



FORSVARSKOMMANDOEN



H A V A R I R A P P O R T

Redegørelse i anledning af havari med LYNX,
S-249, Grønnedal,
Grønland den 22. august 2011.



INDHOLDSFORTEGNELSE

Formål med redegørelsen.....	4
Synopsis.....	4
1. FAKTISKE OPLYSNINGER.....	6
1.1. Hændelsesforløb.....	6
1.2. Personskade.....	9
1.3. Skade på luftfartøjet.....	9
1.4. Anden skade.....	9
1.5. Oplysninger om personel.....	9
1.6. Oplysninger om luftfartøjet.....	10
1.7. Oplysninger om vejrforholdene.....	11
1.8. Navigationshjælpemidler.....	11
1.9. Kommunikation.....	11
1.10. Oplysninger om flyveplads.....	13
1.11. Flight Recorder.....	14
1.12. Materiel og havaristed.....	14
1.13. Lægelige oplysninger.....	16
1.14. Brand.....	16
1.15. Overlevelsesaspekter.....	16
1.16. Særlige undersøgelser og metoder.....	21
1.17. Organisation og management (HVIDBJØRNEN).....	21
1.18. Organisation og management (Luftdygtighed).....	22
1.19. Operativ anvendelse.....	23
1.20. Supplerende oplysninger.....	24
1.21. Risikostyring i forbindelse med havariet.....	24
2. ANALYSE.....	26
2.1. Operative forhold generelt.....	26
2.2. Analyse af ditching.....	26
2.3. Analyse af overlevelsesaspektet.....	27
2.4. Analyse vedrørende skibets organisation og management.....	28
2.5. Analyse vedrørende FLOTATION GEAR.....	28
2.6. Teknisk analyse af halerotoraksler.....	29
2.7. Yderligere tekniske undersøgelser.....	33
2.8. Teknisk vedligeholdelse af halerotoraksler.....	34
2.9. Kassation af halerotoraksler på baggrund af iværksatte inspektioner.....	35
2.10. Luftdygtighedsaspekter.....	35
3. KONKLUSIONER.....	38
3.1. Årsagsfaktorer.....	38
3.2. Medvirkende årsagsfaktorer.....	38
3.3. Overlevelsesaspekter.....	39
4. ANBEFALINGER.....	40
4.1. Forsvarets Flyvehavarikommission anbefalinger i f.t. Forsvarets Materieltjeneste.....	40
4.2. Forsvarets Flyvehavarikommission anbefalinger i f.t. Flyvertaktisk Kommando.....	40
4.3. Forsvarets Flyvehavarikommission anbefalinger i f.t. Søværnets Operative Kommando.....	41

FORSVARETS FLYVEHAVARIKOMMISSION

**Redegørelse i anledning af havari
med LYNX, S-249,
Grønnedal, Grønland d, 22. august 2011.**

Ref.:

Rapport over undersøgelser i anledning af havari med LYNX, S-249, Grønnedal, Grønland d. 22. august 2011.

Formål med redegørelsen.

Denne redegørelse er en redigeret og uklassificeret udgave af ref. (havarirapporten) beregnet til offentliggørelse.

Formålet med Forsvarets Flyvehavarikommission havariundersøgelser er udelukkende at klarlægge de flyvesikkerhedsrelevante forhold ifm. et havari med henblik på at forhindre fremtidige havarier eller reducere antallet og omfanget af disse.

Undersøgelserne har ikke som formål at placere ansvar eller skyld hos enkeltpersoner, myndigheder eller institutioner, ligesom interviews, undersøgelser og konklusioner ikke var foretaget ud fra juridiske principper. Havarirapporten er således ikke udarbejdet med henblik på et retsligt efterspil, men tilgodeser udelukkende flyvesikkerhedsmæssige formål.

Synopsis.

Den 22. august 2011 havarerede LYNX helikopter S-249, fra eskadrille 723 ved Helicopter Wing Karup, i Grønnedal, Grønland.

Flyvningen, hvorunder havariet indtraf, var planlagt og autoriseret som en sling operation (transport af materiel ophængt i en rem under helikopteren). Ombord i helikopteren var på havaritidspunktet følgende personer:

- Luftfartøjschefen,
- Left Seat Crew Member,
- tekniker,
- flyredder samt
- passager, stationeret på Grønnedal. (Var med for at udpege hvor firhjulet motorcykel, der skulle slinges, var lokaliseret.)

Sling operation blev gennemført som planlagt. Under flyvning tilbage til HDMS HVID-BJØRNEN indtraf havariet, da helikopteren overgik fra fremadflyvning til at hænge stille i luften ved skibets styrbordsside.

Her opstod der brud på halerotoraksel, hvorefter halerotoren mistede sin effekt. Uden halerotoreffekt vil helikopteren begynde at rotere rundt om sin egen akse ude af kontrol, medmindre der landes hurtigst muligt.

Fra en højde på ca. 25 fod reagerede luftfartøjschefen på den mistede halerotoreffekt ved, at reducere højden for at mindske den uønskede rotation. Han blev på styregrejerne og foretog en Cushion landing (lande blidt – med lav vertikal bevægelse) på vandet, og aktiverede manuel udløsning af Flotation Gear¹.

Tekniker, flyredder og passager i kabinen kom ud af helikopteren via styrbords nødudgang. Luftfartøjschefen og Left Seat Crew Member i forsæderne kunne forlade helikopteren via dørene i respektive sider. Luftfartøjschefen svømmede mod kajkanten og klatrede op ad en stige på kajen. De fire øvrige blev samlet op af HVIDBJØRNEN's redningshold i

¹ Et "4 bag flotation system" for at holde helikopteren flydende i tilfælde af nødlanding på vand.

gummibåd. Få minutter efter at alle personer havde forladt S-249 kæntrede helikopteren. Det lykkedes HVIDBJØRNEN's besætning at stabilisere helikopteren i vandoverfladen ved hjælp af gummibåd og trosser, og senere bjærge den op på kajen.

Efter tilgang af oplysninger om flyvehavariet beordrede Forsvarschefen umiddelbart herefter Forsvarets Flyvehavarikommission aktiveret. Kommissionen afgik til Grønland den efterfølgende dag, hvor de indledende undersøgelser blev påbegyndt.

1. FAKTISKE OPLYSNINGER

Følgende er Forsvarets Flyvehavarikommissions fundne faktiske oplysninger på baggrund af indledende undersøgelser og interviews.

1.1. Hændelsesforløb.

Flyvningen, hvorunder havariet indtraf, var planlagt og godkendt af skibschefen og autoriseret af helikoptergruppelederen som en sling operation.

1.1.1. Besætningen havde gennemført planlægning og briefing af missionen. Dokumentation for planlægning og briefing af missionen er tilgået Forsvarets Flyvehavarikommission i form af den anvendte "Briefing – Form" og autorisationsblad. Heraf fremgik det, at flyvningen skulle foregå som "SOLO" flyvning, dvs. uden assistance eller kontrol af en Helicopter Control Officer på skibet. Det fremgår desuden, at vægt- og balanceberegning var foretaget, og helikopterens beregnede totalvægt var påført Briefing – Form med en totalvægt² på 4.800 kg – heraf 600 kg. brændstof. Ifølge luftfartøjschefen var vægt- og balance indenfor helikopterens begrænsninger, hvilket senere er bekræftet ved Chefen for Eskadrille 723 .

1.1.2. Helikopteren var konfigureret normalt. Kabinen var klargjort til missionen med to siddepladser agter, hoist monteret, øvrige sæder i kabinen udtaget. Tekniker sad på gulvet iført "gunnerbelt".

1.1.3. De fire besætningsmedlemmer var iført overlevelsedragt og redningsvest. Passager var kun udstyret med redningsvest henset til, at flyvningen var planlagt over land. Tekniker instruerede passageren i nødprocedurer og hjalp passager med redningsvest og fastspænding.

1.1.4. Efter start fra HVIDBJØRNEN's agterdæk fløj S-249 over land til opsamlingspunkt for slingload. Efter en kort rekognoscering landede S-249 og satte flyredder og passager af på bjerget ved slingload. Flyredder og passager klargjorde slingloaden, medens helikopteren fløj i venteposition i umiddelbar nærhed. Herefter blev slingloaden - en ATW (firehjul motorcykel) på 350 kg.³ – løftet. På vej ned mod helipad ved Grønlandskommandoen kunne besætningen i S-249 se, at helipad var optaget af en helikopter fra Grønlandsfly. Efter en kort rekognoscering blev slingload afsat på en grusplads uden unormale begivenheder. S-249 returnerede herefter til opsamlingsstedet og tog flyredder og passager ombord. Returflyvning til landing på HVIDBJØRNEN blev påbegyndt. Besætningen kaldte op til HVIDBJØRNEN og anmodede om tilladelse til landing, hvilket blev givet.

1.1. 5. På HVIDBJØRNEN var besætningen klar til at modtage helikopteren. Flight Deck Officer⁴ bemandede Flight Deck Officer hytten i bagbords side. Flight Deck Director⁵ , to

² Max. totalvægt på dansk militær LYNX helikopter er 5.126 kg.

³ Slingkroge må max. løfte 1.360 kg. jf. Air Crew Manual.

⁴ Flight Deck Officer har ansvaret for flydækket, når der foregår flyvning.

surringsgaster og en redningsmand var klar på helikopterdekke til at modtage helikopteren. Normalt anflyver helikopteren til bagbords side. Skibet lå ved kaj i havnen ved Grøn-
nedal med bagbords side ind mod kajen, og der var diverse genstande på kajen, hvorfor anflyvningen foregik til skibets styrbords side.

1.1.6. Besætningen påbegyndte anflyvning til styrbords side af HVIDBJØRNEN drejende ind på medvindsbenet i landingsrunden (*Downwind*) i forhold til skibets retning. Anflyvning i landingsrunden og første del af slutanflyvningen (*Final*) foregik uden unormale begivenheder. Anflyvning til styrbord side medførte, at luftfartøjschefen under *Final* ikke kunne se Flight Deck Director håndsignaler. Derfor var det Left Seat Crew Member, som skulle formidle Flight Deck Director håndsignaler til luftfartøjschefen. Dette er normal procedure ved landingsrunder fra styrbordsside.

1.1.7. Helikopteren fortsatte ned ad *Final* og var tæt på at hænge stille ca. 10 meter ud for HARPOON⁶ risten på skibets agterdæk. Vidner hørte et brag, og flere vidner så noget med hvid farve blive kastet fra helikopteren og ind mod skibet. Vidner så helikopteren dreje (*yaw*) 60 – 80 grader med uret og komme til stop på vandet, hvor den flød ved hjælp af de fire udløste *Flotation Bags*. Vidner så derefter, at tre mand kom ud af helikopterens kabine i styrbord side. Kort tid efter forlod luftfartøjschefen og Left Seat Crew Member helikopteren ad de normale døre i begge sider.

1.1.8. Luftfartøjschefen havde reageret på mistet halerotoreffekt ved at sænke *Collective* for at reducere den uønskede rotation (*Yaw*). Han blev på styregrejerne, og foretog *Cushion landing*, han aktiverede manuelt udløsning af *Flotation Gear*. Han ventede på, at hovedrotoren stoppede. Herefter frigjorde han sig fra sin *Dinghy* og *Seat Harness* og forlod helikopteren via styrbords cockpit dør. Han svømmede hen til kajen og kravlede via en stige op på kajen, hvorefter han gik tilbage på skibet ad landgangsbroen.

1.1.9. Left Seat Crew Member stoppede motorerne efter at helikopteren var sat på vandet. Herefter afventede han, at hovedrotoren stoppede. Da denne var kommet til standsning frigjorde han sig fra sin *Dinghy* og *Seat Harness*. Derefter trak han rotorbremsen, umiddelbart før han forlod helikopteren via bagbords cockpit dør. Han efterlod sin *Dinghy*, da skibets gummibåd var ved at blive sat i vandet. Ude i vandet udløste han sin redningsvest. Herefter blev han samlet op af gummibåden.

1.1.10. I helikopterens kabine forsøgte tekniker, umiddelbart efter landingen, at åbne styrbords sidedør. Det lykkedes ikke, og han valgte derefter at udløse *Emergency Window*. Han orienterede sig bagud i kabinen for at sikre, at flyredder og passager var fri af *Seat Harness*. Herefter forlod tekniker kabinen ud i vandet, passager fulgte efter, og til sidst forlod flyredder helikopteren ad samme rute. Evakuering blev iværksat, før hovedrotoren var stoppet. Alle tre svømmede væk fra helikopteren. Flyredder udløste passager redningsvest, da passager havde problemer med at holde sig flydende i vandoverfladen og ikke selv var i stand til at udløse sin redningsvest. Passager har i interview oplyst, at hans ær-

⁵ Flight Deck Director er under kommando af Flight Deck officer og har ledelsen af det personel, der skal klargøre/afrigge flydækket.

⁶ Rist på landingsdækket til fastgørelse af helikopteren til dækket med en et indbygget harpun system.

mer på pulloveren rakte langt ud over fingerspidserne, hvilket vanskeliggjorde svømning og bevirkede, at han ikke kunne udløse sin redningsvest selv. Efter evakuering fra helikopterens kabine blev alle tre samlet op af skibets gummibåd. Tekniker udløste ikke sin redningsvest, da der dels var opdrift i hans vandbeskyttende flyvedragt, og dels at skibets besætning kastede et bjærgemær (redningskrans med line) ud til ham, som han benyttede.

1.1.11. Kort tid efter at sidste mand havde forladt helikopteren mistede de bageste *Flotation Bags* langsomt opdriften. Helikopteren tippede langsomt bagover og begyndte at drive fra skibets styrbords side mod skibets agterende.



Figur 1 Helikopter tippet bagover

1.1.12. Da helikopteren ramte vandet meldte Flight Deck Director "HELO I NØD" til Flight Deck Officer. Skibsbesætningen kastede hurtigt herefter flere bjærgemær ud, og skibets styrbords gummibåd med besætning blev hurtigt sat i vandet for at komme til undsætning. Efter at have samlet fire mand op omkring helikopteren og have konstateret, at den femte var kravlet op på kajen, afleverede gummibådens mandskab de fire på skibet.

1.1.13. Besætningen på gummibåden fik sat en trosse i helikopteren, hvorefter helikopteren blev trukket om til kajen og fastgjort hertil. Helikopteren blev, med Forsvarets Flyveha-

varikommission tilladelse, bjærget op på kajen af skibets besætning støttet af Grønlandskommandoen. Herefter blev helikopteren bevogtet indtil Forsvarets Flyvehavarikommission ankom.

1.1.14. De fire besætningsmedlemmer og passager fra helikopteren blev alle tilset af skibets læge. Resultaterne heraf fremgår af punkt 1.2. og punkt 1.13.

1.1.15. Der blev gennemført en kort debriefing af alle fem fra helikopteren ved skibslægens foranstaltning kort tid efter havariet d. 22 AUG 2011. Der blev desuden gennemført en længere debriefing af alle fem fra helikopteren under ledelse af lægen ved Grønlandskommandoen d. 24 AUG 2011. Passager var efterfølgende ombord på HVIDBJØRNEN for at se helikopteren og skaden på halerotorakslen (Tail Rotor Drive Shaft).

1.2. Personskade.

Ingen fysiske skader, bortset fra et besætningsmedlem, der klagede over lettere muskulært ømhed medialt ved venstre skulderblad. Rygundersøgelse normal.

1.3. Skade på luftfartøjet.

Den primære skade på S-249 var brud på halerotoraksel #2. Bruddet medførte følgeskader på *Cover* umiddelbart over bruddet på halerotoraksel #2 og på installationer omkring bruddet.

Yderligere bar S-249 præg af at være sat hårdt på vandet, hvorved bunden af radomen blev trykket op og venstre forrude revnede. Derudover bar helikopteren præg af at have ligget i saltvand i adskillige timer og være bjærget op på molen på Grønnedal. De to bagerste *Flotation Bags* havde hver en flænge der medførte, at begge var blevet fyldt med vand efter nødlandingen.

Skader påført S-249 i forbindelse med bjærgningen:

- Alle fire *Main Rotor Blades* fik skader på henholdsvis bladtippe, trailing og leading edges efter kontakt med kajkanten. Derudover fik et blad overfladeskrammer på oversiden påført af gaffeltruck.
- Styrbords sponson⁷ (ved hovedhjul) var bøjet nedad.
- To bagerste *flotation bags* var punkteret af bjærgningsmandskabet for at tømme dem for vand.
- Venstre cockpitdør manglede udvendigt håndtag.

Primært som følge af saltvandspåvirkningen var luftfartøjet totalskadet.

1.4. Anden skade.

Ingen øvrige skader konstateret på havaristedet.

1.5. Oplysninger om personel.

Alle besætningsmedlemmer havde på havaritidspunktet gyldig status på flytypen.

⁷ Sponson huser landingsstellet uden på flystellet.

Luftfartøjschefen:	Totaltid.	Sidste 6 mdr.	Sidste 30 dage.
Samtlige flytyper	2154:10	99:15	21:35
Lynx	822:50	99:15	21:35

Left Seat Crew Member:	Totaltid.	Sidste 6 mdr.	Sidste 30 dage.
Samtlige flytyper	1992:07	91:25	18:00
Lynx	1992:07	91:25	18:00

Tekniker:	Totaltid.	Sidste 6 mdr.	Sidste 30 dage.
Samtlige flytyper	955:25	87:40	29:50
Lynx	955:25	87:40	29:50

Tabel 1 Besætningsmedlemmers flyvetid**1.6. Oplysninger om luftfartøjet.**

LYNX MK90B nr. S-249

1.6.1. Klarmelding og driftsjournal.

Helikopteren var forud for sidste flyvning behørigt klarmeldt. Driftsjournalen gav ikke anledning til bemærkninger.

1.6.2. Drifttid.

Totaltid: 1835 Drifttimer/Flight Hours

Havde fløjet ca. 88 Flight Hours efter C-check⁸.

Motor 1, S 5091: 6084 Flight Hours

Motor 2, S 5039: 4513 Flight Hours

Halerotoraksel #2: 1779 Flight Hours (Levetid 5.000 Flight Hours, gælder for 1-4)

Halerotoraksel #1: 1835 Flight Hours

Halerotoraksel #3: 1469 Flight Hours

Halerotoraksel #4: 719 Flight Hours

Halerotoraksel#5: 1835 Flight Hours (Levetid 2.500 Flight Hours)

1.6.3. Vægt og balance.

S-249 blev vejet ved Værkstedssområde Aalborg 2011-05-18 i henhold til materielinstruktion (MATINS) 1H-LYNX-22-1, Chapter 09-00-00 med en Basic Weight på 3.588,60 kg. Basic Weight var uden hoist på 55,8 kg.

Center of Gravity blev udregnet efter oplysninger fra besætningen og lå indenfor begrænsningerne jf. beskrivelse i pkt. 1.1.1. Totalvægt på 4.800 kg. heraf brændstof på 600 kg.

1.6.4. Halerotoraksel historik.

⁸ C-check er et periodisk eftersyn, der også inkluderer A og B-check. Udføres for hver 72. mdr.

Halerotoraksel #2 (TAE1869) blev monteret på S-142 2001-11-21, og demonteret fra S-142 2008-01-15 ved 1423 Flight Hours for udførelse af "lejeskift"
 Akslen blev herefter monteret på S-249 2009-07-01 (1½ år senere) med en drifttid på 1423 Flight Hours.

S-249 fløj herefter fra 2009-07-01 til ca. 2010-05-19 268 Flight Hours inden den gik ind til C-check ved Værkstedssområde Aalborg.

Akslerne, inkl. halerotoraksel #2, blev demonteret og genmonteret på S-249 under dette eftersyn. S-249 fløj fra 2011-05-19 ca. 88 Flight Hours inden havariet i Grønnedal 2011-08-22.

1.6.5. Udestående vedligeholdelsesmeddelelser og MATINS:

Følgende udsatte vedligeholdelsesmeddelelser med "Accept af afvigelse":

VH- meddelelse: 626683	Rep af bule i LH sideskin
VH- meddelelse: 766651	BLØD BULE R/H SIDE ST.890F
VH- meddelelse: 766596	LATERAL N MÅL UDENFOR SPEC
VH- meddelelse: 766627	ALIGNMENT G MÅL UDENFOR SPEC
VH- meddelelse: 766700	Reparation af Control frame 1815F

Ikke afsluttede fejl meddelelser:

VH- meddelelse: 721313	Hak i hængsel, LH Eng. Door
VH- meddelelse: 785763	Løse nitter i R/H door assy footstep

VH-Rekvirering:

VH- meddelelse: 793106	Vhf homing antenne stb side let bukket
VH- meddelelse: 795525	Link ikke muligt på VUHF/UHF
VH- meddelelse: 797359	Collective balance ikke korrekt
VH- meddelelse: 797882	Stb cabine dør kan ikke låses

Tidsudskiftninger:

VH- meddelelse: 795043	Tidsudsk. af RATE GYRO s/n 1054
VH- meddelelse: 795042	Tidsudsk. af RATE GYRO s/n 957
VH- meddelelse: 795044	Tidsudsk. af BATTERY

Der var ingen MATINS der var overskredet.

1.7. Oplysninger om vejrforholdene.

Vind fra SW/ 5-8 knob, sigt mere end 10 kilometer, let skyet, temperatur 8 grader celsius.
 Lufttryk 1021 hPa.

Vandtemperatur 4 grader celsius. Saltkoncentration ukendt.

1.8. Navigationshjælpemidler.

Ikke relevant.

1.9. Kommunikation.

Der var tovejs kommunikation med HVIDBJØRNEN på UHF frekvens 312,5 KHz.
 Kommunikation var ej rekorderet.

Afskrift af vidneforklaring fra Flight Deck Officer:

"1605Z:

Prajer på post for heloflyvning.

1612Z:

Bliver kaldt op af 1. tec, at de ankommer om 3 min.

1613Z:

Modtager besked fra Flight Deck Director, at der ligger en fremmed helo over Grønnedal, kalder DAF 249, at der ligger helo i området. 1. tec melder tilbage, at de havde haft coms med fremmed helo og at den var afgået fra Grønnedal helopad. (Foregår på dansk).

1615Z:

Pilot kalder:

"OUEX this is DAF 249, request landing."

Flight Deck Officer: – Kigger ud at der er frit, hører helo, men ser ham ikke visuelt.

"You are clear to land."

Relative wind

GR 075

06 Knots

QNH 1020"

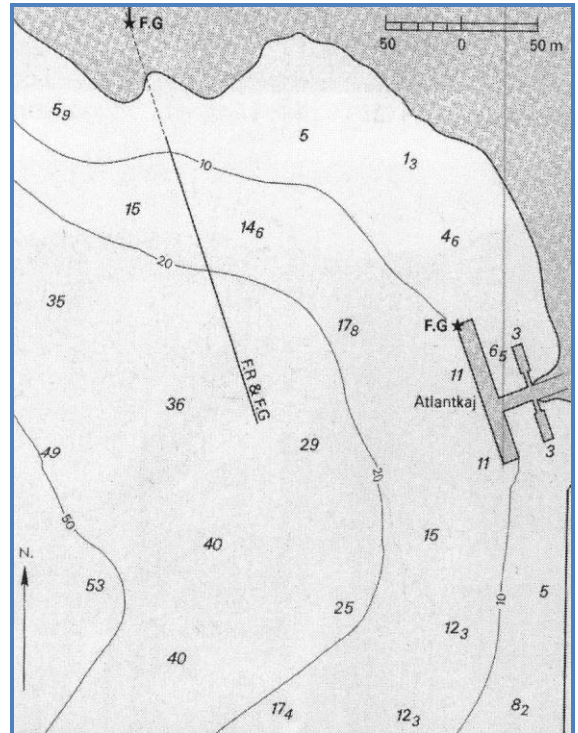
1.10. Oplysninger om flyveplads.

LYNX S-249 var stationeret på HVIDBJØRNEN og foretog start derfra. Specifikke dimensioner på HVIDBJØRNEN helikopterdæk var ikke relevante, idet nødlanding blev foretaget i vandet ved siden af skibet. Nødlanding skete i Kangilinnguit (Grønnedal) havn. HVIDBJØRNEN lå fortøjet ved Atlantkajen (158 grader), medens flyvningen foregik.

Vanddybden ud for kajen var ca. 11 meter.

På billedet herunder ses HVIDBJØRNEN ved Atlantkajen ved en tidligere lejlighed. HVIDBJØRNEN var fortøjet samme sted på hændelsestidspunktet.

Bjærgning af S-249 skete ved den nordlige ende af kajen, hvor S-249 stod indtil Forsvarets Flyvehavarikommission ankom.



Figur 2 Dybdeforhold ved Atlantkajen



Figur 3 HDMS HVIDBJØRNEN ved Atlantkajen (arkivfoto)

1.11. Flight Recorder.

Danske LYNX helikoptere var ikke udstyret med *Flight Data Recorder* (FDR) eller *Cockpit Voice Recorder* (CVR).

Skibets rekorderingsudstyr var ikke i drift på hændelsestidspunktet.

Der findes derfor ingen rekorderinger af begivenheden.

1.12. Materiel og havaristed.

1.12.1. Generel beskrivelse af vrage og havaristed.

Beskrivelse af vrage, se pkt. 1.3.

Havaristedet: Grønnedal Havn ved Grønlandskommandoen. I forbindelse med bjærgning blev der brugt to kraner til at løfte S-249 fra vandet op på enden af kajen, hvor helikopteren stod placeret ved Forsvarets Flyvehavarikommission ankomst 2011-08-23. Se figur 4.



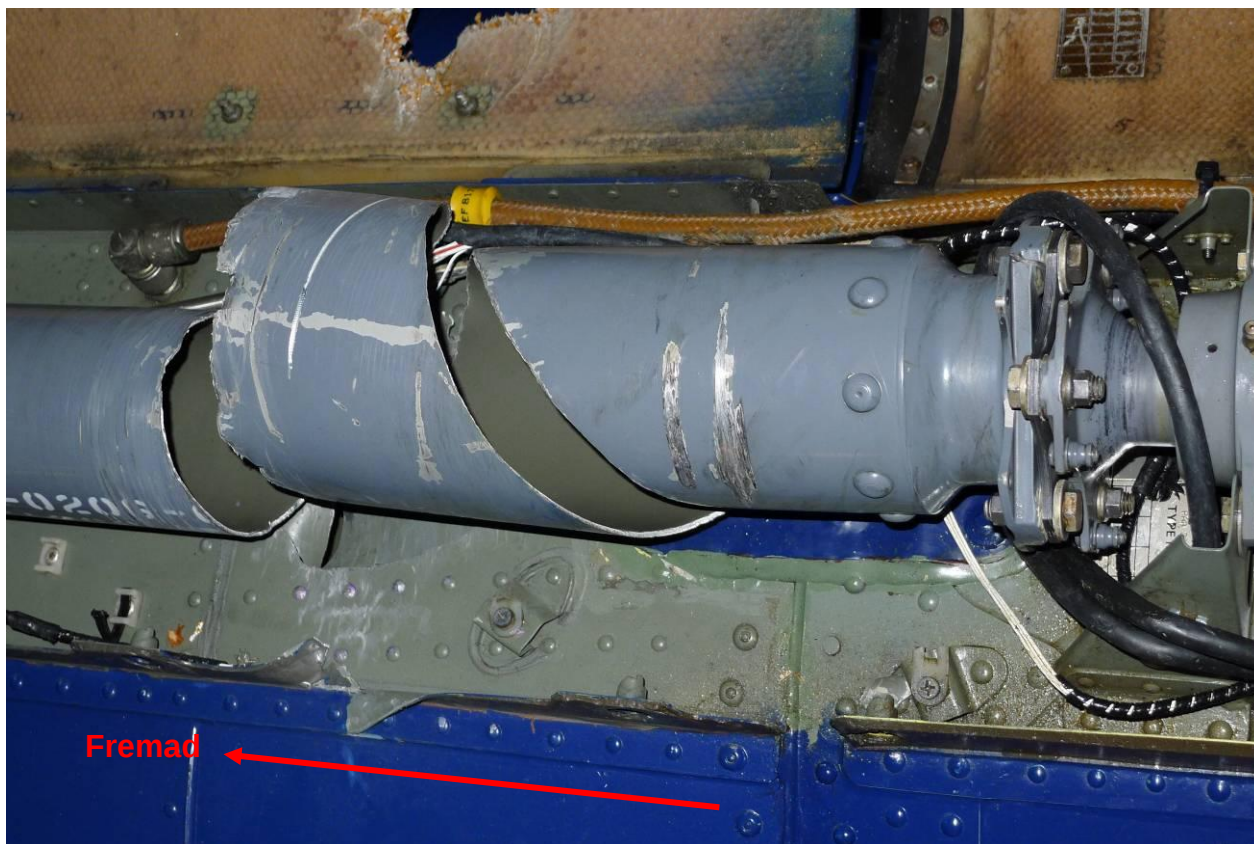
Figur 4 LYNX S-249 bjærget op på Atlanterhavskajen

1.12.2. Indledende undersøgelser på havaristedet.

S-249 blev inspiceret på kajen, hvor opmærksomheden rettede sig mod hul på cover til halerotoraksel. Ved visuel inspektion blev der observeret brud på halerotoraksel #2, samt følgeskader på cover og installationer omkring bruddet.

Bruddet på bageste del havde, fra bagerste del af halerotoraksel #2, en karakteristisk spiralformet flænge fremad i flyveretningen gennem hele delen i en 45 graders vinkel modsat akslens omdrejningsretning. Det endelige bruds udformning, mellem forreste og bagerste del af halerotoraksel #2, var vinkelret på drivlinjen⁹. se figur 5.

⁹ Drivlinjen skal her forstås som kraftoverføringslinjen fra motorer til halerotor der går via Main Gear Box over de 5 halerotorakslar, Intermediate Gear Box og Tail Gear Box.



Figur 5 Bruddet på bageste del af halerotoraksel #2

Drivlinjen både foran og bagved bruddet, inkl. gearbokse, bevægede sig umiddelbart frit ved påvirkning af henholdsvis rotorhoved og halerotor.

Efter visuel kontrol af korrekt montage samt fotodokumentation af brudområdet, blev bagerste del af halerotoraksel #2, inkl. kobling mellem halerotoraksel #2 og #3, afmonteret. I forbindelse med afmonteringen blev det noteret, at der manglede ca. 1/5 af spændeskiven ved brudstedet. Ellers ingen bemærkninger.

S-249 driftsjournal og brændstofjournalen på skibet blev gennemgået og gav ikke anledning til nogen bemærkninger. Skueprøver og millipore prøver af flybrændstof fra skibet blev indsamlet til nærmere undersøgelse i Danmark.

Af logistiske årsager blev det besluttet at hejse S-249 ombord på HVIDBJØRNEN for videre transport til Reykjavik, Island, og derfra videre til Danmark. De fortsatte indledende tekniske undersøgelser blev herefter foretaget om bord i skibets hangar under transport fra Grønnedal til Reykjavik fra 2011-08-24 til 2011-08-26.

Under sejlads til Reykjavik blev der udtaget olieprøver fra Main Gear Box, Intermediate Gear Box samt Tail Gear Box. Desuden blev samtlige magnet plugs trukket for aflejringer med henblik på nærmere undersøgelser i Danmark.

Drivlinjen fremad og bagud for bruddet blev yderligere undersøgt for at indsnævre oprindelsesstedet og mulige årsager til bruddet. Kontrol af drivlinjen fremad for bruddet, mod motorerne og Main Gear Box, gav ikke anledning til bemærkninger. Kontrol af drivlinjen bagud, fra og med koblingen mellem halerotoraksel #2 og #3 til halerotoren, gav ikke anledning til nogen bemærkninger i r.t. havariårsag. Der blev dog observeret et mindre "tool mark" ved bolt hul på forreste del af halerotoraksel 5 ud for rød skrid markering.

Ved ankomst til Reykjavik 2011-08-26 blev S-249 inkl. afmonterede dele og udtagne prøver overdraget til videre transport til Danmark og yderligere tekniske undersøgelser ved Forsvarets Materieltjeneste på vegne af Forsvarets Flyvehavarikommission.

1.13. Lægelige oplysninger.

Lægens undersøgelser og interview af de tre helikopterbesætningsmedlemmer for så vidt angår kost, væskeindtag, alkoholindtag, medicinindtag, søvn, motion, sygdom og uoplagthed/utlashed op til 72 timer før havariet gav ikke anledning til bemærkninger.

1.14. Brand.

Ingen tegn på brand, hverken under flyvning eller som følge af havariet.

1.15. Overlevelsesaspekter.

Alle fem ombordværende overlevede havariet. Ingen af de ombordværende pådrog sig kvæstelser ved havariet.

Luftfartøjschefen, Left Seat Crew Member og tekniker var alle tre iført vandbeskyttende flyvedragt M/87 og havde anlagt TACAIR redningsvest med indbygget Helicopter Emergency Egress Device (HEED). Alle tre har gennemført "Underwater Escape Training".

Flyredder var iført neopren dykkerdragt samt redningsvest. Han havde fløjet med LYNX helikopter ca. 9 gange før. Flyredder havde gennemført "Underwater Escape Training" i forbindelse med sin dykkeruddannelse.

Passager bar ikke vandbeskyttende flyvedragt. Han var udstyret med en passagerredningsvest ovenpå sin civile påklædning, der bestod af:

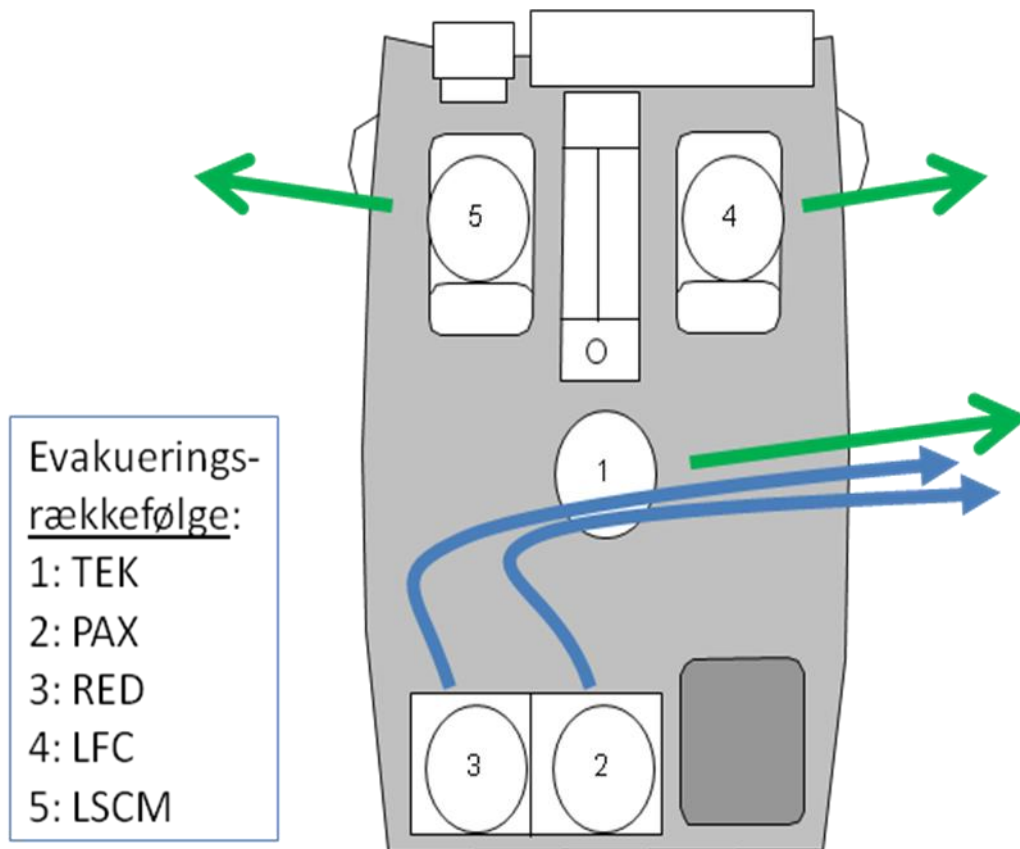
- Kort undertøj
- Skjorte
- Sorte arbejdsbukser
- Mil. Pullover
- Sikkerhedsstøvler

1.15.1. Placering i helikopteren og evakueringsrækkefølge.

Cockpit:

Luftfartøjschefen sad i styrbords forsæde (4).

Left Seat Crew Member sad i bagbords forsæde (5).



Figur 6 Evakuering fra helikoptercockpit

Kabine:

Tekniker (1) sad på gulvet midtfor mellem dørene iført "gunnerbelt", da helikopteren var konfigureret til slingopgave – dvs. uden sæde.

Flyredder (2) samt passager (3) sad fastspændt på det bageste sæde i helikopteren med flyredder i bagbord side af sædet.

Evakueringen fra helikopteren foregik forholdsvis roligt, idet der dog var to risikomomenter under evakueringen jf. hændelsesforløbet i pkt. 1.1.9:

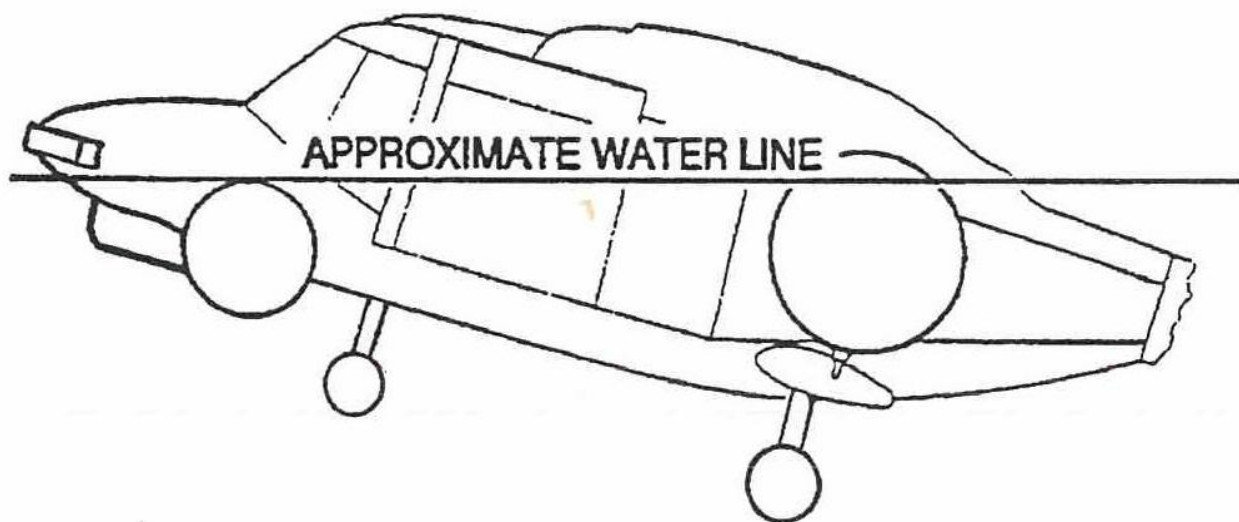
- Evakueringen fra kabinen blev indledt før hovedrotoren stod stille.
- Passager havde alvorlige problemer med at svømme og kunne ikke selv udløse sin redningsvest.

1.15.2. Flotation Gear.

Den danske, militære udgave af LYNX helikopteren var udstyret med et "4 bag flotation system" for at holde helikopteren flydende i tilfælde af nødlanding i vand. De fire flotation bags – to i hver side henholdsvis foran cockpit og over hovedunderstelsbenet (sponson) – kan enten aktiveres manuelt af besætningen i cockpit eller automatisk ved hjælp af to udvendige "salt water-operated immersion switches". Uanset om der anvendes manuel aktivering eller automatisk aktivering vil alle fire flotation bags blive pustet op med helium.

"Flotation Gear" systemet var beskrevet i Aircrew Manual WTP 101C-1390B-15, kapitel 13.5.

Af Aircrew Manual fremgår det, at systemet var konstrueret til at få helikopteren til at flyde som vist på figur 7 herunder, efter at rotoren var stoppet. De fire flotation bags pustes op i løbet af 2-3 sekunder efter aktivering. Helikopteren vil synke og stabilisere sig i den viste stilling på figuren "LYNX Flotation Gear – approximate water line" hurtigere, hvis sidedørene åbnes.



Figur 7 LYNX Flotation Gear - approximate Water Line

Ved max. totalvægt (5126 kg.) kan flotation gear holde helikopteren flydende i ca. 10 minutter i henhold til Aircrew Manual.

Ved en totalvægt under 4500 kg. oplyser fabrikanten at "the aircraft should float indefinitely", såfremt systemet fungerer fejlfrit.

Helikopterens totalvægt ved nødlandingen var ca. 4.540 kg.

Helikopterens totalvægt efter at de fem ombordværende havde evakueret cockpit og kabine var ca. 4.150 kg.

Ved havariet blev alle fire flotation bags udløst. Sidedørene blev ikke åbnet/kunne ikke åbnes jf. vidneforklaringer gengivet i pkt. 1.1.

De bagerste flotation bags mistede efter få minutter opdriften, så helikopterens hale sank. Til sidst var det alene de to forreste flotation bags, som holdt helikopteren flydende.

Baseret på interviews varede det mellem 8-15 minutter før de bageste pontoner helt havde mistet opdriften og helikopteren flød i en stilling med næsen opad.

1.15.3. Nødprocedure.

Helikopteren mistede halerotoreffekt på grund af brud på halerotorakslen. Nødproceduren ved "POWER OFF DITCHING" fremgår af Aircrew Manual og var vist i figur 8.

1	Luftfartøjschefen advarede besætning og passagerer om nødsituationen ved hjælp af et enkelt engelsk ord.
2	Crash checks blev kun delvist udført før kontakt med vandet på grund af kort tid til rådighed. Der blev ikke afgivet DISTRESS CALL. Efter ditching fortsatte cockpit crew med checklisten CRASH CHECK og færdiggjorde denne samt slukkede for batteriet.
3	Cabin Doors kunne ikke åbnes af tekniker.
4	Der var kun ganske små bølger på vandet.
5	Luftfartøjschefen landede efter vidneudsagn helikopteren blidt (Cushion) på vandet uden sideværts bevægelse og holdt helikopterens rotordisk vandret længst muligt.
6	Cockpit Doors Jettison blev ikke udført da: - Helikopteren flød med cockpittet over vandlinien. - Warning 4: "Jettison Cockpit Doors could puncture nose bags".
7	Kabinebesætningen forlod helikopteren, før hovedrotoren var stoppet. Cockpitbesætningen forlod helikopteren efter rotoren var stoppet.

CARD 9

POWER OFF DITCHING

IMMEDIATE ACTIONS

1. CREWWARN
2. CRASH CHECKSCARRY OUT
3. CABIN DOORSLATCHED OPEN
4. LANDON TOP OF SWELL IN A
LEVEL OR SLIGHTLY
NOSE-UP ATTITUDE WITH
MIN FORWARD SPEED
5. COLLECTIVEUSE PITCH TO REDUCE
IMPACT ON TOUCHDOWN.
DO NOT LOWER COLLEC-
TIVE AFTER TOUCHDOWN
6. COCKPIT DOORS.....JETTISON (See Warning 4)
7. ROTOR STOPPEDABANDON AIRCRAFT

WARNING 1
Never inflate lifevest inside the aircraft.

WARNING 2
ESSB must be live, but it is necessary to inflate flotation gear manually on entry into fresh water.

WARNING 3
Application of the rotor brake may cause the aircraft to capsize.

WARNING 4
Jettisoning cockpit doors could puncture nose bags.

CONSIDERATIONS

- The aircraft should be abandoned on the surface if possible.
- If the flotation gear fails to operate correctly or there is a heavy swell the aircraft rapidly assumes an inverted attitude after ditching. In this case safety harnesses should not be released until turbulence and motion has minimized.

POWER OFF DITCHING

Figur 8 Emergency Check List - Power Off Ditching

1.15.4. Cockpit.

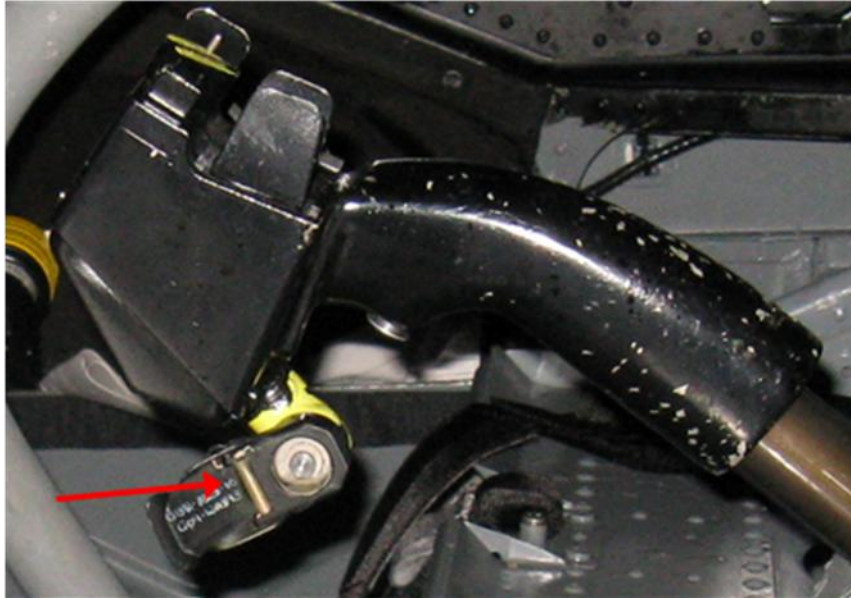
Billeder fra cockpittet i LYNX S-249 blev optaget på kajen i Grønnedal d. 24 AUG 2011, og de vigtigste fakta er gengivet i tabellen herunder.

Styregrejer mv.			
	Cyclic	Omtrent i midterposition.	
	Collective	Helt oppe.	
	Pedals	Venstre pedal helt fremme.	
	Flotation Gear Inflation	Guard på venstre side af Collective blev fundet åben.	Se figur 9 herunder
	Rotorbremse	Sat / Engaged.	
Instrumenter			
	Airspeed højre.	Indikerede 0 knob.	
	Airspeed venstre	Indikerede 90 knob	
	Vertical Speed Indicator (VSI)	Indikerede stigning på "4.000 fod pr. minut.	
Radioer mv.			
	Radioer	On.	
	IFF/SIF	Normal.	
	Doppler	On.	
Øvrige kontakter			
	Eng. Condition Lever	OFF	
	Fuel Display Selector	I position "TOTAL".	
	Fuel switches	Alle Off.	
	Tactical Data System	Slukket.	
	Pitot Heat	Off.	
	Engine Anti-Ice	All Off.	
	Battery switch	Off.	
	AC generator	On.	
	DC generator	On.	
	Ignition switch ENG 1	On.	
	Ignition switch ENG 2	On.	
	Ignition masterswitch	On.	

Tabel 2 Cockpit fakta efter havari

Guard på venstre side af Collective blev fundet åben. Dette underbygger luftfartøjschefens forklaring i pkt. 1.1.10. om, at han manuelt udløste Flotation Gear.

De to *dinghies* i forsæderne var efterladt i cockpittet. Seksmands-*dinghy* var efterladt i kabinen.



Figur 9 Guard dæksel over knap til udløsning af Flotation Gear var åbnet

1.16. Særlige undersøgelser og metoder.

Der var foretaget særlige undersøgelser som følger:

- Spectrographic Oil Analysis Program (SOAP) analyse, brændstofprøve (skueprøve), milliporeprøver og prøver fra magnetplugs fra Main Gear Box, Intermediate Gear Box og Tail Gear Box ved Forsvarets Materieltjeneste laboratorium.
- Halerotoraksel #2 inspiceret visuelt, og der var foretaget undersøgelse med Scanning Electron Microscope (SEM) og gennemført hårdhedstest ved FORCE Technology.
- Halerotoraksler, herunder halerotoraksel #2 fra S-249 undersøgt med stereo mikroskop, "Inverted Metallurgical Microscope", med SEM samt testet elektrisk ledeevne og hårdhed af materiale ved AgustaWestland Engineering Directorate.
- Belastningstest af halerotoraksler i testbænk ved AgustaWestland.
- Non Destructive Inspection (NDI) var foretaget på alle danske halerotoraksler.
- Motorer inkl. torque indikatorer var undersøgt ved Forsvarets Materieltjeneste foranstaltning.
- Gearbokse (Main Gear Box, Intermediate Gear Box og Tail Gear Box) var undersøgt ved AgustaWestland.
- Flotation Gear var undersøgt ved Forsvarets Materieltjeneste.

1.17. Organisation og management (HVIDBJØRNEN)

1.17.1. Redning af personel fra helikopteren.

Som anført i pkt. 1.10 lå HVIDBJØRNEN i havn fortøjet ved Atlantkajen (158 grader), medens flyvningen foregik.

Kl. 16:05z blev der etableret helikopterulle med kommandoen "På post for helikopterflyvning" over skibets ordreanlæg.

Dette omfatter det følgende personel:

HELIKOPTERRULLE
I havn/til ankers med landlov

Mødested/tjeneste	1. Skifte	2. Skifte	3. Skifte
<u>Radiorum:</u> Kommunikationsgast	115	202	316
<u>Flydæk:</u> FDO FDD Surringsgaster Surringsgast Redningsmand Tankmand	VHO VAS 198-168 164 177 (174)	VHO VAS 264-265 268 276 (274)	VHO VAS 365-385 367 377 (375)

- Meldinger fra radiostation går direkte til FDO
- FDD melder for surringsgaster, redningsmand og evt. tankmand til FDO

Tabel 3 Helikopterrulle

Baseret på Forsvarets Flyvehavarikommission interviews af skibets chef og besætning blev posterne bemanded bortset fra tankmanden, da der ikke var planlagt tankning. Personellet var iført funktionsudrustning i overensstemmelse med bestemmelsen, nødvendigt materiel var tilrigget og en gummibåd var klargjort til sejlads i vuggen.

Da det erkendtes, at helikopteren kom i nød i vandet ved siden af skibet, blev ordren "Helikopter i nød" varskoet over ordreanlægget.

Skibets besætning reagerede hurtigt og effektivt og indsatte hurtigt den klargjorte gummibåd til redning/opsamling af personellet fra helikopteren.

Indsatsen skete i dagslys og var så effektiv, at kun passager fra helikopteren fik brug for redningsvesten.

1.17.2. Bjærgning af helikopteren.

Besætningen på gummibåden fik sat en trosse i helikopteren, hvorefter helikopteren blev trukket om til kajen og fastgjort hertil. Helikopteren blev bjærget op på kajen af skibets besætning støttet af Grønlandskommandoen. Bjærgningen var kompliceret, men blev løst i et samarbejde mellem Grønlandskommandoen og HVIDBJØRNEN. S-249 fik påført skader under bjærgningen som anført i pkt. 1.3. Efter bjærgningen blev helikopteren bevogtet, indtil Forsvarets Flyvehavarikommission ankom.

1.18. Organisation og management (Luftdygtighed).

På baggrund af Forsvarets Flyvehavarikommission indledende konklusioner om formodet årsag til brud på S-249 halerotoraksel #2 blev der iværksat en inspektion samt Non Destructive Inspection af de øvrige halerotorakslar i den danske beholdning (se også punkt 1.21 vedr. risikostyring). Resultatet af denne undersøgelse var, at 22 ud af 49 halerotorakslar blev kasseret svarende til knapt 45 %.

Idet det således forholdsvis tidligt blev klart, at der blandt de medvirkende årsagsfaktorer til S-249 havari var elementer med berøring til hele LYNX-flåden, fokuserede Forsvarets

Flyvehavarikommission en del af havariundersøgelsen på at afklare overordnede forhold med evt. betydning for LYNX-flådens generelle strukturelle luftdygtighed.

I overensstemmelse med placeringen af det overordnede materielansvar er denne undersøgelse primært foregået ved Forsvarets Materieltjeneste under inddragelse af andre brugere samt repræsentanter for fabrikanten.

Undersøgelsen har omfattet følgende områder med betydning for luftdygtigheden af LYNX-flåden: design, fabrikation og kvalifikation, vedligeholdelsesprogram, danske modifikationer, operativt brugsmønster samt fejlhistorik. I tillæg til denne primært tilbageskuende undersøgelse har Forsvarets Flyvehavarikommission med henblik på fremtidig forebyggelse tillige undersøgt den bestemmelsesmæssige forankring af behandlingen af disse luftdygtighedsrelevante områder ved Forsvarets Materieltjeneste.

Resultatet af delundersøgelsen er inddraget i rapportens analysedel.

1.19. Operativ anvendelse.

Den danske LYNX-flåde var ikke udstyret med udstyr til rekordering af operativt brugsmønster eller opsamling af øvrige parametre med relevans for diagnosticering af det enkelte luftfartøjs tilstand (Health and Usage Monitoring System).

Som alternativ og med henblik på at afklare, om der kunne være særegne forhold ved operationsmønstret for de danske LYNX, der kunne have indflydelse på udviklingen af fejlen på S-249 halerotoraksel har Forsvarets Flyvehavarikommission indhentet vurderinger om den operative anvendelse af LYNX helikoptere i forhold til United Kingdom (UK) anvendelse af deres skibsbaserede LYNX helikoptere samt i f.t. de forudsætninger vedr. *Flight Spectrum*, der var anført i seneste kontrakt med fabrikanten.

1.19.1. Vurdering indhentet fra udvekslingspiloter.

Sammenligning vedr. operativ anvendelse af danske skibsbaserede, militære LYNX helikoptere set i forhold til UK tilsvarende anvendelse var indhentet via den danske udvekslingspilot i UK og den engelske udvekslingspilot ved Eskadrille 723.

Samlet set var deres vurdering, at UK og den danske operative anvendelse af LYNX helikopterne var meget sammenlignelig, idet begge landes helikoptere opererer fra skib og flyver low-level over vand. Begge lande anvender LYNX helikopterne til hoist og sling. Forskellene er, at UK operationer mere har et taktisk sigte (efterretningsbillede) end den danske anvendelse, hvor der flyves flere støtteopgaver blandt andet med sling i det arktiske område. Danske militære LYNX flyver normalt med en 3-mands besætning, medens engelske LYNX normalt har en to-mands besætning.

De to landes procedurer ligner meget hinanden.

1.19.2. Vurdering indhentet fra Flyvertaktisk Kommando testpilot (LYNX) med bidrag af erfaren luftfartøjschef ved Eskadrille 723. Kontrakt mellem AgustaWestland og forsvaret, der blev indgået i f.m. LYNX levetidsforlængelse i slutningen af 1990'erne, indeholder i punkt 3.1. til 3.6. en beskrivelse af de generelle operative begrænsninger (*Airframe Strength Flight Envelope*) samt en beskrivelse af det operative brugsmønster og de øvrige

forudsætninger, der fra fabrikanten side var lagt til grund for beregninger af levetid af LYNX-stellets strukturdele.

På Forsvarets Flyvehavarikommision anmodning har Flyvertaktisk Kommando testpilot med bidrag fra erfaren luftfartøjschef ved Eskadrille 723 gennemgået dette grundlag i f.t. det historiske danske brugsmønster.

Samlet set var det vurderingen, at brugsmønsteret på danske LYNX ikke afviger væsentligt fra det i kontrakten beskrevne. Der eksisterer dog ikke historisk/statistiske data, der kategoriserer flyvninger som tilhørende henholdsvis *Flight Spectrum* 1 og 2 i kontraktmateriale. Det var derfor heller ikke muligt at verificere de nøjagtige procentsatser, som var angivet under de respektive spectra. Den 20/80 % fordeling mellem de 2 *Flight Spectra*, som kontrakten anvender som forudsætning for levetidsberegninger for strukturen, vurderes dog kvalitativt som værende nogenlunde i tråd med aktuel brug.

Med hensyn til vægt og balance afviger Center of Gravity forholdene på de danske LYNX fra den procentvise fordeling, der var indeholdt i kontraktmateriale, idet Center of Gravity dog ligger indenfor de generelle begrænsninger.

1.20. Supplerende oplysninger.

Da et af S-249 besætningsmedlemmer var UK udvekslingspilot blev UK som "involved nation" formelt informeret om havariet ved Flyvertaktisk Kommando signal P 231202Z AUG 11. I overensstemmelse med internationale regler, som bl.a. var udtrykt i STANAG 3531, blev UK ved samme lejlighed inviteret til at deltage i havariundersøgelsen.

UK Military Aviation Authority tilkendegav skriftligt over for Forsvarets Flyvehavarikommision, at de ikke ønskede at deltage aktivt i havariundersøgelsen og anmodede i stedet om at blive holdt informeret om undersøgelsen og dens resultater. Denne anmodning var ligeledes i tråd med NATO STANAG 3531, og en synopsis med udgangspunkt i Forsvarets Flyvehavarikommision foreløbige redegørelse over havariundersøgelsen var tilsendt UK Military Aviation Authority.

1.21. Risikostyring i forbindelse med havariet.

Som konsekvens af havariet og de undersøgelser, der blev foretaget i umiddelbar forlængelse heraf, blev der iværksat risikostyring af operationer med den danske LYNX flåde, som følger:

Lbnr	I kraft DTG	Foranstaltning	Reference/bemærkninger
01	222104Z AUG 11	Chefen for Flyvertaktisk Kommando indstiller al unødvendig flyvning med LYNX med øjeblikkelig virkning. Alene SAR operationer må udføres.	Flyvertaktisk Kommando signal. Umiddelbart tiltag jf. gængs praksis.
02	251035Z AUG 11	Chefen for Flyvertaktisk Kommando indstiller al flyvning med LYNX med øjeblikkelig virkning.	Flyvertaktisk Kommando signal. Efter Forsvarets Flyvehavarikommision indstilling med baggrund i den umiddelbare fejlfinding i Grønland.
03	021240Z SEP 11	Chefen for Flyvertaktisk Kommando meddeler tilladelse.	Flyvertaktisk Kommando signal. Forsvarets Materieltjeneste Kl. 1 MATINS 1H-

UKLASSIFICERET

		delse til genoptagelse af flyvning med LYNX (stel for stel), når Forsvarets Materieltjeneste MATINS 1H-LYNX-6079 af 02 SEP 2011 var gennemført.	LYNX 6079 vedr. Detailed Inspection of the Tail Rotor Drive Shaft no. 1-5. MATINS autoriserer AgustaWestland Alert Service Bulletin WLX-52-A070. Samtidig iværksættes eftersyn jf. Forsvarets Materieltjeneste MATINS 3R7-D3-5503 Inspection of LYNX Tail Rotor Drive Shaft Attachment Flange for cracks, herunder inspektion af komponenter på lager.
04	161323Z SEP 11	Chefen for Flyvertaktisk Kommando indstiller al flyvning med LYNX med øjeblikkelig virkning, indtil årsag er fundet til konstaterede revnedannelser på halerotorakslar.	Flyvertaktisk Kommando signal. Med baggrund i resultaterne fra den ved MATINS 3R7-D3-5503 gennemførte inspektion (Eddy Current) m.v.
05	231120Z SEP 11	Chefen for Flyvertaktisk Kommando meddeler tilladelse til genoptagelse af flyvning med LYNX.	Flyvertaktisk Kommando signal. Med baggrund i øget viden om dynamikken bag revnedannelse samt etablering af fornyet halerotoraksel inspektionsregime iværksat ved Forsvarets Materieltjeneste MATINS 3R7-D3-3A, 2 nd Edition 2011-09-22. MATINS autoriserer AgustaWestland Service Bulletin WLX-52-071

Tabel 4 Risikostyring

Den i Tabel 2, Lb.nr. 05 beskrevne MATINS 3R7-D3-3A, etablerede mere omfattende inspektioner af halerotorakslar end fabrikantens oprindelige eftersynsprogram. Den indeholdte AgustaWestland Service Bulletin fik virkning på den samlede internationale LYNX flåde. Hovedpunkterne i det indeholdte eftersynsprogram var løbende visuel inspektion af halerotorakslar flanger for hver 25 Flight Hours samt Non Destructive Inspection (Eddy Current) for hver 150 Flight Hours.

2. ANALYSE.

Følgende var Forsvarets Flyvehavarikommissions analyse af indledende undersøgelser og interviews.

2.1. Operative forhold generelt.

Forberedelse til flyvning herunder konfiguration og vægtberegning jf. pkt. 1.1.1. – 1.1.2. samt pkt. 1.6.3. var indenfor normal praksis og grænser. Der var ikke identificeret faktorer her, som bidrog til havariet.

Valg af påklædning for de ombordværende var indenfor bestemmelsesgrundlaget. Betydningen af påklædningen for overlevelsesaspektet er medtaget i pkt. 2.3.

Helikopterbesætningens status jf. pkt. 1.5. giver ikke anledning til bemærkninger og har ikke været årsagsgivende til havariet.

Vejrforholdene beskrevet i pkt. 1.7. har ikke været en årsagsfaktor i forbindelse med havariet, men den lave vandtemperatur har haft betydning for overlevelsesaspektet.

Kommunikationen mellem helikopteren og skibet og på skibet er jf. pkt. 1.9. og 1.11. ikke rekorderet under helikopteroperationen. Kommunikationen gengivet i pkt. 1.11. er derfor baseret på interviews.

Kommunikationen fremstår som standard og rutinemæssig i henhold til SOKPUB 152-501 Kontrol af Fly og Helikoptere i Søværnet og har ikke været en årsagsfaktor i havariet.

Kommunikationen på skibet har været effektiv i forbindelse med "Helikopter i nød" jf. beskrivelsen i pkt. 1.17.

Der var ikke konstateret helbreds-mæssige forhold hos besætningen, som har medvirket til havariet. Resultatet af lægens undersøgelser fremgår af pkt. 1.13.

Baseret på de indhentede oplysninger i pkt. 1.19. om den danske operative anvendelse af LYNX helikopteren sammenlignet med UK anvendelse af deres NAVY LYNX har ikke ført til umiddelbart påviselige forskelle, som kan have bidraget til havariet. Se dog pkt. 2.10.

2.2. Analyse af ditching.

Beskrivelse af ditchingen fremgår af hændelsesforløbet i pkt. 1.1.7. – 1.1.10. (inkl.) samt af pkt. 1.15.3.

På trods af mistet kontrol med halerotoren lykkedes det luftfartøjschefen at lande helikopteren på vandet uden sideværts drift og uden nævneværdig øget G-påvirkning. Samtidig havde luftfartøjschefen valgt manuel udløsning af Flotation Gear.

Luftfartøjschefen havde på baggrund af oplyste hoverhøjde ca. 2 sekunder til rådighed, fra han mistede kontrol med halerotoren, til helikopteren blev sat på vandet.

Det var Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering, at luftfartøjschefen hurtige beslutning og reaktion sammenholdt med hans håndlag skabte forudsætninger for, at alle i he-

likopteren kunne forlade denne uden at skulle under vandoverfladen. Luftfartøjschefen reaktion og valg har udgjort et væsentligt element i relation til overlevelsesmulighederne for alle de ombordværende. For passager, der ikke var trænet i "Underwater Escape" og ikke var iført vandbeskyttende gummidragt, vurderes det, at luftfartøjschefen reaktion og valg udgjorde en afgørende faktor for passagerens overlevelse i vandtemperaturen på 4 grader celsius.

2.3. Analyse af overlevelsesaspektet.

Redegørelse for evakuering fremgår af pkt. 1.1.10. og pkt. 1.15. Evakueringen fra helikopteren foregik forholdsvis roligt, idet der dog var to risikomomenter under evakueringen jf. hændelsesforløbet:

- Evakueringen fra kabinen blev indledt, før hovedroteren stod stille.
- Passager havde alvorlige problemer med at svømme og kunne ikke selv udløse sin redningsvest.

2.3.1. Evakuering af kabinen.

Tekniker valgte jf. hændelsesbeskrivelsen at påbegynde evakuering af kabinen, før hovedroteren stod stille for, at alle tre i kabinen kunne komme ud, før helikopteren sank. Af hændelsesforløbet fremgår det, at tekniker orienterede sig bagud i kabinen for at tilsikre, at flyredder og passager var fri af *Seat Harness*. Herefter forlod tekniker kabinen ud i vandet, passager fulgte efter, og til sidst forlod flyredder helikopteren ad samme rute. Alle tre svømmede væk fra helikopteren.

Det var Forsvarets Flyvehavarikommission konklusion, at tekniker valgte at løbe en risiko, for at de to andre i kabinen kunne evakuere denne i tide gennem Emergency Exit. Hvis tekniker havde tøvet, kunne de to andre i kabinen være blevet tvunget til at foretage evakuering af kabinen under vand, hvilket passager ikke var trænet i. Tekniker overblik og valg af handlingsmønster vurderes at have udgjort et væsentligt bidrag til overlevelsesaspektet for de to andre i kabinen.

2.3.2. Passager havde alvorlige problemer med at svømme og kunne ikke selv udløse sin redningsvest.

Flyredder udløste passager redningsvest, da passager havde problemer med at holde sig flydende i vandoverfladen. Passager har i interview oplyst, at hans ærmer på pulloveren rakte langt ud over fingerspidserne, hvilket vanskeliggjorde svømning og bevirkede, at han ikke kunne udløse sin redningsvest selv.

Passager bar ikke vandbeskyttende flyvedragt. Han var udstyret med en passagerredningsvest ovenpå sin civile påklædning.

Ifølge interview havde begivenheden i det kolde vand i ovennævnte påklædning tæret så meget på passager kræfter, at han var ved at give op. Flyredder observerede, at passager var i alvorlige problemer og udløste derfor hans redningsvest.

Forsvarets Flyvehavarikommission konklusion er, at flyredder træning, overblik og handling i høj grad var medvirkende til, at passager overlevede havariet.

På trods af at flyvningen var planlagt at skulle foregå over land, så viser denne begivenhed, at passager kom i alvorlige vanskeligheder i det 4 grader celsius kolde vand, fordi helikopteren var udenfor glideafstand til land.

Hvis passager havde været ikklædt en vandbeskyttende flyvedragt, var det Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering, at passager udholdenhed og mulighed for selv at kunne udløse sin vest ville være øget.

2.4. Analyse vedrørende skibets organisation og management.

Ved interviews med HVIDBJØRNEN's chef og besætning er det dokumenteret, at HVIDBJØRNEN har levet op til bestemmelsesgrundlaget i Skibsorganisationsbog for THETIS-klassen og i SOKPUB 152-501 Kontrol af Fly og Helikoptere i Søværnet.

Skibschefen havde godkendt/beordret flyvningen. Helikoptergruppelederen havde autoriseret flyvningen, og i henhold til Briefing Form, var planlægningen af flyvningen foretaget jf. kravene.

Baseret på interviews og beskrivelsen af skibsbesætningens handlinger i pkt. 1.7. vurderes det:

- At HVIDBJØRNEN's chef og besætning i forbindelse med bjærgning af helikopterens besætning og passagerer reagerede effektivt på "Helikopter i nød". Den indsatsklare redningsmand i helikopterrullen var afgørende for en hurtig indsats med skibets gum-mibåd.
- At HVIDBJØRNEN's chef og besætning, i samarbejde med Grønlandskommandoen, udviste effektivitet og opfindsomhed i forbindelse med bjærgning af S-249 fra havnen til molen i Grønnedal havn. Den komplicerede bjærgning krævede indsats af både, improviseret løftegrej og dykkere for at S-249 kunne løftes ud af vandet og placeres på molen. HVIDBJØRNEN udviste resolut handling, da der erkendtes risiko for, at helikopteren ville synke.

Såvel Grønlandskommandoen som HVIDBJØRNEN ydede en effektiv og værdifuld støtte til Forsvarets Flyvehavarikommission.

2.5. Analyse vedrørende FLOTATION GEAR.

Som anført i pkt. 1.1.2. mistede de bagerste flotation bags på S-249 langsomt opdriften kort tid efter, at sidste mand havde forladt helikopteren. Helikopteren tippede langsomt bagover og begyndte at drive fra skibets styrbords side mod skibets agterende. S-249 endte med at flyde på ryggen med næsen opad i en vinkel på ca. 30 grader i forhold til vandspejlet.

Forsvarets Materieltjeneste har under inddragelse af AgustaWestland foretaget en nærmere undersøgelse af S-249 Flotation Gear System. Af Forsvarets Materieltjeneste undersøgelser fremgår det at:

"Flotation pressure system, pressure bottles and pressure gauges have been inspected without remarks."

4 ea. flotation bags have been inspected. The two forward flotation bags revealed no abnormal findings. Both aft flotation bags were found ruptured, must likely due to interference with 2 ea. sharp edges structure mounted stops/brackets. It is assumed that it happened during ditching as ruptures were fresh and matched the location of the two engine cowling stops/brackets.

This assumption has been substantiated by a full size flotation deployment test and a wind machine, documented by high speed camera recordings. The crew reported, that the forward flotation bags became fully inflated 2-3 meters Above Sea Level, before ditching. The high speed camera recordings reveal that the rear flotation bags at that same time only are partly inflated. Ditching with "soft" rear flotation bags, is the most likely cause for the subsequent rupture of the bags, hence premature loss of buoyancy.

MATINS 1H-LYNX-6080 (rework/trimming of stop edges) has been issued addressing the problem with the brackets."

Ifølge Aircrew Manual 1-13.5 var flotation gear certificeret til både at kunne udløses automatisk og manuelt. Udløses bags manuelt i luften, og er der ikke power til at hover før ditching, må man betroe sig på den automatiske udløsning, hvis det foregår i saltvand. I ferskvand virker den automatiske udløsning ikke (jf. Aircrew Manual 4-1, 81).

Forsvarets Flyvehavarikommission konklusion er, at luftfartøjschefen handlede inden for gældende procedurer.

Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering var endvidere:

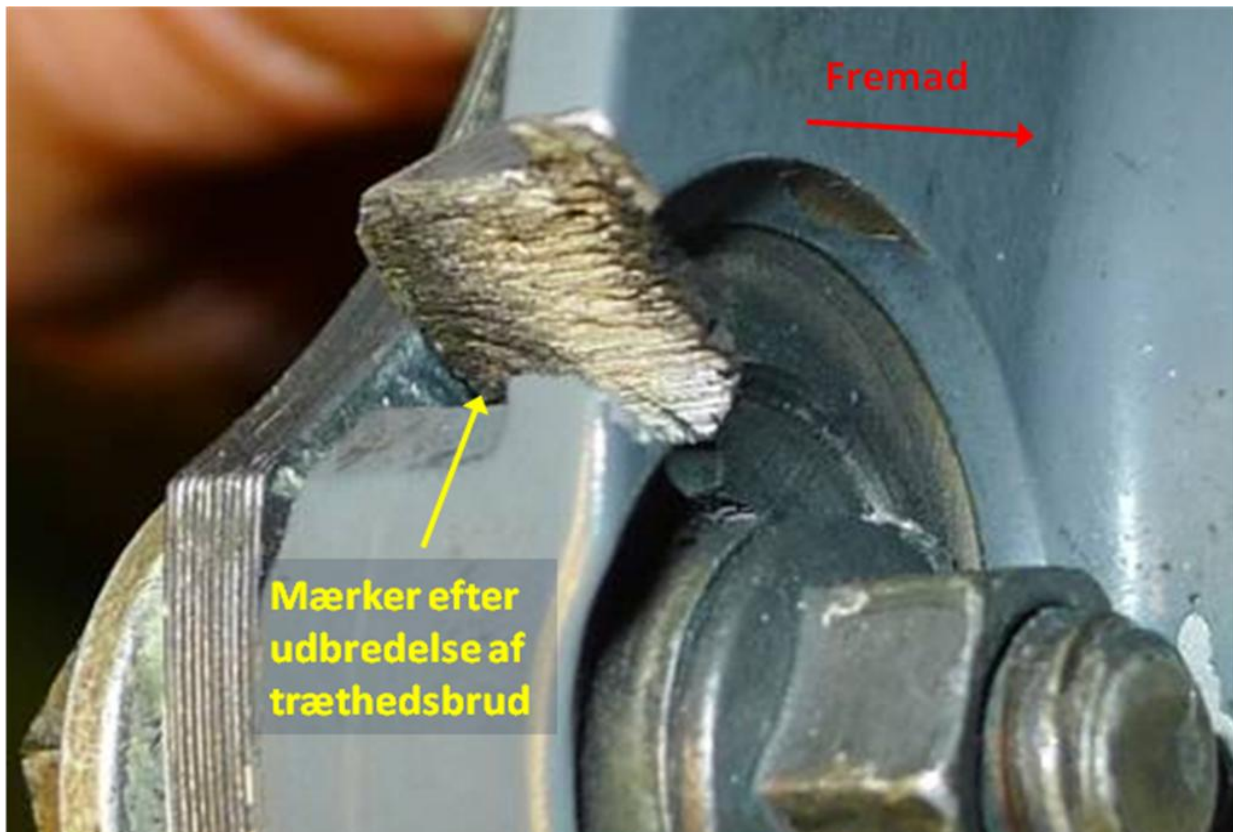
- At den tekniske undersøgelse sandsynliggør med de nævnte forudsætninger, at den manuelle udløsning af flotation gear umiddelbart inden kontakt med vandoverfladen var en mulig årsag til at de bagerste flotation bags mistede opdriften få minutter efter ditchingen.
- At det operative dokumentationsmateriale ikke tager højde for ovennævnte specifikke situation, hvor vandoverfladen rammes med halvopblæste flotation bags fx i form af en indføjet "CAUTION".

2.6. Teknisk analyse af halerotoraksler.

De indledende undersøgelser af øvrige komponenter i drivlinjen foran og bag bruddet, samt visuel undersøgelse af selve brudzonen på halerotoraksel #2, indikerede at bruddet var opstået som materialefejl/træthedsbrud (fatigue).

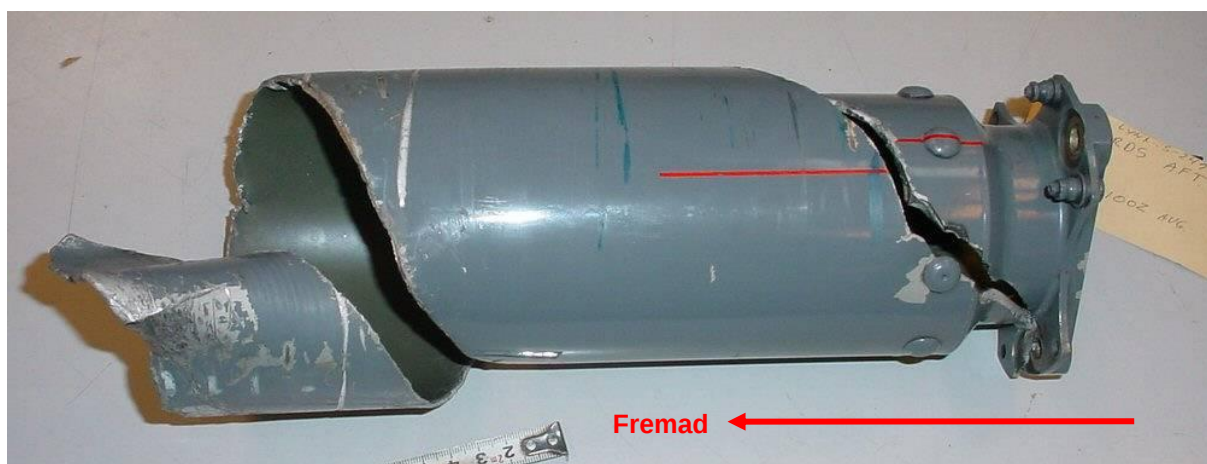
Derfor blev halerotoraksel #2 (TAE1869) fra S-249 og andre danske halerotoraksler af Forsvarets Materieltjeneste sendt til laboratorieundersøgelser ved FORCE Technology og AgustaWestland.

Bruddet på TAE1869 skyldes et træthedsbrud startende på den buede kontaktflade ved bolthul på bagerste flange, se figur 10.



Figur 10 Bolthul på bagerste flange.

Derfra udviklede bruddet sig via en revne igennem resten af flangen frem mod den cylindriske formede del af flangen, hvor selve akslen var fastgjort med nagler. Grundet et forhøjet stressniveau på kanten af akslen, fortsatte revnen videre i akslen. Efter brud i hele længden af flangen og i den overlappende del af akslen, opstod en spiralformet overbelastningsbetinget flænge på den bagerste del af TAE1869, se figur 11.



Figur 11 Spiralformet flænge på den bagerste del af TAE1869

Endelig separation skete i et vinkelret overbelastningsbrud mellem forreste og bagerste del af halerotoraksel #2, se figur 12.



Figur 12 Vinkelret overbelastningsbrud vist på den forreste del af TAE1869

Dette totale brud på TAE1869 førte til tab af halerotoreffekt og efterfølgende havari med S-249.

Forsvarets Flyvehavarikommission tilslutter sig AgustaWestland og FORCE Technology vurdering om bruddets oprindelsessted samt at den mest sandsynlige initierende faktor var intergranulær korrosion¹⁰ og/eller gnidning på den buede kontaktflade i flangesamlingen. Vridningspåvirkning (*torsional load*) fra den normale brug af halerotorakslen var en medvirkende faktor.

De revner der blev observeret ved de efterfølgende undersøgelser af flere halerotoraksler, var mest sandsynligt fremkommet ved den samme påvirkning som på S-249 halerotoraksel #2.

Der var indikationer på, at udbredelseshastigheden af revnerne ikke har været "hurtig".

¹⁰ Korrosion i materialets mikrostruktur med udbredelse der følger grænserne mellem de enkelte krystalkorn i metallet. Benævnes også interkrystalinsk korrosion.

Fra AgustaWestland Material Laboratory Report kan hentes følgende konklusion (uddrag):

"Despite the difference in the crack lengths, it is believed that all the cracks examined had occurred by similar mechanisms and as a result of similar (torsional) loading.

All cracks examined appeared to have initiated at the domed surface of the bosses from regions of intergranular corrosion or fretting.

Many of the cracks were multi-origin.

All cracks examined appeared to have propagated by fatigue or by a corrosion fatigue mechanism. The propagation had been influenced by the microstructure suggesting that crack growth had not been "rapid".

De tekniske undersøgelser har endvidere vist, at den under punkt 1.12.2. nævnte brudte spændeskive var et resultat af udviklingen af revnen og ikke en medvirkende faktor.

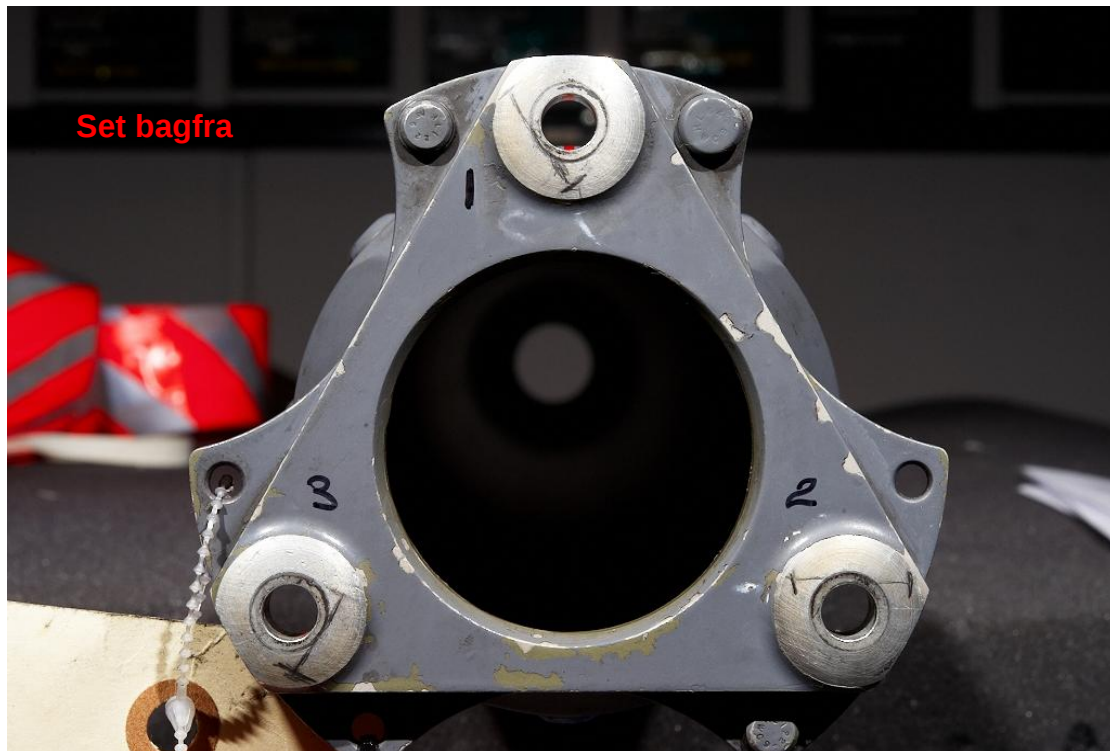
Røntgen undersøgelse for afdækning af evt. "Residual stress"¹¹ på de tre buede kontaktflader på flangen af TAE1869 indikerede, at påvirkningen i materialet var fra kompression (sammenspænding af flangerne) og derfor ikke en sandsynlig medvirkende faktor.

Med baggrund i ovenstående var det Forsvarets Flyvehavarikommission overbevisning, at håndtering i f.m. af- og påmontering af flangerne ikke haft nogen indvirkning på revnedannelserne.

Udførte materialetest viser, at alle testede materialer var inden for specifikationerne.

På figur 13 ses bagerste flange ende af TAC7446 fra Danmark. De påførte streger viser orienteringen af de fundne revner, som understøtter, at de var opstået som et resultat af en counter clockwise vridningspåvirkning sammen med intergranulær korrosion og/eller gnidning mellem de buede kontaktflader på flangen og koblingen mellem de to flanger.

¹¹ Residual stress er den stress der bliver i et materiale efter en given påvirkning. Påføres et materiale en stress påvirkning som f.eks. et sammenspændingsmoment, vil der ofte være en blivende stress påvirkning af materialet efter adskillelse.



Figur 13 Bagerste ende af flange

Med baggrund i S-249 havari og ovenstående konklusioner iværksatte AgustaWestland "Crack Propagation Trials" af et halerotoraksel-eksemplar monteret i testbænk. Denne test pågår ved rapportens afslutning fortsat.

2.7. Yderligere tekniske undersøgelser.

Efterfølgende områder blev yderligere undersøgt for, om de havde været medvirkende faktorer i havariet:

- Alignment af halerotorakslar udføres efter MATINS 1H-LYNX-22-8.
Ved gennemgang af historiske data var der ikke konstateret problemer med alignment. Den sidste alignment på S-249, udført marts 2011, ligger klart inden for grænseværdierne.
- Ud fra interview med vedligeholdelsesniveau I og II, henholdsvis Eskadrille 723 og Værkstedsområde Aalborg, og udtræk fra DeMars PM-modul, var der ingen indikationer på, at halerotorakslarne ikke var blevet vedligeholdt efter forskrifterne.
- Ud fra AgustaWestland undersøgelse var der ligeledes ikke nogen indikationer på, at der skulle være et batch-problem med halerotorakslarne.
- Olieprøver, magnetplugs og brændstof.
Indsendte prøver fra olie, magnet plugs og brændstof blev undersøgt ved Forsvarets Materieltjeneste laboratorium og intet unormalt blev konstateret.

- Motorer.
Begge motorer har været adskilt og inspiceret.
De to torque indikatorer for motorerne viste ikke samme værdi efter havariet.
De var begge meget korroderede, hvorfor en funktionstest efter havariet ikke var mulig. Henset til den måde hvorpå instrumenterne var konstrueret, kan de viste værdier efter havariet ikke anses som pålidelige. Derudover var der ingen anledning til bemærkninger.
Der var ingen indikationer på, at motorerne ikke fungerede normalt på havaritidspunktet.
- Gearbokse (Main Gear Box, Intermediate Gear Box, Tail Gear Box).
Main Gear Box, Intermediate Gear Box og Tail Gear Box var blevet adskilt og inspiceret. Der var ingen indikationer på, at de ikke fungerede normalt på havaritidspunktet.

Ovenstående underbygger yderligere, at ikke kun bruddet, men også årsagen til bruddet, oprinder fra den buede overflade ved bolthul på den bagerste del af halerotoraksel #2 (aluminiumsflangen). Der var på baggrund af Forsvarets Flyvehavarikommission undersøgelser ingen indikationer på fejl andre steder på drivlinjen.

2.8. Teknisk vedligeholdelse af halerotorakslar.

De danske halerotorakslar monteret på LYNX Mk. 90B vedligeholdes efter MATINS 1H-LYNX-6-1 og 1H-LYNX-6-AKKF, hvilket var i overensstemmelse med AgustaWestland Technical Publication WTP101C-1390B-5C Scheduled Maintenance Manual.

De pågældende MATINS indeholder følgende relevante punkter:

MATINS 1H-LYNX-6-1:

- Shaft Assy Balanced No. 1, Levetid: 5.000 Flight Hours.
- Shaft Assy Balanced No. 2, 3 og 4, Levetid: 5.000 Flight Hours. Udskiftning af lejer for hver 1.500 Flight Hours.
- Shaft Assy Balanced No. 5, Levetid: 2.500 Flight Hours.

MATINS 1H-LYNX-6-1AKKF:

- Hver 25 Flight Hours $\pm$ 2, Smøring af halerotoraksel lejer og check for lækage.
- Hver 50 Flight Hours $\pm$ 2, Inspicer visuelt halerotoraksel for beskadigelser, lejer for slør, monteringskonsoller for revner samt fleksible koblinger for separation.
Inspicer halerotoraksel (inner bearing sleeve) relative bevægelse.

De fra AgustaWestland givne vedligeholdelsesprocedurer, fremstår umiddelbart ikke særligt omfangsrige set i forhold til hvor vital en del halerotorakslar er. Eneste direkte eftersyn, der var på selve halerotorakslar var en visuel inspektion, for hver 50 Flight Hours, for beskadigelser og relative bevægelser for "inner bearing sleeve". Dette indikerer at integriteten af halerotoraksel-systemet fra AgustaWestland side var baseret på *declared fatigue life* med baggrund i design og kvalifikationen, herunder forudsætninger vedr. strukturel påvirkning i f.m. operativ brug. Grundet den ikke særlig omfangsrige vedligeholdelse

se/inspektion af halerotorakslerne vurderes det, at de begyndende revnedannelser på den buede kontaktflade på flangen ikke realistisk kunne konstateres i tide.

2.9. Kassation af halerotorakslers på baggrund af iværksatte inspektioner.

Som tidligere omtalt førte de efter havariet iværksatte inspektionerne til, at ca. 45 % af de danske halerotorakslers blev kasseret på Non Destructive Inspection.

Jf. AgustaWestland falder halerotorakslers inden for en gruppe af strukturkomponenter, hvor en sandsynlighedsbaseret risikoanalyse ikke umiddelbart kan anvendes. Generelt forlader sådanne dele sig på tilsikret strukturel integritet, da de har en vital funktion uden redundans, og en fejl kan have katastrofale følger.

Integriteten af halerotoraksel-systemet var med baggrund i relevante UK *design requirements* tilsikret gennem behørig opmærksomhed på:

- Design
- Kvalifikation
- Fremstilling
- Anvendelse/håndtering af halerotorakslers (operativt og vedligeholdelsesmæssigt).

Trods den særligt høje danske halerotoraksel kassationsrate indikerer internationale kassationstal, at der ikke var tale om et enkeltstående dansk problem.

2.10. Luftdygtighedsaspekter.

Med afsæt i de foretagne tekniske undersøgelser følger nedenfor en kort analyse af de overordnede forhold, der vurderes at kunne have relevans i f.m. den høje danske halerotoraksel kassationsrate.

2.10.1. Design og kvalifikation.

Ved gennemgang af seneste kontrakt med fabrikanten samt efterfølgende interview med AgustaWestland Design Engineer var det Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering, at design og kvalifikation af LYNX Mk90B var foretaget inden for rammerne af *best practice* og baseret på gældende UK *design requirements* på det pågældende tidspunkt.

Som tidligere omtalt var integriteten af strukturdele som bl.a. LYNX halerotorakslers baseret på *declared fatigue life*. Bag dette begreb ligger et i f.m. designfasen fastlagt system baseret på analyse og beregninger af bl.a. stresspåvirkning og fatigue testing ud fra nogle givne forudsætninger vedr. operativ brug (*fatigue flight envelope & flight spectrum*) og vedligeholdelse. Dette analyse- og beregningsgrundlag valideres gennem praktiske test i f.m. certificering/kvalifikation af typen.

Der ligger iboende i denne tilgang, at opfyldelse af de opstillede forudsætninger mht. operativ brug og belastning var af væsentlig betydning for de opstillede strukturlevetider.

I tillæg til den validering af data, der foregår i design- certificeringsfasen har visse andre brugernationer etableret formelle fora med fabrikanten til løbende validering af brugs- og slitagemønstre og håndtering af evt. ændringer til samme. Dette var fx gældende for UK, der med fabrikken har etableret en Structural Integrity Working Group.

Der var ikke ved Forsvarets Materieltjeneste etableret et tilsvarende monitoringsarrangement med fabrikanten, men forsvaret deltager dog i de etablerede brugerfora, hvor en vis informations- og erfaringsudveksling foregår.

2.10.2. Fabrikation og materiale.

Undersøgelse af evt. batch-problematik foretaget i f.m. de fejlbehæftede halerotoraksler gav ikke anledning til nærmere undersøgelse af fabrikation eller materiale.

Forsvarets Flyvehavarikommission har kendskab til ét historisk tilfælde, hvor et strukturelt halerotoraksel problem kunne føres tilbage til en ukvalificeret fabrikationsproces hos en underleverandør. AgustaWestland har efterfølgende strammet op på kvalitetskravene for udpegede strukturdele, og den danske beholdning af halerotoraksler har ikke været omfattet af denne problematik.

Forsvarets Flyvehavarikommission har samlet set ingen indikationer mht. uregelmæssigheder i f.t. fabrikation og materiale.

2.10.3. Vedligeholdelse.

Som omtalt i pkt. 2.7. og 2.8. var der ingen indikationer på uregelmæssigheder i f.m. vedligeholdelsen af danske LYNX i f.t. de autoriserede forskrifter.

2.10.4. Danske modifikationer.

Med henblik på at afklare om unikke danske modifikationer kunne have haft en indflydelse på belastningen af enkelte af LYNX-helikopterens strukturdele, har Forsvarets Flyvehavarikommission undersøgt dokumentationen bag udvalgte modifikationer. Konkret var dette forhold undersøgt i f.t. MATINS 1H-LYNX-5968, FLIR-POD Installation på LYNX, MK90B samt MATINS 5963, Indførelse af ny type trægulv, der begge forlods blev vurderet til at kunne have en indflydelse på bl.a. vibrationsmønster.

Som det af Forsvarets Materieltjeneste var blevet Forsvarets Flyvehavarikommission oplyst, var dokumentation for design- og valideringsgrundlaget for disse udvalgte modifikationer ikke til rådighed. Det kan således ikke dokumenteres, at der var foretaget de nødvendige undersøgelser/vurderinger der har indflydelse på platformens levetid /inspektionsintervaller samt operative aspekter som f.eks. egress og brand-resistens.

For et fly, der i princippet har været i drift siden 1980, må det anses for at være væsentligt at fastholde alle fakta der har indflydelse på luftdygtigheden, herunder tidligere gennemførte modifikationer. Dette både set i f.t. den enkelte modifikation i isolation men også af hensyn til at kunne foretage en samlet vurdering af den akkumulerede betydning i f.m. evt. senere modifikationer.

Der var for de to pågældende modifikationer ej heller gennemført en "cross approval" fra fabrikantens side.

Uagtet at de pågældende modifikationer formelt var autoriseret gennem MATINS, kan det på ovenstående baggrund reelt ikke udelukkes, at nationale modifikationer foretaget på den danske LYNX-flåde kan have medført større strukturel belastning på halerotoraksel-systemet, end fabrikanten har forudsat i f.m. det oprindelige design.

2.10.5. Operativt brugsmønster.

Kvalitativ vurdering af dansk operationsmønster var beskrevet i pkt. 1.19. Samlet set vurderes det danske operationsmønster at være sammenligneligt med UK Navy og ikke at afvige væsentligt fra det i kontrakten beskrevne.

Det var samtidig vurderingen, at det grundet manglende historiske/statistiske data ikke var muligt at validere den operative brug i f.t. kontraktens specifikt angivne procentvise fordeling henover de enkelte *Flight Spectra*. Endvidere vurderes de danske Center of Gravity - forhold at være afvigende fra de i kontrakten ligeledes opstillede forudsætninger vedr. procentvis fordeling, idet Center of Gravity dog ligger indenfor de generelle begrænsninger.

Med baggrund i ovenstående vurderes det godtgjort, at den aktuelle operative brug af den danske LYNX-flåde ligger indenfor de af fabrikanten opstillede begrænsninger (*flight envelope*). Det kan dog grundet manglende datarekordering ikke udelukkes, at dele af afflyvningen ligger særskilt i et enkelt afgrænset område indenfor de generelle begrænsninger med punktvis forhøjet belastning til følge.

Det var samtidig Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering, at den nuværende kontrakt indeholder kriterier der var udformet, så de reelt ikke var hverken målbare eller kan registreres.

2.10.6. Relevant fejllistorik.

Den danske LYNX-flåde har inden for de seneste år oplevet flere tilfælde af strukturelle fejl i halebomområdet. Fremsendte U/R¹² beskriver henholdsvis forhold omkring unormal slitage på halestyrewire og forhold omkring revnedannelse i halestruktur (*oblique frame*). Begge disse forhold var håndteret ved fejlafhjælpning og/eller reducerede inspektionsintervaller samt øget udskiftning.

Der har været rettet henvendelse til AgustaWestland med henblik på at opnå nødvendig ekspertstøtte til en mere grundlæggende fejldiagnosticering gennem rigging af et eller flere stel med udstyr til belastningsmåling. Som forelagt Forsvarets Flyvehavarikommission har AgustaWestland i denne forbindelse indledningsvist ikke givet den danske forespørgsel den store fokus. I f.m. interview med AgustaWestland Design Engineer har Forsvarets Flyvehavarikommission erfaret, at AgustaWestland efterfølgende havariet nu har udarbejdet et forslag til rigging af dansk LYNX med belastningsmålere.

Når ovenstående strukturproblemer ses i sammenhæng med de aktuelle tilfælde af fatigue i halerotoraksel-systemet, var det Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering, at det var rimeligt at opstille en hypotese om, at den aktuelle belastning af halebomområdet kan være større end de parametre, fabrikanten har anvendt som forudsætning for de opstillede strukturlevetider. Det vurderes derfor som et væsentligt forebyggende skridt at iværksætte de belastningsmålinger, der potentielt kan bidrage til en dybere diagnosticering af evt. bagvedliggende årsager til de strukturelle udfordringer i halebomområdet. En sådan drifts-uafhængig luftdygtighedsanalyse har ikke tidligere været gennemført.

¹² Rapport over utilfredsstillende forhold.

3. KONKLUSIONER.

Følgende var Forsvarets Flyvehavarikommissions konklusioner ud fra analysen.

Under anflyvning med LYNX S-249 til HVIDBJØRNEN ved overgang til hover i en højde på ca. 25 fod ud for skibets styrbords side tabes halerotoreffekt som følge af et fuldstændigt brud på halerotoraksel #2, og luftfartøjschefen mister kontrol over luftfartøjet i yaw-aksen. Dette fører til en delvist kontrolleret ditching i Grønnedal havn. Alle ombordværende kan efterfølgende forlade luftfartøjet. Primært som følge af saltvandspåvirkning var luftfartøjet totalskadet.

3.1. Årsagsfaktorer.

Det var Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering, at der har været følgende årsagsfaktorer:

- Et uerkendt træthedsbrud startende på den buede kontaktflade ved bolthul på den bagerste flange af halerotoraksel #2 får via en revnedannelse i strukturen lov til at udvikle sig igennem resten af flangen og ud i selve akslen. Dette leder til det endelige fuldstændige overbelastningsbrud på halerotoraksel #2.
- Som følge af det fuldstændige brud på halerotoraksel #2 kan luftfartøjet ikke længere kontrolleres i yaw-aksen og ditching var uundgåelig.

3.2. Medvirkende årsagsfaktorer.

Det var Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering, at der har været følgende medvirkende årsagsfaktorer:

- Den mest sandsynlige initierende faktor for det opståede træthedsbrud var intergranulær korrosion og/eller gnidning på den buede kontaktflade i sammenhæng med vridningspåvirkning (torsional load) som følge af normal brug af luftfartøjet.
- Det etablerede og autoriserede eftersyns- og vedligeholdelsesprogram for den danske LYNX-flåde på havaritidspunktet har ikke indeholdt eftersynspunkter, der realistisk kunne muliggøre betids erkendelse af strukturelle svagheder/begyndende træthedsbrud i halerotorakslernes flangeområde.
- Den overordnede monitoring af LYNX strukturelle sundhedstilstand - nationalt samt internationalt - har før havariet ikke været i stand til at fange indikationer på begyndende problemer med revnedannelse og fatigue i halerotorakslernes flanger.
- Nedbrydningen af den strukturelle integritet af såvel den specifikke halerotoraksel #2 på S-249 som en stor andel af de øvrige halerotoraksler i den danske LYNX-flåde var foregået væsentligt hurtigere end de drifttidsgrænser fabrikanten i kontrakten har stipuleret vedr. *declared fatigue life*.
- Den reelle strukturelle belastning af halerotoraksel-systemet vurderes at have været højere end de forudsætninger, fabrikanten i overensstemmelse med UK design requirements har anvendt i f.m. design, konstruktion og validering af LYNX Mk 90B.

Det var Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering, at følgende faktorer – primært grundet manglende data – ikke kan udelukkes at have haft indflydelse på den strukturelle belastning af halerotoraksel-systemet specifikt på den danske LYNX-flåde:

- Med baggrund i den kvalitative vurdering af operativt brugsmønster, som Forsvarets Flyvehavarikommission har indhentet, vurderes det godtgjort, at den aktuelle operative brug af den danske LYNX-flåde ligger indenfor de af fabrikanten opstillede begrænsninger (*flight envelope*). Det kan dog grundet manglende datarekordering ikke udelukkes, at dele af afflyvningen ligger særskilt i et enkelt afgrænset område indenfor de generelle begrænsninger med punktvis forhøjet belastning til følge.
- Det kan grundet manglende datagrundlag vedr. designvalidering og/eller ”cross approval” fra fabrikanten side ikke udelukkes, at nationale modifikationer foretaget på den danske LYNX-flåde kan have medført større strukturel belastning på halerotoraksel-systemet, end fabrikanten har forudsat i f.m. det oprindelige design.

3.3. Overlevelsesaspekter.

Luftfartøjschefen hurtige beslutning og reaktion i forbindelse med ditchingen sammenholdt med hans håndlag skabte forudsætninger for, at alle i helikopteren kunne forlade denne uden at skulle under vandoverfladen. Luftfartøjschefen reaktion og valg har udgjort et meget væsentligt element i relation til overlevelsesmulighederne for alle de ombordværende. For passageren, der ikke var trænet i ”Underwater Escape” og ikke var iført vandbeskyttende gummidragt, vurderes det, at pilotens reaktion og valg udgjorde en meget afgørende faktor for passagerens overlevelse i vandtemperaturen på 4 grader celsius.

Tekniker valgte bevidst at løbe en risiko for, at de to andre i kabinen kunne evakuere dem i tide ved at evakuere før hovedrotoren stod stille. Hvis tekniker havde tøvet kunne de to andre i kabinen være blevet tvunget til at foretage evakuering af kabinen under vand, hvilket passageren ikke var trænet i. Tekniker overblik og valg af risiko vurderes at have udgjort et meget væsentligt bidrag til overlevelsesaspektet for de to andre i kabinen.

Flyredder træning, overblik og handling var i høj grad medvirkende til, at passageren overlevede havariet.

Forsvarets Flyvehavarikommission vurdering var endvidere:

- At den tekniske undersøgelse sandsynliggør med de nævnte forudsætninger, at den manuelle udløsning af flotation gear umiddelbart inden kontakt med vandoverfladen var en mulig årsag til at de bagerste flotation bags mistede opdriften få minutter efter ditchingen.
- At det operative dokumentationsmateriale ikke tager højde for ovennævnte specifikke situation, hvor vandoverfladen rammes med halvopblæste flotation bags fx i form af en indføjjet ”CAUTION”. Forsvarets Flyvehavarikommission konklusion er, at luftfartøjschefen handlede inden for gældende procedurer.

4. ANBEFALINGER.

Følgende var Forsvarets Flyvehavarikommissions anbefalinger med direkte relation til havariet.

I tillæg til de allerede gennemførte foranstaltninger vedr. øget inspektion og eftersyn af halerotoraksler, iværksat ved MATINS 3R7-D3-3A, giver rapporten anledning til at fremsætte følgende anbefalinger.

4.1. Forsvarets Flyvehavarikommission anbefalinger i f.t. Forsvarets Materieltjeneste.

Det anbefales:

- At Forsvarets Materieltjeneste i forlængelse af allerede iværksatte forespørgsler til AgustaWestland træffer foranstaltninger med henblik på yderligere afklaring og monitoring af belastningsforhold i halebomområdet (rigging med sensorer).
- At FMT under inddragelse af FTK undersøger muligheden for at etablere stående krav om installation af CVR/FDR i f.m. fremtidige anskaffelser af fly og helikoptere.
- At FMT under inddragelse af FTK undersøger muligheden for at etablere stående krav om installation af *Health & Usage Monitoring Systems* (eller tilsvarende) i f.m. fremtidige anskaffelser af fly og helikoptere.
- At FMT via bestemmelseskomplekset beskriver krav til design, test og certificering ved iværksættelse af nationale modifikationer eller andre fravigelser fra fabrikantens opstillede designforudsætninger.
- At FMT via bestemmelseskomplekset beskriver krav til dokumentation for designovervejelser, test og certificering i f.m. nationale modifikationer samt krav til opbevaring af samme.
- At FMT undersøger muligheden for at implementere en driftsuafhængig, organisatorisk forankret kompetence til vurdering af luftdygtighed i forbindelse med anskaffelse, modifikation og drift.
- At FMT undersøger muligheden for at klarlægge ansvar og beføjelser for "Type Certificate Holder" nærmere i relevante bestemmelser.
- At Forsvarets Materieltjeneste i samarbejde med AgustaWestland fortsætter undersøgelser vedr. *Flotation Gear* med henblik på at afklare et evt. behov for justering til ACM.
- At Forsvarets Materieltjeneste undersøger behovet for at udgive klarere retningslinjer i r.t. dokumentation af historik for anvendelse af momentnøgler.
- At Forsvarets Materieltjeneste undersøger muligheden for at udgive retningslinjer for validering, godkendelse og anvendelse af regneark og andre PC-baserede hjælpeværktøjer, således at løbende overensstemmelse med MATINS tilsikres.

4.2. Forsvarets Flyvehavarikommission anbefalinger i f.t. Flyvertaktisk Kommando.

Det anbefales:

- At Flyvertaktisk Kommando ved bestemmelse stiller krav om, at kommunikation mellem helikopter og skib rekorderes under alle typer skibsbaserede helikopteroperationer herunder også ved Helicopter In Flight Refuelling (HIFR).
- At Flyvertaktisk Kommando gør gældende regelsæt for anlæggelse af vandbeskyttende flyvedragt, redningsvest mv. til genstand for vurdering på baggrund af dette havari, hvor passager ikke bar vandbeskyttende flyvedragt og kom i alvorlige vanskeligheder jf. pkt. 1.5.1. og pkt 2.3.2.

4.3. Forsvarets Flyvehavarikommission anbefalinger i f.t. Søværnets Operative Kommando.

Det anbefales:

- At Søværnets Operative Kommando undersøger muligheden for, at helikopteroperationer til/fra skib inkl. HIFR videorekorderes.
- At Søværnets Operative Kommando tilsikrer at al radiokommunikation mellem skib og helikopter rekorderes ved alle typer helikopteroperationer til/fra skib inkl. HIFR.