ANSV AGENZIA NAZIONALE PER LA SICUREZZA DEL VOLO

RELAZIONE D'INCHIESTA

INCIDENTE
occorso all'elicottero VDS
Yo-Yo serie III marche di identificazione I-C881,
località San Donà di Piave (VE),
13 luglio 2018

OBIETTIVO DELL'INCHIESTA DI SICUREZZA

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

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

Per inchiesta di sicurezza si intende un insieme di operazioni comprendente la raccolta e l'analisi dei dati, l'elaborazione delle conclusioni, la determinazione della causa e/o di fattori concorrenti e, ove opportuno, la formulazione di raccomandazioni di sicurezza.
L'unico obiettivo dell'inchiesta di sicurezza consiste nel prevenire futuri incidenti e inconvenienti, non nell'attribuire colpe o responsabilità (art. 1, paragrafo 1, regolamento UE n. 996/2010). Essa, conseguentemente, è condotta indipendentemente e separatamente da inchieste (come, ad esempio, quella dell'autorità giudiziaria) finalizzate all'accertamento di colpe o responsabilità.
L'inchiesta di sicurezza è condotta in conformità con quanto previsto dall'Allegato 13 alla Convenzione relativa all'aviazione civile internazionale (stipulata a Chicago il 7 dicembre 1944, approvata e resa esecutiva in Italia con il decreto legislativo 6 marzo 1948, n. 616, ratificato con la legge 17 aprile 1956, n. 561) e dal regolamento UE n. 996/2010.

Ogni inchiesta di sicurezza si conclude con una relazione redatta in forma appropriata al tipo e alla gravità dell'incidente o dell'inconveniente grave. Essa può contenere, ove opportuno, raccomandazioni di sicurezza, che consistono in una proposta formulata a fini di prevenzione.
Una raccomandazione di sicurezza non costituisce, di per sé, una presunzione di colpa o un'attribuzione di responsabilità per un incidente, un inconveniente grave o un inconveniente (art. 17, paragrafo 3, regolamento UE n. 996/2010).
La relazione garantisce l'anonimato di coloro che siano stati coinvolti nell'incidente o nell'inconveniente grave (art. 16, paragrafo 2, regolamento UE n. 996/2010).

GLOSSARIO

AeCI: Aero Club d'Italia.
AGL: Above Ground Level, al di sopra del livello del suolo.
ANSV: Agenzia nazionale per la sicurezza del volo.
BCAR: British Civil Airworthiness Requirements.
CAA (UK): Civil Aviation Authority (UK), Autorità dell'aviazione civile del Regno Unito.
CHECK LIST (scritto anche **CHECKLIST**): lista dei controlli.
DPR: decreto del Presidente della Repubblica.
EFIS: Electronic Flight Instrument System, sistema di strumentazione integrata di bordo di tipo elettronico.
FT: Foot (piede), unità di misura, 1 ft = 0,3048 metri.
GS: Ground Speed, velocità al suolo.
KT: Knot (nodo), unità di misura, miglio nautico (1852 metri) per ora.
MAP: Manifold Air Pressure, pressione al condotto di aspirazione aria motore.
MTOW: Maximum Take Off Weight, peso massimo al decollo.
NR: numero dei giri rotore principale.
RPM: Round Per Minute, giri al minuto.
S/N: Serial Number.
UTC: Universal Time Coordinated, orario universale coordinato.
VDS: volo da diporto o sportivo (ad es. deltaplani, ultraleggeri, parapendio, ecc.), consiste nell'attività di volo effettuata con apparecchi VDS per scopi ricreativi, diportistici o sportivi, senza fini di lucro.

Tutti gli orari riportati nella presente relazione d'inchiesta, se non diversamente specificato, sono espressi in **ora UTC**, che, alla data dell'evento, corrispondeva all'ora locale meno due ore.

INCIDENTE
aeromobile Yo-Yo serie III marche di identificazione I-C881

Tipo dell'aeromobile e marche	Elicottero VDS Yo-Yo serie III marche di identificazione I-C881 (S/N 0032).
Data e ora	13 luglio 2018, 17.35' UTC.
Luogo dell'evento	San Donà di Piave (VE), coordinate 45°34'5.00"N 12°34'50.00"E, al livello del mare.
Descrizione dell'evento	Al termine di un volo addestrativo, che era stato condotto, con l'elicottero VDS Yo-Yo serie III marche di identificazione I-C881, da un istruttore e da un allievo della scuola "Università del VDS", sull'aviosuperficie Caposile di San Donà di Piave, un pilota VDS, presente sulla stessa aviosuperficie, chiedeva e otteneva l'autorizzazione dall'istruttore a spostare, in volo, il predetto elicottero dal suo parcheggio, in prossimità della *club house*, all'area di fronte all'hangar, dove lo stesso elicottero sarebbe stato successivamente ricoverato. Successivamente al decollo, il pilota perdeva il controllo dell'elicottero, che precipitava in un campo agricolo a circa 600 m di distanza dal punto di decollo. A seguito dell'impatto al suolo, il pilota, seduto a destra e unica persona a bordo, perdeva la vita; l'elicottero andava distrutto. L'ANSV veniva informata dell'evento a relitto già rimosso dal luogo dell'incidente e custodito, inizialmente, in un luogo, successivamente, in un altro: presso quest'ultimo veniva effettuato il primo sopralluogo operativo dell'ANSV.
Esercente dell'aeromobile	Persona fisica.
Natura del volo	Riposizionamento elicottero su altra area della stessa aviosuperficie.
Persone a bordo	Soltanto il pilota.
Danni all'aeromobile	L'elicottero è andato distrutto.
Altri danni	Danni minimi alle coltivazioni presenti nel campo dove l'aeromobile è precipitato.
Informazioni relative al personale di volo	Pilota di sesso maschile, 40 anni di età, nazionalità italiana. In possesso di attestato di idoneità alla condotta di apparecchi VDS, in corso di validità; in possesso di abilitazione biposto elicottero VDS in corso di validità. Visita medica in corso di validità, con obbligo di lenti per visione da lontano. Il pilota aveva iniziato ad effettuare attività di volo su elicottero

Yo-Yo Serie III alla "Università del VDS", presso il Club di volo ULM "Papere Vagabonde", a novembre 2017.
Al momento dell'incidente aveva totalizzato circa 70h di volo su elicottero Yo-Yo presso la scuola di cui sopra.
Dalle informazioni in possesso del proprietario dell'elicottero e titolare della citata scuola, il pilota avrebbe effettuato ulteriore attività di volo su elicottero VDS presso altre aviosuperfici.

Informazioni relative all'aeromobile ed al propulsore

Caratteristiche generali e specifiche

L'elicottero VDS avanzato Yo-Yo serie III (allegato "A", foto 1)[1], prodotto dalla società Aero Eli Servizi con sede sull'aeroporto dei Parchi di Preturo, L'Aquila, ricalca, a grandi linee, l'elicottero Robinson R22, rivisitato tramite l'installazione di un notevole numero di componenti e di parti strutturali realizzati in fibra di carbonio, in grado di consentire una notevole riduzione di peso, dai circa 390 kg di peso a vuoto di un R22 in versione certificata ai 290 kg di peso a vuoto dichiarati dal costruttore dello Yo-Yo; tale riduzione di peso consente di far rientrare lo Yo-Yo serie III nei limiti di MTOW previsti dalla normativa vigente in materia di apparecchi VDS (alla data dell'evento, 450 kg, 495 kg per la versione anfibia con galleggianti).
Lo Yo-Yo serie III è un elicottero VDS biposto, con MTOW di 450 kg; è equipaggiato con un rotore principale bipala, semirigido, con libertà di flappeggio e variazione della conicità e con un rotore di coda bipala, semirigido, con flappeggio su cerniera a delta.
Il rotore principale effettua, al 100%, 510 giri al minuto, quello di coda 3268 giri al minuto.
La strumentazione presente sul pannello strumenti di un R22 è, nel caso dello Yo-Yo serie III, in gran parte sostituita da un display iEFIS Stratomaster Explorer (allegato "A", foto 2; allegato "B", figura 3).
A bordo è anche presente un contagiri digitale doppio Stratomaster Velocity (allegato "B", figura 4), che riceve i giri motore/rotore da due sensori: per il motore, dall'*hall effect sensor* installato al posto del magnete destro; per il rotore principale, da due *pick-up* magnetici installati sul giunto di accoppiamento fra albero ruota libera e scatola ingranaggi.
Il modello del motore è un Aero Eli Servizi 115, così ridenominato dal costruttore stesso, elaborazione del Lycoming 0-320B2C da 145 CV, ma limitato a 131CV di potenza massima, che raggiunge a 2652 giri motore, corrispondenti al 104% dei giri rotore.
Il motore effettua 2551,5 giri al minuto, con giri rotore al 100%.

Sul motore, sempre in un'ottica di alleggerimento complessivo dell'elicottero, vari componenti originari Lycoming sono stati

[1] Tutte le foto e le figure richiamate sono riportate negli allegati "A" e "B" alla presente relazione.

sostituiti (fra cui i magneti con le già citate unità elettroniche *hall effect sensor*), e varie pannellature e paratie realizzate in fibra di carbonio (allegato "A", foto 3 e 4).

L'elicottero aveva ricevuto il certificato di identificazione quale apparecchio VDS in data 24.8.2017 dall'Aero Club d'Italia ed aveva totalizzato circa 141h di volo alla data del 12 luglio 2018.
Le manutenzioni erano state effettuate ad intervalli regolari dallo stesso costruttore Aero Eli Servizi presso l'aviosuperficie di Caposile, di cui l'ultima, la IP 100h, effettuata il 28 marzo 2018.

RPM governor
Sull'elicottero era installato il sistema RPM *governor*, che svolge la funzione di mantenere constanti, all'interno di un *range*, i giri motore, rilevandone le variazioni ed applicando correzioni alla *throttle* del motore, attraverso una frizione sulla quale il pilota può facilmente prevalere con *input* manuali. Il *governor* è attivo nel *range* che va dall'80% al 115% dei giri motore e può essere inserito-disinserito attraverso un comando interruttore presente sulla punta della barra del collettivo del sedile anteriore destro.
Ha, inoltre, una tolleranza del 3% quando i giri sono fra il 102,5% e il 105,5%; in questo *range* di giri non interviene se gli stessi rimangano costanti.
È stato ideato per fornire assistenza al pilota nel governare gli RPM motore in condizioni di volo normali. Potrebbe non prevenire sovragiri o cadute di giri del motore generate da manovre aggressive effettuate di volo.
È costituito dai seguenti componenti principali:

- *governor controller*, una unità di controllo installata dietro il sedile anteriore sinistro; esso riceve il segnale degli RPM dal magnete di destra sul motore (lato sinistro dell'elicottero) e fornisce il segnale di correzione al *governor assembly*;
- *governor assembly*, connesso al comando collettivo dietro al sedile di sinistra. Quando attivato dal *controller*, il suo motore elettrico, tramite leverismi, comanda una frizione connessa alla *throttle* del motore.

Il sistema RPM *governor* presente sullo Yo-Yo non è stato modificato nei componenti (con l'unica eccezione del magnete, sostituito, come detto, da sensori elettronici *hall effect*) e nel principio di funzionamento rispetto a quello del R22: il sistema montato sullo Yo-Yo serie III è infatti analogo a quello del R22.

Procedure di interesse
Nel *Manuale di volo* del R22 vengono riportate alcune procedure ed importanti avvertenze per quanto riguarda l'utilizzo del RPM *governor*.
La prima indicazione, riportata nel POH, nella parte "*Flight and manouvres limitations*", precisa che il volo è proibito con RPM *governor* selezionato su OFF, con l'eccezione di inefficienze in

volo del sistema o di applicazione di procedure di addestramento alle emergenze.

> Flight prohibited with governor selected off, with exceptions for in-flight system malfunction or emergency procedures training.

La predetta indicazione non è riportata nel *Manuale di volo* predisposto dal costruttore dello Yo-Yo.

Per quanto concerne le procedure di volo, lo stesso *Manuale* riporta, nella procedura pre-avviamento motore, di selezionare il RPM *governor* su ON.
Nella procedura di decollo, indica di verificare che RPM *governor* sia su ON e che gli RPM siano stabilizzati al 102-104%.
Nel *Manuale del costruttore* dello Yo-Yo, l'inserimento del RPM *governor* non è riportato nella procedura pre-avviamento, mentre è correttamente riportato nella procedura pre-spegnimento.
L'inserimento-disinserimento del RPM *governor* è invece correttamente riportato nella *checklist* fornita in dotazione all'elicottero (allegato "B", figura 7).

Sempre nel *Manuale di volo* del R22, nella sezione 10 "*Safety tips*", viene riportata, fra le altre, la seguente *Safety Notice*.

Safety Notice SN-36

Issued: Nov 00

OVERSPEEDS DURING LIFTOFF

Helicopters have been severely damaged by RPM overspeeds during liftoff. The overspeeds caused a tail rotor drive shaft vibration which led to immediate failure of shaft and tailcone. Throughout the normal RPM range, tail rotor shaft vibration is controlled by damper bearing. However, damper is not effective above 120% RPM.

Mechanical correlation can cause overspeed during liftoff if RPM is increased to normal flight settings and collective raised before governor is switched on. Overspeeds can also occur if throttle is gripped too firmly during liftoff causing governor to be overridden. Inexperienced pilots, who are most likely to be nervous or distracted, are particularly susceptible to this type of overspeed.

To avoid overspeeds during liftoff:

1. Always confirm governor on before increasing RPM above 80%.
2. Verify governor stabilizes engine RPM near top of green arc.
3. Maintain relaxed grip on throttle allowing governor to control RPM.

Questa *Safety Notice*, pubblicata nel novembre del 2000, faceva seguito ad una serie di eventi occorsi a R22 in cui l'*overspeed* del motore, soprattutto in fase di decollo, aveva causato danni significativi, in alcuni casi catastrofici, a carico delle strutture dell'elicottero, in particolare del trave di coda.

La *Safety Notice* in questione non è riportata né menzionata nel *Manuale di volo* dello Yo-Yo.

Iscrizione dell'elicottero presso l'AeCI

L'elicottero in questione è un VDS avanzato; la domanda di iscrizione nel pubblico registro tenuto presso l'Aero Club d'Italia è stata presentata dal proprietario, corredata dalla documentazione tecnica prevista dal dPR n. 133/2010 (contenente il regolamento di attuazione della legge n. 106/1985). Trattandosi di un VDS avanzato, fra la documentazione presentata è rinvenibile anche la "Dichiarazione di conformità", rilasciata dal costruttore, con cui quest'ultimo dichiara il rispetto, da parte dello Yo-Yo, dei requisiti previsti dagli allegati tecnici al citato dPR.

Questi ultimi contengono i requisiti minimi di aeronavigabilità che il costruttore di un apparecchio VDS deve soddisfare affinché lo stesso possa ottenere la qualifica di "ultraleggero ad ala rotante avanzato", prevista dal menzionato dPR.

Fra i citati allegati, il IV è applicabile agli aeromobili ad ala rotante e costituisce un estratto del CAP 750 BCAR Section VLH (Very Light Helicopters) della CAA (UK).

Nella documentazione che il costruttore deve presentare all'Aero Club d'Italia è previsto anche il *Manuale di volo*. Al riguardo, il predetto allegato IV prevede quanto segue:

> AA1581 Manuale di volo
> Deve essere fornito insieme all'elicottero un manuale di volo, contenente almeno:
> [*omissis*]
> c) Informazioni necessarie ad un sicuro utilizzo in funzione delle caratteristiche progettuali o di maneggio, inclusi gli effetti della pioggia, l'erosione del bordo d'entrata delle pale ed ogni caso di variazione delle caratteristiche dell'elicottero;

Il dPR n. 133/2010, all'art. 8, comma 7, prevede che l'Aero Club d'Italia possa verificare la conformità degli apparecchi avanzati alla normativa vigente e alla dichiarazione autocertificata di conformità, nonché alla documentazione depositata. Tale dichiarazione autocertificata di conformità deve essere rilasciata, a seconda dei casi, dai seguenti soggetti:

a) dall'azienda costruttrice o dall'organizzazione responsabile della produzione, nel caso di apparecchi prodotti industrialmente, anche in kit di montaggio;
b) dal costruttore, nel caso di apparecchi amatoriali non realizzati mediante kit di montaggio prodotto industrialmente;
c) dal proprietario, nei casi di impossibilità di rilascio da parte del costruttore per cessata attività o fallimento ovvero nei casi dichiarati ammissibili dall'Aero Club d'Italia.

In caso di inottemperanza agli obblighi di cui all'art. 8, l'Aero Club d'Italia provvede d'ufficio alla sospensione, fino ad

intervenuta regolarizzazione, della qualifica di apparecchio avanzato, ponendo a carico del proprietario tutte le eventuali spese connesse alla verifica e alla procedura di sospensione.

Informazioni sul luogo dell'evento

L'incidente è occorso in un campo coltivato, in prossimità dell'aviosuperficie Caposile, sede del Club di volo ULM "Papere Vagabonde", presso il quale l'elicottero coinvolto nell'incidente operava, in particolare a favore della locale scuola VDS.

Informazioni meteorologiche

Le condizioni meteorologiche, al momento dell'incidente, non presentavano criticità.

Altre informazioni

Tracce al suolo

L'elicottero si presentava al suolo disarticolato su due sezioni. Nella prima era presente il relitto principale, consistente nell'elicottero nella sua interezza, con l'esclusione dell'albero trasmissione, scatola trasmissione di coda e relativo rotore (allegato "A", foto 5). Nella seconda sezione si trovavano le parti mancanti dal relitto principale, che erano a circa 20 m dallo stesso (allegato "A", foto 6; allegato "B", figura 2).

Il relitto principale ha impattato il suolo con il lato destro, causando il parziale collassamento delle strutture posizionate sul lato opposto.

Le pale del rotore principale risultavano fortemente deformate nel senso della flessione, ma non presentavano danni rotazionali.

Le biellette comando passo delle due pale risultavano tranciate sul lato attacco pala (allegato "A", foto 7).

Sul luogo dell'incidente è stato rilevato un forte odore di carburante.

I comandi di volo, pur fortemente danneggiati dall'impatto al suolo, presentavano continuità.

Nella cabina di pilotaggio, sul collettivo del sedile anteriore destro, il comando di inserimento del *governor* motore veniva rilevato in posizione OFF (allegato "A", foto 13 e 14).

Sul pannello porta strumenti erano ancora presenti i principali indicatori e spie, fra cui: il contagiri doppio Stratomaster Velocity per l'indicazione dei giri motore e rotore principale, che non presentava danneggiamenti apparenti; lo strumento iEFIS Stratomaster Explorer, il cui schermo risultava fortemente danneggiato e divelto dalla sede del pannello (allegato "A", foto 8).

Sulla trave di coda veniva rilevata la rottura dell'albero trasmissione moto al rotore di coda, con evidenti segni di torsione sullo stesso (allegato "A", foto 9 e 10).

In coordinamento con l'autorità giudiziaria, venivano prelevati dall'aeromobile campioni di carburante, rimosse le biellette comando passo e il tratto iniziale dell'albero trasmissione moto al rotore principale, per un successivo conferimento ai laboratori dell'ANSV per analisi e accertamenti. In occasione di un ulteriore accesso al relitto, venivano rimossi, per analisi e prove

funzionali, gli *hall effect sensor*, il motore, l'attuatore e il *controller* del sistema *governor*, il collettivo comprensivo di *switch* inserimento *governor*, per analisi e prove funzionali (allegato "A", foto 15, 16, 17 e 18).

Analisi di laboratorio

Le analisi condotte sul carburante prelevato non hanno fatto emergere la presenza di anomalie.

Venivano analizzate presso i laboratori ANSV le due biellette comando passo rotore principale e il giunto flessibile della parte iniziale dell'albero trasmissione moto al rotore di coda (allegato "B", figura 8); l'analisi delle superfici di rottura delle biellette ha rilevato un cedimento delle stesse per sovraccarico.

Per quanto riguarda il giunto flessibile dell'albero trasmissione moto al rotore di coda, lo stesso aveva ceduto per l'applicazione eccessiva di carico torsionale, che ne aveva causato la rottura per sovraccarico.

Prove funzionali sistema governor

Dopo una accurata ispezione esterna, i componenti del sistema *governor*, rimossi dall'elicottero, venivano installati uno alla volta su un elicottero Yo-Yo efficiente, per verificarne il corretto funzionamento tramite prove funzionali.

I componenti del *governor* testati singolarmente sono stati i seguenti:

- *hall effect sensor* di destra (invia i giri motore al *governor controller*);
- *governor controller*;
- *governor motor assy*.

I componenti venivano sottoposti alla prova funzionale che segue.

Dopo aver avviato il motore con le frizioni ciclico e collettivo inserite, verificata l'accensione e spegnimento della spia *governor* agendo sullo *switch* posizionato sul collettivo, con il *governor* su OFF, veniva:

- portato il numero dei giri motore al 75%;
- selezionato *governor* su ON;
- rilasciata la manetta motore e verificato che i giri aumentassero e si stabilizzassero a 104 ±1,5%;
- incrementati con la manetta motore i giri al 106%;
- rilasciata la manetta motore e verificato che i giri venissero ristabiliti a 104 ± 1,5%.

Tali prove confermavano il corretto funzionamento dei componenti di cui sopra.

Esame strumentazione EFIS

Gli apparati iEFIS Stratomaster Explorer S/N iE161000383 e Stratomaster Velocity S/N 1401814, rimossi dall'elicottero, venivano analizzati, in coordinamento con l'autorità giudiziaria e alla presenza di personale ANSV, dalla ditta costruttrice MGL

Avionics, con sede a Città del Capo (Sudafrica), allo scopo di recuperare dati utili alla ricostruzione dell'incidente.
Per quanto concerne l'apparato Stratomaster Explorer, dato il livello di danneggiamento, si procedeva alla rimozione della *flash memory* e alla sua installazione in un apparato efficiente (allegato "B", foto 21 e 22). Venivano quindi recuperati 10 *file*, fra cui quello relativo al volo conclusosi con l'incidente, che erano letti tramite specifico software. Tramite i dati del *file* di interesse era possibile ricostruire la traiettoria di volo dell'elicottero (allegato "B", figura 1) e verificare alcuni parametri dell'andamento degli RPM del motore (allegato "B", figura 5) e di volo (allegato "B", figura 6).
Per quanto concerne l'apparato Stratomaster Velocity, considerate le apparenti buone condizioni dello strumento, si è proceduto, verificatane l'efficienza, alla lettura, sul relativo *display* (allegato "B", foto 23), delle informazioni registrate, tra cui quelle relative ai valori massimi di NR (757giri/min, pari al 148%) e RPM (3720 giri/min, pari al 145%).

Testimonianze
Dalle testimonianze raccolte emergono i seguenti elementi utili ai fini dell'inchiesta di sicurezza.

- Al termine del volo dell'istruttore VDS con allievo, l'elicottero veniva parcheggiato in linea di volo, di fronte alla *club house*.
- Il pilota coinvolto nell'incidente si rivolgeva all'istruttore e proprietario dell'I-C881, chiedendo il permesso di trasferire in volo l'elicottero di fronte l'hangar, all'interno del quale lo stesso veniva usualmente ricoverato.
- L'istruttore dava il suo assenso; il pilota si portava all'elicottero e, dopo circa 30" dalla messa in moto, decollava repentinamente, effettuando una traiettoria di volo coerente con quella ricostruita utilizzando i dati recuperati dall'apparato iEFIS (allegato "B", figura 1).
- L'istruttore a terra avvertiva immediatamente dopo il decollo che l'elicottero aveva i giri motore inusualmente alti, si recava alla radio e, tramite la frequenza in uso sull'aviosuperficie, avvisava il pilota della necessità di abbassarli e inserire il *governor* motore.
- Il pilota rispondeva che si era accorto dei giri alti.
- Dopo questa comunicazione, l'istruttore a terra vedeva la velocità e la quota dell'elicottero aumentare, così come il regime dei giri motore, uniti a rumori di vibrazioni e risonanze, fino a quando dall'elicottero si distaccavano particolari non meglio identificati.
- Al distacco di alcuni particolari in volo, l'elicottero perdeva repentinamente quota ed impattava violentemente il suolo.
- I soccorritori accorsi sul luogo dell'incidente constatavano il decesso del pilota e il distacco dell'albero

di trasmissione del moto al rotore di coda, unito allo stesso rotore di coda, caduti al suolo ad una distanza di circa 20 m dal relitto principale.

- Il pilota aveva effettuato circa 70h di volo complessivamente sull'elicottero Yo-Yo, mostrando buone abilità di pilotaggio durante i corsi per il conseguimento dell'attestato elicotteri VDS e per l'abilitazione al trasporto passeggero.
- Durante l'addestramento del pilota deceduto nell'incidente era stata notata una sua tendenza a non fare sempre un appropriato utilizzo della *checklist* relativa alle operazioni pre-decollo e post-atterraggio.

Analisi

Tracce al suolo

Le tracce al suolo sono indicative di un impatto avvenuto con una traiettoria praticamente verticale e con notevole velocità, tale da causare un forte schiacciamento della cabina di pilotaggio e del collassamento verso il basso della trasmissione e rotore principale.

La presenza dell'albero e rotore di coda ad una distanza di circa 20 m dal relitto principale è indicativa di una separazione in volo dell'albero e rotore di coda dal resto dell'elicottero.

Sul relitto sono state riscontrate due rotture su cui sono state condotte ulteriori indagini. Le due biellette comando passo del rotore principale presentavano superfici di rottura da sovraccarico, riconducibili alle fortissime sollecitazioni che hanno agito sulle pale del rotore principale nell'impatto al suolo.

La rottura avvenuta a livello di giunto flessibile dell'albero trasmissione moto al rotore di coda è dovuta a fortissime sollecitazioni torsionali, che ne hanno causato il cedimento in volo e il conseguente distacco dell'albero e rotore di coda dal resto dell'elicottero.

Tali danni torsionali sono coerenti con l'ipotesi di una condizione di supergiri motore/rotore, realizzatasi in volo e tale da causare danni strutturali catastrofici a carico degli organi di trasmissione del moto al rotore di coda.

Analisi impianto governor

L'ipotesi che si potesse essere verificato un fenomeno di supergiri motore/rotore in volo ha richiesto una valutazione di efficienza e funzionalità del sistema di controllo e regolazione dei giri motore/rotore presente a bordo dello Yo-Yo; tale sistema è del tutto analogo a quello presente sul R22.

Come visto, le prove funzionali condotte sui singoli componenti del sistema hanno consentito di verificarne la efficienza e di escludere, pertanto, un malfunzionamento in volo tale da causare il fenomeno di supergiri, che ha, a sua volta, causato i danni strutturali all'albero di trasmissione moto a rotore di coda.

Analisi dati recuperati

I dati recuperati dall'apparato Stratomaster Explorer, pur presentando discontinuità e ripetizioni, hanno comunque fornito un quadro di massima relativo ai principali parametri di volo e di funzionamento dell'elicottero in volo.

Dall'analisi dei dati motore si può notare come gli stessi (RPM e MAP) siano coerenti con una normale messa in moto e con le prove motore che precedono il decollo (allegato "B", figura 5).

A partire dalle ore 17.33'53", orario di decollo dell'elicottero, i dati di MAP sono indicativi di una richiesta di potenza al motore coerente con la condizione di decollo e salita dell'elicottero, mentre i dati di RPM cessano di essere registrati fino all'impatto al suolo, presumibilmente avvenuto immediatamente dopo le 17.34'59", orario in cui vengono registrati gli ultimi parametri.

In ordine alla scomparsa del parametro RPM dal decollo, non è stato possibile ottenere una spiegazione né dal costruttore Yo-Yo, né dal costruttore dell'apparato.

In allegato "B", figura 6, si possono osservare i parametri di volo principali: l'elicottero raggiunge una quota massima AGL di 88 piedi ed una GS di 109 km/h, dati coerenti con le intenzioni del pilota di effettuare un circuito a Sud della pista per portare l'elicottero di fronte all'hangar di ricovero notturno.

È stato possibile alimentare il contagiri doppio presso il costruttore e leggere sul *display* i valori massimi di giri motore (145%, pari a 3720 RPM) e rotore (148%, pari a 757 RPM) registrati in volo dall'apparato.

Il sistema ha registrato questi valori massimi, che, per come è impostato il sistema stesso, non sono però associabili al volo nel quale sono stati raggiunti. Tuttavia, è possibile assumere che i dati in questione siano stati registrati nel corso del volo conclusosi con l'incidente, in cui il cedimento strutturale in volo dell'albero e del trave di coda è evidentemente avvenuto per eccesso di giri motore/rotore. Entrambi i valori risultano infatti estremamente elevati, eccedendo ampiamente:

1. i parametri massimi ammissibili in volo, sia per il rotore sia per il motore (110%);
2. il parametro del 120% di RPM (Robinson Safety Notice SN-36), superato il quale non sono più efficaci i *bearing damper* che assorbono le vibrazioni sull'albero trasmissione moto al rotore di coda, con conseguente rottura dell'albero e del trave di coda.

Analisi dichiarazioni testimoniali

Le dichiarazioni testimoniali raccolte sono coerenti con l'ipotesi di un supergiri sperimentato dall'elicottero sin dalle fasi iniziali del decollo, nella salita e per tutto il volo.

Il suono anomalo ed eccessivamente alto dei giri motore è stato udito dalle persone a terra ed ha spinto l'istruttore della scuola e proprietario dell'elicottero a correre alla stazione radio per stabilire un contatto con il pilota, raccomandandogli di abbassare

i giri motore/rotore.
Nell'ipotesi in cui il pilota avesse tentato l'inserimento in volo del *governor* motore, quest'ultimo non avrebbe sortito effetto, avendo un campo di intervento (da 80% al 115%) decisamente inferiore al numero di giri che l'elicottero aveva in volo e rimasti sempre altissimi dal decollo all'impatto (il volo è durato complessivamente poco più di un minuto), come peraltro deducibile dalle testimonianze acquisite.

Manuale di volo
Come visto, nel *Manuale di volo dello Yo-Yo* non si fa cenno né alla *Safety Notice* emessa nel novembre del 2000 dalla Robinson, né al suo contenuto, decisamente rilevante per quanto riguarda l'importanza di evitare fenomeni di supergiri, che, se elevati, risultano catastrofici dal punto di vista strutturale.
Come visto, l'inserimento del *governor* su ON non è riportato nella procedura pre-decollo riportata nel predetto *Manuale*, mentre è correttamente riportato nella *checklist* in dotazione all'elicottero.
Da quanto visto, fra i requisiti riportati nell'allegato IV del dPR n. 133/2010, vi è quello di fornire nel *Manuale di volo* tutte le informazioni necessarie ad un sicuro utilizzo in volo dell'elicottero.
Quanto a suo tempo comunicato con la menzionata *Safety Notice* da Robinson per il modello R22 (a cui lo Yo-Yo è meccanicamente analogo) descrive un fenomeno particolarmente critico, fornendo le informazioni e misure procedurali per poterlo prevenire e gestire in volo; è quindi da considerarsi una informazione indispensabile per operare l'elicottero in sicurezza, per cui tale tipo di informazioni avrebbe dovuto essere riportata nel *Manuale di volo* dello Yo-Yo. Oltre a quella relativa al RPM *governor*, anche altre *Safety Notice* emesse da Robinson e importanti per la sicurezza del volo avrebbero dovuto essere incluse nel *Manuale di volo* dello Yo-Yo.
Nel caso in questione, i requisiti minimi di aeronavigabilità per lo Yo-Yo serie III (VDS avanzato) devono essere soddisfatti dal costruttore, che ne attesta il rispetto attraverso la dichiarazione autocertificata di conformità. L'Aero Club d'Italia non ha l'obbligo, ma la facoltà di effettuare controlli sulla documentazione tecnica presentata, fra cui il *Manuale di volo*, per verificare se la documentazione presentata rispecchi i requisiti richiesti dagli allegati tecnici al dPR n. 133/2010.

Il *Manuale di volo* dello Yo-Yo, esaminato nel corso dell'inchiesta ANSV, presenterebbe quindi delle criticità in ordine a informazioni importanti sotto il profilo della sicurezza del volo; conseguentemente, tale documento non sarebbe in linea con quanto richiesto dalla normativa vigente, in quanto priva gli utilizzatori del tipo di elicottero in questione (sia che si stratti di allievi piloti, sia di piloti) della necessaria consapevolezza

riguardo a fenomeni critici per lo stesso. Pertanto, non parrebbe che sussistessero gli estremi, in presenza delle carenze individuate, per rilasciare la qualifica di avanzato all'elicottero in questione.

Ricostruzione della dinamica di impatto

Sulla base delle evidenze acquisite, è stato possibile ricostruire la seguente dinamica dell'incidente.

L'elicottero era stato messo in moto alle 17.30'01" ed era decollato alle 17.33'53"; dopo aver descritto una traiettoria di volo alla sinistra dell'aviosuperficie, raggiungendo una quota AGL di 88 piedi ed una GS di 108 km/h, precipitava al suolo intorno alle 17.34'59" (ultimo dato in volo registrato).

Il pilota era decollato senza aver inserito il *governor* su ON; la richiesta di potenza al motore per l'effettuazione del decollo e la salita veloce ha causato un repentino aumento degli RPM/NR, rimasti estremamente alti per tutta la durata del volo e tali da causare il collasso strutturale dell'albero di trasmissione moto al rotore di coda e del trave di coda, con la conseguente ingovernabilità dell'elicottero in volo e precipitazione al suolo.

Cause

L'incidente è stato ragionevolmente provocato dal cedimento in volo dell'albero trasmissione moto al rotore di coda, causato da un eccessivo numero di giri motore/rotore principale, non limitati a seguito del mancato inserimento, da parte del pilota, prima del decollo, del RPM *governor*.

Non si può escludere che il pilota abbia tentato di inserire il citato *governor* successivamente al decollo, senza però sortire l'effetto sperato, in quanto il decollo è probabilmente avvenuto ad un numero di giri motore al di fuori del campo di intervento dello stesso *governor*.

All'accadimento dell'incidente hanno ragionevolmente contribuito i seguenti fattori:

- la probabile non conoscenza, da parte del pilota, del divieto di decollare con *governor* su OFF;
- la mancanza di informazioni nel *Manuale di volo* dello Yo-Yo relative all'inserimento del RPM *governor* e ai possibili danni strutturali catastrofici conseguenti ad un supergiri motore in volo.

Raccomandazioni di sicurezza

Alla luce delle evidenze raccolte e delle analisi effettuate, l'ANSV ritiene necessario emanare le seguenti raccomandazioni di sicurezza.

Raccomandazione ANSV-7/853-18/1/A/22
Tipo della raccomandazione: -.
Motivazione: come ripetutamente documentato dall'ANSV in precedenti relazioni di inchiesta e conseguenti raccomandazioni di sicurezza, nonché nei *Rapporti annuali* al Parlamento, il vigente impianto normativo nazionale in materia di volo da diporto o

sportivo (legge n. 106/1985 e dPR n. 133/2010) si presta, a causa sostanzialmente dell'assenza di controlli sul rispetto delle norme, ad essere eluso, soprattutto sotto il profilo tecnico, ad esempio per quanto concerne l'osservanza del MTOW degli aeromobili, la loro configurazione, l'adeguatezza della manualistica, le procedure manutentive.

Gli stessi apparecchi VDS identificati in Italia non possiedono, inoltre, né un certificato di aeronavigabilità, né un permesso di volo, in quanto nessun organismo ne attesta la aeronavigabilità o la capacità di effettuare, in sicurezza, un volo elementare. Questa anomalia normativa viene inevitabilmente rilevata dalle autorità investigative straniere omologhe dell'ANSV durante le inchieste di sicurezza condotte a seguito di incidenti/inconvenienti gravi occorsi, nei rispettivi Stati, ad apparecchi VDS con marche di identificazione italiane.

Fra l'altro, i requisiti di aeronavigabilità, di cui agli allegati tecnici al dPR n. 133/2010, sono previsti esclusivamente per gli apparecchi VDS avanzati, ma non anche per quelli basici, scelta, quest'ultima, che non appare giustificabile dal punto di vista aeronautico.

Tutto quanto sopra rappresentato costituisce una criticità sotto il profilo della sicurezza del volo, con ricadute negative sulla tutela della vita umana.

Destinatario: Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili.

Testo: l'ANSV raccomanda nuovamente di procedere, senza ulteriori indugi, ad una revisione dell'impianto normativo nazionale in materia di volo da diporto o sportivo, al fine di:

- adeguarlo al mutato scenario tecnologico;
- rimuovere le criticità più volte evidenziate dall'ANSV, che inficiano i livelli di sicurezza del volo. Al riguardo, si rimanda anche a quanto raccomandato con la raccomandazione di sicurezza ANSV-5/1280-18/1/A/20.

Elenco allegati

Allegato "A": documentazione fotografica.
Allegato "B": ulteriore documentazione.

Nei documenti riprodotti in allegato è salvaguardato l'anonimato delle persone coinvolte nell'evento, in ossequio alle disposizioni dell'ordinamento vigente in materia di inchieste di sicurezza.

Foto 1: elicottero Yo-Yo Serie III.

Foto 2: pannello con strumenti con iEFIS.

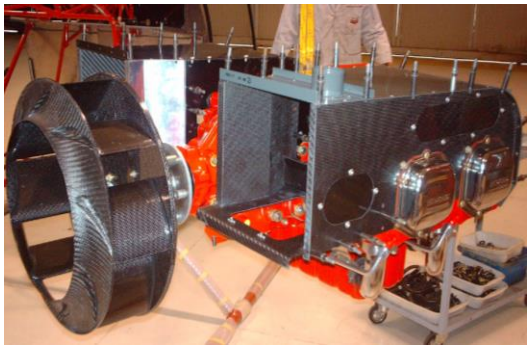


Foto 3: ventola e paratie motore in fibra di carbonio.

Foto 4: paratie motore in fibra di carbonio.

Foto 5: relitto principale I-C881.

Foto 6: albero moto e rotore di coda.

Foto 7: testa rotore principale e biellette comando passo.

Foto 8: iEFIS Stratomaster Explorer.

Foto 9 (a sinistra): giunto flessibile albero trasmissione moto al rotore di coda.
Foto 10 (a destra): particolare giunto flessibile albero trasmissione moto al rotore di coda.

Foto 11: luogo di deposito iniziale relitto.

Foto 12: luogo di successivo deposito del relitto.

Foto 13: collettivo pilota con comando *governor*.

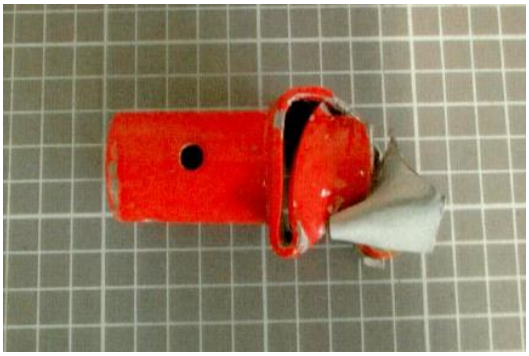
Foto 14: Particolare comando *governor*.

Foto 15: *hall effect sensor* sul motore.

Foto 16: *governor controller*.

Foto 17: *governor motor assy*.

Foto 18: leva collettivo e cablaggi relativi al *governor*.



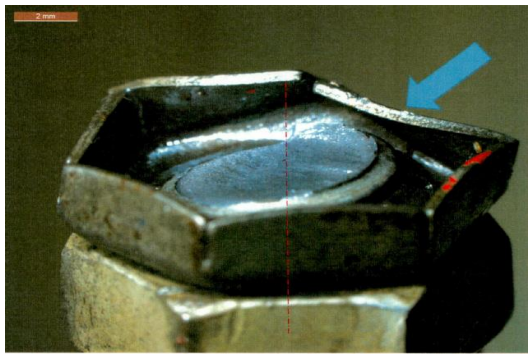


Foto 19 (a sinistra): giunto flessibile albero trasmissione moto al rotore di coda.
Foto 20 (a destra): superficie di rottura bielletta comando passo rotore principale.

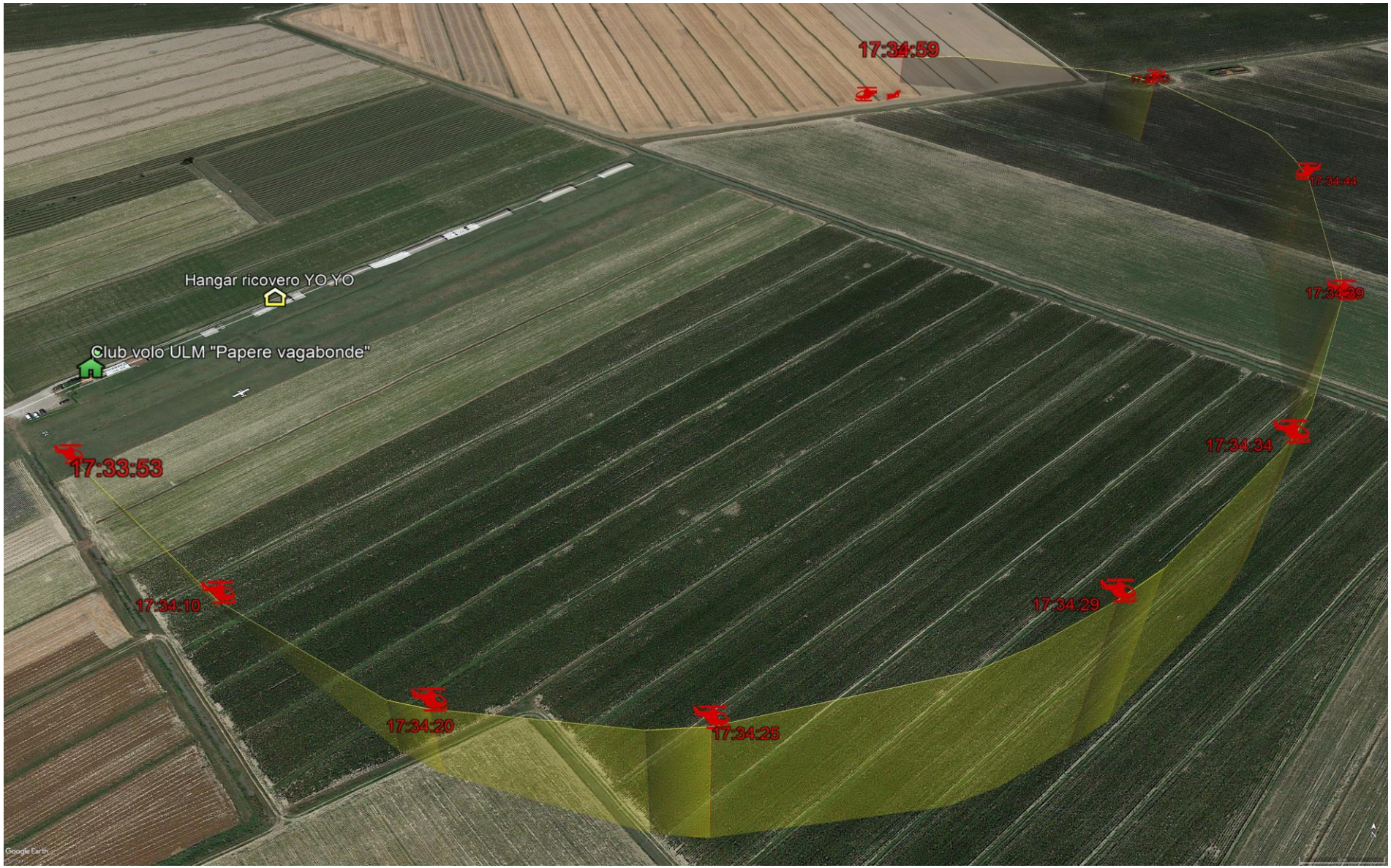


Figura 1: percorso di volo I-C881 (dati recuperati presso MGL Avionics, su supporto Google Earth Pro).

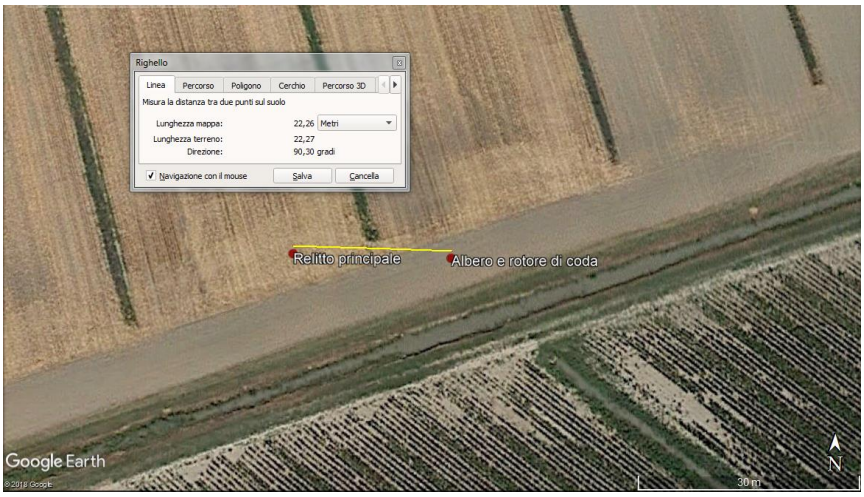


Figura 2: posizioni e distanze relitto principale e albero e rotore di coda (su supporto Google Earth Pro).

Figura 3: iEFIS Stratomaster Explorer.

Figura 4: Stratomaster Velocity.

Foto 21: apertura apparati presso MGL Avionics.

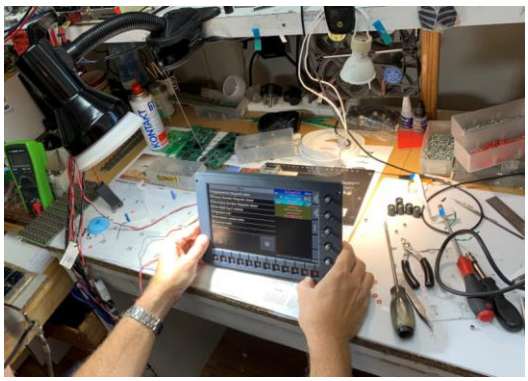


Foto 22: Stratomaster Explorer, lettura dati.

Foto 23: Statomaster Velocity, giri massimi registrati per motore e rotore.

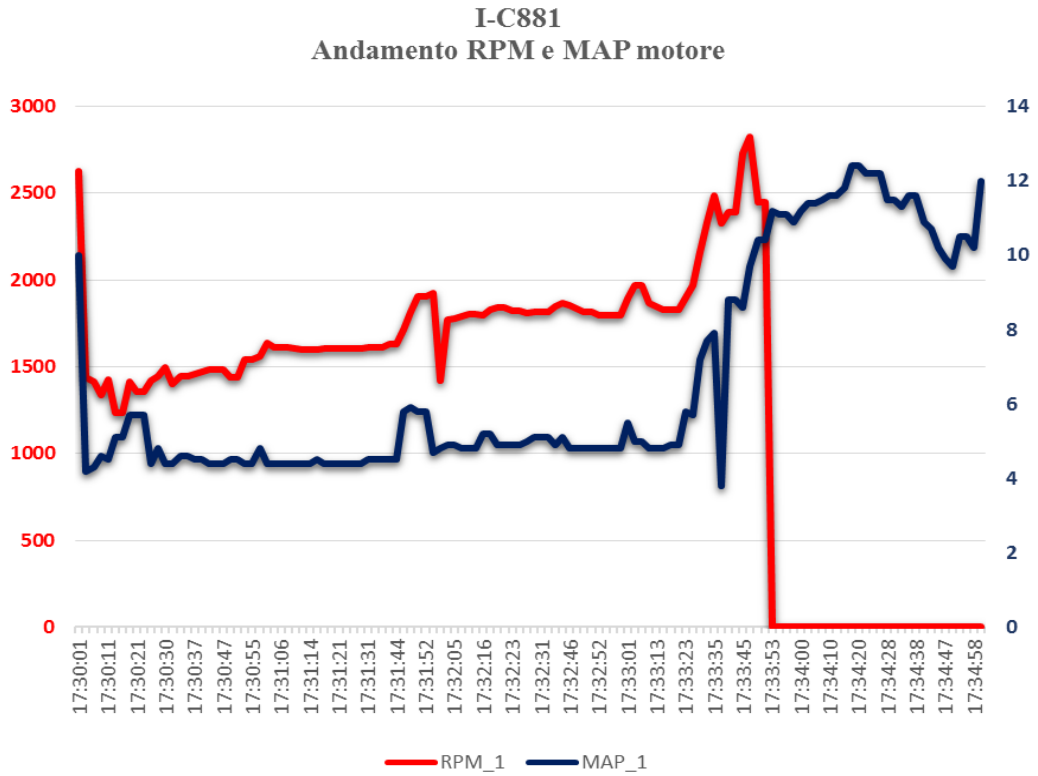


Figura 5: I-C881. Parametri motore dalla messa in moto all’impatto (dati recuperati presso MGL Avionics).

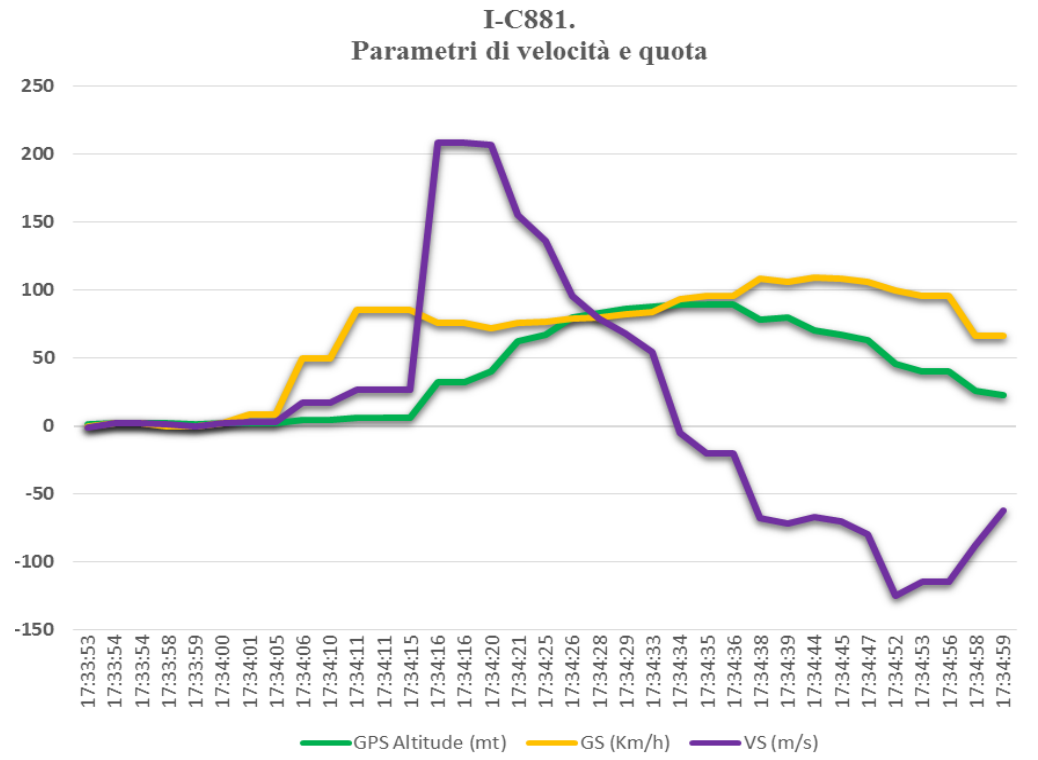


Figura 6: I-C881. Parametri di volo, dal decollo all’impatto (dati recuperati presso MGL Avionics).

CHECK LIST YO-YO

1	CINTURE	ALLACCIATE
2	PORTE	CHIUSE
3	SFRIZIONARE COMANDI	CONTROLLARE
4	COLLETTIVO GIU'	FRIZIONARE COMANDI
5	PEDALIERA	LIBERA E NEUTRA
6	BREAKERS	INSERITI
7	ARIA CALDA	GIU'
8	MISCELA	TUTTA RICCA
9	GUARDIANO	INSERITO

AVVIAMENTO

1	MASTER ON / MAGNETI BOTH	SPIE ACCESE
2	MOTORE FREDDO	5 SMANETTATE
3	AREALIBERA	STROBO ON
4	MANO SULLA MANETTA	START
5	GIRI MOTORE	55%
6	ALTERNATORE E CLUTCH	ON
7	PRESSIONE OLIO	25 PSI
8	REGOLARE ALTIMETRO	QNH
9	AVIONICA / RADIO	ON
10	LUCE CLUTCH SPENTA	GIRI 75%
11	GIRI 75%	PROVA MAGNETI L/R
12	ARIA CALDA	CHECK
13	RUOTA LIBERA	CHECK
14	TEMPERATURE	ARCHI VERDI
15	CICLICO E COLLETTIVO	SFRIZIONARE
16	GOVERNOR ON	104%
17	BASSI GIRI	CHECK
18	POTENZA DISPONIBILE	CHECK
19	AREA LIBERA	PRONTO AL DECOLLO

SPENGIMENTO

1	COLLETTIVO	TUTTO GIU'
2	GOVERNOR	OFF
3	GIRI MOTORE	75%
4	FRIZIONARE	COLLETTIVO
5	FRIZIONARE	CICLICO
6	TEMPERATURA CILINDRI	180°
7	TEMPERATURA OIL	SOTTO 80°
8	MOTORE MINIMO	55%
9	CLUTCH	OFF
10	DOPO 30 SECONDI	MISCELA OFF
11	ALTERNATORE E MAGNETI	OFF
12	RADIO	OFF
13	LUCE CLUTCH SPENTA	MASTER OFF
14	ATTENDERE ROTORE FERMO PRIMA DI SCENDERE	

Figura 7: *checklist* Yo-Yo serie III.

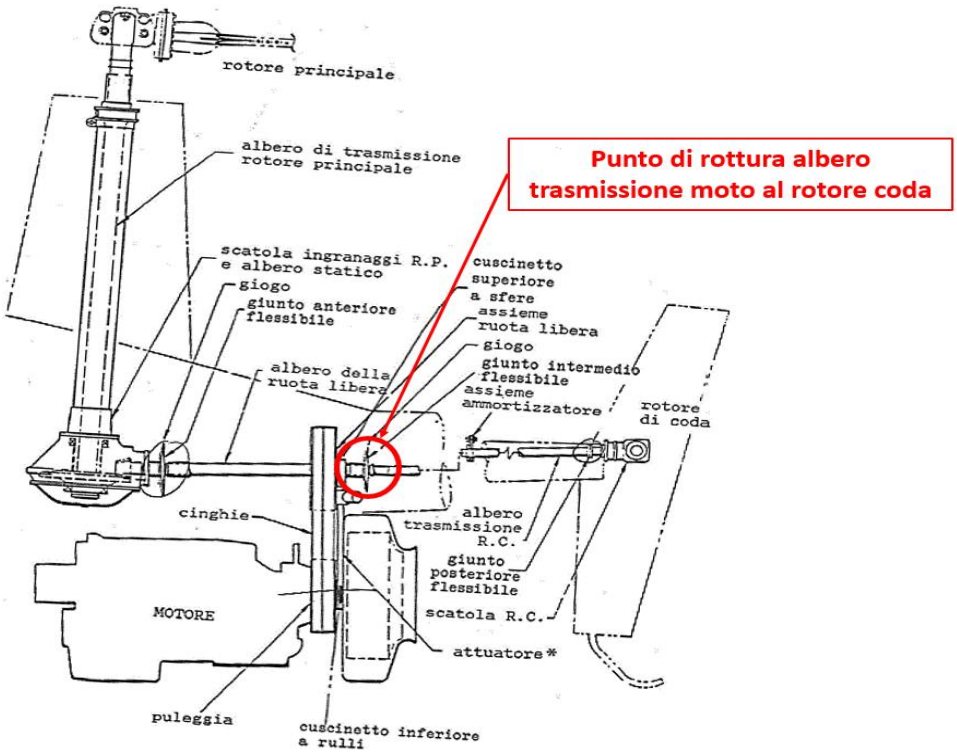


Figura 8: sistema trasmissione moto Yo-Yo (R22) e punto rottura giunto flessibile albero trasmissione moto al rotore di coda.