendente.

Tempo	asciutto
Nuvole sotto la MSA ⁶	nessuna
Vista	Poco meno di 10 km, luce diffusa
Vento	variabile, 1 nodo
Temperatura e punto di rugiada	10 °C / 6 °C
Pressione dell'aria	QNH ⁷ : 1026 hPa
Pericoli	<i>"Riduzione della visibilità a causa di nebbia, foschia e polvere del Sahara".⁸</i>

1.4.3	Dati astronomici		
	Posizione del sole	Azimut 150°	Altezza 38°
	Condizioni di illuminazione	Giorno	

1.5 Indicazioni sul luogo dell'incidente, l'impatto e il relitto

1.5.1 Indicazioni sul luogo dell'incidente

La valle del Carcale, situata a nord dell'Aerodromo di Locarno in territorio del Comune di Gordola, denota una tipica conformazione alpina a V, scavata nel tempo da un riale, angusta e con ripide pareti laterali ricoperte da una folta vegetazione.

La valle è percorsa trasversalmente circa a metà da due elettrodotti ad alta tensione, non equipaggiati di marcature sferiche arancioni, riportati sulle carte degli ostacoli della navigazione aerea.

L'elettrodotto più nord oggetto dell'incidente, da 150 kV, collega la centrale della diga Verzasca con la sottostazione di Magadino. Nei pressi della valle del Carcale, i conduttori sono sospesi tra due tralicci posizionati sui lati est (Traliccio B) e ovest (Traliccio A) della valle e distanti approssimativamente 620 m tra di loro. La base del traliccio A si trova 14 m più in alto del traliccio B. Il punto più basso della campata, si trova spostato verso il traliccio B e risulta 18 m più basso rispetto alla base dello stesso. Al di sotto dell'ostacolo, lo spazio libero minimo rispetto al terreno risulta essere di circa 70 m (cfr. Figura 1, Figura 2 e Figura 3).

⁶ *Minimum Sector Altitude* – MSA: Altitudine minima del settore

⁷ Pressione ridotta al livello del mare, calcolata utilizzando i valori dell'atmosfera standard ICAO; ICAO: *Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile*

⁸ Citazione dalle previsioni meteorologiche per l'aviazione in Svizzera valide per mercoledì 16 marzo 2022 [...], emesse da MeteoSvizzera mercoledì 16 marzo, edizione delle 05:00 UTC.



Figura 2: Conformazione del territorio con sovrapposizione dei conduttori dei due elettrodotti e il percorso di volo indicativo. Origine: Fotografia SISl

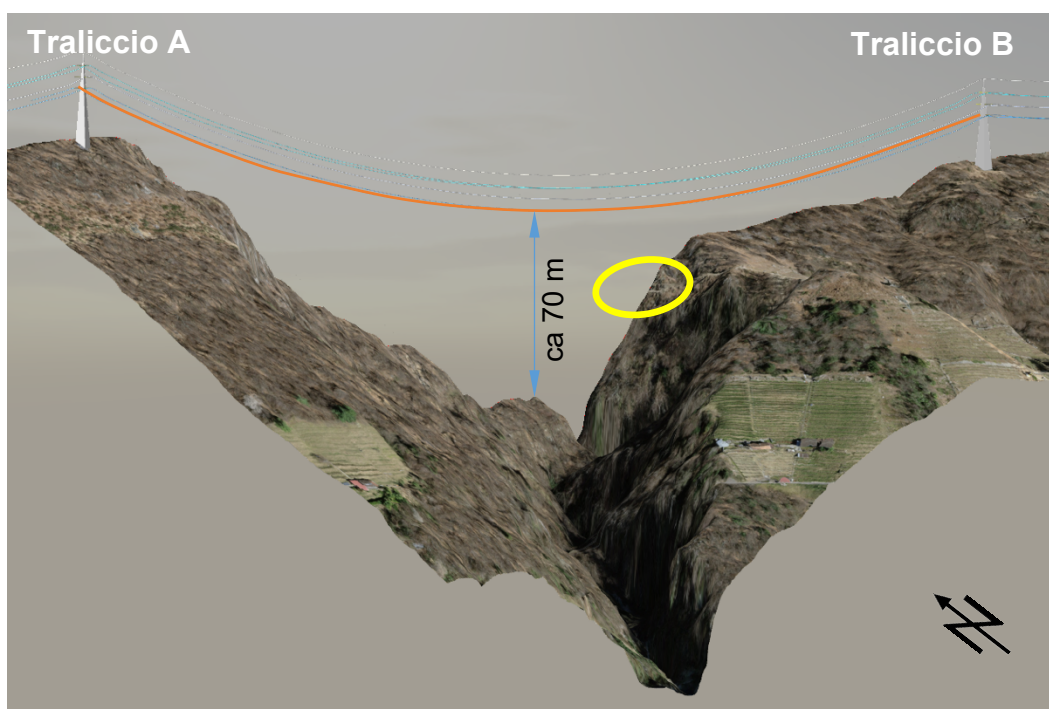


Figura 3: Vista del modello tridimensionale della valle del Carcale, sezionata in corrispondenza dell'elettrodotto oggetto dell'incidente. In rosso è evidenziato il conduttore con il quale è avvenuta la collisione. La zona di cantiere e di scarico (ellissi gialla) non risulta completamente visibile in questa rappresentazione. L'elettrodotto più a valle è stato oscurato nell'immagine. Origine: Direzione Lavori, Modellazione 3D del cantiere

1.5.2 Indicazioni sull'impatto e il relitto

L'elicottero ha impattato con una pala del rotore principale il conduttore più basso, lato Nord, dell'elettrodotto, tranciandolo. Durante la sequenza d'impatto della pala, lo stesso conduttore una volta tranciato è stato proiettato verso la parte posteriore dell'elicottero, che a causa della dinamica dell'incidente è venuta a trovarsi vicino al conduttore lato Sud. Pochi millisecondi dopo l'impatto iniziale, la fusoliera dell'elicottero ha fatto da ponte tra i due conduttori creando un arco elettrico. Il

conduttore tranciato è finito inoltre nel rotore anticoppia, che è stato strappato dalla trave di coda.

La trasmissione del rotore principale si è separata dalla struttura principale dell'elicottero. L'intero rotore, compresa la scatola di trasmissione, è precipitato sul lato Ovest della Valle del Carcale, mentre la fusoliera è caduta verticalmente sul greto del riale senza più alcuna portanza.

L'impatto con il suolo ha provocato la rottura del serbatoio con la conseguente fuoriuscita del carburante che si è incendiato immediatamente.

L'elicottero non era dotato del sistema di protezione per sovragiri della turbina (*overspeed protection*) e non era dotato del serbatoio di carburante resistente agli impatti (*crashworthy fuel-tank*)⁹.

1.6 Risultati degli esami medici e patologici del pilota

Gli accertamenti medico-legali svolti dopo l'incidente non hanno dato riscontro di alcuna patologia preesistente che abbia potuto provocare o influenzare l'incidente.

Gli esami tossicologici sono risultati negativi.

Il corpo presentava una ferita tipica da scarica elettrica ad altissima tensione sulla mano destra. È verosimile che questa scarica abbia fatto perdere o alterato immediatamente lo stato di coscienza del pilota, che è in seguito deceduto a causa del politrauma riportato durante l'impatto con il suolo.

Il pilota non indossava il casco.

1.7 Aspetti legati alla sopravvivenza

1.7.1 In generale

Indipendentemente dalla problematica relativa alla scarica elettrica, non era possibile sopravvivere all'impatto.

1.7.2 Ricerca e soccorso

Non è stato rilevato alcun segnale proveniente dal trasmettitore d'emergenza di bordo (*Emergency Locator Transmitter – ELT*).

L'allarme è stato dato dai presenti immediatamente dopo l'incidente. Un elicottero di salvataggio che era in partenza dall'aeroporto di Locarno si è recato immediatamente sul posto, il medico non ha potuto fare altro che constatare l'avvenuto decesso del pilota.

1.8 Esame tecnico del relitto

1.8.1 Cellula e rotori

La cellula presentava importanti danneggiamenti dovuti all'impatto con il suolo e il conseguente incendio. Le verifiche effettuate in collaborazione con gli specialisti del costruttore e dell'autorità d'inchiesta sugli incidenti d'aviazione civile francese (*Bureau d'enquête et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile – BEA*) non hanno rinvenuto la presenza di danneggiamenti o malfunzionamenti che avrebbero potuto causare l'incidente o contribuire allo stesso.

⁹ La *overspeed protection* e il *crashworthy fuel-tank* sono equipaggiamenti opzionali e sono stati introdotti a catalogo solo alcuni anni dopo la data di produzione dell'elicottero da parte del costruttore e al momento dell'incidente non potevano ancora essere installati mediante una modifica (*retrofit*).

1.8.2 Turbomotore

Le verifiche effettuate sul turbomotore in collaborazione con gli specialisti del costruttore e del BEA hanno permesso di stabilire che al momento dell'impatto con il conduttore dell'elettrodotto il motore era in funzione e stava erogando potenza.

1.9 Informazioni sulle organizzazioni coinvolte

1.9.1 Descrizione del cantiere

Nella zona dell'incidente era in corso da una decina di anni e su più fasi un cantiere per l'ottimizzazione del locale acquedotto comunale. Si tratta in particolare di un cantiere non raggiungibile con altri mezzi tecnici se non con l'elicottero, rispettivamente a piedi.

L'impresa di trasporto aereo ha ottenuto l'incarico per il trasporto in loco del materiale, del calcestruzzo e dei macchinari da cantiere da parte di una delle imprese di costruzioni, in qualità di subappaltante.

Sul cantiere in oggetto, in diverse tappe, sono state nel tempo eseguite alcune centinaia di rotazioni di trasporto materiale, mediante l'impiego di svariati equipaggi e molteplici ditte di trasporto. In media le missioni venivano eseguite una volta alla settimana.

Nel corso dell'avanzamento del cantiere la posizione di scarico del materiale si è viepiù avvicinata al tracciato dell'elettrodotto. Data la conformazione del terreno gli elicotteri dovevano alzarsi in modo quasi verticale da via Cecchino, sorvolare i due elettrodotti e poi ridiscendere in maniera altrettanto verticale per alcune centinaia di metri per depositare il materiale.

Per evitare di incorrere in fenomeni di *Vortex / Settling with power*¹⁰ l'impresa di trasporto aereo ha valutato di effettuare i trasporti volando al di sotto dei due elettrodotti.

Il pilota coinvolto nell'incidente aveva già svolto una missione di trasporto per lo stesso cantiere il 23 dicembre 2021. Durante questa missione di trasporto venne applicata la tattica di volo che prevedeva di volare al disotto di entrambi gli elettrodotti per raggiungere il luogo di scarico.

1.9.2 Condotta del cantiere

Sul cantiere era attivo uno studio d'ingegneria che si occupava della direzione e supervisione dei lavori, che venivano puntualmente attribuiti alle imprese edili e forestali per l'esecuzione.

L'ordinazione e coordinazione dei voli di elicottero era compito delle singole imprese esecutrici dei lavori.

Gli esercenti dei due elettrodotti ad alta tensione che si trovano nelle vicinanze sono stati coinvolti nella fase di pianificazione dei lavori e hanno trasmesso le loro indicazioni alla direzione lavori, che a sua volta ha informato le imprese appaltatrici.

Non vi sono evidenze del fatto che le informazioni sulle prescrizioni di sicurezza siano state trasmesse direttamente dalla direzione lavori o da parte delle imprese appaltatrici, all'impresa di trasporto aereo coinvolta.

¹⁰ *Vortex / Settling with power*: si tratta di una situazione di volo particolare in cui l'elicottero si trova nelle seguenti condizioni: alta potenza erogata, bassa velocità d'avanzamento rispetto all'aria, rateo di discesa elevato, con un elevato rischio di perdita della portanza a causa di fenomeni vorticosi che interessano i rotori.

L'impresa esecutrice dei lavori era a conoscenza del fatto che la corrente elettrica non era stata disinserita. Questa informazione non è stata trasmessa all'impresa di trasporto aereo.

1.9.3 Impresa di trasporto aereo

1.9.3.1 Cenni storici e certificazioni

Heli-TV SA è stata acquisita dall'attuale proprietario nel 1984 e si è specializzata nell'esecuzione di voli di lavoro aereo con elicotteri di tutte le tipologie in Svizzera e all'estero.

L'impresa impiega una cinquantina di persone a vario titolo e secondo vari gradi di occupazione.

L'impresa dispone delle autorizzazioni necessarie per lo svolgimento di operazioni aeree commerciali (*Air Operator Certificate – AOC*), operazioni specializzate di lavoro aereo (*Specialized Operation – SPO*) e dispone inoltre delle certificazioni per il mantenimento dell'aeronavigabilità (*Continuing Airworthiness Management Organisation – CAMO*) e di manutenzione (*Part 145 Maintenance Organisation*).

Le certificazioni e la dimensione della ditta richiedono l'implementazione di sistemi di sorveglianza della conformità (*Compliance Monitoring*) e della sicurezza (*Safety Management System – SMS*).

1.9.3.2 Impiego e formazione degli TSOP

Heli-TV SA si avvaleva di TSOP impiegati fissi, oppure di personale avventizio proveniente da un'impresa forestale della regione, che metteva regolarmente a disposizione alcuni dipendenti in qualità di TSOP.

Nella maggior parte dei casi, questi venivano impiegati per lavori di esbosco, ma occasionalmente anche per altre attività come è stato il caso il giorno dell'incidente.

Il personale in oggetto ha seguito un corso di formazione interno presso la Heli-TV.

1.9.4 Gestione del rischio sul cantiere

1.9.4.1 In generale

La direzione lavori aveva svolto una riunione generale sul posto il 29 settembre 2021 in cui erano presenti rappresentanti del committente, il gestore della rete elettrica, l'impresa di costruzione e un'impresa di opere idrauliche. Non era presente l'impresa di elicotteri. Nel verbale viene fatto riferimento a delle procedure di sicurezza in merito ai lavori nei pressi degli elettrodotti in generale, non specifiche al volo.

I diversi attori presenti sul cantiere avevano predisposto dei piani di sicurezza relativi alla propria specifica attività. Nella fattispecie, l'impresa di costruzione aveva formato il proprio personale per quanto attiene i propri aspetti di sicurezza, ma non ha preso in considerazione i rischi legati all'attività di volo.

A parte colloqui telefonici mirati all'organizzazione del programma di lavoro, non risultano esserci state delle riunioni di coordinamento fra i diversi attori per quanto riguarda la gestione dei rischi inerenti i voli.

Non risulta una gestione del rischio per i voli coordinata a livello superiore tra tutte le aziende coinvolte. La comunicazione sui vari temi inerenti la sicurezza dei voli non risulta essere avvenuta in modo costante.

1.9.4.2 Impresa di trasporto aereo

L'impresa di trasporto aereo ha approntato un documento in cui descriveva i pericoli e le conseguenti misure di mitigazione dei rischi specifici dovuti alla rotta che prevedeva di volare al di sotto dei due elettrodotti ad alta tensione (cfr. Allegato A).

A dicembre 2021 il cantiere oggetto dell'incidente è stato trattato nel corso di una riunione interna con il personale di volo. Il personale delle ditte esterne, come ad esempio lo TSOP C, non è stato coinvolto.

Il documento non conteneva un'analisi del rischio specifica dei pericoli derivanti da campi elettrici ad alta tensione nelle vicinanze di un elicottero. Prescrizioni in merito non erano note all'impresa di lavoro aereo.

I rilievi effettuati sul luogo dell'incidente non hanno evidenziato l'implementazione di misure di mitigazione del rischio.

1.10 Informazioni supplementari

1.10.1 Elettrodotti

1.10.1.1 Interferenze elettromagnetiche nei pressi di un elettrodotto

Nei pressi degli elettrodotti attivi insorgono diversi effetti legati al trasporto della corrente elettrica.

In particolare, vi sono degli effetti triboelettrici che comportano il trasferimento di cariche elettrostatiche dall'aria all'elicottero. Nelle immediate vicinanze di un elettrodotto possono insorgere effetti indesiderati quali il disturbo di apparati elettronici, ad esempio le radio ricetrasmittenti, oppure la perdita di capacità psicomotoria da parte di persone esposte direttamente alle scariche.

Durante il trasporto di corrente elettrica si sviluppano anche dei campi elettromagnetici. L'induzione elettrica, effetto noto per essere sfruttato nei trasformatori, fa sì che in un circuito che si trova nelle vicinanze di un conduttore di corrente, anche senza un contatto diretto, si possa formare una corrente.

Le simulazioni e i calcoli svolti in collaborazione con gli specialisti dei costruttori di cellula e motore hanno dimostrato che l'intensità del campo elettromagnetico generato da un conduttore come quello coinvolto nell'incidente, non può sortire alcun effetto sui circuiti di controllo dell'elicottero, rispondenti alla normativa DO160.

1.10.1.2 Lavoro aereo con elicotteri in prossimità di elettrodotti

L'esercizio di elettrodotti in montagna implica l'utilizzo più o meno esteso dell'elicottero anche nelle vicinanze dei conduttori.

Le ordinanze e prescrizioni federali relative ai lavori in prossimità di impianti a corrente forte escludono esplicitamente la loro applicabilità ai lavori svolti mediante l'elicottero.

Il gestore a livello svizzero della rete elettrica ad altissima tensione Swissgrid aveva definito delle specifiche distanze di sicurezza, derivate da quelle per le operazioni con gru, che sono poi state riprese anche dai gestori delle reti elettriche di trasporto a livello cantonale e regionale.

Queste procedure, che prevedevano dei limiti laterali di avvicinamento fino ad un minimo di 20 m, vennero comunicate alla direzione dei lavori e all'impresa esecutrice. Non vennero comunicate direttamente all'impresa di elicotteri in veste di subappaltante.

Le prescrizioni dei gestori di rete elettrica non contemplano lo svolgimento di trasporti di materiale mediante l'elicottero al di sotto di elettrodotti che si trovano sotto tensione.

1.10.2 Certificazione degli aeromobili rispetto agli influssi di campi elettromagnetici

Gli apparati elettronici di bordo vengono certificati singolarmente secondo severi requisiti ambientali, tra cui la dimostrazione della resistenza agli impulsi elettromagnetici secondo le normative DO160.

In particolare, la dimostrazione di rispondenza in caso di impatto con un fulmine, genera delle correnti e dei campi elettromagnetici molto più potenti rispetto a quelli generati da un elettrodotto di 400 kV.

Il costruttore Airbus Helicopters aveva svolto negli anni novanta una serie di test di laboratorio, sottoponendo un elicottero del tipo AS355N (la versione bimotore del H125, con motori gestiti elettronicamente) a tensioni elettriche dell'ordine di svariate centinaia di kV. A parte le problematiche inerenti le scariche elettrostatiche che possono inficiare il funzionamento delle radio ricetrasmittenti già descritte nel capitolo 1.10.1.1, non vennero riscontrati problemi particolari.

1.10.3 Procedure di appalto

Nel Cantone Ticino l'assegnazione di commesse pubbliche è regolata dalla Legge sulle commesse pubbliche (LCPubb), cui sottostanno il Cantone, i Comuni e tutti gli enti di diritto pubblico per le attività che non abbiano esclusivamente carattere commerciale o industriale.

Per quanto concerne i subappalti, sotto il cui cappello rientra ogni forma di esecuzione di parte della prestazione oggetto di una commessa edile, di servizio o di fornitura, ivi compreso l'impiego di lavoratori indipendenti o autonomi, di principio la legge prevede che gli stessi sono vietati (art. 24 cpv. 2 LCPubb).

La medesima norma prevede l'ammissione di subappalti, a un solo livello, ad alcune condizioni indicate al cpv. 3 del medesimo articolo.

Per quanto concerne i cantieri che necessitano l'esecuzione di trasporti mediante elicotteri, la prassi attuale ammette che gli stessi vengano deliberati, subappaltati, direttamente dall'impresa di costruzioni che ha vinto il concorso pubblico.

2 Analisi

2.1 Aspetti tecnici

Non ci sono indicazioni di difetti tecnici preesistenti che possano aver causato l'incidente.

Lo TSOP C ha tentato di avvisare mediante radio ricetrasmittente il pilota dell'imminente pericolo rappresentato dai cavi. La comunicazione è stata sentita da altri equipaggi di elicotteri attivi nella zona. È possibile che il pilota dell'HB-ZTV non abbia invece sentito la comunicazione a causa dei disturbi dovuti alle scariche elettrostatiche nelle vicinanze dell'elettrodotto, perché intento nell'ascolto di altre comunicazioni svoltesi in simultanea o per altri motivi.

L'elicottero oggetto dell'incidente non era dotato di apparati di registrazioni utili per l'analisi di incidenti e inconvenienti gravi. Il SISI ha già tematizzato l'importanza dell'impiego sistematico di apparati di questo tipo in svariati rapporti d'inchiesta e nelle relative raccomandazioni di sicurezza, motivo per cui rinuncia a emetterne una ulteriore¹¹.

2.2 Aspetti umani e operativi

2.2.1 Condotta del volo

La scelta di effettuare i voli per il cantiere in oggetto passando al di sotto dei due elettrodotti è comprensibile per evitare l'incorrere nel rischio dei cosiddetti fenomeni di *vortex* e *settling with power*. Come effetto secondario, la durata delle rotazioni di trasporto materiale è risultata essere minore.

Il livello di difficoltà e complessità dato dal volare al di sotto degli elettrodotti è elevato, trovandosi il pilota ad essere limitato nel percorso di volo dagli ostacoli sia sopra sia sotto l'elicottero, e nel caso in oggetto dal carico appeso all'estremità della fune. In considerazione della situazione al punto di carico, la scelta di una fune di trasporto di 40 m di lunghezza risulta comprensibile, ciò riduce per contro lo spazio libero per movimenti in verticale al di sotto dell'elettrodotto ad alcune decine di metri.

La freccia della campata dei conduttori rende particolarmente insidiosa l'identificazione e la stima corretta della distanza tra i conduttori dell'elettrodotto e le pale dell'elicottero.

Allo scopo di minimizzare il rischio di collisione in una situazione come quella oggetto dell'incidente, è necessario implementare ulteriori barriere di sicurezza e verificarne l'efficacia (cfr. capitolo 2.2.3).

In particolare, il pilota deve essere messo in condizione di poter conoscere con precisione la posizione dell'elicottero rispetto all'ostacolo. Questo è possibile, ad esempio, con dei riferimenti ben visibili e inequivocabili al suolo e mediante una comunicazione precisa e in tempo utile da parte di sufficiente personale di guardia adeguatamente istruito, posizionato nei punti dalla prospettiva opportuna per valutare correttamente la distanza tra il velivolo e l'ostacolo. In particolare, dovrebbero essere stabilite delle procedure con momenti e punti di riferimento precisi (*gates*), in cui deve avvenire la comunicazione per la sicurezza del volo tra gli TSOP e i piloti, con verifica di ricezione (*closed loop communication*¹²).

¹¹ [Rapporto finale del SISI numero 1928, relativo all'incidente dell'elicottero HB-ZBA nella Muotathal.](#)

¹² Con *closed loop communication* si intende un modo di comunicare che permette di evitare gli errori mediante una verifica di ricezione e di conseguenza garantire il corretto svolgimento di una procedura.

Inoltre, è indispensabile approfondire con il personale impiegato il concetto di collaborazione e gestione delle risorse dell'equipaggio (*Crew Resource Management* – CRM) (cfr. rapporti finali del SISI n° [2385](#) e [2405](#)).

L'impiego di personale avventizio, formato principalmente per le operazioni di esbosco, ha aggiunto ulteriori elementi di incertezza e non è adeguato dal punto di vista della sicurezza in un cantiere edile di simile complessità.

Il primo carico agganciato non corrispondeva a quanto si aspettava lo TSOP C, che è stato informato via radio all'ultimo e solo dopo svariate richieste da parte sua al pilota della natura dello stesso. Ciò ha comportato un rapido riposizionamento sul sentiero dello TSOP C, che di fatto gli ha impedito di mantenere in permanenza un contatto visivo diretto tra l'elicottero e l'ostacolo rappresentato dall'elettrodotto.

2.2.2 Aspetti personali del pilota

Il pilota è arrivato in ritardo alla base di Lodrino e di conseguenza anche presso il cantiere previsto. La pianificazione del tempo molto stretta ha impedito lo svolgimento in maniera adeguata di elementi basali quali per esempio una preparazione completa al volo rispettivamente una ricognizione o un briefing presso il luogo di impiego.

Il pilota era confrontato con una situazione stressogena a livello personale. In generale, situazioni stressogene a livello personale possono portare ad un aumento generale del livello di tensione di base e quindi più velocemente a reazioni di stress. Stress e tensioni emotive comportano potenzialmente la mancata o incompleta esecuzione di compiti o parti degli stessi. Le emozioni e i pensieri possono impegnare molteplici risorse. In particolare, nel caso di compiti difficoltosi e complessi quali ad esempio l'operazione oggetto dell'incidente, come pure in contesti lavorativi impegnativi, questo può portare presumibilmente a una riduzione delle prestazioni.

In linea di principio, l'essere umano è in grado di svolgere contemporaneamente un numero limitato di compiti (*multitasking*). A seconda delle risorse disponibili, i compiti possono essere affrontati in sequenza in base alla loro priorità. L'attenzione può essere spostata da un compito all'altro.

Quando il carico di lavoro in determinate situazioni aumenta, ad esempio in caso di *multitasking*, la resa rispetto al compito primario (in questo caso volare e navigare) diminuisce, cosa che si riflette anche nei parametri cognitivi. Nel caso in oggetto è possibile che il pilota, a seguito della sua situazione personale e della quantità di compiti da svolgere contemporaneamente prima e in particolare a breve termine durante l'esecuzione del volo, abbia subito un'alterazione della percezione compromettendo l'adempimento dei suoi compiti. Questo ha possibilmente comportato che la sua attenzione si sia orientata in modo insufficiente in direzione dell'ostacolo che si trovava sopra l'elicottero (attenzione divisa – *divided attention*). Tuttavia, questa capacità cognitiva dell'attenzione divisa, ovvero l'elaborazione delle informazioni da parte dell'individuo, è limitata nella sua capacità, per cui le prestazioni nei singoli (sotto)compiti possono essere compromesse quando si svolgono attività multiple.

La pianificazione temporale inadeguata e la combinazione degli altri fattori umani sopra menzionati possono aver contribuito all'originarsi dell'incidente.

2.2.3 Analisi e gestione del rischio

L'impresa di trasporto aereo ha predisposto un documento con l'analisi dei rischi in relazione alle difficoltà specifiche nello svolgere voli in prossimità di un elettrodotto, considerando sia il sorvolo sia il volo al di sotto dei conduttori. Il documento

contemplava diverse misure di mitigazione del rischio relative, ad esempio, alla scelta della lunghezza adeguata della fune di trasporto, alla visibilità dell'ostacolo o alla non-presenza di personale al di sotto dell'elettrodotto al momento dei voli.

Le misure definite in questo documento erano di carattere generale e non si addentravano nei dettagli specifici della fase attuale del cantiere. Le misure previste avrebbero dovuto essere affinate ulteriormente sul posto e applicate per ottenere delle barriere di sicurezza efficaci e concertate con gli altri attori presenti sul cantiere (cfr. capitolo 2.2.4).

Il documento non considerava i possibili effetti avversi della corrente elettrica su uomo e macchina. La mancanza di documentazione specifica su questo tipo di rischio non permette agli operatori di analizzare in maniera adeguata questo pericolo, motivo per cui il SISI emette una raccomandazione e un avviso di sicurezza.

La mancata messa in atto di adeguate misure di mitigazione del rischio è ritenuta un fattore contributivo all'incidente.

2.2.4 Organizzazione del cantiere

Il cantiere oggetto dell'incidente è da classificarsi come complesso in relazione a molteplici aspetti, tra i quali si possono enumerare i seguenti:

- Ubicazione e situazione orografica
- Durata nel tempo
- Numero di attori e aziende coinvolte
- Presenza degli elettrodotti
- Rapporti di appalto e subappalto

Quest'ultimo aspetto ha sovente quale conseguenza che nell'ambito della gestione dei cantieri le imprese di trasporto aereo coinvolte non hanno alcun contatto diretto con la direzione lavori e gli altri attori attivi sul cantiere. Le informazioni vengono dunque trasmesse direttamente all'impresa di costruzione e solo tramite quest'ultima all'impresa di trasporto aereo.

Questa dinamica può portare a una lacuna per quanto concerne la coordinazione, specificatamente nell'ambito della sicurezza. In particolare, nel cantiere in oggetto è risultato problematico il passaggio delle informazioni relative alle prescrizioni di sicurezza tra le varie aziende e il controllo dell'implementazione delle misure di mitigazione definite.

Dal punto di vista della sicurezza, sarebbe auspicabile che l'impresa di costruzioni e quella di trasporto aereo siano poste sul medesimo piano, consentendo dunque il diretto coinvolgimento di tutti gli attori sin dalle prime fasi di pianificazione del cantiere. Ciò potrebbe avvenire sfruttando la possibilità di costituire dei consorzi, facoltà prevista dalle normative federali e cantonali in materia di commesse pubbliche.

Questo aspetto può rappresentare un deficit di sicurezza sistemico nelle procedure di appalto per questo genere di lavori, motivo per il quale il SISI emette un avviso di sicurezza.

3 Conclusioni

3.1 Evidenze

3.1.1 Aspetti tecnici

- Il velivolo era certificato per ed è stato utilizzato secondo le regole VFR.
- Al momento dell'incidente, sia la massa che il baricentro dell'aeromobile erano entro i limiti consentiti dal *Flight Manual* (FM).
- L'indagine non ha rivelato alcuna prova di difetti tecnici preesistenti che avrebbero potuto causare o influire sul decorso dell'incidente.
- Non sono stati rilevati segnali del trasmettitore di localizzazione di emergenza (ELT).
- È possibile che le radio ricetrasmittenti di bordo siano state temporaneamente rese inutilizzabili dalle scariche elettrostatiche causate dalla vicinanza all'elettrodotto sotto tensione.

3.1.2 Equipaggio

- Il pilota deteneva i documenti e le qualificazioni necessari per il volo.
- Gli accertamenti medico-legali svolti dopo l'incidente non hanno riscontrato alcuna patologia preesistente che abbia potuto provocare o influenzare l'incidente. Gli esami tossicologici hanno escluso la presenza di sostanze proibite nel corpo del pilota.
- I tre TSOP A, B e C erano in buone condizioni fisiche ed attitudinali.
- Lo TSOP C al punto di scarico svolgeva la mansione in veste accessoria al suo impiego principale, e disponeva principalmente di esperienza nell'esbosco con elicottero, ma non sui cantieri edili.

3.1.3 Svolgimento dell'incidente

- L'elicottero immatricolato HB-ZTV è decollato dopo le ore 10:32 da Lodrino.
- Attorno alle ore 10:40 è stato rifornito di carburante e preparato per la missione di trasporto mediante l'aggancio di una fune di 40 m, dallo TSOP A presso Contra.
- Alle ore 10:46 il pilota ha annunciato lo svolgimento della missione a Gordola, lo TSOP B ha agganciato un carico di legname da costruzione. L'elicottero ha sollevato il carico e proseguito risalendo la valle del Carcale, volando al di sotto dell'elettrodotto a valle.
- Alle ore 10:47:25 l'elicottero è entrato in collisione con l'elettrodotto presso il cantiere sezionando un conduttore ed in seguito è precipitato al suolo prendendo fuoco. Il pilota è stato ferito mortalmente.

3.1.4 Condizioni quadro

- L'elettrodotto da 150 kV oggetto dell'incidente non era stato disinserito.
- Sul cantiere non erano implementate delle misure di mitigazione del rischio efficaci.

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 utilizzati 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.

L'incidente è stato causato dalla collisione del rotore principale dell'elicottero con un conduttore dell'elettrodotto ad alta tensione in esercizio, non avendo il pilota percepito per tempo l'avvicinarsi all'ostacolo al di sopra dell'elicottero.

I seguenti fattori hanno, in concomitanza tra loro, contribuito al verificarsi dell'incidente:

- La difficoltà nella stima della corretta distanza dei conduttori dal rotore dell'elicottero.
- La mancata messa in atto sul cantiere di misure di mitigazione del rischio efficaci.
- Lo stress generato da una inadeguata pianificazione delle tempistiche personali del pilota.

L'inchiesta ha individuato i seguenti fattori di rischio sistemici, che sebbene non abbiano influenzato il verificarsi e l'andamento dell'incidente, rappresentano comunque un rischio per la sicurezza (*factors to risk*):

- La mancanza di considerazione nelle analisi dei rischi degli operatori aerei degli effetti delle interferenze elettromagnetiche che insorgono nei pressi degli elettrodotti sotto tensione.
- La mancanza di integrazione delle ditte di trasporto aereo nei processi di pianificazione e gestione del rischio dei cantieri.

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

4.1 Raccomandazioni di sicurezza

Secondo la normativa internazionale¹³ e nazionale¹⁴, tutte le raccomandazioni di sicurezza sono indirizzate all'autorità di vigilanza del relativo Stato. In Svizzera si tratta dell'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) o dell'agenzia sovranazionale dell'Unione europea *per la sicurezza aerea* (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 estere sul sito www.sust.admin.ch, e permette così una visione generale dello stato attuale dell'implementazione delle corrispondenti raccomandazioni di sicurezza.

4.1.1 Operazioni aeree nelle vicinanze di elettrodotti ad alta tensione in esercizio

4.1.1.1 Deficit di sicurezza

Durante un volo di trasporto al di sotto di un elettrodotto ad altissima tensione in esercizio, un elicottero ha impattato con i conduttori salendo verticalmente.

Gli effetti della corrente elettrica ad altissima tensione in caso di operazioni aeree non sono contemplati nelle normative federali di riferimento e quindi non sono stati considerati dall'operatore nell'allestimento dell'analisi dei rischi.

4.1.1.2 Raccomandazione di sicurezza n. 599

L'ispettorato federale degli impianti a corrente forte (ESTI), in collaborazione con l'UFAC e gli esercenti degli elettrodotti, dovrebbe sviluppare delle prescrizioni di sicurezza applicabili alle operazioni aeree nelle vicinanze degli elettrodotti.

4.1.1.3 Raccomandazione di sicurezza n. 600

L'UFAC, in collaborazione con gli enti preposti, dovrebbe verificare che le procedure di analisi del rischio contemplino anche i pericoli di natura elettrica, allorché le operazioni di lavoro aereo si svolgono nelle immediate vicinanze degli elettrodotti in esercizio.

4.2 Avvisi di sicurezza

Il SISI può pubblicare¹⁵ sotto forma di avvisi di sicurezza informazioni in merito all'oggetto, quando una raccomandazione di sicurezza secondo il Regolamento (UE) n. 996/2010 non è adeguata, formalmente possibile o se attraverso la forma più libera dell'avviso di sicurezza è ipotizzabile una maggiore efficacia.

¹³ Annesso 13 dell'Organizzazione internazionale dell'aviazione civile (International Civil Aviation Organization – ICAO) e 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.

¹⁴ Articolo 48 dell'Ordinanza concernente le inchieste sulla sicurezza in caso di eventi imprevisti nei trasporti (OIET) del 17 dicembre 2014, stato al 1° gennaio 2025 (OIET, SR 742.161).

¹⁵ Articolo 56 dell'Ordinanza concernente le inchieste sulla sicurezza in caso di eventi imprevisti nei trasporti (OIET) del 17 dicembre 2014, stato al 1° gennaio 2025 (OIET, SR 742.161).

4.2.1 Gestione dei rischi per le operazioni aeree derivanti dalle interferenze elettromagnetiche nei pressi di elettrodotti in esercizio

4.2.1.1 Deficit di sicurezza

Durante un volo di trasporto al di sotto di un elettrodotto ad altissima tensione, un elicottero ha impattato con i conduttori salendo verticalmente.

Le prescrizioni di sicurezza emanate dal gestore dell'elettrodotto non sono state trasmesse alla ditta di elitransporto.

I rischi derivanti dalla corrente elettrica non vennero considerati.

4.2.1.2 Avviso di sicurezza n. 62

Destinatari: Enti committenti, Società degli impresari costruttori, Società degli ingegneri e architetti, progettisti, studi di ingegneria, direzione dei lavori, imprese di costruzione e di trasporto aereo.

I destinatari dell'avviso di sicurezza dovrebbero adottare procedure adeguate, che permettano di far sì che le istruzioni di sicurezza raggiungano sempre anche le ditte di elitransporto.

4.2.1.3 Avviso di sicurezza n. 63

Destinatari: Enti committenti, Società degli impresari costruttori, Società degli ingegneri e architetti, progettisti, studi di ingegneria, direzione dei lavori, imprese di costruzione e di trasporto aereo.

I destinatari dell'avviso di sicurezza dovrebbero adottare procedure adeguate, che permettano di includere nelle analisi di gestione del rischio anche gli elementi specifici ai lavori con elicotteri nei pressi degli elettrodotti.

4.3 Misure adottate a seguito dell'incidente

Le misure note al SISI sono elencate qui di seguito senza commenti.

Swissgrid il 24 marzo 2022 ha emanato una direttiva rielaborata relativa ai voli di elicottero nelle vicinanze degli elettrodotti ad altissima tensione che era in preparazione già prima dell'incidente. Nella stessa si specifica che se i lavori si svolgono ad una distanza laterale inferiore ai 40 m (area con l'obbligo di comunicazione) ma maggiore di 20 m (area di pericolo), l'azienda di elicottero deve inoltrare una segnalazione al gestore dell'elettrodotto. Se, per motivi contingenti, deve avvenire la penetrazione all'interno dell'area di pericolo di 20 m, è necessario in ogni caso fare un sopralluogo sul cantiere.

L'UFAC ha richiesto all'operatore la stesura, l'inoltro e l'autorizzazione di una nuova analisi dei rischi per l'esecuzione di voli di trasporto contestuali al cantiere oggetto dell'incidente (versione 20 aprile 2022) e altri luoghi dalle caratteristiche analoghe.

L'UFAC ha richiesto all'operatore di preparare e tenere un *Briefing* prima dell'esecuzione e ripresa dei voli di trasporto presso il luogo oggetto dell'incidente (seguito il 17 maggio 2022).

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

Allegato A

Item	Task	Subtasks	Analisi del rischio	Valutazione	Misure di mitigazione del rischio	Responsabilità	Controllo
1.	Sorvolo Linee elettriche	Pericolo Impatto elicottero	Elicottero senza controllo e sua precipitazione	2	Nessuna terza persona presente nell'area sottostante le linee	Heli-TV / Cliente/	Briefing Pilota
		Pericolo Impatto elicottero	Cavi elettrici tranciati e pericolo su personale nel cantiere	2	Non sorvolare personale nella zona e concordarsi sulla rotta di volo	Heli-TV / Cliente/	Briefing Pilota
		Pericolo Impatto carico sulla linea	Caduta del carico su personale nel cantiere	2	Non sorvolare personale nella zona e concordarsi sulla rotta di volo	Heli-TV / Cliente/	Briefing Pilota
2.	Passaggio sotto campata elettrica	Pericolo Impatto elicottero	Elicottero senza controllo e sua precipitazione	3	Corde di Lunghezza limitate Riferimenti strumentali e visivi del pilota Nessuna terza persona presente nell'area sottostante le linee	Heli-TV / Cliente/	Briefing Ricognizione Pilota
		Pericolo Impatto elicottero	Cavi elettrici tranciati e pericolo su personale nel cantiere	3	Non sorvolare personale nella zona e concordarsi sulla rotta di volo	Heli-TV / Cliente/	Briefing Ricognizione Pilota
		Pericolo Impatto elicottero	Caduta su terze persone con gravi conseguenze	3	Non sorvolare personale nella zona e concordarsi sulla rotta di volo	Heli-TV / Cliente/	Briefing Ricognizione Pilota
		Pericolo Impatto con ostacoli allo scarico	Impatto pale con ostacoli allo scarico a causa delle corde troppo corte	3	Valutazione lunghezza corde prima di ogni operazione	Heli-TV / Cliente/	Briefing Ricognizione Pilota

Questi pericoli sono da aggiungersi a tutti quelli già analizzati nel manuale Mini SOP 2

Se qualcosa non è chiaro = Stop all'operazione
Chiunque può fermare l'operazione

Lodrino, 23.12.2021, [Redacted]

HELI-TV

Pagina 1 di 2

Item	Task	Subtasks	Analisi del rischio	Valutazione	Misure di mitigazione del rischio	Responsabilità	Controllo
1.	Sorvolo Linee elettriche	Pericolo Impatto elicottero	Elicottero senza controllo e sua precipitazione	2	Nessuna terza persona presente nell'area sottostante le linee	Heli-TV / Cliente/	Briefing Pilota
		Pericolo Impatto elicottero	Cavi elettrici tranciati e pericolo su personale nel cantiere	2	Non sorvolare personale nella zona e concordarsi sulla rotta di volo	Heli-TV / Cliente/	Briefing Pilota
		Pericolo Impatto carico sulla linea	Caduta del carico su personale nel cantiere	2	Non sorvolare personale nella zona e concordarsi sulla rotta di volo	Heli-TV / Cliente/	Briefing Pilota
2.	Passaggio sotto campata elettrica	Pericolo Impatto elicottero	Elicottero senza controllo e sua precipitazione	3	Corde di Lunghezza limitate Riferimenti strumentali e visivi del pilota Nessuna terza persona presente nell'area sottostante le linee	Heli-TV / Cliente/	Briefing Ricognizione Pilota
		Pericolo Impatto elicottero	Cavi elettrici tranciati e pericolo su personale nel cantiere	3	Non sorvolare personale nella zona e concordarsi sulla rotta di volo	Heli-TV / Cliente/	Briefing Ricognizione Pilota
		Pericolo Impatto elicottero	Caduta su terze persone con gravi conseguenze	3	Non sorvolare personale nella zona e concordarsi sulla rotta di volo	Heli-TV / Cliente/	Briefing Ricognizione Pilota
		Pericolo Impatto con ostacoli allo scarico	Impatto pale con ostacoli allo scarico a causa delle corde troppo corte	3	Valutazione lunghezza corde prima di ogni operazione	Heli-TV / Cliente/	Briefing Ricognizione Pilota

Questi pericoli sono da aggiungersi a tutti quelli già analizzati nel manuale Mini SOP 2

Se qualcosa non è chiaro = Stop all'operazione
Chiunque può fermare l'operazione

Lodrino, 23.12.2021, [Redacted]

HELI-TV

Pagina 1 di 2

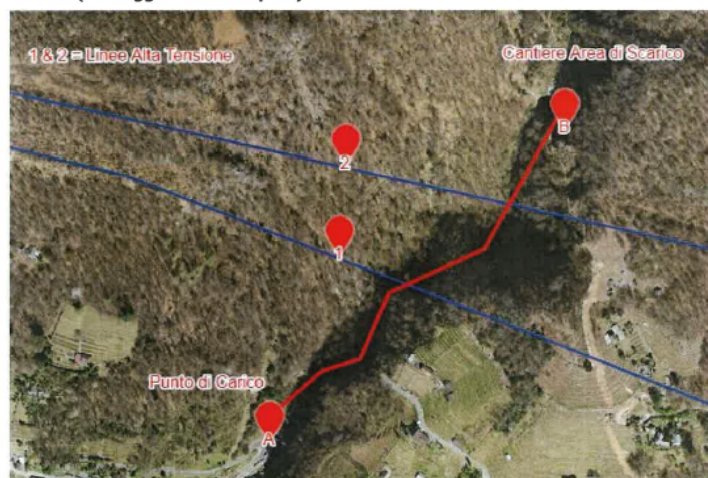
Trasporto Cantiere Acquedotto, Gordola

Analisi del rischio / Valutazione / Misure di mitigazione del rischio

Valutazione
3 Alto
2 Medio
1 BassoCoordinator: Heli TV
Deputy Heli TV+ 41
+ 41

Principio 1: Sicurezza
Principio 2: Qualità
Principio 3: Performance

Cartina (Passaggio sotto campata)



Lodrino, 23.12.2021, [Redacted]

HELI-TV

Pagina 2 di 2