




Avgitt november 2023

RAPPORT

LUFTFART 2023/08

***Alvorlig luftfartshendelse under
innflygning til Stavanger lufthavn, Sola
25. september 2020 med Sikorsky S-92A,
LN-ONQ, operert av Bristow Norway AS***

 This report is also available in English

Statens havarikommisjon (SHK) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre flysikkerheten.

Formålet med Havarikommisjonens undersøkelser er å klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer, utrede forhold som antas å ha betydning for forebyggelsen av ulykker og alvorlige hendelser, og fremme eventuelle sikkerhetstilrådinge. Det er ikke Havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar.

Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende flysikkerhetsarbeid skal unngås.

Innholdsfortegnelse

MELDING OM HENDELSEN	4
SAMMENDRAG	5
OM UNDERSØKELSEN	6
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	8
1.1 Hendelsesforløp.....	8
1.2 Personskader.....	12
1.3 Skader på luftfartøy.....	12
1.4 Andre skader.....	12
1.5 Personellinformasjon.....	12
1.6 Luftfartøy.....	13
1.7 Vær.....	21
1.8 Navigasjonshjelpemidler	21
1.9 Samband	21
1.10 Flyplasser og hjelpemidler.....	21
1.11 Flyregistratorer.....	21
1.12 Innledende undersøkelser av helikopteret.....	22
1.13 Medisinske og patologiske forhold	23
1.14 Brann	24
1.15 Overlevelsesaspekter.....	24
1.16 Spesielle undersøkelser	24
1.17 Organisasjon og ledelse.....	28
1.18 Andre opplysninger	28
1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder	28
2. ANALYSE	30
2.1 Innledning	30
2.2 Hendelsesforløp.....	30
2.3 Hvordan skiven kom inn i input module.....	30
2.4 Operative aspekter.....	32
3. KONKLUSJON	35
3.1 Hovedkonklusjon.....	35
3.2 Undersøkelsesresultater	35
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER	37
FORKORTELSER	39

Rapport om alvorlig luftfartshendelse

Tabell 1: Hendelsesdata

Luftfartøy:	Sikorsky Aircraft Corporation S-92A
Nasjonalitet og registrering:	Norsk, LN-ONQ
Eier:	Knut Axel Ugland Holding AS
Bruker:	Bristow Norway AS
Besetning:	2, uskadet
Passasjerer:	3, uskadet
Hendelsessted:	Stavanger lufthavn Sola, ENZV
Hendelsestidspunkt:	Fredag 25. september 2020 i perioden fra kl. 1411 frem til landing kl. 1427

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

Melding om hendelsen

Fredag 25. september kl. 1542 fikk Statens havarikommisjon (SHK) et varsel fra Bristow Norway AS. Et S-92A helikopter på vei fra oljeplattformen West Elara til Sola hadde mistet oljetrykk på hovedgirboksen. Hendelsen skjedde da helikopteret var i nedstigning fra 7 000 ft mot 1 000 ft. Helikopteret landet senere trygt på Sola. Der ble det fulgt til parkering av lufthavnens brann- og redningsmannskaper.

To havariinspektører fra SHK ankom Sola samme kveld og startet innledende undersøkelser.

I henhold til ICAO Annex 13, Aircraft Accident and Incident Investigation, ble havarikommisjonen i produsentlandet, National Transportation Safety Board (NTSB) i USA, varslet om hendelsen. NTSB oppnevnte en akkreditert representant som ledet undersøkelsen i USA på vegne av SHK.

Sammendrag

Fredag 25. september 2020 tok LN-ONQ, et helikopter av typen Sikorsky S-92A, av fra oljeinstallasjonen West Elara i Nordsjøen. Destinasjonen var Stavanger Lufthavn Sola, og om bord i helikopteret var en besetning på to flygere og tre passasjerer.

En drøy time etter avgang kom varsellyset **MGB OIL PRESS**¹ på. Dette skjedde i 4 500 ft da helikopteret var i nedstigningen fra 7 000 ft mot 1 000 ft. Varselet indikerte at oljetrykket i hovedgirboksen hadde sunket under 45 psi². Oljetrykket fortsatte å falle, og kort tid etter kom også varsellyset **INPUT/ACC # 1 HOT** på. Varsellyset indikerte venstre motorside.

Besetningen fulgte nød-sjekklisten og fortsatte nedstigningen mot 500 ft mens venstre motor ble trukket tilbake til tomgang og nødmeldingen **MAYDAY** sendt. Da oljetrykket sank videre til 35 psi, fikk de varselet **MGB BYPASS**. Dette varselet fortalte at oljekjøleren til hovedgirboksen automatisk hadde koblet seg ut. Ytterligere høydereduksjon ble besluttet og helikopteret fortsatte nedstigningen mot 200 ft. Denne høyden ble holdt frem til Sola.

16 minutter etter at varselet **MGB OIL PRESS** først hadde kommet på, landet helikopteret på Sola. Helikopteret ble fulgt inn til parkering av lufthavnens brann- og redningsmannskaper. Etter at helikopteret var parkert og rotoren hadde stoppet ble det klart at det hadde oppstått en betydelig oljelekkasje ved hovedgirboksens venstre side.

Etter demontering av venstre *input module* ble det avdekket at en metallisk stoppskive av typen MS20002-6, hadde havnet i hovedgirboksens oljesystem. Skiven stod på høykant og reduserte dermed oljestrømmen i returoljeakanalen. Dette hadde medført varmgang.

Havarikommisjonen mener det er sannsynlig at skiven har kommet inn i forbindelse med vedlikehold, og nærmere bestemt gjennom åpningene som avdekkes når generatoren tas av flensen på *accessory module*. Havarikommisjonen har ikke vært i stand til å tidfeste når skiven kom inn i girboksen.

Siste gang åpningen var tilgjengelig var 487,35 flytimer før hendelsen. Havarikommisjonen har dermed grunn til å anta at skiven har vært inne i hovedgirboksen i minst 487,35 flytimer.

Ingen kom til skade i hendelsen.

Som følge av undersøkelsen fremmer Havarikommisjonen en sikkerhetstilråding til Luftfartstilsynet.

¹ Angitt med gul eller rød bakgrunn for å gjenspeile varslene slik de vises i cockpit (gjelder hele rapporten).

² psi er "Pounds per Square Inch", pund per kvadrattomme, en angivelse av trykk. 1 bar er 14,5 psi.

Om undersøkelsen

Formål og metode

Havarikommisjonen har klassifisert hendelsen som en alvorlig luftfartshendelse. Hensikten med denne undersøkelsen har vært å klarlegge hva som førte til at oljetrykket i hovedgirboksen ukontrollert sank og førte til overoppheting av oljen i girboksen.

Hendelsen og omstendighetene er undersøkt og analysert i tråd med Havarikommisjonens sikkerhetsfaglige rammeverk og analyseprosess for systematiske undersøkelser (NSIA-metoden³).

Undersøkelsens fokus og avgrensning

Undersøkelsen har i hovedsak dreid seg om tekniske årsaker til luftfartshendelsen.

De operative aspekter er belyst mindre detaljert, men besetningens vurderinger er tatt med.

Informasjonskilder

Av de mest sentrale informasjonskilder nevnes:

- Bristow Norway AS teknisk vedlikeholdsdokumentasjon og program
- LN-ONQs ferdskriver (CVFDR)
- LN-ONQs teknisk logg
- Rapport fra- og intervju med helikopterbesetningen
- Rapport fra Avinor flysikring, Sola
- Rapport fra brann og redningstjenesten, Sola
- Rapport fra Forsvarets Laboratorietjeneste (FOLAT)
- Bristow Norway AS' internrapport
- NTSB Materials Lab Report 21-040, LN-ONQ
- Sikorsky Main Gearbox Oil Pressure Incident Report
- Kommunikasjonslogg fra lufttrafikkjenesten

Undersøkelsesrapporten

Rapportens første del, Faktiske opplysninger, beskriver hendelsesforløpet samt Havarikommisjonens undersøkelser og tilhørende funn.

Andre del av rapporten, Analyse, er Havarikommisjonens vurderinger av hendelsesforløpet og medvirkende faktorer basert på faktiske opplysninger og gjennomførte undersøkelser. Omstendigheter og faktorer som er funnet å være mindre relevant for å forklare og forstå ulykken drøftes ikke i dybden.

Rapporten avsluttes med Havarikommisjonens konklusjoner og sikkerhetstilrådinger.

³ NSIA – Norwegian Safety Investigation Authority. Se <https://havarikommisjonen.no/Om-oss/Metodik>

1. Faktiske opplysninger

1.1 Hendelsesforløp.....	8
1.2 Personskader.....	12
1.3 Skader på luftfartøy.....	12
1.4 Andre skader.....	12
1.5 Personellinformasjon.....	12
1.6 Luftfartøy.....	13
1.7 Vær.....	21
1.8 Navigasjonshjelpemidler.....	21
1.9 Samband.....	21
1.10 Flyplasser og hjelpemidler.....	21
1.11 Flyregistratorer.....	21
1.12 Innledende undersøkelser av helikopteret.....	22
1.13 Medisinske og patologiske forhold.....	23
1.14 Brann.....	24
1.15 Overlevelsesaspekter.....	24
1.16 Spesielle undersøkelser.....	24
1.17 Organisasjon og ledelse.....	28
1.18 Andre opplysninger.....	28
1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder.....	28

1. Faktiske opplysninger

1.1 Hendelsesforløp

Helikopterbesetningen hadde gjennomført en flygning med LN-ONQ tidligere samme dag. Helikopteret, med kallesignal BHL 203, tok av fra Stavanger lufthavn Sola (ENZV) kl. 0732 med retur kl. 1005. Flygningen gikk etter planen, og besetningen merket ikke noe galt med helikopteret. Flytiden på denne første flygningen ble loggført til 2 timer og 24 min.

Neste flygning, med kallesignal BHL 208, var planlagt med avgang fra Sola kl. 1140. Helikopteret tok av kl. 1143, og fløy 172 NM ut til oljeplattformen West Elara på Eldfisk. Flygningen ut til plattformen foregikk uten problemer.

De tok av fra oljeplattformen kl. 12:59. Returen til Sola ble fløyet i 7 000 ft. Nedstigning fra marsjhøyden på 7 000 ft mot 1 000 ft ble påbegynt ca. 60 NM sørvest av Sola, se figur 1.

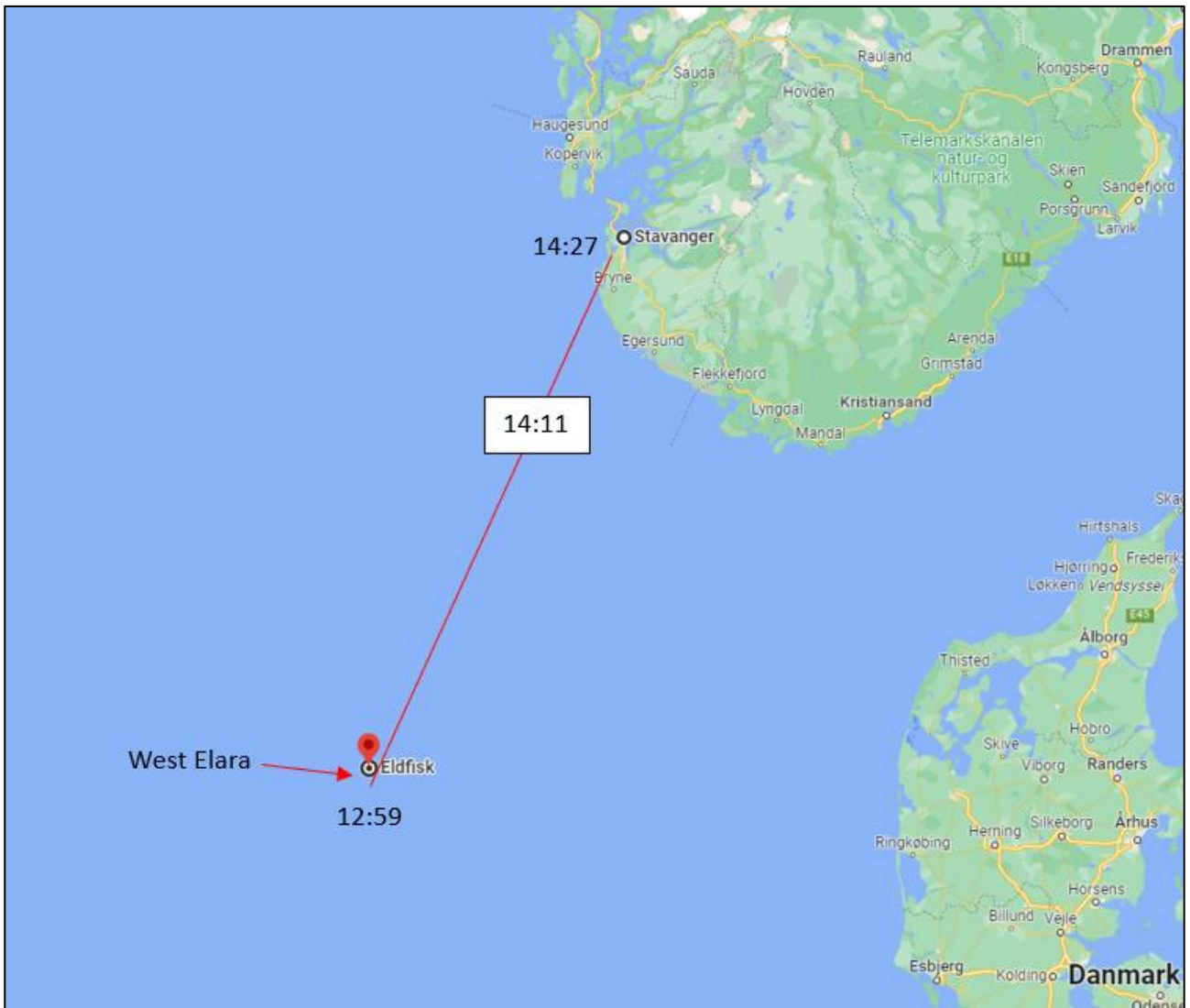
Kl. 1411, da helikopteret var i en høyde av ca. 4 500 ft, kom varsellyset **MGB OIL PRESS⁴** på. Varselet indikerte at oljetrykket i hovedgirboksen hadde sunket til under 45 psi. Oljetrykket fortsatte å falle og kort tid etter kom også varselet **INPUT/ACC # 1 HOT** på (#1 betød at varselet tilhørte venstre side og venstre motor).

Fartøysjefen, som var *Pilot Monitoring* (PM)⁵, opplyste til Havarikommisjonen at han var halvveis i nød-sjekklisten *Emergency Checklist* (ECL) da det andre varselet kom på, se figur 2. I henhold til sjekklisten ble farten redusert til sikker hastighet med en motor ute av drift. Venstre motor ble redusert rolig til tomgang, APU⁶ ble startet og nødmeldingen *MAYDAY* ble sendt ut. Det var visuelle flygeforhold og besetningen besluttet å fortsette nedstigningen mot 500 ft. Da oljetrykket sank videre til 35 psi, kom varselet **MGB BYPASS** på idet oljekjøleren til hovedgirboksen automatisk koblet seg ut. Ytterligere høydereduksjon ble besluttet, og nedstigningen fortsatte mot 200 ft. Denne høyden ble holdt i den videre flygningen mot Sola.

⁴ De forskjellige varsellysene er angitt som vist i helikopteret med gul farge og eksakt tekst.

⁵ *Pilot Flying* – PF flyr mens *Pilot Monitoring* – PM overvåker.

⁶ «Auxiliary Power Unit» (APU) er en hjelpemotor som leverer elektrisk, pneumatisk og hydraulisk kraft til helikopterets systemer. Den leverer ikke kraft til rotorsystemet.

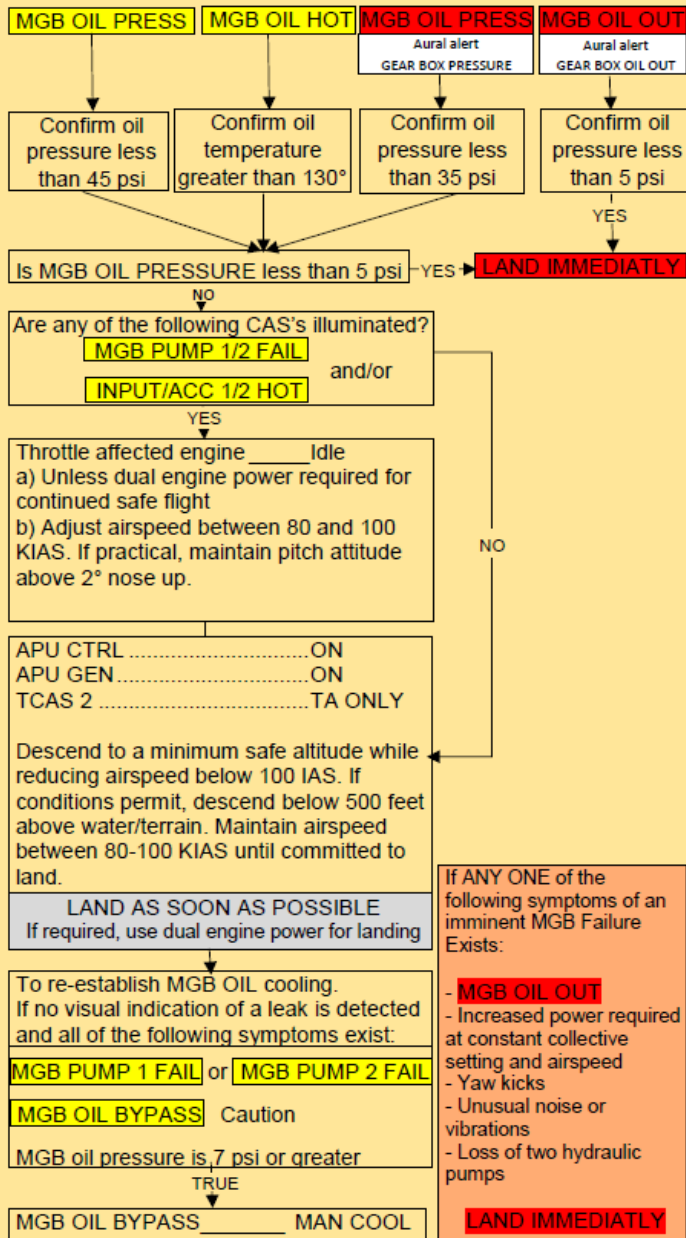


Figur 1: Flygetraseen til helikopteret. Distansen mellom West Elara og Sola er 172 NM. Kart: Google maps. Illustrasjon: SHK

8 GEAR BOX Temp.rev. proc. Facing page 38

8.1 /8.2 MGB Oil Pressure Warning/Temperature Warnings and cautions.

WARNING
A total loss of MGB oil pressure may result in MGB failure in less than 10 minutes. If the MGB OIL OUT warning illuminates, **LAND IMMEDIATELY**



WARNING
If an imminent failure is suspected, the primary consideration is to land the aircraft before the failure progresses to a gearbox seizure or loss of drive to the main or tail rotor. The descent should be made at reduced power setting but with at least 15% torque to ensure that the engine continues to drive the transmission. Avoid rapid or frequent power changes. A running landing is preferred since it require less power and small power changes. A no-hover landing should be performed if a running landing area is not available.

Bristow Norway AS NOR-M-012 Temp.rev. 15.05.2017

Figur 2: Emergency Checklist, temp. rev. 15.05.2017. Kilde: Bristow Norway/SHK

Underveis forberedte besetningen seg på at det kunne bli nødvendig å lande på sjøen dersom oljetrykket skulle forsvinne helt. Passasjerene ble bedt om å forberede seg for en mulig landing på sjøen.

Før landing på Sola ble lufttrafikkjenesten oppdatert, sjekklisten for landing gjennomgått, og besetningen forberedte seg på en «run on landing»⁷ til rullebane 11. Helikopteret landet kl. 1427, og ble fulgt til parkering av mannskaper fra brann- og redningsavdelingen.

Passasjerene og besetningen forlot helikopteret på vanlig måte gjennom døren på helikopterets høyre side.

Etter at helikopteret hadde parkert, ble det observert at det rant olje fra området ved venstre motor og ned på utsiden av skroget langs kabinen, se figur 3. Dekslene i området ble åpnet og personell fra brann- og redningsavdelingen målte temperaturer opp mot 250 °C på utsiden av hovedgirboksens venstre *input module*. Det oppstod røykutvikling, men ingen brann. En sjekk av oljenivået på hovedgirboksen viste at det manglet ca. 4 liter.

Data fra ferdskriveren viste at høyeste registrerte oljetemperatur var 214 °C, og laveste registrerte oljetrykk var 28 psi.



Figur 3: LN-ONQ kort tid etter landingen. Synlig oljesøl på skrogets venstre side og dekslene er åpnet rundt venstre motor og hovedgirboksen. Foto: Bristow Norway/SHK

⁷ En «run on landing» kan gjennomføres med en motor og uten at den motoren som er på tomgang akselereres opp igjen.

1.2 Personskader

Tabell 2: Personskader

Skader	Besetning	Passasjerer	Andre
Omkommet			
Alvorlig			
Lett/ingen	2	3	

1.3 Skader på luftfartøy

Hovedgirboksen måtte byttes grunnet overoppheting.

1.4 Andre skader

Ingen.

1.5 Personellinformasjon

1.5.1 FARTØYSJEF

Fartøysjefen, 45 år, gjennomførte sin flygetrening og utsjekk på Schweizer 300 og Robinson R22/R44 i USA. Han fløy deretter Robinson R44 for NorCopter i ett år før ansettelse som styrmann i Norsk Helikopter AS (nå Bristow Norway AS) i januar 2008. Kapteins-kurs på Sikorsky S-92A ble gjennomført hos Bristow Norway AS i 2013.

Fartøysjefen hadde gyldig trafikkflygersertifikat for helikopter (ATPL(H)) med instrumentrettigheter (IR). Rettigheten til å fly S-92 ble siste gang fornyet 6. september 2020 og var gyldig til 30. september 2021. Legeattesten var gyldig og uten begrensninger.

Fartøysjefen arbeidet på en skiftordning med fem dager flygning, to dager fri, fem dager flygning og ni dager fri. Hendelsen skjedde på den andre flygningen den siste arbeidsdagen i en fem-dagers arbeidsperiode før friperioden.

Hjemmebase var Stavanger. Fartøysjefen hadde hatt 12,5 timers hvile før tjenesten den aktuelle dagen ble påbegynt. Fartøysjefen har opplyst til Havarikommisjonen at han følte seg utthvilt og opplagt før tjenesten begynte.

Tabell 3: Flygetid fartøysjef

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	6	6
Siste 3 dager	11	11
Siste 30 dager	20	20
Siste 90 dager	100	100
Totalt	6 300	5 500

1.5.2 STYRMANN

Styrmannen, 26 år, hadde grunnleggende opplæring i helikopterflygning fra Bristow Academy i USA. Etter opplæringen ble han ansatt som instruktør i USA på Robinson R44 og Schweizer S300. Styrmannen ble ansatt i Bristow UK i mai 2018 og overføring fra Bristow UK til Bristow Norway AS skjedde i mars 2020.

Styrmannen hadde gyldig trafikkflygersertifikat for helikopter (ATPL(H)) med instrumentrettigheter (IR). Rettigheten til å fly S-92 ble siste gang fornyet 8. mai 2020 og var gyldig til 31. juli 2021. Legeattest var gyldig og uten begrensninger.

Styrmannen arbeidet på en skiftordning med fem dager flygning, to dager fri, fem dager flygning og ni dager fri. Hendelsen skjedde på den andre flygningen den siste arbeidsdagen i en fem-dagers arbeidsperiode før han skulle begynne på sin friperiode.

Styrmannen hadde hatt 16,5 timers hvile før dagens tjeneste, og følte seg utvilt og opplagt før tjenesten den aktuelle dagen.

Tabell 4: Flygetid styrmann

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	6	6
Siste 3 dager	10	10
Siste 30 dager	20	20
Siste 90 dager	147	147
Totalt	1 910	1 280

1.6 Luftfartøy

1.6.1 GENERELT

Sikorsky S-92A er et tungt passasjerhelikopter med to turbinmotorer, en hovedrotor med fire rotorblader, og en halerotor, se figur 4. Skroget er hovedsakelig bygget i aluminium, men med komponenter av kompositt-materialer. Første flygning med S-92 skjedde i 1989. Etter avsluttet utvikling og testing ble helikopteret typesertifisert av FAA i 2002, og senere for Europa av EASA i 2004. S-92A har en kabin med plass til 19 passasjerer og to flygere i cockpit i konfigurasjon for offshoreflygning. Helikopteret er utstyrt med flyteutstyr sertifisert for nødlandinger på sjø opp til *Sea State 6*, dvs. bølgehøyde på fire til seks meter.

S-92A ble tatt i bruk i Norge for å transportere oljearbeidere til og fra oljeinstallasjonene i 2007, og er i dag den eneste helikoptertypen i bruk på norsk sokkel som benyttes til denne tjenesten. Per 31. desember 2019 var det 44 individer av S-92A i Norges luftfartøyregister.



Figur 4: LN-ONQ. Foto: Bristow Norway AS / SHK

1.6.2 DATA FOR LN-ONQ

Fabrikant og modell:	Sikorsky Aircraft Corporation S-92A
Serienr:	920032
Fabrikasjonsår:	2006
Typesertifikat:	EASA.IM.R.001 og FAA R00024BO
Totalt antall flytimer:	23 909:50 timer ⁸
Flytid siden siste hoved-ettersyn:	Ca. 715 timer ⁸
Antall landinger:	22 497 ⁸
Motorer:	2 stk. General Electric CT7-8A
Drivstoff:	Jet A-1
Tom-masse:	7 030 kg (15 500 lbs)
Maksimal startmasse:	12 020 kg (26 500 lbs)
Maksimal tillatte hastighet:	165 kt

1.6.3 MASSE OG BALANSE

Helikopteret var innenfor produsentens begrensninger for masse og balanse under hendelsen.

⁸ Tall fra Daily Inspection 24. september 2020.

1.6.4 BESKRIVELSE AV HOVEDGIRBOKSEN

1.6.4.1 Oppbygging

Hovedgirboksen overfører kraften fra de to motorene til hovedrotoren og halerotoren. I tillegg gires motorturtallet ned fra 21 945 omdreininger per minutt til 257,8 omdreininger per minutt for hovedrotoren.⁹ Hovedgirboksen driver også halerotoren, to 75 kVA AC vekselspanningsgeneratorene og tre hydraulikkpumper. Hovedgirboksen utgjør strukturen som rotoren og dermed helikopteret henger i under flygning.

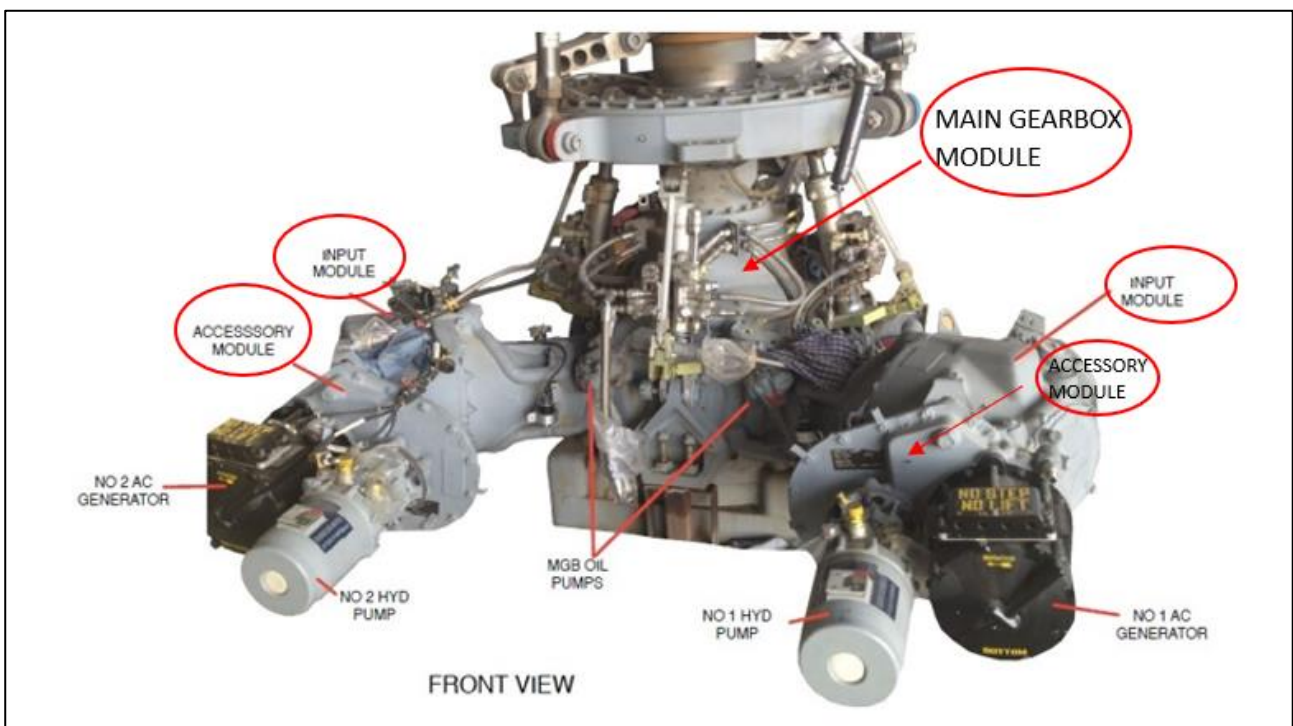
Hovedgirboksen har et eget oljesmøresystem som er beskrevet i kapittel 1.6.4.2.

Hovedgirboksen er delt opp i fem hovedmoduler, se figur 5.

De fem hovedmodulene er:

- Høyre og venstre *input module*
- Høyre og venstre *accessory module*
- *Main gearbox module*.

Hver *accessory module* har tilkoblet en generator og en hydraulikkpumpe.



Figur 5: Hovedgirboksen sett forfra. Akselen (masten) til hovedrotoren går rett opp fra main gearbox module midt på bildet. Foto/illustrasjon: Sikorsky/SHK

⁹ Basert på et hovedrotorturtall på 105 %.



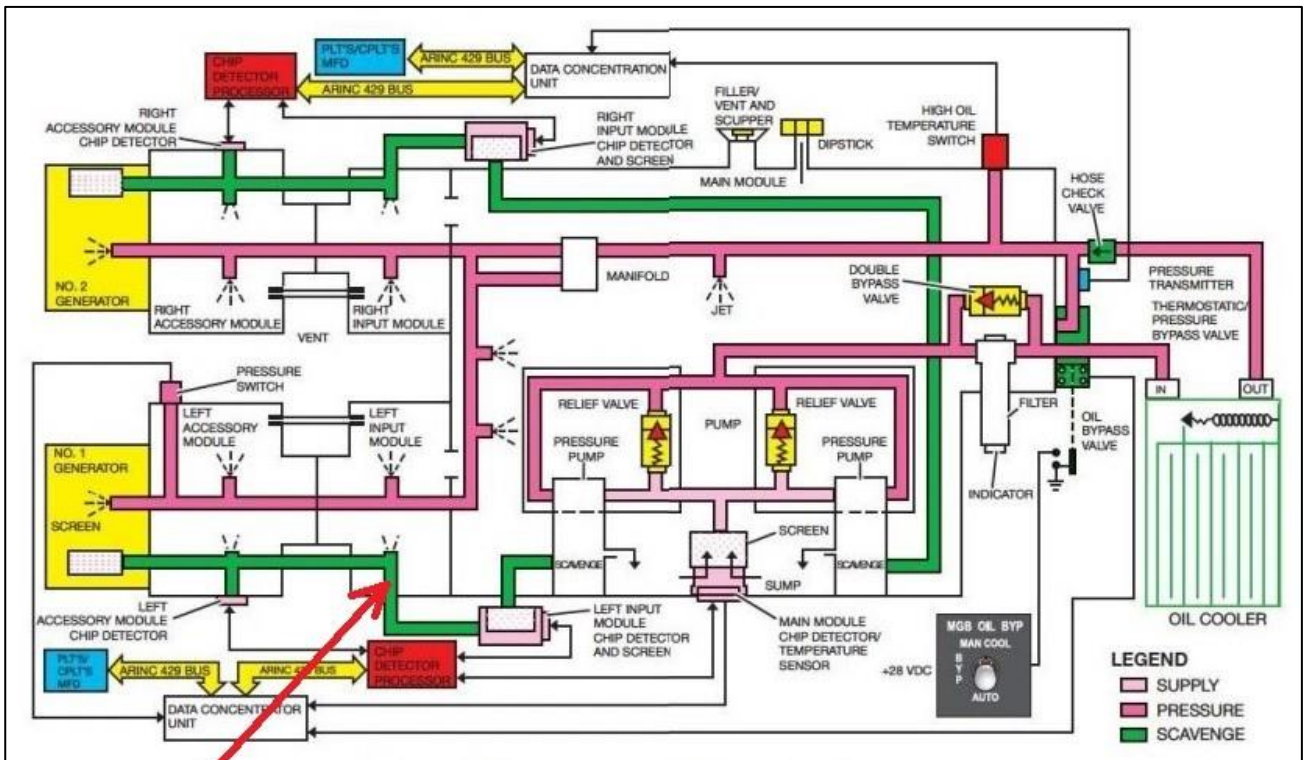
Figur 6: LN-ONQ fotografert dagen etter hendelsen. Venstre accessory module (helt til venstre i bildet, gul sirkel) og venstre input module (midt på bildet, oransje sirkel). Drivakselen (blå sirkel) og fronten på venstre motor (rød sirkel) sees til høyre i bildet. Foto: SHK

1.6.4.2 Oljesystemet

Hovedgirboksen har et eget oljesystem med to parallelle pumper og en utvendig oljekjøler. Hver oljepumpe består av en trykkpumpe og en returpumpe. Trykkpumpene suger olje fra en oljesump i *main gearbox module* og leverer olje til girboksens tannhjul og lagre via innvendige kanaler og rør. Returpumpene suger opp oljen fra de perifere områdene i girboksen og pumper den tilbake til oljesumpen. Oljesystemet har et oljefilter, sensorer og magnetiske detektorer for metallspion, *chip detectors*. Noe av dette er vist i figur 7 og blir senere forklart i kapittel 1.6.4.3. Oljesystemet er også beskrevet i SHK rapport [Luffart 2022/08](#).

Hovedgirboksen rommer 38,9 liter (10 US gallon) olje. Oljen sirkulerer innvendig i hovedgirboksen. Oljekjøleren, som sitter utvendig, er forbundet til hovedgirboksen via to slanger. Hvis det oppstår lekkasjer i den utvendige delen av oljesystemet, kan oljekjøleren isoleres ved hjelp av en ventil, *Oil Bypass Valve*. Oljen vil da gå direkte fra trykkpumpene til komponentene i girboksen. Hvis oljetrykket synker til under 35 psi, vil *Oil Bypass Valve* koble ut oljekjøleren automatisk. Ventilen kan også styres manuelt fra cockpit.

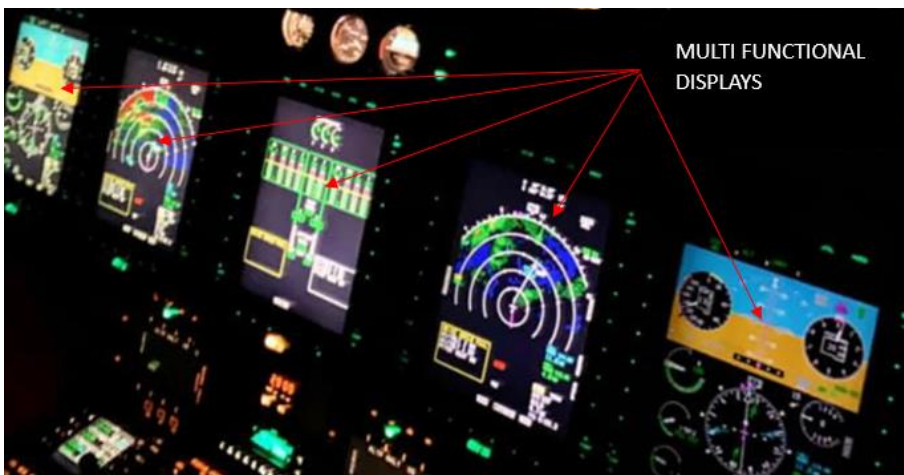
Generatoren er koblet sammen med hovedgirboksens oljesystem, og har tilkoblinger for både trykkolje og returoilje.



Figur 7: Oljesystemet i hovedgirboksen. Stedet hvor skiven ble sittende fast er vist med rød pil. Kilde: Sikorsky Aircraft Corporation/SHK

1.6.4.3 Varsler tilknyttet oljesystemet

Hovedgirboksen overvåkes av sensorer. Informasjonen behandles av *Avionic Management System (AMS)* og presenteres ved hjelp av *Engine Indicating and Crew Alerting System (EICAS)* på *Multi Functional Display (MFD)* i cockpit, se figur 8. Nedenfor er en liste over sensorer og tilknyttede varsler på MFD¹⁰.



Figur 8: Det er fem Multi Functional Displays i Cockpit på S-92. Informasjonen til besetningen vedrørende hovedgirboksens oljetrykk og temperatur vil vises på det i midten. Foto: Brita Sandveen. Illustrasjon: SHK

1. En oljetrykksensor måler pumpestrykket i trykkledningen før oljen fordeles inne i girboksen. Den varsler **MGB OIL PRES** på MFD når oljetrykket faller under 45 psi, **MGB OIL PRES** når oljetrykket faller under 35 psi og **MGB OIL OUT** når oljetrykket faller under 5 psi. I tillegg presenteres det målte oljetrykket som en søyle og som en tallverdi på MFD.

¹⁰ Gul tekstboks = gult varsellys, rød tekstboks = rødt varsellys og grå tekstboks = informasjonen angis med søyle eller tallverdi.

2. En oljetrykkbryter i venstre *accessory module (Last Jet Pressure Switch)* registrerer trykket nær enden av oljefordelingsmanifolden. Hvis oljetrykket går under 24 psi vil **MGB OIL PRES** vises på MFD. Hvis oljetrykket går under 24 psi samtidig med at sensor 1 (se ovenfor) registrerer trykk under 35 psi vil **MGB OIL PRES** vises på MFD.
3. En temperaturbryter måler oljetemperaturen i trykkledningen før oljen fordeles inne i girkassen. Hvis temperaturen overstiger 250° +/- 5 °F (121° +/- 3 °C), gir bryteren en **MGB OIL HOT** indikasjon på MFD.
4. En sensor måler oljetemperaturen i oljesumpen. Temperaturen presenteres som en søyle og som tallverdi på MFD.
5. To sensorer registrerer oljetemperaturen i henholdsvis venstre (1) og høyre (2) *input module*. Hvis temperaturen overstiger 130 °C vil henholdsvis **INPUT/ACC 1 HOT** eller **INPUT/ACC 2 HOT** vises på MFD.
6. To vakuumbrytere i henholdsvis venstre (1) og høyre (2) *input module* vil varsle hvis undertrykket i sugeledningene til oljepumpene forsvinner. Dette indikeres på MFD som henholdsvis **MGB PUMP 1 FAIL** eller **MGB PUMP 2 FAIL**.
7. Hvis *Oil Bypass Valve* går til bypass¹¹ automatisk, vil varselet **MGB BYPASS** vises på MFD.
8. Hvis *Oil Bypass Valve* går til bypass automatisk, og deretter settes manuelt til normal stilling med oljekjøleren innkoblet (*MAN COOL*) vil varselet **MGB MAN COOL** vises på MFD.
9. Hovedgirboksen er utstyrt med en rekke (*Chip Detectors*) med *Fuzz Burn*. *Fuzz Burn* betyr at små metallspån som samles på pluggene kan brennes bort automatisk med strøm. Hvis brenning ikke lykkes, vil **MGB CHIP**, **INPUT X CHIP** eller **ACC X CHIP** vises på MFD. Systemet styres automatisk av en *Chip Detector Processor* som gjør totalt seks forsøk før besetningen får et av de tre varslene.

Samtlige røde lys på MFD har også et lydvarsel.

1.6.5 VEDLIKEHOLD

1.6.5.1 Oversikt over relevant vedlikehold

Helikopteret har et vedlikeholdsprogram med fastsatte intervaller. I tillegg blir nødvendig ikke-planlagt vedlikehold utført på bakgrunn av inspeksjoner og rapporterte feil. For hendelsen med LN-ONQ er følgende relevant:

- *Pre-departure Inspection*. Den gjøres før hver flygning. Sjekken før hendelsesturen ble utført og signert for av en flytekniker kl. 1020. Dekslene rundt hovedgirboksen ble åpnet, men oljenivået ble ikke kontrollert siden girboksen må stå 20 til 30 minutter før nivået kan peiles. Det ble ikke avdekket noen mangler under inspeksjonen.
- *Pre-departure Inspection*. Dagens første *Pre-departure Inspection* ble utført og signert for av en flytekniker kl. 0632. Dekslene rundt hovedgirboksen ble åpnet og oljenivået kontrollert. Oljenivået var innenfor normalnivå. Det ble ikke avdekket noen mangler under inspeksjonen.
- *Daily Inspection*. Inspeksjonen ble utført av to flyteknikere om kvelden 24. september 2020, kvelden før hendelsen skjedde. De to har forklart til Havarikommisjonen at de hadde god tid til å utføre inspeksjonen. Dekslene rundt hovedgirboksen ble åpnet og oljenivået kontrollert. Det var ikke behov for å etterfylle olje. De sjekket også *pop-out* indikatoren på oljefilteret. Den ene teknikeren signerte for utført inspeksjon kl. 2345. LN-ONQ hadde da en total flytid på

¹¹ «Bypass» betyr at oljestrømmen går utenom en eller flere komponenter.

23 909:50 timer og totalt 22 497 landinger. Det ble ikke avdekket noen mangler under inspeksjonen.

- 50 timers inspeksjon ble utført 21. september 2020 ved en total flytid på helikopteret på 23 883,73 timer.
- Inspeksjon av samtlige magnetpluggen i hovedgirboksen ble utført 23. august 2020. Dette er en inspeksjon som gjøres hver 375 flytime. Ikke noe ble bemerket.
- To små hår-lignende metallspen ble funnet på magnetpluggen i venstre *accessory module* 3. august 2020. Helikopteret hadde da en gangtid på 23 654 timer. På grunn av den begrensede størrelsen var funnet ikke rapporteringspliktig.
- Metallspen ble funnet på magnetpluggen i venstre *accessory module* 30. juli 2020. Helikopteret hadde da en gangtid på 23 652 timer. På grunn av den begrensede størrelsen var funnet ikke rapporteringspliktig.
- Hårlignende metallspen ble funnet på magnetpluggen i venstre *accessory module* 28. juli 2020. Helikopteret hadde da en gangtid på 23 635 timer. På grunn av den begrensede størrelsen var funnet ikke rapporteringspliktig.
- Venstre generator ble tatt av for bytte av *Vespel spline* 22. mai 2020. Helikopteret hadde da en gangtid på 23 422,26 timer (se kapittel 1.6.5.2).
- 625 timers inspeksjon inkludert bytte av olje og filter på hovedgirboksen ble utført 22. mars 2020 ved en total flytid på helikopteret på 23 199,41 timer.
- Bytte av olje i hovedgirboksen ble gjort 3. november 2019. Helikopteret hadde da en totaltid på 22 586,22 timer.
- *Main gearbox module*, med delenummer 92351-15100-050 og serienummer A172-00148 ble installert 14. juni 2019. Enheten hadde da en gangtid på 5 178,52 timer. Helikopteret hadde en totaltid på 21 968:43 timer.
- Venstre generator ble tatt av for bytte av *Vespel spline* 4. juni 2019. Helikopteret hadde da en gangtid på 20 398,79 timer.
- Hovedgirboksens venstre *input module*, med delenummer 92351-15001-042 og serienummer A171-00191, ble installert 25. november 2014 ved en total flytid på helikopteret på 15 759:48 timer. Det har ikke vært mulig å fastslå gangtiden på komponenten da den ble installert.
- Venstre generator med delenummer 92550-04806-101 og serienummer C397-00106 ble installert 18. januar 2014. Helikopteret hadde da en total gangtid på 14 206,52 timer.

1.6.5.2 Bytte av Vespel splines

En *Vespel spline* sitter mellom *input module* og generatoren, se figur 9, og denne skal byttes hver 3 000 flytime. For å bytte *Vespel spline* må generatoren avmonteres. Avmontering og montering av generatoren skal gjøres i henhold til *Aircraft Maintenance Manual (AMM) 24-21-01-900-002*¹². Under dette arbeidet må åtte mutre med tilhørende skiver (delenummer MS20002-6) skrus av og senere monteres igjen, se figur 9.

Når generatoren er tatt av, kan fremmedlegemer komme inn i *accessory module*. Tiltak for å unngå dette er omtalt i prosedyren på følgende måte:

(20) *Install protective caps or plugs to all open ports on accessory gearbox and 75 kVA AC generator (120).*

¹² *Bristow Norway benyttet revisjon nr. 35, utgitt 24. mai 2017.*

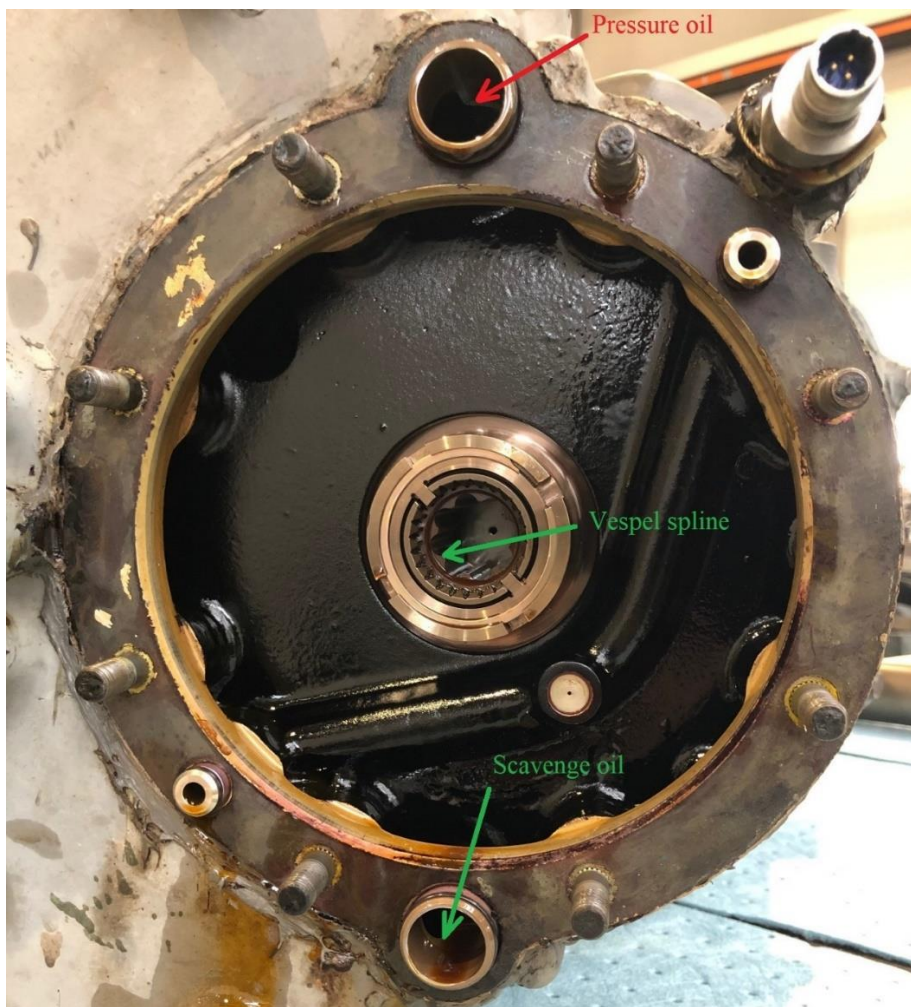
Havarikommisjonens undersøkelse har vist at Bristow Norway hadde tatt i bruk slike sett med beskyttelsesdeksler ved arbeid på *accessory module*, men det ble ikke levert ut sett når det skulle arbeides på *input module*.

1.6.5.3 Oversikt over forbruk av standarddeler og forbruksmateriell

Bristow Norway fører oversikt over forbruk av standarddeler¹³, og hvilke arbeidsoppgaver forbruket er knyttet til. Oversikten viser at det siste forbruket av skiver med delenummer MS20002-6 var i forbindelse med arbeid på generatorene til LN-ONQ 15. juni 2018, da en skive ble tatt ut. Det føres ikke liste over kasserte forbruksdeler. Siste gang generatoren var avmontert var 22. mai 2020.

I forbindelse med innledende undersøkelse av LN-ONQ hos Bristow Norway observerte Havarikommisjonen løse skiver som lå på et arbeidsbord. Ingen av de ansatte som var til stede kunne gjøre rede for hvor skivene tilhørte.

Olje til hovedgirboksen er emballert i metallbokser inneholdende én US Quart (0,95 liter). Boksene, som sto på lager, var dedikert spesifikke helikoptre og hadde påført helikopterets registreringsbokstaver. Selskapet hadde imidlertid ikke oversikt over forbruket av olje knyttet til hvert helikopterindivid.



Figur 9: Flensen på *accessory module* hvor generatoren var montert. Rundt flensen sees de åtte pinneboltene som holder generatoren. Generatoren er festet med tilhørende skive og mutter på hver av pinneboltene. Foto: SHK

¹³ Standarddeler er deler i flykvalitet som ikke er begrenset til bruk på en spesifikk luftfartøytype. Typiske standarddeler er bolter, skiver og muttere i henhold til spesifikasjoner som MS, AN eller NAS.

1.7 Vær

Det var høyt skydekke og god sikt både på Sola og på Eldfisk hvor oljeriggen West Elara befant seg. Besetningen har opplyst at det blåste østlig til dels kraftig vind fra nordøst mellom 45 og 55 kt, ute på havet.

På Sola var vinden også fra nordøstlig retning, men langt svakere med kun 6 kt. Følgende ATIS var tilgjengelig for besetningen i forkant av landingen på Sola:

Information Y at 1150, ILS36 and LOC X11 in use, helicopters landing RWY29, Transition Level 85, Winds 030/6, Visibility 10km+, Rain, FEW020, BKN047, Temp 11C, DP 8C, QNH1002 NOSIG.

METAR og TAF på henholdsvis Sola og Eldfisk:

METAR ENZV 250820Z 36008KT 9999 FEW010 SCT170 10/08 Q1001 NOSIG=

TAF ENZV 2506/2606 VRB05KT 9999 FEW020 BKN070 BECMG 2507/2509 02010KT TEMPO 2603/2606 02015G25KT=

METAR ENLE 250820Z 01037KT 9999 -RA SCT025 BKN060 11/06 Q0996W15/S5=

TAF ENLE 250800Z 2509/2518 03040KT 9999 -RA SCT015 BKN025 TEMPO 2509/2518 3000 RA BKN012 BECMG

2512/2514 01050KT=

1.8 Navigasjonshjelpemidler

Ikke relevant.

1.9 Samband

Det var toveis radiosamband mellom besetningen på LN-ONQ og relevante enheter av lufttrafikkjenesten.

1.10 Flyplasser og hjelpemidler

Stavanger lufthavn Sola (ENZV, 58°52'36"N 5°38'16"Ø) har to rullebaner 11/29, lengde 2 299 meter og 18/36, lengde 2 706 meter. Flyplassens høyde over havet er 8,8 meter.

1.11 Flyregistratorer

LN-ONQ var utstyrt med en multifunksjonell flygeregistrator (Curtiss-Wright Combined Voice and Flight Data Recorder – CVFDR), delenummer D51615-142-090, serienummer AD9905-002, se figur 10.

Bristow Norway tok ut og sikret CVFDR samme dag som hendelsen fant sted. Data fra denne ble senere lastet ned og overført til Havarikommisjonen. Både lydopptakene og dataene var av god kvalitet og var til nytte ved undersøkelsen.

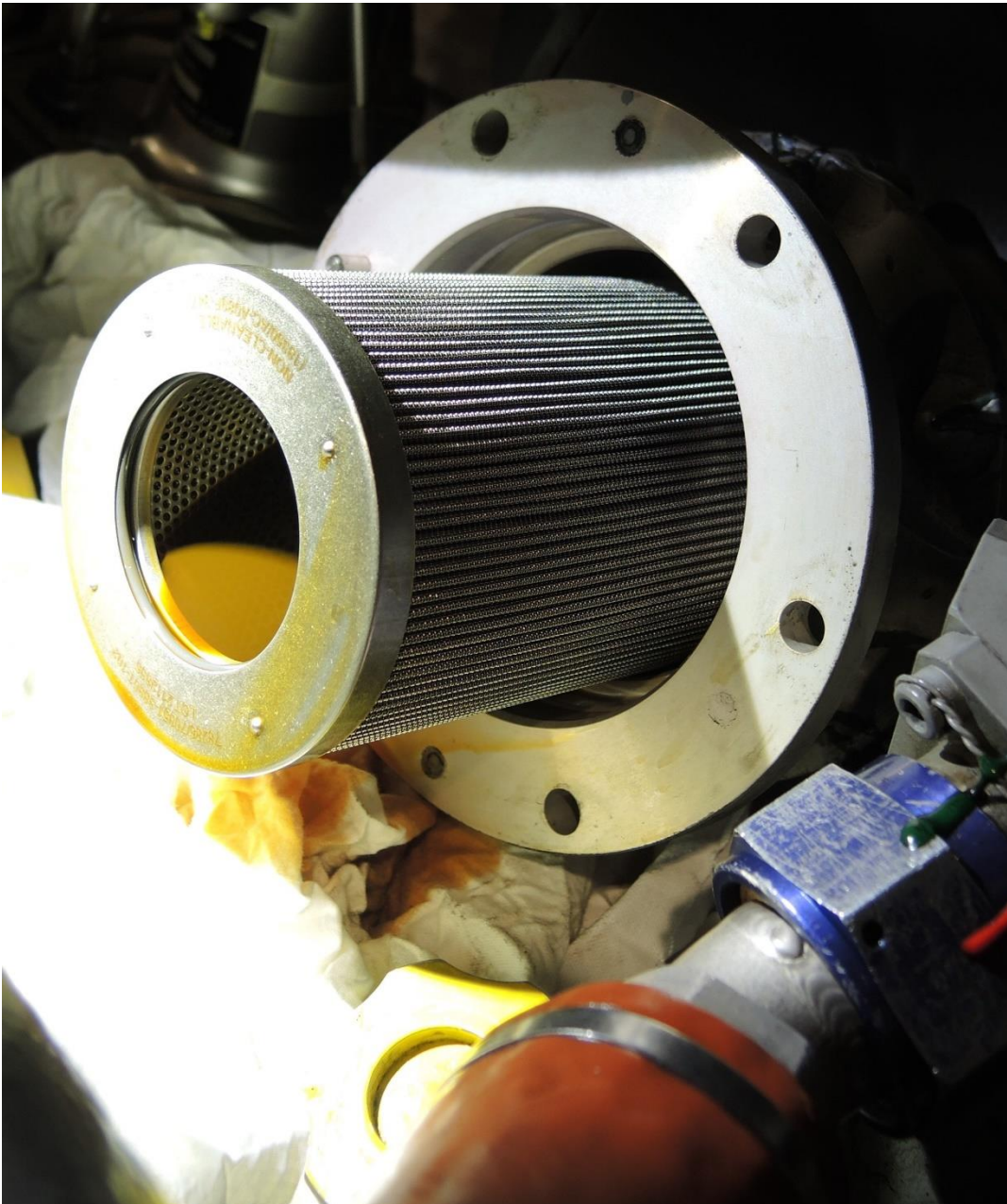


Figur 10: CVFDR fra LN-ONQ. Foto: SHK

1.12 Innledende undersøkelser av helikopteret

Samme kveld som hendelsen skjedde, ble helikopteret parkert i hangaren til Bristow Norway og sperret av. Havarikommisjonen fortsatte undersøkelsesarbeidet påfølgende morgen i samarbeid med flyteknikere fra Bristow Norway. Følgende ble konstatert:

- Det hadde rent mørk girboksolje langs venstre utside av kabinen. Noe av dette oljesølet hadde også kommet bakover skroget og halebommen.
- Det var mest oljelekkasje fra området hvor akselen fra venstre motor var festet til venstre *input module*.
- Peiling av oljenivået i hovedgirboksen viste at det manglet ca. 4 liter av totalt 38,9.
- Indikatoren på hovedgirboksens oljefilter var utløst (pop-out indicator), noe som tyder på at oljefilteret var i ferd med å gå tett.
- Det var noe oljesøl i området bak hovedgirboksen.
- Venstre *input module* hadde vært så varm at noen propper med tetningsmateriale hadde løsnet eller blitt deformert.
- Samtlige *chip detectors* i hovedgirboksens oljesystem ble inspisert uten at det ble funnet nevneverdig mengde metallpartikler.
- De to oljepumpene ble tatt ut og drivakslene ble inspisert. Oljen hadde mørkere farge enn normalt, men utover dette ble ikke noe unormalt observert.
- Hovedgirboksens oljefilter ble åpnet og inspisert. Det sto da gråbrun olje inne i filterelementet. Flyteknikerne vurderte dette til å være unormalt siden oljen vanligvis renner gjennom filterelementet og tilbake til girboksen, se figur 11. Det ble ikke funnet synlig partikkelforurensning i de to filterelementene som til sammen utgjør filteret.



Figur 11: Oljefilteret etter at filterhuset var tatt av. Brun olje sees inne i filterelementet. Foto: SHK

Etter at de innledende undersøkelsene var avsluttet hos Bristow Norway, ble det besluttet å sende hovedgirboksen til Sikorsky Aircraft Corporation (SAC) i Trumbull, Connecticut i USA. Den komplette hovedgirboksen ble først utmontert, og deretter ble hydraulikkpumpene, generatorene og drivakslene mellom motorene og hovedgirboksen avmontert. Hver *input module* ble avmontert fra *main gearbox module* som en enhet, uten at *accessory module* ble tatt av. *Main gearbox module* inkludert *input modules*, *accessory modules* og akslene, samt to oljeprøver ble pakket i to forseglede kasser og sendt til SAC.

Oljefilteret og oljeprøver fra hovedgirboksen ble sendt til Forsvarets Laboratorietjenester (FOLAT) på Kjeller for nærmere undersøkelser.

Resultatene fra undersøkelsene i USA og på Kjeller er omtalt i kapittel 1.16 senere i rapporten.

1.13 Medisinske og patologiske forhold

Ikke relevant.

1.14 Brann

Det oppstod røykutvikling, men ikke brann.

1.15 Overlevelsesaspekter

Lufthavnens brann- og redningstjeneste var i beredskap og i posisjon ved rullebanen da helikopteret landet. De fulgte helikopteret frem til parkering og startet sitt arbeide med å sikre at det ikke var brann eller at det oppstod brann. Dette ble gjort i samarbeid med helikopteroperatørens tekniske avdeling.

1.16 Spesielle undersøkelser

1.16.1 UNDERSØKELSER AV HOVEDGIRBOKSEN HOS SIKORSKY AIRCRAFT CORPORATION – FUNN AV SKIVE I RETUROLJEKANAL

Grunnet Covid 19-pandemien kunne ikke personell fra Havarikommisjonen reise til USA for å lede undersøkelsene der. I henhold til ICAO Annex 13 ble derfor den amerikanske havarikommisjonen, NTSB, forespurt om å lede undersøkelsesarbeidet i USA på vegne av Havarikommisjonen, noe NTSB aksepterte.

Undersøkelsen ble gjennomført i perioden 20 til 22. oktober 2020. Foruten den akkrediterte representanten fra NTSB, deltok representanter fra den amerikanske luftfartsmyndigheten (Federal Aviation Administration – FAA) og personell fra Sikorsky Aircraft Corporation (SAC) ved undersøkelsen. Med bakgrunn i undersøkelsen utarbeidet NTSB en rapport (NTSB rapport nr. CEN20WA418).

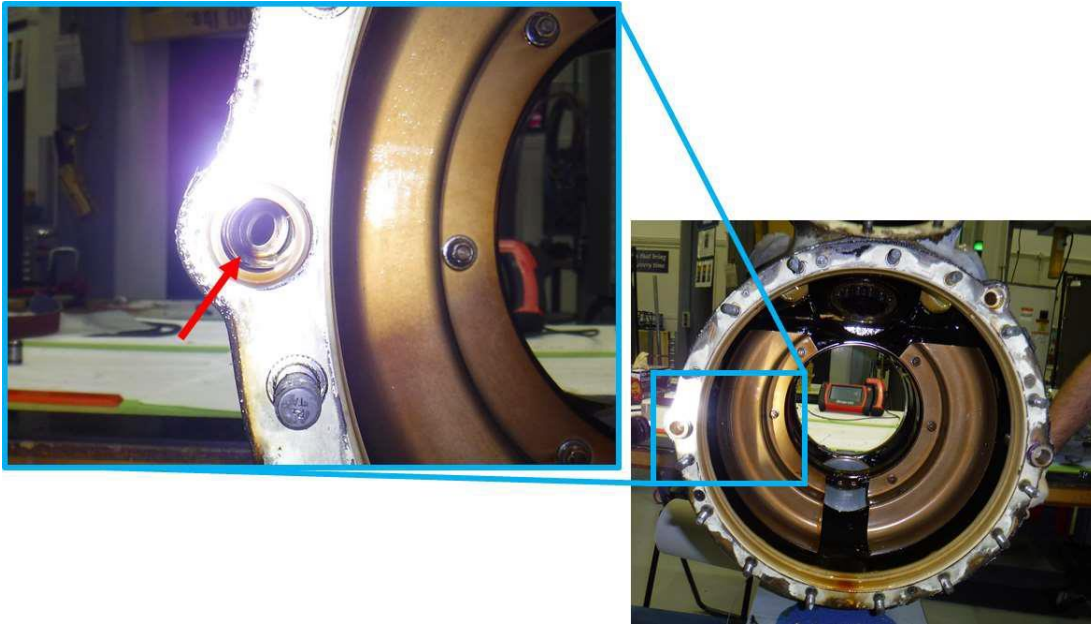
Nedenfor gjengis relevant informasjon fra rapporten:

- Venstre *input module* og *accessory module* ble innledningsvis undersøkt visuelt før demontering. Utvendig var malingen matt og hadde sprukket opp. Tetningsstoffet rundt oljedysene var delvis deformert eller manglet. Synlige deler av innsiden var misfarget med en brunlig farge og inneholdt mørk olje, men var ellers normal. Akslene kunne roteres fritt uten at noe unormalt kunne merkes.
- Enheten ble deretter undersøkt innvendig med boroskop (kikkhullsinspeksjon). Det ble da observert en skive i returoljekanalen i *input module*. Skivens plassering er illustrert på figur 12. Det ble ikke funnet andre fremmedlegemer på innsiden av de delene som var tilgjengelig med boroskop.
- *Input module* ble skilt fra *accessory module* og *input module* ble demontert. Detaljer inne i *input module* hadde fargeforandringer som er forenelig med påvirkning av høy temperatur.
- Motorakselens inngående akseltapp (*input pinion*) ble demontert fra *input module*. Målinger av klaringer i oljetetningen rundt *input pinion* viste at disse var utenfor toleransene. Det var følgelig mulig for olje å lekke forbi tetningen.
- En demontering av selve *input module* ga tilgang til skiven som satt ca. 76 mm inne i kanalen, se figur 13. Skiven ble tatt ut og undersøkt nærmere. Dette er nærmere omtalt i kapittel 1.16.2.
- Noe ikke-magnetisk materiale som ble funnet inne i venstre *input module* og *accessory module* ble analysert nærmere og funnet å være rester av tetningsmiddel/pakninger.
- Venstre *accessory module* ble demontert. De innvendige komponentene kunne roteres fritt uten at noe mekanisk unormalt kunne merkes. Detaljer inne i *accessory module* hadde fargeforandringer som er forenelig med påvirkning av høy temperatur.

- Høyre *input module* og *accessory module* ble demontert og undersøkt. Fargeforandringer som ble observert innvendig var mindre enn for den venstre siden. Det ble ikke funnet andre nevneverdige avvik.
- *Main module* ble demontert og noen fargeforandringer ble observert. Det ble også observert at grunningen på hovedrotormasten hadde boblet seg i et område nær *swashplate*. Det er ikke avklart om dette har sammenheng med høy temperatur i hovedgirboksen. Det ble ikke funnet andre nevneverdige avvik.
- Magnetpluggene og temperaturgiverne i *main module* ble testet og viste normal funksjon. Magnetpluggene i *accessory module* kunne ikke testes grunnet manglende testutstyr.



Figur 12: Venstre *input module* sett fra undersiden. Innfestingen til *main gearbox module* er til venstre på bildet. Enden på boroskopet (det fleksible inspeksjonsutstyret) er lagt over oljekanalene som ble fulgt inn til skiven. Rød pil angir hvor skiven ble funnet. Foto: NTSB/SHK



Figur 13: Skiven slik den ble funnet i returoljeakanalen etter demontering av input module. Enheten er fotografert liggende på siden. Montert i helikopteret er oljeakanalens posisjon nederst på enheten.
Foto: NTSB/SHK

1.16.2 UNDERSØKELSER FORETATT HOS NTSB

1.16.2.1 Undersøkelse av skive

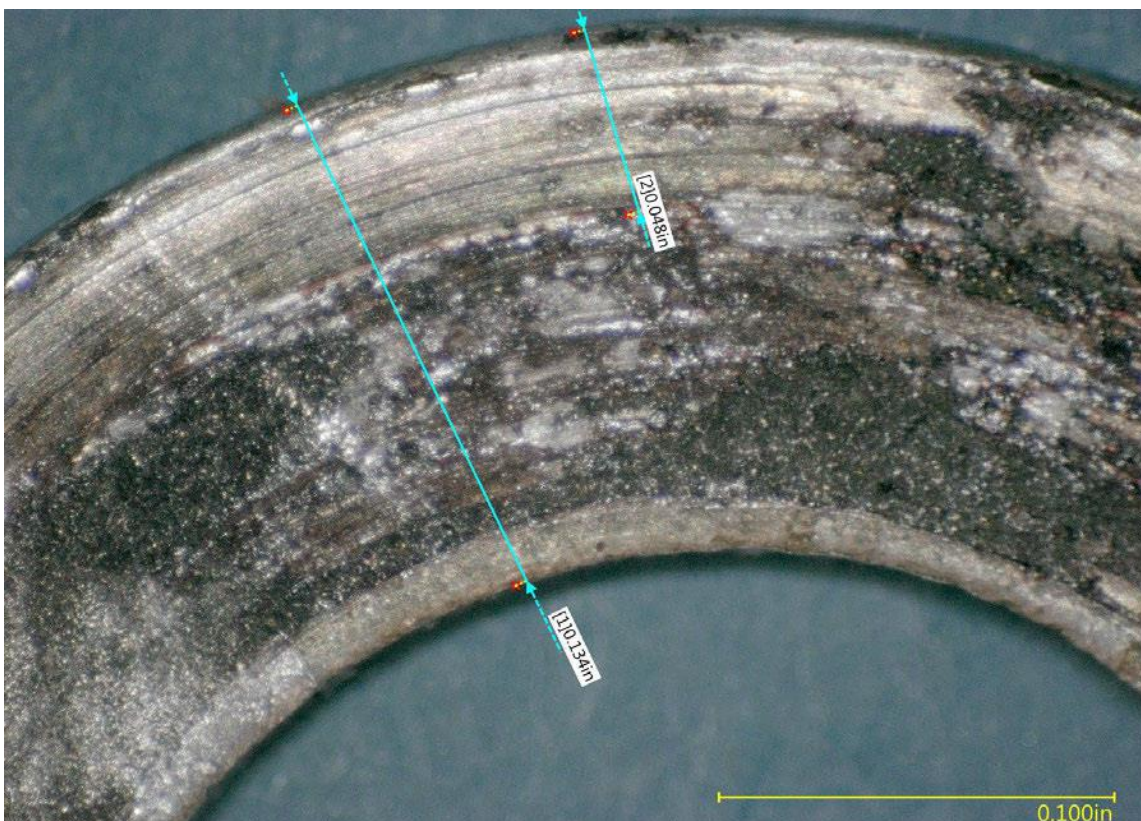
Skiven hadde følgende mål:

- Ytre diameter: 17,22 mm
- Indre diameter: 10,90 mm
- Tykkelse: 3,40 mm

Basert på mål og kjennskap til skiver benyttet på girboksen, ble skiven antatt å være av typen MS20002-6. Skiven som ble funnet i hovedgirboksen ble sammenlignet med et referanseeksemplar (se figur 14 og figur 15). En undersøkelse med *X-ray fluorescence spectroscopic (XRF) alloy analyzer* viste at begge skivene i det vesentlige inneholdt jern (Fe) med en overflate av kadmium (Cd). Referanseskiven hadde en større andel jern, noe som kunne tyde på at noe av overflatebelegget på skiven som ble funnet i returoljeakanalen var slitt bort. Sirkulære spor og manglende kadmium indikerte at skiven tidligere hadde vært montert.



Figur 14: Skiven som ble funnet i hovedgirboksen til venstre og referanseskiven til høyre. Foto: NTSB/SHK



Figur 15: Detaljfoto av skiven funnet i hovedgirboksen. Sirkulære spor og manglende kadmium indikerer at skiven tidligere har vært montert. Foto: NTSB/SHK

1.16.2.2 Oljeprøver

Oljeprøvene fra hovedgirboksen ble analysert opp mot spesifikasjonen DOD-PRF-85734 (ny olje). Analysen viste at den var innenfor kravene til ny olje, med unntak av et høyere syreinnhold (2,28 mg KOH/g). Det forhøyede syrenivået var vurdert å være en ubetydelig overskridelse av grenseverdien i spesifikasjonen for ny og ubrukt olje.

1.16.3 UNDERSØKELSER FORETATT HOS FORSVARETS LABORATORIETJENESTE (FOLAT)

Oljefilteret og oljeprøver fra hovedgirboksen ble, sammen med en referanse-oljeprøve, også sendt til Forsvarets Laboratorietjeneste på Kjeller for nærmere undersøkelse. Den tekniske rapporten fra FOLAT viste at oljen i oljefilteret fra hovedgirboksen, se figur 11, inneholdt en kraftig økning i antall partikler sammenlignet med referanseprøven. Det ble konkludert med at partiklene ikke var metall som følge av slitasje, men snarere sotpartikler (oksidering). I rapporten konkluderes det med at oksidering av oljen normalt er et resultat av høy temperatur.

1.17 Organisasjon og ledelse

Bristow Norway startet driften i 1993, da under navnet Norsk Helikopter. Etter diverse oppkjøp ble Bristow-gruppen eiere av selskapet i 2009.

Bristow Norway hadde på tidspunktet for hendelsen 427 ansatte. Selskapet opererte 25 helikoptre av typen Sikorsky S-92A, og hadde sin administrative og operative hovedbase på Stavanger Lufthavn Sola. Helikopteroperatøren er i dag en etablert leverandør av helikoptertjenester til oljeselskapene på norsk sokkel.

Bristow Norway har en egen Part-145¹⁴ vedlikeholdsorganisasjon som utfører vedlikehold på selskapets helikoptre.

1.18 Andre opplysninger

Helikopteroperatøren gjennomførte en intern undersøkelse og har i tiden etter luftfartshendelsen innført tiltak med spesiell oppmerksomhet rettet mot at fremmedlegemer bidrar til skade, FOD¹⁵.

Følgende tiltak ble vektlagt i rapporten:

- *FOD-forebygging – Etablere instruksjoner for konsekvent praksis for å dekke utsatte områder under vedlikehold. Egnede midler for deksler og festemidler som skal brukes. Oppdatere gjeldende vedlikeholdsinstruksjoner (AMM etc.) i etterkant for å sikre samsvar med bruk av FOD-forebyggende midler, deksler etc.*
- *FOD-forebygging – Etablere FOD-policy og -program tilpasset vedlikeholdsoperasjonen.*
- *Fareregister – Gjennomgå og oppdatere eventuelle relaterte fareregister Part-145.*
- *Fareregister – Gjennomgå og oppdater eventuelle relaterte fareregister Flight Operations Manual.*
- *Lag et sammendrag av denne rapporten som distribueres til alle aktuelle BN-personell for informasjon og erfaring.*
- *OPC/PC – Bruke denne hendelsen under OPC/PC for informasjon og lærdom.*

1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder

Havarikommisjonen har ved denne undersøkelsen ikke benyttet undersøkelsesmetoder som kvalifiserer til spesiell omtale.

¹⁴ Godkjent vedlikeholdsorganisasjon i henhold til EU forordning 1321/2014 Annex II.

¹⁵ Foreign Object Debris (skade på luftfartøy pga. fremmedelement).

2. Analyse

2.1 Innledning	30
2.2 Hendelsesforløp	30
2.3 Hvordan skiven kom inn i input module	30
2.4 Operative aspekter	32

2. Analyse

2.1 Innledning

Tidlig i undersøkelsen ble det klart at hendelsen var relatert til en tekniske feil i hovedgirboksen. Hoveddelen av analysen omhandler derfor hovedgirboksen og vedlikeholdet som hadde vært utført.

2.2 Hendelsesforløp

En metallskive av typen MS20002-6 har på et tidspunkt kommet inn i venstre *accessory module*. Skiven har så beveget seg med oljestrømmen gjennom returolje kanalen helt til den kilte seg fast eller snudde på seg på tvers i venstre *input module* slik at oljekanalene ble vesentlig innsnevret. Dette må ha skjedd kort tid før oljetemperaturen på venstre *input module* begynte å stige. Der skiven satte seg fast var arealet på oljekanalene 2,328 cm². Passasjen gjennom hullet i skiven var ca. 0,933 cm², og dersom skiven stilte seg på tvers i oljestrømmen og tettet godt mot kanalen, ville reduksjonen av tverrsnittet i oljestrømmen dermed ha vært på ca. 60 %.

En reduksjon av kapasiteten til returolje kanalen vil gi et økende oljenivå i *accessory module* og *input module*. Tilførselen av ny olje fra trykkpumpen vil være relativt konstant, og oljenivået vil etter hvert stige helt til oljen flommer over og inn i *main gearbox module*. Dette vil føre til følgende:

- Det høye oljenivået i *accessory module* og *input module* ville medføre at oljen ble pisket til skum. Oljeskum inneholder store mengder luft og vil få en vesentlig redusert evne til å lede vekk varme.
- En oljepumpe vil pumpe mindre olje når deler av oljestrømmen inneholder luft. Etter hvert som mengden skum i hele systemet øker, vil kapasiteten til alle oljepumpene avta.

Samlet ga disse to effektene redusert oljetrykk og økt oljetemperatur. Da oljetrykket sank til under 45 psi fikk besetningen varselet **MGB OIL PRESS**. Etter hvert som temperaturen økte lokalt, kom **INPUT/ACC # 1 HOT** på. Da oljetrykket sank under 35 psi ble oljekjøleren automatisk koblet fra, noe som forverret problemet.

Den høye temperaturen i venstre *accessory module* og *input module* medførte etter hvert at oljetetningen rundt *input pinion* sviktet slik at det begynte å lekke olje ut i området mellom *input module* og venstre motor. At oljetemperaturen lokalt har vært svært høy understrekes av funn av sotpartikler i oljen og oljefilteret. Videre har *input module* vært så varm at noen propper med tetningsmateriale hadde løsnet eller blitt deformert. I tillegg hadde utvendig lakk krakelert.

Pop-out indikatoren til oljefilteret var aktivert og synlig, noe som viser at filteret hadde fått redusert gjennomstrømning. Havarikommisjonen mener at det kan skyldes at filteret ble tettet av oksideringen (koksingen) av oljen i hovedgirboksen.

2.3 Hvordan skiven kom inn i input module

Havarikommisjonen mener at skiven kom inn i girboksen i forbindelse med vedlikehold, ikke ved produksjon. Dette underbygges av at skiven ikke var ny. Den hadde spor som viser at den tidligere har vært installert, hvor er ukjent.

28. juli, 30. juli og 3. august 2020 ble det funnet noen mindre metallspån på magnetpluggene i venstre *accessory module*. Alle disse funnene var innenfor begrensningene i *Aircraft Maintenance Manual* og følgelig ikke rapporteringspliktige til helikopterprodusenten. I etterkant av funnet 28. juli

ble også magnetpluggene i henholdsvis venstre og høyre *accessory module* kryssbyttet for å identifisere eventuelle feil i magnetpluggenes avbrenningssystem. Havarikommisjonen ser ingen sammenheng mellom disse funnene og hendelsen med skiven i oljekanalene.

Det er ikke mulig at skiven kunne kommet inn i den aktuelle returkanalen for olje ved å forflytte seg fra *main module*. Hvis en skive av typen MS20002-6 ved en feil hadde kommet inn i *main module*, ville filtreringsgitter hindret den fra å komme inn i oljepassasjen der den ble funnet. For å komme inn i den aktuelle oljekanalene i *accessory module* mener Havarikommisjonen at den må ha kommet inn via åpningene som avdekkes når generatoren er tatt av flensen på *accessory module*, se figur 16.

Det har imidlertid ikke vært mulig å fastslå når skiven kom inn i *accessory module*. Vedlikeholdsdokumentasjonen viser at generatoren var avmontert siste gang 22. mai 2020 (se kapittel 1.6.5.1). Dette var 487:35 flytimer før hendelsen oppsto. Skiven kan ha kommet inn i *accessory module* i forbindelse med dette arbeidet. Det kan imidlertid ikke utelukkes at skiven kom inn i *accessory module* på et tidligere tidspunkt. Uavhengig av presist tidspunkt er det vanskelig å forklare hvorfor den lå på en «ufarlig» plass i lang tid før den flyttet på seg slik at den begrenset oljestrømmen. En mulighet kan imidlertid være at den i en periode har blitt hengende fast på magneten på venstre *accessory module chip detector*. Skiven er for stor til å bli med *chip detector* ut ved inspeksjon av denne. Skivens utforming og størrelse gjør at den ikke vil kortslutte *chip detectoren* og dermed gi varsel om forurensning.

Uttakslistene fra Bristows delelager viser at det ble tatt ut flere skiver med delenummer MS20002-6 til LN-ONQ i perioden fra april 2015 til juni 2019. Uttakslisten knytter uttakene til et enkelt helikopter individ, og i flere tilfeller også spesifikke vedlikeholdsoppgaver på helikoptret. Havarikommisjonen og Bristow Norges egen internrapport har ikke kunnet koble noen av uttakene til *accessory module 1* i det aktuelle tidsrommet. Havarikommisjonen har ikke kunnet fastslå hvordan skiven kom inn i modulen.

I forbindelse med innledende undersøkelse av LN-ONQ hos Bristow Norway observerte Havarikommisjonen små løse skiver som lå på et arbeidsbord. Ingen av de ansatte, som var til stede, kunne gjøre rede for hvor skivene tilhørte. Havarikommisjonen mener at det er viktig å redusere risikoen for FOD så mye som mulig, og at det var mulig på det aktuelle tidspunktet å ha en bedre kontroll på forbruksmaterieell.

Havarikommisjonen antar at dersom det ble observert at en skive ved et uhell falt inn i modulen så ville nødvendige tiltak blitt igangsatt. Risikoen for FOD er alltid til stede ved arbeid på luftfartøy og egenkontroll ved demontering og montering av komponenter er spesielt viktig på kritiske systemer.

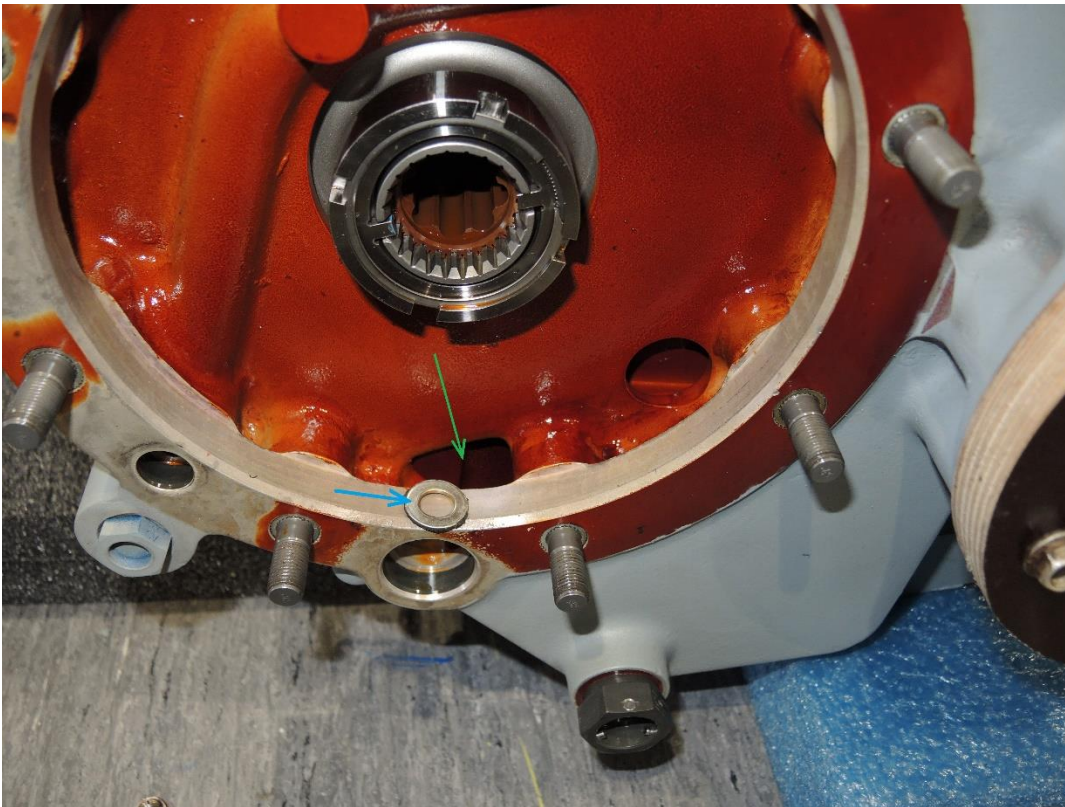
En skive med delenummer MS20002-6 faller inn under EASA kategori «Standard Parts¹⁶». Vedlikeholdsorganisasjoner er pålagt å ha et system for sporbarhet på komponenter, standard deler og råmateriale tilbake til fabrikant av delene. Dokumentasjon mottatt fra Bristow Norge viser at de har et sporbarhetssystem ved uttak av deler. Samtidig viser Bristow Norge sin uttaksliste at noen av uttakene kun er knyttet til selve helikoptret og ikke det spesifikke vedlikeholdsarbeidet. Havarikommisjonen anbefaler at Bristow Norge i alle tilfeller knytter uttak av deler (alle kategorier) til et spesifikt dokumentert vedlikeholdsarbeid.

Helikopteroperatøren har i etterkant av hendelsen innført flere FOD-forebyggende tiltak for å unngå lignende hendelser i fremtiden, blant annet etablering av FOD-policy og program tilpasset

¹⁶ Forskrift 7. mai 2015 nr. 488 Forskrift om kontinuerlig luftdyktighet mv. (vedlikeholdsforskriften) definerer krav til dokumentasjon og sporbarhet for standard parts gjennom Kommisjonsforordning (EU) nr. 1321/2014, Annex 1 punkt M.A 501. (AMC1 M.A.501(a)(4) punkt (b)).

vedlikeholdsorganisasjonen, samt etablering av instruksjoner for konsekvent praksis for å dekke utsatte områder under vedlikehold i tillegg til opplæring og trening av personell.

En helikoptergirboks er en sikkerhetskritisk komponent, og enhver mulighet for at forurensning kan komme inn i girboksen må tas på det største alvor. Et helikopter gir generelt små marginer for avvik. Ryddighet på arbeidsplassen og full oversikt over verktøy og deler blir derfor særdeles viktig. Havarikommisjonen mener at Bristow Norway kan gjøre forbedringer på dette området og oppfordrer andre helikopteroperatører til å gjøre en vurdering av sine rutiner. Denne rapporten kan være et nyttig hjelpemiddel i dette arbeidet. Havarikommisjonen fremmer en sikkerhetstilråding til Luftfartstilsynet i sammenheng med dette.



Figur 16: Flensen på accessory module. Blå pil peker på en skive av typen MS20002-6 og grønn pil peker mot en åpning hvor skiven kan falle inn i accessory module. Foto: SHK

Helikopteroperatøren hadde lagt til rette for et system for kontroll med olje til helikoptrene. Oljeboksene (1 liter) var individuelt merket med helikopterets registreringsbokstaver. Til tross for dette var det ikke mulig å finne ut når og hvor mye olje som var etterfylt på det enkelte helikopter. Havarikommisjonen anbefaler at helikopteroperatøren registrerer løpende oljeforbruk til helikoptrenes transmisjoner for hvert enkelt helikopterindivid.

Havarikommisjonen har ikke gjort egne beregninger av hvor lenge flygningen kunne fortsatt før det hadde oppstått katastrofale feil i hovedgirboksen.

2.4 Operative aspekter

Besetningen fulgte prosedyren i Emergency Check List (ECL) punkt 8 GEAR BOX Temp. rev. datert 15. mai 2017 Proc. 8.1 og 8.2 MGB Oil Pressure Warning / Temperature Warnings and Cautions. Laveste registrerte oljetrykk og høyeste registrerte oljetemperatur var henholdsvis 28 psi og 214 °C. Med oljetrykket over 5 psi, og stigende oljetemperatur, satte flygerne den aktuelle motoren til tomgang og reduserte flyhastigheten slik ECL anbefaler. Deretter startet de APU og reduserte flyhøyden til anbefalte 500 ft, og senere til 200 ft. Samtidig ba de passasjerene gjøre seg klare til en eventuell landing på sjøen. Dette innebærer at passasjerene må forberede seg før

landing på sjøen ved å trekke hetten over hodet, lukke glidelåsen, etablere nød-pustesystem og innta krasjstilling. En landing på sjøen medfører imidlertid økt risiko for tap av liv ved at helikopteret kan velte og fylles med vann og komplisere en evakuering av passasjerer og besetning.

Følgende varsler vil medføre at helikopteret må lande umiddelbart, også på sjøen:

- **MGB OIL OUT** *warning*, eller
- **MGB OIL PRESS** *caution*, **MGB OIL HOT** *caution* og **MGB OIL PRESS** *warning* med lydvarsel og et oljetrykk under 5 psi

Imidlertid oppsto ingen av disse situasjonene, og besetningen valgte å lande på nærmeste trygge landingsplass.

Det første varselet **MGB OIL PRESS** *caution* kom på kl. 1411, og helikopteret landet på Sola kl. 1427. Teoretisk kunne besetningen ha redusert flytiden med noen få minutter ved å sette kursen direkte mot land og forberede landing vest på Jæren. En landing på Jæren kunne ikke vært gjennomført som en *Run on landing*. Det ville følgelig vært nødvendig å akselerere opp igjen motoren de hadde satt til tomgang før landing og belastningen på girboksen ville blitt større. Der ville de heller ikke hatt brann- og redningstjeneste tilgjengelig under landingen. Havarikommisjonen mener følgelig at besetningen gjorde gode vurderinger under beslutningsprosessen i minuttene før landingen på Sola.

At besetningen fulgte sjekklisten og reduserte kraften fra venstre motor til tomgang hadde liten eller ingen effekt på temperaturøkningen i hovedgirboksen. Samtlige dynamiske komponenter i hovedgirboksen fortsatte å rotere med samme hastighet til tross for at motoren gikk på tomgang. Det eneste som kunne redusert varmeutviklingen i hovedgirboksen ville vært en samlet reduksjon av kraftuttaket fra begge motorene.

3. Konklusjon

3.1 Hovedkonklusjon.....	35
3.2 Undersøkelseresultater	35

3. Konklusjon

3.1 Hovedkonklusjon

Varmeutviklingen og oljelekkasjen i hovedgirboksen oppstod fordi en metallskive hadde kommet inn i en returolje kanal i venstre *input module* og kilt seg fast. Dette medførte at olje kanalen ble vesentlig innsnevret. Havarikommisjonen mener det er sannsynlig at skiven har kommet inn i forbindelse med vedlikehold og via åpningene som avdekkes når generatoren tas av flensen på *accessory module*. Havarikommisjonen har ikke vært i stand til å tidfeste når skiven kom inn i girboksen. Siste vedlikehold der skiven kan ha kommet inn var 487:35 flytimer før hendelsen. Havarikommisjonen anser dermed at skiven minst har vært så lenge i hovedgirboksen. Undersøkelsen har vist at Bristow kan bli bedre til å ha oversikt over forbruksmateriell.

3.2 Undersøkelseresultater

- A. Luftfartøyet var forskriftsmessig registrert og hadde gyldig luftdyktighetsdokumenter.
- B. Helikopteret var utstyrt med taleregistrator og ferdskrifer (CVFDR), noe som gjorde det mulig å fastslå et eksakt hendelsesforløp.
- C. Besetningen hadde gyldige sertifikater og rettigheter til å utføre aktuell tjeneste om bord.
- D. Været var ikke en faktor som medvirket til luftfartshendelsen.
- E. Helikopteroperatøren gjennomførte en intern undersøkelse, og har i tiden etter luftfartshendelsen innført tiltak med spesiell oppmerksomhet rettet mot FOD for å øke sikkerheten.
- F. Det første varselet besetningen fikk om at noe var galt var når varsellyset **MGB OIL PRESS** kom på sørvest av Sola under nedstigningen fra 7 000 ft til 1 000 ft.
- G. Helikopteret ble landet på RWY 11 og ble fulgt inn til parkering av brann- og redningsmannskaper.
- H. Besetningen fulgte prosedyren i nød-sjekklisten for tap av oljetrykk i hovedgirboks.
- I. Besetningen sendte ut nødmelding (*MAYDAY*).
- J. Data fra ferdskriferen viste at høyeste registrerte oljetemperatur var 214 °C og laveste registrerte oljetrykk 28 psi.
- K. Basert på en gjennomgang av relevant vedlikeholdsdokumentasjon var helikopteret vedlikeholdt etter gjeldende krav.
- L. Undersøkelsen av hovedgirboksen og tilhørende komponenter ble utført hos Sikorsky Aircraft Corporation ledet av den amerikanske havarikommisjonen NTSB på vegne av Statens havarikommisjon.
- M. Undersøkelsen førte til funn av en metallskive av typen MS20002-6 i returolje kanalen i venstre *input module*.

4. Sikkerhetstilrådingar

4. Sikkerhetstilrådingar

Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2023/05T

Den 25. september 2020 nødlandet et helikopter av typen Sikorsky S-92A på Stavanger Lufthavn, Sola etter tap av oljetrykk og overoppheting av hovedgirboksen. En metallskive hadde kommet inn i girboksen og redusert oljestrømmen i en returolje kanal. En helikoptergirboks er en sikkerhetskritisk komponent, og at fremmedlegemer kan komme inn i girboksen må unngås.

Statens havarikommisjon tilrår Luftfartstilsynet å følge opp helikopteroperatørens prosedyrer og rutiner knyttet til FOD, og FOD i tilknytning til girboksarbeider spesielt.

Statens havarikommisjon
Lillestrøm, 2. november 2023

Forkortelser

Forkortelser

ACC	Accessory Gearbox
AMM	Aircraft Maintenance Manual
APU	Auxiliary Power Unit
ATPL(H)	Airline Transport Pilot License (Helicopter)
ATIS	Automatic Terminal Information Service
BKN	Broken
BN	Bristow Norway
EASA	European Union Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Administration
FOD	Foreign Object Debris
INPUT	Input module
MFD	Multi-Function Display
MGB	Main Gearbox
NOSIG	No Significant Change
NTSB	National Transport Safety Board
LOC	Localizer
PF	Pilot Flying
PM	Pilot Monitoring
SHK	Statens havarikommisjon