

SKÝRSLA UM FLUGATVIK

(Sbr. lög nr. 59/1996 um rannsókn flugslysa)

M-04602/AIG-15

TF-ULF

Jodel D-140C

Við Dagverðarnes í Dalasýslu

21. júní 2002



Markmið flugslysarannsóknna er að greina orsakabætti flugslysa í því skyni einu að koma í veg fyrir að flugslys endurtaki sig og stuðla að því að öryggi í flugi megi aukast. Tilgangurinn er ekki að skipta sök og/eða ábyrgð. Skýrslu Rannsóknarnefndar flugslysa skal ekki beitt sem sönnunargagn í opinberum málum, en rannsókn á meintri refsiverðri háttsemi í tengslum við flugslys er óháð rannsókn flugslysa skv. lögum nr. 59/1996 um rannsókn flugslysa (sjá 1. gr. og 14. gr.).

HELSTU STAÐREYNDIR

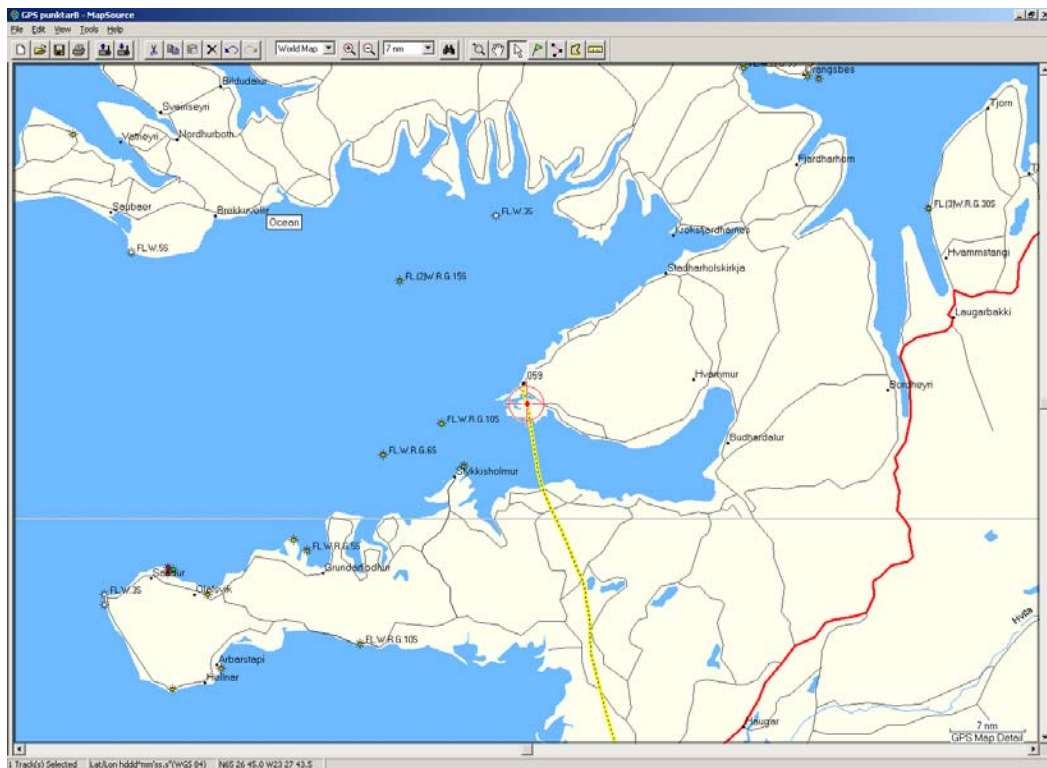
Staður:	Við Dagverðarnes í Dalasýslu, um 65°10'49''N, 022°28'53''V
Dagsetning:	21. júní 2002, kl. 20:10
Lofffarið	
- tegund og skrásetning:	Jodel D-140C, fimm sæta lágþekja. Skráð til einkaflugs
- framleiðsluár:	1964
- raðnúmer:	132
- hreyflar:	Einn, 180 ha. Lycoming O-360-A bulluhreyfill, raðnr. L-6832-76T
Skráður eigandi:	Eigendafélagið TF-ULF, c/o Jón Karl Snorrason
Rekandi/notandi:	Eigendur
Atvikslýsing:	Hluti loftskrúfu flugvélarinnar brotnaði af á flugi
Tegund flugs:	Einkaflug
Veðurskilyrði:	Dagsbirta, þurr og bjart, léttskýjað, skyggni meira en 10 km., vindur 290° / 2 hnútar og hiti um 8° C
Flugskilyrði:	Sjónflugsskilyrði
Flugið:	Farflug í um 4000 feta hæð
Fjöldi manna um borð:	Tveir
Meiðsl:	Engin
Skemmdir á loftfarinu:	Loftskrúfa brotnaði, hreyfilfestingar brotnuðu, eldveggur losnaði og sprungur var að finna í fremsta hluta skrokksins
Aðrar skemmdir:	Engar
Flugmaðurinn	
- aldur og kyn:	58 ára karlmaður
- skírteini og reynsla:	Handhafi skírteinis einkaflugmanns/flugvél (PPL/A) útgefið af Flugmálastjórn 9. maí 1979. Þegar slysið varð var heildarfartími hans 621:10 stundir þar af um 450 stundir á þessa tegund flugvélar. Hann hafði flogið 6:35 stundir á Jodel á síðustu 90 dögum fyrir slysið og framkvæmt um 20 landingar
Farþeginn	
- aldur og kyn:	52 ára karlmaður
- skírteini og reynsla:	Handhafi skírteinis flugstjóra/flugvél (ATPL/A) útgefið af Flugmálastjórn 5. apríl 1988. Þegar slysið varð var heildarfartími hans um 12.100 stundir þar af 430 stundir á þessa tegund flugvélar. Hann hafði flogið 6:10 stundir á Jodel á síðustu 90 dögum fyrir slysið og framkvæmt um 12 landingar

1. MÁLAVEXTIR

Um flugið

Föstudaginn 21. júní 2002 hugðust tveir eigendur flugvélarinnar TF-ULF fara í flug frá Tungubökkum í Mosfellssveit að Holti í Öfundarfirði. Eftir hefðbundinn undirbúning með fyrirflugsskoðun var flugtak frá Tungubökkum um kl. 19:25. Flugið var í samfloti við nokkrar aðrar flugvélar og var stefnan tekin vestur á Mýrar. Þaðan var flugið norður yfir Snæfellsnes og yfir í mynni Hvammsfjarðar. Um kl. 20:10 þegar TF-ULF var yfir Dagverðarnesi við Klofning í um 4000 feta hæð tók flugvélin skyndilega að hristast mikið. Flugmaðurinn dró aflið af hreyflinum og beindi nafi flugvélarinnar fram til að setja hana á besta svifhraða. Við það dró nokkuð úr hristingnum en hann var þó áfram töluverður. Tók nú farþeginn, sem einnig er reyndur flugmaður, við stjórn flugvélarinnar. Hann dró út blöndustillinn til að slökkva á hreyflinum og beindi næst nafi flugvélarinnar upp á við til að minnka flughraðann og stöðva snúning hreyfilsins. Þegar hreyfillinn stöðvaðist hætti hristingurinn og sáu þá flugmennirnir að hluti af öðru blaði loftskrúfunnar hafði brotnað af. Farþeginn flaug flugvélinni í svifflugi yfir Skarðsströnd og leitaði að hentugum stað til að nauðlenda á. Eftir um 15 km svif lenti hann flugvélinni á túni við bæinn Á á Skarðsströnd.

Samkvæmt gögnum GPS tækis flugvélarinnar var flugvélinni flugið yfir minni Hvammsfjarðar í um 3800 feta hæð yfir sjávarmáli á um 90 hnúta hraða yfir jörðu og á 010° segulstefnu. Kl 20:10:09 var flugvélin yfir Dagverðarnesi þegar hraði hennar fer að lækka. Á einni mínútu og tuttugu sekúndum fer hraði hennar niður í 49 hnúta og hækkar síðan í 70 hnúta. Flugvélin heldur um 3800 feta hæð en sveigir til vinstri um 10 gráður og síðan um 40 gráður til hægri. Á myndinni hér að neðan sést líkleg staðsetning TF-ULF samkvæmt gögnum GPS tækisins þegar atvikið átti sér stað.



Loftskrúfan

Forsaga loftskráfunnar. Loftskrúfa flugvélarinnar var af gerðinni „Sensenich“ 76EMM og var raðnúmer hennar 37379K. Samkvæmt viðhaldsbókum flugvélarinnar var heildargangtími loftskráfunnar 867 stundir en hún var sett á TF-ULF árið 1990 og var þá gangtími hennar skráður 78 stundir. Skráfun hafði verið tekin af samskonar flugvél og samkvæmt viðhaldsdagbók þeirrar flugvélar var hún með 0 stundir árið 1987. Engar upplýsingar komu fram við rannsóknina um viðhaldsögu og starfrækslu skráfunnar fyrir árið 1987 aðrar en upplýsingar frá framleiðanda loftskráfunnar um að hún hafi verið framleidd árið 1963 og seld sama ár til „Piper“ flugvélaferksmiðjunnar. Samkvæmt „Piper“ flugvélaferksmiðjunum eru ekki tiltækar upplýsingar sem sýna á hvaða flugvél loftskráfun var sett.

TF-ULF lenti í óhappi árið 1996 og rakst þá loftskrúfa hennar niður þannig að rétta varð annað blað hennar. Engin gögn komu fram við rannsóknina um þessa vinnu önnur en að skráð var í viðhaldsdagbækur flugvélarinnar að loftskráfun hafi verið rétt eftir óhappið. Ekki lágu fyrir gögn um hve mikið skráfublaðið hafði bognað né hvort blaðið það var sem bognaði.

Í viðgerðarhandbók frá framleiðanda loftskráfunnar kemur fram að óheimilt er að rétta „Sensenich“ 76EMM skráfublöð sem bognað hafa við miðju loftskráfunnar. Hinsvegar er heimilt að rétta slík skráfublöð hafi þau bognað fjær miðjunni en 12 tommur. Hlutfallslega má rétta blöðin meira eftir því sem fjær dregur miðjunni og þannig má rétta skráfublöð sem hafa bognað um allt að 18 tommur í fjarlægð sem nemur 38 tommum frá miðju loftskráfunnar.

„Sensenich“ 76EMM loftskráfur. Árið 1969 kom í ljós að loftskráfur af gerðinni „Sensenich“ 76EMM voru óruggar ef þær voru notaðar með „Lycoming“ O-360 hreyflum með holan sveifarás en slíkur hreyfill var á TF-ULF. Við starfrækslu flugvéla með slíka hreyfil/loftskráfu samsetningu mynduðust málmþreytusprungur vegna langvarandi notkunar á snúningshraða milli 2150 og 2350 snúninga á mínútu. Á þessu snúningshraðasviði myndast titringur í loftskráfunni sem er á sömu tíðni og eigintíðni efnisins í skráfunni. Eftir nokkur tilfelli þar sem „Sensenich“ 76EMM loftskráfur brotnuðu á flugi gaf flugmálastjórn Bandaríkjanna út lofthæfifyrirmæli (AD 69-09-03) varðandi „Sensenich“ 76EMM loftskráfur sem notaðar eru með „Lycoming“ O-360 hreyflum með holan sveifarás þar sem meðal annars var krafist að loftskráfurnar væru skoðaðar og að allar misfellur á yfirborði þeirra væru fjarlægðar. Jafnframt var krafist að snúningshraðamælar flugvéla með þessa hreyfil/loftskráfu samsetningu væru merktir með rauðri línu frá 2150 snúningum til 2350 snúninga til að sýna að á þessu hraðasviði ætti ekki að starfrækja hreyfil flugvéla til lengri tíma.

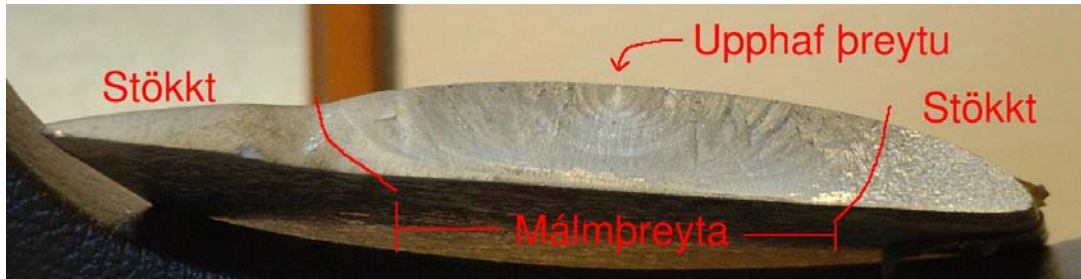
Við rannsókn RNF kom fram að lofthæfifyrirmælum AD 69-09-03 hafði verið framfylgt á TF-ULF en ekki hvenær þeim var framfylgt né hver gangtími loftskráfu vélarinnar var við framkvæmd þeirra. Loftskráfun var framleidd 6 árum áður en lofthæfifyrirmælin voru gefin út.

Prófanir og rannsóknir

Rannsókn á loftskráfu flugvélarinnar. Loftskráfa flugvélarinnar var send til rannsóknar hjá Iðntæknistofnun Íslands. Sjónskoðun var framkvæmd og brotflöturinn var skoðaður í víðsjá og rafeindasmásjá. Myndin hér að neðan sýnir loftskráfu TF-ULF.

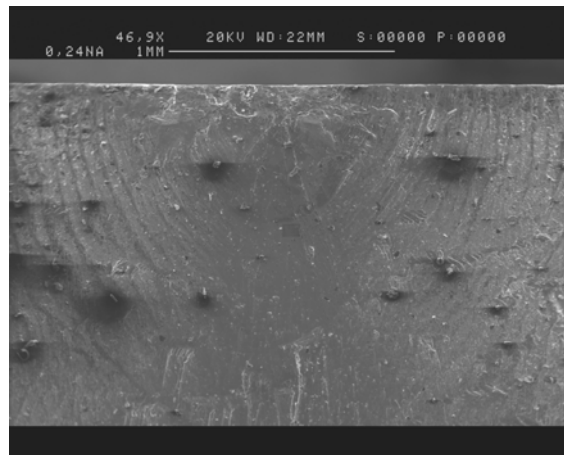


Niðurstaða rannsóknarinnar var sú að loftskrúfan hafi brotnað sökum málmþreytu en málmþreyta er afleiðing sveiflukennds álags og getur tekið langan tíma frá því að málmþreytan byrjar og þar til endanlegt brot verður. Sökum þess hve flatarmál þreytubrotsins er stórt miðað við heildarflatarmál brotsársins er ljóst að álagið var ekki mikið og því ólíklegt að álagið hafi orsakað byrjun málmþreytunnar. Lokabrot varð svo með stökku broti. Á myndinni hér fyrir neðan sést brotsár loftskrúfunnar.



Efnisgallar fundust við yfirborð loftskrúfunnar á því svæði sem málmþreytan hófst en stærð þessara galla og álagið sem skrúfublaðið varð fyrir við notkun benda til þess að skýringa á brotinu geti verið að leita í fleiru en efnisgöllumum eingöngu. Á myndinni hér fyrir neðan sést brotsár loftskrúfunnar stækkað um það bil 50 sinnum.

Mat Iðntæknistofnunar var að skrúfublaðið hafi orðið fyrir yfirálagi sem gefið hefur beygjuálag á blað í stefnu aftur með vél. Hafi snúningshraði verið til lengri tíma þannig að eiginsveifla skrúfublaðsins hafi komið fram, þá er það einnig mögulegt að það hafi komið þreytu af stað. Þetta álag hefur orsakað myndun þreytusprungu þar sem efnisgallarnir við yfirborðið hafa gert efnið veikara. Þessi þreytusprungu hefur síðan orsakað hægfara rífuvöxt sem tekið hefur talsverðan tíma að vaxa þar til lokabrot varð.



Myndir Iðntæknistofnunar af brotsári loftskrúfunnar voru sendar til framleiðanda hennar og hann beðinn um gefa álit á orsökum þess að loftskrúfan brotnaði. Eftirfarandi er hluti af svari framleiðandans: "The photos show the classic clam shelling typical of fatigue failure with the starting point at the zenith of the airfoil. If the propeller was operated in the placarded range for an extended or repetitive period, a failure can occur with no apparent structural damage, (nick or corrosion). The repetitive stress cycles can accumulate extremely quickly when the propeller is operated in the placarded range. The stress is highest at the maximum thickness of the airfoil and if allowed to accumulate will seek relief at the weakest part of the material and emanate from there. Typically the weakest part would be a blemish in the surface of the airfoil. This is most often a stone nick or corrosion pit but if there is no apparent surface damage the stresses will seek relief on a microscopic level in the form of a material impurity or even a grain structure boundary."

RNF sendi loftskrúfuna í sprunguþrófun hjá Tæknideild Flugleiða hf. sem framkvæmdi þrófun á yfirborði óbrotna blaðsins. Engar sprungur fundust við þrófunina. Samkvæmt upplýsingum Tæknideildar Flugleiða hf. og Iðntæknistofnunar Íslands var ekki mögulegt að leita að sprungum undir yfirborði loftskrúfunnar þar sem framleiðandi hennar hefur ekki framleitt kvörðunarkubb til kvörðunar á þrófunartækjunum. En það er nauðsynlegt svo hægt sé að framkvæma slíka þrófun.

Prófun á snúningshraðamæli flugvélarinnar. Snúningshraðamælir flugvélarinnar var sendur til prófunar á rafmagnsverkstæði Flugleiða hf. Við prófununa kom fram að mælirinn starfaði eðlilega og var meðalfrávik á lesningu mælisins og lesningu prófunartækisins 0,5%. Athygli vakti við prófunina hversu nál mælisins var langt frá mælisskífunni þar sem hætta er á að þetta gefi skakka mynd af því sem nálin sýnir ef ekki er horft beint á mælinn.

Þekkt vandamál við mæla þar sem nál er notuð til að sýna lesningu á skífu eða kvarða er svokölluð sýndarfærsla eða sýndarhlíðrun („Parallax“). Vegna sýndarfærslu getur orðið breyting á afstöðu mælisnálar til mælisskífu þegar mælirinn er skoðaður frá mismunandi sjónarhorni. Því meira fjarlægð sem er á milli nálarinnar og mælisskífunnar því meiri verður sýndarfærslan. Nál snúningshraðamælis TF-ULF var þannig að fjarlægðin milli nálarendans og skífunnar var meiri en fjarlægðin milli nálarrótarinnar og skífunnar. Fjarlægðin við nálarendann var um 5 mm. Þar sem snúningshraðamælirinn var staðsettur lengst til hægri í mælaborði TF-ULF gaf þetta þeim sem flýgur vélinni úr vinstra sætinu skakka mynd af því sem nálin sýndi en oftast er flugvélinni flogið úr því sæti. Á myndinni hér til hliðar sést snúningshraðamælir TF-ULF.



Þegar nál mælisins var staðsett þannig að hún vísar á 2300 snúninga á mínútu sýndist nálin vísa á 2500 snúninga þegar horft var á hana frá vinstra sætinu og 2400 snúninga þegar horft var á hana frá miðjum stjórnklefanum. Myndirnar hér að neðan sýna mismunandi afstöðu nálarinnar eftir því hvaðan horft er á mælinn.



Í samtölum við eigendur TF-ULF kom fram að þeir voru ekki meðvitaðir um að nál snúningshraðamælisins væri bogin og nokkru frá mælaskífu mælisins. Þar sem mælirinn var hægra megin í mælaborðinu sögðust þeir hafa vanið sig á að halla sér til hliðar þegar snúningshraði hreyfilsins var finnstilltur á flugi. Jafnframt sögðu eigendurnir að við stillingu á snúningshraða væri ekki einungis notast við snúningshraðamælinn heldur væri tilfinning sem byggðist á reynslu líka notuð. Þannig væri hægt að stilla snúningshraðann með því að notast við hraða flugvélarinnar og hljóð hreyfilsins. Þeir sögðust hafa ávallt forðast að fljúga vélinni til lengri tíma á snúningshraða milli 2150 og 2350 snúninga á mínútu.

Aðrar upplýsingar. Að mati RNF gáfu upplýsingar sem komu fram við frumrannsókn tilefni til tafarlausrá aðgerða til að viðhalda flugöryggi og gerði RNF því flugöryggissviði Flugmálastjórnar viðvart. Í framhaldi af því sendi Flugmálastjórn bréf til umráðanda flugvéla með „Sensenich“ 76EMM loftskrúfur og „Lycoming“ O-360 hreyfla með holan sveifarás þar sem meðal annars var krafist að snúningshraðamælar flugvéla yrðu kvarðaðir og að ef meira en 2% frávik kæmi fram við kvörðunina yrði loftskrúfa flugvélarinnar tekin úr notkun.

2. UMFJÖLLUN OG NIÐURSTAÐA

Ljóst er að loftskrúfa TF-ULF brotnaði sökum málmþreytu í öðru skrufublaðinu vegna langvarandi sveiflukennds álags. Álagið á skrúfuna var hinsvegar svo lítið að það er ólíklegt að það hafi komið málmþreytusprungu af stað. Efnisgallar fundust við yfirborð loftskrúfunnar á því svæði sem málmþreytan hófst en gallarnir voru það smáir að þeir einir gátu ekki komið málmþreytusprungu af stað.

Lofthæfifyirmæli sem vörðuðu loftskrúfu flugvélarinnar voru gefin út árið 1969 og í þeim var meðal annars krafist að skrúfan yrði ekki notuð til lengri tíma á snúningshraða milli 2150 til 2350 snúninga á mínútu þar sem slík notkun gæti komið af stað málmþreytu og hugsanlega leitt til þess að loftskrúfan brotnaði. Við rannsóknina kom fram að þessum lofthæfifyirmælum var framfylgt á TF-ULF. Engar upplýsingar var hinsvegar að finna í viðhaldsgögnum flugvélarinnar um hvenær fyrimælunum var framfylgt né hver gangtími loftskrúfunnar var þegar þau voru framkvæmd. Loftskrúfa flugvélarinnar var framleidd 1963 eða 6 árum áður en lofthæfifyirmælin komu út.

Annað blað loftskrúfu flugvélarinnar hafði verið rétt eftir að það bognaði í óhappi árið 1996. Ekki komu fram gögn við rannsóknina um þá viðgerð þannig að ekki var hægt að segja til um hvort blað loftskrúfunnar hafði bognað.

Snúningshraðamælir flugvélarinnar starfaði eðlilega við prófun en við rannsóknina kom í ljós að nál mælisins var bogin þannig að nálaendinn var um 5 mm frá mælisskífundi. Þar sem snúningshraðamælirinn var staðsettur hægra megin í mælaborðinu gaf þetta þeim sem flýgur flugvélinni úr vinstra sætinu skakka mynd af snúningshraðanum. Ástæðan fyrir þessu er svokölluð sýndarfærsla sem er þekkt vandamál við mæla þar sem nál er notuð til að sýna lesningu á mælisskífðu. Til þess að lesa rétt af mælinum þurfti að horfa beint framan á hann þannig að flugmaðurinn sem flaug flugvélinni úr vinstra sæti hennar varð að halla sér yfir hægra sætið til að sjá beint á mælinn.

Það er mat RNF að loftskrúfa TF-ULF hafi brotnaði vegna þess að málmþreytusprungu myndaðist frá galla undir yfirborði skrúfunnar. Líklegasta orsök þess að sprungan myndaðist var að hreyfill flugvélarinnar var starfræktur á snúningshraðasviði sem framkallar titring af sömu tíðni og eigintíðni efnis skrúfunnar. Hugsanlegt er að þetta hafi gerst áður en lofthæfifyirmælin, sem vörðuðu við notkun loftskrúfunnar á þessu snúningshraðasviði, voru gefin út. Eftir að málmþreytusprungan hafði myndast stækkaði hún í hvert skipti sem loftskrúfan var starfrækt til lengri eða skemmri tíma á snúningshraðasviðinu. Ljóst er að þetta hefur tekið langan tíma en á endanum var sprungan orðin það löng að burðurinn í því efni sem eftir var nægði ekki til að halda loftskrúfunni saman.

RNF telur hugsanlegan meðverkandi þátt vera að nál snúningsraðamælis flugvélarinnar var bogin og vegna staðsetningar snúningshraðamælisins hægra megin í mælaborðinu gaf það flugmanni ranga mynda af raunverulegum snúningshraða hreyfils flugvélarinnar. Jafnframt telur RNF mögulegt að álag sem kom á skrúfuna við óhappið 1996 hafi getað haft áhrif á myndun og vöxt málmþreytusprungunnar.

3. TILLÖGUR Í ÖRYGGISÁTT

RNF beinir því til Flugmálastjórnar að hún:

1. Sjái til þess að snúningshraðamælar flugvéla með „Sensenich“ 76EMM loftskrúfur og „Lycoming“ O-360 hreyfla með holan sveifarás verði kvarðaðir með reglulegu millibili.
2. Upplýsi flugmenn og flugvéltækna um sýndarfærslu („parallax“) í mælitækjum og hættuna sem henni getur fylgt.
3. Tryggi í eftirliti sínu með viðhaldi lítilla flugvéla að viðhaldsaðgerðir á flugvélum og íhlutum þeirra séu skráðar á viðeigandi hátt í viðhaldsdagbækur og/eða vinnupappíra. *RNF hefur gert samskonar tillögu áður, m.a. eftir rannsókn á flugslysi TF-HRB 5. júní 1995 (M-07595).*

Reykjavík 8. maí 2003

Rannsóknarnefnd flugslysa