

RAPPORT

SL 2020/17



RAPPORT OM LUFTFARTSULYKKE PÅ STAVNES I KRAGERØ 23. MARS 2019 MED ROBINSON HELICOPTER R44, LN-OGF



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.

INNHALDSFORTEGNELSE

MELDING OM HAVARIET	3
SAMMENDRAG	3
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	4
1.1 Hendelsesforløp	4
1.2 Personskader	7
1.3 Skader på luftfartøy	7
1.4 Andre skader	7
1.5 Personellinformasjon	8
1.6 Luftfartøy	8
1.7 Været	12
1.8 Navigasjonshjelpemidler	13
1.9 Samband	13
1.10 Flyplasser og hjelpemidler	13
1.11 Flygeregistratorer	14
1.12 Havaristedet og helikoptervraket	14
1.13 Medisinske og patologiske forhold	16
1.14 Brann	16
1.15 Overlevelsesaspekter	16
1.16 Spesielle undersøkelser	17
1.17 Organisasjon og ledelse	23
1.18 Andre opplysninger	24
1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder	24
2. ANALYSE	24
2.1 Innledning	24
2.2 Hendelsesforløp	24
2.3 Sannsynlig teknisk årsak	25
2.4 Hendelsen tidligere på dagen	26
2.5 Teknisk vedlikehold	27
2.6 Overlevelsesaspekter	28
3. KONKLUSJON	28
3.1 Hovedkonklusjon	28
3.2 Undersøkelsesresultater	28
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER	29
VEDLEGG	30

RAPPORT OM LUFTFARTSULYKKE

Luftfartøy:	Robinson Helicopter Company R44
Nasjonalitet og registrering:	Norsk, LN-OGF
Eier:	Savicon AS, Skien
Bruker:	Privat
Fartøysjef:	1
Passasjerer:	1
Havaristed:	I skogen på Stavnes i Kragerø, Telemark (N 58,929° Ø 009,487°)
Havaritidspunkt:	Lørdag 23. mars 2019 ca. kl. 1805

Alle tidsangivelser i denne rapport er lokal tid (UTC + 1 time) hvis ikke annet er angitt.

MELDING OM HAVARIET

Lørdag 23. mars 2019, omkring kl. 1840 ble Havarikommisjonen via media oppmerksom på at det hadde skjedd en helikopterulykke i nærheten av Kragerø. Opplysningene ble senere bekreftet av Avinor Flysikring. Det ble etter hvert klart at det involverte helikopteret var en R44, LN-OGF, og at to personer var skadet. To havariinspektører rykket ut tidlig neste dag og ankom havaristedet ca. kl. 0930.

I henhold til ICAO Annex 13 «Aircraft Accident and Incident Investigation» ble havarikommisjonen i produsentlandet USA, National Transportation Safety Board» (NTSB), varslet om ulykken. NTSB utnevnte en akkreditert representant som har bistått ved undersøkelsen.

SAMMENDRAG

Lørdag 23. mars 2019 hadde fartøysjefen leid LN-OGF, et helikopter av typen Robinson R44, for å fly fra Skien til Langøy øst for Kragerø. Da det planlagte stedet på Langøy ikke var egnet for landing, bestemte fartøysjefen seg for å returnere til Skien. På vei tilbake mot Skien oppfattet fartøysjefen at han mistet motoreffekten. Et forsøk på å autorotere fra ca. 800 ft høyde mislyktes og rotoren stoppet helt opp før helikopteret falt loddrett ned langs stammen på et 30 meter høyt grantre. Grener dempet fallet noe, men de to om bord ble alvorlig skadet og helikopteret totalskadet.

Undersøkelsen av helikoptervraket har vist at en tennplugg på sylinder nr. 5 var løs. Dette hadde medført en luftlekkasje, forhøyet temperatur i sylindren og skade på en innsugsventil. Havarikommisjonen mener at den høye temperaturen etter hvert kan ha ført til en for tidlig tenning i sylindren (pre-ignition) og et betydelig effekttap. Mest sannsynlig løsnet tennpluggen fordi den ikke ble tilstrekkelig tiltrukket under en 100-timers inspeksjon i november 2018.

En flyger som leide helikopteret tidligere samme dag merket to smell i helikopteret. Han avbrøt derfor flygingen og landet på et jorde. Fartøysjefen overtok helikopteret og fortsatte å fly som planlagt uten at årsaken til den avbrutte flygingen ble klarlagt. Det er sannsynlig at det var problemene i sylinder nr. 5 som også forårsaket den avbrutte flygingen tidligere på dagen. Havarikommisjonen mener at helikopteret ikke skulle vært fløyet etter landingen på jordet tidligere på dagen før årsaken til den avbrutte flygingen hadde blitt avklart.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Hendelsesforløp

- 1.1.1 Helikopteret var eid av et firma, men ble i hovedsak fløyet og operert av en privatperson (heretter omtalt som eieren). Eieren leide også helikopteret ut til noen andre private personer. Den aktuelle lørdagen hadde to personer avtalt å leie helikopteret (senere omtalt som henholdsvis den første flygeren og fartøysjefen). Den første flygeren hadde onsdagen tidligere i uken fløyet LN-OGF under en ferdighetskontroll (Proficiency Check) med instruktør. Deretter hadde han fløyet en familiariseringstur med helikopterets eier for å få lov til å fly helikopteret på egenhånd.
- 1.1.2 Tidlig lørdag ettermiddag ankom den første flygeren gården nord for Skien hvor helikopteret sto parkert. Han trakk helikopteret ut av bygningen og utførte daglig inspeksjon. Den første flygeren har forklart til Havarikommisjonen at han ikke signerte for inspeksjonen i helikopterets reisejournal fordi han ikke fant boken (se punkt 1.6.4). Deretter tok han av med tre passasjerer og fløy til Lifjell hvor han hadde et kort bakkeopphold på 30 minutter. Han fløy så tilbake til gården og tok om bord tre andre passasjerer.
- 1.1.3 Avgangen for andre flytur til Lifjell skjedde ca. kl. 1555. Den første flygeren har forklart at han under svak stigning, 3–4 minutter etter avgang, merket et dunk i helikopteret. Han beskrev det som om noen slo i helikopterkroppen med flat hånd. Den første flygeren kunne i ettertid ikke si noe om det påvirket helikopteret fordi han instinktivt senket collective-stikka og øyeblikkelig begynte å svinge helikopteret 180° tilbake. Alle instrumentene hadde vist normale verdier etter dunket.
- 1.1.4 På vei tilbake til gården, under svak nedstigning, kjente han enda et dunk i helikopteret. Denne gangen var det svakere og han så fortsatt ingen forandringer på instrumentene. Han hadde et fint jorde under seg og besluttet å gå over i autorotasjon for å lande på jordet¹. Etter at han hadde kommet ned til en høyde på ca. to meter avbrøt han autorotasjonen og hovret til utkanten av jordet og landet uten ytterligere problemer. Han ringte deretter helikopterets eier og forklarte situasjonen.
- 1.1.5 Basert på de ulike forklaringene er det noe uklart for Havarikommisjonen hva som ble sagt og oppfattet av de forskjellige aktørene etter dette. Den første flygeren ble enig med helikopterets eier om å se over helikopteret. Hvis ikke noe åpenbart ble funnet, skulle han ringe flyteknikeren som utførte vedlikehold på helikopteret.
- 1.1.6 På denne tiden var det også telefonisk kontakt mellom den første flygeren og den neste flygeren (fartøysjefen) som skulle fly helikopteret senere samme dag. Da fartøysjefen fikk høre om føre-var-landingen, kjørte han bort til jordet. Sammen sjekket de helikopteret relativt grundig. I følge de to ble følgende sjekket uten at noe unormalt ble funnet:
- Utvendige spor etter skade, løse deksler etc.
 - Oljenivået på hovedgirboks, halerotorgirboks og motor.

¹ Mælagata 108, Skien

- Hovedrotoren inkludert pitch-linker, swashplate og synlige deler av flygekontrollene.
- Drivlinjen til halerotoren, inkludert temperaturindikatorene på frihjulet og halerotorgirboksen.
- Halerotoren, inkludert pitch-linker.
- De kjørte kløtsjen og sjekket at varsellysene virket normalt.
- Alle pærene i varsellysene i cockpit.

- 1.1.7 Den første flygeren kontaktet flyteknikeren kl. 1615. I følge flyteknikeren var forklaringen til den første flygeren at han hadde opplevd et turtallsdropp². Flyteknikeren var opptatt og kunne ikke undersøke helikopteret før neste dag. Han har forklart til Havarikommisjonen at han «la ned flyforbud». Han antydte at det kunne være noe med frihjulet, men for øvrig kunne han ikke hjelpe til med å forstå hva som eventuelt var galt med helikopteret. Hvis den første flygeren fant noe alvorlig, slik at helikopteret åpenbart måtte transporteres til verksted med lastebil, ba han om å bli varslet.
- 1.1.8 Det blåste ganske kraftig den dagen, anslagsvis helt opp mot 35 kt i 2 500 ft høyde ved Lifjell, men den første flygeren oppfattet vinden som stabil og uten vesentlig turbulens. Han trodde følgelig ikke at turbulens kunne være årsaken.
- 1.1.9 Fartøysjefen oppfattet ikke at hverken flyteknikeren eller eieren hadde nedlagt flyforbud. Han startet opp helikopteret og løftet det opp i hover, mens den første flygeren observerte. Etter noen minutter, uten å merke noe unormalt, fløy fartøysjefen helikopteret tilbake til gården. Der gjennomførte han flere landinger, inkludert en autorotasjon, før han landet endelig etter 18 minutters flytid. Klokka 1703 ringte den første flygeren tilbake til flyteknikeren og fortalte at fartøysjefen hadde fløyet avgårde med helikopteret.
- 1.1.10 Litt senere ankom den første flygeren gården og forsto at fartøysjefen hadde tenkt å gjennomføre den planlagte flygingen. I ettertid har den første flygeren forklart til Havarikommisjonen at heller ikke han hadde oppfattet at teknikeren nedla noe flyforbud. Han var i tvil om hva som hadde skjedd med helikopteret, men mente det ikke var riktig av han å nekte fartøysjefen å fly videre. Den første flygeren hadde ikke tilgang til helikopterets reisejournal og skrev følgelig ikke noen merknad i denne. En anmerkning i reisejournalen ville i så fall bety at helikopteret måtte forbli på bakken til kompetent personell hadde verifisert at helikopteret var luftdyktig.
- 1.1.11 Fartøysjefen skulle leie helikopteret noen dager, blant annet til transport for et arbeidsoppdrag på Langøy øst for Kragerø. Den aktuelle ettermiddagen skulle han og en kamerat fly til øya for å se om det var mulig å lande på stedet. De lastet helikopteret med diverse utstyr til bruk under oppdraget. Dette ble senere veid av Havarikommisjonen til 162,1 kg. Fartøysjefen hadde tidligere på dagen ringt flyværtjenesten og fått opplyst at det skulle blåse 15 kt med vindkast på 27 kt i området. Han anså derfor at det var fordelaktig at helikopteret var tungt lastet i vinden. Heller ikke fartøysjefen noterte noe i flyets reisejournal før avgang.
- 1.1.12 Fartøysjefen tok av fra gården ca. kl. 1740 og fløy sydover mot Langøy. Han hadde ikke levert flygeplan til lufttrafikkjenesten, men tok kontakt med Farris Approach på frekvens

² Den første flygeren kjenner ikke igjen den uttalelsen.

134,05 MHz og orienterte om at han fløy sydover mot Langøy. Helikopterets transponder ble innstilt på standard VFR-kode 7000 for flyging i ikke-kontrollert luftrom. Over bestemmelsesstedet ved Garnvik på Langøy (se figur 1) innså fartøysjefen at stedet ikke egnet seg for landing. Han bestemte seg derfor for å returnere til gården nord for Skien.

- 1.1.13 På vei nordover, under svak stigning i ca. 800 ft høyde, og med en hastighet på 80 kt, merket fartøysjefen at noe skjedde med helikopteret. Han har forklart til Havarikommisjonen at det føltes som om motoren plutselig begynte å gå tungt. Et blikk på indikatoren for forgassertemperaturen viste at den var i grønt område. Han så at manifoldtrykket begynte å stige mot 28 in.Hg, at rotorturtallet var på vei ned og hørte at varselhornet for rotorturtall kom på.³ Fartøysjefen beskrev opplevelsen som om en kjørte bil på tredjegir i en motbakke og plutselig bomgiret til femtegir. Motoren ville ikke gi tilstrekkelig kraft.
- 1.1.14 Fartøysjefen har forklart at han senket collective-stikka og trakk cyclic-stikka mot seg for å få helikopteret inn i autorotasjon. Han innså at rotorturtallet, til tross for forsøket på autorotasjon, stadig gikk nedover. Helikopteret hadde da kommet over Stavneset, anslagsvis en kilometer nord for Langøy, og han merket at helikopteret begynte å vagge fordi hovedrotoren var i ferd med å stoppe. Det var lavest fallhøyde ned til høy skog på selve halvøya og han valgte derfor å nødlande tilnærmet rett fram der. Han vurderte at fallet ville bli større hvis han forsøkte å lande på et jorde til venstre, eller å nå sjøen til høyre for seg. I det han nærmet seg trærne trakk han cyclic-stikka til seg for å løfte helikopterets nese.
- 1.1.15 Helikopteret traff først noen mindre grener før det brått stoppet opp. Deretter begynte det å falle ned mot skogbunnen. Fartøysjefen ble overasket over at treffet mot bakken ikke ble hardere. Etter at helikopteret hadde kommet til ro, ble det stille og bare pipelyden fra nødpeilesenderen, som hadde slått seg på, kunne høres.
- 1.1.16 Kameraten i det venstre setet var alvorlig skadet og bevisstløs. Fartøysjefen fikk kameraten ut av vraket og sørget for frie luftveier. Deretter ringte han nødnummeret 113. Applikasjonen til Norsk Luftambulanse ble benyttet, men ifølge fartøysjefen oppsto det først en misforståelse om hvor havariet hadde skjedd.
- 1.1.17 Et legehelikopter fra Norsk Luftambulanse AS ankom først over stedet kl. 1843. Grunnet den tette skogen kunne det ikke lande. Kl. 1848 ankom ett av Forsvarets Sea King redningshelikoptre og heiste ned en redningsmann. Omtrent samtidig ankom hjelpemannskaper til fots gjennom skogen. Begge ble fløyet til Oslo universitetssykehus Ullevål med redningshelikopteret.

³ Varsler når rotorturtallet er 97 % eller lavere.



Figur 1: Havaristed. Kart: @Kartverket

1.2 Personskader

Tabell 1: Personskader

Skader	Besetning	Passasjerer	Andre
Omkommet			
Alvorlig	1	1	
Lett/ingen			

1.3 Skader på luftfartøy

Luftfartøyet ble totalskadet, se kapittel 1.12.2 for detaljert beskrivelse.

1.4 Andre skader

Skade på noen trær. I forbindelse med berging av helikoptervraket ble det nødvendig å felle et antall trær.

1.5 Personellinformasjon

1.5.1 Fartøysjef

1.5.1.1 Fartøysjef var 54 år. Han begynte å fly i 1996. Etter drøyt 600 flytimer på fly (fixed wing) begynte han å fly helikopter i 2015. Privatflygersertifikat for helikopter (PPL(H)) ble utstedt 19. april 2016. Rettighetene til å fly R44 ble sist forlenget 14. april 2018 og var gyldige til 30. april 2019. Fartøysjefen hadde også gyldig privatflygersertifikat av typen LAPL (Light Aircraft Pilot Licence). I tillegg hadde han arbeidet noe som lastemann i et helikopterselskap.

1.5.1.2 Fartøysjefen hadde legeattest klasse 2 gyldig til 12. mars 2020. Legeattesten hadde begrensningen: VNL «*Shall have available corrective spectacles for near vision and carry a spare set of spectacles*».

Tabell 2: Flygetid fartøysjef

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	1	1
Siste 3 dager	1	1
Siste 30 dager	1	1
Siste 90 dager	1	1
Totalt	ca. 700	85

1.5.2 Flytekniker

Flyteknikeren som utførte vedlikeholdet på LN-OGF hadde gyldig EASA⁴ Part 66 flyteknikersertifikat for kategoriene A1, A2, A3, A4, B1.1, B1.2, B1.3, B1.4, B2, og C, samt nasjonale rettigheter. Han hadde tidligere blant annet hatt ledende tekniske stillinger i et luftfartsselskap og hadde lang erfaring med helikoptre fra Robinson. Han arbeidet på ulykkestidspunktet som selvstendig flytekniker. Flyteknikeren var også tilknyttet den finske CAMO-organisasjonen Joen Service OY og hadde rettigheter til å utføre *Airworthiness Reviews* på luftfartøy på vegne av dette firmaet.

1.6 Luftfartøy

1.6.1 Generell informasjon

Robinson R44 er et lett, stempelmotordrevet helikopter med plass til fire personer, to foran og to bak. Minimum besetning er en flyger, som sitter i det høyre setet foran. Prototypen fløy første gang i 1990. Helikopteret har en tobladet hovedrotor som roterer mot klokken sett ovenfra og hydraulisk assisterte flygekontroller. Helikopteret har blitt svært populært og har i senere år vært det mest produserte i verden.

1.6.2 Generelle data

Fabrikant og modell: Robinson Helicopter Company R44 I

Serienr.: 1449

⁴ European Aviation Safety Agency – den felleseuropeiske luftfartsmyndigheten

Fabrikasjonsår: 2005
Total gangtid: 2 376,8 timer

1.6.3 Rotorturtall

- 1.6.3.1 I helikopterets flygehåndbok «R44 pilot's Operating Handbook» kapittel 2 «Limitations» oppgis rotorturtallets begrensninger slik:

Power On: maximum 102 %, minimum 99 %

Power Off: maximum 108 %, minimum 90 %

Varselhorn for lavt rotorturtall kommer på ved 97 %.

- 1.6.3.2 I helikopterets flygehåndbok står en rekke sikkerhetsråd og advarsler som kalles Safety Notice. Nedenfor gjengis utdrag fra utvalgte Safety Notice:

Safety Notice SN-10

FATAL ACCIDENTS CAUSED BY LOW RPM ROTOR STALL

The primary cause of fatal accidents in light helicopters is a failure to maintain rotor RPM. To avoid this, every pilot must have his reflexes conditioned so he will instantly add throttle and lower collective to maintain RPM in any emergency.

(...)

Safety Notice SN-24

LOW RPM ROTOR STALL CAN BE FATAL

(...)

Rotor stall is very similar to the stall of an airplane wing at low airspeeds. As the airspeed of an airplane gets lower, the nose-up angle, or angle-of-attack, of the wing must be higher for the wing to produce the lift required to support the weight of the airplane. At a critical angle (about 15 degrees), the airflow over the wing will separate and stall, causing a sudden loss of lift and a very large increase in drag. The airplane pilot recovers by lowering the nose of the airplane to reduce the wing angle-of-attack below stall and adds power to recover the lost airspeed.

The same happens during rotor stall with a helicopter except it occurs due to low rotor RPM instead of low airspeed.

(...)

Safety Notice SN-29

AIRPLANE PILOTS HIGH RISK WHEN FLYING HELICOPTERS

There have been a number of fatal accidents involving experienced pilots who have many hours in airplanes but with only limited experience flying helicopters.

(...)

For example, in an airplane his reaction to a warning horn (stall) would be to immediately go forward with the stick and add power. In a helicopter, application of forward stick when the pilot hears a horn (low RPM) would drive the RPM even lower and could result in rotor stall, especially if he also "adds power" (up

collective). In less than one second the pilot could stall his rotor, causing the helicopter to fall out of the sky.

(...)

Safety Notice SN-32

HIGH WINDS OR TURBULENCE

(...)

The helicopter is more susceptible to turbulence at light weight. Reduce speed and use caution when flying solo or lightly loaded.

1.6.4 Reisejournal for luftfartøy

For alle luftfartøy skal det finnes et system for oppfølging av gangtider, inspeksjoner, anmerkninger og vedlikehold. Hvis ikke annet er godkjent av Luftfartstilsynet skal det om bord i private luftfartøy være en *Reisejournal for luftfartøy* til slik bruk. Denne reisejournalen ble ikke funnet eller benyttet av de to involverte flygerne. Eierne av LN-OGF benyttet også en elektronisk løsning hvor eier, flytekniker og leietagere kunne reservere helikopteret og kommunisere om gangtider og flytider. De tre aktørene som var involvert den aktuelle dagen hadde ulike oppfatninger av hvordan dette skulle gjøres sett i relasjon til helikopterets *Reisejournal for luftfartøy*.

1.6.5 Vedlikeholdshistorikk

1.6.5.1 Sommeren 2017 gjennomgikk LN-OGF et omfattende vedlikeholdsarbeid. Arbeidet skal gjøres ved en totaltid på 2 200 timer, eller hvert 12. år. Dette omfatter en total demontering av helikopteret og overhaling eller bytte av en rekke sentrale komponenter. En stor del av de berørte komponentene overhales, eller leveres nye fra Robinson Helicopter Company. Demontering og montering foregikk lokalt. Motoren ble i denne sammenhengen utmontert og overhaldt av Norrønafly Rakkestad (se kapittel 1.6.6). Hele arbeidet på helikopteret ble signert for (Certificate of Release to Service – CRS) av en selvstendig autorisert flytekniker (se kapittel 1.5.2) 7. oktober 2017. Da hadde helikopteret en total gangtid på 2 129 timer. Samtidig med det ovennevnte vedlikeholdet, gjennomførte og signerte flyteknikeren også en kombinert årlig inspeksjon / 100-timers inspeksjon.

1.6.5.2 Den samme flyteknikeren utførte senere⁵:

- 50-timers inspeksjon 12. mars 2018 ved en gangtid på 2 178 timer
- 100-timers inspeksjon 27. juli 2018 ved en gangtid på 2 235 timer
- 50-timers inspeksjon 20 august 2018 ved en gangtid på 2 290 timer
- 100-timers inspeksjon 14. november 2018 ved en gangtid på 2 335,7 timer⁶.

1.6.5.3 100-timers inspeksjonen innbefattet blant annet punktet «*Remove spark plugs. Test, clean and regap. Replace if necessary*». Ved inspeksjonen ble imidlertid samtlige 12 tennplugger byttet ut med nye. Sjekklisten som ble benyttet 14. november 2018 inneholdt

⁵ Gangtidene gjengitt er helikopterets gangtid.

⁶ 41,1 timer før ulykken skjedde.

en rubrikk for signering av utført oppgave for dette punktet, men hadde ingen rubrikk for signering av uavhengig kontroll. Det ble også gjennomført lekkasjetest av sylindrene⁷. Følgende resultater ble dokumentert:

1:76, 2:77, 3:76, 4:77, 5:78, 6:77

- 1.6.5.4 Teknikeren har forklart til Havarikommisjonen at 100-timers inspeksjon ble utført med assistanse fra en ekstern person. Han la derfor spesielt vekt på å gjøre arbeidet systematisk og kontrollert. Han har overfor Havarikommisjonen uttrykt at han var 100 % sikker på at tennpluggene og tennpluggledningene var korrekt montert da helikopteret forlot hangaren i november 2018. Teknikeren antydte at det derfor måtte ha vært andre som hadde arbeidet med tennpluggene etter dette hvis noe var løst.
- 1.6.5.5 28. februar 2019 ved en gangtid på 2 372,5 timer, ca. 4 gangtimer før ulykken, utførte flyteknikeren arbeid på helikopteret. Blant annet monterte han et system for forvarming av sylindrene i forbindelse med start i kaldt vær. Systemet levert av Tanis Aircraft Products hadde delenummer TSP6CYK-2927-230. Installasjonen og de utførte vedlikeholdsoppgavene krevde ikke at tennplugg eller tennpluggledningene ble løsnet. Flyteknikeren har forklart at motoren ble grundig inspisert og vasket i forbindelse med arbeidet.
- 1.6.5.6 Om bord i LN-OGF lå et *Airworthiness Review Certificate* (ARC) utstedt 11. oktober 2018 av Joen Service OY gyldig til 11. oktober 2019. Sertifikatet var signert av den samme flyteknikeren som hadde utført vedlikehold på helikopteret. Ved forespørsel 16. oktober 2019 hadde Luftfartstilsynet fortsatt ikke mottatt kopi av dette dokumentet som forutsatt. Følgelig hadde Luftfartstilsynet kun kopi av et ARC med gyldighet til 9. oktober 2018.
- 1.6.6 Motor
- Helikopteret er utstyrt med en sekssylindret forgassermotor av typen Lycoming O-540-F1B5 med serienummer L-26381-40A. Da motoren ble overhaldt av Norrønaflly Rakkestad 31. august 2017 hadde den en total gangtid på 1 845 timer.
- 1.6.7 Drivstoff
- I mars 2018 ble LN-OGF godkjent for å fly på bilbensin ved at det ble utstedt en modifikasjonsgodkjennelse (Supplemental Type Certificate – STC) nr. SE00663WI. Godkjennelsen gjaldt både helikopteret og motoren. En forutsetning var at det ikke ble benyttet bensin som inneholdt etanol og at oktantallet (RON) måtte være minimum 91. I tillegg måtte motoren få drivstoff med tilstrekkelig blyinnhold. En blanding av 30 % Avgas 100LL og 70 % blyfri bensin skulle dekke dette behovet. Eieren av helikopteret har forklart at de dekket behovet for bly ved at de noen ganger tanket opp helikopteret med Avgas 100 LL. Videre har eieren forklart at de jevnlig foretok prøver av bensinen for å forsikre seg om at den ikke inneholdt alkohol.

⁷ Testes mot et trykk på 80 psi. En helt tett sylinder vil få resultatet 80. Verdier under 60 tyder på at sylindren lekker mye og det kan være en feil i sylindren.

1.6.8 Masse og tyngdepunkts plassering (CG)

	Arm (in)	Masse (lb)	Moment (inlb)
Helikopterets tommasse	105,1	1531,7	160 981,67
Fartøysjef og passasjer	49,5	390	19 305
Drivstoff (115 liter) ⁸	104	180	18 720
Last	79,5	357,4	28 413,3
Totalt	92,48	2 459,1	227 419,97

Maksimalt tillatt masse 2 400 lb

Tillatt tyngdepunktsplassering (Arm) ved 2 400 lb: 93–98 in

Beregningen viser at helikopterets masse på havaritidspunktet var 59,1 lb (26,8 kg) over det maksimalt tillatte og at tyngdepunktets plassering var noe foran fremre begrensning.

1.7 **Været**

1.7.1 Informasjon fra Meteorologisk institutt

1.7.1.1 Havarikommisjonen har innhentet en rapport om været for det aktuelle området fra Meteorologisk institutt⁹. Den generelle værsituasjonen beskrives slik:

Et kraftig lavtrykk ligger utenfor Lofoten og setter opp et kraftig vindfelt fra lavtrykkssenteret i Nordland og helt sør til Lindesnes med vestavind over store deler av Sør-Norge. Det gir sterk høydevind og relativt kraftig vind på bakken med sterke vindkast. Situasjonen var ganske lik hele dagen med gradvis minkende vind om kvelden. Det er ellers lite skyer på Østlandet denne dagen. 0-isotermer ligger i 2000-3000FT.

(...)

Observasjoner i området rundt ulykkesstedet viser overveiende vestlig vindretning, med varierende vindstyrke og flere stasjoner registrerer vindkast. Det ble ikke observert nedbør og det var lite skyer i området. CAVOK på Torp og FEW050 på Notodden (1550 UTC). Luften var ustabil, med byger på Vestlandet og noen byger som drar seg litt øst for fjellene.

1.7.1.2 Angående bakkevind skrev Meteorologisk institutt følgende:

Det foreligger ikke målinger fra selve ulykkesstedet, så en må vurdere stasjoner omkring i tidsrommet før og rett etter ulykken. Disse varierer, som forventet i en slik værsituasjon preget av ujevn vind med vindkast. Torp registrerte vindkast på

⁸ Anslag gjort av Havarikommisjonen. Fartøysjefen har i sin rapport anslått at det var 77 liter (55 kg) om bord i helikopteret på havaritidspunktet. Etter ulykken ble det drenert 110 liter fra tankene. Et mindre mengde drivstoff hadde lekket ut før tankene ble drenert.

⁹ Forklaring av meteorologiske forkortelser, se: <https://www.ippc.no/ippc/index.jsp>

30 kt 17.50 lokal tid, 27kt 18.20 lokal tid, men hadde registrering på 36kt litt tidligere på dagen.

(...)

Det var en liten nedadgående tendens i vindkastene i timen mellom 17 og 18, men på de fleste stasjonene i nærområdet tok det seg litt opp igjen noe mellom 18 og 19. Vi kan ikke tidfeste akkurat når vindkastene er registrert innenfor siste timen.

Observasjonen viser vindkast på mellom 20-30kt, kraftigste vindkast registrert på Torp. Også modellberegningen antyder en nedadgående tendens i turbulensen etter kl. 17 lokal tid så dette stemmer godt med observasjonen.

- 1.7.1.3 Meteorologisk institutt ga også en oversikt over de kraftigste vindkastene som ble målt siste time på forskjellige steder. Oversikten viste at de kraftigste vindkastene på 59 kt ble målt på Lifjell 1 102 moh. i perioden 1400–1500. På Jomfruland ble det målt vindkast på 35 kt i perioden 1700–1800.

1.7.2 TAF og METAR for Sandefjord lufthavn Torp (ENTO)

- 1.7.2.1 Følgende TAF (rutinemessig værvarsel for luftfartsformål) ble kl. 1800 gitt for Torp for perioden 23. mars kl. 1900 til 24. mars kl. 1900:

(Tider angitt UTC)

ENTO 231700Z 2318/2418 24012KT CAVOK TEMPO 2318/2319 26018G30KT
TEMPO 2409/2416 22015G25KT=

- 1.7.2.2 Følgende METAR (rutinemessig værobservasjon for luftfartsformål) ble gitt for Torp:

(Tider angitt UTC)

ENTO 231520Z 25015KT 220V290 CAVOC 09/M04 Q1015 TEMPO 260
26018G30KT=

ENTO 231550Z 26019G36KT 230V290 CAVOC 08/M04 Q1015 NOSIG=

ENTO 231620Z 26016G31KT 230V330 CAVOK 08/M04 Q1016 NOSIG=

1.8 Navigasjonshjelpemidler

Navigasjon foregikk ved hjelp av visuelle referanser. Til støtte benyttet også fartøysjefen en iPad med GPS og programvaren Air Navigation Pro.

1.9 Samband

Kort tid før ulykken skjedde var fartøysjefen i kontakt med Farris Approach på frekvens 134,05 MHz og orienterte om at han fløy sydover mot Langøy. LN-OGF var da nord for Kragerø. For øvrig var ikke fartøysjefen i kontakt med enheter fra lufttrafikktenesten.

1.10 Flyplasser og hjelpemidler

Ikke relevant.

1.11 Flygeregistratorer

Flygeregistratorer var ikke påbudt for denne typen luftfartøy, og heller ikke montert.

1.12 Havaristedet og helikoptervraket

1.12.1 Havaristedet

1.12.1.1 Havaristedet ligger ca. 300 meter fra sjøen nordvest på halvøya Stavnes (se figur 1). Store deler av halvøya er kupert og dekket av høy, tett granskog. Havaristedet ligger ca. 65 meter over havet. Nærmeste bilvei, Stavnesveien, går ca. 700 meter syd for havaristedet. Alternativt må en ta båt og gå ca. 300 meter for å komme til havaristedet.

1.12.1.2 Rundt havaristedet ble det ikke observert trestammer eller grener med klare tegn til å ha vært kuttet av rotor. Et anslagsvis 30 meter høyt grantre ca. 15 meter syd for havaristedet var slått skjevt (se figur 2). Toppen av treet og et annet drøyt to meter langt stykke av stammen fra det samme treet lå på bakken mellom treet og helikoptervraket.

1.12.2 Helikoptervraket

1.12.2.1 Helikoptervraket ble liggende samlet ved roten av et 30 meter høyt grantre. En 2,8 meter lang seksjon av et hovedrotorblad ble funnet på bakken 38 meter nordøst for vraket. For øvrig lå det mye knust plexiglass fra cockpit/kabinen og granbar i området syd for vraket. Helikopteret ble liggende med skroget pekende nordover i flygeretningen.

1.12.2.2 Helikoptervraket lå delvis på buken, hellende til høyre. Det høyre understellet var slått av og hele skroget var i varierende grad deformert og flatklemmt. Da Havarikommisjonen ankom havaristedet var hele kabinen åpen, dørene manglet helt eller delvis og kabintaket var trykket ned. Innfestingen til seteryggene til begge forsetene hadde gitt etter slik at seteryggene var kraftig bakoverlent (se figur 4). Hele instrumentpanelet hadde løsnet og hang delvis foran og utenfor cockpit. Halebommen var bulket lengst framme, men resten inkludert haleflatene, var lite skadet.

1.12.2.3 Begge hovedrotorbladene var bøyd slik at de buet oppover. Pitch-linken til det komplette bladet hadde røket slik at bladet hadde snudd seg på høykant (se figur 3). Det bladet som hadde knekt hadde tydelige tegn til å ha vært bøyd oppover i bruddstedet. Ingen av hovedrotorbladene hadde skader langs fremkanten eller spor etter å ha kuttet trær eller grener.

1.12.2.4 Foruten en bøy på ett av de to rotorbladene hadde haleratoren ingen synlige skader (se figur 3).

1.12.2.5 LN-OGF var utstyrt med oppblåsbare flyteelementer for nødlanding på sjø. Disse hadde blåst seg opp i forbindelse med havariet.



Figur 2: Havaristedet sett mot sydvest. Det 30 meter høye treet som ble slått skjevt vises til venstre på bildet. Foto: SHK



Figur 3: Havaristedet sett mot nordvest. Røde piler viser knekk på det ene halerotorbladet og buen på det ene hovedrotorbladet. Foto: SHK



Figur 4: Skadene i cockpit/kabinen. Foto: SHK

1.13 Medisinske og patologiske forhold

Politiet mistenkte ikke at fartøysjefen var beruset. Følgelig ble det heller ikke tatt utåndings- eller blodprøve. En rutinemessig hurtigtest på narkotiske stoffer viste at fartøysjefen var rusfri.

1.14 Brann

Det oppsto ikke brann ved havariet.

1.15 Overlevelsesaspekter

1.15.1 De to om bord benyttet ikke hjelm.

1.15.2 Helikopteret var utstyrt med trepunkts setebelter som begge om bord benyttet.

1.15.3 Fartøysjefen ringte selv nødnummeret 113 og varslet om ulykken.

1.15.4 LN-OGF var utstyrt med en nødpeilesender av typen Kannad 406 AF-H. Den slo seg på som forutsatt under havariet og sendte nødsignaler via satellitt. Signalene ble mottatt av Hovedredningssentralen.

1.15.5 Helikoptertypen R44 har ikke sertifiserte støtabsorberende seteputer eller energidempende mekanismer i setekonstruksjonen.

1.16 Spesielle undersøkelser

1.16.1 Innledning

Dagen etter ulykken ble helikoptervraket transportert til Havarikommisjonens hangar på Lillestrøm for nærmere undersøkelser. På bakgrunn av forklaringer fartøysjefen ga til Havarikommisjonen ble helikopterets transmisjon og motor grundig undersøkt. En erfaren R44-tekniker bistod Havarikommisjonen i dette arbeidet.

1.16.2 Helikopterets transmisjon

- 1.16.2.1 Samtlige komponenter tilhørende driften av hovedrotoren og halerotoren ble undersøkt i detalj. Innledningsvis ble det konstatert at ingen komponenter i hverken transmisjon eller motor viste tegn til å ha rotert da helikopteret havarerte. Eksempelvis var kjøleviften slått flat på undersiden, og hadde slått bort i andre detaljer i forbindelse med havariet, men ingen av disse skadene viste spor etter rotasjon (se figur 5).



Figur 5: Motorens kjølevifte var slått flat på undersiden. Det var ingen synlige spor som tyder på at den hadde rotert mens den ble skadet. Foto: SHK

- 1.16.2.2 Undersøkelsen av transmisjonen viste følgende:

- Samtlige drivremmer satt på plass og var uskadet.
- Strammemekanismen for drivremmene ble funnet i en forventet normal stilling for flyging.
- Frihjulet var uskadet, og fungerte som forutsatt. Temperaturindikatoren på frihjulet viste ingen tegn til overoppheting.

- Hovedgirboksen roterte fritt uten ulyder og hadde riktig oljemengde. Girboksens magnetplugg var uten forurensninger. Rotorbremsen var hel og viste ingen tegn til overoppheting.
- Drivakselen til halerotoren var hel og uten tegn til unormal slitasje. Den fleksible koblingen ved overgang mellom skrog og halebom var noe skadet. Disse skadene skjedde i forbindelse med ulykken og den påfølgende transporten til Lillestrøm.
- Halerotorgirboksen roterte fritt uten ulyder, og hadde riktig oljemengde. Temperaturindikatoren på halerotorgirboksen viste ingen tegn til overoppheting.

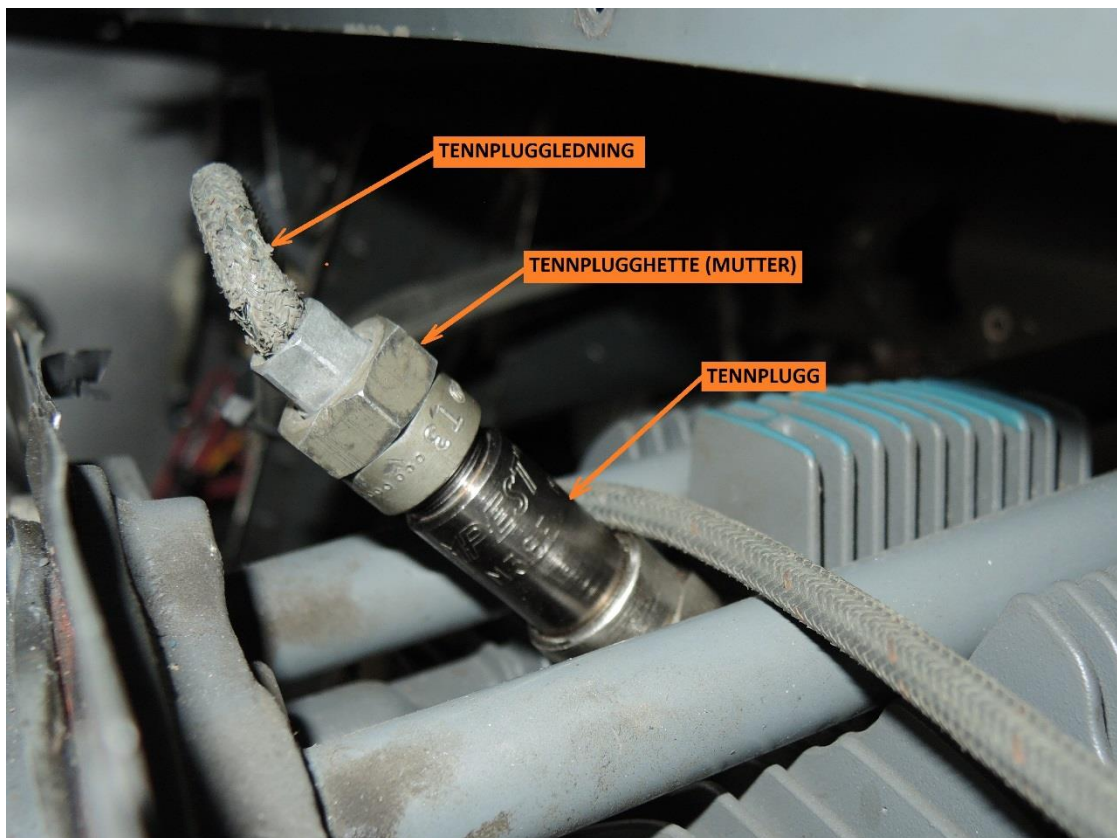
1.16.3 Motoren

1.16.3.1 Motoren ble først undersøkt utvendig uten at det ble funnet noe åpenbart unormalt. Deretter ble følgende undersøkt:

- Lekkasjesjekk av sylindrene ga følgende resultater (psi)¹⁰:
1:70, 2:74, 3:76, 4:75, 5:15, 6:70
- Helikopterets vannutskiller/filter inneholdt drivstoff uten vann. Filteret var rent.
- Oljefilteret ble åpnet opp. Ingen nevneverdige forurensninger funnet.
- Tenningsstidspunktet ble målt til 25° BTDC (noe som er i henhold til spesifikasjonene).
- Ventildekslene ble skrudd av og det kunne konstateres at samtlige ventiler beveget seg fritt når motoren ble rotert.

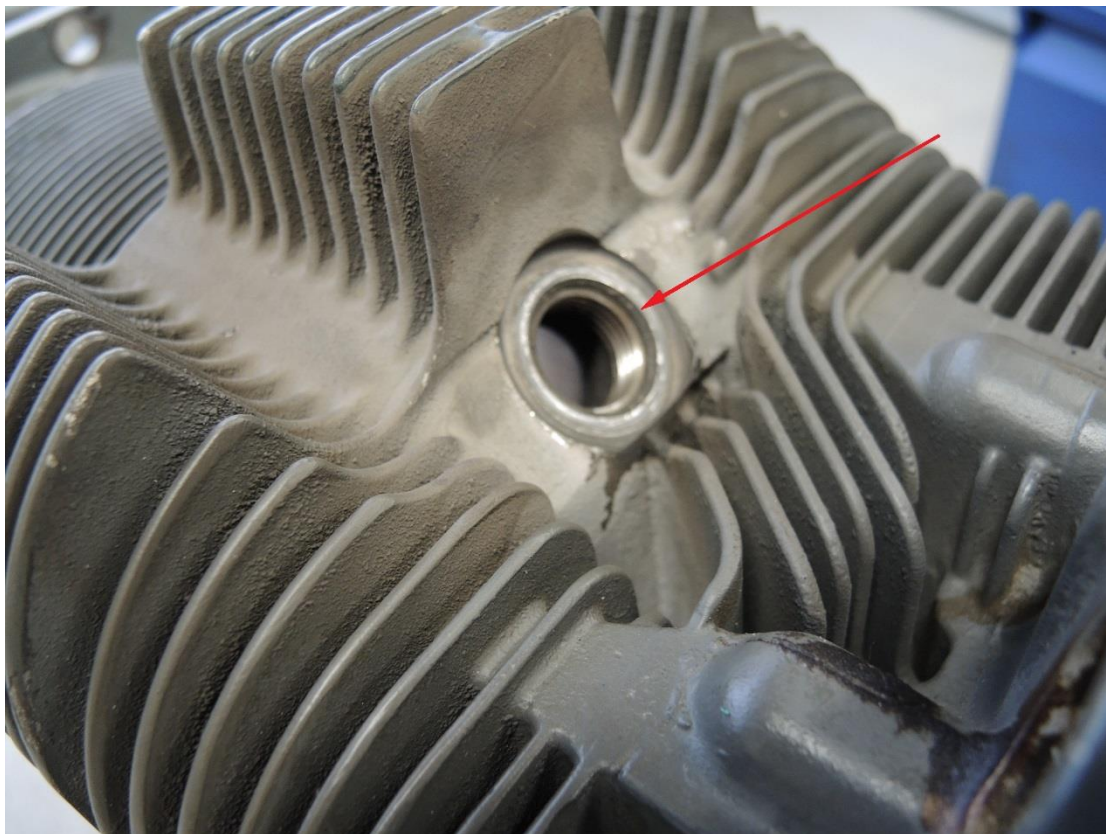
1.16.3.2 Grunnet den høye lekkasjen ble det besluttet å avmontere sylinder nr. 5 (se første strekpunkt i avsnittet over). Da den øvre tennpluggen skulle skrus ut ble det oppdaget at den roterte da tennpluggledningen skulle løsnes. Tennpluggen ble funnet å være helt løs slik at den kunne dreies for hånd med klokka 180° fra en stilling hvor tennpluggledningen hadde en normal posisjon. Tennpluggen måtte derfor holdes med tang slik at tennpluggledningen (tennpluggghetten) kunne løsnes (se figur 6). Det ble konstatert at tennpluggen kunne dreies 190–200° fra den stillingen den ble funnet og til den hadde korrekt tiltrekningsmoment. For øvrig var begge tennpluggene i sylinder nr. 5 i god stand og hadde normal lys brun farge.

¹⁰ Målt mot et inngangstrykk på 80 psi



Figur 6: Bilde av en korrekt montert tennplugg med ledning. Foto: SHK

- 1.16.3.3 Det var klare spor etter eksoslekkasje (se figur 7) rundt den løse tennpluggen og en ny lekkasjetest ble gjennomført med tilskrudd tennplugg. Den nye testen ga bare et ubetydelig forbedret resultatet på 20 psi. Under kontroll av de øvrige tennpluggene på motorens venstre side ble det oppdaget at tennpluggledningene på sylinder nr. 1 og 3 var løse. Videre ble det konstatert at den nedre bakre (høyre) mutteren (9/16") som holdt sylinder nr. 5 fast til veivhuset var løs. De øvrige sju mutrene hadde forventet tiltrekningsmoment.
- 1.16.3.4 Stempelet i sylinder nr. 5 var i god stand med løse stempelfjærer og ren stempeltopp. Det var ingen misfarging på utsiden av sylinderen. Sylinderveggene hadde ikke nevneverdig slitasje. Innvendig var sylindertoppen ren med lite avleiringer og normal lys brun farge (se figur 8). Etter at sylinderen var avmontert ble ventilenes evne til å tette testet med sprit. Det ble konstatert at eksosventilen var tilnærmet tett, mens innsugsventilen hadde en lekkasje.



Figur 7: Sylinder nr. 5 etter at den ble avmontert. Pilen peker mot det øvre tennplugghullet med eksoslekkasje rundt. Foto: SHK

1.16.3.5 Ventilene i sylinder nr. 5 ble utmontert. Følgende ble observert:

- Eksosventilen hadde ujevne avsatser (trappetrinn) på anleggsflaten (se figur 9). Forøvrig hadde ventilen beholdt sin geometriske form. Tilsvarende skader med avsatser ble funnet på eksosventilens sete. Ventilen var stedvis lys brun med innslag av grønt. Slike grønne partier er et tegn på at ventilen har vært utsatt for høye temperaturer.
- Innsugsventilen hadde kun mindre skader, ved at drøyt halve omkretsen av anleggsflaten mot setet hadde en avsats og var matt i overflaten. Setet til innsugsventilen hadde imidlertid en skadet overflate på 60 % av arealet (se figur 8). En nærmere sjekk viste at ventiltallerkenen hadde beholdt sin geometriske form, men at ventiltallerkenen var 0,3 mm skjev i forhold til stammen.



Figur 8: Sylinder nr. 5 innvendig etter at ventilene er tatt ut. Den uskadede sektoren av setet til innsugsventilen er markert med rød strek. Den skadede sektoren er mørkere/brun. Forøvrig kan det bemerkes at sylinderen er ren og lys i fargen. Foto: SHK



Figur 9: Eksosventilen fra sylinder nr. 5. Pilen peker på skadene langs anleggsflaten. Fargen på ventilen er lys brun med innslag av grønt. Foto: SHK

1.16.4 Generell undersøkelse av helikopteret

Foruten funnene på motoren, ble det ikke avdekket feil eller mangler ved helikopterets øvrige systemer som kan forklare hvorfor helikopterets motor mistet effekt. Det ble heller ikke gjort andre funn som kan forklare dunkene som den første flygeren opplevde.

1.16.5 Drivstoffsystemet

- 1.16.5.1 Ved ankomst til Havarikommisjonens lokaler på Lillestrøm ble det drenert 110 liter drivstoff fra helikopterets to tanker. Da hadde en mindre mengde drivstoff allerede lekket ut.
- 1.16.5.2 Havarikommisjonen sendte en drivstoffprøve fra LN-OGF til Forsvarets laboratorier for analyse. Drivstoffet ble funnet å være en kombinasjon av 95 oktan og 98 oktan bilbensin med en RON verdi på 97,2. Drivstoffet inneholdt 0,88 % Etanol og 0,02 % Iso-propyl alcohol (se kapittel 1.6.7).
- 1.16.5.3 Det ble ikke funnet slanger eller noe annet i drivstoffsystemet som var skadet av etanol.

1.16.6 Informasjon fra motorprodusenten Lycoming Engines

- 1.16.6.1 Havarikommisjonen har formidlet bilder og annen informasjon om funnene i motoren til motorprodusenten Lycoming Engines i USA. De svarte blant annet:

The loose spark plug clearly would provide a leak path for combustion pressures when the cylinder fires on the power stroke but of greater concern is the introduction of un-scheduled air into the cylinder during the intake stroke resulting in an excessive lean fuel air mixture to occur and accelerated temperatures for the #5 cylinder.

- 1.16.6.2 De mente videre at sylinder nr. 5 viste klare tegn på å ha gått med for høy temperatur. Ved høye temperaturer kan de observerte skadene på ventilene forventes. Videre fra svaret fra Lycoming:

*Although it appears this is a relatively small leakage it can have significant operational issues with the engine. As noted on report: pilot experienced a change in engine noise and saw a reduction in rotor rpm and an **increase in manifold pressure**. The increase in manifold pressure would mostly likely occur during the combustion cycle for the #5 cylinder as the gases have a leakage path past the intake valve into the induction system affecting all the remaining cylinders. This condition can have a significant reduction of power loss for noted engine.*

- 1.16.6.3 Lycoming mente at det var usannsynlig at motorproblemet skyldtes «detonation» eller for tidlig tenning (pre-ignition) fordi det normalt ville påført synlig skade på stemplet eller brennkammeret eller skadet ventilene slik at de fikk form som en tulipan.

1.17 **Organisasjon og ledelse**

- 1.17.1 Den aktuelle flygingen er definert som en privatflyging. Helikopteret var disponert av en privat person, og fartøysjefen leide helikopteret i den hensikt å fly privat.
- 1.17.2 I henhold til de felleseuropeiske luftfartsbestemmelsene EASA Part M, punkt M.A.201(a) er eieren ansvarlig for oppfølgingen av et luftfartøys kontinuerlige luftdyktighet.
- 1.17.3 Ansvaret for inspeksjon av luftfartøyet før flyging er regulert av EASA Part M, punkt M.A.201(d):

The pilot-in-command or, in the case of air carriers licenced in accordance with Regulation (EC) No 1008/2008, the operator shall be responsible for the

satisfactory accomplishment of the pre-flight inspection. This inspection must be carried out by the pilot or another qualified person but need not be carried out by an approved maintenance organisation or by Part-66 certifying staff.

- 1.17.4 EASA Part M, punkt M.A.402 krever at organisasjoner eller personer som utfører vedlikehold skal: «(h) ensure that the error capturing method is implemented after the performance of any critical task: ...»

1.18 Andre opplysninger

Ingen

1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder

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

2. ANALYSE

2.1 Innledning

Helikopteret hadde ikke utstyr som lagret elektronisk informasjon. Analysen er følgelig bygget på forklaringer gitt av de involverte, funn på havaristedet og tekniske undersøkelser. I kapittel 2.2 bygger beskrivelsen av hendelsesforløpet for en stor del på fartøysjefens forklaring. Forklaringen samsvarer godt med øvrige funn i forbindelse med undersøkelsen. I kapittel 2.3 gis en sannsynlig årsak til at motoren miste effekt og i kapittel 2.4 knyttes ulykken opp mot hendelsen som skjedde tidligere på dagen. I de to siste kapitlene i analysen drøftes helikopterets vedlikehold samt overlevelsesaspekter.

2.2 Hendelsesforløp

- 2.2.1 Havarikommisjonen legger til grunn fartøysjefens forklaring om at han først ble oppmerksom på at motorlyden forandret seg og han deretter registrerte at manifoldtrykket økte, at rotorturtallet avtok og at varselhornet for lavt rotorturtall kom på.
- 2.2.2 Havarikommisjonen anser at denne situasjonen oppsto som en følge av at motoren mistet en vesentlig del av effekten. På dette tidspunktet var helikopteret under stigning i lav høyde over terrenget i relativt kraftig vind. Videre var helikopteret ca. 26 kg over tillatt maksimal masse.
- 2.2.3 Fartøysjefens forklaring om at helikopteret startet å vagge, samsvarer med at hovedrotoren var i ferd med å stoppe opp. En rekke funn på havaristedet og detaljerte undersøkelsen av helikoptervraket tyder på rotorbladene hadde stoppet helt opp da helikopteret falt ned langs stammen på det 30 meter høye grantreet. Dersom hovedrotorbladene hadde rotert, skulle man forventet å finne kontaktskader fra sammenstøt med trestammer og grener. Det ble ikke funnet slike spor hverken på rotorbladene eller i skogen. Videre viste særlig skademønsteret på motorens kjølevifte at motoren har stått tilnærmet stille da helikopteret traff bakken.

- 2.2.4 Havarikommisjonen kan dermed trekke den konklusjonen at motoren på et tidspunkt mistet vesentlig effekt og at dette i løpet av få sekunder førte til at både hovedrotoren og halerotoren stoppet opp.
- 2.2.5 Viktigheten av å opprettholde tilstrekkelig rotorturtall vektlegges under all opplæring i helikopterflyging. Det er tydelig beskrevet at lavt rotorturtall kan føre til fatale ulykker og dette forholdet understrekes også av helikopterprodusenten Robinson Helicopters. Tiden det tar for en rotor å miste turtallet avhenger av en rekke faktorer som helikopterets masse, den kinetiske energien i rotoren, graden av effekttap fra motoren, påvirkning av vind og hvor fort flygeren reagerer med å senke collective-stikka.
- 2.2.6 Fartøysjefen hadde kun få sekunder til rådighet etter at motoren begynte å miste effekt. Normalt vil det ta noe tid å forstå hva som skjer når lydbildet forandrer seg. Varselhornet for lavt rotorturtall kan ha vært den faktoren som gjorde fartøysjefen oppmerksom på hva som var i ferd med å skje. På det tidspunktet hadde turtallet mest sannsynlig allerede sunket under 97 %. Et forsøk på å øke kraften fra motoren ved å gi mer throttle ville ikke hjelpe da motoren allerede leverte for lite effekt. Det eneste som kunne ha begrenset turtallstapet var en hurtig senkning av collective-stikka og eventuelt å trekke cyclic-stikka bakover. Når turtallet kommer under en visst verdi, anslagsvis 80 %, vil det være umulig å få turtallet opp igjen, selv med motorkraft. At rotoren stoppet helt opp kan tyde på at fartøysjefen ikke rakk å iverksatte de riktige tiltakene i tide.
- 2.2.7 R44 har relativt lite energi i rotorsystemet og dette setter spesielle krav til hurtig reaksjon. Helikopteret var lastet over det maksimalt tillatte og dette kan ha bidratt til at rotorturtallet sank hurtig. I tillegg kan den kraftige vinden i området ha ført til mekanisk turbulens over øya, noe som også kan ha forverret situasjonen.

2.3 Sannsynlig teknisk årsak

- 2.3.1 Havarikommisjonen legger til grunn at den øvre tennpluggen på sylinder nr. 5 løsnet og at det over tid førte til en luftlekkasje (se punkt 1.16.3.2). Luftlekkasjen ville neppe ført til en vesentlig svekket kraft fra motoren, men ført til at sylinderen fikk ekstra tilførsel av luft under innsugningstakten. Dette ville igjen ha medført at luft/bensin blandingen ble magrere slik at blandingsforholdet kunne blitt «lean of peak». Blandingen i flymotorer er normalt rikere (overskudd av bensin) enn optimalt (peak). Dette overskuddet av bensin er med på å kjøle motoren. Hvis blandingsforholdet blir magrere enn optimalt, stiger forbrenningstemperaturen helt til temperaturen igjen avtar når luftoverskuddet blir for stort.
- 2.3.2 Sot i området rundt tennpluggen indikerer at tennpluggen har lekket. Over tid vil en slik lekkasje med resulterende høy temperatur kunne skade ventilene og ventilsetene. Funn i denne undersøkelsen tyder på at en slik skade har medført en betydelig lekkasje forbi innsugsventilen. En lekkasje forbi en innsugsventil vil påvirke motoren negativt på flere måter:
- Under kompresjonstakten vil noe av luft/bensin-blandingen bli presset tilbake i inntakssystemet og danne et mottrykk, det vil kunne påvirke de andre sylindrene.
 - Under forbrenningstakten vil trykket i sylinderen øke og mere gass blir presset tilbake i inntakssystemet. Dette vil i større grad forstyrre de andre sylindrene og fylle inntakssystemet med en blanding av uforbrente- og forbrente gasser.

- Under utblåsningstakten vil trykket i sylindren avta, men forbrente gasser vil likevel lekke inn i inntakssystemet og påvirke innsugningstakten.
- Under innsugningstakten vil sylindren få en blanding av forbrente gasser og luft/bensin-blanding.

- 2.3.3 Havarikommisjonen mener derfor at lekkasjen rundt tennpluggen alene, kun i liten grad påvirket motorkraften. Det var skadene på innsugsventilen som påvirket motoren i størst grad. Grønnfargen på eksosventilen er et tegn på at sylindren i en periode har vært unormalt varm.
- 2.3.4 Det er vanskelig å si noe sikkert om hvorfor effekttapet ble betydelig først under stigningen nordover fra Langøy. En årsak kan være at motoren da var varm og gikk under relativt høy belastning under stigning. Områder i sylindren kan ha blitt så varme at de har forårsaket for tidlig tenning (pre-ignition). Perioden med «pre-ignition» kan da ha vært så kort at de typiske skadene nevnt av Lycoming Engines ikke rakk å oppstå før helikopteret havarerte (se kapittel 1.16.6).
- 2.3.5 Havarikommisjonen har merket seg at Lycoming Engines forklarer det økende manifoldtrykket (increase in manifold pressure) med at gasser under forbrenningstakten ble trykket forbi den bøyde ventilen og tilbake i inntakssystemet. En like sannsynlig forklaring er at motorens turtallsregulator (governor) oppfattet det synkende turtallet og forsøkte å øke turtallet ved å øke manifoldtrykket. Etter hvert som motorens turtall sank, ville luftbehovet til motoren avta. At manifoldtrykket økte opp i størrelsesordenen 28 in.Hg er snarere en indikasjon på at motoren var i ferd med å stoppe helt. Manifoldtrykket til en stillestående motor vil være det samme som stedets lufttrykk, det vil i dette tilfellet si ca. 29,7 in.Hg.
- 2.3.6 Havarikommisjonen ser ingen sammenheng mellom motorproblemene som oppsto og de to løse tennpluggledningene på sylinder 1 og 3 (se punkt 1.16.3.3). Selv om mutteren var løs, satt ledningene fortsatt inne i tennpluggen og tenningsgnisten ville følgelig bli overført til tennpluggen.
- 2.3.7 Havarikommisjonen vet ikke hva som var årsaken til at en mutter, som holdt sylinder nr. 5 fast, var løs (se punkt 1.16.3.3). Det kan skyldes at mutteren var utilstrekkelig trukket til i forbindelse med overhalingen av motoren (se kapittel 1.6.6). Det kan imidlertid også skyldes at motoren har vært utsatt for høye belastninger i en kort periode (pre-ignition).
- 2.3.8 Havarikommisjonen ser ingen sammenheng mellom ulykken og bruk av bilbensin. Det påviste alkoholinnholdet i bensinen var svært lavt (se kapittel 1.16.5) og det ble ikke funnet feil i drivstoffsystemet relatert til alkohol. Oktantallet (RON) var også godt innenfor kravene gitt i det aktuelle Supplemental Type Certificate. Hvis det benyttes bilbensin må det imidlertid tas prøver ved hver fylling for å verifisere at det ikke er etanol i drivstoffet. Alternativt må det verifiseres av drivstoffleverandøren.

2.4 Hendelsen tidligere på dagen

- 2.4.1 Det kan ikke fastslås med sikkerhet at hendelsen tidligere på dagen har sammenheng med ulykken, men det er etter Havarikommisjonens mening sannsynlig. Smellet eller dunkene som den første flygeren merket kan ha vært forårsaket av et kort øyeblikk med for tidlig tenning (pre-ignition) uten at det ble synlig på instrumentene. En medvirkende årsak til at

fenomenet tok brått slutt kan være at den første flygeren instinktivt senket collective-stikka og dermed avlastet motoren slik at en eventuell for tidlig tenning opphørte.

- 2.4.2 Helikopteret skulle ikke vært fløyet etter denne hendelsen før det hadde blitt godkjent av en flytekniker med rettigheter på luftfartøyet. Når en flyger opplever en situasjon som så alvorlig at han velger å avbryte flygingen og lande på et jorde, må det være høy terskel for å fortsette å fly med samme luftfartøy uten at årsaken er tilstrekkelig avklart.
- 2.4.3 I den aktuelle situasjonen kan det synes som om kommunikasjonen har vært mangelfull og ansvarsforholdene uklare. Utgangspunktet må være at alle hendelser som kan påvirke luftdyktigheten eller mistanker om tekniske feil dokumenteres i luftfartøyets reisejournal. En oppføring i reisejournalens anmerknings- og utbedringsseksjon vil ha formalisert hendelsen og hevet terskelen for å fortsette å fly.
- 2.4.4 Det formelle ansvaret for at et luftfartøy er luftdyktig ligger hos eieren (se punkt 1.17.2). Før hver flyging må imidlertid også fartøysjefen forsikre seg om at luftfartøyet er i luftdyktig stand (se punkt 1.17.3). I det aktuelle tilfellet var det usikkerhet knyttet til hva som hadde skjedd under flygingen, men fartøysjefen valgte likevel å fly til tross for denne usikkerheten. Godt flygerskjønn ville vært å utsette flygingen til den tekniske tilstanden til helikopteret var fastslått av flytekniker.

2.5 Teknisk vedlikehold

- 2.5.1 Havarikommisjonen mener det er lite sannsynlig at noen har løsnet tennpluggen etter at helikopteret var ferdig på 100-timers inspeksjonen i november 2018. I tiden fram til ulykken skjedde, hadde helikopteret fløyet drøyt 41 timer og ingen av de involverte har nevnt at det har vært problemer med motoren i denne perioden.
- 2.5.2 Siden det i perioden heller ikke skjedde dokumentert utførte vedlikehold som berørte de øvre tennpluggene, og siden området ikke er enkelt tilgjengelig, mener Havarikommisjonen det er sannsynlig at den øvre tennpluggen på sylinder nr. 5 ikke ble korrekt tiltrukket da samtlige tennplugger ble byttet 14. november 2018 (se punkt 1.6.5.3).
- 2.5.3 Havarikommisjonen mener at skadene på ventilene i sylinder nr. 5 oppsto etter at tennpluggene ble byttet 14. november 2018. Dette begrunnes med at lekkasjetesten av sylindrene da viste gode verdier (se punkt 1.6.5.3).
- 2.5.4 Pluggledningen til den øvre tennpluggen på sylinder nr. 5 ble funnet tiltrukket, og det framstår som tilnærmet umulig å trekke til pluggledningen korrekt med en helt løs tennplugg som roterer fritt uten at tennpluggen samtidig blir trukket til. Tiltrekkingsmomentet for pluggledningen skal imidlertid være lavere enn for selve tennpluggen. Tennpluggen kan derfor ha blitt delvis tiltrukket i forbindelse med at pluggledningen ble trukket til. Senere har så tennpluggen mest sannsynlig løsnet og skrudd seg løs helt til den ble stoppet fra å rotere ytterligere av tennpluggledningen.
- 2.5.5 Havarikommisjonen mener at den løse tennpluggen på motoren til LN-OGF er med på å illustrere hvor viktig det er at alt vedlikehold på luftfartøy gjennomføres grundig. Selv om det ikke spesifiseres dobbeltkontroll av tennplugger og pluggledninger er det viktig at alle trinn i arbeidet kontrolleres. Når tennplugger installeres, bør samtlige tennplugger kontrolleres (ettertrekkes) en gang til slutt før tennpluggledningene skrus på. Deretter bør

samtlig tennpluggledninger ettertrekkes. At arbeidet ble gjort med assistanse fra en annen person, kan ha bidratt til et øyeblikks forglemmelse.

- 2.5.6 At flyteknikeren ikke hadde sendt kopi av et oppdatert *Airworthiness Review Certificate* (ARC) til Luftfartstilsynet som forutsatt, kan skyldes en forglemmelse (se punkt 1.6.5.6).

2.6 Overlevelsesaspekter

- 2.6.1 I den grad fartøysjefen hadde et reelt valg, mener Havarikommisjonen at nødlandingen i skog, var helt avgjørende for at de to om bord overlevde. Over ulendt terreng kan det være formålstjenlig å nødlande i tett skog.
- 2.6.2 Helikopteret traff noen meter nede på et 30 meter høy tre, og anslaget var så kraftig at treet knakk på to steder og ble slått skjevt. Treet bremsset opp det meste av den horisontale hastigheten før helikopteret traff det neste 30 meter høye treet litt lengre nede på stammen. Helikopteret stoppet så helt opp ved dette treet og falt deretter rett nedover. Fallhastigheten ble betydelig redusert av grener mens det falt ned mot bakken langs stammen. Den relativt lave fallhastigheten var den direkte årsaken til at det var mulig å overleve ulykken. Et fritt fall fra ca. 30 meters høyde hadde mest sannsynlig vært fatalt.
- 2.6.3 De to om bord benyttet ikke hjelm. I det aktuelle tilfellet kan det se ut til at manglende bruk av hjelm ikke hadde vesentlig betydning. Generelt sett kan hjelm gi en avgjørende beskyttelse i ulykker som dette.
- 2.6.4 Ved ulykker hvor det oppstår store vertikale krefter kan støtabsorberende seter være effektive for å forhindre skader, særlig i ryggstølen. Det må betraktes som en svakhet at helikoptertypen ikke har sertifiserte støtabsorberende seter.
- 2.6.5 Havarikommisjonen mener at redningsaksjonen i hovedsak foregikk på en effektiv måte til tross for at ulykken skjedde på et vanskelig tilgjengelig sted.

3. KONKLUSJON

3.1 Hovedkonklusjon

Det oppsto en krevende situasjon da motoren mistet betydelig effekt under flyging. Fartøysjefen rakk ikke å entre autorotasjon før rotorturtallet ble for lavt. Høy masse og sterk vind kan ha vært negative faktorer.

Med synkende rotorturtall forsøkte fartøysjefen å gjøre en nødlanding, men rotorene stoppet helt opp før helikopteret traff to grantrær og falt ned på bakken. Undersøkelsen av helikoptervraket har vist at en tennplugg på sylinder nr. 5 var løs. Dette har mest sannsynlig ført til en luftlekkasje, forhøyet temperatur i sylinderen og skade på en innsugsventil. Havarikommisjonen mener at den høye temperaturen etter hvert kan ha ført til en for tidlig tenning i sylinderen (pre-ignition) og et betydelig effekttap.

3.2 Undersøkelseresultater

- a) Tidligere på dagen hadde en annen flyger avbrutt flygingen med det samme helikopteret og landet på et jorde fordi han opplevde at det smalt i helikopteret.

- b) Det er noe uklart hva som ble sagt og oppfattet under kommunikasjon mellom fartøysjefen, flyteknikeren, eieren og den første flygeren i forbindelse med landingen på jordet og den påfølgende beslutningen om å fly.
- c) Det ble ikke avklart hva som hadde forårsaket den avbrutte flygingen før fartøysjefen påbegynte ulykkesturen.
- d) Det er sannsynlig at det var problemene i sylinder nr. 5 som også forårsaket den avbrutte flygingen tidligere på dagen.
- e) Signering for utført inspeksjon før avgang (preflight inspection) eller informasjon om den avbrutte landingen ble ikke ført i helikopterets reisejournal. Dette ville ha formalisert hendelsen og hevet terskelen for å fortsette å fly.
- f) Det blåste til dels kraftig den aktuelle dagen. Det er imidlertid ikke mulig å si noe om i hvor stor grad vinden påvirket situasjonen.
- g) Da ulykken skjedde var helikopterets masse ca. 26 kg høyere enn tillatt og tyngdepunktet var noe foran fremre begrensning. Det er imidlertid ikke mulig å kvantifisere hvordan dette påvirket situasjonen negativt.
- h) Da motorkraften avtok, i en høyde på 800 ft (AGL) og med en hastighet på ca. 80 kt, etablerte ikke fartøysjefen autorotasjon i tide. Rotorturtallet falt derfor under kritisk nivå.
- i) Tennpluggen løsnet mest sannsynlig fordi den ikke ble tilstrekkelig tiltrukket under en 100-timers inspeksjon i november 2018, drøyt 41 flytimer før ulykken skjedde.
- j) Det er ikke tegn til at hovedrotoren har rotert etter at helikopteret traff og falt ned langs stammen på et 30 meter høyt grantre.
- k) Grener på treet bremsset fallet mot bakken, og den relativt lave fallhastigheten var den direkte årsaken til at det var mulig å overleve ulykken.

4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Statens havarikommisjon fremmer ingen sikkerhetstilrådinger i forbindelse med undersøkelsen.

Statens havarikommisjon

Lillestrøm, 16. september 2020

VEDLEGG

Vedlegg A: Forkortelser

VEDLEGG A: FORKORTELSER

AGL	Above Ground Level – høyde over havet
ARC	Airworthiness Review Certificate
BTDC	Before Top Dead Center – før stempelet når toppunktet
CAMO	Continuing Airworthiness Management Organisation
EASA	European Aviation Safety Agency – den felleseuropeiske luftfartsmyndigheten
ft	foot (feet) – fot – (0,305 m)
ICAO	International Civil Aviation Organization – FN organ for sivil luftfart
in	inch (2,54 cm)
In.Hg	inches of mercury – tommer kvikksølv
kt	knot(s) – Nautical Mile(s) (1 852 m) per hour – knop
lb	pound(s) (0,454 kg)
MHz	MegaHertz
N	nordlig
psi	pounds per square inch – trykk i pund pr kvadrattomme (.068 atm)
RON	Research Octane Number
RPM	Revolutions Per Minute – omdreininger per minutt
SHK	Statens havarikommisjon
UTC	Coordinated Universal Time – universell standardtid
VFR	Visual Flight Rules – visuelle flygeregler
Ø	østlig