

RAPPORT

Luftfart 2021/03



RAPPORT OM LUFTFARTSULYKKE PÅ NORDNESTJØNN ØST FOR ARENDAL LUFTHAVN GULLKNAPP 14. AUGUST 2019 MED PIPISTREL ALPHA ELECTRO, LN-ELA

 This report is also available in English

Statens havarikommisjon (SHK) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre flysikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke flysikkerheten, enten de er årsaksfaktorer eller ikke, og fremme tilrådinger. Det er ikke Havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid skal unngås.

ISSN 1894-5902 (digital utgave)

Statens havarikommisjons virksomhet er hjemlet i lov 11. juni 1993 nr. 101 om luftfart § 12-1 jf. forskrift 19. desember 2014 nr. 1848 om offentlige undersøkelser av luftfartsulykker og luftfartshendelser innen sivil luftfart § 3.

INNHOLDSFORTEGNELSE

MELDING OM HAVARIET	3
SAMMENDRAG.....	3
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	4
1.1 Hendelsesforløp	4
1.2 Personskader	8
1.3 Skader på luftfartøy.....	8
1.4 Andre skader	8
1.5 Personellinformasjon	8
1.6 Luftfartøy	9
1.7 Været.....	25
1.8 Navigasjonshjelpemidler.....	25
1.9 Samband.....	25
1.10 Flyplasser og hjelpemidler	25
1.11 Flyregistratorer.....	25
1.12 Havaristedet og flyvraket.....	26
1.13 Medisinske og patologiske forhold	27
1.14 Brann.....	27
1.15 Overlevelsesaspekter.....	27
1.16 Spesielle undersøkelser	27
1.17 Organisasjon og ledelse	30
1.18 Andre opplysninger.....	32
1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder.....	32
2. ANALYSE.....	32
2.1 Innledning	32
2.2 Motorsvikten	32
2.3 Motorskiftet.....	35
2.4 Nødlandingen	36
2.5 Flyginger med passasjerer.....	37
2.6 Forberedelsene til demoflygingene i forbindelse med Arendalsuka.....	37
3. KONKLUSJON	38
3.1 Undersøkelsens hovedfunn	38
3.2 Undersøkelsesresultater	38
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER	40
REFERANSER	42
VEDLEGG.....	43

RAPPORT OM

Luftfartøy:	Pipistrel Alpha Electro
Nasjonalitet og registrering:	Norsk, LN-ELA
Eier:	Norges Luftsportforbund (NLF)
Bruker:	Samme som eier
Besetning/fartøysjef:	1 (uskadet)
Passasjerer:	1 (uskadet)
Havaristed:	Nordnestjønn, 2 NM øst for Arendal lufthavn Gullknapp (ENGK)
Havaritidspunkt:	Onsdag 14. august 2019, kl. 1440

Alle tidsangivelser i denne rapport er lokal tid (UTC + 2 timer) hvis ikke annet er angitt.

MELDING OM HAVARIET

Statens havarikommisjon ble varslet om ulykken kl. 1456, av en representant for Norges Luftsportforbund (NLF). Havarikommisjonen besluttet å ikke rykke ut til ulykkesstedet, men anmodet politiet om hjelp til å dokumentere ulykkesstedet og flyet, primært ved hjelp av fotografier. Det ble videre avtalt med NLF at flyet skulle demonteres og transporteres til Havarikommisjonens lokaler i Lillestrøm. LN-ELA ble avlevert hos Havarikommisjonen neste dag.

Underretning om ulykken ble sendt til den slovenske havarikommisjonen (Ministry of Infrastructure – Air, Maritime and Railway Accident and Incident Investigation Unit) og til EUs flysikkerhetsbyrå (EASA).

Den slovenske havarikommisjonen har bidratt med en akkreditert representant¹. Fabrikantene Pipistrel (luftfartøyet), EMRAX (motor) og EMSISO (motorstyringsenhet) har bistått med tekniske rådgivere.

Havarikommisjonen har i tillegg vært i dialog med havarikommisjonene i Nederland og Sveits, som samtidig undersøkte ulykker med Pipistrel Alpha Electro i sine land.

SAMMENDRAG

LN-ELA ble brukt til å demonstrere elektrisk drevne fly for politikere og andre interesserte under Arendalsuka 2019. På vei inn for landing på Arendal lufthavn Gullknapp, under siste del av en slik demonstrasjonsflyging, mistet flyet brått motorkraften. Det lyktes ikke fartøysjefen å få motoren i gang igjen, så han gjennomførte en nødlanding på Nordnestjønn 2 NM øst for flyplassen. Ingen av de to ombordværende kom til skade i nødlandingen. Flyet fikk forholdsvis beskjedne skader i selve landingen, men påfølgende vanninntrenging førte til omfattende skader.

¹ I henhold til internasjonale avtaler, som er nedfelt Luftfartsloven, kan havarikommisjonen i luftfartøyets produksjonsland utpeke en akkreditert representant som gis rett til å delta i undersøkelsen. Den akkrediterte representanten kan la seg bistå av tekniske rådgivere. Rådgiverne er som regel representanter fra fabrikanten. Bidragene fra akkreditert representant og rådgiverne har vært nyttige i undersøkelsen av ulykken med LN-ELA.

Statens havarikommisjon finner det mest sannsynlig at motorsvikten på LN-ELA ble forårsaket av at flyets strømstyringsenhet kuttet strømmen til motoren. Grunnen til dette var trolig overoppheting som følge av lavt væsknivå og luft i kjølesystemet.

Funn i undersøkelsen tyder på at det ble fylt på for lite kjølevæske i forbindelse med et motorskifte som ble utført av flyets vedlikeholdsorganisasjon i Norge. Medvirkende til dette var mangelfulle beskrivelser i prosedyren for fylling av kjølevæske i fabrikantens vedlikeholdshåndbok.

Havarikommisjonen fremmer fire sikkerhetstilrådinger som følge av undersøkelsen.

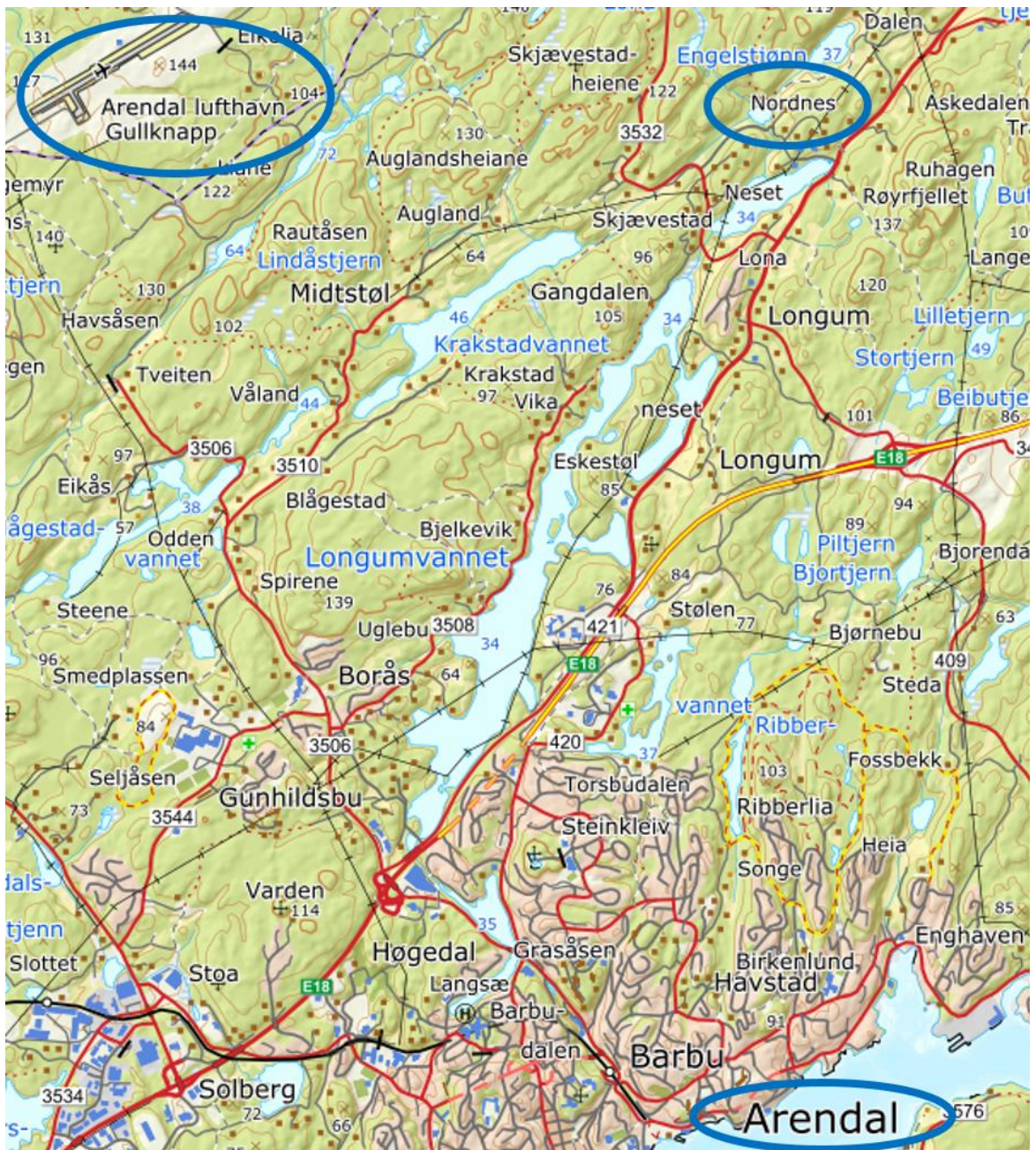
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Hendelsesforløp

- 1.1.1 LN-ELA var stasjonert på Arendal lufthavn Gullknapp, hvor det ble brukt til å demonstrere elektrisk drevne fly for politikere og andre interesserte under Arendalsuka 2019. Flygingene hadde en varighet på 10–15 minutter og gikk typisk ut på at man etter avgang satte kursen mot Arendal by og tok en runde over byen før kursen ble satt tilbake til Gullknapp.
- 1.1.2 Første flyging startet kl. 0900 om morgenen. Flyets batterier var da fulladet. De ble deretter ladet opp mellom flygingene. Før ulykkesturen hadde fartøysjefen gjennomført fem flyginger uten anmerkning. Kl. 1429 tok LN-ELA av fra Gullknapp. Turen besto også denne gangen i hovedsak av en kort runde over Arendal.
- 1.1.3 Ifølge fartøysjefen var innflyging og nedstigning mot Gullknapp påbegynt da flyet brått mistet motorkraften. Etter fartøysjefens anslag var høyden da om lag 800 ft over bakken. Han har forklart at det samtidig med motorsvikten kom et varsel i form av at en av de tre vertikale temperatursøylene på hovedinstrumentet for det elektriske framdriftssystemet (EPSI 570) lyste rødt. Så vidt han kunne huske i ettertid var det søylen som viste temperaturen i strømstyringsenheten (Power controller) som ga varsel. Flyet var i horisontal flygestilling og effektuttaket på motoren var 20–30 kW da hendelsen skjedde. Det var ifølge fartøysjefen ingen forvarsel før motorkraften forsvant.
- 1.1.4 Rett etter at motorkraften forsvant forsøkte fartøysjefen å få motoren i gang igjen ved å trekke gasshåndtaket tilbake til tomgang og deretter føre det forsiktig fremover igjen. Det resulterte i at motoren først ga litt effekt, for deretter å svikte igjen. Etter flere resultatløse forsøk bestemte fartøysjefen seg for å gi opp å få motoren i gang igjen og heller fokusere på å gjennomføre en nødlanding. Han sendte deretter nødmelding til lufttrafikkjentesten om dette.
- 1.1.5 Da motorkraften forsvant var flyet over et skogkledt område med få landingsmuligheter. Fartøysjefen hadde imidlertid tidligere merket seg noen åpne områder de hadde passert. Han så seg ut et jorde skrått bak flyet, som han mente kunne være egnet, og begynte på innflygingen til dette. Han informerte passasjerene om hva som skulle skje og hvordan hun skulle forholde seg.
- 1.1.6 I lav høyde, under siste del av innflygingen til jordet, oppdaget fartøysjefen at jordet skrånet så mye at han bedømte det som uegnet til å lande på. I den andre enden av jordet var det noen trær. Bak disse var det et lite vann.

- 1.1.7 Under innflygingen til jordet hadde LN-ELA en del overskuddshøyde. Fartøysjefen fløy derfor store deler av base og finale med sideslip². Da flyet kom fram til jordet og fartøysjefen så at det var uegnet nøytraliserte han rorutslagene som ga sideslip og brukte den reduserte gjennomsynkingen han da fikk til å fortsette forbi jordet og over trærne, før han landet på vannet (se figur 1).
- 1.1.8 Flyet slo rundt under landingen og kom til ro, flytende opp ned. Hverken passasjeren eller fartøysjefen ble skadet. Begge evakuerte flyet gjennom sidedørene på sine respektive sider og steg tørrskodd ut på hver sin vinge.
- 1.1.9 LN-ELA forble flytende og drev etter hvert mot bredden av vannet. Fartøysjefen gikk så ut i vannet og trakk flyet inntil land slik at passasjeren kunne gå direkte fra vingen og over på land. Han bukserte deretter flyet ytterligere inn på land så langt det lot seg gjøre (se figur 2), og gjennomførte SHUTDOWN checklisten. I tillegg slo han av flyets nødpeilesender, som var blitt utløst i landingen. Han ringte så til sine kontaktpersoner på Gullknapp og sendte bilde med GPS-posisjonen via mobiltelefonen.

² Sideslip betyr at man flyr med motsatte utslag på sideror og balanseror. Dette gjøres for å øke gjennomsynkingen.



Figur 1: Kartutsnitt som viser beliggenheten av Nordnestjønn i forhold til Arendal by og Arendal lufthavn Gullknapp (alle markert med blå ringer). Figur 14 i kapittel 1.12 inneholder et mer detaljert utsnitt av ulykkesstedet. Kart: © Kartverket. Markeringer: SHK



Figur 2: LN-ELA etter at flyet var blitt dratt delvis inn på land. Foto: Agder politidistrikt

- 1.1.10 Luftrafikkjenten på Gullknapp flyplass varslet nødetatene da de mottok nødanropet fra LN-ELA. Kort tid etter ulykken landet et helikopter fra Norsk Luftambulans ved tjernet og plukket opp de to ombordværende fra LN-ELA.
- 1.1.11 LN-ELA var utstyrt med ballistisk redningsfallskjerm (se kap. 1.6.5). På spørsmål fra Havarikommisjonen om bruk av denne svarte fartøysjefen at han generelt sett ikke ville benytte redningsfallskjermen om ikke flyet ble ukontrollerbart eller det av andre årsaker ikke var mulig å gjennomføre en normal glidelanding. Han ønsket ikke å benytte redningsfallskjermen dersom han ikke var helt nødt til det, fordi han da ville miste all kontroll over flyet og landingen.
- 1.1.12 Heller ikke da motoren på LN-ELA stoppet vurderte han det som aktuelt å bruke fallskjermen siden flyet var intakt og fortsatt kunne manøvreres. Han la til at flyets dokumentasjon ikke angir minimumshøyden for trygg utløsning av redningsfallskjermen. Det var heller ikke noe skilt i flyet eller opplysninger i flygehåndboken som informerte om dette.
- 1.1.13 Fartøysjefen har opplyst at han før hver flyging opplyste passasjerene om håndtaket for utløsning av redningsskjermen og at passasjerer skulle utløse den dersom flygeren skulle bli syk eller av andre årsaker ikke være i stand til å føre flyet.

1.2 Personskader

Tabell 1: Personskader

Skader	Besetning	Passasjerer	Andre
Omkommet			
Alvorlig			
Lett/ingen	1	1	

1.3 Skader på luftfartøy

Flyet ble betydelig skadet. Se nærmere beskrivelse i punkt 1.12.2. Instrumentene fikk også store vannskader.



Figur 3: Bilde av flykroppen, tatt i forbindelse med de første undersøkelsene i Statens havarikommisjons hangar. Foto: Statens havarikommisjon

1.4 Andre skader

Ikke registrert.

1.5 Personellinformasjon

1.5.1 Fartøysjef

- 1.5.1.1 Fartøysjefen var 65 år. Han hadde fløyet siden han var 19 år, og hadde erfaring som jagerflyger i Luftforsvaret og trafikkflyger i det sivile. På ulykkestidspunktet hadde han gyldig privatflygersertifikat med rettighet på Pipistrel Alpha Electro. Han hadde gyldig

legeattest uten medisinske begrensninger. Fartøysjefen har opplyst at han var uthvilt og opplagt da han møtte til dagens flyginger.

Tabell 2: Flygetid fartøysjef

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	1	1
Siste 3 dager		
Siste 30 dager		
Siste 90 dager	3	3
Totalt	12 000+	10

1.5.2 Vedlikeholdsansvarlig

1.5.2.1 En flytekniker tilknyttet NLFs organisasjon for ivaretagelse av kontinuerlig luftdyktighet, CAMO, var godkjent av Luftfartstilsynet som vedlikeholdsansvarlig. Den vedlikeholdsansvarlige hadde gjennomgått teknisk kurs hos Pipistrel i Slovenia. Han var også flyger med sertifikatrettighet på Pipistrel Alpha Electro.

1.6 **Luftfartøy**

1.6.1 Generelt om Pipistrel Alpha Electro

1.6.1.1 Flyfabrikanten Pipistrel d.o.o. har hovedkvarter i Ajdovščina i Slovenia. Fabrikanten har eksistert siden slutten av 1980-tallet og produserer hovedsaklig mikrolette fly, seilfly og lette sportsfly (Light Sport Aeroplanes).

1.6.1.2 Pipistrel Alpha Electro er en videreutvikling av Alpha Trainer som er en mer konvensjonell, stempelmotordrevet flytype primært beregnet på skoleflyging. I Norge er Pipistrel Alpha Trainer registrert i NLFs Mikroflyregister, mens fly av typen Alpha Electro har blitt registrert i Norges luftfartøyregister.

1.6.1.3 Alpha Electro er et lett, to-seters elfly med fast understell. De to setene er plassert sideved-side. Det er én dør på hver side av kabinen. Flyet er høyvinget og har T-hale. Vingespennet er 10,5 m. Strukturen er hovedsakelig bygget opp av komposittmaterialer basert på glassfiber, karbonfiber og kevlar. Maksimalt tillatt startmasse (MTOM) er ifølge flygehåndboken 550 kg, og steilehastigheten i landingskonfigurasjon er oppgitt til 38 kt³.

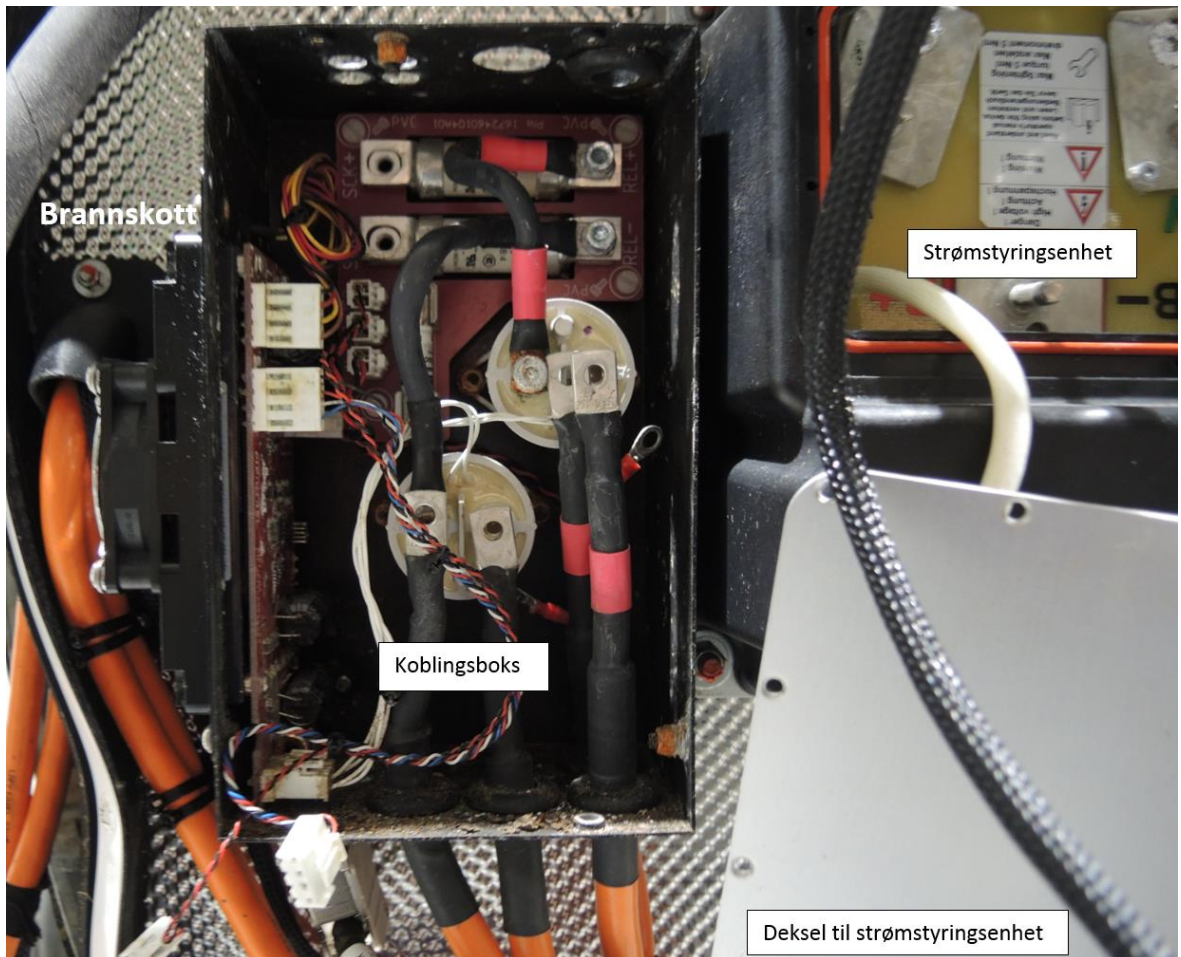
1.6.1.4 Flytypen drives av en 60 kW (80 hp) elektrisk motor med tre-bladers kompositpropell med fast stigning, der propellbladene ikke er vridbare. Flyet er utstyrt med litium-ionbatterier fordelt på to batteripakker som er plassert i egne avlukker i flykroppen, henholdsvis foran og bak kabinen. Utnyttbar batterikapasitet med fulladede batterier er 20,0 kWh. Det gir en beste flytid på opptil 80 minutter uten reserver. Avgang med ladestatus under 40 % er ikke tillatt.

1.6.1.5 Beste glidetall i tilfelle motorbortfall er 15:1. Glidetallet kan oppnås ved å holde beste glidehastighet som er 64 kt.

³ For å komme inn under EASAs definisjon av mikrolett fly må tilsvarende utstyrte fly ha en maksimalt tillatt startmasse som ikke overstiger 472,5 kg og en steilehastighet i landingskonfigurasjon på under 35 knop.

- 1.6.1.6 Pipistrel Alpha Electro er ulikt kategorisert og opereres i henhold til ulike luftdyktighetsbevis/flygetillatelser i ulike land. I Canada er flytypen for eksempel kategorisert som «Advanced ultra-light aeroplane». I Australia og New Zealand er den kategorisert som Light Sport Aircraft (LSA). I Frankrike og Sveits ble det utstedt flygetillatelse (Permit-to-fly) med referanse til EASA Flight Conditions for ikke-typesertifiserte luftfartøy. Også i Norge var flytypen plassert i kategorien for luftfartøy uten typesertifikat, med henvisning til Annex II i EUs basisforordning (EF) 216/2008⁴, se punkt 1.6.7 for ytterligere detaljer.
- 1.6.1.7 EASAs konstruksjonsbestemmelser for typesertifisering av lette sportsfly er gitt i CS-LSA. I en kommentar til Havarikommisjonen har Pipistrel informert om at de ikke har søkt EASA typesertifisering av Alpha Electro.
- 1.6.2 Beskrivelse av flyets elektriske fremdriftssystem
- 1.6.2.1 300–400 V likespenning fra hovedbatteriene går inn til en koblingsboks (junction box) festet til brannskottet i motorrommet. Koblingsboksen inneholder flyets hovedreléer og en spenningsomformer. Omformerer forsyner blant annet enheter som motorens hovedinstrument (EPSI 570), vannpumpe, avionikk og gasshåndtak med 12 V likespenning. I tillegg er det montert et 12 V reservebatteri under instrumentpanelet.
- 1.6.2.2 Ved siden av koblingsboksen sitter strømstyringsenheten. Det er en EMSISO Power Controller som får likestrøm fra hovedbatteriene via koblingsboksen. Enheten har en omformer som leverer 400 V, 3-fase vekselspanning til flyets motor. Strømstyringsenheten er videre koblet til motorens hovedinstrument (EPSI 570) og gasshåndtaket.

⁴ EU har erstattet forordning (EF) 216/2008 med ny basisforordning (EU) 2018/1139. I den nye forordningen er luftfartøy uten typesertifikat plassert i Annex I.



Figur 4: Brannskottet med koblingsboks og strømstyringsenhet. På bildet er lokket til koblingsboksen og dekselet til strømstyringsenheten avmontert. Foto: Statens havarikommisjon

1.6.2.3 El-motoren er en væskekjølt 3-fase permanent magnetisert vekselstrømsmotor (synkronmotor). Maksimalt tillatt effektuttak i forbindelse med avgang er 60 kW. Maksimalt tillatt kontinuerlig effektuttak er 50 kW. Anbefalt effektuttak ved marsjart er 20–30 kW.

1.6.2.4 I flygehåndbokens kapittel 3 «Limitations» står følgende advarsel om motoren i avsnittet «Powerplant limitations»:

WARNING! The motor is not certified for aviation use, therefore, there is no assurance it cannot fail in its operation at any given moment, without prior notice.

1.6.2.5 Propellen er koblet direkte på motoren uten gearing. Normalt turtallsområde er 0–2 400 rpm. Maksimalt tillatt turtall er 2 500 rpm.

1.6.2.6 På midtkonsollen under instrumentpanelet finnes «Cockpit electrical system panel» som inneholder elektriske brytere og sikringer (se figur 5). Her sitter blant annet fire brytere:

- MASTER – hovedbryteren for strøm
- AVIONICS – bryter for å koble strøm til instrumentene

- BATT EN⁵ – bryter for å koble til batteripakkene
- PWR EN – bryter for å koble til motoren

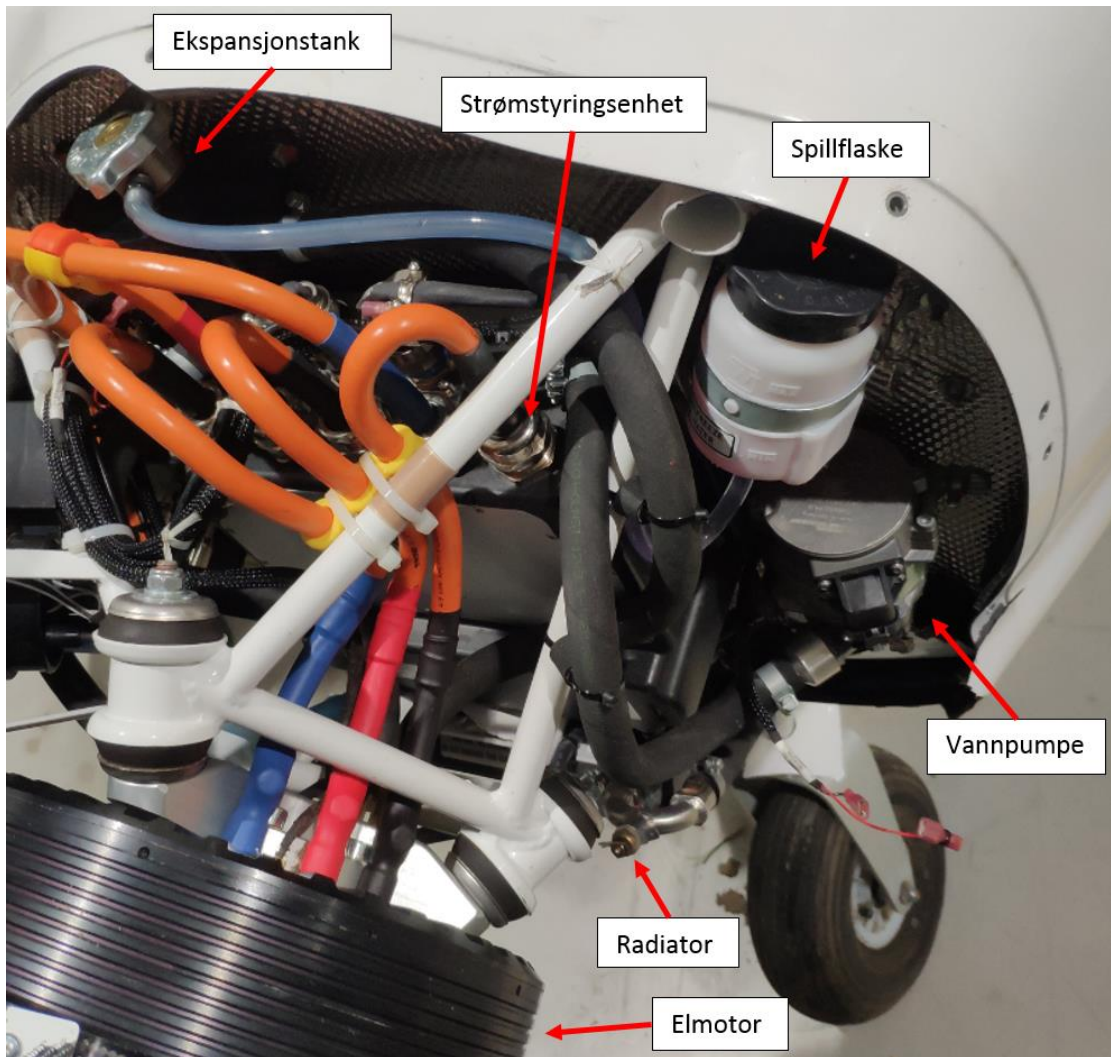


Figur 5: Cockpit electrical system panel. Foto: Statens havarikommisjon

- 1.6.2.7 Flygeren regulerer motorkraften ved hjelp av et enkelt gasshåndtak (throttle lever) som er plassert mellom setene på kabingulvet nedenfor Cockpit electrical system panel.
- 1.6.3 Kjølesystemet
- 1.6.3.1 Motoren og strømstyringsenheten på Alpha Electro er væskekjølt. Kjølevæsken sirkuleres ved hjelp av en elektrisk vannpumpe i et lukket kjølesystem. En radiator (cooler) er plassert i nedre fremre del av flynesen. Den har åpning mot luftstrømmen under propellen (se figur 6). Systemet har en ekspansjonstank med avtakbart lokk og en spillflaske i plast (overflow bottle), som også har avtakbart lokk. Ekspansjonstankens lokk har fjærbelastet ventilering som både slipper ut overtrykk, og kan slippe tilbake luft ved undertrykk i systemet. Lokket er forbundet til spillflasken via en gjennomsiktig plastslange for oppsamling av eventuell kjølevæske som måtte komme ut av ekspansjonstanken (se

⁵ EN står her og på neste bryter for ENABLE (muliggjør eller aktivér).

figur 6). Ifølge vedlikeholdshåndboken⁶ har systemet en kapasitet på 1 liter væske. Den skal bestå av en 50/50-prosent blanding av frostvæske og vann⁷.

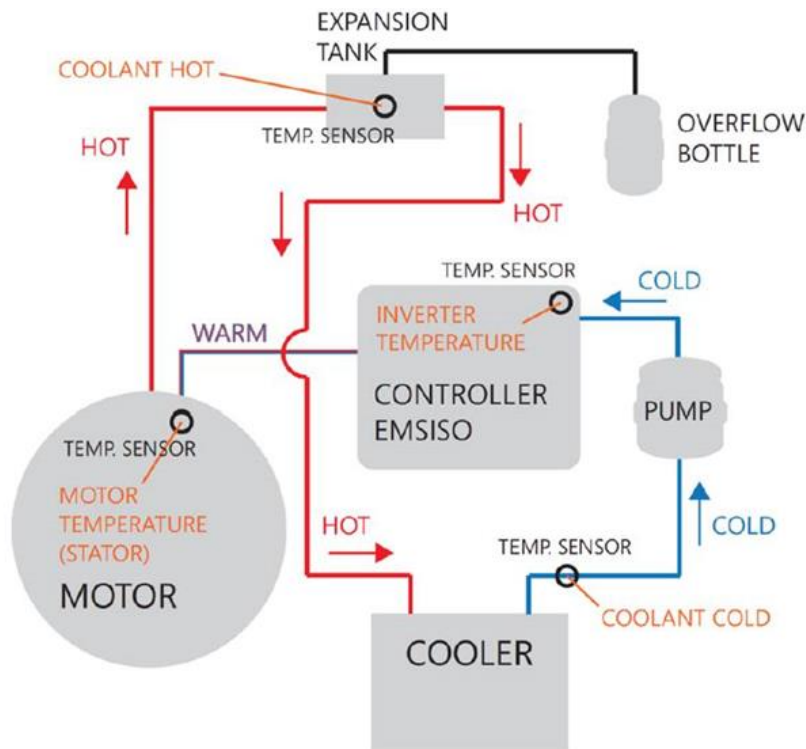


Figur 6: Motorinstallasjonen i LN-ELA med hovedkomponentene i kjølesystemet. Foto: Pipistrel

1.6.3.2 Kjølesystemet har en rekke temperaturgivere. Figur 7 viser en prinsippskisse av kjølesystemet som også markerer områdene hvor det er plassert temperaturgivere.

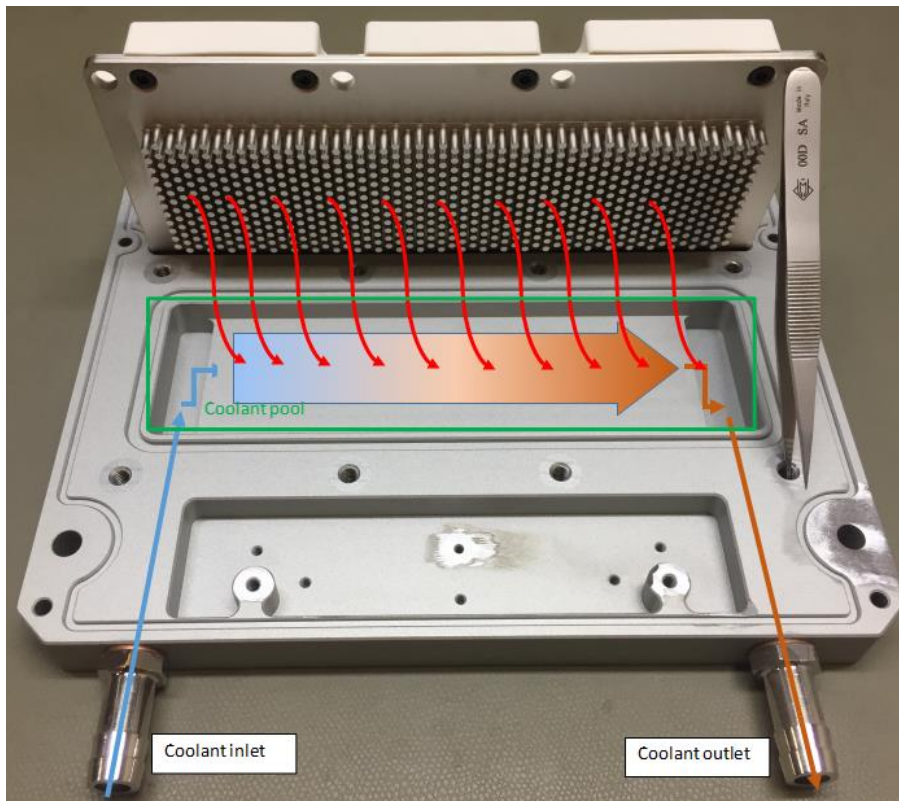
⁶ Alpha Electro Aircraft Maintenance Manual 12-10 *Replenishing*, 1. *Description*, Table 12-001 (AMM-167-00-60-001, Rev B00, January 26, 2018).

⁷ Ifølge Pipistrels opplysninger til Havarikommisjonen skal væskevolumet være 0,9 liter.



Figur 7: Prinsippskisse av kjølesystemet. På denne skissen er det markert én temperatursensor på strømstyringsenheten (Controller Emisiso). I realiteten har denne enheten til sammen fire sensorer. Illustrasjon: Pipistrel

- 1.6.3.3 Strømstyringsenheten har til sammen fire sensorer, hvorav tre sitter i tilknytning til hver sine respektive halvledere (IGBT) i hvert av tre elektronikk-kamre. Den fjerde temperatursensoren er plassert på det varmeste punktet på utsiden strømstyringsenhetens kondensator-enheter (capacitor housing). Figurene 8 og 9 viser prinsippet for kjøling av strømstyringsenhetens elektronikkamre, og plasseringen av de tre IGBT-transistorene med hver sin temperatursensor.



Figur 8: Prinsippet for væskekjøling av strømstyringsenhetens elektronikkamre. Det er tre elektronikk-kamre på oversiden av «lokket» som har kjøleribber på undersiden. Disse kamrene er vist på figur 9. Illustrasjon: EMSISO



Figur 9: De tre elektronikk-kamrene i strømstyringsenheten. Tre IGBT-transistorer med tilhørende temperatursensorer er markert med rød ring. Illustrasjon: EMSISO

- 1.6.3.4 Fabrikanten (EMSISO) har opplyst at dersom strømstyringsenheten blir overopphetet vil den kunne gå i feilmodus og redusere eller kutte motorkraften. Den må i så fall resettes før den kan levere strøm til motoren igjen. Ifølge EMSISO kan enheten også gå i feilmodus dersom det registreres for store forskjeller mellom de individuelle temperaturgiverne. Fabrikanten har informert om at denne type feilmodus kan oppstå. Se punkt 1.6.3.7 og advarsel under punkt 1.6.6.4 *Drive temperature sensor failure*.

1.6.3.5 Ifølge kapittel 2 «Limitations» i flygehåndboken gjelder følgende temperaturbegrensninger:

Motor

Maksimal driftstemperatur: 95 °C

Maksimal utetemperatur: 40 °C

Strømstyringsenhet

Maksimal driftstemperatur: 65 °C

Maksimal utetemperatur: 40 °C

Batterier

Maksimal driftstemperatur: 55 °C

Maksimal batteritemperatur ved avgang: 40 °C

1.6.3.6 Pipistrel har opplyst til Havarikommisjonen at det er svært viktig å påse at kjølesystemet er tilstrekkelig fylt og at det ikke danner seg luftlommer i systemet. Fabrikanten har forklart Havarikommisjonen at påfylling av kjølevæske er en omstendelig og tidkrevende prosedyre, hvor systemet må sirkuleres, luftes og etterfylles gjentatte ganger for å sikre at det ikke er igjen luft. Dette var imidlertid ikke beskrevet i vedlikeholdshåndboken.

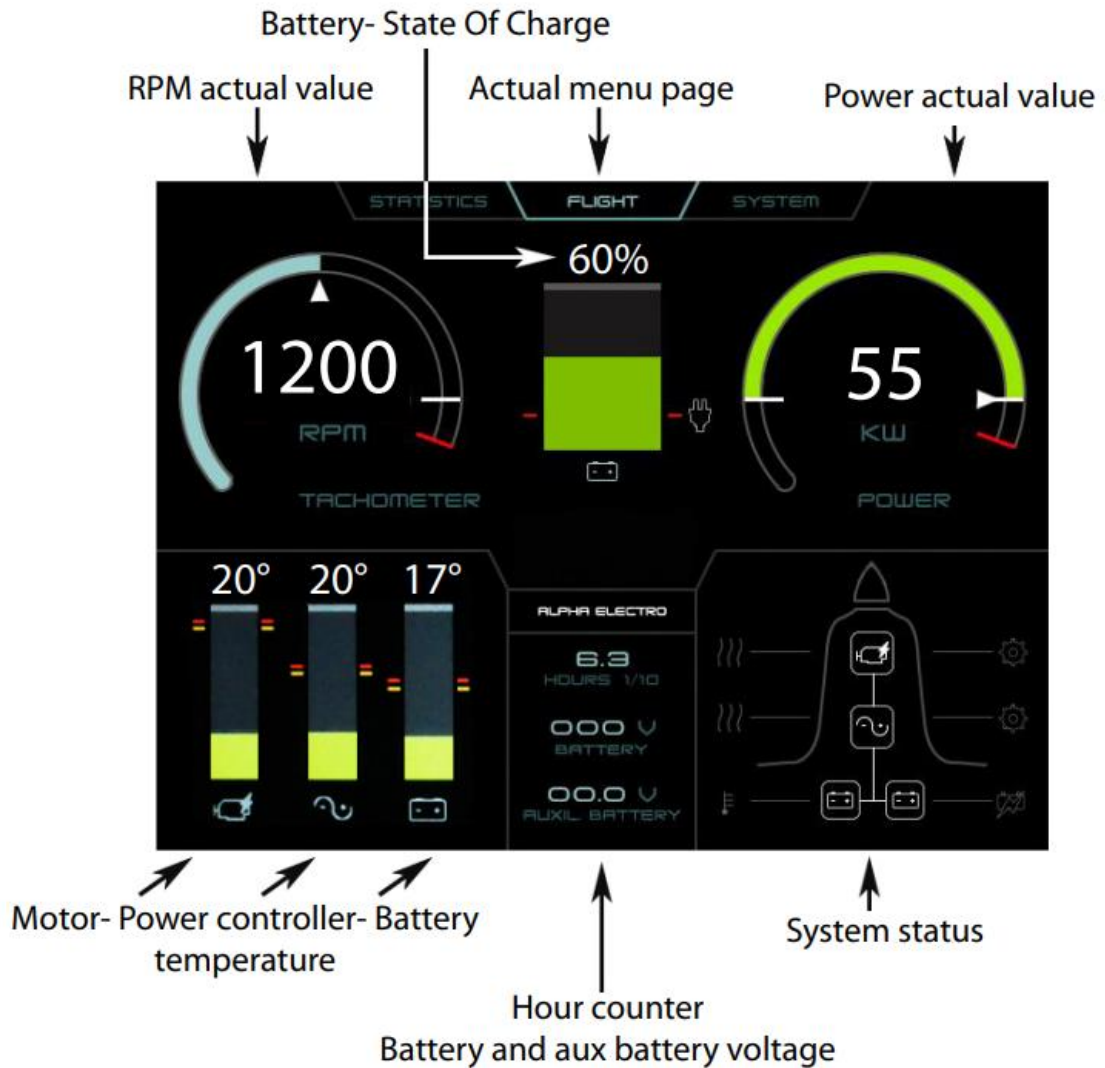
1.6.3.7 Ifølge EMSISO vil en luftlomme som legger seg i kjølekammeret til strømstyringsenheten kunne føre til lokal overoppheting av én temperatursensor, noe som igjen resulterer i sprik mellom sensorenes temperaturmålinger slik at enheten går i feilmodus og kutter strømmen til motoren.

1.6.4 EPSI 570

1.6.4.1 EPSI 570 er et elektronisk instrument for overvåking av parameterne for elmotor-, batteri- og kjølesystemene. I flymodus brukes instrumentet til overvåking av:

- Motorturtall
- Kjølesystemtemperatur
- Batterienes ladestatus
- Batteritemperatur
- Batteritilstand (battery state of health)

Instrumentet gir også advarsler og feilmeldinger ved eventuelle problemer knyttet til elmotorsystemet.



Figur 10: Illustrasjon fra flygehåndboken som viser hvordan EP51 570 typisk kan se ut i flymodus. Ifølge fartøysjefen på LN-ELA var det den midterste av de tre temperatursøylerne i nedre venstre hjørne på skjermen (Power controller temperature) som steg og endret farge til rødt. Illustrasjon: Pipistrel

- 1.6.4.2 I tillegg har EP51 570 funksjoner/sider for statistikk og diagnostisering som blant annet brukes i forbindelse med vedlikehold.
- 1.6.5 Redningsfallskjerm – BPRS
- 1.6.5.1 Flytypen er utstyrt med en ballistisk redningsfallskjerm av typen Galaxy GRS Ballistic Parachute Rescue System (BPRS). Fallskjermen er plassert i en egen beholder bak cockpit. Den utløses fra cockpit ved hjelp av et håndtak over seteryggene (se figur 11). En pyroteknisk ladning skyter skjermen opp fra flyet. Hele flyet daler deretter ned i redningsfallskjermen.
- 1.6.5.2 Pipistrel har ikke angitt noen minimumshøyde for trygg utløsning av redningsfallskjermen. Ifølge flygehåndboken for Alpha Electro tar det 3,2 sekunder fra redningsfallskjermen utløses og til den er fullt åpnet. Pipistrel har informert Havarikommisjonen om at «PRS – Galaxy Rescue System Manual for Assembly and Use» indikerer at trygg minstehøyde for fly i denne kategorien er mellom 180 ft og

250 ft. Pipistrels flygehåndbok inneholder en referanse til ovennevnte manual, men inneholder ikke informasjonen om minstehøyde eller andre begrensninger.

1.6.5.3 I flygehåndboken er det listet opp eksempler på situasjoner hvor bruk av redningsfallskjermen er et alternativ:

- struktursvikt
- kollisjon i luften
- tap av kontroll over flyet
- motorsvikt over ugjestmildt terreng
- dersom piloten får et illebefinnende



Figur 11: Håndtaket for utløsning av redningsfallskjermen. Foto: Statens havarikommisjon

1.6.5.4 Det gis også en advarsel om at man etter å ha utløst fallskjermen ikke lenger har noen kontroll over landingen:

As a pilot you should know that the phase following parachute deployment is unpredictable. If in such a situation for the first time, understand that determining where to land and doing so properly is out of your control.

1.6.5.5 Ikke utløst redningsskjerm med tilhørende pyroteknisk ladning kan utgjøre en fare for redningspersonell som ankommer et ulykkessted. Denne tematikken belyses ikke nærmere i denne undersøkelsen, men vil være tema i rapporten etter undersøkelsen av ulykken med LN-YZU som skjedde 10. juli 2020.

1.6.6 Relevante sjekklister

1.6.6.1 *Normal procedures – Daily inspection / Pre-flight inspection*

Sjekklisten for *daglig ettersyn* og sjekklisten for *ettersyn før hver flying* er likelydende.

Begge sjekklister inneholder blant annet følgende punkter:

Motor, motor cover

Cooling fluid level: expansion tank full, overflow bottle between min and max

Radiators and hoses: no mechanical damage and/or leakage

Fastener and motor cover screws: tightened, motor cover undamaged

I innledningen til denne sjekklisten understrekes viktigheten av at fartøysjefen gjennomfører sjekklisten på en «*utmost thorough and precise manner*».

Det lå en laminert en kopi av sjekklisten *Daily inspection / Pre-flight inspection* om bord i flyet.

Det er ikke mulig å utføre sjekklisterpunktene uten å skru av motordekslet, som er festet med 12 skruer. På spørsmål fra Havarikommisjonen har vedlikeholdsansvarlig for LN-ELA opplyst at det var komplisert og tidkrevende å skru av og på motordekslet for å få utført sjekklisterpunktene. Havarikommisjonens undersøkelse tyder på at det ikke var vanlig praksis å skru av motordekslet⁸. Videre har undersøkelsen avdekket at fokuset synes å ha vært på væsknivået i spillflasken og ikke i ekspansjonstanken de gangene væsknivået ble undersøkt.

23. januar 2019 utga Pipistrel en servicemeddelelse, SB-167-002, hvor det ble beskrevet en fire-steps kontroll for å verifisere at kjølepumpen fungerte slik den skulle før avgang. Pipistrel begrunnet innføringen av funksjonssjekken for kjølepumpen slik:

To avoid rapid unnoticed temperature rise of the inverter in critical stages of flight (i.e. during take-off and climb-out) we are recommending an additional pre-departure check-list item to be performed.

Fabrikanten anbefalte at denne sjekken skulle utføres ved hvert ettersyn før hver flyging inntil neste software-oppdatering var blitt installert. Vedlikeholdsansvarlig har forklart at han etter å ha mottatt servicemeddelelsen sendte en e-post med kopi av denne til hver enkelt av de som fløy LN-ELA. Videre la han inn en ekstra kopi i flyet, samt refererte til servicemeddelelsen i NLFs vedlikeholdsdokumentasjon. På ulykkestidspunktet var denne software-oppdateringen ikke blitt mottatt.

1.6.6.2 *Emergency procedures – Motor failure*

Flygehåndboken inneholder to sjekklister med overskriften *Motor Failure*. Én for motorstopp i forbindelse med avgang eller rett etter avgang, og én for motorstopp under stigning. Begge disse sjekklister omhandler gjennomføring av nødlanding, men ikke restart av motoren. Det finnes med andre ord ingen egen nødsjekklister som også inneholder en beskrivelse av hvordan motoren kan restartes.

⁸ Fartøysjefen på LN-ELA har bekreftet at motordekslet ikke ble skrudd av før ulykkesturen.

1.6.6.3 *Emergency procedures – EPSI 570 Failure*

Without power to the motor: Look for a spot to carry out a safe outlanding. If practical check the circuit breakers, disengage the system's four main switches, power lever to cut-off, and attempt a restart.

1.6.6.4 *Emergency procedures – EPSI 570 user action guide*

Det følgende er relevante utdrag fra «EPSI 570 user action guide»:

Warning	User action
Drive overtemperature	<p>This error appears when the maximum power controller or motor temperature is exceeded:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduce power - Monitor temperature - If temperature doesn't drop abort mission
Drive temperature sensor failure	<p>WARNING!!! The power controller may reduce power to 0 if and when sensor failure happens.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduce power - Abort mission
Coolant sensor failure	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce power - Abort mission

1.6.6.5 *Emergency procedures – Emergency landing*

1. *Master switch OFF*
2. *Fasten your seat harness tightly*
3. *Approach and land with extreme caution with +10 km/h (+5 kts) airspeed reserve if the chosen landing terrain length permits.*
4. *Leave the aircraft immediately after landing.*

1.6.6.6 *Sjekkliste for start av motor*

For å restarte motoren, må man bruke den ordinære sjekklisten for motorstart. Denne sjekklisten finnes i flygehåndbokens kapittel 2 *Aircraft and Systems*, side 2-5:

Motor start-up

PWR CTR BREAKER – PUSH

MASTER SWITCH – ON

AVIONICS SWITCH – ON

POWER ENABLE SWITCH – ON

Other switches – ON as desired

I kapittel 7 *Normal Procedures* er det et avsnitt under overskriften *Motor start-up*, med referanse til ovennevnte sjekkliste, hvor det fremgår at motoren ikke vil starte dersom ikke gasshåndtaket står i tomgangsposisjon («idle»).

1.6.6.7 *Norsk Luftsportforbund – Non-normal checklist – LN-ELA*

NLF hadde utarbeidet sine egne sjekklister til bruk i LN-ELA. Figur 12 viser sjekklister for nødsituasjoner:

LN-ELA

- **Parking brake** – set
- **BPRS** – insert safety pin

NON-NORMAL CHECKLIST

Best glide speed = 64KIAS

Min sink speed = 58KIAS

Motor Failure

1. Fly the aircraft
2. Speed – 64KIAS
3. Master sw - ON
4. Battery Enable sw – ON
5. Throttle – idle, then add power

NOTE: the engine restart procedure is a reset procedure. Attempt to reset the system.

Emergency Landing

1. Time permits, inform ATC (MAYDAY + SQ7700)
2. Power Enable sw – OFF
3. Battery Enable sw – OFF
4. Avionics sw – OFF
5. Master sw – OFF
6. Harness – tightened
7. Vref – 45KIAS (???)

Fire or Smoke

1. Fly the aircraft
2. Master sw – OFF

3. Open all cabin vents
4. Perform side-slip in direction opposite to the fire
5. Time permits – perform Emergency Landing procedure
6. Leave the aircraft immediately after landing

Battery Failure

1. Land as soon as possible

NOTE: power output will be reduced to 35kW and SOC by 50%

Power Lever Communication Failure

1. Land as soon as possible
2. When landing spot within glide cone – pull the PWR CTRL C/B

EPSI570 Failure – Without power to the motor

1. C/B – checked
2. Power Enable sw – OFF
3. Battery Enable sw – OFF
4. Avionics sw – OFF
5. Master sw - OFF
6. Throttle – idle
7. Attempt a restart

EPSI570 User Action

For all warnings:

1. Reduce power
2. Land as soon as possible

Dato: 09/06-2018, Rev: 02 2/2

Figur 12: NLFs sjekklister for nødsituasjoner. NLFs sjekklister var om bord i LN-ELA da ulykken skjedde. Foto: Statens havarikommisjon

1.6.7 LN-ELA

LN-ELA ble produsert i 2018 og importert nytt til Norge. Flyet var registrert i Norges luftfartøyregister. Det fikk «Særskilt luftdyktighetsbevis (Special Certificate of Airworthiness)» for luftfartøy uten typesertifikat med henvisning til Annex II i EUs basisforordning (EF) 216/2008. Det går ikke fram av luftdyktighetsbeviset hvilken av de ti luftfartøykategoriene i Annex II Pipistrel Alpha Electro tilhørte (se vedlegg B).

I luftdyktighetsbeviset klassifiserte Luftfartstilsynet videre LN-ELA i luftdyktighetsklasse «Experimental».

LN-ELA ble operert i henhold til «Pilot's Operating Handbook – applies to ALPHA Electro 167 aircraft operated outside the scope of EASA PFT».

Flyet ble i stor grad brukt til å promotere elfly i Norge. Da ulykken skjedde hadde flyet akkumulert en total flytid på om lag 58 timer.



Figur 13: LN-ELA. Foto: Richard Toft

1.6.7.1 *Masse og balanse*

LN-ELA var godkjent for en maksimalt tillatt startmasse på 560 kg. Luftfartstilsynet hadde godkjent denne økningen på 10 kg i forståelse med fabrikanten. Fremre og bakre tyngdepunktsbegrensning er henholdsvis 195 mm og 368 mm bak forkanten av vingeroten. Fartøysjefen har opplyst at LN-ELA hadde en startmasse på 520 kg ved avgangen fra Gullknapp, og at flyet var lastet innenfor de gjeldende tyngdepunktsbegrensningene.

1.6.7.2 *Motorbytte*

I forbindelse med et ettersyn vinteren 2019 oppdaget vedlikeholdsansvarlig at motoren «subbet» da den ble dreid. Han mente at «subbingen» kunne være tegn på noe trange

toleranser ved lave temperaturer og kontaktet fabrikanten som tilbød seg å ta tilbake motoren og sende en ny.

Motorbyttet ble utført i januar 2019 av vedlikeholdsansvarlig, assistert av en medhjelper. Medhjelperen hadde også gjennomført det tekniske kurset hos Pipistrel.

Havarikommisjonen intervjuet de to teknikerne og forela dem beskrivelse av funn fra de tekniske undersøkelsene av LN-ELA (se kapittel 1.16.1). De kommenterte disse som følger:

Gjenbruk av slanger for kjølevæske: Tatt i betraktning at flyet hadde vært i bruk i knapt et halvår fra da det var fabrikknytt og at slangene virket å være i svært god stand, ble det besluttet å ikke kassere dem. Slangene ble derfor brukt om igjen. Vedlikeholdsansvarlig har også bemerket at det ikke fulgte nye slanger med den nye motoren.

Påfylling av kjølevæske: Kjølevæske var et av de siste punktene på listen etter at den nye motoren var montert og slangene var på plass. De fylte på til ekspansjonskammeret var fullt og regnet med at dette var tilstrekkelig. De visste ikke at det var nødvendig å lufte systemet og etterfylle i flere omganger for å sikre at det ikke var igjen noe luft i systemet. Vedlikeholdshåndboken foreskrev at systemet skulle etterfylles, men inneholdt ingen detaljert beskrivelse av hvordan det skulle gjøres. Det aktuelle kapitlet⁹ hadde heller ingen henvisning til tabellen¹⁰ som viser væskemengde.

Ulykkesturen med LN-ELA var flyging nummer 45 etter motorbyttet. I denne perioden var det ikke gjort anmerkninger om kjølevæsknivå og det var heller ikke etterfylt væske.

1.6.7.3 *Motorstopp tre uker før ulykken*

Tre uker før ulykken fikk LN-ELA motorstopp i forbindelse med avgang fra Kjeller flyplass (ENKJ) med annen flyger. Avgangen ble avbrutt før flyet kom i luften. Utetemperaturen skal ha vært rundt 30 °C da dette skjedde. Motoren stoppet brått og det kom et varsel om overoppheting.

Flygeren kontaktet vedlikeholdsansvarlig som ba han sjekke nivået på kjølevæsken etter at systemet var blitt kaldt igjen. På grunn av en misforståelse var det væsknivået i spillflasken som ble sjekket. Lokket på ekspansjonstanken ble ikke tatt av. Væsknivået i selve kjølesystemet ble dermed ikke avlest.

Før LN-ELA ble satt i drift igjen, tok NLF kontakt med Pipistrel og beskrev hendelsen. De sendte også bilde som viste en blanding av kjølevæske og luft i det gjennomsiktige plastrøret som går fra ekspansjonstanken til spillflasken (se figur 6). Pipistrel foreskrev deretter en test som skulle utføres for å sjekke at strømstyringsenheten kuttet ut ved riktig temperatur. Hvis denne testen var vellykket kunne flyet settes i drift igjen. Testen ble utført med godkjent resultat, og LN-ELA ble satt i drift på ny.

⁹ Aircraft Maintenance Manual 75-20 *Liquid Cooling*

¹⁰ Aircraft Maintenance Manual Table 12-001 i kapittel 12-10 *Replenishing*

1.7 Været

1.7.1 Rundt ulykkestidspunktet var det gjort følgende rutinemessige værobservasjon fra Arendal lufthavn Gullknapp:

METAR ENGK 141250Z 250009KT 9999 SCT049 19/06 Q1008=

1.7.2 Observasjonen viser at det var pent vær og god sikt med spredte skyer i 4900 ft og lett vestlig bris. Temperaturen var 19 °C og barometertrykket 1008 hPa.

1.8 Navigasjonshjelpemidler

Ikke relevant.

1.9 Samband

I forbindelse med oppstart før avgang opprettet LN-ELA samband med AFIS-enheten på Arendal lufthavn Gullknapp. Denne radioforbindelsen ble opprettholdt under hele flygingen. Klokken 1438 mottok Gullknapp Information nødansrop (MAYDAY) fra LN-ELA. Fartøysjefen informerte om at flyet hadde fått motorsvikt og at de ikke ville nå fram til flyplassen. Han oppga posisjonen og sa at han hadde sett seg ut en lysning hvor de ville forsøke å nødlande. Gullknapp kvitterte for å ha mottatt meldingen, og la til at nødetatene ville bli varslet.

1.10 Flyplasser og hjelpemidler

1.10.1 Arendal lufthavn Gullknapp (ENGK) er lokalisert i Froland kommune i Agder. Lufthavnen er privat eiet og drevet.

1.10.2 Gullknapp ligger om lag 10 km nord-nordvest for Arendal sentrum. På dagtid har flyplassen betjent trafikkinformasjonsstjeneste (AFIS).

1.10.3 Flyplassens rullebane er 1 199 m lang og har retningene 05 og 23. Høyden er 415 ft over havnivå.

1.11 Flyregistratorer

1.11.1 LN-ELA var ikke utstyrt med ordinær ferdskriver eller taleregistrator. Det er heller ikke noe forskriftskrav at flyet skulle ha slikt utstyr. Flyet hadde følgende utstyr med datalagringsmuligheter:

- GPS – navigasjonssystem
- FLARM – antikollisjonssystem
- EPSI 570 – systemovervåking av motor og batterier

1.11.2 De to førstnevnte kan registrere informasjon om selve flygingen, så som kurs, høyde og bakkehastighet, mens EPSI 570 kan registrere tekniske data om motor, batterier og øvrig driftssystem. I den innledende fase av undersøkelsen sikret Statens havarikommisjon seg minnebrikkene fra GPS og EPSI 570. FLARM hadde ikke vært i bruk, og mens det var lagret noe data på GPS-brikken viste det seg at EPSI 570-brikken var tom.

- 1.11.3 Pipistrel har forklart at registrering på den interne minnebrikken i EPSI 570 ikke var aktivert fordi det var meningen å lagre tekniske data på en separat data-logger i stedet. NLF hadde bestilt en slik data-logger, men mottok den ikke før etter at ulykken hadde skjedd. Havarikommisjonen har dermed ikke hatt støtte i elektroniske data om motor, batterier og øvrig driftssystem fra EPSI 570 i denne undersøkelsen.

1.12 Havaristedet og flyvraket

1.12.1 Havaristedet

- 1.12.1.1 Nødlandingen på Nordnestjønn ble foretatt i nordøstlig retning. LN-ELA passerte først langs et smalt jorde som ligger inntil tjernet. Jordet er i underkant av 200 meter langt. Mellom jordet og tjernet var det enkelte trær. Målt fra tjernets bredde nærmest jordet er det en avstand på om lag 125 meter til det stedet hvor flyet kom inntil land.



Figur 14: Kartutsnitt som viser Nordnestjønn og jordet LN-ELA fløy over før landingen i tjernet. Den røde sirkelen markerer området hvor flyet drev i land. Kart: © Kartverket. Markering: Statens havarikommisjon

- 1.12.1.2 Figur 2 i avsnitt 1.1.9 viser hvordan flyet ble liggende ved bredden av tjernet. Det var mulig å kjøre kranbil helt fram til bredden. Før flykroppen ble heist opp av vannet, ble vingene avmontert. Flyet ble deretter plassert i sin egen henger og transportert til Havarikommisjonens lokaler.

1.12.2 Flyvraket

- 1.12.2.1 Bortsett fra omfattende vannskader fikk LN-ELA forholdsvis beskjedne synlige skader av selve landingen på vannet. Propellen og propellspinneren var ødelagt og øvre og nedre motordeksel var skadd. Neshjulsleggen var bøyd og alle tre hjulkåpene var revet av. Det var i tillegg enkelte mindre skader på vingene, inkludert en rift på undersiden av venstre

vinges flaperon¹¹. Motorrom, fremre driftsbatteri og instrumenter fikk store vannskader (se figur 3).

- 1.12.2.2 Nærmere beskrivelse av Havarikommisjonens tekniske undersøkelser er gitt i avsnitt 1.16.1.

1.13 Medisinske og patologiske forhold

Politiet som kom til ulykkesstedet foretok rutinemessig utåndingsprøve av fartøysjefen. Resultatet var negativt.

1.14 Brann

Det oppsto ikke brann i forbindelse med ulykken. Se avsnitt 1.18.1 om potensiell brannfare fra flyets batteripakker.

1.15 Overlevelsesaspekter

- 1.15.1 Flyet ble ikke vesentlig synlig skadet av selve nødlandingen, noe som tyder på relativt beskjedne deselerasjonskrefter. Begge om bord brukte sikkerhetsbelter¹². Kabinen ble ikke deformert og overlevelsesrommet var dermed intakt.
- 1.15.2 En fungerende dør på hver side og en intakt kabin tilrettela for evakueringen av flyet. En kompliserende faktor var at de ombordværende ble hengende opp ned i sikkerhetsbeltene etter landingen. Kabinen ble imidlertid ikke fylt med vann. Dermed ble det ikke tidskrittisk å få løsnet sikkerhetsbeltene og komme seg ut. Fordi flyet holdt seg flytende og drev mot land, ble det ikke nødvendig å svømme.
- 1.15.3 Flyets nødpeilesender ble utløst av landingen på tjernet. Signalene ble oppfanget av det satellittbaserte søk- og redningssystemet Cospas-Sarsat og videresendt til Hovedredningssentralen Sør-Norge.

1.16 Spesielle undersøkelser

1.16.1 Tekniske undersøkelser av flyet – relevante funn

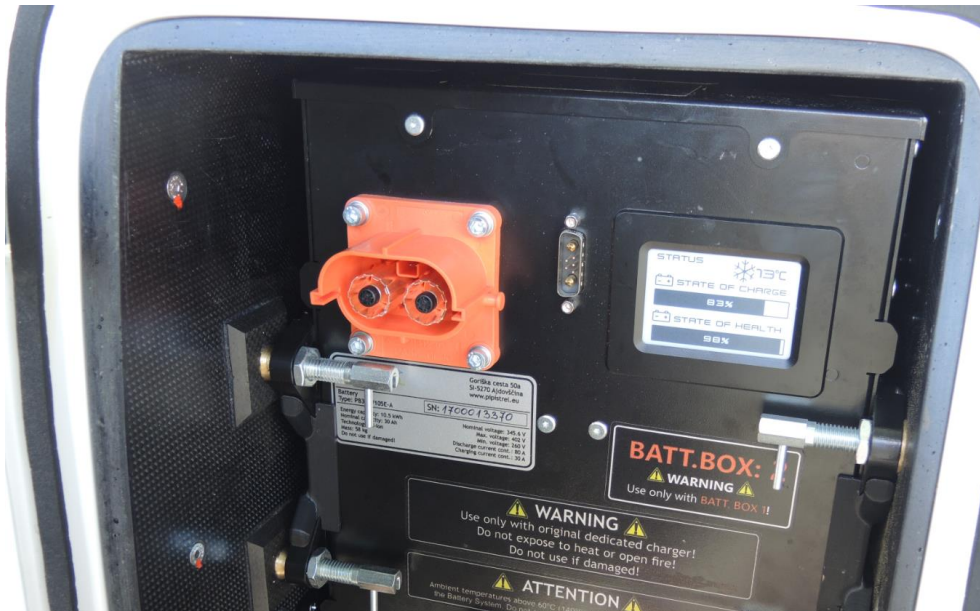
- 1.16.1.1 Da LN-ELA ankom Havarikommisjonens lokaler på Kjeller ble driftsbatteriene avlest før de ble utmontert og lagret i henhold til anbefalinger tilsendt fra fabrikanten. De avleste verdiene tydet på at begge batteripakkene var tilstrekkelig oppladet og at batteritilstanden var svært god. Fremre batterirom hadde vært under vann og batteripakken bar spor av å ha ligget under vann. Den bakre batteripakken så ikke ut til å ha vært eksponert for vann.

¹¹ Flaperon er rotorflater på vingene som har en kombinert funksjon som både balanseror og flaps.

¹² 3-punkts H-seler (hoftebelte og en sele over hver skulder)



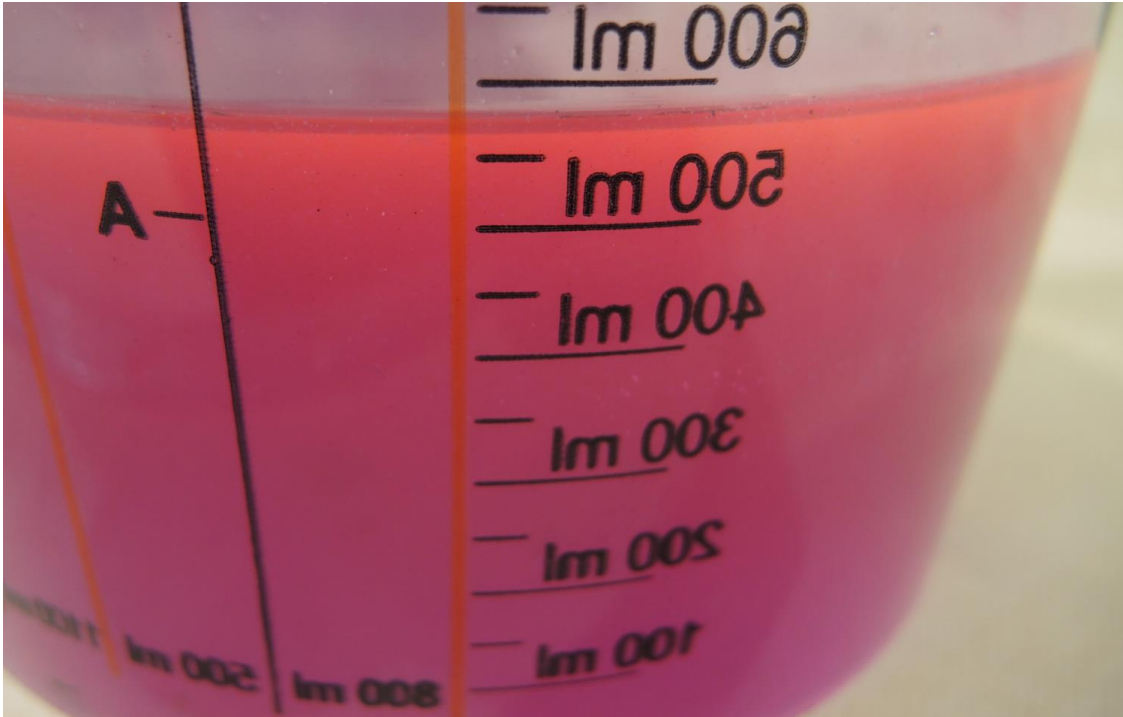
Figur 15: Fremre batteripakke viste en ladestatus på 78 % og en batteritilstand på 97 %. Disse avlesningene ble tatt etter at batteriboksen hadde vært under vann. Foto: Statens havarikommisjon



Figur 16: Bakre batteripakke viste en ladestatus på 83 % og en batteritilstand på 93 %. Foto: Statens havarikommisjon

- 1.16.1.2 Havarikommisjonen foretok videre en første undersøkelse av flyet og en foreløpig registrering av skadeomfanget.
- 1.16.1.3 I samråd med fabrikanten ble de viktigste instrumentene montert ut av flyet, åpnet og lufttørket. Minnebrikkene fra EPSI 570 og GPS ble samtidig tatt vare på. Videre ble deler av interiøret tatt ut og flyet satt til tørking i Havarikommisjonens hangar.
- 1.16.1.4 LN-ELA ble stående noen uker i Havarikommisjonens hangar mens det tørket. Deretter ble flyet lastet på sin egen tilhenger som ble forseglet og transportert til Pipistrel i Slovenia. Der ble hengeren oppbevart uåpnet inntil representanter fra Statens havarikommisjon og den slovenske havarikommisjonen ankom og startet de videre undersøkelsene.

- 1.16.1.5 Før demontering av det elektriske fremdriftssystemet, ble den ødelagte propellen avmontert. Deretter ble det koblet til ekstern strøm og foretatt en prøvekjøring. Det ble konstatert at motoren gikk og at kjølepumpen virket. Samtidig ble alle slanger, koblinger og øvrige komponenter i kjølesystemet undersøkt mens motoren gikk uten at det ble funnet tegn til lekkasje.
- 1.16.1.6 Deretter ble fremdriftssystemet demontert. All kjølevæsken ble samlet og målt. Samlet kvantum var mindre 6 dl, fordelt på 5,7 dl i selve kjølesystemet, 0,1 dl i spillflasken og en ubetydelig mengde som ikke lot seg samle opp.



Figur 17: Oppsamlet kjølevæske fra LN-ELA. Foto: Statens havarikommisjon

- 1.16.1.7 Kjølevæsken virket misfarget og så ut til å kunne inneholde grums/partikler. Havarikommisjonen ba derfor Forsvarets Laboratorietjeneste på Kjeller om å foreta en kjemisk analyse. Rapporten fra Forsvarets Laboratorietjeneste hadde følgende konklusjon:

Begge¹³ frostvæskene tilfredsstiller ASTM D3306 og skal derfor være kompatible. Konsentrasjonen som ble funnet i prøven fra flyet viser en konsentrasjon på 78 vol%. Dette er noe høyt. Produsenten anbefaler ikke høyere konsentrasjon enn 70 vol%.

Kjølevæsken inneholder organiske partikler med Na-, Al-, Si- og Ca-elementer. En mulig kilde kan være plast.

- 1.16.1.8 Det ble oppdaget tegn på at slangene i kjølesystemet hadde vært tatt av tidligere og blitt brukt om igjen. Aircraft Maintenance Manual opplyser at disse slangene ikke skal brukes om igjen. Kapittel 75-20:2.2.1. *Removal* inneholder følgende påpeking:

CAUTION: Hoses disconnected from fittings must be replaced by new ones.

¹³ Havarikommisjonen bestilte også en sammenligning av kjølevæsken fra LN-ELA med fabrikantens kjølevæskespesifikasjon.

- 1.16.1.9 Etter at den elektrisk drevne vannpumpen var funksjonsprøvd ble den demontert og undersøkt. Det ble ikke funnet tegn til feil ved pumpen.
- 1.16.1.10 Motoren ble fraktet til fabrikanten (EMRAX) for ytterligere undersøkelser og tester, med akkreditert representant fra den slovenske havarikommisjonen tilstede. Undersøkelsen viste at et av motorens lager var blitt korrosjonsskadet, trolig som følge av vanninntrenging og innvendig fukt i tiden fra ulykken skjedde og fram til motoren ble demontert. Dette skapte noe ulyd da motoren ble prøvekjørt i 2 000 rpm. For øvrig ble det ikke funnet feil eller uregelmessigheter ved motoren. Da motoren ble prøvekjørt første gang ble det ikke registrert uvanlige lyder, men turtallet var da vesentlig lavere.
- 1.16.1.11 Strømstyringsenheten bar også preg av å ha vært under vann. Blant annet var flere metalldele korrodert. Enheten ble undersøkt og testet av EMSISO som fant at elektronikken var intakt og fungerte i henhold til spesifikasjonene.

1.17 Organisasjon og ledelse

1.17.1 Flyging og vedlikehold

- 1.17.1.1 LN-ELA var eiet og operert av Norges luftsportforbund (NLF), men var også sponset av ulike luftfartsaktører, blant andre Avinor. Flyet ble operert etter driftsbestemmelsene for privatflyging og ble fløyet av medlemmer som hadde egen sertifikatrettighet på elfly.
- 1.17.1.2 LN-ELA ble plassert i vedlikeholds klasse III i henhold til bestemmelsene i forskrift 24. februar 2004 nr. 458 om vedlikehold av flymateriell for ikke-erhvervsmessig luftfart (vedlikeholdsforskriften – privat), (BSL B 2-3). Det ble utarbeidet et eget vedlikeholdsprogram for flyet. Dette programmet var basert på Pipistrel Aircraft Maintenance Manual, AMM-167-00-60-001 Rev. B00.
- 1.17.1.3 En flytekniker tilknyttet NLF CAMO var godkjent av Luftfartstilsynet som vedlikeholdsansvarlig. Sammen med en annen som skulle delta i vedlikeholdet av LN-ELA, gjennomgikk vedlikeholdsansvarlig teknisk kurs hos Pipistrel i Slovenia.

1.17.2 Flyginger med passasjerer

- 1.17.2.1 LN-ELA hadde kapasitet til å ta med én person i tillegg til flygeren. Det var ingen regler i luftfartsbestemmelsene som var til hinder for å fly LN-ELA med passasjerer, og slike flyginger ble da også utført i stor utstrekning.
- 1.17.2.2 Siden flyet hadde Særskilt luftdyktighetsbevis i klasse «Experimental» var det pålagt med utvendig merking på begge sidedørene med ordet *Experimental*. I tillegg var det et krav at det skulle være utstyrt med et advarselsskilt på instrumentpanelet foran høyresetet.



Figur 18: Skilt med informasjon til passasjerer i LN-ELA. Foto: Statens havarikommisjon

- 1.17.2.3 På Luftfartskonferansen i 2019 tok Havarikommisjonen opp temaet med passasjerers mulighet til å foreta informerte valg før de aksepterte risikoen med å bli med på en flytur med luftfartøy som ikke tilfredstilte ordinære luftdyktighetskrav. Havarikommisjonen stilte blant annet spørsmål ved om ovennevnte merking og skilt var tilstrekkelig.
- 1.17.2.4 På bakgrunn av flere undersøkelser etter ulykker fant Havarikommisjonen at dette var en viktig problemstilling å informere om. I rapport etter ulykken med LN-YSZ som skjedde 28. august 2018 ble det fremmet en sikkerhetstilråding om dette (se Havarikommisjonens [Rapport SL 2020/06](#)).
- 1.17.2.5 I rapporten «Norske flysikkerhetsresultater 2019» publiserte Luftfartstilsynet ulykkesstatistikk for ulike former for privatflyging, herunder ulykkesrater som gjør det mulig å sammenlikne ulykkesfrekvensene for de luftfartøykategoriene som er tatt med i statistikken.
- 1.17.2.6 Luftfartstilsynet har i tillegg definert «Passasjersikkerhet i ikke-kommersiell luftfart» som eget sikkerhetstema:

Luftfartstilsynets formål med dette sikkerhetstemaet er å sikre at passasjerer i ikke-kommersiell luftfart i tilstrekkelig grad er kjent med risikoen ...

...

Luftfartstilsynet har besluttet at det i nasjonalt regelverk (regler for luftfartøy som ikke omfattes av EASA-regelverk) skal innføres krav om at passasjerer skal informeres om den risikoen de utsetter seg for. Videre skal vi lage retningslinjer for slik informasjon til passasjerene, og vi mener EASA bør innarbeide krav om slik informasjon i deres regelverk. Luftfartstilsynet etablerte i slutten av 2019 en arbeidsgruppe som skal foreslå løsninger slik at myndigheten sikrer at passasjerer kan ta informerte valg når de skal bestemme seg for å være med som passasjer på en flygning i ikke-kommersiell luftfart. Arbeidsgruppen skal se på hvilke muligheter som ligger i regelverk, sikkerhetsformidling og muligheter opp mot EASA, også ut over det som er beskrevet her.

- 1.17.2.7 23. september 2020 sendte Luftfartstilsynet forslag til ny forskrift om luftfartsoperasjoner med luftfartøy som brukes til privatflyging eller luftsport. I utkastet til forskrift står det blant annet:

Fartøysjefen skal informere passasjerene om de viktigste forskjellene mellom den planlagte flygingen og kommersielle flyginger, blant annet at luftfartøyet ikke

oppfyller internasjonale krav til teknisk standard. Informasjonen skal være egnet til å gi passasjerene et grunnlag for å vurdere om de ønsker å delta på flygingen.

1.18 Andre opplysninger

1.18.1 Behandling av batterier etter ulykker

- 1.18.1.1 Litium batteripakker, som har vært utsatt for ytre påkjenning, representerer en viss fare for brann. Dette behøver ikke skje momentant, men gjerne i forbindelse med senere håndtering. Dersom de tar fyr kan de brenne med høy intensitet og utvikle giftige gasser og i tillegg være krevende å slukke. Dersom de kommer i kontakt med vann kan det i noen tilfeller utvikles hydrogen (knallgass) som medfører eksplosjonsfare. Det er derfor viktig at batteriene håndteres riktig.
- 1.18.1.2 Rett etter ulykken med LN-ELA kontaktet Pipistrel Havarikommisjonen om batteriene og ga råd om behandling og oppbevaring. Fordi batteripakkene hadde blitt eksponert for vanninntrenging og mulige slagskader ble det ansett å være en forhøyet risiko for brann eller eksplosjon. Det resulterte i at batteripakkene ble sikkert oppbevart utendørs. Før batteripakkene ble tatt ut av flyet, ble innvendig temperatur målt ved hjelp av et instrument med infrarød sensor for å se om det var begynnende temperaturøkning.
- 1.18.1.3 Det ble ikke funnet spor etter brann, eller annen alvorlig feiltilstand, i batteriboksene.

1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder

- 1.19.1 Det har ved denne undersøkelsen ikke blitt benyttet metoder som kvalifiserer til spesiell omtale.

2. ANALYSE

2.1 Innledning

- 2.1.1 Denne analysen er delt inn i fire deler. I den første delen diskuteres motorsvikten og hvordan den kunne oppstå. Så gjennomgås enkelte aspekter ved motorbyttet. Deretter gjennomgås den flyoperative håndteringen av motorsvikten og gjennomføringen av nødlandingen. Til sist drøftes flyginger med passasjerer, samt forberedelsene til demoflygingene i forbindelse med Arendalsuka.

- 2.1.2 Undersøkelsen har vært gjennomført i henhold til retningslinjene i Havarikommisjonens sikkerhetsfaglige rammeverk og analyseprosess for systematiske undersøkelser (NSIA-metoden).

2.2 Motorsvikten

2.2.1 Sammenfatning av undersøkelsesresultatene

- 2.2.1.1 Motorsvikten på LN-ELA ble sannsynligvis forårsaket av at flyets strømstyringsenhet kuttet strømmen til motoren. Grunnen til dette var mest trolig overoppheting som følge av lavt væsknivå og luftlommer i kjølesystemet.

2.2.1.2 Siden elektroniske data ikke har vært tilgjengelig i denne undersøkelsen kan det ikke utelukkes at det kan ha vært andre årsaker til motorsvikten. Power controller sensor failure av andre årsaker enn lokal overoppheting, ville for eksempel trolig resultert i tilsvarende symptomer. Det ble imidlertid ikke funnet tegn til sensorfeil ved motorkjøringen etter ulykken, eller ved de påfølgende undersøkelsene av strømstyringsenheten.

2.2.2 Strømkutt

2.2.2.1 Havarikommisjonen mener at følgende indikasjoner taler for at dette var et tilfelle hvor strømstyringsenheten kuttet strømmen til motoren:

- Fartøysjefens forklaring om at motorsvikten var total og at den oppstod uten forvarsel. Motorkraften ble borte og midterste temperatursøyle (Power controller temperature) på EPSI 750 endret farge til rødt og viste for høy verdi.
- Fartøysjefens forklaring om at motoren ikke responderte normalt da han beveget gasshåndtaket etter at motorsvikten hadde oppstått.
- Omfattende undersøkelser og testing, herunder prøvekjøring av motoren før demontering, avdekket ingen tekniske feil som på annen måte kan forklare hvordan motorsvikten oppsto.
- Overfor Havarikommisjonen har både Pipistrel og EMSISO gitt uttrykk for at de har vurdert strømstyringsenhetens kutt av strøm til motoren som den mest sannsynlige årsaken til tapet av motoreffekt.

2.2.2.2 Strømstyringsenheten framstår som en sårbar enhet å benytte i et fly, tatt i betraktning driftstemperaturgrensen på 65 °C kombinert med enhetens tendens til brått å kutte strømtilførselen hvis den går i feilmodus. Det kan synes som beskyttelse av elektronikken i strømstyringsenheten har prioritet foran fremdriftssystemets driftssikkerhet. Noe som synes lite forenlig med allmenngyldig designfilosofi i luftfart.

På den andre siden har Pipistrel påpekt at en overoppheting uten reduksjon av strøm til motoren også kan resultere i en farlig situasjon.

2.2.2.3 Riktignok stilles det mindre strenge krav til pålitelighet og redundans for flykonstruksjoner som dette, men Havarikommisjonen mener at det likevel er grunn til å stille spørsmål ved om påliteligheten til fremdriftssystemet til Pipistrel Alpha Electro er akseptabel. Tatt i betraktning at LN-ELA ble kategorisert som luftfartøy i Annex II til i forordning (EF) 216/2008, avgrenses imidlertid denne undersøkelsen til å ikke omfatte ytterligere analyse av dette spørsmålet.

2.2.3 Lokal overoppheting

2.2.3.1 Til tross for at mer enn en tredjedel av kjølevæsken manglet, vurderer Havarikommisjonen det som mest trolig at det var snakk om lokal overoppheting og ikke en total overoppheting av kjølevæsken. Effektuttaket på motoren til LN-ELA var ifølge fartøysjefen relativt lavt da motorsvikten skjedde. Flyet var ikke i stigning og lufttemperaturen var heller ikke spesielt høy. Dersom det hadde vært normal sirkulasjon og kjølevæsken hadde begynt å bli for varm, skulle man ha forventet en mer gradvis temperaturøkning som kunne avleses på EPSI 570 før motoren stoppet. Dessuten hadde

det vært mer sannsynlig at overopphetingen ville ha skjedd i forbindelse med avgang eller stigning hvor effektuttaket var betydelig høyere.

2.2.3.2 Havarikommisjonen har identifisert to scenarioer som kan forklare hvordan strømstyringsenhet ble overopphetet. Begge tar utgangspunkt i at lavt kjølevæsknivå førte til at det var betydelige mengder luft i det lukkede kjølesystemet:

1. Kjølepumpen trekker opp væske fra en vertikal tilførselslange. Dersom det legger seg tilstrekkelig mengder luft foran inntaket av kjølepumpen kan det tenkes at hele væskesirkulasjonen stopper. Stillestående væske i strømstyringsenhetens kjølekammer ville dermed varmes raskt opp til over temperaturbegrensningen.

2. Kjølekammeret i strømstyringsenheten står vertikalt. Dersom det hadde blitt liggende en luftlomme i en del av dette kammeret, er det tenkelig at det kunne oppstå for høy temperatur over én eller flere av enhetens fire temperatursensorer.

Uten å ta stilling til hvilken av de to ovennevnte scenarioene som eventuelt oppsto, eller om det var en kombinasjon av disse, finner Havarikommisjonen dette som den mest sannsynlige forklaringen på at strømstyringsenheten gikk i feilmodus.

2.2.3.3 Havarikommisjonen mener imidlertid at denne motorsvikten bør ses i sammenheng med motorsvikten tre uker tidligere. I forbindelse med sistnevnte ble det funnet kjølevæske i spillflasken og slangen til denne. Det kan være et resultat av overtrykk i kjølesystemet, noe som oftest oppstår i forbindelse med overoppheting. Dette kunne igjen gitt grunn til mistanke om mulig mangel på kjølevæske. Det at væsknivået i ekspansjonstanken ikke ble kontrollert betrakter Havarikommisjonen som en tapt mulighet til å avdekke at mer enn en tredjedel av kjølevæsken manglet.

2.2.4 Manglende kontroll av kjølevæske før flyging

2.2.4.1 Et uhensiktsmessig design gjorde at det var arbeidskrevende og upraktisk å kontrollere kjølevæsknivå slik sjekklisten beskriver. Havarikommisjonen mener at det derfor utviklet seg en uheldig praksis hvor kjølevæsknivået ikke ble regelmessig undersøkt før hver flyging. Havarikommisjonen mener at det bør være enklere å kontrollere kjølevæsknivået, og fremmer en tilråding til Pipistrel om dette (Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2021/01T).

2.2.4.2 Samtidig burde det være en grunn til ettertanke for alle involverte at denne mangelen på kontroll kan ha bidratt til at det lave kjølevæsknivået forble uoppdaget. Dette bidro etter Havarikommisjonens vurdering til at flyets motor stanset.

2.2.4.3 Fokus synes dessuten å ha vært på væsknivået i spillflasken og ikke ekspansjonstanken de gangene sjekken ble gjort. Dette reduserte ytterligere muligheten til å oppdage at væsknivået var for lavt, og avslører samtidig utilstrekkelig detaljkunnskap om flyets systemer.

2.2.5 Kjølepumpens funksjon

2.2.5.1 Dersom kjølepumpen ikke hadde virket, ville det stoppe sirkulasjonen av kjølevæske slik det er beskrevet i punkt 1 i avsnitt 2.2.3.2. Den foreskrevne funksjonssjekken i Pipistrel SB-167-002 var for å verifisere at kjølepumpen gikk før flyet tok av. I forbindelse med undersøkelsen av LN-ELA ble kjølepumpen funksjonstestet uten at det ble funnet feil.

Den ble videre demontert og undersøkt i detalj uten at det ble funnet tegn på at den ikke hadde virket som den skulle. Havarikommisjonen finner det derfor ikke sannsynlig at teknisk feilfunksjon eller svikt av kjølepumpen var en faktor i denne ulykken.

2.2.6 Restart av motoren

- 2.2.6.1 Gitt at motorsvikten var en følge av at strømstyringsenheten kuttet strømmen til motoren, og det ikke dreide seg om total overoppheting av kjølevæsken, kunne det teoretisk ha vært mulig å få start på motoren igjen. Det kan gjøres ved å først resette strømstyringsenheten slik at den begynner å gi strøm til motoren igjen og deretter restarte motoren. Det første steget er å gjøre systemet strømløst. Fremgangsmåten er beskrevet i et avsnitt som kalles *EPSI 570 Failure - Without power to the motor*. I flygehåndbokens kapittel 6 *Emergency procedures* er nevnte prosedyre plassert på side 6-4 *EPSI 570 Failure*. Det andre steget er å starte motoren igjen. Sjekklisten for dette finnes i kapittel 2 *Aircraft & Systems* på side 2-5 og kapittel 7 *Normal Procedures* på side 7-6.
- 2.2.6.2 Det finnes ingen helhetlig nødprosedyre for resetting av strømstyringsenheten og restart av motoren i den seksjonen i *Emergency Procedures* som omhandler motorsvikt (6-2 *Motor failure*). Havarikommisjonen mener dette er uheldig og at flygehåndboken ikke er særlig brukervennlig når det gjelder motorsvikt. Det fremmes derfor en tilråding til Pipistrel om å forbedre flygehåndbok og sjekklister på dette området (Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2021/02T).
- 2.2.6.3 Sammenliknet med flygehåndboken er NLFs sjekkliste for restart av motoren etter Havarikommisjonens syn mer utfyllende og brukervennlig. Den inneholder en punktvis instruksjon for hvordan man skal gå frem for å få motoren i gang igjen etter at strømstyringsenheten er resatt. Sjekklisten for å resette strømstyringsenheten har i likhet med flygehåndboken benevnelsen *EPSI 570 Failure - Without power to the motor*.
- 2.2.6.4 NLF har en anmerkning (NOTE) i sjekklisten for *Motor failure* om at prosedyren for restart av motoren var det samme som å resette systemet. Havarikommisjonen mener likevel at det ikke er optimalt med en slik indirekte henvisning til sjekklisten *EPSI 570 Failure - Without power to the motor*. Med tanke på at plutselig motorstopp er en stressende opplevelse for de fleste, hadde det vært mer gunstig med en entydig og ordrett benevnelse på den aktuelle sjekklisten. En flyger i en slik situasjon ville da slippe å måtte komme på at det finnes en egen sjekkliste for å resette systemet, og deretter finne ut av benevnelsen på den sjekklisten.

2.3 **Motorskiftet**

- 2.3.1 Gjenbruken av slangene i kjølesystemet kan være en forklaring på forekomsten av partikler i kjølevæsken. Slangeniplene er av aluminium med utvendige riller for å holde slangen bedre på plass. Disse rillene har skarpe kanter slik at det er vanskelig å ta av slangen uten at det skaves av partikler som kan bli liggende igjen på innsiden av slangen. Partikler kan så komme inn i kjølesystemet om slangen settes på igjen uten å ha blitt rengjort innvendig først. Det var en forholdsvis beskjeden mengde partikler og det er ikke påvist at partiklene hadde negativ betydning for kjølevæskens egenskaper eller sirkulasjonen i kjølesystemet.
- 2.3.2 Basert på at kjølesystemet er lukket, at det ikke er funnet tegn til lekkasje og forklaringene til de som foretok motorskiftet, mener Havarikommisjonen det er grunn til å konkludere at det ble fylt på for lite kjølevæske i forbindelse med motorskiftet og at det

dermed var betydelige mengder luft i systemet. De fylte på væske til ekspansjonstanken var full, og var i god tro da de tolket dette som en indikasjon på at systemet var blitt tilført tilstrekkelig væskemengde. Det at de ikke var klar over at det var nødvendig med gjentatt gjennomkjøring og lufting av systemet mener Havarikommisjonen til stor del må kunne tilskrives ufullstendige beskrivelser i vedlikeholdshåndboken. Det hadde også vært en fordel om beskrivelsen av fylling av kjølevæske hadde referert til tabellen for væskemengde (se siste del av avsnittet «Påfylling av kjølevæske» i pkt. 1.6.7.2).

- 2.3.3 Denne undersøkelsen har avdekket et behov for forbedring av arbeidsbeskrivelsene i vedlikeholdshåndboken, og Havarikommisjonen fremmer en sikkerhetstilråding til Pipistrel om dette (Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2021/03T).

2.4 Nødlandingen

- 2.4.1 Da motoren stoppet, innså fartøysjefen at LN-ELA befant seg i en høyde og avstand fra flyplassen som gjorde at de ikke ville nå fram til rullebanen. Det fantes ingen egnede nødlandingsplasser mellom flyet og rullebanen. Dersom de skulle ha fortsatt på samme kurs ville flyet trolig endt i trærne.
- 2.4.2 Beslutningen om å snu tilbake mot området med flere åpninger i vegetasjonen var fornuftig slik Havarikommisjonen ser det. Den vitner om fatning og en rask tilpasning til den brått oppståtte nødsituasjonen. Det var også en fordel at fartøysjefen på forhånd hadde merket seg mulige nødlandingsplasser de passerte underveis.
- 2.4.3 Gitt at LN-ELA var 800 ft over terrenget da motoren stoppet, var det forholdsvis kort tid til feilsøking og forsøk på å få start på motoren igjen. Havarikommisjon anser det som lite trolig at fortsatte forsøk med den fremgangsmåten som ble brukt, ville ha ført fram.
- 2.4.4 Etter Havarikommisjonens syn var det dessuten viktig å ikke bruke for mye tid til forsøk på å starte motoren, og heller fokusere på å sette opp innflygingen til det jordet fartøysjefen hadde sett seg ut. Dette er også i tråd med Pipistrels sjekklister for tap av motorkraft: «*Look for a spot to carry out a safe outlanding*». Selv om det i ettertid viste seg at det utvalgte jordet ikke var egnet, noe som ikke alltid er lett se fra luften når beslutningen må tas, klarte fartøysjefen tross alt å gjennomføre en vellykket nødlanding.
- 2.4.5 Havarikommisjonen mener at Gullknapp Information håndterte nødsituasjonen korrekt, og bidro utvilsomt gjennom sin alarmering til at nødetatene kom så raskt til ulykkesstedet. Med tanke på rask varsling var det også en fordel at LN-ELA allerede var i radioforbindelse med lokal lufttrafikkjeneste da nødsituasjonen oppsto. ELT ble automatisk utløst ved landingen og signalet ble mottatt, men dette bidro i akkurat dette tilfellet ikke til en raskere redningsaksjon.
- 2.4.6 Redningsfallskjermen (BPRS) var et alternativ som trolig også kunne ha fungert i situasjonen LN-ELA befant seg i. Havarikommisjonen har merket seg at flygehåndboken ikke inneholder informasjon om minstehøyde for trygg utløsning av redningsfallskjermen, eller andre begrensninger. Slik informasjon kan være av betydning for en flyger som i en nødsituasjon skal avgjøre om redningsfallskjermen skal brukes. Havarikommisjonen fremmer en sikkerhetstilråding til Pipistrel om dette (Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2021/04T).

2.5 Flyginger med passasjerer

- 2.5.1 En-motors typesertifiserte fly, som tilfredsstillter normalkravene til luftdyktighet, kalles på folkemunne ofte småfly. Det kalles imidlertid gjerne også mikrolette fly og selvbygde fly. Begge sistnevnte kategorier er underlagt mindre strenge regler og formodes å ha lavere sikkerhetsnivåer enn typesertifiserte fly. De kan gjerne ha ulike risikonivåer seg imellom. Det kan ikke forventes at tilfeldige passasjerer vet noe om disse forskjellene og dermed ha kvalifisert grunnlag for å ha noen formening hvilken risiko man utsetter seg for ved å bli med på en flytur.
- 2.5.2 Etter Havarikommisjonens syn må det være opp enhver som ønsker å delta i ulike former for ikke-kommersiell luftfart å avgjøre om risikoen ved dette er akseptabel. Det er imidlertid viktig at valget om å akseptere risikoen baseres på tilstrekkelig kunnskap om hvilke risikoer det innebærer. Havarikommisjonen bifaller derfor Luftfartstilsynets initiativer for å bidra til at passasjerer tar mer informerte valg.
- 2.5.3 Samtidig er det et spørsmål om hvor grundig og pålitelig informasjon det i realiteten vil være mulig å gi. LN-ELA tilhørte ingen av de tre kategoriene nevnt i punkt 2.5.1. Flytypen var ikke bygget i et tilstrekkelig antall til at det forelå ulykkesstatistikk som ga grunnlag å trekke pålitelige slutninger om risikonivået.
- 2.5.4 I tillegg var det tatt i bruk teknologi som var ny og lite utprøvd i luftfartssammenheng. Havarikommisjonen mener derfor at det ikke forelå særlig godt grunnlag for å vite hvor stor eller liten risikoen var, spesielt ikke for passasjerene.
- 2.5.5 I lys av dette mener Havarikommisjonen også at kan være grunn til å stille spørsmål ved om NLF hadde tilstrekkelig grunnlag for å vurdere risikoen da de besluttet å tilby passasjerer flyturer med LN-ELA. Ikke minst tatt i betraktning fabrikantens tydelige forbehold om begrensninger i påliteligheten til fremdriftssystemet, se punktene 1.6.2.4 om at motoren kunne svikte uten forhåndsvarsel og 1.6.6.4 om at strømsstyringsenheten kunne forventes å kutte strømmen til motoren.

2.6 Forberedelsene til demoflygingene i forbindelse med Arendalsuka

- 2.6.1 Med tanke på at det er mye ulendt terreng og få egnede nødlandingsplasser mellom byen og flyplassen mener Havarikommisjonen at de som fløy LN-ELA fra Arendal lufthavn Gullknapp under Arendalsuka 2019 kunne vært tjent med å ha forhåndsdefinert egnede nødlandingsplasser i tilfelle motorstopp.
- 2.6.2 Havarikommisjonen forstår ønsket om å gi passasjerene best mulig utsikt og mulighet til å skjelve detaljer på bakken. Detaljer ser man best når man ikke flyr altfor høyt. Samtidig er det slik at større høyde gir bedre tid til å områ seg i en nødsituasjon, og større rekkevidde for å nå egnede nødlandingsplasser.
- 2.6.3 Havarikommisjonen betrakter fartøysjefens rutinemessige orientering til passasjerene om redningsfallskjermen og dens bruk som et gunstig tiltak.

3. KONKLUSJON

3.1 Undersøkelsens hovedfunn

- 3.1.1 Motorsvikten på LN-ELA ble sannsynligvis forårsaket av at flyets strømstyringsenhet kuttet strømmen til motoren. Grunnen til dette var trolig overoppheting som følge av lavt væsknivå og luftlommer i kjølesystemet.
- 3.1.2 Havarikommisjonens undersøkelser har avdekket at det etter alt å dømme ble fylt på for lite kjølevæske i forbindelse med et motorbytte i Norge. Mangelfulle beskrivelser i prosedyren for fylling av kjølevæske i fabrikantens vedlikeholdshåndbok medvirket til dette.

3.2 Undersøkelsesresultater

3.2.1 Luftfartøyet

- a) LN-ELA hadde gyldige registrerings- og luftdyktighetsdokumenter.
- b) LN-ELA hadde «Særskilt luftdyktighetsbevis (Special Certificate of Airworthiness)» og hadde luftdyktighetsklassiferingen «Experimental».
- c) LN-ELA hadde utvendig merking på begge sidedørene med ordet *Experimental*. I tillegg var det et advarselsskilt på instrumentpanelet foran høyresetet om at det ikke var verifisert at flyet tilfredsstilte krav til luftdyktighet i klasse normal.
- d) Ifølge fabrikantens flygehåndbok skulle kjølevæsknivået kontrolleres før hver flyging, men dette var komplisert og tidkrevende fordi motordekselet måtte skrues av.
- e) Det hadde utviklet seg en uheldig praksis hvor kjølevæsknivået ikke ble regelmessig undersøkt før hver flyging.
- f) Fokus synes å ha vært på væsknivået i spillflasken og ikke ekspansjonstanken de gangene kjølevæsknivået ble undersøkt.
- g) En motorstopp tre uker før ulykkesturen var en tapt mulighet til å avdekke at mer enn en tredjedel av kjølevæsken manglet.
- h) Ulykkesturen med LN-ELA var flygingen nummer 45 etter motorbyttet, hvor mangelen på kjølevæske var forblitt uoppdaget.
- i) Redningsfallskjermen kan være en viktig ekstra sikkerhetsbarriere i en nødsituasjon, som for eksempel motorsvikt. Flygehåndboken inneholdt ikke informasjon om minstehøyde for trygg utløsning, eller andre begrensninger.

3.2.2 Flyoperative faktorer

- a) Den relativt lave høyden over terrenget da motoren stoppet ga fartøysjefen liten tid til feilsøking og forsøk på å få i gang motoren igjen.
- b) Fabrikantens flygehåndbok manglet en komplett og lett identifiserbar sjekklister for gjenoppretting av motorkraft i tilfeller som dette.

- c) NLFs nødsjekkliste inneholdt en prosedyre for å starte motoren i tilfelle motorsvikt, men denne manglet de innledende prosedyretrinnene.
- d) Fartøysjefen valgte ut et jorde og foretok innflyging mot dette, men da flyet kom lavere, viste det seg at dette var uegnet.
- e) En vellykket nødlanding ble utført på et tjern i forlengelsen av jordet.

3.2.3 Flyging med passasjerer

- a) LN-ELA ble primært brukt til å fly demoturer med passasjer for å promotere elfly i Norge.
- b) Det var ingen regler i luftfartsbestemmelsene som var til hinder for å fly LN-ELA med passasjerer.
- c) Luftfartstilsynet har etablert en arbeidsgruppe som skal foreslå løsninger slik at myndigheten sikrer at passasjerer kan ta informerte valg når de skal bestemme seg for å være med på en flyging i ikke-kommersiell luftfart.
- d) Høsten 2020 foreslo Luftfartstilsynet en ny forskrift om luftfartsoperasjoner med luftfartøy som brukes til privatflyging eller luftsport hvor det fremgår at fartøysjefen skal gi passasjerene informasjon som er egnet *«til å gi passasjerene et grunnlag for å vurdere om de ønsker å delta på flygingen»*.

4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Statens havarikommisjon fremmer følgende sikkerhetstilrådinger¹⁴:

Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2021/01T

Onsdag 14. august 2019 fikk en Pipistrel Alpha Electro motorstopp under innflyging til Arendal lufthavn Gullknapp (ENGK). Motorsvikten var sannsynligvis forårsaket av at flyets strømstyringsenhet kuttet strømmen til motoren. Grunnen til dette var trolig overoppheting som følge av lavt væsknivå og luftlommer i kjølesystemet.

Ifølge flygehåndboken skal kjølevæsknivået kontrolleres før hver flyging. Det lar seg ikke gjøre å sjekke kjølevæsken uten å fjerne øvre motordeksel. Undersøkelsen har vist at dette var så upraktisk og tidkrevende at flygere som regel ikke utførte dette punktet på sjekklisten.

Statens havarikommisjon tilrår at Pipistrel modifierer Alpha Electro slik at kjølevæsknivået kan kontrolleres på en enklere måte.

Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2021/02T

Onsdag 14. august 2019 fikk en Pipistrel Alpha Electro motorstopp under innflyging til Arendal lufthavn Gullknapp (ENGK). Motorsvikten var sannsynligvis forårsaket av at flyets strømstyringsenhet kuttet strømmen til motoren.

Undersøkelsen har vist at det mangler en komplett og lett identifiserbar sjekkliste for gjenoppretting av motorkraft i tilfeller som dette. De relevante sjekklistene er plassert på ulike sider i flygehåndboken og har ikke entydige overskrifter.

Statens havarikommisjon tilrår at Pipistrel utarbeider en komplett og lett gjenkjennerbar sjekkliste for gjenoppretting av motorkraft i tilfelle flyets strømstyringsenhet går i feilmodus og kutter strømmen til motoren. Dette arbeidet bør inkludere en helhetlig gjennomgåelse av flygehåndboken for å gjøre den mer entydig og oversiktlig med tanke på nødsituasjoner.

Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2021/03T

Onsdag 14. august 2019 fikk en Pipistrel Alpha Electro motorstopp under innflyging til Arendal lufthavn Gullknapp (ENGK). Motorsvikten var sannsynligvis forårsaket av at flyets strømstyringsenhet kuttet strømmen til motoren. Grunnen til dette var trolig overoppheting som følge av lavt væsknivå og luftlommer i kjølesystemet.

I forbindelse med et motorskifte ble ikke påfylling av kjølevæske utført på optimal måte. Prosessen var ikke beskrevet i Aircraft Maintenance Manual. Kjølesystemet ble derfor ikke tilstrekkelig luftet ved påfyllingen, med det resultat at væskemengden ble for liten og at luft ble fanget i kjølesystemet.

Statens havarikommisjon tilrår at Pipistrel gjennomgår Aircraft Maintenance Manual for å forbedre arbeidsbeskrivelsen for fylling av kjølevæske. Arbeidsbeskrivelsen bør også inneholde kryssreferanse til angivelsen av væskemengde som finnes i et annet avsnitt av manualen.

¹⁴ Samferdselsdepartementet besørger at sikkerhetstilrådinger blir forelagt luftfartsmyndigheten og/eller andre berørte departementer til vurdering og oppfølging, jf. forskrift om offentlige undersøkelser av luftfartsulykker og luftfartshendelser innen sivil luftfart, § 8.

Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2021/04T

Onsdag 14. august 2019 fikk en Pipistrel Alpha Electro motorstopp under innflyging til Arendal lufthavn Gullknapp (ENGK). Fartøysjefen gjennomførte en vellykket nødlanding.

Da motorsvikten skjedde, var bruk av redningsfallskjerm et alternativ. Flygehåndboken inneholder ikke informasjon om minste høyde for trygg utløsning av redningsfallskjermen. Slik informasjon kan være av betydning for en flyger som i en nødsituasjon skal avgjøre om redningsfallskjermen skal brukes, eller ikke.

Statens havarikommisjon tilrår at Pipistrel legger til opplysninger i flygehåndboken om minste høyde for trygg utløsning av redningsfallskjermen.

Statens havarikommisjon

Lillestrøm, 15. mars 2021

REFERANSER

EMSISO d.o.o. «emDriveH300A, s/n 300A5017005», rapport datert 11.11.2019

Forvarets Laboratorietjeneste, FOLAT Kjemi og Material «Undersøkelser av kjølevæske fra el-fly», rapport nr. 200309-03 datert 14.04.2020

Dutch Safety Board «Fatal loss of control accident with a Pipistrel Alpha Electro near Stadskanaal airfield», rapport datert July 2020

VEDLEGG

Vedlegg A: Forkortelser

Vedlegg B: Annex II til Basisforordning (EF) 216/2008

VEDLEGG A: FORKORTELSER

AFIS	Aerodrome Flight Information Service
ASTM	ASTM International – standardiseringsorganisasjon, tidligere kjent som American Society for Testing and Materials
BATT EN	Battery Enable Switch
BPRS	Ballistic Parachute Rescue System
BSL	Bestemmelser for sivil luftfart – norske luftfartsforskrifter
CAMO	Continuing Airworthiness Management Organisation – organisasjon som ivaretar kontinuerlig luftdyktighet
CS	Certification Specifications – EASAs konstruksjonsforskrifter for typesertifisering av luftfartøy
CTR	Controller
dl	Desiliter
EASA	European Union Aviation Safety Agency – EUs flysikkerhetsbyrå
EMRAX	Slovensk el-motorfabrikant
EMSISO	Slovensk selskap for utvikling og produksjon av elektroniske produkter, herunder strømstyringsenheter for batteridrevne el-motorer
ENGK	Arendal lufthavn Gullknapp
EPSI 570	Elektronisk instrument for overvåking av ulike operative motorparametre i Pipistrel Alpha Electro
FLARM	Flight Alarm – elektronisk kollisjonsvarslingssystem for småfly og seilfly
GPS	Global Positioning System – globalt navigasjonssatellittsystem
hp	Horsepower – enhet for måling av energi (1 britisk hp = 1,0139 hestekrefter)
hPa	Hectopascal – enhet for måling av lufttrykk (1 hPa = 100 Pascal)
IGBT	Insulated-gate bipolar transistor – halvleder
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-time
LSA	Light Sport Aeroplanes
METAR	Meteorological Terminal Air Report – værobservasjoner fra flyplasser

NLF	Norges luftsportforbund
PtF	Permit to Fly – flygetillatelse
PWR	Power
PWR EN	Power Enable Switch
RPM	turtall (omdreininger per minutt)
SB	Service Bulletin – servicemeddelelse fra luftfartsfabrikanter
UTC	Universal Time Coordinated (tidligere Greenwich Mean Time – GMT)
V	Volt – elektrisk spenning

VEDLEGG B: ANNEX II TIL BASISFORORDNING (EF) 216/2008

Aircraft referred to in Article 4(4)

Article 4(1), (2) and (3) do not apply to aircraft falling in one or more of the categories set out below:

(a) historic aircraft meeting the criteria below:

(i) non-complex aircraft whose:

— initial design was established before 1 January 1955, and

— production has been stopped before 1 January 1975;

or

(ii) aircraft having a clear historical relevance, related to:

— a participation in a noteworthy historical event, or

— a major step in the development of aviation, or

— a major role played into the armed forces of a Member State;

(b) aircraft specifically designed or modified for research, experimental or scientific purposes, and likely to be produced in very limited numbers;

(c) aircraft of which at least 51 % is built by an amateur, or a non-profit making association of amateurs, for their own purposes and without any commercial objective;

(d) aircraft that have been in the service of military forces, unless the aircraft is of a type for which a design standard has been adopted by the Agency;

(e) aeroplanes, helicopters and powered parachutes having no more than two seats, a maximum take-off mass (MTOM), as recorded by the Member States, of no more than:

(i) 300 kg for a land plane/helicopter, single-seater; or

(ii) 450 kg for a land plane/helicopter, two-seater; or

(iii) 330 kg for an amphibian or floatplane/helicopter single-seater; or

(iv) 495 kg for an amphibian or floatplane/helicopter two-seater, provided that, where operating both as a floatplane/helicopter and as a land plane/helicopter, it falls below both MTOM limits, as appropriate;

(v) 472,5 kg for a land plane, two-seater equipped with an airframe mounted total recovery parachute system;

(vi) 315 kg for a land plane single-seater equipped with an airframe mounted total recovery parachute system;

and, for aeroplanes, having the stall speed or the minimum steady flight speed in landing configuration not exceeding 35 knots calibrated air speed (CAS);

- (f) single and two-seater gyroplanes with a maximum take off mass not exceeding 560 kg;
- (g) gliders with a maximum empty mass, of no more than 80 kg when single-seater or 100 kg when two-seater, including those which are foot launched;
- (h) replicas of aircraft meeting the criteria of (a) or (d) above, for which the structural design is similar to the original aircraft;
- (i) unmanned aircraft with an operating mass of no more than 150 kg;
- (j) any other aircraft which has a maximum empty mass, including fuel, of no more than 70 kg.