

RAPPORT

Luftfart 2021/07



*RAPPORT OM LUFTFARTSULYKKE I
FOLLEBU, GAUSDAL KOMMUNE,
INNLANDET 1. AUGUST 2019 MED
HUGHES HELICOPTERS INC. 369D,
SE-JVJ, OPERERT AV FIRST EUROPEAN
AVIATION COMPANY SP. Z.O.O.*

 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	7
1.3 Skader på luftfartøy.....	7
1.4 Andre skader	7
1.5 Personellinformasjon	7
1.6 Luftfartøy	7
1.7 Været.....	13
1.8 Navigasjonshjelpemidler.....	13
1.9 Samband.....	14
1.10 Flyplasser og hjelpemidler	14
1.11 Flyregistratorer.....	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	16
1.17 Organisasjon og ledelse	25
1.18 Andre opplysninger.....	25
1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder.....	25
2. ANALYSE.....	26
2.1 Innledning	26
2.2 Analyse av hendelsesforløpet	26
2.3 Sprekken og sprekkvekst	27
2.4 Helikopterets vedlikehold	27
3. KONKLUSJON	30
3.1 Hovedfunn.....	30
3.2 Undersøkelsesresultater	30
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER	31
VEDLEGG.....	32
FORKORTELSER.....	33

RAPPORT OM LUFTFARTSULYKKE

Luftfartøy:	Hughes Helicopters Inc. 369D
Nasjonalitet og registrering:	Svensk, SE-JVJ
Eier:	GCC Capital AB, Sverige
Bruker:	First European Aviation Company Sp. z.o.o, Polen
Besetning:	Fartøysjef og systemoperatør, begge uskadet
Passasjerer:	Ingen
Havaristed:	På Nordre Fogne gård i Follebu, Gausdal kommune, Innlandet fylke. (61°15'47.53"N 10°19'56.75"Ø)
Havaritidspunkt:	Torsdag 1. august 2019 kl. 1312

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

MELDING OM HAVARIET

1. august 2019 kl. 1336 varslet operasjonsleder ved Innlandet politidistrikt Havarikommisjonens beredskapsvakt om at et helikopter hadde havarert i nærheten av Lillehammer. Videre opplyste han at nødstatene var på vei til ulykkesstedet og at ingen av de to om bord var alvorlig skadet. Hovedredningssentralen i Sør-Norge ringte kl. 1340 og ga ytterligere informasjon. Det ble opplyst at signaler fra helikopterets nødpeilesender ble registrert kl. 1315, og at havaristedet var et jorde ved Øverbygdsvegen i Follebu i Gausdal kommune. Havarikommisjonen besluttet å sette i gang en undersøkelse og to havariinspektører rykket ut til havaristedet samme kveld.

I henhold til ICAO Annex 13, «Aircraft Accident and Incident Investigation» underrettet Havarikommisjonen myndighetene i produsentlandet, USA (National Transportation Safety Board, NTSB), registreringslandet Sverige (Statens Havarikommisjon, SHK) og operatørlandet Polen (State Commission of Aircraft Accident Investigation, SCAAI). USA, Sverige og Polen utnevnte alle akkrediterte representanter som bisto i undersøkelsen.

SAMMENDRAG

Helikopteret, SE-JVJ, var på oppdrag for Eidsiva Nett¹ for å kartlegge kraftselskapets distribusjonslinjer ved hjelp av laserskanning og fotografering fra luften. Etter ca. 52 minutters flyging ble fartøysjefen oppmerksom på en uvanlig vibrasjon i helikopteret. Vibrasjonene økte i intensitet samtidig med at det også kom en metallisk lyd. Fartøysjefen besluttet derfor å finne en landingsplass for å sjekke helikopteret. Like før landing, i 2–3 meters høyde, mistet helikopteret all kraft til rotorsystemet. Helikopteret traff bakken slik at høyre skid (understellsmeie) kollapset, halen berørte bakken og hovedrotorbladene slo i bakken slik at jord ble virvlet opp på høyre side. Besetningen unngikk skade, men helikopteret ble påført store skader.

Tapet av kraft skyldtes et brudd i den inngående akseltappen i hovedgirboksen. Akselbruddet var forårsaket av en utmattingsprekk, men det har ikke vært mulig å fastslå hvorfor utmattingen

¹ Eidsiva Nett bygger, drifter, vedlikeholder og fornyer strømmnett i Innlandet med en utstrekning på over 22 000 kilometer. Kilde <https://www.eidsivanett.no>. Eidsiva Nett har 1. januar 2020 fusjonert med Hafslund Nett til Elvia.

oppsto. Uavhengig av årsak mener Havarikommisjonen at deler av vedlikeholdsarbeidet på hovedgirboksen ikke har vært utført i henhold til forventet standard. I tillegg mener Havarikommisjonen at vedlikeholdsstyringen og den framlagte vedlikeholdsdokumentasjonen var mangelfull.

Havarikommisjonen har ikke gitt sikkerhetstilrådinger i forbindelse med denne undersøkelsen.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

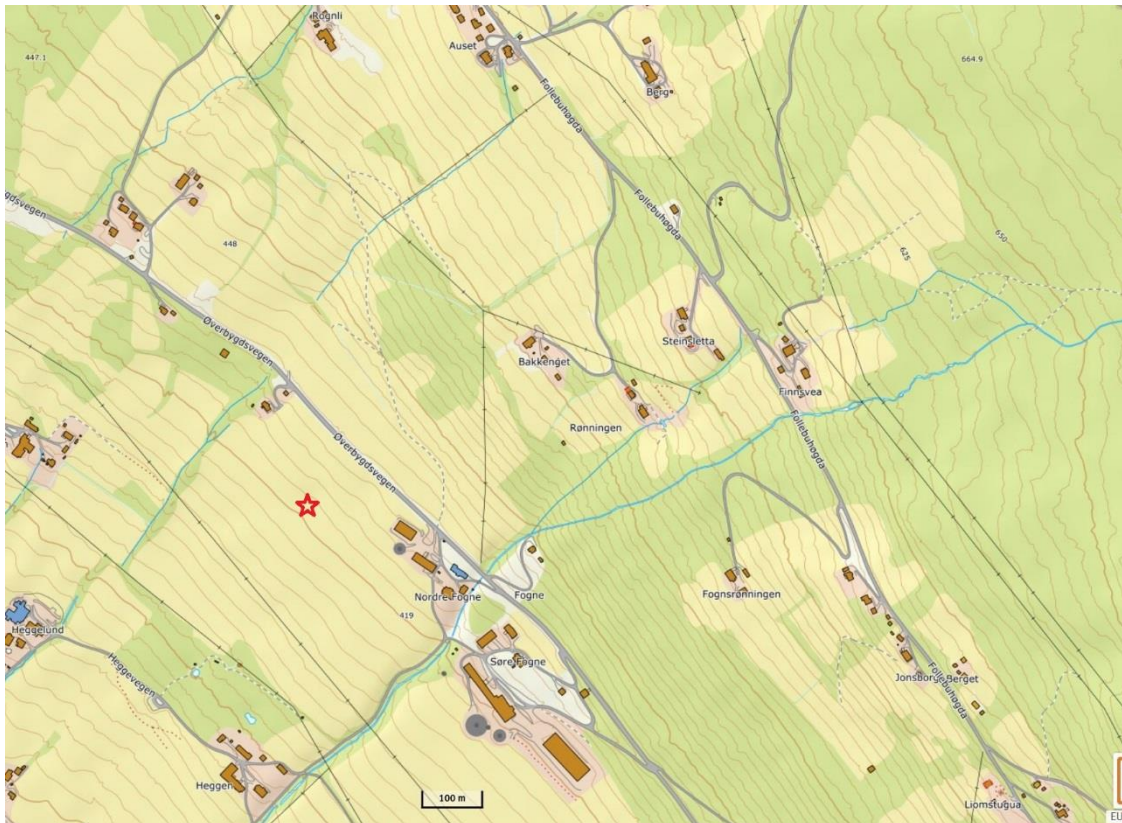
1.1 Hendelsesforløp

- 1.1.1 Helikopteret, SE-JVJ, var på oppdrag for Eidsiva Nett for å kartlegge kraftselskapets distribusjonslinjer ved hjelp av laserskanning og fotografering fra luften. Besetningen i helikopteret var en svensk fartøysjef i venstre sete, og en polsk systemoperatør i høyre sete.²
- 1.1.2 Ulykkesturen var besetningens andre flyging denne dagen. Den første flygingen var linjeinspeksjon, med utgangspunkt i Hamar og landing på Mesnali. Første flyging varte 2 timer og 32 minutter. På Mesnali hadde besetningen 30 minutter pause, før de fylte drivstoff og tok av igjen kl. 1219. Planen var å foreta ny linjeinspeksjon og deretter returnere til Hamar. Det var ifølge fartøysjefen perfekte forhold for linjeinspeksjon med klart vær og rolige vindforhold. Flygingene var planlagt og gjennomført med bruk av iPad og programmet Sky Demon.
- 1.1.3 Den siste flygingen foregikk som normalt i ca. 52 minutter. Fartøysjefen ble da oppmerksom på en uvanlig vibrasjon i helikopteret, noe som han først merket gjennom setet. Han spurte systemoperatøren om han også kunne kjenne vibrasjonen, hvilket han ikke gjorde. Vibrasjonene ble gradvis sterkere, og ca. 10 sekunder etter at fartøysjefen først hadde merket vibrasjonene, kunne de bekreftes av systemoperatøren. Vibrasjonene økte i intensitet og etter anslagsvis 20–30 sekunder hørte fartøysjefen en metallisk lyd som i likhet med vibrasjonen økte i intensitet. Fartøysjefen beskrev lyden som om den kom fra et lager som var i ferd med å havarere. Systemoperatøren hørte etter hvert også lyden, og kunne kjenne vibrasjoner ved å presse ryggen mot setet og føttene i gulvet. Han kjente vibrasjonene sterkest i gulvet.
- 1.1.4 Ingen instrumenter viste feilindikasjon. Besetningen oppfattet ikke på dette tidspunktet situasjonen som truende, men fartøysjefen besluttet allikevel å lande for å sjekke helikopteret. Han fløy en sirkel over to gårder og orienterte seg. Et gresskledd jorde nordvest for gården Nordre Fogne ble valgt som landingsplass og han påbegynte en rolig innflyging (se figur 1 og figur 2). Da helikopteret befant seg i hover-høyde (2–3 meter over jordet) var fartøysjefen fortsatt i tvil om hvorvidt vibrasjonen og lyden var alvorlig eller ikke. Han fortsatte i samme høyde, i en slakk sving oppover jordet i den hensikt å lande helikopteret nærmere Øverbygdsvegen. Plutselig steg intensiteten på både vibrasjonen og lyden kraftig, samtidig som instrumentet som viser kraftuttaket (*torque meter*) viste ustabile verdier.
- 1.1.5 Fartøysjefen besluttet øyeblikkelig å lande helikopteret. I det han stoppet opp i anslagsvis 3 meters høyde og skulle til å senke kollektiv-stikka, hørte besetningen et kraftig smell. Både fartøysjef og systemoperatør har beskrevet at smellet kom fra et sted bak dem.

² I motsetning til de fleste andre helikoptertyper flys den aktuelle typen normalt fra venstre sete.

Fartøysjefen opplevde å miste kontroll på maskinen. Helikopteret vred seg ca. 60–70° mot venstre samtidig som det mistet høyde. Det traff jordet slik at høyre skid kollapset, halen berørte bakken og hovedrotorbladene slo i bakken slik at jord ble virvlet opp på høyre side. Besetningen opplevde å bli slengt både til venstre og høyre. Ulykken skjedde anslagsvis et drøyt minutt etter at linjeinspeksjonen ble avbrutt.

- 1.1.6 Fartøysjefen fikk stoppet motoren ved å stenge av drivstofftilførselen før besetningen evakuerte helikopteret. De kontaktet eier og operatør for å informere om havariet og at de tilsynelatende var uskadet. Systemoperatøren aktiverte helikopterets nødpeilesender (ELT).³ Tidspunkt for aktivering var ifølge Hovedredningsentralen kl. 1315, tre minutter etter havariet.
- 1.1.7 Etter kort tid kom gårdbrukeren, som eide jordet, og hans sønn kjørende ned til helikopteret. De har fortalt at de hadde observert helikopteret da det fløy over gården, og at de senere også hadde hørt et høyt smell.
- 1.1.8 Nødetatene kom raskt til havaristedet, og de to besetningsmedlemmene ble kjørt til sykehuset på Lillehammer for kontroll. Der ble det konstatert at begge var uskadd.



Figur 1: Området hvor SE-JVJ gjennomførte linjeinspeksjon for Eidsiva Nett. Linjetraséen som ble inspisert ses i midten av kartet, nord for gården Nordre Fogne i Follebu, Gausdal kommune. Havaristedet avmerket med rød stjerne. Kart: © Kartverket

³ Det var svensk Hovedredningsentral som mottok signalene fra nødpeilesenderen, og som ga beskjed videre til Hovedredningsentralen Sør-Norge (HRS SN) på Sola.



Figur 2: Flygetrasé. Kilde: Flight data fra Sky Demon importert i Google Earth



Figur 3: Bilde av SE-JVJ tatt mot sørvest. Til venstre i bildet ses spor etter hovedrotorbladene som slo i bakken. Foto: SHK

1.2 Personskader

Tabell 1: Personskader

Skader	Besetning	Passasjerer	Andre
Omkommet			
Alvorlig			
Lett/ingen	2		

1.3 Skader på luftfartøy

Helikopteret ble betydelig skadet. Se kapittel 1.12.2 for ytterligere informasjon.

1.4 Andre skader

Det gikk hull på helikopterets drivstofftank og et ukjent antall liter drivstoff rant ut på havaristedet. I tillegg ble noe gress klemt ned og ødelagt i forbindelse med havariet og den senere bergingen av helikopteret.

1.5 Personellinformasjon

1.5.1 Fartøysjefen

Fartøysjefen var 32 år og svensk statsborger. Han hadde fløyet helikopter siden 2011 og hadde hatt trafikkflygersertifikat for helikopter (CPL(H)) siden 2013. Fartøysjefen hadde gyldig legeattest klasse 1. Han arbeidet som freelance helikopterflyger og var engasjert på en fire måneders kontrakt for det svenske selskapet Visimind AB. Fartøysjefen har opplyst at han følte seg opplagt og uthvilt før flygingen startet.

Tabell 2: Flygetid fartøysjef

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	2:30	2:30
Siste 90 dager	121:06	121:06
Totalt	907:30	244:30

1.5.2 Systemoperatøren

Systemoperatøren var 23 år og polsk statsborger. Han var ansatt i det polske datterselskapet Visimind Ltd. Sp. z.o.o som operatør av laser- og fotoutstyr benyttet under linjeinspeksjoner med helikopter. Han hadde fløyet flere ganger tidligere sammen med fartøysjefen. Systemoperatøren har opplyst at han følte seg opplagt og uthvilt før flygingen startet.

1.6 Luftfartøy

1.6.1 Generelt

Hughes Helicopters Inc 369D er et lett en-motors helikopter med plass til en flyger og fire passasjerer. Helikopteret benevnes også McDonnell Douglas MD 500D.

Serienummer: 1127D

Byggeår: 1982

Totalt akkumulert flytid:	5 329,6 timer
Motor:	Rolls-Royce 250-C20F (tidligere Allison) turbinmotor som yter 420 hk
Hovedgirboks, delenummer:	369D25100-505
Hovedgirboks, serienummer:	0693
Hovedgirboks, totaltid:	3 749,5 timer
Rotordiameter:	8,05 meter
Maksimal avgangsvekt:	1 360 kg (3 000 lb)
ARC gyldig til:	26. mai 2020

SE-JVJ var tidligere registrert på italiensk register som I-ANBE. 27. februar 2017 ble helikopteret overført til svensk register som SE-JVJ.

1.6.2 Sjekklister

SE-JVJ var utstyrt med en sjekkliste inkludert en nødsjekkliste. Angående vibrasjoner inneholdt denne følgende tekst:

ABNORMAL VIBRATIONS
- sudden, unusual or excessive vibrations occurring during flight.
- LAND AS SOON AS POSSIBLE
No further flights should be attempted until the cause of the vibration has been identified and corrected.

1.6.3 Hovedgirboksen

- 1.6.3.1 Hovedgirboksens oppgave er å overføre krefter fra motoren, og gire ned motorens utgående rotasjonshastighet til ønsket rotasjonshastighet for henholdsvis hovedrotoren og halerotoren (se figur 4). Motorens utgående aksel⁴ roterer med et turtall som holdes tilnærmet konstant på 6 136–6 196 omdreininger per minutt, og dette gires ned til et hovedrotorturtall på 487–492 omdreininger per minutt. Akselen ut til halerotoren har et turtall på 2 120–2 141 omdreininger per minutt. Nedgiringen til halerotorakselen skjer i ett trinn, og nedgiringen til hovedrotoren skjer over to trinn som vist i figur 5.
- 1.6.3.2 Hovedgirboksens inngående akseltapp (*input pinion*, delenummer 369D25121-11) er laget av 9310 stål⁵. Konstruksjonstegningene til delen spesifiserer at overflateruheten i radiusen mellom akselen og tannhjulet (hvor sprekkene oppsto) maksimalt kan være 63 RMS. I området hvor lagrene sitter kan overflateruheten maksimalt være 32 RMS.

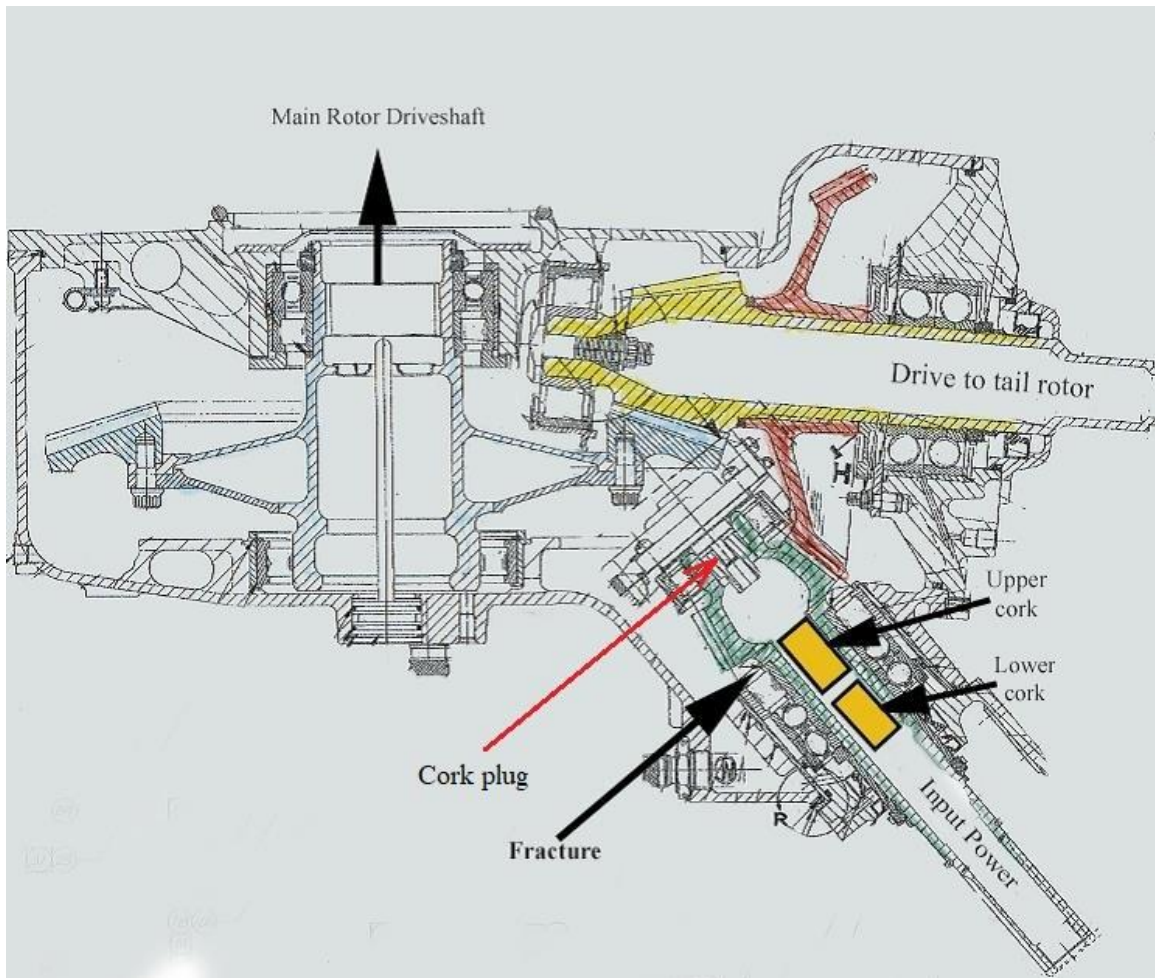
⁴ Koblet til hovedgirboksens inngående akseltapp (delen som delte seg).

⁵ I henhold til AMS 6265 (stållegering med krom, nikkel og molybden)

- 1.6.3.3 Hullet i akseltappen var opprinnelig tettet med en plugg av naturkork (delenummer 23425-100). Denne korkpluggen var erstattet med et syntetisk tetningsmateriale på nyere aksler (se figur 5).
- 1.6.3.4 Hovedgirboksen har et eget oljesystem med trykkpumpe og en utvendig oljekjøler. En vifte som drives av en rem rundt akselen mellom motoren og hovedgirboksen blåser luft gjennom oljekjøleren.
- 1.6.3.5 På spørsmål fra Havarikommisjonen har MD Helicopters opplyst at de ikke er kjent med tidligere tilfeller av brudd i hovedgirboksens inngående akseltapp. De har også opplyst at justeringen av motorens posisjon i forhold til hovedgirboksen ikke er kritisk for den inngående akseltappen. Hvis motoren monteres skjevt vil andre komponenter enn hovedgirboksen bli utsatt for overbelastninger.



Figur 4: Hovedgirboksen før demontering hos MD Helicopters i Arizona. Foto: SHK



Figur 5: Skisse som viser hovedgirboksens oppbygging. Den inngående akseltappen (input pinion) er farget grønn. Sorte piler peker mot henholdsvis utmattingssprekken (Fracture) og to uregelmessige vinkorker. Rød pil peker mot hullet i tannhjulet (pinion) som originalt er tettet med en plugg av naturkork. Kilde: MD Helicopters

1.6.4 Vedlikehold

1.6.4.1 Havarikommisjonen har ikke funnet det hensiktsmessig å søke vedlikeholdsdokumentasjon til helikopteret fra før hovedgirboksen ble installert i I-ANBE i april 1996. Det er ikke noe i tilgjengelig dokumentasjon som tilsier at hovedgirboksen har vært utsatt for ulykker eller hendelser i perioden fra 1996 til havariet skjedde 1. august 2019.

1.6.4.2 En gjennomgang av tilgjengelig vedlikeholdsdokumentasjon viser blant annet følgende:

- 12. mars 1996 ble den aktuelle hovedgirboksen (S/N 0693) avmontert fra et helikopter med registreringen I-COLA. Hovedgirboksen ble da inspisert og hadde en gangtid på 1 382:36 timer siden overhaling (TSO). Hovedgirboksens totale gangtid var ikke oppgitt.
- 12. mars 1996 ble hovedgirboksen (S/N 0693) montert på I-ANBE. Totaltid på helikopteret var 2 962,36 timer. Gangtiden på hovedgirboksen ble oppgitt å være 1 382:36 timer siden overhaling (TSO).

- 16. juni 2004 hadde helikopteret totaltid på 3 769:35 timer. Det framgår av dokumentasjonen at vedlikehold på helikopteret ble utført av March Helicopters Ltd. UK.
- 12. juni 2005 hadde helikopteret en total gangtid på 3 808 timer. Da gjennomførte Kent Helicopters Ltd. i England en kombinert 100-timers/årlig inspeksjon. Olje og filter på hovedgirboksen ble byttet. Ny Mobil 254 olje ble påfylt.
- I en periode mellom juli 2009 og april 2012 ble noe vedlikehold utført i Milano av den franske organisasjonen Copter & Boat's Dream.
- 22. juni 2012 hadde helikopteret en totaltid på 4 053,0 timer. Det framgår av dokumentasjonen at vedlikehold på helikopteret ble utført i Italia av Malmskog AeroCenter AB.
- 27. mai 2016 hadde helikopteret en totaltid på 4 125,8 timer. Det framgår av dokumentasjonen at vedlikehold på helikopteret ble utført av Helicraft Nordflyg Service AB
- 8. februar 2019 hadde helikopteret en totaltid på 5 124,8 timer. I forbindelse med vedlikeholdsarbeid ble olje og filter skiftet på hovedgirboksen. Ny Mobil AGL olje ble påfylt. Dette var siste dokumenterte vedlikeholdsarbeid på hovedgirboksen. Vedlikeholdsarbeidet ble utført av First European Aviation Company Sp. z.o.o, Polen.
- 12. mai 2019 ble motoren byttet. Helikopteret hadde da en totaltid på 5 124,8 timer og 9 046 *cycles*⁶. Den installerte motoren med delenummer 6887190 og serienummer CAE 820223 var nyoverhaldt og hadde en total gangtid på 14 619:46 timer. Vedlikeholdsarbeidet ble utført av First European Aviation Company Sp. z.o.o, Polen.
- 28. juni 2019 hadde helikopteret en totaltid på 5 266:53 timer og 9 133 *cycles*. Da ble det blant annet utført en 100-timers inspeksjon. Vedlikeholdsarbeidet ble utført av First European Aviation Company Sp. z.o.o, Polen.

1.6.4.3 Det har ikke vært mulig å finne mye av den eldre vedlikeholdsdokumentasjonen til komponenter i helikopteret. Blant annet har Havarikommisjonen kontaktet den italienske havarikommisjonen uten at det har vært mulig å frambringe vedlikeholdsdokumentasjon fra den perioden hvor hovedgirboksen ble vedlikeholdt i Italia. Det har således ikke vært mulig å fastslå hvem som utførte modifikasjonen AD 87-18-12 (se punkt 1.16.2.3) eller når den ble utført. Det har heller ikke vært mulig å fastslå om hovedgirboksen har vært demontert i andre sammenhenger enn ved modifikasjonen.

1.6.5 Vedlikeholdsstyring (Continuing Airworthiness)

1.6.5.1 First European Aviation Company er en kommersiell helikopteroperatør som er pålagt å følge et myndighetsgodkjent vedlikeholdsprogram. I dette tilfellet var helikopteret registrert i Sverige og underlagt svensk myndighet (Transportstyrelsen). Vedlikeholdsprogrammet, godkjent av Transportstyrelsen, bygger på vedlikeholds krav og anbefalinger fra helikopterprodusenten. Produsentens krav (seksjon 04-00-00, Airworthiness Limitations) er godkjent av internasjonale myndigheter, herunder

⁶ Antall avganger/landinger

amerikanske (Federal Aviation Administration – FAA) og den felleseuropeiske luftfartsmyndigheten (European Aviation Safety Agency – EASA).

- 1.6.5.2 Helikopterprodusenten anbefaler i seksjon 05-00-00 at hovedgirboksen overhales etter 3 000 flytimer. Overhalingsintervallet kan imidlertid utvides til 4 000 flytimer forutsatt at det kun har vært benyttet girolje av type Mobil AGL, og/eller at bruken av lastekrok er mindre enn 750 flytimer i overhalingsperioden. Andre typer girolje enn Mobil AGL har også vært benyttet på den aktuelle girboksen (se 1.6.4.2).
- 1.6.5.3 First European Aviation Company hadde et vedlikeholdsprogram (FEAC/MP/MDHI369 rev #7) godkjent av Transportstyrelsen.
- 1.6.5.4 I sitt godkjente vedlikeholdsprogram har First European Aviation Company satt krav til at hovedgirboksen skal overhales etter 4 000 timer, med henvisning til seksjon 04-00-00. Henvisningen skulle imidlertid vært til helikopterprodusentens anbefaling i seksjon 05-10-00 hvor det også stilles krav til type olje.
- 1.6.5.5 First European Aviation Company har i sin vedlikeholdsstyring (CAMO-status) oppgitt at hovedgirboksen skal overhales etter 3 000 timer. I den samme listen er gangtiden til hovedgirboksen oppgitt til 0 timer og helikopterets flytid til 2 590,6 timer ved hovedgirboksens installasjon 13. april 1994. Disse opplysningene samsvarer ikke med annen tilgjengelig dokumentasjon.
- 1.6.6 Utstyr om bord i helikopteret
- 1.6.6.1 Helikopteret var utstyrt for å kartlegge og dokumentere kraftlinjer. Utstyret besto av laser- og kamerautstyr festet til en fastmontert rigg under helikopteret. Riggeren var boltet fast til helikopterets buk og venstre skid. Videre var setene bak i helikopteret tatt ut og erstattet av en rekke datamaskiner. Disse maskinene var koblet til laser- og fotoutstyret på utsiden via en rekke kabler som gikk gjennom et hull i den venstre passasjerdøren. Alt utstyret ble forsynt med strøm fra helikopterets kraftforsyning. Systemoperatøren satt i fremre høyre sete og betjente systemet via en skjerm foran seg. Utstyret var eid av polske Visimind Ltd. Sp. z.o.o.
- 1.6.6.2 Systemet var installert i helikopteret basert på en godkjennelse (Supplemental Type Certificate – STC) nr. 10057706 fra den felleseuropeiske luftfartsmyndigheten EASA. Installasjonen var utviklet av SAAB AB, Nyköping og omfattet *Data Acquisition Module – Hardware (DAM-H), Vision Mount Module Installation*.
- 1.6.6.3 Utstyret ble utmontert og veid av Havarikommisjonen. Det veide totalt 105 kg.⁷

⁷ Datautstyr bak i helikopteret: 30,6 kg, utvendig brakett med 7 kameraer og 1 laser: 59 kg, samt 15,4 kg kabler. Totalt 105 kg.

1.6.7 Masse og balanse

1.6.7.1 Helikopteroperatøren First European Aviation Company har oppgitt følgende data for helikopteret (med fulle drivstofftanker):

Helikopterets masse, tomt	1 639,5 lb
Utmonterte flygekontroller på høyre side	-11,3 lb
Pilot	185,0 lb
Systemoperatør	185,0 lb
Kartleggingsutstyr inne i kabinen	91,7 lb
Kartleggingsutstyr montert under buken	181,0 lb
Utstyr bak i helikopteret (Rear compartment)	60,0 lb
Drivstoff hovedtank (62,1 US galons)	423,0 lb
Drivstoff ekstratank (20 US galons)	143,0 lb
Total masse	2 896,9 lb

1.6.7.2 Som nevnt i punkt 1.6.6.3 ble utstyret i helikopteret veid til 105 kg. Dette tilsvarer 231,5 lb. Helikopteroperatøren har oppgitt at kartleggingsutstyret skulle veie 272,7 lb. Av dette framgår det at utstyret var 41,2 lb lettere enn oppgitt. Massen blir derved som følger:

Total masse (ifølge helikopteroperatøren)	2 896,9 lb
Forskjell i massen på kartleggingsutstyr	-41,2 lb
Masse ved avgang Mesnali	2 855,7 lb

1.6.7.3 Totalt tillatt avgangsmasse er 3 000 lb. Beregningen viser at helikopteret var innenfor maksimalt tillatt masse under hele flygingen.

1.6.7.4 Data oppgitt av helikopteroperatøren First European Aviation Company viser at helikopterets balanse var innenfor begrensningene.

1.7 **Været**

1.7.1 Tilnærmet vindstille. Sikt: Mer enn 10 km. Høyt skylag. Temperatur: 15 °C. QNH: 1 019 hPa.

1.7.2 Det var dagslys og ifølge fartøysjefen perfekte værforhold for kraftlinjeinspeksjon.

1.8 **Navigasjonshjelpemidler**

Fartøysjefen benyttet iPad med applikasjonen Sky Demon til navigering.

1.9 Samband

Fartøysjefen var ikke i kontakt med lufttrafikkjentenen.

1.10 Flyplasser og hjelpemidler

Ikke relevant.

1.11 Flyregistratorer

Ikke påbudt og ikke installert.

1.12 Havaristedet og helikoptervraket

1.12.1 Havaristedet

Havariet skjedde på et jorde med høyt gress tilhørende gården Nordre Fogne, Øverbygdsvegen i Follebu, Gausdal kommune. Helikopteret ble liggende pekende mot nord ca. 200 meter nedenfor Øverbygdsvegen (se figur 2). Helningen på jordet var 10,5°. Havaristedet ligger 395 meter (1 300 ft) over havet.

1.12.2 Helikoptervraket

1.12.2.1 Helikopteret ble betydelig skadet. I sammenstøtet med bakken brakk høyre skid (understellsmeie) og riggen med kartleggingsutstyr som var festet under helikopteret ble presset opp og skadet helikopterets buk. Blant annet slo utstyret hull i en drivstofftank. Videre slo alle hovedrotorbladene ned i bakken slik at samtlige ble skadet.

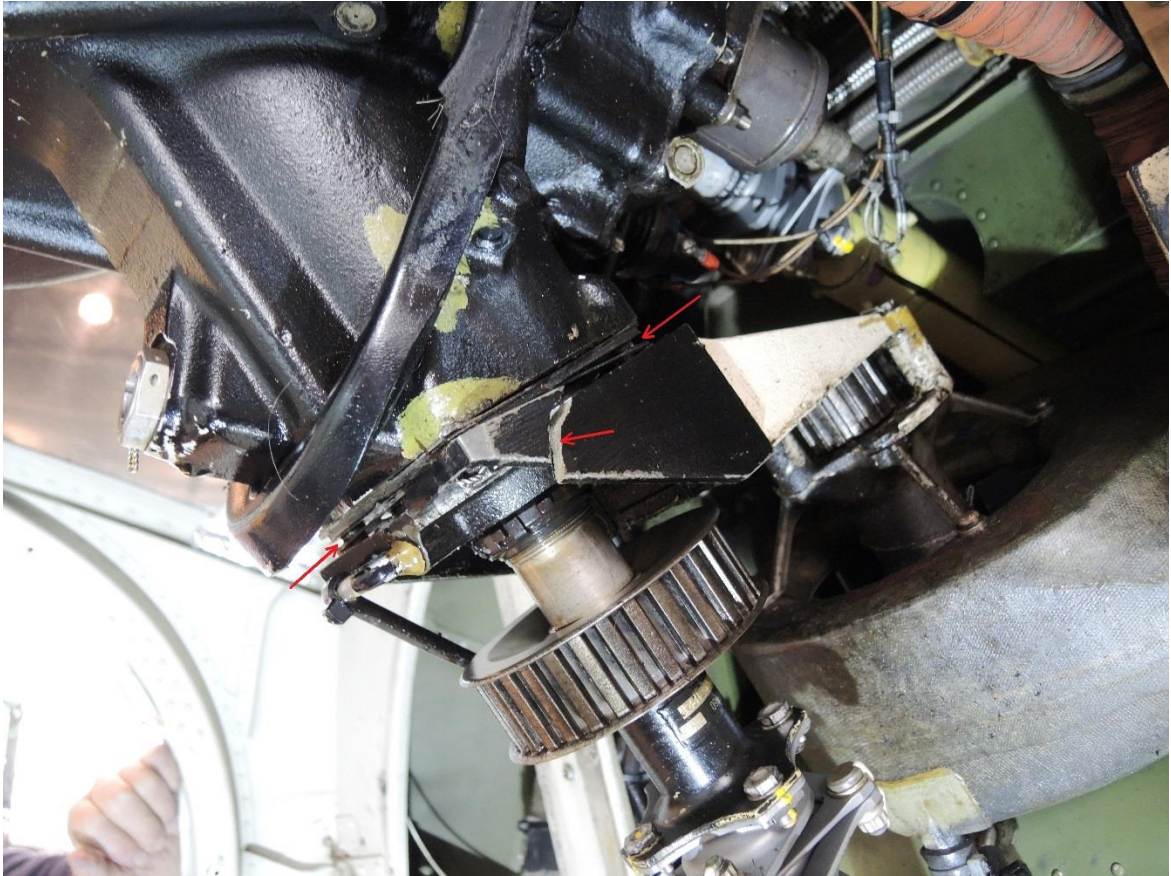
1.12.2.2 I sammenstøtet med bakken ble halebommen vridd til høyre slik at den høyre finnen ute på T-halen kom kontakt med bakken og ble bøyd.

1.12.2.3 Kartleggingsutstyret under buken på helikopteret ble betydelig skadet i havariet.



Figur 6: Rigger med kartleggingsutstyret og rynker i platehuden sees under helikopteret. Vridningen i halebommen er merket med gul pil. Foto: SHK

- 1.12.2.4 Helikopteret ble transportert til Havarikommisjonens lokaler i Lillestrøm samme kveld.
- 1.12.2.5 Under havariet oppsto en drivstofflekkasje fra hovedtanken. En del drivstoff rant ut på havaristedet og i forbindelse med bergingen. Resterende, 75 liter Jet A1 drivstoff, ble drenert fra hovedtanken etter at helikopteret hadde ankommet Havarikommisjonens hangar på Lillestrøm. Den andre tanken var hel og full av drivstoff og ble tømt påfølgende uke. Totalt ble det drenert 160 liter drivstoff.
- 1.12.2.6 Ved innledende undersøkelser ble det oppdaget at takpanelet bak i kabinen hadde løsnet. Etter at takpanelet var tatt ned, ble det konstatert at en del av hovedgirboksen hadde sprukket (se figur 7). Fra området hadde det også lekket en del olje. Videre hadde remmen som driver kjøleviften røket. Hovedgirboksen ble derfor utmontert, satt i en forseglet transportkasse og sendt til MD Helicopters i Arizona, USA, for nærmere undersøkelser (se kapittel 1.16).



Figur 7: Hovedgirboksen fra området hvor akselen fra motoren går inn i hovedgirboksen. Drivremmen til kjøleviften har falt av. Røde piler viser områder med sprekker. Foto: SHK

1.13 Medisinske og patologiske forhold

Fartøysjefen og systemoperatøren ble undersøkt på sykehuset i Lillehammer samme kveld. De var begge uskadet. Besetningen avga rutinemessig utblåsningsprøve med hensyn til alkoholpåvirkning. Disse var negative.

1.14 Brann

Det oppsto ikke brann.

1.15 Overlevelsesaspekter

Både fartøysjef og systemoperatør hadde tilgjengelig hjelm med øretelefoner. Fartøysjefen brukte imidlertid ikke sin hjelm, fordi øretelefonene i denne var ødelagt. Han benyttet derfor separate øretelefoner. Under sammenstøtet med bakken slo fartøysjefen hodet i venstre vindu, men unngikk skade.

1.16 Spesielle undersøkelser

1.16.1 Innledende undersøkelser

- 1.16.1.1 Før hovedgirboksen ble utmontert ble de to magnetpluggene (magnetic chip plugs) inspisert. Begge pluggene var dekket av metallfragmenter (chips), særlig pluggen ved akselinngangen (se figur 8). Magnetpluggen i bunnen av girboksen hadde færre metallfragmenter. Ved måling hadde magnetpluggen følgende verdier:

- Magnetplugg ved akselinngangen: 650 Ohm⁸
- Magnetplugg i bunnen av girboksen: 100 Ohm

Siden besetningen har forklart at de ikke oppdaget noe varsellys besluttet Havarikommisjonen å sjekke om varslingsystemet var i orden. Helikopterets batteribryter ble slått på og da ledningene til magnetpluggene ble kortsluttet mot skroget på helikopteret, lyste varsellampen i cockpit (M/R XMSN CHIPS).



Figur 8: Magnetpluggen fra hovedgirboksens akselinngang. Foto: SHK

- 1.16.1.2 Etter at en ukjent mengde olje hadde lekket ut av hovedgirboksen ble 2 desiliter med klar rødlig olje tappet av.
- 1.16.2 Undersøkelse av hovedgirboksen hos MD Helicopters i Arizona, USA
- 1.16.2.1 Under ledelse av Havarikommisjonen ble hovedgirboksen nærmere undersøkt hos produsenten MD Helicopters. Til stede ved undersøkelsen var, foruten representanter fra MD Helicopters, også representanter fra det amerikanske luftfartstilsynet (FAA) som deltok på vegne av den amerikanske havarikommisjonen (NTSB).
- 1.16.2.2 Under demontering ble det tidlig klart at den inngående akseltappen (med delenummer 369D25121-11 og serienummer 57152-0093) hadde delt seg i området mellom lagrene og selve tannhjulet (pinjongen). En utviklet sprekk i området kunne føre til oljelekkasje fra girboksen og ut gjennom den hule akseltappen. Bruddflaten ble nærmere analysert på eksterne metallurgisk laboratorier, først i USA (se kapittel 1.16.3) og senere i Norge (se kapittel 1.16.4).

⁸ Ohm er enhet for elektrisk motstand.



Figur 9: Den inngående akseltappen delt i to med tannhjuldelen til venstre og akseldelen til høyre. Foto: SHK

1.16.2.3 Under demonteringen ble følgende spesielt bemerket:

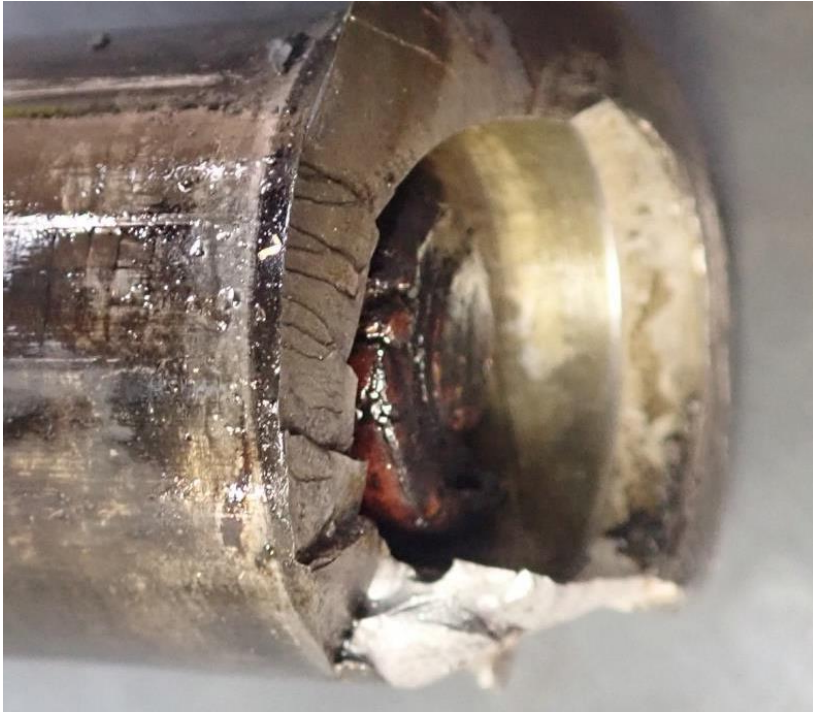
- Girboksen var forholdsvis ren med lite metallspen eller annen forurensning innvendig.
- Girboksen hadde vært åpnet etter produksjonen. Blant annet var modifikasjonen AD 87-18-12 gjennomført ved at kronhjulet i siste trinn var byttet ut med en forbedret utgave. Dette innebar at girboksen skiftet identitet fra å være en 369D25100-503 til å bli en -505 girboks. I den sammenheng var dataplatten også byttet.
- «Shim» som justerer trykket på hovedlagrene var for tykke. Dette medførte at lagrene var så løse at de hadde rotert inne i lagerhuset. Ett av lagrene var heller ikke montert med *Loctite* (lim) i henhold til instruksjonen.
- En hylse utenpå lagrene på den inngående akseltappen var montert 90° feil. Dette medførte at oljen ikke kunne dreneres fritt fra lagerområdet. Oljen ville derfor samle seg i lageret og renne over kanten når lagerområdet var fullt. Dette førte til at oljestrømmen forbi magnetpluggen ble redusert.
- Flere aksler hadde langsgående riper som indikerer at det hadde vært forurensning på akslene da lagrene har blitt presset på plass. Dette gjaldt også akseltappen, men ingen av ripene gikk helt bort til bruddstedet på akselen (se figur 10).
- Pluggen av naturkork i enden av den inngående akseltappen (se punkt 1.6.3.2 og figur 5) ble funnet å være i orden (tett).
- Det ble oppdaget at hulrommet i den inngående akseltappen i tillegg var blokkert av et korklignende materiale (se figur 11).



Figur 10: Eksempel på riper der lagrene har sittet på akseltappen som driver halerotoren.
Foto: SHK

1.16.3 Undersøkelse av den inngående akseltappen hos SEMTEC Laboratories i Phoenix, USA

1.16.3.1 Etter demonteringen av hovedgirboksen hos MD Helicopters ble de to delene av den inngående akseltappen gjenstand for en nærmere undersøkelse hos SEMTEC Laboratories. De samme aktørene var til stede ved denne undersøkelsen som ved undersøkelsen hos MD Helicopters. Innledningsvis ble det bekreftet det satt tre deler av noe som var svært likt vinkorker i den hule akseltappen. Disse delene, som ikke var godkjent til bruk i luftfartøy, ble tatt ut og omtales heretter som vinkorker (se figur 5 og figur 12).



Figur 11: Bruddflaten i akseltappen med synlig ende av en vinkork. Foto: SEMTEC Laboratories



Figur 12: Den inngående akseltappen etter at enden med bruddflaten var kuttet av. Til venstre to vinkorker, hvorav den venstre har gått delvis i oppløsning og delt seg i to deler. Foto: SHK

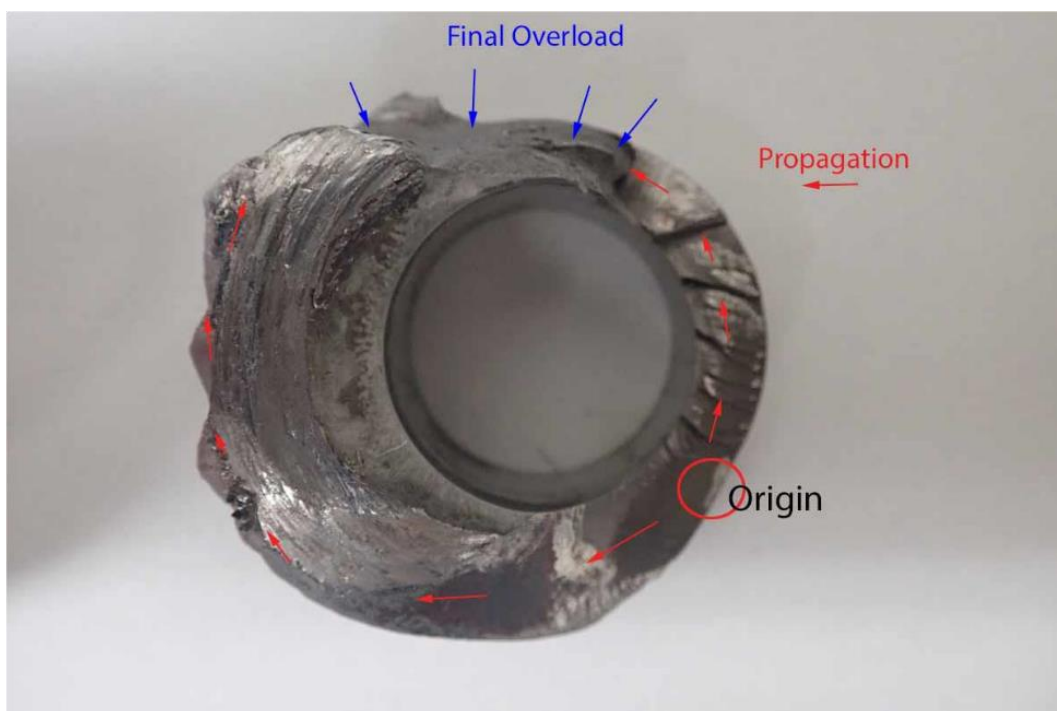
- 1.16.3.2 Bruddflaten på tannhjulsdelen av den inngående akseltappen var i stor grad ødelagt av sekundærskader (se figur 13). Siden skadene på denne delen var størst i det området hvor det var antatt at sprekken hadde startet, ble det valgt å undersøke den motstående bruddflaten (se figur 14). For å kunne få bruddflaten inn i SEM/EDS⁹ ble akseltappen kuttet nær bruddflaten.
- 1.16.3.3 Det ble konkludert med at sprekken var en utmattingssprekk med flere initieringspunkter som hadde vokst sammen. Bruddflaten i området hvor sprekken med stor sannsynlighet hadde startet, var polert slik at detaljer var ødelagt. Det ble likevel konkludert med at sprekken hadde startet på utsiden av akseltappen i et område med spor etter dreiestål fra produksjon av akseltappen. Ripene etter dreiestålet var imidlertid ikke spesielt skarpe eller dype. Det var ikke spor av slitasjemerker i området hvor sprekken hadde startet.
- 1.16.3.4 Stålet i akseltappen ble bekreftet å være å være av typen 9310, slik den skulle.

⁹ Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive Spectrometer (elektronmikroskop)

- 1.16.3.5 I tillegg til bruddet i den inngående akseltappen undersøkte også SEMTEC Laboratories til sammen 10 fragmenter (spon) funnet på magnetpluggene (se figur 8).



Figur 13: Bruddflaten på den delen av akseltappen hvor tannhjulet sitter. Foto: SHK/SEMTEC Laboratories



Figur 14: Bruddflaten med minst sekundærskader i området hvor sprekken startet (akseldelen). Antatt initieringspunkt, retning for sprekkevækst og restbruddet er markert. Foto: SHK/SEMTEC Laboratories

1.16.4 Undersøkelse av bruddflatene på den inngående akseltappen hos Forsvarets laboratorier FOLAT på Kjeller

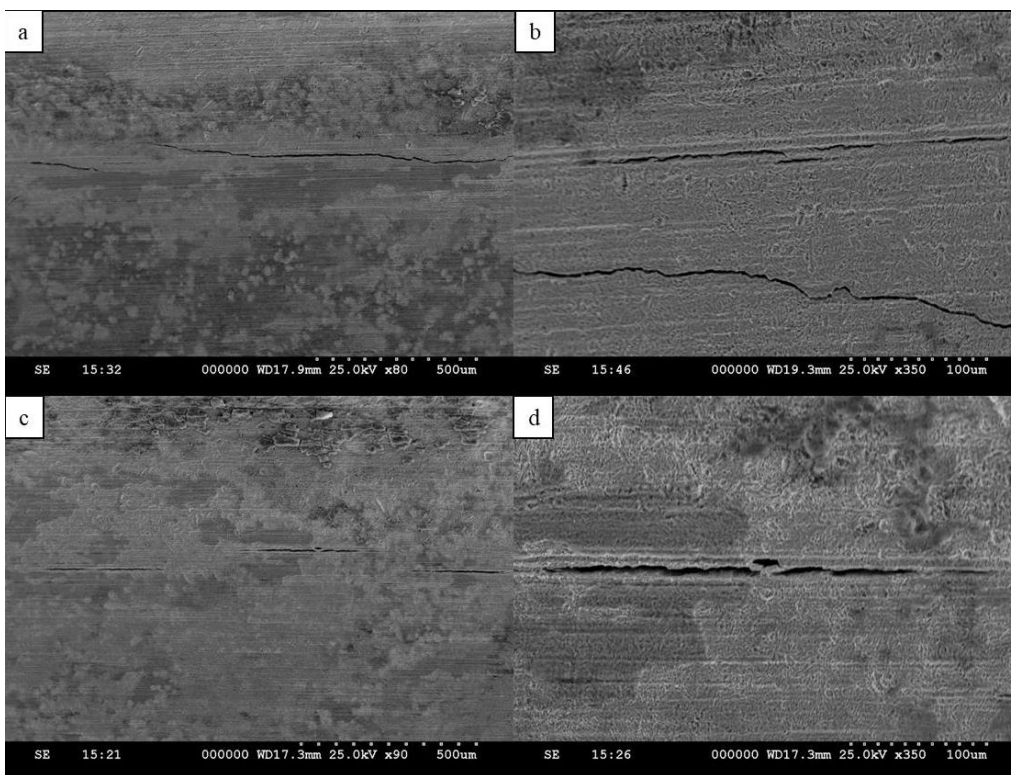
- 1.16.4.1 Etter at undersøkelsen var avsluttet i USA ble den inngående akseltappen undersøkt videre av Forsvarets laboratorier. Undersøkelsen ble konsentrert om bruddflatene på akseldelen. Etter fotodokumentasjon ble delen kuttet og undersøkt i elektronmikroskop (SEM). Konklusjonene til SEMTEC Laboratories ble bekreftet. Trappetrinnene som vises på figur 15 ble antatt å stamme fra flere initieringspunkter.
- 1.16.4.2 Radiusen i overgangen mellom aksel og tannhjul ble undersøkt nærmere (se Figur 16). Undersøkelsen avdekket en rekke små sprekker i overflaten langs hele radiusen. Videre ble det påpekt at overflaten av akseltappen synes å være etset eller korrodert og med spor etter maskinering. Flere sprekker har fulgt disse maskineringsporene (se Figur 17).



Figur 15: Bilde fra digitalmikroskop av bruddflaten med minst sekundærskade i området hvor sprekken startet (akseldelen). De korte røde pilene peker mot en rekke initieringspunkter for utmattingssprekken. Den blå pilen illustrerer lengden på restbruddet. Foto: SHK/FOLAT

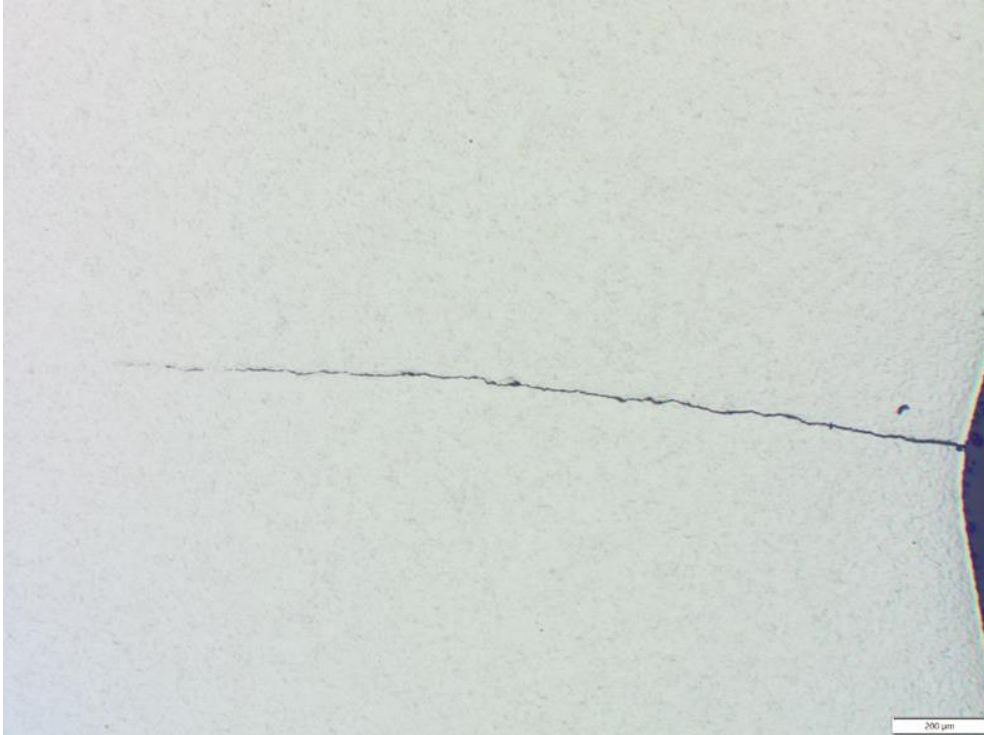


Figur 16: Pilen peker på radiusen i overgangen mellom aksel og tannhjul.
Foto: SHK/FOLAT



Figur 17: Bilder fra elektronmikroskop av sprekker i radius i området gjengitt i figur 16.
Foto: SHK/FOLAT

- 1.16.4.3 For å kunne undersøke legeringen, hardheten og mikrostrukturen i stålet ble delen på figur 16 delt opp. Hardheten i materialet ble målt til $378 \pm 11 \text{ HV}_1^{10}$. Kuttene gjorde det også mulig å måle dybden (lengden) på noen sprekker. En av sprekkeene er gjengitt i figur 18. Felles for sprekkeene som ble undersøkt var at de var både oksidert og mekanisk ødelagt slik at lite original bruddflate var tilgjengelig for undersøkelse. Dette hindret forsøk på å tidsbestemme sprekkeutviklingen. Det er imidlertid klart at sprekkmekanismen har oppstått grunnet et høyt antall belastningsvekslinger (high cycle fatigue).



Figur 18: Bildet viser dybden på en av sprekkeene. Hulkilen vises til høyre. Sprekken er ca. 1,8 mm lang (dyp). Måleskalaen nede i høyre hjørne er 200 μm lang. Foto: FOLAT

- 1.16.4.4 Rapporten fra Forsvarets laboratorier har følgende konklusjon:

The present investigation has confirmed that the failure of the pinion assy input drive is a result of fatigue initiated at the radius between the shaft and pinion.

The current investigation has also revealed that similar cracking as observed for the main fracture also had initiated at the same region at the opposite side of the component.

The crack initiations seem to be associated with surface irregularities originating from machining and surface oxidation.

Due to the fact that the fatigue initiations seem to have mainly been initiated on two opposite sides, bending loadings may have contributed to the initiations and subsequent fatigue crack growth.

The base material alloy composition for the component determined by EDS in SEM, complies with the 9310 steel per AMS 6265 material specified in DWG.NO. 369D25121.

¹⁰ Hardness Vickers med 1 kg trykk.

- 1.16.4.5 På bakgrunn av at sprekkeene synes å ha startet i samband med maskineringsspor ble det besluttet å måle overflateruheten i området nær sprekkeene. Til dette benyttet Forsvarets laboratorier et måleinstrument av typen Mitatoyo SJ-210 Surface Roughness Tester. Denne var ikke beregnet på å måle ruhet på buede flater slik at mest mulig plane måleflater ble valgt. Resultatet viste at overflateruheten var Ra 0,45–0,85, Noe som tilsvarer RMS 16–32. Dette er innenfor kravene satt av produsenten (se punkt 1.6.3.2).

1.17 Organisasjon og ledelse

- 1.17.1 Det polske helikopterselskapet First European Aviation Company Sp. z.o.o. (FEAC) opererte SE-JVJ på vegne av det svenske selskapet Visimind AB. Helikopteret ble leaset fra det svenske selskapet GCC Capital AB og hadde hjemmebase i Eskilstuna i Sverige. FEAC har et godkjent flyverksted i henhold til Part-145, og utførte vedlikeholdet på SE-JVJ etter 2017.
- 1.17.2 Inspeksjonsutstyret som ble benyttet ved kraftlinje-inspeksjonen, DMA-H, var eid av polske Visimind Ltd. Sp. z.o.o, et datterselskap eid av Visimind AB i Sverige.

1.18 Andre opplysninger

1.18.1 Vedlikeholdsdokumentasjon

Luftfartøyets bruker er ansvarlig for at helikoptrets vedlikeholdsdokumentasjon er oppbevart forskriftsmessig (det betyr beskyttet mot brann, vannskader og tyveri) i en periode på 36 måneder eller inntil dokumentasjon er erstattet med ny tilsvarende informasjon.¹¹

1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder

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

¹¹ Ref. EF EASA 1321/2014, Part-M Annex 1 M.A.305(h)

2. ANALYSE

2.1 Innledning

- 2.1.1 Havarikommisjonen har fått et godt bilde av hendelsesforløpet og den umiddelbare årsaken til at rotorene brått mistet drivkraften. Fartøysjefen har gitt en detaljert forklaring til Havarikommisjonen som samstemmer med funn på havaristedet og helikoptervraket. At helikopteret ikke var utstyrt med flygeregistratorer ble delvis oppveiet av at fartøysjefens iPad registrerte og lagret flygetraséen. Konklusjonen er at fartøysjefen håndterte den oppståtte situasjonen på en god måte.
- 2.1.2 Ulykken med SE-JVJ har i hovedsak tekniske aspekter, og Havarikommisjonens analyse vil av den grunn i liten grad gå inn på operative sider ved ulykken. Havarikommisjonen har ikke lyktes med å få tilstrekkelig oversikt over hovedgirboksens vedlikeholdshistorikk. Det har derfor ikke vært mulig å konkludere om hvorfor hovedgirboksens inngående akseltapp utviklet en utmattingssprekk eller tidsforløpet i sprekkutviklingen.

2.2 Analyse av hendelsesforløpet

- 2.2.1 Sprekken i hovedgirboksens inngående akseltapp var ikke synlig uten at hovedgirboksen ble demontert. Fartøysjefen hadde følgelig ingen muligheter til å oppdage sprekken hverken under daglig inspeksjon eller ved inspeksjoner forut for flyginger. Sprekken kunne heller ikke merkes under flygingen før deformasjonen av akseltappen medførte ubalanse og vibrasjoner.
- 2.2.2 Da fartøysjefen merket vibrasjoner, var sprekken mest sannsynlig nær ved å føre til akselbruddet. Vibrasjonene kom fra hovedgirboksens inngående akseltapp som roterer med ca. 6 000 omdreininger per minutt, noe som gir en vibrasjonsfrekvens på 100 Hz. Dette er vesentlig høyere enn vibrasjonsfrekvensen fra hovedrotoren og halerotoren så det var følgelig ikke grunn til å mistenke at vibrasjonen kom fra rotorene. Havarikommisjonen vil berømme fartøysjefen for at han tok vibrasjonene tilstrekkelig alvorlig til å avbryte flygingen, selv om de knapt var merkbare. Ulykken er med på å illustrere hvor viktig det er å ta alle forandringer i vibrasjonsmønsteret eller lydbildet i et helikopter på stort alvor.
- 2.2.3 Det er vanskelig å vurdere hvor hurtig feil kan utvikle seg, og ved denne ulykken gikk det kun anslagsvis drøyt ett minutt fra vibrasjonene var merkbare til akslingen røk. Da akslingen røk var helikopteret 2–3 meter over bakken. Bruddet medførte at all drivkraft til rotorsystemet forsvant. Fra 2–3 meter over bakken, og i tilnærmet hover, var det ikke mulig å gå over til autorotasjon. Den kinetiske energien i rotorsystemet var ikke tilstrekkelig til å stoppe fallet og helikopteret traff det forholdsvis bratte jordet med relativt stor kraft. Grunnet skråningen på jordet traff den høyre skid'en (meien) bakken først og fikk den største belastningen. Dette kan forklare hvorfor høyre understell knakk og at både hovedrotoren og halefinnen slo ned i bakken på høyre side. Svikten i høyre understell medførte at kartleggingsutstyret ble skadet og klemt opp i buken på helikopteret. Skadene i buken medførte at drivstofftanken punkterte.
- 2.2.4 Havariet var ikke kraftig nok til at nødpeilesenderen slo seg på.

- 2.2.5 At akselbruddet oppsto da helikopteret var i lav høyde, var avgjørende for at besetningen unngikk skade. Hvis akselbruddet hadde skjedd i større høyde, for eksempel mens besetningen utførte linjeinspeksjon, kunne utfallet blitt langt mer alvorlig.
- 2.2.6 Da akseltappen røk begynte bruddflatene å rotere i forhold til hverandre. Fordi bruddflatene var ujevne, oppsto en aksiell kraft som skjøv bruddflatene fra hverandre. Dette førte til at deler av hovedgirboksen sprakk, at remmen som driver viften til oljekjøleren røk og at takpanelet i kabinen ble trykket ned (se figur 7). Sprekken i hovedgirboksen medførte at noe av oljen i girboksen lakk ut.
- 2.2.7 Utmattingssprekken var av en slik karakter at den mest sannsynlig produserte svært få metallfragmenter før akseltappen delte seg. Det kan være en medvirkende årsak til at magnetpluggene ikke ga varsel før ulykken skjedde (se punkt 1.16.1.1). De metallfragmentene som ble funnet på magnetpluggene ble mest sannsynlig produsert da de to bruddflatene på akseltappen ble gnidd mot hverandre med stor kraft. Videre kan noen metallfragmenter stamme fra skader som oppsto på tannhjulene etter at akseltappen delte seg. De metallfragmentene som festet seg på magnetpluggene burde imidlertid ha medført at den elektriske motstanden over pluggene nærmet seg 0 Ohm slik at varselet skulle ha kommet på. At dette ikke skjedde kan reise spørsmål ved effektiviteten til de magnetpluggene som var montert i hovedgirboksen. Det er også mulig at feilmonteringen av hylsen rundt lageret (se punkt 1.16.2.3) reduserte oljestrømmen forbi magnetpluggen slik at færre metallfragmenter ble samlet opp.

2.3 Sprekken og sprekkvekst

- 2.3.1 Det har ikke vært mulig å fastslå entydig hvorfor sprekken oppsto. Rapporten fra FOLAT indikerer imidlertid at akseltappen kan ha blitt påvirket av et bøyemoment. Dette underbygges av at det ble funnet sprekkinitieringer på to motsatte sider av akseltappen. Det er ikke kjent hva som eventuelt kan ha påført et slik bøyemoment.
- 2.3.2 Den aktuelle utmattingssprekken har mest sannsynlig eksistert i lang tid. Dette underbygges av at den har flere initieringspunkter som har vokst sammen. At restbruddet er lite tyder på at belastningen på delen har vært liten i forhold til dimensjoneringen, slik at sprekken har utviklet seg langsomt (high cycle fatigue). Andre forhold som underbygger at sprekkveksten har pågått i lang tid er at det var lite original bruddflate igjen i sprekken grunnet oksidasjon og mekanisk bearbeiding. Det finnes heller ikke nyere vedlikeholdsdokumentasjon om viser til at det har vært en oljelekkasje i hovedgirboksens inngående akseltapp. Se også punkt 2.4.3.4.

2.4 Helikopterets vedlikehold

2.4.1 Innledning

- 2.4.1.1 I forbindelse med undersøkelse av ulykken stiller Havarikommisjonen spørsmål ved flere sider ved det vedlikehold som har vært utført på hovedgirboksen:
- Hovedgirboksen har vært demontert minst en gang etter produksjonen. MD Helicopters har bekreftet at girboksen er modifisert i henhold til AD 87-18-12. Det er imidlertid ikke mulig å finne vedlikeholdsdokumentasjon som bekrefter hverken demonteringen av girboksen eller modifikasjonen.
 - Flere av observasjonene som ble gjort under demontering (se punkt 1.16.2.3) tyder på at vedlikeholdet ikke har vært utført i henhold til forventet standard.

- Det ble funnet to vinkorker innvendig i hovedgirboksens inngående akseltappen.
- Hovedgirboksen hadde på havaritidspunktet en total gangtid på 3 749,5 timer. Dette er 749,5 timer mer enn tillatt overhalingsintervall på 3 000 timer. Hovedgirboksen har ikke oppfylt kravene som settes for å kunne forlenge vedlikeholdsintervallet til 4 000 timer (se punkt 1.6.5.2).

- 2.4.1.2 Ripene som ble observert på flere aksler, bruk av feil «shim» og feilmonteringen av hylsen utenpå lagrene på den inngående akseltappen har trolig ikke hatt betydning for hendelsesforløpet, men vitner om at vedlikeholdet ikke synes å ha vært i henhold til en forventet standard.
- 2.4.1.3 De to vinkorkene og den lange gangtiden har derimot mest sannsynlig medvirket til at ulykken kunne skje (se kapittel 2.4.2 og 2.4.3).
- 2.4.1.4 Havarikommisjonen har ingen grunn til å mene at FEAC har utført noe av det nevnte vedlikeholdsarbeidet på hovedgirboksen.
- 2.4.1.5 Havarikommisjonen har i forbindelse med denne ulykken valgt å ikke gi sikkerhetstilråding. Basert på informasjon fra MD Helicopters har ikke den aktuelle akselen kjent historikk med brudd. Det framstår som lite sannsynlig at akselbrudd oppstår hvis vedlikeholdet utføres forskriftsmessig, og bruddet synes dermed å være et enestående tilfelle. Det kan følgelig ikke forsvares å tilrå et pålegg om demontering av samtlige hovedgirbokser og sprekksjekk av de inngående akslene.

2.4.2 Vinkorkene

- 2.4.2.1 Det er helt klart at de to vinkorkene som ble funnet inne i hulrommet i den inngående akseltappen var ureglementerte. Vinkorkene var ikke en godkjent del av girboksen og de var så langt Havarikommisjonen kjenner til ikke installert som en del av en godkjent vedlikeholdsprosedyre. En mulig forklaring på at vinkorkene har blitt installert kan være at det på ett tidspunkt har oppstått en oljelekkasje gjennom akseltappen. Akseltappen er hul og går inn i hovedgirboksen. For å hindre at olje fra girboksen lekker ut er hullet i akseltappen originalt tettet med en plugg av kork (se figur 5). De er mulig at noen feilaktig antok at oljelekkasjen kom fra en lekkasje i denne pluggen.
- 2.4.2.2 Det er i så fall sannsynlig at de to vinkorkene har stoppet oljelekkasjen. Vinkorkene er en svært kreativ, men helt ureglementert, måte å tette lekkasjen på. Hvis oljelekkasjen derimot kom fra en begynnende utmatingssprekk, og ikke fra en lekkasje i den originale tetningspluggen, har de to vinkorkene skjult den egentlige årsaken til oljelekkasjen og dermed forhindre ytterligere feilsøking.
- 2.4.2.3 Et forhold som taler for at sprekken har eksistert i lang tid er at den ene vinkorken virket gammel og delvis hadde gått i oppløsning. Det er ikke mulig å si noe om hvorvidt begge vinkorkene ble satt inn samtidig, eller om den nederste vinkorken ble satt inn etter at den øverste (første) gikk i oppløsning.
- 2.4.2.4 Konklusjonen er at sprekken mest sannsynlig har utviklet seg over flere år, og at de to ureglementerte vinkorkene har forhindre at sprekken ble oppdaget i tide. Hadde årsaken til oljelekkasjen blitt undersøkt nærmere kunne ulykken vært unngått.

2.4.3 Vedlikeholdsstyring

- 2.4.3.1 Havarikommisjonen ser at First European Aviation Company (FEAC) ikke har fulgt helikopterprodusentens anbefalinger angående hovedgirboksens overhalingsintervall (se punkt 1.6.5.2). I dette tilfellet mener Havarikommisjonen at anbefalingene ikke bør fravikes. Operatørens vedlikeholdsprogram inneholdt feil og mangler som har medført at hovedgirboksen ikke har blitt overhaldt til riktig tid.
- 2.4.3.2 Aktuell hovedgirboks var oppført i operatørens vedlikeholdsstyringssystem med feil gangtidsopplysninger. Disse opplysningene tilsa at hovedgirboksen hadde en gangtid på 2 749 timer med en gjenværende flytid på 261 timer da ulykken skjedde. I realiteten hadde girboksen gått 3 749 timer og hadde overskredet anbefalt overhalingsintervall med 749 timer. Forutsetningen er at hovedgirboksen skulle ha vært overhaldt etter 3 000 timer fordi det hadde blitt benyttet Mobil 254 olje i overhalingsperioden.
- 2.4.3.3 Havarikommisjonen mener at feilene i vedlikeholdsprogrammet og den feilaktige registreringen av hovedgirboksens gangtid er alvorlig siden dette er en av de mest sikkerhetskritiske komponentene i et helikopter. Disse feilene har mest sannsynlig oppstått når FEAC overtok vedlikeholdsansvaret, eller når vedlikeholdsprogrammet ble etablert. I perioden fram til ulykken ble vedlikeholdsprogrammet innledningsvis godkjent av Transportstyrelsen. Det ble senere revidert flere ganger og har vært gjenstand for en luftdyktighetsinspeksjon (Airworthiness review) uten at feilene ble oppdaget. At dette ikke ble oppdaget mener Havarikommisjonen kan skyldes at luftfartsmyndighetene normalt ikke kontrollerer luftfartøyets vedlikeholdsstatus ved bytte av registreringsland innenfor EU¹².
- 2.4.3.4 Havarikommisjonen mener det er sannsynlig at utmattingssprekken har eksistert i mer enn 749 flytimer. Hvis sprekken har eksistert i mer enn 749 flytimer kunne sprekken blitt oppdaget under overhaling ved 3 000 flytimer. Det er derfor sannsynlig at sprekken ville ha blitt oppdaget før ulykken skjedde hvis overhalingsintervallet hadde blitt overholdt.

2.4.4 Vedlikeholdsdokumentasjon

- 2.4.4.1 Gjeldende felleseuropeiske krav innebærer at vedlikeholdsdokumentasjon skal oppbevares i 36 måneder. Helikopteret ble imidlertid produsert i 1982 og var på italiensk register fram til 27. februar 2017. I denne perioden har kravet til dokumentasjon variert og vært underlagt både nasjonale og europeiske krav. Det vil derfor være svært ressurskrevende å få klarhet i hvilke dokumentasjon som skulle ha vært bevart til enhver tid. Det er imidlertid ikke tvil om at viktig vedlikeholdsinformasjon må kunne spores eller videreføres for at det skal kunne dokumenteres at et luftfartøy er luftdyktig.
- 2.4.4.2 En hovedgirboks er en svært sikkerhetskritisk komponent. FEAC i Polen har ikke kunnet framskaffe tilfredsstillende dokumentasjon av vesentlig vedlikehold som har vært utført på helikopterets hovedgirboks. Dette gjelder særlig informasjon om når hovedgirboksen sist ble åpnet, og hvilke vedlikehold som ble utført i den forbindelse.
- 2.4.4.3 På generelt grunnlag vil Havarikommisjonen understreke betydningen av at det bringes klarhet i essensiell vedlikeholdshistorikk på komponenter med gangtidsbegrensninger i et luftfartøy før luftfartøyet gis ny registrering.

¹² Dette gjelder når luftfartøyet veier mindre enn 2 730 kg.

3. KONKLUSJON

3.1 Hovedfunn

Helikopteret mistet all kraft til rotorsystemet grunnet brudd i den inngående akseltappen i hovedgirboksen. Besetningen merket vibrasjoner i helikopteret kort tid før akselbruddet, men mottok ingen andre varsler. At akselbruddet skjedde i lav høyde var avgjørende for at besetningen unngikk skade.

Akselbruddet var forårsaket av utmatting, men det har ikke vært mulig å fastslå hvorfor utmattingen oppsto. Uavhengig av årsak mener imidlertid Havarikommisjonen at deler av vedlikeholdsarbeidet på hovedgirboksen ikke har vært utført i henhold til forventet standard. Videre mener Havarikommisjonen at vedlikeholdsstyringen og den framlagte vedlikeholdsdokumentasjonen har vært mangelfull.

3.2 Undersøkelseresultater

- a) Været var ideelt for linjeinspeksjon og var ikke en faktor som medvirket til at ulykken kunne skje.
- b) Da ulykken skjedde ble helikopteret fløyet innenfor begrensningene med hensyn til masse og balanse.
- c) Fartøysjefen avbrøt linjeinspeksjonen fordi han merket vibrasjoner i helikopteret.
- d) Da vibrasjonene økte og det også ble en hørbar lyd, besluttet fartøysjefen å lande for å undersøke nærmere.
- e) Det oppsto store skader på helikopteret da det traff det bratte jordet.
- f) Havariet var ikke kraftig nok til at nødpeilesenderen slo seg på.
- g) Bruddet i den inngående akseltappen i hovedgirboksen skjedde i en høyde og hastighet hvor det ikke var mulig å etablere autorotasjon.
- h) Metallurgiske undersøkelser har avdekket at akseltappen røk grunnet utmatting.
- i) Metallurgiske undersøkelser har avdekket at det hadde oppstått en rekke utmattingssprekker, og flere av disse har vokst sammen til en større sprekk.
- j) Den aktuelle utmattingssprekken hadde mest sannsynlig eksistert i flere år før den til sist gikk til bruddet.
- k) En oljelekkasje som oppsto i sprekken har mest sannsynlig blitt tettet ureglementert med to vinkorker.
- l) Bruken av de to vinkorkene har mest sannsynlig skjult den egentlige årsaken til oljelekkasjen og dermed forhindret ytterligere feilsøking.
- m) Da ulykken skjedde hadde hovedgirboksen fløyet 749,5 timer ut over det tillatte overhalingsintervallet.

- n) Det er sannsynlig at en overhaling av hovedgirboksen innenfor det spesifiserte overhalingsintervallet kunne ha forhindre ulykken.

4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Havarikommisjonen har ikke gitt sikkerhetstilrådinger i forbindelse med denne undersøkelsen.

Statens havarikommisjon

Lillestrøm, 22. juni 2021

VEDLEGG

Vedlegg A: Forkortelser

VEDLEGG A: FORKORTELSER

AD	Airworthiness Directive – luftdyktighetspåbud
CAMO	Continuing Airworthiness Management Organization – vedlikeholdsorganisasjon
EASA	European Aviation Safety Agency – den felleseuropeiske luftfartsmyndigheten
FAA	Federal Aviation Administration – luftfartsmyndigheten i USA
FEAC	First European Aviation Company Sp. z.o.o, Polen
ft	foot (feet) – fot (0,305 m)
hPa	hektoPascal
Hz	Hertz (cycle per second) – frekvens
ICAO	International Civil Aviation Organization – FN organ for sivil luftfart
kt	knot(s) –Nautical Mile(s) (1 852 m) per hour – knop
lb	pound(s) (0,454 kg)
NM	nautical mile(s) – nautisk(e) mil (1 852 m)
NTSB	National Transportation Safety Board – havarikommisjonen I USA
QNH	Altimeter pressure setting to indicate elevation amsl – høydemålerinnstilling relatert til trykket ved havets overflate
SEM	Scanning Electron Microscope – elektronmikroskop
SHK	Statens havarikommisjon
UK	United Kingdom – Storbritania
UTC	Coordinated Universal Time – universell standardtid