

MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO

SLUŽBA ZA PREISKOVANJE LETALSKIH, POMORSKIH
IN ŽELEZNIŠKIH NESREČ IN INCIDENTOV

Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana

T: 01 478 81 10

E: mzi.airsafety@gov.si

www.mzi.gov.si



Številka: 37200-3/2018/94
Datum: 19. 9. 2023

KONČNO POROČILO

O PREISKAVI LETALSKE NESREČE

motornega letala DR 400/180,

reg. oznake D-EFTW,

v bližini letališča Bovec – LJBO,

29. julij 2018

Republika Slovenija

» 2018 «

KAZALO VSEBINE

UVOD.....	4
1 POVZETEK.....	5
2 DEJSTVA.....	6
2.1 PODATKI O LETU.....	6
2.2 PODATKI O POŠKODBAH LETALA	7
2.3 PODATKI O DRUGI ŠKODI	7
2.4 PODATKI O OSEBJU	8
2.4.1 Pilot.....	8
2.4.2 Podatki o letalski licenci pilota (prepis iz licence)	8
2.4.3 Podatki o zdravniškem spričevalu pilota (prepis iz zdravniškega spričevala).....	9
2.4.4 Izkušnje in nalet pilota:	9
2.5 PODATKI O LETALU	9
2.5.1 Podatki o motorju.....	10
2.5.2 Podatki o propelerju.....	10
2.5.3 Masa in masno središče	10
2.5.4 Drugi podatki o letalu	11
2.5.5 Podatki o pregledu dokumentacije o vzdrževanju in plovnosti letala	13
2.5.6 Podatki o eksploataciji goriva.....	16
2.6 METEOROLOŠKI PODATKI	17
2.6.1 Vremenska slika.....	17
2.6.2 Oblačnost	18
2.6.3 Veter	18
2.6.4 Temperatura zraka in temperatura rosišča.....	19
2.6.5 Zračni tlak	20
2.6.6 Povzetek vremenskih razmer	20
2.7 PODATKI O LETALIŠČU LJBO	20
2.7.1 Tehnični podatki o letališču v času dogodka:	21
2.8 PODATKI O RADIJSKI ZVEZI.....	21
2.9 PODATKI O REGISTRATORJIH LETA	21
2.10 PODATKI Z MESTA NESREČE	22
2.11 MEDICINSKI IN PATOLOŠKI PODATKI	23
2.12 PODATKI O POŽARU	23
2.13 PODATKI O MOŽNOSTIH PREŽIVETJA.....	24
3 ANALIZA.....	24
3.1 SPLOŠNO	24
3.2 ANALIZA VLEČNE VRVI	25
3.3 ANALIZA POLOŽAJA VENTILA ZA GORIVO (FUEL SELECTOR).....	29
3.4 ANALIZA UPORABE GORIVA.....	30
3.4.1 Ugotovitve o delovanju gorivnega sistema na letalu D-EFTW.....	31
3.4.2 Ostale ugotovitve iz podanih izjav s strani pilotov.....	32
3.4.3 Uporaba dodatne električne črpalke za gorivo (Emergency Electric Pump)	32
3.4.4 Analiza količine goriva v rezervoarjih v času pred dogodkom	33
3.5 ANALIZA POŠKODB PROPELERJA.....	34
3.6 ANALIZA USPOSABLJANJA UČENCEV V LETALSKI ŠOLI JURIKA	40
4 NAJVERJETNEJŠI SCENARIJ STRMOGLAVLJENJA.....	43
5 ZAKLJUČKI	46
5.1 UGOTOVITVE.....	46
5.2 ZAKLJUČEK	49
5.2.1 Neposredni vzrok.....	49
5.2.2 Posredni vzroki.....	49

6	VARNOSTNA PRIPOROČILA.....	51
6.1	ODGOVOR CAA NA VARNOSTNI PRIPOROČILI IZDANI MED PREISKAVO LETALSKE NESREČE MOTORNEGA LETALA DR 400/180, REG. D-EFTW, Z DNE 29. 7. 2018, LJBO.....	52
6.2	VARNOSTNO PRIPOROČILO OB OBJAVI KONČNEGA POROČILA.....	54
7	PRILOGE.....	55
PRILOGA 1	IZVLEČEK POROČILA ZAG O MEHANSKI IN KEMIČNI ANALIZI VLEČNE VRVI	55
PRILOGA 2	TEHNIČNA ZAHTEVA –TZ 94-15 Z DNE 2. 11. 1994.....	59
PRILOGA 3	VARNOSTNA OKROŽNICA ZA IZVAJANJE AEROVLEKA S KATERO SE NADOMESTI TEHNIČNA ZAHTEVA ŠT. TZ 94-15 Z DNE 2. 11. 1994.....	60
PRILOGA 4	IZVLEČEK POROČILA ZAG O ANALIZI POŠKOD PROPELERJA.....	60

KAZALO SLIK

Slika 1: Linija leta in mesto strmoglavljenja motornega letala DR 400/180.....	6
Slika 2: Desni in levi krilni rezervoar	7
Slika 3: Podatki iz poročila o tehtanju letala	11
Slika 4: Robin DR400-180 dimenzije letala	12
Slika 5: Izbirnik za gorivo v kabini letala D-EFTW	16
Slika 6: Položaji kazalnikov količine goriva v kabini letala D-EFTW (pri izklopjenem glavnem stikalu).....	16
Slika 7: Posnetki kamere z Letališča Bovec v smeri naselja Žaga	17
Slika 8: Posnetki kamere z Letališča Bovec v smeri naselja Žaga	18
Slika 9: Meritve vetra na letališču na dan 29. 7. 2018.....	18
Slika 10: Temperatura zraka na letališču na dan 29. 7. 2018	19
Slika 11: Temperatura rosišča na letališču na dan 29. 7. 2018	19
Slika 12: Zračni tlak na letališču na dan 29. 7. 2018	20
Slika 13: Območje iskanja manjšega dela vlečne vrvi in pozicija najdenega dela.....	22
Slika 14: Preglednica z rezultati analize rabljene vrvi.....	25
Slika 15: Preglednica z rezultati analize nove vrvi.....	25
Slika 16: Prikaz varovalk proizvajalca opreme za vleko jadralnih letal.....	27
Slika 17: Vizualni pregled uporabljene vlečne vrvi.....	28
Slika 18: Vizualni pregled varovalne ploščice in priključnih rink	28
Slika 19: Vizualni pregled gorivnega ventila.....	29
Slika 20: Skeniran prerez na mikrotomografu	30
Slika 21: Kazalniki nivoja goriva v letalu D-EFTW. Kazalnik za levi rezervoar, ob izklopljenem glavnem stikalu, ni v osnovnem položaju v primerjavi s kazalniki goriva glavnega in desnega rezervoarja.....	32
Slika 22: Nalepka s podatki propelerja	35
Slika 23: Pogled na propeler iz sprednje strani.....	35
Slika 24: Pogled na propeler iz strani.	36
Slika 25: Upognjeni krak propelerja – sprednja stran.....	36
Slika 26: Upognjeni krak propelerja – sprednja stran.....	37
Slika 27: Krak propelerja, ki se ni upognil – sprednja stran.....	38
Slika 28: zadnja stran manj poškodovan krak propelerja	39
Slika 29: Primer nevarnosti nadvišanja vlečnega letala.....	45

KRATICE

<i>AME</i>	<i>Aviation Medical Examiner</i>
<i>AMSL</i>	<i>Above mean sea level</i>
<i>ATO</i>	<i>Approved Training Organisations</i>
<i>ARC</i>	<i>Airworthiness Review Certificate</i>
<i>CAA</i>	<i>Javna agencija za civilno letalstvo Republike Slovenije</i>
<i>CAMO</i>	<i>Continuing Airworthiness Management Organisation</i>
<i>CRS</i>	<i>Certificate of Release to Service</i>
<i>DTO</i>	<i>Declared Training Organisations</i>
<i>EASA</i>	<i>European Union Aviation Safety Agency</i>
<i>EASA AD</i>	<i>EASA Airworthiness Directives</i>
<i>ELT</i>	<i>Emergency Locator Transmitter</i>
<i>EU</i>	<i>Evropska unija</i>
<i>FAA</i>	<i>Federal Aviation Administration</i>
<i>FAR</i>	<i>Federal Aviation Regulations</i>
<i>FCL</i>	<i>Flight Crew Licencing</i>
<i>FI</i>	<i>Flight Instructor</i>
<i>IFR</i>	<i>Instrument flight rules</i>
<i>ISM</i>	<i>Inštitut za sodno medicino</i>
<i>KZPS</i>	<i>Kontrola zračnega prometa Slovenije</i>
<i>LAPL</i>	<i>Light aircraft pilot licence</i>
<i>LJBO</i>	<i>Letališče Bovec</i>
<i>MTOW</i>	<i>Maximum Take-Off Weight</i>
<i>NAA</i>	<i>National Aviation Authority</i>
<i>NCO</i>	<i>Non-commercial operations</i>
<i>OKC</i>	<i>Operativno-komunikacijski center</i>
<i>PGD</i>	<i>Prostovoljno gasilsko društvo</i>
<i>POH</i>	<i>Pilot's operating handbook</i>
<i>PPL</i>	<i>Private pilot license</i>
<i>PU</i>	<i>Policijska uprava</i>
<i>ReCO</i>	<i>Regijski center za obveščanje</i>
<i>RS</i>	<i>Republika Slovenija</i>
<i>RUZP</i>	<i>Republikška uprava za zračno plovbo</i>
<i>SAR</i>	<i>Search and Rescue</i>
<i>SPL</i>	<i>Sailplane pilot licence</i>
<i>TMG</i>	<i>Touring motor glider</i>
<i>TZ</i>	<i>Tehnična zahteva</i>
<i>VFR</i>	<i>Visual flight rules</i>
<i>VPS</i>	<i>Vzletno-pristajalna steza</i>
<i>ZAG</i>	<i>Zavod za gradbeništvo Slovenije</i>

UVOD

Končno poročilo o preiskavi letalske nesreče vsebuje dejstva, analizo, vzroke in varnostna priporočila komisije za preiskovanje letalske nesreče glede na okoliščine, v katerih se je nesreča pripetila.

V skladu s točko 3.1 poglavja 3 Priloge 13 h Konvenciji o mednarodnem civilnem letalstvu (12. izdaja, julij 2020), 1. členom Uredbe (EU) št. 996/2010 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 20. oktobra 2010 o preiskavah in preprečevanju nesreč in incidentov v civilnem letalstvu (UL L št. 295 z dne 12.11.2010, str. 35), četrtim odstavkom 137. člena Zakona o letalstvu (Uradni list RS, št. 81/10 – uradno prečiščeno besedilo, 46/16 in 47/19) in 2. členom Uredbe o preiskovanju letalskih nesreč, resnih incidentov in incidentov (Uradni list RS, št. 72/03, 110/05 in 53/19) **namen končnega poročila o preiskavi letalske nesreče ni ugotavljanje krivde ali odgovornosti.**

Končno poročilo o preiskavi mora nedvomno koristiti varnosti letenja.

Pomembno je, da se končno poročilo o preiskavi uporablja za preprečevanje letalskih nesreč oziroma incidentov. Uporaba končnega poročila o preiskavi letalske nesreče v druge namene lahko vodi do napačne interpretacije.

Sestava komisije:

1. **Toni STOJČEVSKI**, – glavni preiskovalec, Vodja službe, preiskovalec letalskih nesreč in incidentov,
2. **Gašper FINŽGAR** - član komisije, inštruktor letenja

1 POVZETEK

- Datum in čas nesreče:** 29. julij 2018 ob 12.05 uri po lokalnem času
- Kraj nesreče:** v neposredni bližini letališča Bovec, N 46° 19' 40" / E 13° 31' 54"
- Tip leta:** vleka jadralnih letal, VFR let (VFR – ang. Visual Flight Rules – pravila vizualnega letenja)
- Zrakoplov:** štirisedežno motorno letalo
- **proizvajalec zrakoplova:** AVIONS PIERRE ROBIN
 - **oznaka proizvajalca:** DR 400 / 180
 - **registracija zrakoplova:** D-EFTW (v registru nemških letalskih oblasti)
 - **serijska številka zrakoplova:** 1274
 - **veljavnost plovnosti:** 15. oktober 2018¹
- Lastnik/operator:** Aviofun d. o. o.
- Uporabnik:** Klub letalcev Jurika (letalska šola, številka potrdila SI.ATO.035)
- Podatki o posadki in potnikih:**
- **posadka:** pilot (1)
 - **število potnikov:** 0
 - **skupno število:** 1

Posledice:

<i>Poškodbe</i>	<i>Posadka</i>	<i>potniki</i>	<i>drugi</i>
Smrtne	1	/	/
Težke	/	/	/
lažje/nepoškodovani	/	/	

Letalo in oprema:

Letalo in oprema sta bila 100-odstotno uničena

Jadralno letalo udeleženo v dogodku:

- Pilatus CHI/ Pilatus B4, Serijska številka 112, Registrska oznaka S5-3027
- Skupne ure in cikli ob izdaji CRS²: TT=6255:64 ur; TC=2601
- Letalo in oprema v dogodku nista bila poškodovana

¹ Izdano s strani potrjene organizacije za vodenje stalne plovnosti št. DE.MG.0169 (ARS-9441)

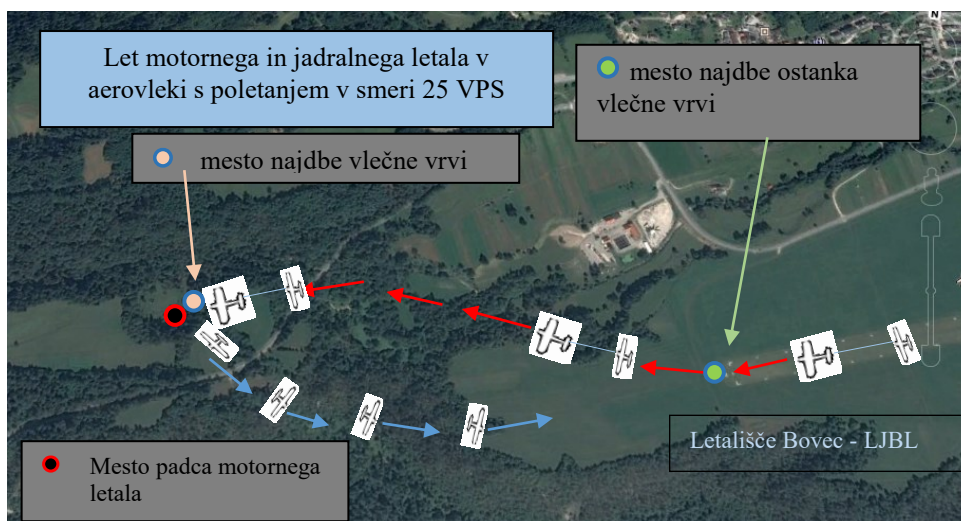
² Potrdilo o sprostitvi zrakoplova v uporabo z dne 14.7.2018 (Certificate of Release to Service)

2 DEJSTVA

2.1 Podatki o letu

V dopoldanskem času je na matičnem letališču v Bovcu potekalo praktično usposabljanje učencev – kandidatov za pridobitev dovoljenja pilota jadralnega letala v organizaciji letalske šole Klub letalcev Jurika. Za potrebe letalskega kluba in šolanja je aerovleko jadralnih letal (aerozaprega – ang. aerotow) zagotavljal pilot z motornim letalom, ki je bilo v lasti upravljalca letališča »Aviofun d. o. o.«. Letenje se je začelo s prvim izhodom ob 10.43 uri. Peti izhod je bil ob 11.30 uri, ko je kandidat v šolanju skupaj z inštruktorjem poletel z dvosedežnim letalom Blanik L13. Let je do višine 300 m nad terenom trajal skupaj 7 min. V naslednjem izhodu je kandidat ob 11.43 uri ponovno poletel, tokrat samostojno, do višine 400 m nad terenom in uspešno pristal ob 11.50 min. V sedmem izhodu je bilo po navodilih inštruktorja dogovorjeno, da kandidat opravi samostojni let na enosedežnem jadralnem letalu tipa Pilatus B4. Pilot motornega letala je imel nalogo opraviti aerovleko do višine 500 m nad terenom.

Ob 12.00 uri je motorno letalo, ki je vlečlo jadralno letalo Pilatus B4, poletelo v smeri 25 vzletno-pristajalne steze – VPS. Po pričanju prič, v smeri vzleta do višine približno 150 m nad terenom ni bilo posebnosti, nato je motorno letalo naenkrat začelo izgubljati višino. Ko je letalo izginilo iz vidnega območja, je po pričanju, kandidat – učenec v kabini jadralnega letala odreagiriral in odpel vlečno vrv ter nato glede na razpoložljivo višino varno pristal v smeri 07 VPS. Motorno letalo je v liniji leta izgubljalo višino in strmoglavilo na gozdni teren, približno 900 m od praga 07 VPS, ter zagorelo. Ob trku v teren je pilot izgubil življenje.



Slika 1: Linija leta in mesto strmoglavljenja motornega letala DR 400/180

2.2 Podatki o poškodbah letala

Letalo je v liniji strmoglavljenja najprej trčilo v veje dreves ter ob trku na rob gozdnatega terena zagorelo. Neposredno po trku se je požar razširil tako, da so v celoti pogoreli leseni deli konstrukcije letala. Manjši leseni deli iz konstrukcije obeh kril ter oba krilna rezervoarja so bili najdeni v neposredni bližini razbitine letala. Na prizorišču nesreče so bili v požaru uničeni deli podvozja letala, ogrodje kabine, deli opreme, motor in kovinski deli komandnih povezav. Ob trku v teren se je propeler ločil od nosilca propelerja in motorja. Instrumentalna plošča se je zaradi izpostavljenosti visoki temperaturi stalila.

Desni krilni rezervoar (prostornine 40 litrov), najden izven neposrednega vpliva požara, je imel površinske poškodbe. Ob praznjenju rezervoarja je bilo ugotovljeno, da je bilo v njem še cca. 24 litrov goriva. (slika 2).

Levi krilni rezervoar (prostornine 40 litrov) je bil najden v neposredni bližini gorečih razbitin letala, poškodovan, s površinskimi poškodbami zaradi izpostavljenosti požaru (slika 2). V rezervoarju neposredno po dogodku ni bilo goriva.



Slika 2: Desni in levi krilni rezervoar

2.3 Podatki o drugi škodi

Zaradi požara je zagorela travnata površina ter nizko grmičevje v radiju približno 5 m od položaja razbitin letala. Druge škode ni bilo.

2.4 Podatki o osebjju

2.4.1 Pilot

Pilot, 46 let, slovenski državljan, je bil imetnik:

- dovoljenja športnega pilota letala PPL(A) z datumom izdaje 22. 5. 2013,
- zadnjega podaljšanja ratinga SEP(LAND) z dne 20. 6. 2017 pri izpraševalcu št./Exam. No. SI-062, veljavnega do 30. 6. 2019,
- dovoljenja pilota jadralnega letala SPL z datumom izdaje 11. 7. 2016,
- Veljavnih ratingov, pooblastil: FI(S), TMG, Aerotow,
- zdravniškega spričevala za letalsko osebje kategorije 2/LAPL (Medical Certificate Class 2), veljavnega do 3. 5. 2020, izdanega pri pooblaščenici organizaciji – SI- AME No.10 z dne 11. 4. 2018;

Skupni nalet pilota na motornih letalih do datuma letalske nesreče – 685 ur 29 min³.

Skupni nalet pilota na jadralnih letalih do datuma letalske nesreče – 753 ur 37 min⁴.

2.4.2 Podatki o letalski licenci pilota (prepis iz licence)

VRSTA LETALSKEGA DOVOLJENJA:	PILOT - PPL(A) - LICENCA PILOT SPL - LICENCA
Država izdaje dovoljenja:	Slovenija
Urad izdaje dovoljenja:	CAA
Posebna pooblastila (podatki iz licence):	SEP(land) / veljavnsot 30. 6. 2019 TMG veljavnost 30. 6. 2019 - SAILPLANE TOWING RATING - POWERED SAILPLANES FI(S) inštruktor (LAPL(S), SPL)
Datum izdaje dovoljenja:	22. 5. 2013 – PPL 9. 12. 2013 - SPL
Opombe (podatki iz licence):	/

³ Podatek iz »Pilot Log Book«

⁴ Podatek iz »Pilot Log Book«

2.4.3 Podatki o zdravniškem spričevalu pilota (prepis iz zdravniškega spričevala)

Vrsta zdravniškega spričevala: ----- (Veljavnost):	- 2. RAZRED/MED. CERTIFICATE CLASS 2 / LAPL (3. 5. 2020)
Država izdaje:	SLOVENIJA
Številka pooblaščenega zdravnika:	SI AME 10
Datum pregleda	11. 4. 2018
Omejitve (prepis iz licence)	- VML

2.4.4 Izkušnje in nalet pilota:

Iz pregleda dokumentacije o naletu pilota (Pilot Log) izhaja, da je bil pilot izkušen in da je letalske kvalifikacije za letenje z motornimi in jadralnimi letali vzdrževal brez večjih prekinitev. V zadnjem letu je na motornih letalih naletel skupaj 47 ur 50 min. Na letalu, D-EFTW, je v tem času letel 11-krat, kar znaša 9 ur in 38 min skupnega naleta in kaže na to, da je letalo dobro poznal.

2.5 Podatki o letalu

- Vrsta zrakopolva: Pierre Robin DR400/180 – enomotorno, štirisedežno, nizkokrilno letalo, lesena konstrukcija, fiksno trikolesno podvozje.
- Serijska številka: 1274
- Leto izdelave: 1978
- Registrska oznaka: D-EFTW (v registru nemških letalskih oblasti)
- Skupno število ur: 4286:51 ur
- Skupno število pristankov: 10422

2.5.1 Podatki o motorju

- Motor: Lycoming O-360-A3A
- Serijska številka motorja: L-18527-36A
- Moč motorja: 180 KM
- Odobren resurs: 2000 ur / 12 let
- Datum zadnje obnove: 14. september 2005
- Skupno število delovnih ur: 1798:34 ur od zadnje obnove
- Zadnje popravilo motorja: *Shockloading inspection*, 20. julij 2015
- Število ur od popravila: 322:27 ur od zadnjega popravila motorja

2.5.2 Podatki o propelerju

- Propeler: Sensenich 76EM8S5-0-58 (podatek knjige zrakoplova)
- Serijska številka elise: 103733K
- Odobren resurs: 2000 ur
- Datum zadnje obnove: nov propeler, 22. julij 2015
- Skupno število delovnih ur: 322:27 ur od vgradnje novega
- Dejanska vgrajena elisa: 76EM8S5-0-54 z datumom 6. februar 2018.

2.5.3 Masa in masno središče

Iz podatkov tipskega certifikata letala in operativnega priročnika proizvajalca izhaja, da je največja dovoljena vzletna teža letala (MTOW) 1000 kg, ki v razmerah brez obremenitev ne sme presegati navedene vrednosti. Iz poročila potrjene vzdrževalne organizacije o tehtanju letala (zadnje meritve z dne 5. september 2017) je razvidno, da je bila masa praznega letala 614 kg. Seštevek vrednosti količine goriva, mase posadke in mase praznega letala ne bi smel presegati vrednosti MTOW – 1000 kg. Komisija ugotavlja, da vrednost največje dovoljene vzletne teže letala pri izvajanju vleke jadralnega letala v času dogodka ni bila presežena.

Scale position	Scale reading (Kg)	Symbol	Net weight (Kg)	Net weight (lbs)
Nose Wheel	179	C2	179	394,63
Left Wheel	218	C1LH	218	480,61
Right Wheel	217	C1RH	217	478,40
Empty weight C			Kg	lbs
			614	1353,64

Scale position	Net weight (kg)	Moment Arm (m)	Moment (m.kg)
Right Wheel	217	0,828	179,676
Left Wheel	218	0,828	180,504
Unusable Fuel	7,3	1,120	8,176
Nose Wheel	179	-0,819	-146,601

Finding Arm	in	in
L2	0,819	32,24
L1	0,828	32,60
L1	0,828	32,60

Empty moment

221,755 m.kg

D-EFTW Maximum useful load = Max AUW-G

Max. useful Load

1000 kg (2204,62 lb.) 386 kg

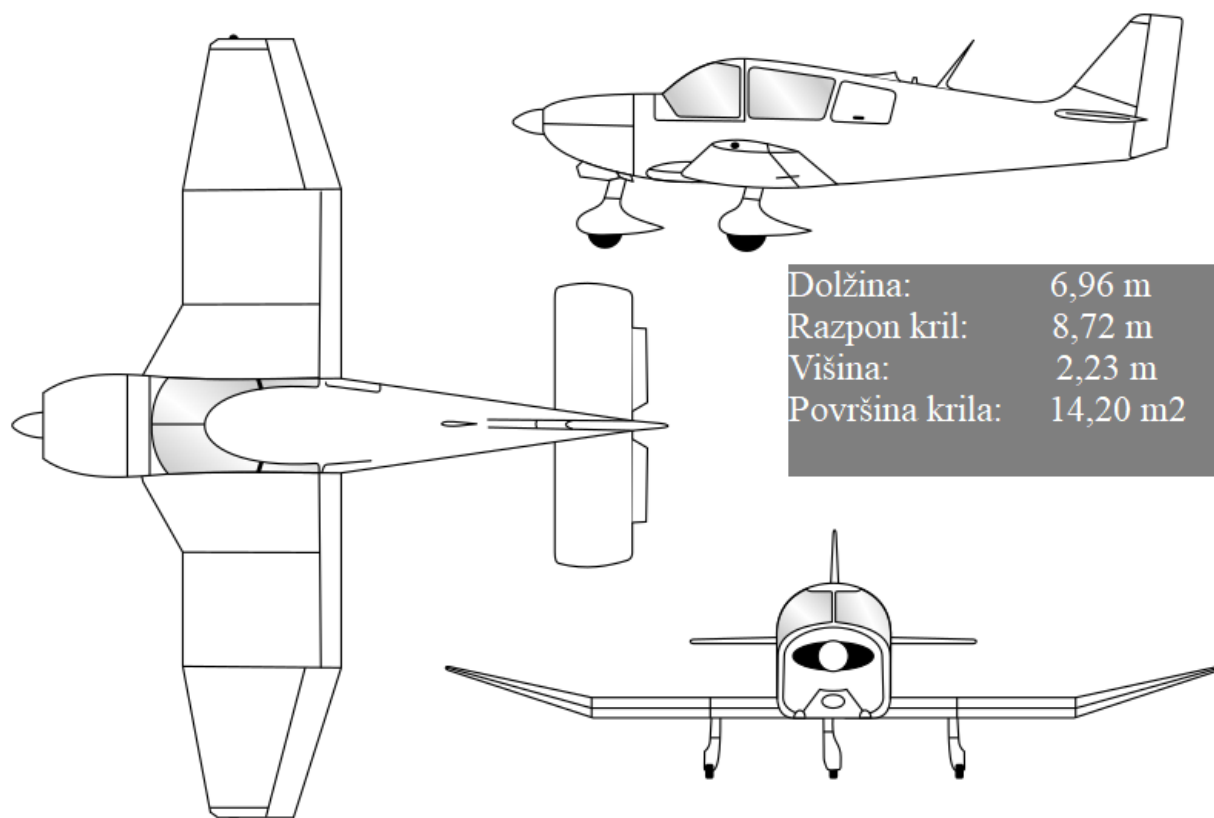
Slika 3: Podatki iz poročila o tehtanju letala

2.5.4 Drugi podatki o letalu

Letalo Robin DR400-180 je bilo, v skladu s tipskim certifikatom⁵ in navodili proizvajalca, certificirano za letenje po pravilih vizualnega (VFR) in instrumentalnega (IFR) letenja. Lastnik je letalo od marca 2017 uporabljal predvsem za izvajanje uvodnih, panoramskih letov in vleko jadralnih letal. Letalo je izdelano pretežno iz lesa s prevleko iz tkanine, prepoznavno pa je po zasnovi z zakrivljenimi krili in drsnim pokrovom kabine iz pleksi stekla. Ima trikolesno fiksno podvozje in lahko sprejme štiri osebe v običajni konfiguraciji. Letalo tega tipa ima 110-litrski glavni rezervoar nameščen pod zadnjim sedežem in 40-litrski rezervoar v vsakem korenu krila. Vzdrževanje letala je bilo sledljivo, razvidno iz pridobljene dokumentacije o rednih in izrednih vzdrževalnih delih.

⁵ <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/7170/en>

Celoten dokument EASA tipskega certifikata za letalo Robin DR400-180 R je dostopen na priloženi povezavi (stran 113)



Slika 4: Robin DR400-180 dimenzije letala

Preglednica ključnih hitrosti letala (vir: priročnik letala – POH):

Opis hitrosti	Hitrost (KTS)
Hitrost najboljšega vzpenjanja – <i>Best Rate of Climb Speed</i>	79
Hitrost najboljšega kota vzpenjanja – <i>Best Angle of Climb Speed</i>	63
Hitrost zloma vzgona brez zakrilc – V_s	50
Hitrost zloma vzgona z zakrilci – V_{sf}	44 = 81 km/h

- minimalna hitrost (*minimum (stalling) speed*): 50 KTS (95 km/h).

2.5.5 Podatki o pregledu dokumentacije o vzdrževanju in plovnosti letala

Mednarodni in nacionalni letalski predpisi za tip letala določajo, da mora lastnik ali uporabnik letala zagotoviti vodenje dokumentacije o tehničnem vzdrževanju in plovnosti. Glede dokumentacije o letalu (operativni dnevnik zrakoplova (ang. Journey Log Book)) in tehnične knjige zrakoplova, motorja in propelerja (ang. Technical Log Book) je bilo ugotovljeno, da je bila ta redno vodena, vendar z nekaterimi pomanjkljivostmi, ki so bile v preiskavi predmet dodatnih navzkrižnih preverjanj.

V preiskavi je bila pregledana naslednja tehnična dokumentacija:

- Operativni dnevnik zrakoplova (številka ni vpisana), datum prvega in zadnjega vnosa 25. 1. 1978 (francoska knjižica Livret d'aéronef, Aircraft Log Book; prva knjižica zrakoplova)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 1, datum prvega vnosa 1. 3. 1978, datum zadnjega vnosa 26. 9. 1984 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 2, datum prvega vnosa 2. 9. 1984, datum zadnjega vnosa 31. 8. 1991 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 3, datum prvega vnosa 31. 8. 1991, datum zadnjega vnosa 23. 12. 1998 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 4, datum prvega vnosa 28. 12. 1998, datum zadnjega vnosa 14. 6. 2001 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 5, datum prvega vnosa 14. 6. 2001, datum zadnjega vnosa 12. 7. 2003 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 6, datum prvega vnosa 12. 7. 2003, datum zadnjega vnosa 10. 5. 2006 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 7, datum prvega vnosa 11. 5. 2006, datum zadnjega vnosa 2. 8. 2008 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 8, datum prvega vnosa 2. 8. 2008, datum zadnjega vnosa 15. 4. 2011 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 9, datum prvega vnosa 15. 4. 2011, datum zadnjega vnosa 16. 11. 2013 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Operativni dnevnik zrakoplova številka 10, datum prvega vnosa 3. 12. 2013, datum zadnjega vnosa 22. 1. 2017 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)

- Operativni dnevnik zrakoplova številka 11, datum prvega vnosa 27. 1. 2017, datum zadnjega vnosa 29. 7. 2018 (nemška knjižica Luftfahrzeug-Bordbuch)
- Registrator 1 – Arhiv tehnične dokumentacije od leta 1978 do leta 2002
- Registrator 2 – Arhiv tehnične dokumentacije (izpolnjene kontrolne liste pregledov) od maja 1999 do maja 2011
- Registratorja 3 in 4 – Arhiv tehnične dokumentacije od leta 2002 naprej
- Knjižica z osnovnimi dokumenti zrakoplova

Pri pregledu dokumentacije ni bilo zaznanih bistvenih odstopanj, ki bi posledično imela vpliv na dogodek. Ugotovitve v določenih primerih kažejo na administrativno pomanjkljivost pri dokumentiranju in arhiviranju delovnih nalog.

V registratorjih št. 3 in št. 4 je pregledana tehnična dokumentacija od leta 2002 do leta 2016. Pregledana je bila dokumentacija z dokazili o opravljenih tehničnih pregledih v letih 2017 in 2018 (CRS in poročilo o 50-urnem pregledu pri 4168:00 urah, zaključenem 5. 7. 2017 in poročilo o tehtanju z dne 5. 9. 2017). Zadnje poročilo o opravljenih meritvah v zvezi z avioniko in elektroniko je z dne 15. 9. 2016.

Pregledana je bila dokumentacija v registratorjih 3 in 4 po sledečem vrstnem redu:

Registrator 3:

- Pogodba s CAMO organizacijo; Tipski certifikat po EASA; Program vzdrževanja; Plovno dovoljenje; Manjše spremembe in modifikacije (*»Minor Change«*) / MOGAS STC (STC za predelavo na avtomobilsko gorivo).
- Seznam aktualnih plovnostno-tehničnih zahtev (LTA, EASA AD)
- Seznam rednega vzdrževanja in delov z omejeno življenjsko dobo
- Potrdila o podaljšanjih plovnosti (ARC)
- Potrdila o sprostitvi zrakoplova v uporabo (CRS)
- Poročila v zvezi z avioniko
- Poročila o opravljenih tehtanjih
- Poročila o preizkusih zrakoplova na tleh in v zraku
- Podatki o elisi / Form 1 elise
- Podatki o motorju / Form 1 motorja

Registrator 4:

- Poročila o opravljenih delih
- Seznam vzdrževanja in delov z omejeno življenjsko dobo (»roto lista«)
- Seznam plovnostno-tehničnih zahtev (LTA, EASA AD)
- Forme 1; dokumenti vgrajenih delov in komponent
- Ostalo

Ob analizi tehnične dokumentacije je bilo ugotovljeno, da nekatera izredna popravila, ki so zavedena v knjižicah letala, motorja ali propelerja niso podrobneje zavedena s poročilom v registratorju, kar je bila naloga prejšnjega lastnika:

- *Pri skupnih 3407:23 urah je v knjižici letal št. 9 zavedena »zamenjava« motorja in elise po pregledu zaradi kontakta z oviro (poročilo vzdrževalne organizacije Dachsel, ki je opravila popravilo motorja – t.i. »shockloading«) - ni poročila o demontaži/montaži motorja in elise, testnem zagonu, testnem letu, ipd;*
- *Pri 3453 urah je v knjižici 9 vpisana menjava valja številka 3 zaradi razpoke. V dokumentaciji manjka poročilo za izvršeno delo;*
- *Pri 3717:01 urah je v knjižici 9 vpisana vgradnja rezervoarja za gorivo (P/N 52.18.42.100). V dokumentaciji ni podrobnejšega poročila o izvršenem delu, prav tako ni izpolnjen obrazec Form 1 za rezervoar;*
- *Pri 4061:44 urah je v knjižici 10 vpisano popravilo izpuha. Podrobnejšega poročila ni, zgolj Form 1 za izpuh, izdan s strani organizacije Gomolzig, ki je izvršila popravilo;*
- *Pri 4224:38 urah so v knjižici 11 (v sklopu 100-urnega/3-letnega pregleda) vpisana menjava gorivne črpalke, menjava uplinjača ter menjava levega magneta. V dokumentaciji ni poročil. Manjkajo tudi Form 1 za omenjene komponente.*

Pri pregledu tehnične dokumentacije je preverjeno upoštevanje seznama plovnostno-tehničnih zahtev (LTA, EASA AD) iz leta 2016. Pregled ni pokazal odstopanj od obstoječih plovnostno-tehničnih zahtev.

2.5.6 Podatki o eksploataciji goriva

Letalo je bilo opremljeno z glavnim rezervoarjem prostornine 110 l, imenovanim tudi sredinski rezervoar za gorivo, in dvema krilnima rezervoarjema za gorivo po 40 l. V letalskem priročniku je navedena poraba goriva med 33 in 38 l/h za režim linijskega leta. Bistveno večja poraba goriva je pri izvajanju aerovleke, tako je z uporabo podatkov iz knjige letala in dokumentacije o polnjenju goriva mogoče oceniti srednjo porabo, ki znaša približno 50 l/h. Selektor (izbirnik) s štirimi položaji v kabini letala se uporablja za izbiro sredinskega rezervoarja ali enega od krilnih rezervoarjev (levo ali desno) in za prekinitev dovoda goriva v motor.



Slika 5: Izbirnik za gorivo v kabini letala D-EFTW



Slika 6: Položaji kazalnikov količine goriva v kabini letala D-EFTW (pri izklopnjenem glavnem stikalu)

Iz slike je razvidno, da kazalnik nivoja goriva v letalu D-EFTW za levi rezervoar, ob izklopljenem glavnem stikalu, ni v osnovnem položaju. Količino razpoložljivega goriva prikazujejo kazalniki na instrumentni plošči z oznakami, kot je navedeno na sliki št. 6. Zanesljivost teh merilnikov ni bila potrjena. Kazalec levega krilnega rezervoarja je brez električnega napajanja kazal za približno $\frac{1}{4}$ vrednosti večji položaj od kazalnika desnega rezervoarja.

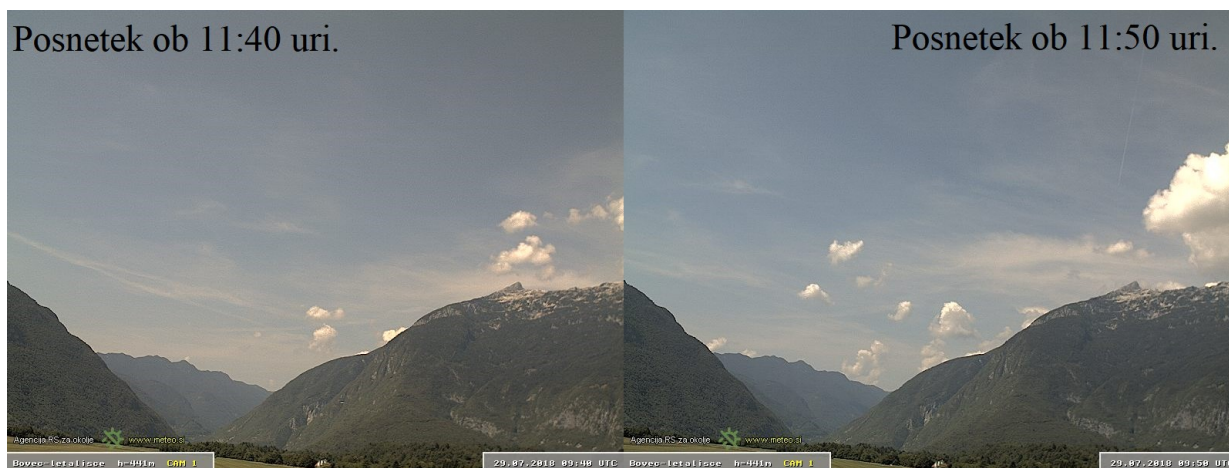
2.6 Meteorološki podatki

Vremenska analiza temelji na uradnih podatkih pristojne Agencije⁶ Republike Slovenije za okolje za dan 29. 7. 2018.

2.6.1 Vremenska slika

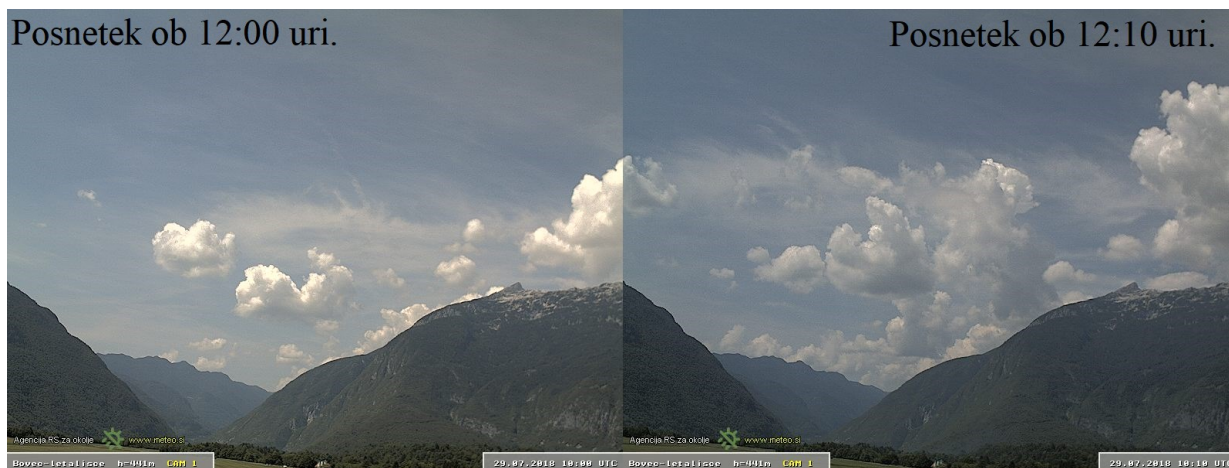
Nad jugozahodno in osrednjo Evropo je bilo šibko območje visokega zračnega tlaka. Od severovzhoda je pritekal k nam še nekoliko toplejši zrak.

Na lokaciji meteorološke postaje na Letališču Bovec je bila nameščena panoramska kamera. Kamera vsakih 10 minut naredi 360° posnetek okolice letališča. Na spodnjih fotografijah so posnetki narejeni v smeri vzleta proti naselju Žaga približno v času dogodka. Na fotografijah je prikazan lokalni čas.



Slika 7: Posnetki kamere z Letališča Bovec v smeri naselja Žaga

⁶ <https://www.arso.gov.si/>



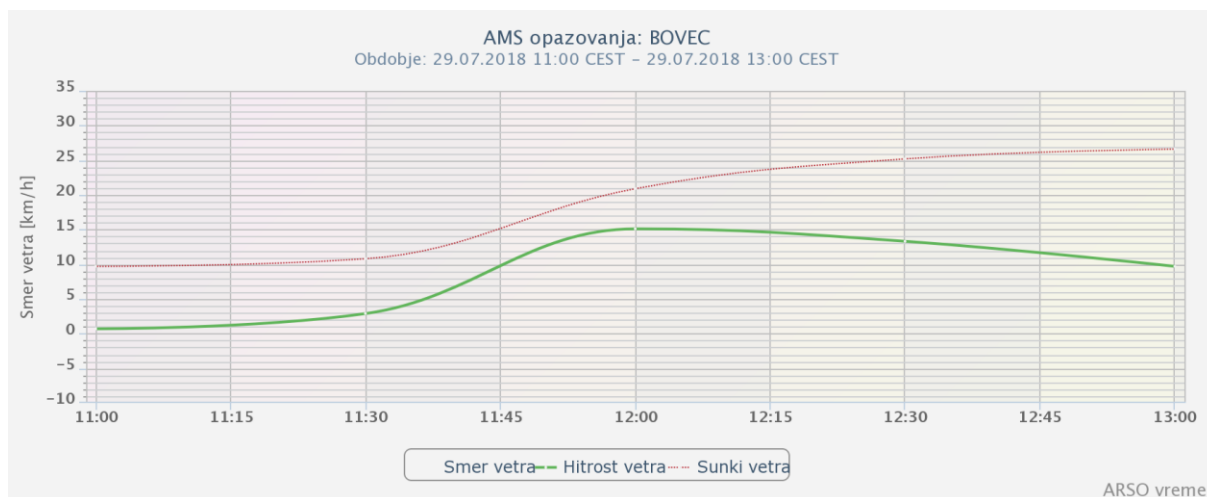
Slika 8: Posnetki kamere z Letališča Bovec v smeri naselja Žaga

2.6.2 Oblačnost

V času letalske nesreče so bili prisotni posamezni oblaki roda cumulus z bazo nad okoliškimi hribi, nekje na višini 2200 m.

2.6.3 Veter

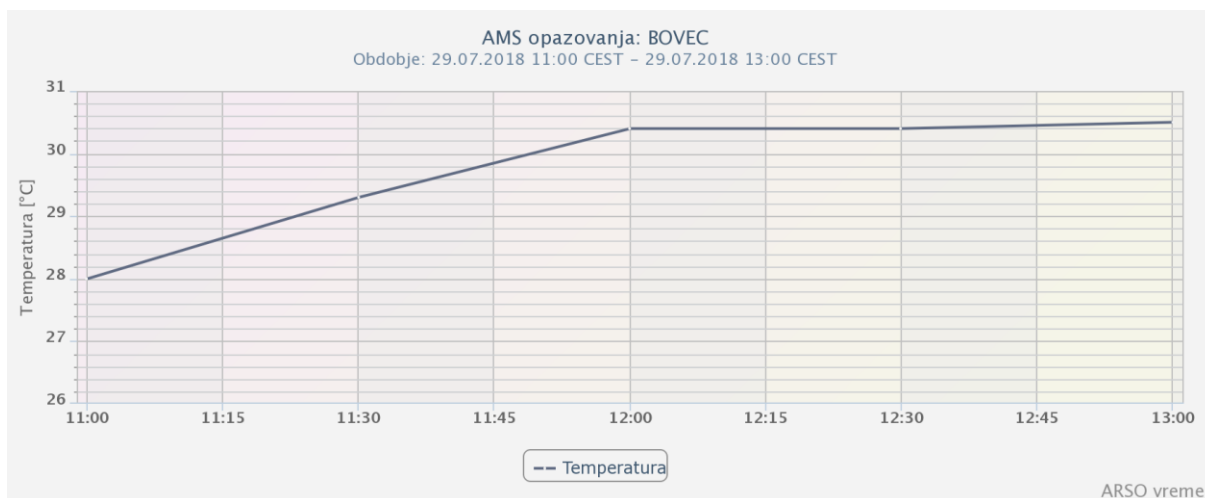
Pihal je veter jugozahodne smeri s hitrostjo med 15 km/h (8 vozlov) in 20 km/h (11 vozlov).



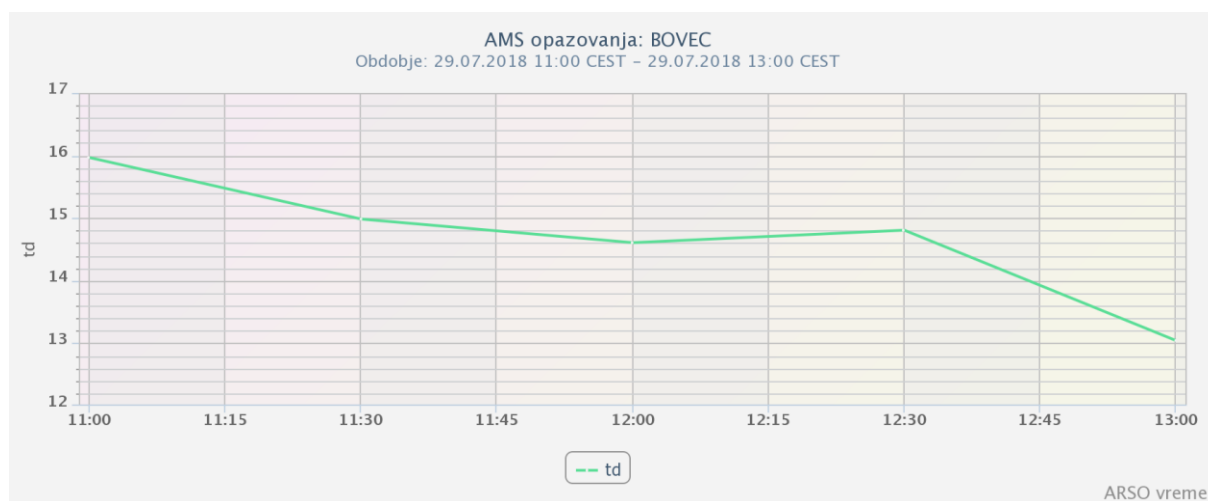
Slika 9: Meritve vetra na letališču na dan 29. 7. 2018

2.6.4 Temperatura zraka in temperatura rosišča

V času nesreče je bila temperatura zraka 30,4 °C, temperatura rosišča pa 14,6 °C.



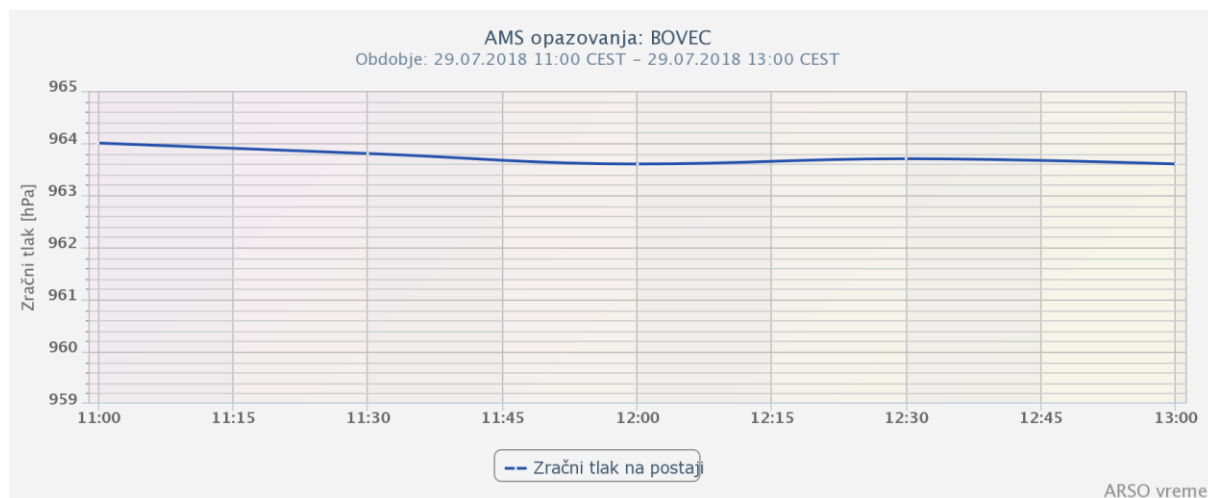
Slika 10: Temperatura zraka na letališču na dan 29. 7. 2018



Slika 11: Temperatura rosišča na letališču na dan 29. 7. 2018

2.6.5 Zračni tlak

Zračni tlak (nereduciran) na letališču je bil 963,6 milibara.



Slika 12: Zračni tlak na letališču na dan 29. 7. 2018

2.6.6 Povzetek vremenskih razmer

V času nesreče, na dan 29. 7. 2018, so na letališču prevladovali naslednji pogoji:

- veter iz smeri jugozahod (SW) in hitrostjo med 15 km/h (8 vozlov) in 20 km/h (11 vozlov),
- vidljivost med 20 in 30 km,
- nekaj oblakov roda cumulus z bazo na okoli 2200 m nad morjem (AMSL),
- temperatura zraka je bila 30,4 °C, temperatura rosišča pa 14,6 °C,
- zračni tlak na letališču je bil 963,6 milibara,
- **glede na razvoj oblačnosti sklepamo, da so bila prisotna zmerna termična dviganja,**
- nevarnosti turbulence, zaledenitev, neviht ni bilo.

2.7 Podatki o letališču LJBO

Letališče⁷ je v neposredni bližini mesta Bovec, na ravnini, ki jo na južni strani omejuje strmo pobočje, ki se spušča proti reki Soči, na severni strani ob celi dolžini vzletno pristajalne steze (VPS) pa gorati masiv Rombon (2208 m) in v nadaljevanju Kanin z nadmorsko višino 2585 m.

⁷ <https://www.bovec-airport.com/airport-data>

Na jugovzhodni strani v bližini letališča je pobočje Javoršček (1557 m) in na južni Polovnik (od 1471 – 1768 m).

2.7.1 Tehnični podatki o letališču v času dogodka:

- Lokalna radijska frekvenca: 123,500 MHz
- Koordinate: 46°19'43,60"N 13°32'55.60"E
- Travnata VPS: 25 – 07;
- Dimenzije: 850 m x 40 m
- Nadmorska višina: 431 m

2.8 Podatki o radijski zvezi

V Zborniku letalskih informacij (AIP: ang. Aeronautical Information Publication) je bilo določeno, da se za radijsko komunikacijo na letališču Bovec LJBO uporablja frekvenca 123,550 MHz. Prav tako je bila v priročniku letališča Bovec podrobneje določena radijska komunikacija na navedeni frekvenci pri prihodu in odhodu letal.

Pilot je pred letom preveril aktivnosti na radijski frekvenci letališča in imel vzpostavljeno radijsko zvezo z vodjo letenja in učencem v jadralnem letalu. Koordinacija in vodenje letal v coni letališča sta na dan dogodka bila zagotovljena s strani vodje letenja. Po pridobljenih izjavah pristojnih oseb letališča je pilot pred vzletom opravil preverjanje radio komunikacije (ang. Radio Check) z učencem, ki je pilotiral jadralno letalo. Po pričanju prič, od vzleta obeh letal do trenutka nesreče ni bilo oddanih sporočil na radijski frekvenci.

2.9 Podatki o registratorjih leta

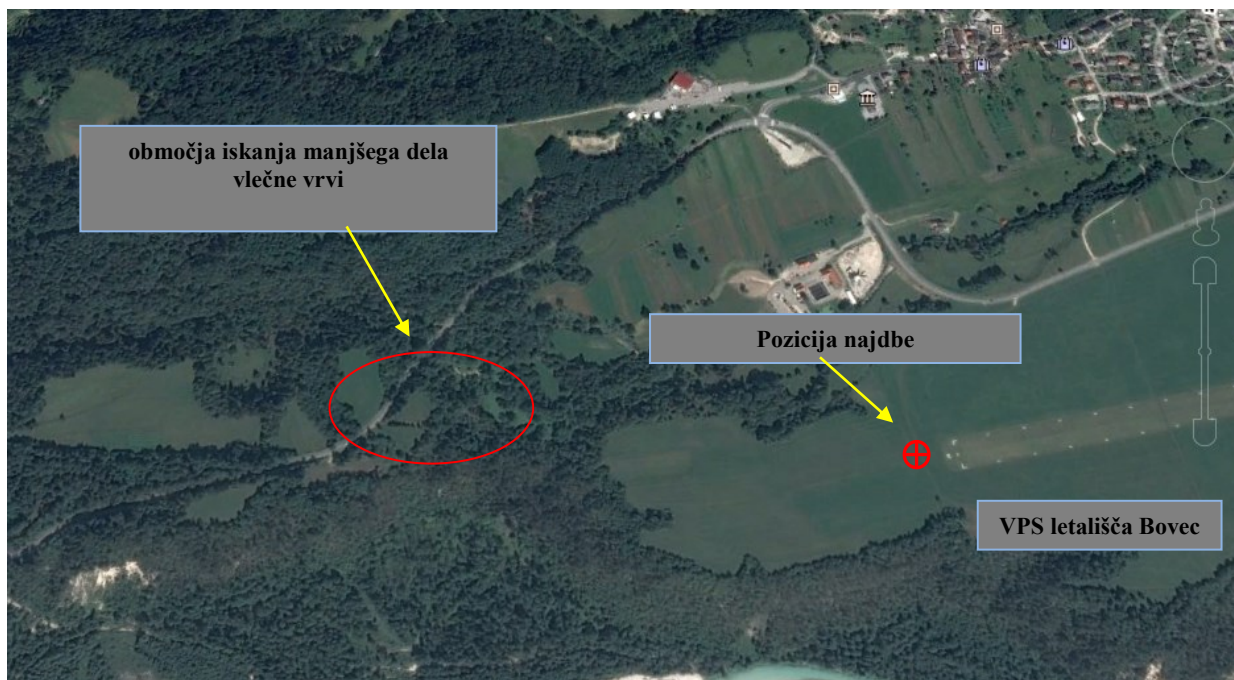
Letalski predpisi za to kategorijo zrakoplovov ne določajo registratorjev leta. Na letalu niso bile vgrajene tovrstne naprave.

2.10 Podatki z mesta nesreče

Preiskovalni organ je bil o nesreči obveščen takoj s strani vodje letenja na letališču. Nekaj minut po dogodku je bilo podano obvestilo o nesreči s strani OKC in pozneje s strani ReCO in KZPS. Policija je pred prihodom glavnega preiskovalca kraj nesreče ustrezno zavarovala. Ob prihodu glavnega preiskovalca so bili na kraju nesreče gasilci, policisti in predstavniki PU Nova Gorica. Ogled kraja nesreče je potekal vzporedno z ogledom policije. Preiskava na mestu dogodka je trajala dva dni.

Mesto padca je bilo ob neposredni bližini lokalne ceste, ki je zagotavljala gasilcem, policiji in reševalnim službam hitrejši dostop do kraja nesreče. Razbitina letala je bila koncentrirana v ozkem radiju od 5 do 7 m od točke trka. Na vejah dreves v bližini razbitine letala so bili najdeni sledovi, kar je kazalo na linijsko strmoglavljenje pod kotom približno 70° glede na konfiguracijo terena.

V liniji leta motornega letala je na horizontalni oddaljenosti približno 150 m od mesta nesreče, na vejah drevesa najdena vlečna vrv dolžine približno 40 m, ki jo je pilot motornega letala preko vlečno-odpenjalnega mehanizma odvrigel, preden je letalo strmoglavilo. Vlečna vrv je bila pretrgana na delu, ki je bližje varovalki, ki se pripne za jadralno letalo.



Slika 13: Območje iskanja manjšega dela vlečne vrvi in pozicija najdenega dela

Manjkajoči del vlečne vrvi, dolžine približno 2 m, je bil v začetni fazi preiskave iskan na širšem območju terena pred in v liniji strmoglavljenja. Teren je bil pregledan s strani gasilcev PGD Bovec in predstavnikov policije. Iskani del vlečne vrvi je bil najden mesec dni po nesreči ob pregledovanju manevrskih površin VPS, na travnati površini pred pragom 07 VPS. Komisija ocenjuje, da je preostanek vlečne vrvi, ki je bila pripeta na jadralno letalo najverjetneje odvrigel kandidat - učenec v fazi pred pristajanjem, ki se ocenjuje kot preventivni in varni postopek pred pristankom.

2.11 Medicinski in patološki podatki

Truplo ponesrečenega pilota je bilo po dokumentiranju z mesta dogodka preneseno na Inštitut za sodno medicino – ISM Ljubljana. Na podlagi poročila ISM Inštituta za sodno medicino ter pregleda dokumentacije oddelka za licenciranje na CAA ni bilo ugotovljenih dejavnikov bolezni ali zdravstvenih omejitev, ki bi vplivali na nesrečo. Izvidi toksikoloških preiskav so bili negativni.

2.12 Podatki o požaru

Letalo je bilo v požaru popolnoma uničeno. Kabina letala skupaj z instrumentalno ploščo je bila povsem zgorena. Ogenj je zajel in uničil skoraj vse lesene dele konstrukcije, krila, trup in rep letala. Na jeklenicah komandnih povezav so bile vidne deformacije izpostavljenosti visokim temperaturam. Priključni deli motorja so bili zaradi visoke temperature staljeni. Propeler, ki se je ob trku v teren ločil od pogonskega nosilca, je bil v neposredni bližini razbitine in izven območja požara. Izven območja požara sta najdena oba gorivna rezervoarja in posamezni leseni deli kril. Požar so neposredno po dogodku pogasili gasilci iz lokalnih gasilskih enot. Požara v naravi na kraju nesreče ni bilo.

2.13 Podatki o možnostih preživetja

Ob trku letala v teren možnosti preživetja pilota ni bilo. Odzivnost pristojnih služb je bila pravočasna. Na letalu je bila vgrajena ELT naprava, ki je bila v požaru uničena. Povratne informacije o sprožitvi signala za namen aktiviranja SAR ni bilo.

3 ANALIZA

3.1 Splošno

V uvodnem delu preiskave so bila opravljena poizvedovanja, pri čemer so ugotovljena sistemska odstopanja od predpisanih navodil. Pri večini izvajalcev aerovleke v RS, ta navodila niso bila upoštevana. Sistemska pomanjkljivost z bistveno povečano oceno tveganja se je nanašala na opustitev operativnih navodil za izvajanje aerovleke in prav tako obvezne uporabe vlečne vrvi in varovalk za vleko jadralnih letal, ki jih je leta 1994 podala tedanja RUZP (Republiška Uprava za zračno plovbo), in sicer v okviru »Tehnične zahteve – TZ« št. TZ 94-15 z dne 2. 11. 1994. Navodila določajo obvezno uporabo certificirane vlečne sklopke, primerne vlečne vrvi, varovalk in priključnih rink. Ugotovitve o sistemske neupoštevanju navodil letalskega nadzornega organa so bile podane pristojnemu letalskemu organu CAA.

V nadaljevanju preiskave so bili vzeti vzorci za analizo vlečne vrvi, analizo propelerja, in analizo eksploatacije goriva. Opravljen je bil pregled motorja in ostankov motorskih elementov, povezav in komand. Obseg preiskave je bil razširjen v delu poizvedovanja in analize pridobljenih informacij o teoretičnem in praktičnem šolanju kandidatov za pridobitev dovoljenja pilota jadralnega letala znotraj letalske šole Klub letalcev Jurika. Opravljena je bila rekonstrukcija leta s pomočjo brezpilotnih letal.

3.2 Analiza vlečne vrvi

Analiza približno 40 m vlečne vrvi je narejena pri certificiranem izvajalcu, v laboratoriju za polimere, oddelka za materiale ZAG⁸. Cilj analize se je nanašal na primerljivost med uporabljeno vlečno vrvjo in novo vlečno vrvjo glede mehanskih lastnosti in kemične sestave. Interna oznaka rabljene vrvi je D18-88-1, nove pa D18-88-2. Potek preiskave vlečne vrvi in rezultati analiz so podani v prilogi I tega poročila.

Primerjava natezne lastnosti uporabljene vlečne vrvi in nove vrvi je podana v preglednicah spodaj, kjer je podana natezna trdnost (trgalna trdnost).

Preglednica 2: Natezne lastnosti preskušancev 6 do 10 iz **rabljenе vrvi**.

Preskušavec (/)	Natezna trdnost (N)	Natezna trdnost (MPa)	Raztezek pri natezni trdnosti (%)
6	4652	59	10,6
7	5045	64	11,2
8	4851	62	11,2
9	4869	62	10,9
10	5205	66	12,1
povprečje	4924	63	11,2
st. odstopanje	210	3	0,6

Slika 14: Preglednica z rezultati analize rabljene vrvi

Preglednica 4: Natezne lastnosti preskušancev 16 in 17 iz **nove vrvi**.

Preskušavec (/)	Natezna trdnost (N)	Natezna trdnost (MPa)	Raztezek pri natezni trdnosti (%)
16	10415	133	12,8
17	10286	131	11,0
povprečje	10351	132	11,9
st. odstopanje	91	1	1,3

Slika 15: Preglednica z rezultati analize nove vrvi

Iz mehanske analize vlečne vrvi je razvidno, da je bila natezna trdnost⁹ **rabljenе vrvi** izražena v MPa (megapaskal), v povprečju manjša za ½ od vrednosti natezne trdnosti **nove vrvi**. Iz analize mehanske lastnosti vlečne vrvi, ki je bila v uporabi za vleko jadralnega letala, izhaja, da se je ta pred nesrečo pretrgala pri zatezni sili približno 490 kg. Pri tej zatezni sili se varovalka na vlečni vrv ni pretrgala.

⁸ <https://www.zag.si/o-nas/izkaznica/>

⁹ Natezna trdnost R_m (tudi trgalna trdnost) je karakteristična vrednost materiala za oceno obnašanja trdnosti. Natezna trdnost je največja mehanska natezna napetost, s katero je mogoče obremeniti vzorec.

»Tehnična zahteva – TZ« št. TZ 94-15 temelji na FAA predpisu FAR 91.309 glede obvezne uporabe certificirane vlečne sklopke, primerne vlečne vrvi, vlečnih varovalk in priključnih rink. Iz analize izhaja, da se je vlečna vrv pri vleki jadralnega letala Pilatus B4 pretrgala pri zatezni sili, pri kateri bi ob pravilni uporabi varovalne ploščice prej prišlo do pretrga le te, ki je temu namenjena in ne vlečne vrvi. Identifikacija tipa varovalne ploščice, ki je bila v uporabi, ni bila možna zaradi neprimerne daljše uporabe in časovne izpostavljenosti zunanjim spremembam.

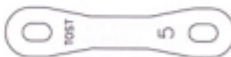
Glede na največjo dovoljeno vzletno maso jadralnega letala Pilatus B4 bi bila pri izbiri varovalke primerna varovalka bele barve, ki ima silo pretrga 500 ± 50 daN, kot je označeno na sliki št. 16 proizvajalca certificirane opreme TOST¹⁰, izdelana v skladu s proizvodnimi metodami, ki jih je odobrila EASA.

¹⁰ <https://www.tost.de/category/towing-launching-equipment/?lang=en>



Št.	Barva	Sila pretrga daN	Enojna povezava Okrogla luknja Koda proizvajalca	Dvojna rezervna povezava Ovalna luknja Koda proizvajalca
1	črna	1000±100	110101	110121
2	rjava	850±85	110102	110122
3	rdeča	750±75	110103	110123
4	plava	600±60	110104	110124
5	bela	500±50	110105	110125
6	rumena	400±40	110106	110126
7	zelena	300±30	110107	110127





Možnosti

Brez ohišja




z ohišjem




Polipropilenska vrv

Varovalka se izbira tako, da je sila pretrga varovalke med 80 % in 200 % vzletne mase vlečenega jadralnega letala (MTOM) ali mase (MTOM) UL vlečnega letala (izberemo manj).



Št. 5, bela se uporablja za cirrus st. blanke, LS4, club libelle, DG 100, DG 300, discus brez vode, idr.

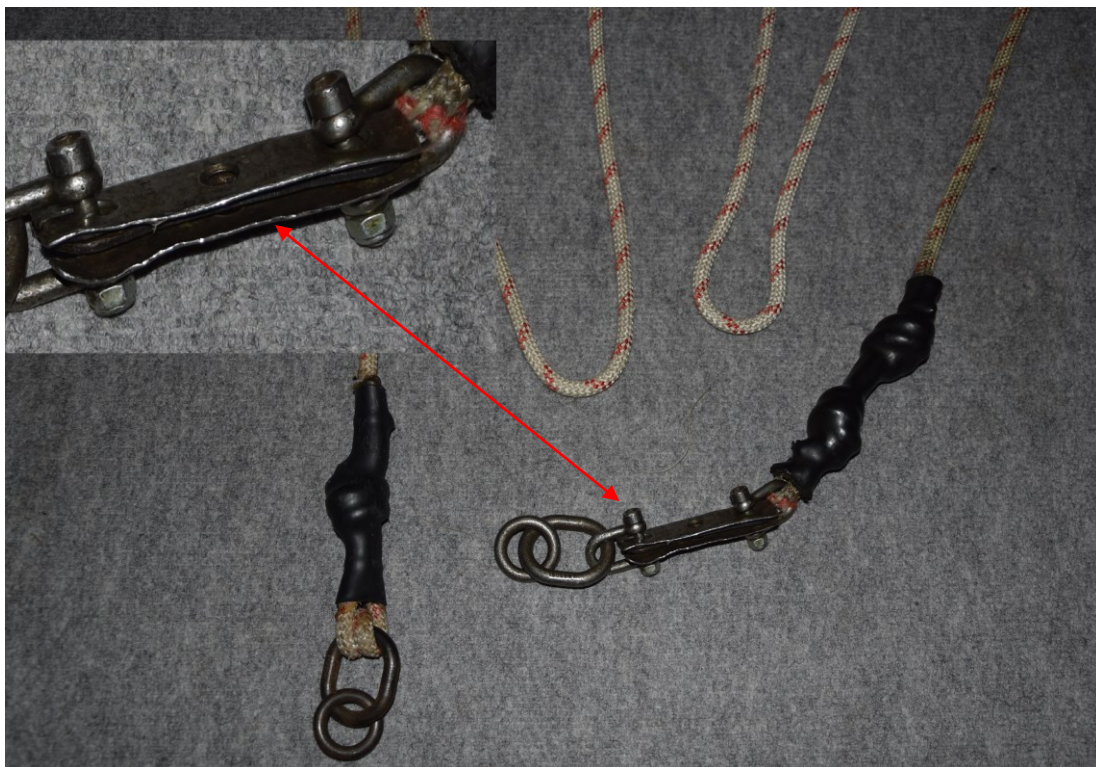
Št. 3, rdeča se uporablja za nimbus 3, duo discus, discus z vodo, idr.

Slika 16: Prikaz varovalk proizvajalca opreme za vleko jadralnih letal

Iz kemične analize vlečne vrvi je ugotovljeno, da je kemijska sestava vzorcev zelo podobna. Ocenjena je razlika med ovojem in jedrom rabljene vrvi, na osnovi česar je ugotovljeno, da je ovoj rabljene vrvi tekom zunanje uporabe merljivo degradiral. Razlike v kemijski sestavi med jedrom rabljene vrvi in obema vzorcema nove vrvi pa so zanemarljive. Na osnovi IR spektrometrije je ugotovljeno, da je kemijska sestava rabljene in nove vrvi enaka ob pridržku, da vrvi ne vsebujeta material iz alifatskih ogljikovodikov.



Slika 17: Vizualni pregled uporabljene vlečne vrvi



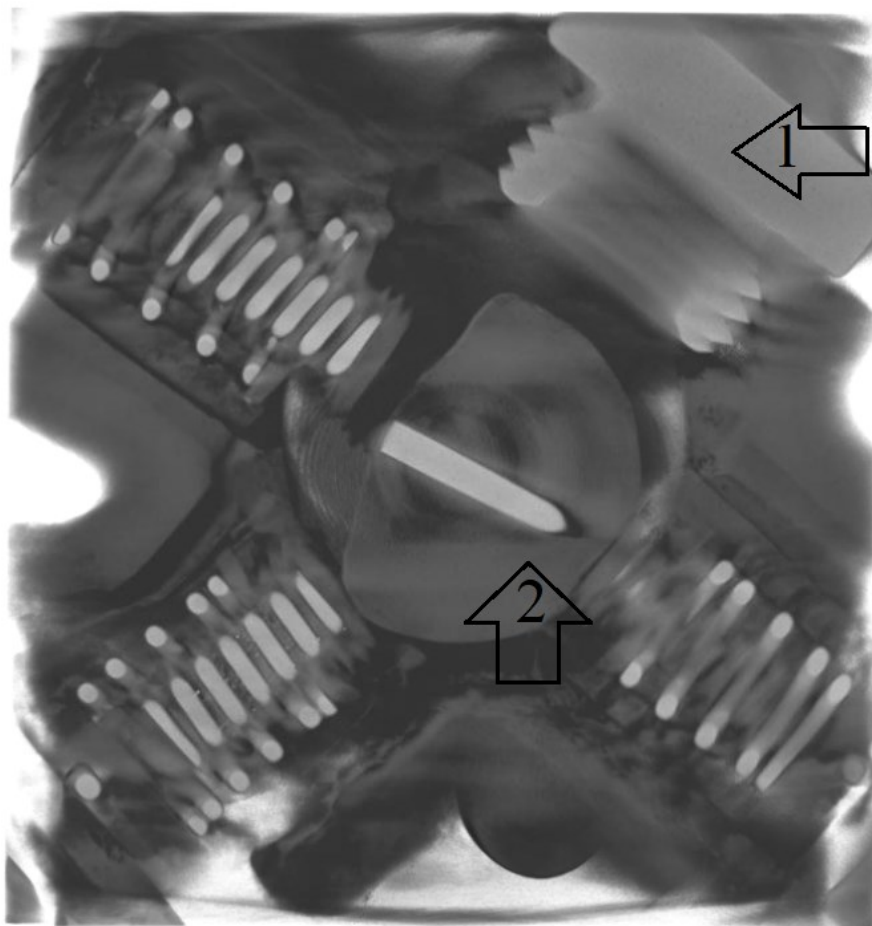
Slika 18: Vizualni pregled varovalne ploščice in priključnih ringov

3.3 Analiza položaja ventila za gorivo (fuel selector)

V preiskavi na mestu dogodka je najden gorivni ventil, ki je bil predmet preiskave v delu, ki se nanaša na eksploatacijo goriva v času pred nesrečo D-EFTW. Cilj pregleda v laboratoriju za kovine, korozijo in protikorozijsko zaščito - ZAG je bilo ugotavljanje lege mehanizma v ventilu, ki omogoča izbiro pretoka goriva iz treh rezervoarjev proti motorju. Po vizualnem pregledu ventila je bilo ugotovljeno, da je ventil, ki je izdelan iz več sestavnih delov iz aluminijevih zlitin in jekla, v celoti močno termično poškodovan. Deli so se zaradi prisotnosti povišanih temperatur delno stalili in deformirali. V primeru mehanskega razstavljanja ventila bi se verjetno nekateri deli zdrobili, zato je bilo narejeno 3D snemanje na mikrotomografu. Po skeniranju na mikrotomografu in pregledu prerezov močno poškodovanega ventila je bilo ugotovljeno, da je bil odmikač obrnjen je v smeri ventila desnega rezervoarja. Odmikač je na os ročice za izbiro pozicije pritrjen z jeklenim zatičem.



Slika 19: Vizualni pregled gorivnega ventila



Slika 20: Skeniran prerez na mikrotomografu¹¹

3.4 Analiza uporabe goriva

V preiskavi so bili opravljeni pogovori s predstavniki aerokluba in posebej s piloti, ki so za namen izvajanje aerovleke leteli z D-EFTW, pri čemer je bilo ugotovljeno, da so znotraj aerokluba obstajala splošna navodila za izvajanja aerovleke in eksploatacije z gorivom. Po pričanju prič, naj bi bila navodila ustno izrečena in naj bi jih podal takratni predstavnik aerokluba, ki je občasno letel z letalom D-EFTW.

Od začetka uporabe letala v letu 2017 so piloti upravljali praznjenje goriva iz gorivnih rezervoarjev tako, da so selektor gorivnega ventila postavljali v srednji položaj, s katerim so določili uporabo goriva iz glavnega 110 litrskega rezervoarja. V enem od krilnih rezervoarjev naj bi za rezervo zagotavljali približno po 25 litrov goriva. Vse tri rezervoarje se je polnilo

¹¹ (1) - Prerez blizu sredine ohišja ventila. Priključek v smeri proti motorju je zgoraj na desni strani. Na tem priključku ni vzmeti, ker nima zapornega ventila. (2) - Prerez blizu sredine ohišja ventila. Odmikač je obrnjen proti ventilu desnega rezervoarja

izjemoma, ob načrtovanih daljših letih. Po pričanju prič je bilo v začetku letalske sezone nekje v začetku aprila 2018, s strani odgovorne osebe aerokluba podano navodilo, da se režim uporabe gorivnih rezervarjev spreminja in sicer tako, da se letenje izvaja z uporabo krilnih rezervarjev (2 x 40 l). V pogovoru je eden od pilotov izjavil:

Dejansko se je polnjenje goriva izvajalo tako, da se je tankalo samo ta dva (krilna rezervoarja). Posebne obrazložitve in namen tega navodila ni bilo. Ta režim tankanja je obveljal.

3.4.1 Ugotovitve o delovanju gorivnega sistema na letalu D-EFTW

V preiskavi so bile zbrane informacije o delovanju gorivnega sistema, ki so jih glavnemu preiskovalcu posredovali piloti, ki so v praksi izvajali letalske operacije na letalu D-EFTW.

Glavni 110 litrski rezervoar:

- Kazalnik nivoja goriva je deloval dokaj natančno. Prikazoval je cca 5 litrov manj od dejanske količine goriva.
- opozorilna lučka za nizek nivo goriva je delovala in se je prižigala, ko je količina goriva padla pod cca 35 l.

40 Litrski rezervoar, desno krilo:

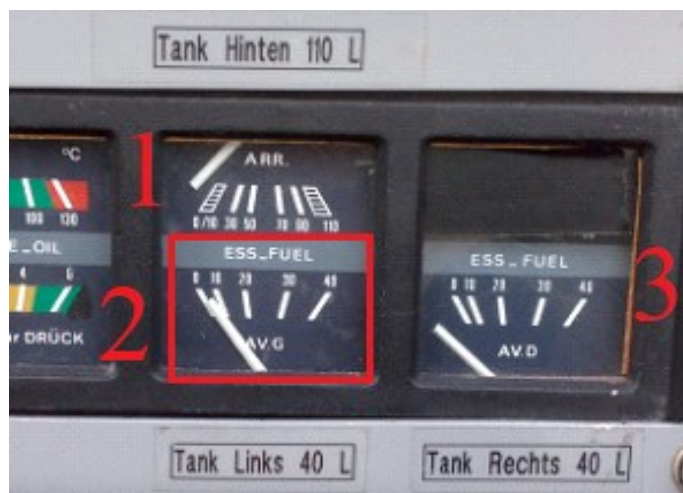
- Kazalnik nivoja goriva je deloval nenatančno. Prikazoval je cca 10 litrov več od dejanskega stanja. Občutljiv na položaj letala.
- opozorilna lučka za nizek nivo goriva ni delovala.

40 Litrski rezervoar, levo krilo:

- Kazalnik nivoja goriva je deloval nenatančno (slika št. 21). Prikazoval je 10-20 litrov več od dejanskega stanja, odvisno od položaja letala.
- opozorilna lučka za nizek nivo goriva ni delovala.

3.4.2 Ostale ugotovitve iz podanih izjav s strani pilotov

»V primeru, ko je količina goriva v kateremkoli rezervoarju padla pod cca 1/3 nazivne prostornine, se je začela prižigati in utripati opozorilna lučka za nizek pritisk goriva v uplinjaču. Situacijo je bilo možno nadzorovati z vklopom EEP (električne črpalke) in lučka je ugasnila. Ta postopek se je izvajal najkasneje nekaj sekund po prižigu opozorilne lučke in pri tem ni bilo zaznati motenj v delovanju motorja. Sledil je preklop na bolj poln rezervoar oziroma tankanje goriva po končanem letu«.



Slika 21: Kazalniki nivoja goriva v letalu D-EFTW. Kazalnik za levi rezervoar, ob izklopljenem glavnem stikalu, ni v osnovnem položaju v primerjavi s kazalniki goriva glavnega in desnega rezervoarja¹²

3.4.3 Uporaba dodatne električne črpalke za gorivo (Emergency Electric Pump)

Dodatna električna črpalka za gorivo (v nadaljevanju EEP) se je uporabljala v skladu s tovarniškim priročnikom pri zagonu motorja in v določenih fazah leta:

Vzlet - Vzletanje se je izvajalo z vključeno EEP. Izključevanje je sledilo cca. 1 minuto po vzletu nekje na višini 100 do 150 m.

Pristanek - EEP se je vključevalo na poziciji "z vetrom" in izključevalo po pristanku, pred zaustavitvijo motorja.

¹² (1) – Kazalec goriva v glavnem rezervoarju, (2) – kazalec goriva v levem rezervoarju, (3) – kazalec goriva v desnem rezervoarju.

Preklapljanje rezervoarja med letom - EEP vključena, prekllop selektorja goriva, po cca. 30 sekundah EEP izključena.

Izguba moči motorja med letom - EEP se vključi kot del izrednega postopka v primeru izgube moči motorja.

3.4.4 Analiza količine goriva v rezervoarjih v času pred dogodkom

Po analizi podatkov o polnjenju goriva in podatkov o izvršenih letih na letalu D-EFTW je ugotovljeno, da je v glavnemu rezervoarju (kapacitete 110 litrov) bilo približno 40 l goriva. Lučka za nizek nivo goriva NI svetila saj se je prižigala pri cca. 35 l preostalega goriva. Kazalnik je kazal vrednost 40 l. Gorivo iz glavnega rezervoarja se ni uporabljalo. V požaru po strmoglavljenju je rezervoar popolnoma zgorel.

Desni krilni rezervoar (40 litrov)

Rezervoar je bil najden v krogu razbitine letala s površinskimi poškodbami tako, da je ob izpraznjenju bilo ugotovljeno, da je bilo v njem še 24 l goriva (slika 2).

Levi krilni rezervoar (40 litrov)

Rezervoar je bil najden v krogu razbitine letala, poškodovan (predrt) ob udarcu, lažje poškodovan v požaru, prazen (slika 2).

Po pregledu dokumentacije o eksploataciji z gorivom je bilo ugotovljeno, da sta krilna rezervoarja bila napolnjena dne 28. 7. 2018 (dan pred nesrečo) do polne kapacitete 80 litrov (2 X 40). Letenje se je izvajalo izključno z uporabo goriva iz krilnih rezervoarjev. Letalo je od zadnjega polnjenja do nesreče opravilo skupaj 9 letov v aerovleki, v skupnem času 1 ura 4 min. Upoštevati je potrebno še gorivo porabljeno za delo na zemlji (ogrevanje in preizkus motorja, vožnja po manevrski površini letališča, zategovanje vrvi pred vzletom). Ocenjen čas dela na zemlji je skupaj znašal 10-12 min, pri čemer je bilo porabljeno 2 l goriva.

Če upoštevamo da je poraba goriva za aerovleko znašala 50 l/h. vključno s spuščanjem in pristajanjem, izhaja, da je pred samim strmoglavljenjem količina goriva v levem rezervorju bila 1 liter, če uporabimo metodo izračuna upoštevajoč podatek o porabi goriva za tip motorja (Lycoming-O-360, pri obratih 2600 RPM), ki znaša 15 US gal/h.

$50 \text{ l} / 60 \text{ min} = 0,83 \text{ l/min} \times 64 \text{ min} = 53 \text{ l}$

- 80 l (polni rezervarji)
- 24 l (preostanek goriva v desnem rezervarju)
- 53 l (gorivo porabljeno med letom)
- 2 l (gorivo porabljeno na zemlji)

1 liter (količina goriva v levem rezervoarju ob strmoglavljenju)

Upoštevan je samo čas, ko motor deluje na polni moči (čas aerovleke do odklopa). Ocenjeno je, da je ta čas, znašal skupaj 50 min, pri tem je ostalih 14 min vključevalo spuščanje in pristanek na majhni moči (20 % moči).

$15 \text{ US gal/h} = 57 \text{ l/h}$

$4,5 \text{ US gal/h} = 17 \text{ l/h}$

$57 \text{ l} / 60 \text{ min} = 0,95 \text{ l/min} \times 50 \text{ min} = 47,5 \text{ l (polna moč)}$

$17 \text{ l} / 60 \text{ min} = 0,25 \text{ l/min} \times 14 \text{ min} = 4 \text{ l (20\% moči)}$

- 80 l (polni rezervoarji)
- 24 l (preostanek goriva v desnem rezervoarju)
- 47,5 l (gorivo porabljeno med letom, 100% moč)
- 4 l (gorivo porabljeno med letom, 20% moč)
- 2 l (gorivo porabljeno na zemlji)

2,5 litra (količina goriva v levem rezervoarju ob strmoglavljenju)

Pri obeh izračunih dobimo podoben rezultat o količini goriva v levem rezervoarju. Lahko torej trdimo, da je bilo v levem rezervoarju pred nesrečo 1 – 2,5 litra goriva.

3.5 Analiza poškodb propelerja

Na letalu je bil vgrajen propeler ameriškega proizvajalca Sensenich. Oznaka modela: 76 EM 8 S5 – 0 – 54 (premer 76", hod propelerja 54"). Na spodnji sliki je nalepka s podatki o propelerju po odstranjevanju dela zdrobljenega spinnerja. Zadnji pregled propelerja je bil opravljen pri nemškem proizvajalcu propelerjev Hoffman Propeller, 6. februarja 2018.



Slika 22: Nalepka s podatki propelerja



Slika 23: Pogled na propeler iz sprednje strani.

Na sliki št. 23 je pogled na propeler iz sprednje strani. Smer vrtenja je označena s puščico. Deformirani krak se ob udarcu ni deformiral v nasprotni smeri vrtenja, deformiral se je predvsem v smeri, kjer je konstrukcijska upogibna trdnost kraka kot telesa najmanjša – v smeri proti repu letala. Smer poteka površinskih poškodb na sprednji strani propelerja na upognjenem kraku je posledica kombinacije gibanja letala v smeri naprej in vrtenja propelerja tik pred trkom. Propeler se je ob trku verjetno v manj kot polovici obrata ustavil. Poškodbe na nasprotnem kraku so površinske in so nastale pri gibanju kraka v smeri padca. Teh poškodb, izhajajoč iz poročila o analizi poškodb propelerja s strani ZAG, ne moremo povezati z vrtenjem propelerja.



Slika 24: Pogled na propeler iz strani.

Pri padcu letala se je močno upognil en krak propelerja. Kot upogiba od vzdolžne osi propelerja v smeri proti repu letala je okoli 50° (kot med črtama na sliki 24). Na drugem kraku so nastale le odrgnine in praske, deformacij pa ni vidnih.



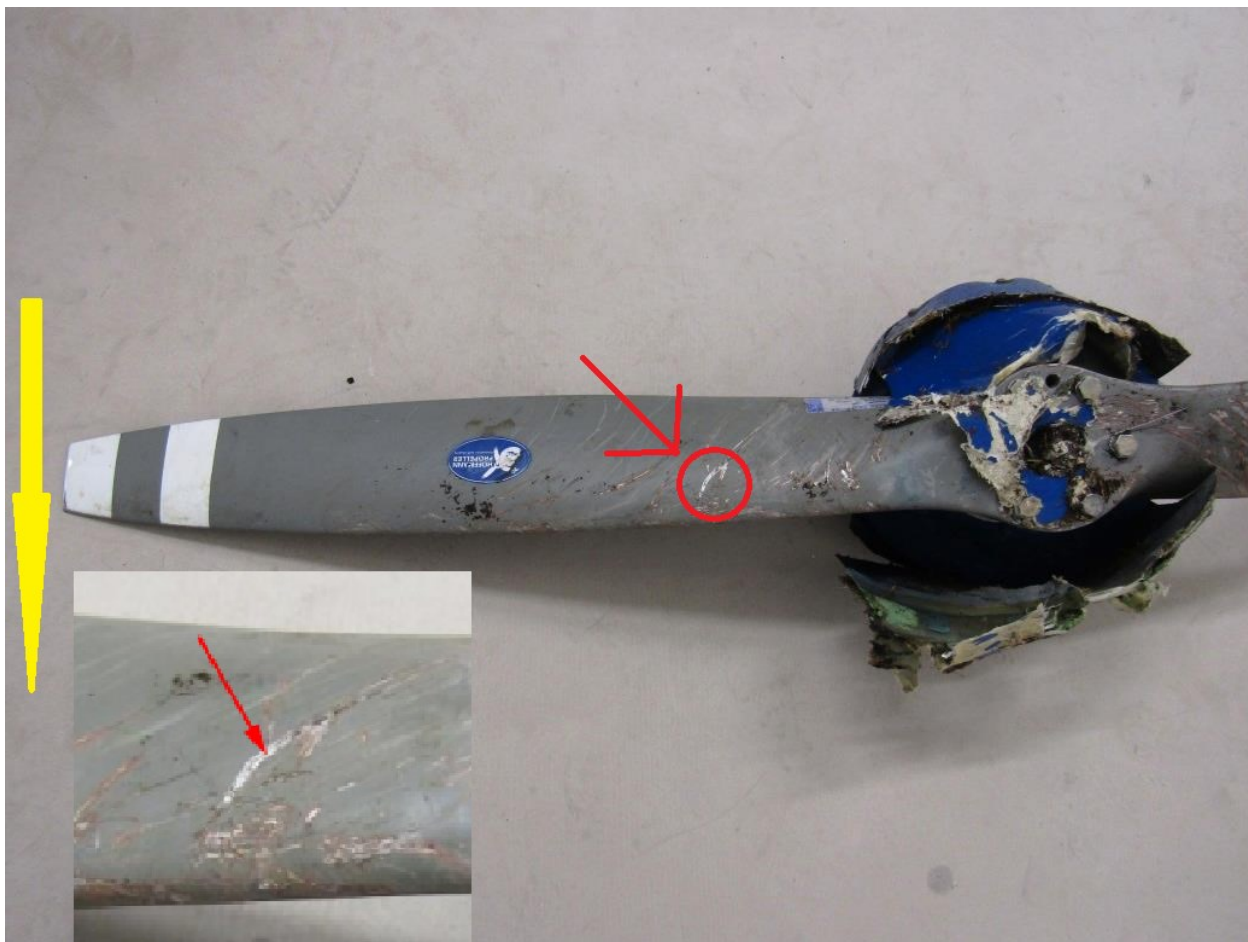
Slika 25: Upognjeni krak propelerja – sprednja stran.

Večje poškodbe – odrgnine na upognjenem kraku so nastale predvsem v območju med pestom in dolžino okoli 700 mm od sredine propelerja. Lega vseh poškodb v tem področju je poševna glede na vzdolžno os kraka. Smer poteka poškodb na sprednji strani propelerja na upognjenem kraku je posledica kombinacije gibanja letala v smeri naprej in vrtenja propelerja. Smer vrtenja je označena s puščico.



Slika 26: Upognjeni krak propelerja – sprednja stran

Iz slike zgoraj je razvidno območje največjih poškodb površine na upognjenem kraku. Na mestu trka so bili v zemlji verjetno prisotni večji kosi kamenja, ki so povzročili večje poškodbe. Poškodbe so nastale v obliki močnih odrgnin in prask. Večje poškodbe v območju med 10 in 40 cm od pesta. Kljub veliki deformaciji na upognjenem kraku nismo nikjer našli razpok. Na močno poškodovanih mestih se je površina materiala propelerja deformirala – pregnetla.



Slika 27: Krak propelerja, ki se ni upognil – sprednja stran

Na tem kraku je bistveno manj poškodb, kot na nasprotno ležečem. Smer vrtenja propelerja je označena z rumeno puščico. Lege poškodb na tem kraku ne moremo povezati z vrtenjem propelerja. Globlja odrgnina, označena z rdečo puščico, je verjetno nastala ob udarcu ali zdrsu ob ostrem robu kamna. Prav tako so nastale ostale praske v podobni smeri.



Slika 28: zadnja stran manj poškodovan krak propelerja

Zadnja stran kraka propelerja, ki se ni upognil, je prikazana na sliki št. 28. Smer vrtenja propelerja je označena z rumeno puščico. Vizualni pregled zadnje strani tega kraka kaže na nekaj manjših površinskih prask.

Pri trku se je porušila tudi jeklena prirobnica, s katero je propeler privit na pogonsko gred motorja. Porušila se je na najmanjšem nosilnem prerezu. Lomna ploskev prirobnice ima predvsem značilnosti trenutnega upogibnega preloma. Upogibne obremenitve na prirobnici so v trenutku trka nastale, ker je večina energije pri padcu letala delovala na pesto in 2/3 dolžine močno upognjenega kraka. Na strani upognjenega kraka propelerja ima prelom značilnosti, ki nastanejo pri tlačnih - upogibnih obremenitvah, na nasprotni strani pa pri nateznih obremenitvah. Na lomni ploskvi ni značilnosti torzijskega preloma. Glede na fraktografske značilnosti preloma lahko sklepamo, da so med porušitvijo (med trkom letala) prevladovala tlačne in upogibne obremenitve (glede na os motorja). **V kolikor bi bil propeler gnan z večjo močjo, bi verjetno v trenutku trka prevladovala torzijske obremenitve, narava lomnih ploskev pa bi bila značilna za torzijski prelom (prelom strižne narave – potekajoč krožno po obodu).**

3.6 Analiza usposabljanja učencev v letalski šoli Jurika

Komisija je v uvodnem delu preiskave od predstavnika letalske šole pridobila pomanjkljive informacije o poteku usposabljanja kandidatov za pridobitev dovoljenja pilota jadralnega letala. Dokumentacija o teoretičnem in praktičnem usposabljanju kandidatov ni bila takoj dostopna in ni vsebovala vseh potrebnih informacij o poteku šolanja. Ugotovitve v uvodnem delu preiskave so bile posredovane CAA – pristojnemu letalskemu nadzornemu organu. CAA je po opravljenem nadzoru organizacije za usposabljanje (ATO) – letalske šole Klub letalcev Jurika, glavnemu preiskovalcu posredovala ugotovitve in obvestilo, da je letalski šoli bila izdana odločba s preklicem certifikata organizacije za usposabljanje. Z odločbo CAA je letalska šola prenehala delovati. Med inšpekcijskim nadzorom je bilo ugotovljeno, da:

- Letalska šola ni razpolagala s primernimi prostori za poučevanje in pripravo na let, kot je bilo to opredeljeno v operativnih dokumentih organizacije;
- šola ni zagotavljala vodenja zapisov, v skladu z letalskimi predpisi (ORA.ATO.120);
- Ni bilo zagotovljenih ustreznih dokazil o poteku teoretičnega in praktičnega usposabljanja po posameznem kandidatu;
- Praktična usposabljanja so potekala v istih dneh, kot teoretična, kar je bilo v nasprotju z odobrenim priročnikom o omejitvi časa usposabljanja na dan oz. na teden;
- Časi izvedbe predavanj niso ustrezali odobritvi v priročniku o delovanju šole. Primer: Dne 1. 7. 2018 je bilo izvedenih 9 ur predavanj in izpit; dne 2. 7. 2018 – 11 ur in izpit ter dne 9. 7. 2018 – 16 ur predavanj (od maksimalno osmih ur dnevno). Na isti dan, dne 9. 7. 2018 so isti kandidati, vključeni na teoretično usposabljanje, opravili skupno tudi 30 startov (pet kandidatov, od tega vsak po 6 startov), kar je bilo v nasprotju z določilom operativnega priročnika letalske šole.

Kandidati so v štirinajstih dneh opravili celotno teorijo, kar po omejitvah časa usposabljanja dnevno, ob upoštevanju dejstva, da je v istem časovnem obdobju potekalo tudi praktično usposabljanje, pomeni preseganje omejitev, določenih v operativnem priročniku letalske šole.

V ustnih obravnavah je inšpekcijski organ ugotovil, da je bil z odgovorno osebo za vodenje skladnosti dogovor podpisan le začasno – ne z namenom stalnega vzdrževanja skladnosti, pač pa primarno zadostitvi pogojev za odprtje letalske šole v letu 2017. V navzkrižnih preverjanjih je bilo ugotovljeno, da nekatera teoretična predavanja niso bila izvedena ter da se je

dokumentacija v obliki dokazil o izvedbi pisala naknadno za nazaj, kar je prispevalo k netočnosti pri navajanju podatkov o izvedbi. V pogovoru z odgovornim osebjem so se potrdila tudi dejstva, da je odgovorni poslovodni delavec (AM) varčeval pri izvajanju vleke (letenje na nižji višini kot to zahteva optimalna izvedba določene letalske vaje).

Prav tako je bilo ugotovljeno nerealno navajanje odgovornega poslovodnega delavca vodji skladnosti. Novi vodja skladnosti je v večmesečnem nadzoru s strani nadzornega organa opravil vse korake CMSM sistema (sistema za vzdrževanje skladnosti in letalske varnosti, angl. »Compliance Monitoring and Safety Management«) za ugotovitev realnega stanja in povrnitev skladnosti, vendar so se zaradi navzkrižja informacij predlogi korektivnih ukrepov oblikovali toliko časa, da je vodji sistema skladnosti zmanjkalo časa za uskladitev načrta ter izvedbo vseh korektivnih ukrepov pri odpravi ugotovljenih neskladij.

Ugotovljena neskladja v začetnem delu nadzora s strani CAA so predstavljala večja odstopanja od zahtev dela FCL in so bistveno vplivala na letalsko varnost pri usposabljanju. Zato je letalska šola morala za odpravo neskladja dokazati učinkovitost delovanja sistema za notranjo presojo skladnosti in vzpostaviti nadzor nad delovanjem osebja, seznanjenostjo s postopki šole ter standardizacijo inštruktorjev, pred ponovno vrnitvijo certifikata organizaciji.

CAA je v inšpekcijskem nadzoru letalski šoli izrekla neskladje prve stopnje¹³ zaradi večjega neskladja pri delovanju organizacije, njenih postopkih in pogojih odobritve, ker je ocenila, da ugotovljena neskladja zmanjšujejo varnost in ogrožajo varnost letenja. Neskladje prve stopnje izhaja iz serije neskladij in ugotovljenega stanja, da organizacija ni usposabljala v skladu s potrjenim priročnikom glede omejitev dnevnega in tedenskega usposabljanja, v kombinaciji z nerednim vpisovanjem evidenc o usposabljanju (teoretičnem in praktičnem), vpisovanjem podatkov za nazaj, da je ob tem odgovorno osebje podpisovalo potrdila o usposobljenosti brez popravljenih teoretičnih izpitov in ni poskrbelo za nadzor nad skladnostjo usposabljanja z določili dela FCL Uredbe (EU) 1178/2011. Ob tem odgovorno osebje ni poskrbelo za vodenje letalske varnosti in sistema skladnosti, saj ni organiziralo nobene dejavnosti, predvidene v CMSM priročniku, ki ga je organizacija predložila Agenciji v postopku certifikacije, da bi neskladja bila notranje odpravljena, pri čemer bi organizacija dokazala delovanje takšnega

¹³ V skladu z ARA.GEN.350(b)

sistema, kot ga je opisala v priročniku za obvladovanje presoje skladnosti, notranjih neskladij in obvladovanja tveganj. Ugotovljeno je, da je organizacija delovala v nasprotju z določili:

- ORA.GEN.200(a)(1), ORA.GEN.200(a)(3), ORA.GEN.200(a)(6) – neobvladovanje sistema skladnosti in letalske varnosti, organizacija aktivnosti, predvidenih v odobrenem priročniku za sistem notranjih presoje skladnosti; ORA.GEN.130 – pomanjkanje poročanja o spremembah zaradi prostorov; ORA.ATO.120 – hranjenje dokumentacije v neustreznih prostorih; ORA.GEN.155 – odzivanje na varnostne dogodke v povezavi z registrom tveganj; ORA.GEN.215 – vzdrževanje primernosti prostorov.

V skladu z ARA.GEN.350(d)(1) je zato Agencija predhodno, v odločbi št. 06004-58/2018/5, z dne 4. 1. 2019, izdala ukrep s prepovedjo usposabljanja in začasnim odvzemom certifikata, dokler letalska šola ne bo dokazala zadovoljive odprave ugotovljenih neskladij. V nadaljevanju je CAA po uradni dolžnosti, v zadevi izvajanja stalnega nadzora nad skladnostjo organizacije za usposabljanje (ATO) Kluba letalcev Jurika izdala odločbo, s katero je letalska šola (ATO), št.: SI.ATO.035, prenehala delovati.

Komisija ocenjuje, da je bilo praktično usposabljanje, ki se je izvajalo na dan dogodka pod nadzorom odgovorne osebe letalske šole, po metodiki usposabljanja neprimerno. Učenec je takoj za tem, ko je opravil kontrolni let skupaj z inštruktorjem, uspešno opravil svoj prvi samostojni let (laširanje) na letalu Blanik L13. Po pristajanju je v zelo kratkem časovnem intervalu dobil nalogo za samostojno letenje na letalu Pilatus B4, ne da bi se učencu med končanim prvim samostojnim letom in načrtovanim praktičnim prešolanjem na drug tip letala zagotovil čas za primerno psihološko in zemeljsko pripravo za samostojni let na drugem tipu jadralnega letala.

Na dan nesreče je učenec, ki je bil udeležen v dogodku, najprej opravil praktični preizkus za samostojno letenje z inštruktorjem na dvosedežnem letalu Blanik L13. Let je bil izveden ob 11.30 uri in trajal 7 min. Takoj za tem je učenec ob 11.43 uri ponovno poletel z letalom Blanik L13 tokrat samostojno do višine 400 m nad terenom in uspešno pristal ob 11.50 uri. Za tem je učenec po navodilu inštruktorja neposredno po pristanku z letalom Blanik L13 sedel v kabino letala Pilatus B4 in ob 12.00 uri poletel v smeri 25 VPS. Po vzletu je prišlo do trganja vlečne vrvi in strmoglavljenja vlečnega letala. Jadralno letalo je ob trganju vlečne vrvi imelo zadostno progresivno hitrost tako, da je učenec z manevrom levega zavoja uspešno pristal v nasprotno

smer od smeri vzleta. Kakršne koli komunikacije inštruktorja v izrednem dogodku v smislu pomoči in podpore učencu po radijski postaji ni bilo.

Po mnenju komisije je v procesu usposabljanja učencev letalske šole na dan dogodka obstajal vpliv zunanjih faktorjev, kot so izvajanje padalskih skokov v coni letališča in preleti drugih letal. Prav tako je s porastom temperature zraka prihajalo do večjih termičnih dviganj. Inštruktor je v tako pospešenem praktičnem usposabljanju dovolil, da je učenec v 30 minutah opravil tri izhode, od katerih sta dva samostojna na različnih tipih letala. Tovrstno usposabljanje s strani letalske šole, po mnenju komisije, ne zagotavlja kakovosti in varnosti učencev v procesu praktičnega šolanja.

Izvedba samostojnega leta učenca na letalu Pilatus B4 neposredno po izvedenem prvem samostojnem letenju na letalu Blanik L13, brez zadostne zemeljske priprave učenca na različico letala, prilagajanje na razpored inštrumentov v kabini letala in uporabo komand, v času poldneva z močnejšim dviganjem zračne mase in pojava turbulence ter pasivnost pri radijski komunikaciji kažejo na zanemarjanje osnovnih meril varnosti pri praktičnem šolanju kandidatov.

4 NAJVERJETNEJŠI SCENARIJ STRMOGLAVLJENJA

V dlje trajajoči preiskavi ni bilo možno z gotovostjo ugotoviti vseh okoliščin, ki so pripeljale do strmoglavljenja motornega letala. Na podlagi opravljenih analiz, ugotovljenih dejstev, empiričnih podatkov in izjav prič komisija ocenjuje, da je najverjetnejši naslednji potek dogodkov:

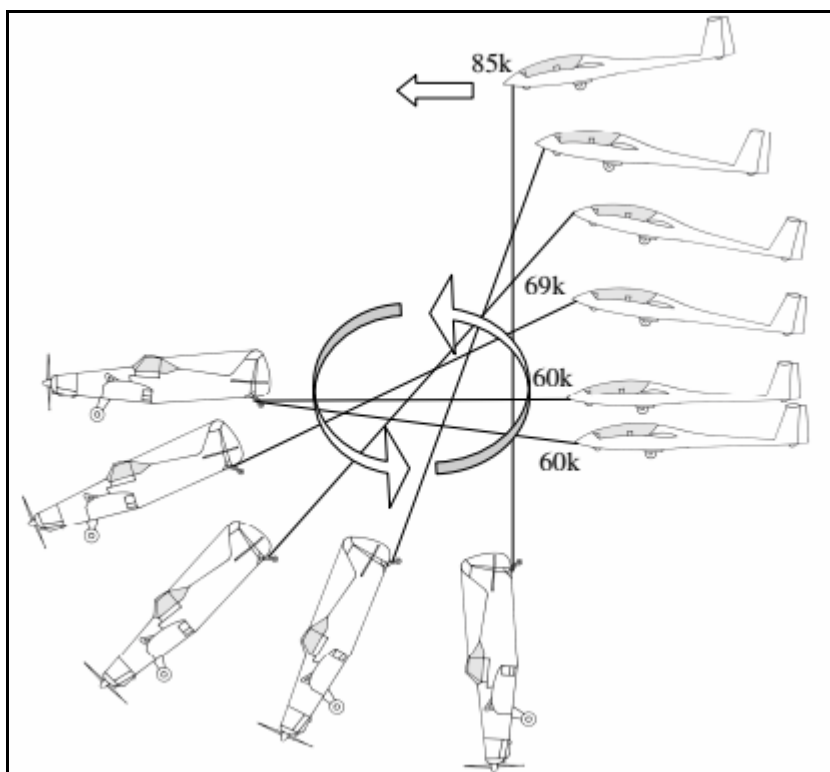
- 29. 7. 2018 je na letališču Bovec potekalo praktično usposabljanje kandidatov za pridobitev pilota jadralnega letala. Za potrebe letalske šole je aerovleko jadralnih letal zagotavljal pilot z motornim letalom, ki je bilo v lasti upravljalca letališča »Aviofun d. o. o.«. Letenje se je začelo s prvim izhodom ob 10.43 uri.
- V šestem izhodu je eden od učencev opravil samostojni let na letalu Blanik L13.
- V sedmem izhodu je bilo po navodilih inštruktorja dogovorjeno, da ta učenec opravi še samostojni let na enosedežnem jadralnem letalu tipa Pilatus B4. Pilot motornega letala je imel nalogo opraviti aerovleko do višine 500 m nad terenom.

- Motorno letalo v aerovleki je poletelo ob 12 uri v smeri 25 VPS. Po vzletu je pilot ustalil hitrost pri 100-110 km/h.
- Približno 40 sekund po vzletu, na višini približno 150 m nad terenom, motor letala izgubi moč, pride do delne odpovedi delovanja motorja. Do delne odpovedi delovanja motorja pride v točki, kjer se običajno izklopi EEP črpalka. Pilot prestavi selektor goriva iz levega v položaj desnega rezervoarja in vključi EEP.
- Zaradi upočasnitve hitrosti vzpenjanja vlečnega letala je posledično učenec v jadralnem letalu izgubil vizualni kontakt z vlečnim letalom.
- Jadralno letalo nadvisi vlečno letalo in posledično pride do sunkovitega zategovanja vlečne vrvi, ki dodatno zmanjša hitrost vlečnega letala v območje prevlečenega leta (stall).
- Učenec potegne ročico za odpenjanje vrvi in nadaljuje let s hitrostjo, ki zagotavlja povratek s pristajanjem na VPS.
- Sledi nagla izguba hitrosti motornega letala, nadvišanje jadralnega letala hitro povzroči spremembo kota motornega letala po prečni osi¹⁴ (nos letala dol) in vstop v aerodinamično območje prevlečenega leta (slika št. 29).
- Zategovanje vlečne vrvi povzroči pretrganje vlečne vrvi v delu bližje jadralnemu letalu.
- Pilot motornega letala odvrže večji del pretrgane vlečne vrvi, manjši del vlečne vrvi skupaj z vlečno varovalno ploščico ostane pripet na jadralnem letalu.
- Višina ne zadostuje za postopek ponovnega vžiga motorja in prevlečen let ne zagotavlja uporabe komand za vzpostavitev horizontalnega leta.
- Letalo odreagira s spuščanjem nosu in levega krila ob hkratnem zelo hitrem izgubljanju višine.
- Letalo nadaljuje v režimu prevlečenega leta, nos je spuščen vsaj 60 stopinj pod horizontalo.
- Višina letala približno 50 m ne zadostuje za izhod iz položaja prevlečenega leta in izbiro terena za postopek pristajanja v sili.
- Letalo v prevlečenem letu pod kotom približno 60 stopinj skozi veje drevesa trči v teren na oddaljenosti približno 900 m od praga 07 VPS.

¹⁴ Ko pilot jadralnega letala svojo pozornost nenamerno posveti stran od vlečnega letala in izgubi vizualni kontakt ali vlečno letalo izgubi moč zaradi delne ali popolne odpovedi motorja se lahko zgodi nenadno previsoko sledenje vlečnemu letalu. V takšnem primeru v eni do dveh sekundah pride do »katapult efekta«, ko jadralno letalo nenadno preide visoko nad vlečno letalo, pri tem pa vlečno letalo spravi ob hitrost in v strmo spuščanje. V takšnem primeru pride do velikih sil v vlečni vrvi in do situacije, ko ni možno odpeti vlečne vrvi. Po navadi varovalka rešuje situacijo, če je le dovolj višine (približno 200 m / 600 čevljev), da pilot vlečnega letala lahko poveča hitrost in letalo prevede v normalen let.

- Nekaj sekund po strmoglavljenju motornega letala učenec v jadralnem letalu uspešno pristane v smeri 07 VPS.

Dogodek so opazovali prisotni na letališču in prav tako inštruktor letalske šole, ki je opazoval in nadziral let učenca. Po pričanju prič komunikacije po radijski zvezi v času dogodka ni bilo.



Slika 29: Primer nevarnosti nadvišanja vlečnega letala

5 ZAKLJUČKI

V skladu s cilji preiskave v zvezi z varnostjo v civilnem letalstvu in preprečevanju ponovitve tovrstnih nesreč in incidentov v prihodnosti, podane ugotovitve v tem poročilu ne predstavljajo ugotavljanje krivde ali odgovornosti. Uporaba tega poročila v druge namene razen v namene izboljšanja letalske varnosti, lahko pripelje do napačne interpretacije.

5.1 Ugotovitve

- Pilot je imel veljavno dovoljenje ter pooblastila za letenje v vizualnih meteoroloških pogojih na tipu letala; imel je tudi večletne izkušnje v kategoriji letenja z jadralnimi letali (inštruktor letenja od leta 2016).
- Pilot ni imel daljših prekinitev letenja. Kontinuirano je vzdrževal letalske kvalifikacije in pooblastila iz licence.
- Pilot je imel veljavno zdravniško spričevalo za II. Razred in LAPL (Medical Certificate Class II), veljavno do 3. 5. 2020.
- Pilot je v času dogodka bil v primerni zdravstveni kondiciji. Zdravstveno stanje pilota ni vplivalo na nesrečo. Rezultati toksikoloških izvidov ISM so bili negativni.
- Motorno letalo je bilo uporabljeno v skladu s predpisi o plovnosti na podlagi izvedene ocene priporočila o pregledu plovnosti zrakoplova, ki ga je izdala, za to ustrezno potrjena CAMO organizacija, št. DE.MG.0169 (ARS-9441). Za letalo, ki je bilo vpisano v nemški register, je bilo izdano potrdilo o plovnosti z veljavnostjo 15. oktober 2018.
- Pri pregledu celotne dokumentacije o poteku vzdrževanja letala, rednih, preventivnih in izrednih servisnih pregledih, popravilih in spremembah ni bilo zaznanih bistvenih odstopanj, ki bi posledično imela vpliv na dogodek. Ugotovitve v določenih primerih kažejo na administrativno pomanjkljivost pri dokumentiranju in arhiviranju delovnih nalog.

- Nepravilno delovanje ali odstopanje kazalnikov goriva ni bilo evidentirano v knjižici letala s strani pilotov, ki so letalo uporabljali pri prejšnjem in prav tako pri zadnjem lastniku ali uporabniku. Odstopanje kazalnikov goriva od dejanske vrednosti količine goriva po posameznem gorivnem rezervoarju ni bilo ugotovljeno pri rednih vzdrževalnih pregledih vzdrževalne organizacije in CAMO, v kateri je letalo bilo vpisano.
- Kazalec nivoja goriva za levi rezervoar, ob izklopljenem glavnem stikalu, ni bil v osnovnem položaju v primerjavi z kazalniki goriva glavnega in desnega rezervoarja. Kazalec levega krilnega rezervoarja je brez električnega napajanja kazal za približno $\frac{1}{4}$ vrednosti večji položaj od kazalnika desnega rezervoarja. Odstopanje in neskladje kazalnikov goriva v gorivnih rezervoarjih in manjkajoče informacije pri določanju minimalne količine goriva, kot pogoj za izvedbo leta, predstavlja tveganje in morebiten vpliv na dogodek v smislu pilotove ocene o razpoložljivosti goriva za izvedbo leta.
- Za jadralno letalo Pilatus B4 je bilo s strani pristojne agencije za civilno letalstvo izdano potrdilo o plovnosti. Upravljanje letala in mehanizem za vleko letala sta delovala pravilno in brez posebnosti.
- Pri izvajanju aerovleke za namen usposabljanja učencev, med izvajalcem aerovleke in letalsko šolo ni bilo jasnih dogovorov. Določanje hitrosti aerovleke je bila v samovoljni pristojnosti osebe znotraj aerokluba in ne med predstavnikom letalske šole in pilotom vlečnega letala.
- V postopku izdaje dovoljenja za delo letalski šoli, ni bilo jasno določeno razmerje pristojnosti in odgovornosti med lastnikom letala, odgovorno osebo letalske šole, upravljalcem letališča in piloti, ki so za namen šolanja izvajali aerovleko.
- V preiskavi ni bilo možno z gotovostjo potrditi okoliščin, ki so pripeljale do trganja vlečne vrvi. Najverjetnejši scenarij nesreče temelji na analizi posameznih ugotovitev in analizi ugotovitev v celoti.

- Komisija meni, da je najverjetneje prišlo do delne odpovedi delovanja motorja v točki izključitve črpalke za gorivo EEP v položaju selektorja goriva levega rezervoarja. Ob tem je pilot najverjetneje vključil EEP in selektor goriva prestavil na desni rezervoar.
- Ob najverjetnejši delni odpovedi motorja je prišlo do zmanjševanja hitrosti vlečnega letala in posledično zmanjševanja višine. Pri tem je učenec izgubil vizualni kontakt z vlečnim letalom, kar je povzročilo nadvis jadralnega letala nad vlečnim letalom in posledično do trganja vlečne vrvi.
- Oprema, ki jo je letalska šola uporabljala za namen vleke jadralnih letal, ni bila skladna s tehničnimi zahtevami glede obvezne uporabe certificirane vlečne sklopke, primerne vlečne vrvi, vlečnih varovalk in priključnih rink.
- Pretrganje vlečne vrvi pri zatezni sili, preden bi vlečna varovalka pretrgala povezavo aerovleke, je dejansko zmanjšalo tveganje, da motorno letalo v prevlečenem letu povleče za seboj jadralno letalo in privede v nevarnost učenca v njem.
- Učenec, ki je tip jadralnega letala letel prvič, je po nadvišanem nad motornim letalom, ki je zniževalo višino, izgubil vizualni kontakt in pravilno odreagiral z aktiviranjem ročice za odklop vlečne vrvi misleč, da je vlečno vrv odpel. Zaradi precejšnje zatezne sile vlečne vrvi se ta ni mogla zlahka odpeti, prav tako učenec dejansko ni vedel, kakšna sila je za odpenjanje potrebna in kakšna dolžina ročice za mehansko odpenjanje zadostuje, da se napeta vlečna vrv odpne. Ko se je vlečna vrv strgala, je ostanek vlečne vrvi najverjetneje odvrigel pred VPS pred samim pristajanjem, kjer je kasneje tudi najdena.
- Pilot motornega letala je najverjetneje poskušal odpeti napeto vlečno vrv, zavedajoč se nevarnosti prevlečenega leta in nevarnosti za učenca v jadralnem letalu. Vlečno vrv, ki je pred tem počila, mu je uspelo odvreči, preden je letalo strmoglavilo.
- Učenec je v zanj tveganem dogodku po prekinitvi povezave pravilno odreagiral in glede na razpoložljivo višino varno pristal v nasprotno smer od smeri vzleta.

- Aerovleka jadralnega letala se je izvajala pri hitrosti 110 km/h, ki je blizu minimalne hitrosti (minimum (stalling) speed): 51 KTS (95 km/h) določene v priročniku o eksploataciji letala s strani proizvajalca – POH in je predstavljala bistveno tveganje za nastanek izrednega dogodka.
- Letalska šola Klub letalcev Jurika je kot odobrena organizacija za usposabljanje pridobila dovoljenje pristojne CAA za teoretično in praktično šolanje kandidatov za pridobitev dovoljenja pilota jadralnega letala (številka potrdila SI.ATO.035).
- Odgovorni vodja letalske šole in obenem inštruktor usposabljanja je bistveno odstopal od varnostnih meril, ki so bila določena v potrjenem priročniku usposabljanja. Bistvena odstopanja predstavljajo kršitev osnovnih varnostnih meril, ko gre za preseganje omejitev dnevnega in tedenskega usposabljanja, neredno vpisovanje evidenc o usposabljanju (teoretičnem in praktičnem) in vpisovanje podatkov o poteku usposabljanja za nazaj. Odgovorno osebje letalske šole je podpisovalo potrdila o usposobljenosti brez predhodnega pregleda teoretičnih izpitov in ni poskrbelo za nadzor nad skladnostjo usposabljanja.

5.2 Zaključek

5.2.1 Neposredni vzrok

- Trk vlečnega letala v teren, kot posledica najverjetnejše delne odpovedi motorja pri izvajanju aerovleke, in vpliva napete vlečne vrvi z nadvišanjem jadralnega letala nad vlečnim letalom.

5.2.2 Posredni vzroki

- Odločitev pilota za sodelovanje pri izvajanju aerovleke v okoliščinah pomanjkljivih, nezadostnih varnostnih meril letalske šole in njenih odgovornih oseb ob izvajanju praktičnega šolanja učencev – kandidatov za pridobitev dovoljenja pilota jadralnega letala,

- Izvajanje aerovleke pri nižji hitrosti od 130 km/h (pri polni moči motorja), je imelo vpliv na odzivnost komand pri upravljanju motornega letala. Ob zmanjšanju moči pri hitrosti okoli 110 km/h se je letalo hitro znašlo v režimu prevlečenega leta s spuščanjem nosu in levega krila ob naglem izgubljanju višine,
- Pomanjkljiv nadzor količine goriva v gorivnih rezervoarjih z napačno indikacijo kazalnikov goriva v kabini letala,
- Delna utrujenost pilota

6 VARNOSTNA PRIPOROČILA

V uvodnem delu preiskave je komisija opravila določena poizvedovanja in analize, s katerimi je bila ugotovljena sistemska pomanjkljivost s tem tudi tveganje za ponovitev tovrstnega dogodka. Sistemska pomanjkljivost s povečano oceno tveganja se je nanašala na operativno izvajanje aerovleke in uporabo vlečne vrvi in varovalk za vleko jadralnih letal.

Uvodne analize vrednosti natezne trdnosti uporabljene vlečne vrvi (povprečna ocena 4719 N) kažejo na bistveno odstopanje od natezne trdnosti vlečnih vrvi (min 9000 N), ki jo priporočajo proizvajalci za namen vleke jadralnih letal (TOST).

V preiskavi je bilo izvedeno poizvedovanje o praktični uporabi, kontroli in merilih za zamenjavo vlečne vrvi in varovalk za namen aerovleke med subjekti – izvajalci aerovleke v RS. Na podlagi sodelovanja med letalskim preiskovalnim organom in CAA so bile v postopku poizvedovanja s strani letalskih predstavnikov pridobljene informacije, iz katerih je bilo ugotovljeno, da izvajalci aerovleke ne razpolagajo z jasnimi merili za varno uporabo vlečne vrvi in varovalk ter zadostnimi informacijami predhodne uskladitve pri izvajanju aerovleke za oba pilota (pilota vlečnega letala in pilota jadralnega letala). Iz analize primerljivih praks znotraj EU je bilo ugotovljeno, da obstajajo določena navodila izdana s strani posameznih NAA (National Aviation Authority) na nacionalni ravni. Preiskovalni organ je prav tako pregledal navodila, ki jih v cilju zagotavljanja varnosti izdaja FAA in ugotovil, da je v skladu s FAR 91.309 (a) (5) treba zagotoviti zadostne informacije za oba pilota (pilota vlečnega letala in pilota jadralnega letala).

Na podlagi opravljenih analiz je komisija ugotovila, da letalski subjekti oziroma posamezniki, ki so izvajali vleko jadralnih letal, niso imeli ustreznih dokazil o starosti vlečne vrvi in varovalk za vleko (npr. dokazil o dnevu nakupa), niso vodili seznama o njihovi uporabi (npr. številu opravljenih vlek – startov) in niso razpolagali s predpisanimi postopki proizvajalca o njihovem vzdrževanju in hrambi (npr. sušenje, ne-izpostavljenost sončnim žarkom, ipd.).

Prav tako je komisija ugotovila, da obstajajo jasna navodila, ki jih je leta 1994 podala tedanja RUZP, in sicer v okviru t. i. Tehnične zahteve št. TZ 94-15 z dne 2. 11. 1994. Dokument govori

o navodilih in obvezni uporabi certificirane vlečne sklopke, primerne vlečne vrvi, varovalk in priključnih rink, ki pa se s strani izvajalcev aerovleke niso upoštevale.

Letalski preiskovalni organ je v skladu z določbami četrtega odstavka 5. člena ter 17. in 18. člena Uredbe (EU) št. 996/2010 Evropskega parlamenta in sveta z dne 20. oktobra 2010 o preiskavah in preprečevanju nesreč in incidentov v civilnem letalstvu z vidika izboljšanja letalske varnosti in zmanjšanje tveganj za nastanek tovrstnih nesreč v prihodnje ter v skladu s 145. členom Zakona o letalstvu (Uradni list RS, št. 81/10 – uradno prečiščeno besedilo in 46/16,), pred objavo končnega poročila o letalski nesreči izdal dve varnostni priporočili:

št. SI-SR006-2018

Javna agencija za civilno letalstvo Republike Slovenije naj v skladu s svojimi pristojnostmi seznani subjekte, ki so vključeni v operativno izvajanje aerovleke (vleka jadralnih letal) kot so letalske šole, društva, zasebniki ipd., da le-ti zagotovijo izvajanje sistema notranjega nadzora glede uporabe primerne vlečne vrvi in varovalk za vleko jadralnih letal. Z notranjim nadzorom mora subjekt zagotoviti sledljivost nabave, uporabe, menjave ter kakovost vlečne vrvi in varovalk za vleko jadralnih letal v skladu z navodili proizvajalca in v skladu z obstoječo »Tehnično zahtevo« št. TZ 94-15 z dne 2. 11. 1994.

št. SI-SR007-2018

Javna agencija za civilno letalstvo Republike Slovenije naj od subjektov, ki so neposredno vključeni v operativno izvajanje aerovleke (vleka jadralnih letal) zahteva, da le-ti pred izvajanjem aerovleke določijo navodila, s katerimi bodo piloti vlečnega letala in piloti jadralnega letala seznanjeni o splošnem poteku aerovleke vključno s signalom za vzlet, odpenjanjem na predvideni višini, hitrostjo vleke in postopki v sili.

6.1 Odgovor CAA na varnostni priporočili izdani med preiskavo letalske nesreče motornega letala DR 400/180, reg. D-EFTW, z dne 29. 7. 2018, LJBO

Agencija za civilno letalstvo je po obravnavi varnostnih priporočil odgovorila letalskemu preiskovalnemu organu in navedla ukrepe, ki bodo sprejeti, časovni okvir za realizacijo sprejetih ukrepov ter dodatno odklonilno mnenje.

Odgovor CAA na varnostno priporočilo št. SI-SR006-2018**Ukrepi, ki bodo s strani CAA izvedeni:**

1. Ozaveščanje ATO in DTO: predstavitev postopka aerovleke na seminarju inštruktorjev konec novembra 2018.
2. CAA bo v letu 2019 objavila literaturo/priročnik: Postopek aerovleke.
3. CAA bo v roku 3 mesecev objavila nadomestno in aktualizirano varnostno okrožnico, ki bo v skladu s CS-22, saj je TZ 94-15 objavljena neznano kje in tudi ni več aktualna (na razpolago le v fizični obliki).

Odklonilno mnenje:

Glede zahtevane »vzpostavitev notranjega nadzora« pri sledenju sledljivosti nabave, uporabe itd. za klube in zasebnike (del NCO) se pojavlja dvom po obstoju pravne podlage za tako zahtevo. Lahko pa CAA predlaga način, s katerim se lahko vzpostavi sledljivost (npr. objava predloga knjižice vrvi ali excel tabele itd.). »Notranji nadzor pri klubih in zasebnikih« je nemogoče zahtevati.

Odgovor CAA na varnostno priporočilo št. SI-SR007-2018**Ukrepi, ki bodo s strani CAA izvedeni:**

1. Vključitev NCO.SPEC.105 (checklist) in NCO.SPEC.125 (safety briefing) v priročnik (glej ukrep št. 2 pri varnostnem priporočilu SI-SR006-2018).

Odklonilno mnenje:

Zahteve, kot jih zahteva SR so že določene v Uredbi 965/2012 s spremembami, in sicer v delu NCO SPEC (specializirane nekomercialne operacije). Operator mora v tem primeru vzpostaviti kontrolni seznam z oceno tveganja (NCO.SPEC.105) in seznaniti vse udeležence pri predpoletni pripravi (NCO.SPEC.125). Verjamemo, da se ta dokumentacija ne izpolnjuje, zato bi bilo smiselno kontrolni seznam z oceno tveganja vključiti v priročnik. Glede priporočila je mnenje odklonilno, saj je zahteva že določena v predpisu.

Preiskovalni organ je v nadaljevanju, v skladu z 2. odstavkom 18. člena Uredbe (EU) št. 996/2010 Evropskega parlamenta in Sveta o preiskavah in preprečevanju nesreč in incidentov v civilnem letalstvu obvestil CAA, da je odgovor na varnostni priporočili št. SI-SR006-2018 in št. SI-SR007-2018, v katerem so bili navedeni načrtovani ukrepi, ustrezen.

6.2 Varnostno priporočilo ob objavi končnega poročila

Služba za preiskovanje letalskih, pomorskih in železniških nesreč in incidentov je v zvezi s preiskavo letalske nesreče do izdaje končnega poročila spremljala napredek pri ukrepih, ki so bili uvedeni kot odziv na izdana varnostna priporočila.

Komisija meni, da je v cilju upoštevanja enotnih pravil in zagotavljanja pričakovanega nivoja varnosti pri izvajanju usposabljanj učencev za letenje z jadralnimi letali v RS potrebno izvajati ozaveščanje letalskih organizacij, kot so letalske šole in aeroklubi. V cilju zmanjševanja varnostnih tveganj preiskovalni organ ob objavi končnega poročila izdaja letalskemu nadzornemu organu CAA naslednje varnostno priporočilo:

št. SI-SR002-2023

CAA naj na podlagi končnega poročila v roku 12 mesecev znotraj programa aktivnosti za promocijo letalske varnosti organizira seminar s poudarkom na izvajanju aerovleke, za letalsko osebje in subjekte, ki izvajajo usposabljanja za letenje z jadralnimi letali.

Med preiskavo so bila identificirana varnostna vprašanja, glede katerih letalski preiskovalni organ pričakuje, da bodo letalske organizacije sprožile varnostne ukrepe, s ciljem zmanjšanja lastnih varnostnih tveganj.

Toni STOJČEVSKI

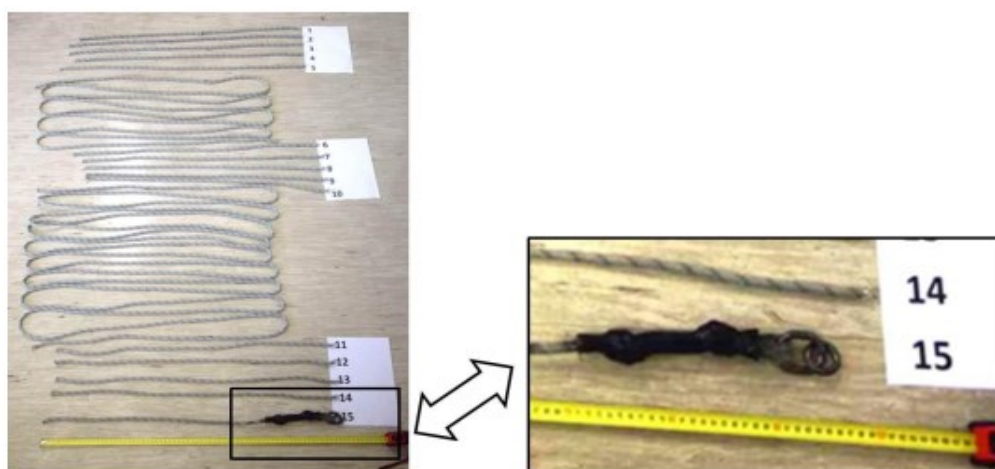
Glavni preiskovalec

7 PRILOGE

PRILOGA 1 Izvleček poročila ZAG o mehanski in kemični analizi vlečne vrvi

Mehanske lastnosti vrvi

Pred preiskavami smo vrvi vsaj 1 teden kondicionirali pri standardnih laboratorijskih pogojih (13°C, 50 % relativna vlaga). Rabljene vrvi smo razrezali na 15 odrezkov dolžin ≈ 1 m. Način vzorčenja odrezkov vrvi je razviden iz leve fotografije na sliki 1. Prvih 5 odrezkov, ki smo jih označili z zaporednimi števili od 1 do 5 smo odvzeli iz okolice, kjer se je vrv odtrgala, drugih 5 odrezkov iz sredine vrvi (zaporedna št. 6 do 10) in zadnjih 5 iz dela vrvi, ki se konča s črno bužirko in kovinskima obročkoma (zaporedna št. 11 - 15).



Slika 1: Levo; fotografija razrezane vrvi in sesno; povečan konec vrvi z bužirko in kovinskima obročkoma.

Preskušance za natezno preiskavo smo pripravili, tako da smo na vsaki strani posameznega odrezka vrvi naredili vozla »normalne osmice«. Nadalje smo vsak preskušanec označili z zaporedno številko enako številki odrezka iz fotografije 1. Fotografija enega od preskušancev je prikazana na sliki 2.



Slika 2: Preskušanec vrvi št. 1 pripravljen za natezno preiskavo.

Natezno trdnost in raztezek pri porušitvi preskušancev vrvi smo določili s univerzalnim preskusnim strojem ZWICK Z100, razreda natančnosti 0,5 po ISO 7500-1:2015, tako da smo jih obremenjevali do porušitve. Deformacijo smo merili z merilcem deformacij MULTISENZ pri hitrosti obremenjevanja 100 mm / min. Fotografija posneta pri preskusu je prikazana na sliki 3.



Slika 3: Preskušanec vrvi št. 1 pri natezni preiskavi. Tipala, ki se dotikajo preskušanca so del merilca deformacij - MULTISENZ-a.

Rezultate preiskave podajamo v preglednicah 1, 2, 3 in 4.

Preglednica 1: Natezne lastnosti preskušancev 1 do 5 iz rabljene vrvi.

Preskušanec (I)	Natezna trdnost (N)	Natezna trdnost (MPa)	Raztezek pri natezni trdnosti (%)
1	4543	58	14,3
2	4618	59	16,2
3	4880	62	-
4	4738	60	12,6
5	4815	61	12,4
povprečje	4719	60	13,9
st. odstopanje	138	2	1,8

Preglednica 2: Natezne lastnosti preskušancev 6 do 10 iz rabljene vrvi.

Preskušanec (I)	Natezna trdnost (N)	Natezna trdnost (MPa)	Raztezek pri natezni trdnosti (%)
6	4652	59	10,6
7	5045	64	11,2
8	4851	62	11,2
9	4869	62	10,9
10	5205	66	12,1
povprečje	4924	63	11,2
st. odstopanje	210	3	0,6

Preglednica 3: Natezne lastnosti preskušancev 11 do 15 iz rabljene vrvi.

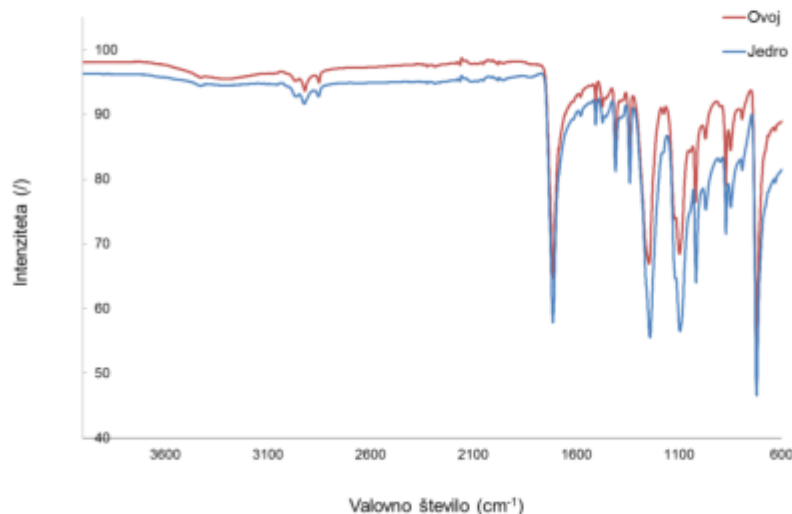
Preskušanec (I)	Natezna trdnost (N)	Natezna trdnost (MPa)	Raztezek pri natezni trdnosti (%)
11	5005	64	11,8
12	5127	65	13,5
13	5225	67	11,6
14	4930	63	11,1
15	4682	60	18,7
povprečje	4994	64	13,3
st. odstopanje	208	3	3,1

Preglednica 4: Natezne lastnosti preskušancev 16 in 17 iz nove vrvi.

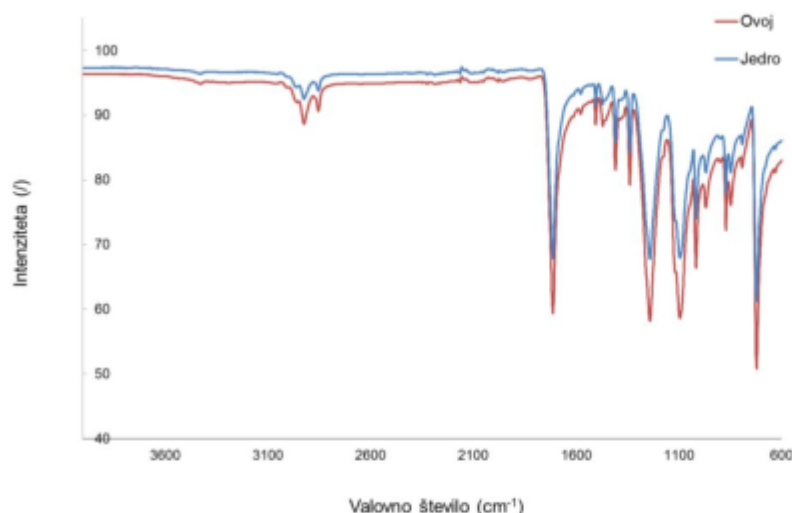
Preskušanec (I)	Natezna trdnost (N)	Natezna trdnost (MPa)	Raztezek pri natezni trdnosti (%)
16	10415	133	12,8
17	10286	131	11,0
povprečje	10351	132	11,9
st. odstopanje	91	1	1,3

Kemijska sestava vrvi

Vrvem smo posneli tudi infrardeča (FT-IR) spektra. Iz vsake vrvi smo analizirali vlakna opleta (ovoja) vrvi in vlakna v jedru vrvi. Analize smo opravili s spektrometrom PerkinElmer FTIR Spectrum TWO, v območju valovnih števil med 4000 cm^{-1} in 600 cm^{-1} . Posamezni spekter je povprečje 16 spektrov posnetih pri resoluciji 4 cm^{-1} . Spektre smo posneli v t.i. ATR tehniki in jih prikazujemo na slikah 4 in 5.



Slika 4: FT-IR spektra ovoja in jedra rabljene vrvi.



Slika 5: IR spektra ovoja in jedra nove vrvi.

Na osnovi spektrov smo ugotovili, da obe vrvi sestojita iz poliestra (PET). Poliester sicer precej uporabljajo za izdelavo vrvi. Poliester često mešajo tudi s polipropilenom (PP). Z IR metodo prisotnosti PP ne moremo ne potrditi, ne ovreči. Ukloni alifatskih ogljikovodikov (kot je PP) se namreč z ukloni poliestra popolnoma prekrivajo.

V nadaljevanju smo spektre primerjali s programsko opremo Perkin Elmer Spectrum IR in ujemanje izrazili kot HQI »Hit Quality Index«. Kot referenco pri primerjavi smo prevzeli jedro rabljene vrvi.

Preglednica 5: Ujemanja IR spektrov

$HQI \frac{\text{jedro rabljene vrvi}}{\text{jedro rabljene vrvi}}$	$HQI \frac{\text{ovoj rabljene vrvi}}{\text{jedro rabljene vrvi}}$	$HQI \frac{\text{jedro nove vrvi}}{\text{jedro rabljene vrvi}}$	$HQI \frac{\text{ovoj nove vrvi}}{\text{jedro rabljene vrvi}}$
(/)	(/)	(/)	(/)
1,000	0,940	0,989	0,987

Iz ujemanja spektrov vzorcev lahko sklepamo, da je kemijska sestava vzorcev zelo podobna. Kljub temu pa smo izmerili zaznavno razliko med ovojem in jedrom rabljene vrvi, na osnovi česar sklepamo, da je ovoj rabljene vrvi tekom zunanje uporabe merljivo degradiral. Poudarjamo pa, da je razlika v kemijski sestavi ovoja in jedra majhna. Razlike v kemijski sestavi med jedrom rabljene vrvi in obema vzorcema nove vrvi pa so po našem mnenju zanemarljive. Na osnovi IR spektrometrije ugotavljamo, da je kemijska sestava rabljene in nove vrvi enaka ob pridržku, da vrvi ne vsebujeta material iz alifatskih ogljikovodikov.

PRILOGA 2

Tehnična zahteva –TZ 94-15 z dne 2. 11. 1994

MINISTRSTVO ZA PROMET IN ZVEZE REPUBLIŠKA UPRAVA ZA ZRAČNO PLOVILBO Kotnikova 19a, 61000 LJUBLJANA, SLOVENIJA Telefon: 061 131 6018, Fax: 061 131 6035, Telex: 90160 slupov si	Št.: TZ 94 - 15 str.: 1/1 Datum: 02. 11. 1994
---	---

TEHNIČNA ZAHTEVA

TZ 94-14 VAROVALKE NA VRVEH ZA VLEKO JADRALNIH LETAL

Velja za vsa vlečna letala in jadraina letala

Zahteva: Obvezna uporaba varovalk za vleko jadrainih letal.

I. VLEČNA SKLOPKA

1. Jadralno letalo in motorno letalo, ki se uporablja za vleko jadrainih letal, vleko reklamnih napisov ipd. morata biti opremljeni s certificirano vlečno sklopko.
2. Vlečno sklopko je potrebno vzdrževati po zahtevah proizvajalca letala (Priručnik za vzdrževanje), oziroma po zahtevah proizvajalca vlečne sklopke, če je v priručniku za vzdrževanje tako določeno. Isto velja tudi za komando za aktiviranje vlečne sklopke.

Po preteku življenjske dobe vlečne sklopke jo je potrebno zamenjati oziroma obnoviti po določilih proizvajalca.

II. VLEČNA VRV, PRIKLJUČNE RINKE IN VAROVALKA

1. Vlečna vrv mora biti v točki priklopa na jadraino letalo opremljena z varovalko.
2. Maksimalna natezna sila za vrv in priključne rinke, ki se uporabljajo za vleko jadrainih letal mora biti večja od nominalne sile pretganja varovalke. Stanje vrvi in priključnih rink se kontrolira pred vsako vleko in mora biti takšno, da zagotavlja varno letenje.
3. Vrsta varovalke mora biti ustrezna jadrainemu letalu oziroma njegovi maksimalni dovoljeni masi. (Maksimalno natezno silo varovalke predpiše proizvajalec letala, oziroma proizvajalec varovalk določi vrsto varovalke, ki se uporablja za določen tip jadrainega letala).
4. Število vleč je za varovalke omejeno, zato je potrebno voditi evidenco ter jih menjati po navodilih proizvajalca.

OPOMBA: Priporočamo uporabo varnostnega člena z rezervo, ki ga sestavlja varovalka z okroglimi luknjama, rezervna varovalka s podaljšanimi luknjama in zaščitni oklep. Prav tako tudi priporočamo dodatno zaščito vrvi, npr. z usnjem, na mestu, kjer so privezane na rinke.

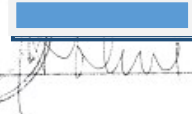
Ta zahteva prične veljati 01. 03. 1995.

Priporočamo pa, da se prične uporabljati varovalke takoj.

OBRAZLOŽITEV

JAR 22.581 določa maksimalno natezno silo vlečne vrvi oziroma varovalke, ki mora biti najmanj 1,3 krat dovoljena maksimalna teža jadrainega letala oziroma najmanj 5000N. Ker so običajno vlečne vrvi premočne, zahtevamo, da se na vlečne vrvi dodajo varovalke. Vrsta varovalke mora biti ustrezna jadrainemu letalu oziroma njegovi masi (za večino tipov jadrainih letal v Sloveniji proizvajalec TOST priporoča varovalke št. 5 z nominalno silo pretga 3000 N $\pm$ 10%). Število vleč je za varovalke omejeno, zato je potrebno voditi evidenco ter jih menjati oziroma obnavljati po navodilih proizvajalca.

Pred vsakim letom je potrebno pregledati vlečno vrv, ki ne sme biti poškodovana.

Poslati sledečim uporabnikom:

- aeroklubom
- lastnikom vlečnih letal
- lastnikom jadrainih letal

PRILOGA 3 Varnostna okrožnica za izvajanje aerovleka s katero se nadomesti tehnična zahteva št. TZ 94-15 z dne 2. 11. 1994

<https://www.caa.si/upload/editor/file/filecc36629b40409a6.PDF>

PRILOGA 4 Izvleček poročila ZAG o analizi poškod propelerja

4.0 ZAKLJUČKI

Letalo je bilo opremljeno z aluminijastim kovanim propelerjem ameriškega proizvajalca Sansenich. Oznaka modela: Model: 76 EM 8 S5 – 0 – 54 (premer 76", hod propelerja 54").

Pri padcu letala se je močno upognil en krak propelerja. Kot upogiba kraka od vzdolžne osi propelerja v smeri proti repu letala je okoli 50°. Glede na poškodbe na propelerju lahko sklepamo, da je večina energije pri padcu letala delovala na pesto in 2/3 dolžine močno upognjenega kraka. Na drugem kraku so nastale le odrgnine in praske, deformacij pa ni vidnih.

Deformirani krak se ob udarcu ni deformiral v nasprotni smer vrtenja, deformiral se je predvsem v smeri, kjer je konstrukcijska upogibna trdnost kraka kot telesa najmanjša. Smer nastanka površinskih poškodb v obliki raz in prask na sprednji strani propelerja na upognjenem kraku je posledica kombinacije gibanja letala v smeri naprej in vrtenja propelerja v trenutku trka. Lega vseh poškodb v tem področju je poševna glede na vzdolžno os kraka. Poškodbe so nastale v obliki močnih odrgnin in prask. Največje poškodbe na upognjenem kraku so nastale v območju med 10 in 40 cm od pesta nekoliko manjše pa na večji razdalji. Na močno poškodovanih mestih se je površina materiala propelerja deformirala – pregnetla. Na mestu trka so bili v zemlji verjetno prisotni večji kosi kamenja, ki so povzročili večje poškodbe. Na sprednjem robu je tudi blizu konice kraka nastalo več večjih poškodb, ki so nastale ob trku. Poškodbe na sprednjem robu običajno nastanejo na vrtečem propelerju. Propeler se je ob trku verjetno v manj kot polovici obrata ustavil. Večja poškodba na zadnjem robu upognjenega kraka blizu konice je verjetno nastala po trenutku trka, ker se je propeler zaradi reakcije odbil v nasprotno smer v trd predmet (verjetno kamen v zemlji). Na zadnji strani upognjenega kraka propelerja so nastale manjše poškodbe – odrgnine in praske, ki potekajo poševno pod podobnimi koti, kot na sprednji strani. Verjetno so nastale ob trku z manjšimi vejami. Smer poteka nastalih prask kaže, da se je propeler vrtel tik pred trkom. Globina prask ni velika. Poškodovana sta se zgornji sloj protikorozijskega premaza (črn premaz) in sloj temeljnega premaza opečne barve. Kljub nastanku velikih deformacij na upognjenem kraku nismo nikjer našli razpok.

Na sprednji strani pesta propelerja ni nastalo veliko globokih odrgnin pri padcu letala, ker je površino kovinskega propelerja do neke mere ščitila plast porušenega (stisnjenega) *spinnerja* iz večplastnih kompozitnih materialov. Na površino je delovala z velikim pritiskom. Sredinska izvrtina je sicer v celoti napolnjena z močno »zbito« zemljo in manjšim kamenjem. Poškodbe na stranici pesta so nastale ob padcu. Notranja stran porušenega *spinnerja* je naredila nekaj poševnih odrgnin preko stranice pesta z nalepko proizvajalca propelerja na eni strani in na premazu in nalepki na drugi strani.

Poškodbe na nasprotnem kraku so površinske in so nastale pri gibanju kraka v smeri padca. Večji del poškodb blizu sprednjega roba je verjetno nastal kot posledica udarca ob kamenje v zemlji. Globja odrgnina na razdalji okoli 30 cm od sredine propelerja je verjetno nastala ob udarcu ali zdrsu ob ostrem robu kamna. Prav tako so nastale ostale praske v podobni smeri. Na zadnji strani tega kraka je le nekaj manjših površinskih prask. Lege teh poškodb ne moremo povezati z vrtenjem propelerja. Poškodbe so verjetno nastale ob udarcu ob trku in pri zdrsu propelerja v trenutku po trku.

Pri trku se je porušila tudi jeklena prirobnica propelerja, s katero je propeler privit na pogonsko gred motorja. Porušila se je na najmanjšem nosilnem prerezu. Lomna ploskev prirobnice ima predvsem značilnosti trenutnega upogibnega preloma. Upogibne obremenitve na prirobnici so v trenutku trka nastale, ker je večina energije pri padcu letala delovala na pesto in 2/3 dolžine močno upognjenega kraka. Na strani upognjenega kraka propelerja ima prelom značilnosti, ki nastanejo pri tlačnih - upogibnih obremenitvah, na nasprotni strani pa pri nateznih obremenitvah. Na lomni ploskvi ni značilnosti torzijskega preloma. Glede na fraktografske značilnosti preloma lahko sklepamo, da so med porušitvijo (med trkom letala) prevladovala tlačne in upogibne obremenitve (glede na os motorja). V kolikor bi bil propeler gnan z večjo močjo, bi verjetno v trenutku trka prevladovala torzijske obremenitve, narava lomnih ploskev pa bi bile značilne za torzijski prelom (prelom strižne narave – potekajoč krožno po obodu) [3].

Odlomljen je tudi del roba aluminijaste prirobnice (angl.: *Bulkhead*), na katero je privit *spinner*.

Obdelal:



Reference:

- [1] Sansenich Propeller Manufacturing Company, INC.
- [2] Advisory Circular, AIRCRAFT PROPELLER MAINTENANCE, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, AC No. 20-37E, Date:9/9/05
- [3] ASM Handbook Volume 12 Fractography, 1992