



**FLUGMÁLASTJÓRN**

**LOFTFERÐAEFTIRLIT**

REYKJAVÍKURFLUGVELLI

PÓSTHÓLF 350, REYKJAVÍK

# SKÝRSLA UM FLUGSLYS

Sbr. lög um loftferðir, gr. 145

FLUGFÉLAGIÐ ERNIR H/F  
TF-ORM, Piper PA-23-250  
Ljósufjöllum á Snæfellsnesi  
05. apríl 1986

Slys þetta var rannsakað í þeim tilgangi einum, að hindra endurtekningu og til  
að stuðla að flugöryggi (sbr. lög um loftferðir, 145. gr.)

**EFNISYFIRLIT**

	<u>bls.</u>
<b>YFIRLIT.....</b>	1
<b>1. RANNSÓKNARATRIÐI.....</b>	2
1.1. Um flugið.....	2
1.2. Slys á mönnum.....	3
1.3. Skemmdir á loftfarinu.....	3
1.4. Aðrar skemmdir.....	3
1.5. Upplýsingar um hlutaðeigandi.....	4
1.5.1. Flugstjórinn.....	4
1.6. Upplýsingar um loftfarið.....	4
1.6.1. Um loftfarið sjálft.....	4
1.6.2. Hleðsla, jafnvægi.....	5
1.6.3. Afkastageta PA-23-250.....	5
1.6.4. Búnaður.....	5
1.6.5. Viðhald TF-ORM.....	5
1.7. Upplýsingar um veður.....	5
1.8. Leiðsögutæki.....	6
1.9. Fjarskipti.....	7
1.10. Flugvöllurinn.....	7
1.11. Flugritar.....	7
1.12. Flakið og vegsummerki.....	7
1.12.1. Vettvangur.....	7
1.12.2. Fjarskipta - og leiðsögutæki.....	8
1.12.3. Loftskrúfur og stjórntæki hreyfla.....	8
1.13. Læknisfræðileg rannsókn.....	8
1.14. Eldur.....	8
1.15. Möguleikar á að komast af.....	9
1.16. Rannsóknir og prófanir.....	9
1.16.1. Vinstri hreyfill.....	9
1.16.2. Hægri hreyfill.....	10
1.17. Aðrar upplýsingar.....	10
1.17.1. Blindflughæðir á flugleið TF-ORM.....	10
1.17.2. Um vind í lofti og takmarkandi ákvæði.....	10
1.18. Nýjar rannsóknaraðferðir.....	11
<b>2. ÁLYKTANIR.....</b>	12
<b>3. NIÐURSTÖÐUR.....</b>	16
<b>4. TILLÖGUR Í ÖRYGGISÁTT.....</b>	17
<b>5. VIÐBÆTIR</b>	

FLUGMÁLASTJÓRN  
LOFTFERÐAEFTIRLIT  
Rannsóknadeild

S K Ý R S L A   U M   F L U G S L Y S

MÁL/034/AIG/03/86

Loftfar: TF-ORM, Piper PA-23-250 Aztec.

Skráður eigandi: Flugfélagið ERNIR h/f, Ísafjarðarflugvelli.

Rekandi: Skráður eigandi.

Áhöfn: Einn - láttinn.

Farþegar: Sex - tveir slasaðir,  
- fjórir látnir.

Slysstaður: Í Ljósufjöllum á Snæfellsnesi,  
- sem næst  $64^{\circ}55'43''$  N og  $022^{\circ}35'11''$  V.

Dagur og stund: Laugardagur 5. apríl 1986, um kl. 13:26.

Tilkynnt: Loftferðaeftirlitinu var tilkynnt um að TF-ORM væri saknað um kl. 13:50 og hófst rannsókn slyssins þá þegar.

Ath. Allar tímasetningar miðast við klukku á segulböndum flugstjórnarmiðstöðvarinnar á Reykjavíkurflugvelli.

**YFIRLIT:**

Flugvélin TF-ORM, frá Flugféluginu Ernir hf. var í leiguflugi frá Ísafirði til Reykjavíkur, laugardaginn 5. apríl 1986. Flogið var blindflug, fyrst í FL-080 og síðan í FL-060. Vindur var allhvass af suðri og alskýjað.

Þegar flugvélin var yfir Stykkishólmi, óskaði flugmaðurinn eftir frekari lækkun í 5000 feta hæð og var heimiluð hún. Skömmu seinna hvarf flugvélin af radarskjá Flugstjórnarmiðstöðvarinnar.

Flak flugvélarinnar fannst í norðurhlíðum Ljósufjalla á Snæfellsnesi, um kl. 23:57 sama dag. Af 7 manns sem um borð voru, léztust 5 en 2 komust af stórsłasaðir.

Niðurstaða skýrslu þessarar er sú, að líklegt er talið að flugvélin hafi flogið inn í svo öfugt niðurstreymi, að afkastageta hennar nægði ekki til þess að unnt væri að ná henni út úr því, áður en hún rakst á fjallshlíðina.

Í skýrslunni eru gerðar nokkrar tillögur í öryggisátt.

## **1. RANNSÓKNARATRIÐI:**

### **1.1. Um flugið:**

Laugardaginn 5. apríl 1986, kl. 13:15 var áfórmáð áætlunarflug Flugleiða hf., frá Reykjavík til Ísafjarðar fellt niður, vegna þess að vindur á Ísafjarðarflugvelli var ofan marka, sem Flugleiðir hafa sett þar fyrir F-27 flugvélar sínar. Vindamörk Ernis hf. eru svipuð mörkum Flugleiða hf. í þeirri átt sem þarna var. Sjá gr. 1.7. og gr. 1.17.2.

Þegar ljóst var, að ekki yrði af áætlunarfluginu, leituðu nokkrir farþeganna, sem höfðu átt bókað far með Flugleiðum hf., til Ernis hf. um flug til Reykjavíkur. Þar voru þegar nokkrir menn á biðlista fyrir flug, ef flogið yrði til Reykjavíkur á vegum Ernis hf.

Ákveðið var að einn af flugmönnum félagsins, sem átti vakt þennan dag færi þetta flug, ef fært yrði vegna veðurskilyrða. Hann undirbjó flugið á TF-ORM, einni flugvél Ernis hf. Innri eldsneytisgeymar voru sem næst fullir, eða 36 USG. í hvorum um sig, en það var bensin til um 3 klst. flugs. Ytri geymarnir voru næstum tómir að sögn starfsmanna Ernis hf.

Hann skoðaði veðurupplýsingar, sem var að finna í tölvukerfi Flugleiða hf., en skjár tengdur því er í flugstöðinni á Ísafjarðarflugvelli.

Svohljóðandi flugáætlun var síðan send Flugstjórnarmiðstöðinni í Reykjavík:

"Blindflug TR-ORN, Ísafjörður - Reykjavík, um Stykkishólm, frá radiótitanum "ÍS", yfir radiótítann "ST" og þaðan "Amber-1" að radiótitanum "RK". Fluglag 080, brottför 12:00, flugtími 0:57 klst. og flugþol 3 klst".

Radiótítinn "ST" er við Stykkishólmsflugvöll og "RK" er á Suðurnesi við Reykjavík.

Brottför dróst m.a. vegna óhagstæðs winds á Ísafjarðarflugvelli, en loks var ákveðið, að fara um hádegisbilið. Vindur var þá  $180^{\circ}$ - $220^{\circ}$ , 10 hnútar og gustaði í 20 hnúta. Þetta var innan marka Ernis hf. Flugtak á Ísafirði var kl. 12:30 og komutími til Reykjavíkur var áætlaður kl. 13:27.

Kl. 12:41 kallaði hann Flugstjórnarmiðstöðina í Reykjavík og sagði flugtak hafa verið kl. 12:30, hann væri í FL-080 og áætlaði "ST" kl. 13:02.

Flugmaðurinn var í talsambandi við Flugstjórnarmiðstöðina í Reykjavík á leiðinni og virtist allt vera með eðli-legum hætti.

Um kl. 12:50 kom flugvélinn inn á skjá aðflugsradars Reykjavíkurflugvallar og var þá yfir sunnanverðu Glámu-hálendinu, (Sjá Viðb. 5.1.). Kl. 12:52:15, þegar flugvélin var stödd skammt norður af norðurströnd Breiðafjarðar, var flugmanninum samkvæmt eigin ósk, veitt heimild til þess að lækka flugið úr FL-080 í FL-060.

I upphafi flugs áætlaði flugmaðurinn, að vera við "ST" kl. 13:02 og yfir "RK" kl. 13:27. Þegar flugumferðarstjórinн sá, hvað flugvélinni miðaði hægt, breytti hann áætluðum tíma yfir "ST" í 13:13 og yfir "RK" í 13:43. Þeim tíma breytti Aðflugsstjórn síðan í 14:00, eftir að flugvélin kom yfir Stykkishólm.

Réttur flughraði (TAS), sem gefinn var í flugáætluninni til flugumferðarstjórnar, var 160 hnútar. Samkvæmt upptöku myndbands aðflugsradarsins, var hraði TF-ORM yfir jörðu, á fluginu þvert yfir Breiðafjörðinn, um 80 hnútar.

Flugvélin hélt næst FL-060 að "ST", en kl. 13:20, þegar flugvélin var yfir "ST", kallaði flugmaðurinn Flugstjórnarmiðstöðina og óskaði eftir því að mega lækka flugið í lágmarkshæð, sem er 5000 fet barna yfir Snæfellsnesið.

Flugumferðarstjórn heimilaði TF-ORM þá að lækka flugið í 5000 fet, á QNH 1018 Mb., sem var loftþrýstingurinn í Reykjavík og flugmaðurinn las heimildina til baka. Eftir það voru engin fjarskipti við flugvélina.

Myndbandið sýnir, að eftir að flugvélin fór yfir "ST" kl. 13:20:05, fór hún að lækka flugið og sveigja til vinstri eða til austurs. Lækkunin var að meðaltali um 550 fet/mín., þar til flugvélin hvarf af radarskjánnum kl. 13:24:40. Þá var hún að lækka hægt flugið og komin í 4500 feta hæð norðan Ljósufjalla, um 6,5 sjóm. suður fyrir "ST" og 1,5 sjóm. austur fyrir ferilinn að "RK".

Farþegi, sem lifði af slysið, segir að flogið hafi verið í skýjum og talsverður ís hafi hlaðist á framrúðuna og hann varð var við að flugvélin fór að lækka flugið.

Samkvæmt frásögn hans, var lækkunin fremur róleg og rétt eftir að hún byrjaði, fór ísingin af brotna af framrúðunni. Allt í einu "fél flugvélin niður" og tók gífurlega dýfu sem stóð talsverða stund. Hann segir fólkioð hafa "hangið í öryggisbeltunum" og skelfingu gripið um sig.

Síðan þrýstist fólkioð niður í sætin og það var eins og flugvélin væri að ná sér út úr dýfunni. Þá sá farþeginn kletta við hliðina á flugvélinni og augnabliki síðar skall hún í jörðina og hann missti meðvitund.

Kl. 13:28 kallaði flugstjórnarmiðstöðin í TF-ORM, en ekkert svar fékkst, þrátt fyrir ítrekaðar tilraunir.

Fljótlega varð ljóst, að ekki var allt með felldu, eftirgreßnslan hófst og síðan allsherjar leit.

Flak flugvélarinnar fannst um kl. 23:57 um kvöldið, í norðurhlíðum Ljósufjalla, í um 2400 feta hæð yfir sjávarmáli og um 2 sjóm. frá þeim stað er radarmerkið hvarf.

#### 1.2. Slys á mönnum:

Meiðsli	Ahöfn	Farþegar	Aðrir
Banvæn	1	4	-
Ekki banvæn	-	2	-
Lítill/Engin	-	-	-

#### 1.3. Skemmdir á loftfarinu:

Loftfarið gereyðilagðist.

#### 1.4. Aðrar skemmdir:

Engar.

1.5. Upplýsingar um hlutaðeigandi:

1.5.1. Flugstjóriinn: Karlmaður 34 ára, [REDACTED] skírteinisnúmer hans hjá flugmálastjórn var [REDACTED]

Hann hlaut flugnemaskirteini [REDACTED] mars 1969, einkaflugmannsskírteinini [REDACTED] jan. 1970, skírteini atvinnuflugmanns III-fl. [REDACTED] 1973 og blindflugréttindi [REDACTED] júlí 1977. Loks hlaut hann skírteini atvinnuflugmanns-II.fl./flugvél [REDACTED] okt. 1981.

Hann öðlaðist réttindi flugkennara [REDACTED] maí 1978 og starfaði í nokkur ár sem flugkennari, en í maí 1981 réðist hann sem flugmaður til Leiguflugs Sverris Þóroddssonar.

Í marz 1984 var hann ráðinn til Flugfélagsins Ernis hf. á Ísafirði og starfaði þar til dauðadags.

Flugskírteinið var í gildi til 30. nóv. 1989. Síðasta I.-fl. heilbrigðisskoðun stóðst hann [REDACTED] nóv. 1985 og síðasta hæfnipróf stóðst hann í gerviflugpjálfa Flugleiða hf., hinn [REDACTED] nóv. 1985. Þar á undan stóðst hann hæfnipróf í PA-23, með þjálfunarflugmanni Ernis hf., hinn [REDACTED] nóv. 1984.

Þegar slysið skeði, var flugtími hans, samkvæmt flugdagbók og gögnum Ernis hf., nálægt því að vera svo sem hér greinir:

Heildarflugtími: 3234:42 klst., þar af á PA-23 liklega hátt í 700 klst., en hann hlaut réttindi til þess að stjórna þeirri tegund flugvélalíðarins apríl 1971.

Flugtími sl. 90 dagana fyrir slysið, varð samtals 85:48 klst., þar af voru 23:42 klst á PA-23, allt á TF-ORM.

Flugmaðurinn var í leyfi frá 27. febr. til 1. apríl og eftir það flaug hann samtals 16:24 klst., þar af 7:12 klst á TF-ORM.

Lendingar aðeins þessa 5 síðustu daga urðu 26 samtals, þar af 24 á TF-ORM, en lendingar eru mjög margar á flugvélum Ernis hf., vegna þess hve flugin eru stutt að jafnaði.

1.6. Upplýsingar um loftfarið:

1.6.1. Um loftfarið sjálft:

Tveggja hreyfla farþegaflugvél, af gerðinni Piper PA-23-250. Flugvélin var smíðuð árið 1971 hjá Piper Aircraft Corp. flugvélaverksmiðjunum, Lock Haven, Pennsylvania, í Bandaríkjunum. Raðnúmer hennar var 27-4650.

Tæknistjórn Flugfélagsins Ernis hf. er hjá féluginu sjálfu, en skoðanir flugvél félagsins, en þar á meðal var TF-ORM, eru gerðar hjá Flugfélagi Norðurlands hf., á Akureyrarfugvelli

Heildarflugtími TF-ORM frá smíði varð samtals 5530:20 klst., þar af voru samtals 60:36 klukkustundir frá síðustu skoðun, sem var 50 klst. skoðun og frá síðustu 100 klst. skoðun þar á undan, voru 117:54 klukkustundir.

Hún var búin tveimur bulluhreyflum.

Vinstri hreyfill: Af gerðinni AVCO Lycoming IO-540-C4B5., 250 hestöfl, raðnúmer L-17735-40A. Heildargangtími hans varð samtals 1657:36 klst. frá síðustu grannskoðun.

Hægri hreyfill: Af gerðinni AVCO Lycoming IO-540-C4B5, 250 hestöfl, raðnúmer L-7123-48. Heildargangtími hans varð samtals 339:42 klst.

Í hvorum væng voru 3 eldsneytisgeymar. Innri geymir tók 36 USG, en ytri geymar voru samtengdir og tóku 60 USG samtals. Alls var því geymarými fyrir 96 US gallon í hvorum væng.

Flugvélín var keypt notuð frá Bandaríkjunum og skráð hér á landi sem TF-ORM, hinn 1. ágúst 1978, eign Flugfélagsins Ísnir hf. á Ísafirði, sem notaði flugvélina til farþega-, póst- og vörufutninga.

Lofthæfisskirteini hennar var síðast endurnýjað 10.09.1985 í gildi til 30.09.1986.

**1.6.2. Hleðsla og jafnvægi:** Ekki var gerð hleðsluskrá fyrir flugið, eins og Flugrekstrarbók Ernis hf. segir þó fyrir um, en þar sem unnt var með all miklu öryggi að segja til um það, hversu mikill þungi farms og farangurs fór um borð í flugvélina, var við rannsóknina gerð hleðsluskrá byggð á þeim upplýsingum.

Ljóst er, að við flugtak á Ísafirði var flugvélin nánast á hámarksflugtaksþunga, eða um 30 kg. undir hámarksmassa, sem var 2360 kg. og þungamiðja lá innan réttra marka.

**1.6.3. Afkastageta PA-23-250:** Samkvæmt afkastagetutöflum framleiðanda fyrir PA-23-250, þá er mesta klifur þessarar flugvélartegundar með fulla orku á báðum hreyflum, um 1450 fet/min. á hámarks massa, en þessar tölur eru miðaðar við nýja flugvél, með nýja hreyfla og við bestu aðstæður.

**1.6.4. Búnaður:** Flugvélin TF-ORM var búin tækjum til og skráð til atvinnuflugs og blindflugs. Hún hafði m.a. ísvarnarbúnað á vængjum og á framrúðu flugstjóra. Flugvélin var búin hæðarmæli með radarsvara (Transponder). Radarsvarinn er alltaf stilltur á málþrýsting, 1013.2 mb.

**1.6.5. Viðhald TF-ORM:** framkvæmda - og flugrekstrarstjóri Ernis hf. er jafnframt tæknistjóri. Daglegar skoðanir á TF-ORM voru gerðar á Ísafirði, en aðrar skoðanir gerðar hjá Flugfélagi Norðurlands hf. á Akureyri, samkvæmt samningi milli félaganna.

#### 1.7. Upplýsingar um veður:

Flugmaðurinn hafði aðgang að tölvukerfi Flugleiða hf. á Ísafjarðarflugvelli og skoðaði upplýsingar, sem þar voru, er hann undirbjó flugið. Þar var spá fyrir tímabilið kl. 0700 til 1700 um veður og vindi í lofti, svo sem hér segir:

- Í 8000 feta hæð  $190^{\circ}$  30 - 40 hnútar, hiti -  $5^{\circ}$ ,
- 10000 feta hæð  $190^{\circ}$  35 - 45 hnútar, hiti -  $8^{\circ}$
- 14000 feta hæð  $200^{\circ}$  35 - 45 hnútar, hiti -  $12^{\circ}$
- 16000 feta hæð  $210^{\circ}$  35 - 45 hnútar, hiti -  $18^{\circ}$ .

Spáð var lagskiptum skýjum og frostmarki í um 4000 feta hæð.

Veðurstofa Íslands gerði sérstaka athugun um veður á landinu og í nágrenni slysstaðarins á slystímanum. Skýrslu Veðurstofunnar um athugun þessa er að finna í Viðbæti 5.3.

Veðri var þannig háttar að þeim tíma er slysið varð, að um 1035 mb. hæð var milli Skotlands og Færeys, en um 985 mb. djúp lægð vestur af landinu, á leið norður Grænland. Kuldaskil frá þessarri lægð voru á austurleið, rétt út af Snæfellsnesi.

Framan af degi var landið í "hlýjum geira". Þetta hlýja loft streymdi til norðausturs og kuldaskil nálguðust úr vestri. Þau voru skammt út af Snæfellsnesi á hádegi.

Úrkombeltið, sem fylgdi skilunum, var um 180 km. á breidd, Talsvert rigndi vestanlands meðan skilin voru að þokast inn á landið og vindur yfir landinu var yfirleitt úr suðri, eða lítið eitt vestan við suður. Á Íslandskortinu frá hádegi er sunnanátt algengust á veðurathugunarstöðvum vestantil á landinu, en þróstilínur benda til að vindur í fjallahæð hafi verið 200°-210°.

Hvasst var í lofti, og hvassast var yfir landinu vestanverðu, rétt á undan kuldaskilunum. Veðurstofan telur líklegt, að miðað við veðurkort kl. 1200, hafi 50-60 hnúta vindstrengur legið yfir innanvert Snæfellssnes.

Í Stykkishólmi var á þeim tíma er slysið skeði, um 9 km skyggni, regn á sl. klukkustund, skýjafar 7/8 stratus, lægst 600 - 1000 fet, 8/8 skýjað alls, hiti 6° og daggarmark 3°.

Greinilegar fjallabylgjur voru yfir Snæfellssnesi og þær virtust hafa verið hvað atkvæðamestar á veðurtunglamynnum teknum kl. 12:29 og kl. 14:09. Vindur var að aukast á þessum tíma og samspil við breytingu bylgna, ásamt landfræðilegum aðstæðum, styrkti bylgjumyndun yfir Ljósufjöllum í þessarri vindátt.

Veðurstofan telur, að bylgjulengdin hafi verið nokkuð breytileg, en milli gervitunglamynnda sem teknar voru kl. 1229 og 1409, virðist hún hafa aukist úr 18 km. í 27 km. og það þykir benda til þess, að vindur í fjallahæð (700-1200 m.) hafi verið 60 - 65 hnútar kl. 12:29, en allt að 80 hnútar kl. 14:09, og þá líklega nálægt hámarki. Þá hafi hraði loftsins í upp - og niðurstreymi í bylgjunum verið 1800 til 2400 fet/min. og miklu meira í niðurstreymingu yfir norðanverðum fjöllunum.

Einnig telur Veðurstofan, að allsterkur "rotor" eða hvirfilský, hafi verið í fyrstu hlébylgju norðan Ljósufjalla og hefur leið flugvélarinnar legið gegnum bylgjuna nálægt Stykkishólmi.

Veðurstofan telur líklegt, að skýjatoppar á flugleið TF-ORM hafi náð í um það bíl 8000 til 11000 feta hæð. Einnig að skýjatoppar hafi verið nokkrum hærri yfir Snæfellssnesi, í bylgjugörðum á Breiðafirði og yfir Vestfjörðum, e.t.v. því, sem hæð fjallanna nemur. Frostmark var líklega í 3000-3500 feta hæð í bylgjutoppum yfir Breiðafirði, en líklega nær 4000 fetum milli þeirra.

Líklegt er, að allmikil ísing hafi verið í bylgjutoppum, einkum í fyrstu hlébylgju og í efri hluta rotorsins í henni.

Þá telur Veðurstofan, að sé tillit tekið til fráviks frá málhita og áhrifa windsins, er streymdi yfir fjallgarðinn, þá hafi mátt reikna með því að í 5000 feta hæð norðan hans, hafi hæðarmælir flugvélar sýnt 515 fetum of hátt.

#### 1.8. Leiðsögutæki:

Flugvélin var all vel búin tækjum til blindflugs. Hún var búin tvöföldum fjölstefnumóttakara (VOR/ILS), tveimur radióáttavítum (ADF), radarsvara (Transponder) og svæðisleiðsögutæki (R-NAV). Fjarlægðarmælir (DME) var hinsvegar í viðgerð og ekki í flugvélinni.

### 1.9. Fjarskipti:

Flugmaðurinn hafði eðlileg fjarskipti, fyrst við flugradióð á Ísafirði og síðan við Flugstjórnarmiðstöðina í Reykjavík og fjarskiptataekið var stillt á tíðni hennar.

### 1.10. Flugvöllurinn:

Á ekki við.

### 1.11. Flugritar:

Flugritar voru ekki í TF-ORM og þeirra ekki krafist.

### 1.12. Flakið sjálft og vegsummerki:

1.12.1. Vettvangur: Flugvélin var var í um 730 metra (2200 feta) hæð yfir sjávarmáli, inni í dálítilli hvilft, sem gengur inn í fjallgarðinn fyrir botni Sóldýjadals, en hann skerst inn í fjallabáknið Ljósufjöll, á milli Gullkistu að vestan og Skyrtunnu að austan. Hæstu tindar fjallanna suður af slysstaðnum, ná upp í um 1063 metra (3485 feta) hæð yfir sjávarmáli.

Slysstaðurinn var nálægt því að vera á  $026^{\circ}$  geismanum "FRÁ" eða á  $206^{\circ}$  geismanum "AD" fjölstefnuvitum á Keflavíkurflugvelli.

Miðað við flugstefnuna, þá voru fram undan brattar brekkur upp að klettarana, sem gekk út til vinstri og mikil klettabelti beint fram undan og á hægri hönd i hálfhring við slysstaðinn. Aftur undan var hæðardrag, talsvert hærra en slysstaðurinn, en á hægri hlið var brött fjallshliðin niður undan.

Þar sem flugvélin flaug í fjallshliðina, var mjög mikill, þykkur og nokkuð þungur snjór. Segulstefna ferilsins var um  $142^{\circ}$  og hann lá skáhallt utan í og upp eftir hliðinni. Halli landsins var á slysstað um  $10^{\circ}$  til vinstri, miðað við flugstefnuna, en hallinn jókst mjög neðan við flakið.

Flugvélin hafði flogið utan í hliðina sem næst í lárétti stöðu, en lækkun (rate of descent) var greinilega mjög mikil.

Ummerki voru nokkuð greinileg, en talsvert hafði snjóað í förin, þegar rannsakendur komu á slysstað.

Fyrstu ummerki voru eftir hægri vænginn, sem grófst í snjóinn og brotnaði af við búk flugvélarinnar.

Síðan kom við og um 100 sm. djúp gryfja eftir sjálfan búkinn. Þá tókst flugvélin á loft aftur og kastaðist beint áfram um 21 metra og nam staðar. Flakið lá um 2 metrum ofar en fyrstu ummerki.

Báðir vængir og nefið voru brotin af flugvélinni.

Hægri vængurinn brotnaði aftur og lá skáhallt aftur með búknum. Skrúfublöð hægri hreyfils báru með sér, að mikið afl hafði verið á hreyflinum, þegar blöðin tóku niðri. Vængendinn var brotinn af, vængurinn rifinn upp og eldsneytisgeymar rifnir sundur.

Vinstri vængurinn var einnig brotinn frá búknum. Hann var á réttum stað, en á hvolfi. Hreyfillinn hafði stungist niður og vængurinn snúist sundur við búkinn, um leið og honum hvolfdi í heilu lagi. Skemmdir á skrúfublöðum vinstri hreyfils voru ekki miklar.

Afturhluti búksins var heill, en á móts við fremstu sætisbök eða vængbitann var krumpa í búknum. Fremsta hliðar-rúða vinstra megin var brotin, svo og framrúðan. Hurðin, sem er á hægri hlið flugvélarinnar, var brotin af og lá nokkuð frá flugvélinni. Nef flugvélarinnar var að mestu tætt af og klesst að mælaborði.

Gólfíð var gengið upp, mest í fremri hluta flugvélarinnar. Sætisfætur höfðu kiknað og flugvélin bar þess greinileg merki, að fallhraði hennar (Rate-of-descent) var mikill, þegar hún rakst í jörðu.

Vængbörð og hjól voru uppi.

**1.12.2. Fjarskipta - og leiðsögutæki:** Báðir fjölstefnumóttakarnir, voru stilltir á fjölstefnuvitann á Keflavíkurflugvelli (KEF-VOR 111,2 MHz). Annar sýndi 024° geislann og hinn 018° geislann "TIL" fjölstefnuvitans. Vegna skemmda á tækjunum, reyndist ekki unnt að finna á hvaða tíðni tveir móttakarar ráðið áttavítanna voru stilltir. Annar sýndi 10° og hinn 198°. Ekki var kveikt á svæðisleiðsögutækinu (R-NAV).

Hæðarmælirinn vinstra megin var stilltur á 30 tommur, eða 1016 Mb. Hann var brotinn og sýndi 1220 fet. Sá sem var hægra megin í mælaborðinu var stilltur á 1015 Mb. og hann sýndi 2310 fet.

**1.12.3. Loftskrúfur og stjórntæki hreyfla:** Engin leið var að sjá, hver skurður skrúfublaðanna hafði verið er þau tóku niðri, en eftir skemmdum á þeim að dæma, virtist a.m.k. hægri hreyfill hafa verið á miklu afli.

Handföng eldsneytisgjafa, blöndustyrks og skurðstilla loftskrúfna virtust öll hafa verið fram, þ.e. að hreyflar hafi verið stilltir á fullt afl, ríka blöndu og finan blaðskurð. Aftur á móti var stjórnbörðið mjög skekkt og öll áðurnefnd handföng af þeim sökum færst nokkuð aftur í slysinu.

Eldsneytishani hægri hreyfils var stilltur á innra vænggeymi, en eldsneytishani vinstri hreyfils var brotinn fram, þannig að hann var stilltur á ytri geyma.

Samtengirofi (Crossfeed) var "A", en var brotinn úr stillingu, þannig að hann gat hafa verið í hvaða stöðu sem var. Kælispjöld hreyfilhlifa voru í hálf-opinni stöðu.

#### **1.13. Læknisfræðileg rannsókn:**

Krufning Rannsóknarstofu Háskóla Íslands leiddi í ljós, að flugmaðurinn lést af miklum meiðslum á höfði og brjósti.

Engin merki um eitranir, kolsýrling eða áfengi fundust í blóði hans.

#### **1.14. Eldur:**

Eldur kom ekki upp.

### 1.15. Möguleikar á að komast af:

Læknir var í fyrsta hópi björgunarmanna sem kom á slysstað.

Flugmaðurinn og farþegi við hlið hans voru látnir og í sætum sínum. Farþegi í vinstra sæti í miðröð var á lifi, en meðvitundarlitill og mikið slasaður. Hægra sætið í miðröðinni með farþeganum í, hafði kastast út úr flugvélinni. Það lá utan flugvélarinnar og var hann í því látinna.

Í öftustu sætaröðinni voru tveir farþeganna auk kornabarns. Vinstra megin var karlmaður, slasaður en með fullri meðvitund. Hann var með barnið í fanginu og það hafði láttist í slysinu.

Hægra megin var móðir barnsins. Hún var stórlösuð og meðvitundarlaus. Hún lést skömmu síðar, er verið var að flytja hana niður af fjallinu.

Í flugvélinni voru öryggisbelti á öllum sætum, en ekki axlaólar. Allir höfðu haft beltin spennt, nema barnið.

### 1.16. Rannsóknir og prófanir:

#### 1.16.1. Vinstri hreyfill:

Við nánari athugun kom eftirfarandi í ljós:

A. Ástand bulla, bulluhringja, ventla, sveifaráss, smuroliu, bensínsiu, kveikja og annars aukabúnaðar var gott og ekkert benti til að um bilun hafi verið að ræða, sem valdið hefði getað gangtruflun eða bilun,

B. Ljóst er af ummerkjum, að staða afgjafans var á fullu afli þegar slysið varð,

C. Fjögur af tólf kertum stóðust ekki próf í þar til gerðu prófunartæki, vegna mikillar blýútfellingar sem í þeim var. Þau voru því sett í annan hreyfil sömu gerðar og reyndust þá 3 þeirra vinna rétt við uppkeyrslu á jörðu, en eitt reyndist algjörlega skammhlaupið.

Tvö kertanna reyndust vera af rangri tegund (EM41), sem ekki er viðurkennd fyrir þennan hreyfil. Ekki er þó talið að þau hafi valdið gangtruflunum.

D. Háspennuþræðirnir til kertanna voru í slæmu ásig-komulagi, mjög víða mikið nuddaðir og var jarðhlífin (screening) ýmist í sundur vegna nudds, eða vegna beygjunnar við kertin. Má ætla, eftir úttiitinu að dæma, að ekki hafi verið skipt um háspennuþræðina þegar hreyfillinn var síðast grannskoðaður.

E. Við skoðun inntakspippana (6 stk.) kom í ljós að gúmmimúffan, sem tengir hvert rör við stút, sem stendur út úr oliupönnunni, hafði aðeins farið 3-4 mm. uppá stútinn á þremur stöðum og hosukleman síðan verið hert, án þess að hún færi inn á stútinn.

Hefur þetta síðan smámsaman gliðnað og farið að draga loft, sérstaklega þegar blönduþrýstingur er lágor (við miðlungs afl og lítið afl) og valdið veikri blöndu á þeim strokkum, sem fyrir lekanum verða og sterkri blöndu á hina.

F. Loftskrúfan, sem var af gerðinni Hartzell HCE2YR-2RB5, raðnúmer BP3543, hafði verið grannskoðuð 871:36 klst. fyrir slysið. Hún reyndist mjög lítið skemmd.

Af blöðum hennar má ráða, að afl hefur verið á hreyflinum, þar sem bæði blöðin virtust hafa bognað lítillega framávið, áður en þau bognuðu aftur.

Ógerningur er að að staðhæfa hversu mikið aflið var, en af ummerkjum má sjá að skrúfan snérist inn og hálfan snúnning, eftir að hreyfilhlífin kýldist upp undir skrúfuöxlunni og e.t.v. 1 til 2 snúninga eftir það, þegar vængurinn snérist af og honum hvolfdi. Liklegt er, að fyrirstaða hafi verið verulega minni og mykri en á hægri loftskrúfunni, er þær tóku niðri.

G. Ekkert fannst athugavert við eldsneytisstjórnkerfi hreyfilsins, leiðslur eða úðara.

H. Ekkert fannst athugavert við loftinntakskerfið, né það kerfi, sem fyrirbyggja á ísmyndum í intakskerfi hreyfilsins. Hugsanlegt er að ís hafi safnast á loftþrýstiþreifurum (impact tubes), en þeir eru 4 talsins og eru staðsettir framan við eldsneytisstýritækisins (fuel control unit).

Slik ísing þarf ekki að verða mikil, til þess að hafa veikjandi áhrif á blönduna, en það leiðir til minnkandi afls. Ógerlegt reyndist að staðfesta hvort afisingartækin fyrir hreyfilinn voru "A" eða "AF".

#### 1.16.2. Hægri hreyfill:

Rannsókn á hægri hreyfli og loftskrúfu hans, leiddi í ljós, að hreyfillinn hafði gengið á miklu afli, er skrúfublöðin tóku niðri.

Bæði blöð skrúfunnar voru kengbogin og brotin.

### 1.17. Aðrar upplýsingar:

#### 1.17.1. Blindflughæðir á flugleið TF-ORM:

Lágmarksflughæðir fyrir blindflug á ferli TF-ORM, eru 4600 fet að Snæfellsnesi, 5000 fet yfir Snæfellssnes og 3500 fet yfir Faxaflóá á flugleið "Amber-1". Þessar hæðir tryggja 1500 feta lágmarkshæð yfir hæstu hindrun á flugleiðinni við málskilyrði.

#### 1.17.2. Um vind í lofti og takmarkandi ákvæði:

Réttur flughraði TF-ORM var gefinn upp 160 hnútar í flugáætluninni. Raunverulegur flugtími í farflughæð yfir Breiðafjörðinn eða 37 sjómílna vegalengd, var um 27 mínútur. Samkvæmt því hefur vindur á móti verið um 80 hnútar.

Flugrekstrarbækur flugrekenda hafa að geyma ákvæði um takmarkanir á flughæðum, eftir vindstyrk í lofti.

Í Flugrekstrarbók Ernis hf. segir svo m.a.:

#### "2.1.8. Lágmarksflughæðir.

2.1.8.2. Þegar gerð er flugáætlun í blindflugi yfir Íslandi og velja á lágmarksflughæð, skal bæta við útreiknaða lágmarkshæð eftirfarandi leiðréttingu, ef spáð er eða mældur vindur í viðkomandi hæð er:

0 - 20 hnútar. Engin leiðréttning,

20 - 34 hnútar. Bæta 1000 fetum við lágmarkshæð.

35 - 59 hnútar. Bæta 2000 fetum við lágmarkshæð.

60 hnútar og yfir. Ófært."

#### 1.17.3 Vindtakmarkanir á Ísafirði:

Þegar flugið var undirbúið, var vindur á flugvellinum á Ísafirði á bilinu  $180^{\circ}$ - $240^{\circ}$  og vindstyrkur 10 til 20 og upp í 35 hnúta. Við brottför TF-ORM frá Ísafirði, var vindur  $180^{\circ}$ - $220^{\circ}$  10 hnútar gustaði í 20 hnúta.

Flugrekstrarbók Flugleiða hf. gerir ráð fyrir 10 hnúta hámarksvindi á bilinu  $100^{\circ}$ -  $209^{\circ}$  og 20 hnútum á bilinu  $210^{\circ}$ - $249^{\circ}$ . Flugrekstrarbók Ernis gerir ráð fyrir 10 hnúta hámarksvindi og 15 hnúta hámarksgusti á bilinu  $110^{\circ}$ -  $210^{\circ}$  og 20 hnúta hámarksvindi á bilinu  $210^{\circ}$ -  $230^{\circ}$ .

#### 1.17.4 Hæðarmælisskekkjur:

Veðurstofa Íslands gerði athugun á þeim skekkjum, sem gætu valdið skekkjum á aflestri hæðarmælis TF-ORM og var niðurstaðan eftirfarandi:

a) Hitaleiðréttung: Hiti við sjávarmál var  $6^{\circ}$ -  $7^{\circ}$ , eða  $8^{\circ}$ -  $9^{\circ}$  undir málhita. Sé tillit tekið til, að í bylgjutoppum og yfir fjallinu var loft lítið eitt kaldara en annars staðar, er eðlilegt að miða við, að loftið hafi verið  $10^{\circ}$  kaldara en málloft. Af því leiðir um 4% skekkju í hæðarmælingu.

Í lágmarksflughæð yfir Ljósufjöllum, 5000 fetum, sýnir hæðarmælirinn því um 200 fetum of hátt.

b) Vindleiðréttung: Loftþrýstingur lækkar í hvössum vindstrengjum. Hafi vindur í fjallahæð verið nær 80 hnútar, samsvarar það því að hæðarmælir hafi sýnt 315 fetum of hátt. Hafi vindurinn í strengnum yfir fjallið hinsvegar verið meiri, vex skekkjan með vindhraðanum í öðru veldi og hæðarmælisskekjan vex mjög hratt. (100 hnútar samsvara 490 feta skekkju á hæðarmæli).

Séu þessar leiðréttningar lagðar saman, fæst að í 5000 feta hæð sýnir hæðarmælirinn 515 fetum of hátt, en það jafngildir því að í þeirri hæð sé QNH um 17 mb lægra en við sjávarmál. Til viðbótar eða frádráttar þessari skekkju kæmi mismunur á stillingu mælisins og þrýstingi við sjávarmál á þessum stað, sem getið er í lið c).

c) Stillingarskekja: Loftþrýstingur í Stykkishólmi um það leyti sem slysið skeði, var 1015 mb. Hæðarmælir flugmanns í flaki flugvélarinnar TF-ORM sýndi 1016 mb. og sá sem var hægra megin sýndi 1015 mb. Munurinn 1 mb. er 30 fet og hefði því mælirinn átt að sýna 30 fetum of hátt þessvegna. Hafi hæðarmælir flugmannsins verið stilltur á 1018 mb., eins og gefið var í heimildinni, er um að ræða 3 mb. eða 90 feta skekkju, sem hæðarmælirinn hefur sýnt of hátt.

Skekka samkvæmt liðum a) og b) er 515 fet., en sé hún lögð við það sem kemur fram í lið c) hér að ofan, má reikna með því, að hæðarmælir TF-ORM hafi sýnt 605 fetum of hátt, miðað við raunverulega flughæð flugvélarinnar.

#### 1.18. Nýjar rannsóknaraðferðir:

Engar.

## 2. ÁLYKTANIR:

Tilefni flugsins var fyrst og fremst það, að áætlunarflugvél Flugleiða hf. kom ekki frá Reykjavík og nokkrir farþegar, sem ætluðu til Reykjavíkur, sóttust eftir fari með flugvél Ernis.

Vindstefna- og styrkur á Ísafjarðarflugvelli við brottför TF-ORM, sveiflaðist nokkuð og var ýmist undir, við eða yfir hámarksmörkum Ernis og flugvélin TF-ORM fór loks kl. 12:30.

Flugmaðurinn kannaði veður og vinda á flugleiðinni í tölvukerfi á Ísafjarðarflugvelli fyrir brottför. Ekkert kom fram, er benti til þess að hann hefði leitað eftir upplýsingum annars staðar frá og þar af leiðandi hafði hann engar upplýsingar um hugsanlegar fjallabylgjur.

Flugvélin kom inn á radarskjá að flugsstjórnar Reykjavíkurflugvallar um kl. 12:50 og var hún þá norðan Breiðafjarðar á stefnu að "ST".

Veðurstofan telur líklegt í skýrslu sinni, sem um getur í gr. 1.7., að vindur í fjallahæð (700-1200 m) hafi verið 60 - 65 hnútar kl. 12:29, en allt að 80 hnútar kl. 14:09, og þá líklega nálægt hámarki. Þá hafi upp - og niðurstreymi verið 1800 til 2400 fet/mín. í bylgjunum, en miklu meira í loftstraumnum, sem féll norður af fjallgarðinum.

Veðurstofan álítur, að líklega hafi verið allmikil ísing í bylgjutoppum, einkum í fyrstu hlébylgju og í efri hluta rotorsins í henni.

Samkvæmt frásögn farþega er af komst, hlóðst talsverður ís á framrúðu flugvélarinnar. Ísinn fór samkvæmt frásögn hans að brotna af, skömmu eftir að flugvélin hóf að lækka flugið. Hugsanlegt er þó, að einhver ís hafi verið eftir á flugvélinni, en ekki reyndist unnt að sannreyna það, vegna þess að hiti var yfir frostmarki á slysstað.

Yfir Stykkishólmi var alskýjað og hæð lægstu skýja náði niður í 600 til 1000 feta hæð. Líklegt er talið, að skýjatoppar hafi náð í 8000 til 11000 feta hæð. Lengst af var TF-ORM flogið í skýjum, samkvæmt frásögn farþega sem komst af. Ekki er óhugsandi að grisjað hafi niður milli bylgjutoppa.

Flugáætlunin gerði ráð fyrir því, að farflugið alla leið að "RK" yrði í FL-080. Flugmaðurinn óskaði hinsvegar eftir leyfi til þess að lækka flugið, fyrst í FL-060 og síðan í lágmarkshæð, eða 5000 fet.

Þá liggur það fyrir, að spáð var 30 til 40 hnúta vindi í 8000 feta hæð og samkvæmt Flugrekstrarbók Ernis hf. mátti því ekki fljúga í minni hæð en FL-070 yfir Snæfellsnesið, þar sem lágmarkshæð til blindflugs er 5000 fet við málskilyrði. Þar að auki mætti ætla, að flugmaðurinn hafi "mælt" vindstyrkinn, sem var um 80 hnútar á móti yfir Breiðafjörðinn, svo sem getið er um í gr. 1.17.2. hér á undan.

Samkvæmt radarmynd af ferli flugvélarinnar, hélt hún flughæðinni FL-060 þvert yfir Breiðafjörð. Hún var á réttum ferli og flugmaðurinn gaf staðarákvörðun á réttum stað yfir "ST". Virðist því lítill vafi leika á því að hann hafi gert sér grein fyrir hinum mikla mótvindi og jafnframt því, að

þegar hann fór yfir "ST" hafi hann, með sama hraða yfir jörð, hlotið að eiga a.m.k. 8-9 mínútna flug eftir, þar til suður fyrir fjallgarðinn kæmi.

Samkvæmt þessu er erfitt að skilja þá ákvörðun flugmannsins, að óska eftir lágmarkshæð, en engin skýring önnur virðist nærtæk, en að flugmaðurinn hafi verið að reyna að komast niður í hlýrra loft, eða álið vindinn minni í lægri hæð.

Veðurstofa Íslands álitar, að fyrsta hlébylgja hafi verið um Stykkishólm og því hefur fyrsti bylgjudalur verið talsvert sunnan "ST". Samkvæmt radarmyndinni, fór TF-ORM að lækka hægt flugið strax og hún fór yfir "ST". Fyrst í stað er hún í uppstreymi en síðan, er nálgast fjallgarðinn, fer loftið að streyma niður hægt í fyrstu, en hraði þess eykst og mesti hraðinn er nálægt fjallgarðinum.

Svo sem fram kom í gr. 1.1., var flugmaðurinn í sambandi við Flugstjórnarmiðstöðina í Reykjavík og flugvélín sást á radarskjám. Samkvæmt afriti fjarskipta við TF-ORM, sá flugumferðarstjórin í Aðflugsstjórn Reykjavíkurflugvallar TF-ORM fara niður fyrir 5000 fet, eða niður í 4600 feta hæð og fram kemur, að hann virtist álita að lágmarkshæðin væri 4500 fet þarna og hann gerði ekki athugasemdir við flugið.

Flugvélin lækkaði flugið úr FL-060 í 5000 fet á 2:23 min., sem er um 150 feta lakkun á min. Lakkunin hætti ekki í 5000 feta hæðinni, heldur hélt hægt áfram næstu 2 min. og 12 sek, uns flugvélin hvarf af skjánum. Þá sýndi radarmyndin 4500 feta hæð yfir sjó, ferillinn var farinn að sveigja til austurs og vélin komin mjög nálægt fjöllunum.

Veðurstofan telur, að sé tillit tekið til fráviks frá málhita og áhrifa vindsins, er streymdi yfir fjallgarðinn, þá hafi mátt reikna með því að í 5000 feta hæð norðan hans, hafi hæðarmælir TF-ORM sýnt 515 fetum of hátt. Hafi hæðarmælir TF-ORM verið stilltur á 1018 mb. eða 3 mb. hærra en staðarþrýstingur í Stykkishólmi og nemur það 90 fetum. Þó verður að telja að hæðarmælirinn hafi verið stilltir nálægt réttum staðarþrýstingi, miðað við það hvað mælarnir í flakinu sýndu og er þá skekkjan á mæli flugmannsins 30 fet, eða 545 fet alls.

Þess ber að geta, að útreikningur á hæðarmælisskekkju er ekki hárnákvæmur. Hafi vindur verið meiri og loftþrýstingur minni er nálgædist fjallið, hefur flugmaðurinn lesið enn meiri hæð af mæli sínum. Sé t.d. gert ráð fyrir því, að vindur hafi verið 100 hnútar og loftþrýstingur 2 mb. lægri, er viðbótarskekkjan 235 fet.

Sé miðað við, að skekkjan hafi verið 545 fet, verður að álita, að þegar hæðarmælir flugvélarinnar sýndi 5000 fet, hafi hún í raun verið komin niður í um 4455 fet yfir sjávarmáli.

Radarsvarinn í flugvélum er faststilltur á málþrýsting 1013,2 mb. og gefur því radarnum upplýsingar í samræmi við þá stillingu. Móttakarinn í radarnum sjálfum leiðréttir upplýsingarnar miðað við staðarþrýsting, um leið og radarsvarinn fer niður fyrir FL-080. Hér er ekki tekið tillit til þess, að radarsvarinn sendir upplýsingar í heilum hundruðum feta og fer á þau 100 fet sem næst eru hæðinni.

Þegar flugvélin hvarf af radarskjánum, sýndi hann hæð hennar 4500 fet yfir sjávarmáli. Af ofangreindu verður að álita, að þegar flugmaðurinn las um 5000 fet af hæðarmæli sínum, hafi raunveruleg hæð flugvélarinnar yfir sjávarmáli verið um 4400 - 4500 fet.

Þegar flugvélin kom að fjallgarðinum, flaug hún inn í svo mikið niðurstreymi norðan fjallgarðsins, að klifurgeta hennar gat ekki vegið á móti því. Eftir staðsetningu flugvélarinnar að dæma, þegar hún hvarf af radarskjánum, þá er næsta víst að uppstreymið hafi þar verið hætt og niðurstreymið hafið.

Í samræmi við álit Veðurstofu Íslands, má telja líklegt að fallhraði loftsins hafi verið þar allt að tvöfalt meiri en í bylgjunni sjálfrí, eða 3600 til 4800 fet/min.

Samkvæmt flughandbók PA-23-250, er mesta klifur flugvélar af þessarri gerð, með báða hreyfla á fullri orku, um 1450 fet/min. Þessar tölur miðast við nýja flugvél með nýja hreyfla. Telja verður að klifurgeta TF-ORM hafi verið verulega minni. Ekki er ólíklegt, að einhver ísing hafi verið á skrokk og vængjum, enda þótt ísvarnarbúnaður hafi verið á vængbrúnunum utan hreyflanna. Einnig bendir ýmislegt til þess, að a.m.k. vinstri hreyfillinn hafi ekki náð fullri orku. Hvoru tveggja ofantalið hefði dregið stórlega úr klifurgetu flugvélarinnar.

Annar farþeginn sem af komst, lýsir þessum síðustu augnablikum svo: "Flugvélin lækkaði flugið rólega og ókyrrð var ekki mikil. Allt í einu var eins og tröllshrammur gripi flugvélina og kastaði henni niður. Farþegarnir héngu í beltunum og flugmaðurinn virtist hafa mikið að gera".

Fjallgarðurinn nær þarna upp í um og yfir 1000 metra hæð, eða yfir 3000 fet yfir sjávarmál. Þótt hámarks klifurafköst hefðu náðst, hefur nettó fallhraði TF-ORM afar líklega verið meiri en 3000 fet/min. Því hefur fallið tekið skamman tíma, en slysstaðurinn var í um 2200 feta hæð yfir sjávarmáli.

Í skýrslu Veðurstofu Íslands, Viðbæti 5.4. segir svo:

"Regional - QNH" var um þetta leyti talið 997 mb. Það þýðir að til viðbótar við lágmarksflughæðir skuli koma um 480 fet, vegna fráviks frá málskilyrðum.

Samkvæmt því ætti fluglag 060 að vera hið lægsta nothæfa fyrir blindflug á þessari leið. Það verður hins vegar að teljast mjög varhugavert að fljúga svo lágt þegar svo hvasst er í lofti sem hér var. Má í því sambandi minna á reglur, sem SAS - flugfélagið setur sér um viðbót við lágmarksflughæðir vegna vindar við fjöll, og getið er um í upplýsingabréfi B-6 frá 19. jan. 1984. (Sjá Viðbæti 5.4.) Við þær aðstæður, sem hér er um að ræða, væri sú viðbót 2000 fet (vindur 61 hnútur eða meiri)."

Veðurfræðingar Veðurstofu Íslands hafa mjög oft í tengslum við rannsóknir flugslysa og óhappa, sem orðið hafa, rannsakað þann þátt sem veðurskilyrði hafa átt í orsökunum.

Hér má til dæmis nefna, skýrslu þeirra

[REDACTED] þegar TF-RTO flugverfriugreiðs Austurlands hf., fórst í Smjörfjöllum, 22. sept. 1980. Skýrslu þessarri var dreift til allra flugrekenda, flugskóla og annarra, sem áhuga höfðu.

Þá gerði [REDACTED] veðurfræðingur viðamikla og merkilega athugun á fjallabylgjum og áhrifum þeirra, bæði í sambandi við tiltekin slys og óhöpp í flugi, svo og um allmenna hegðun fjallabylgja yfir Íslandi. Skýrslu [REDACTED] var dreift til sömu aðila.

Einnig var fjallað um efnið á sérstökum almennum fræðslufundi fyrir flugmenn og flugáhugamenn haustið 1984 og í samráði við Borgþór, gaf Flugmálastjórnin út upplýsingabréf um hæðarmæliSSKEKKjur og áhrif fjalla á þær. Upplýsingabréfið B-6, dags. 19. jan. 1984, var sent áskrifendum Flugmálahandbókar.

Samkvæmt ofanrituðu virðist mega efast um, að tekið sé nægt tillit til þeirrar hættu sem vindar við og yfir fjöll hafa í för með sér. Því virðist vera ærin ástæða til þess að kanna hversu alvarlega flugmenn og flugrekendur taka ákvæði í eigin flugrekstrarbókum, sem Flugmálastjórn hefur samþykkt fyrir viðkomandi flugrekstur, svo og ábendingar, eins og þær sem fram koma í t.d. Upplýsingabréfum Flugmálastjórnar.

Athugun á dagbókum flugvélarinnar leiddi í ljós, að henni hafði verið flogið framyfir leyfilegan tíma milli skoðana. Þannig voru 60:36 klst. frá síðustu 50 klst. skoðun og 117:54 klst. frá síðustu 100 klst. skoðun.

Við rannsókn á hreyflum flugvélarinnar, kom í ljós að ýmislegt var athugavert við vinstri hreyfilinn. Ástand kertanna var lélegt, eitt reyndist algjörlega skammhlaupið og tvö reyndust vera af rangri tegund, sem ekki er viðurkennd fyrir pennan hreyfil. Ekki er þó talið að þau hafi valdið gangtruflunum en það má telja fullvist að ef truflun hefur átt sér stað í verkun kertisins á móti því bilaða þá hafi alvarleg gangtruflun verið óumflýjanleg.

Þá var ástand innaksgreina ekki gott og samskeyti óþétt. Hafa þau dregið loft sérstaklega þegar blönduprýstingur var lágur (við miðlungs og lítið afl) og valdið þar af leiðandi veikri blöndu á þeim strokkum, sem fyrir lekanum urðu og of sterkri blöndu á þeim þéttu.

Því er vel hugsanlegt, að hreyfillinn hafi ekki náð fullu afli og raunar bentu vegsummerki á slysstað til þess.

3. **NIÐURSTÖÐUR:**

- Líklegir orsakapættir eru merktir með stjörnu \*.
- 3.1. Flugmaðurinn hafði gild réttindi til þess að fljúga þetta flug.
  - 3.2. Hleðsla og þungamiðja flugvélarinnar voru innan réttra marka.
  - 3.3. Flugvélinni hafði verið flogið 118 klst. frá síðustu 100 klst. skoðun og 60 klst. frá síðustu 50 klst. skoðun. Ástand vinstri hreyfils var ekki gott og hugs-anlegt að hann hafi ekki gengið á fullu afli er slysið varð.
  - 3.4.\* Flugmaðurinn kynnti sér ekki nægilega veðurskilyrði á fyrirhugaðri flugleið og hann fór ekki eftir ákvæðum flugrekstrarbókar Ernis hf., hvað varðar flug í sterku-um vindu.
  - 3.5.\* Þegar flugmaðurinn ákvað að lækka flugið í lágmarkshæð fyrir blindflug á þessum hluta leiðarinnar, tók hann ekki tillit til ytri aðstæðna, svo sem áhrifa vind-straumsins yfir Snæfellsnesfjallgarð, samanber Upp-lýsingabréf Flugmálastjórnar, B-6 frá 19. jan. 1984 og ákvæða flugrekstrarbókarinnar.
  - 3.6.\* Mjög hvasst var á ferli flugvélarinnar og henni var flogið niður fyrir lágmarksblindflugshæð. Vegna hæðar-mælisskekkju, sem sterkur vindur yfir háan fjallgarð olli, sýndi hæðarmælir flugvélarinnar milli 500 og 600 fetum of hátt er hún hvarf af radarskjánum og raun-veruleg flughæð hennar var þá það sem því nam, undir lágmarkshæð og aðeins rúmlega 1400 fetum yfir hæsta hluta fjallanna.
  - 3.7.\* Mjög sterkt niðurstreymi var hlémegin við fjallgarðinn og miklu meira en mesta klifurgeta flugvélarinnar á fullu afli á báðum hreyflum.

4. TILLÖGUR Í ÖRYGGISÁTT:

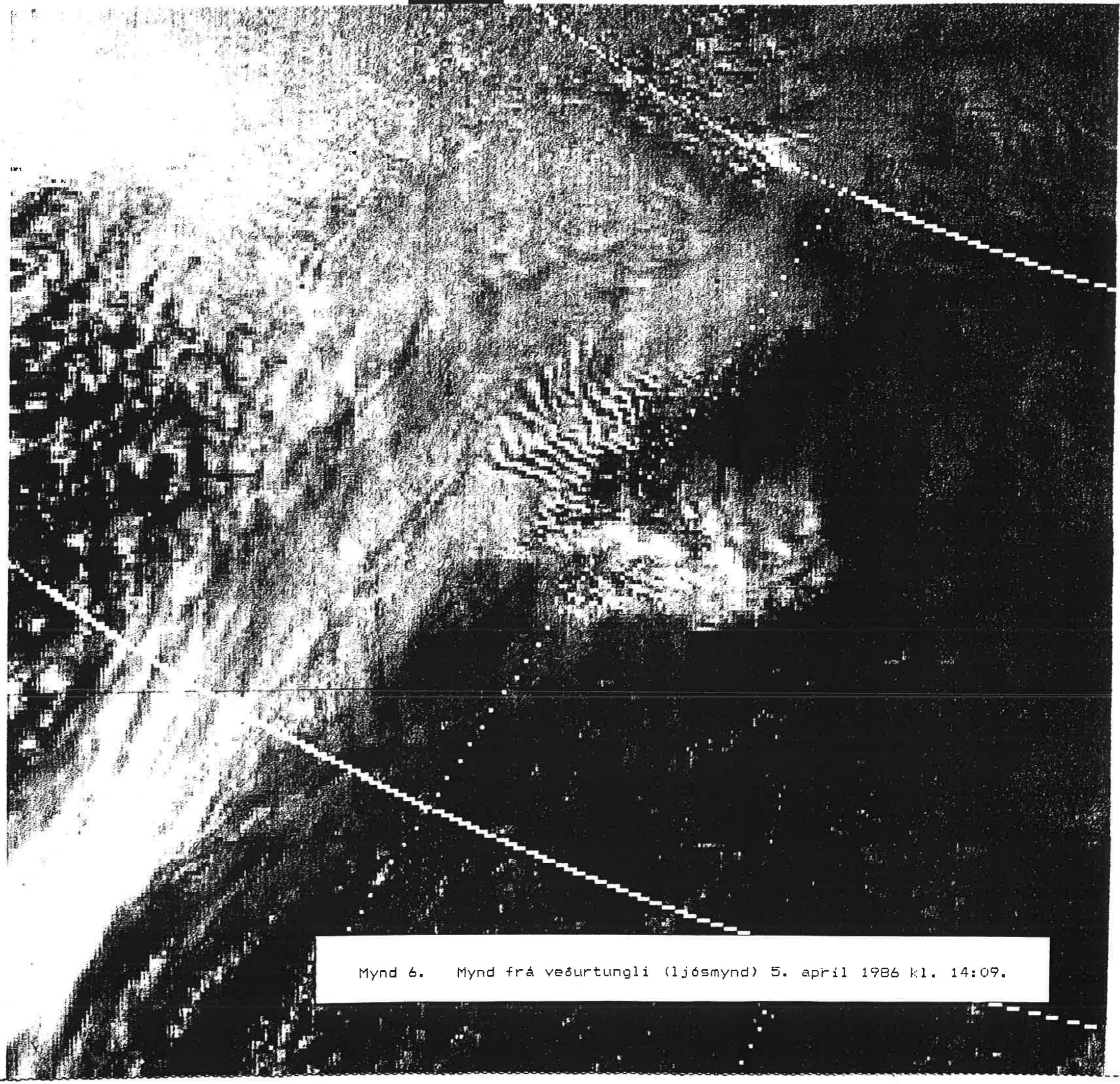
- 4.1. Brýnt er, að kannað verði með hvaða hætti megi koma á skjótu og góðu upplýsingastreymi milli flugmanna og Veðurstofu Íslands. Flugmenn verði einnig hvattir til þess að koma upplýsingum, sem varða flugöryggi, svo sem veðurupplýsingum, til viðkomandi aðila.
- 4.2. Kannað verði, hvernig flugrekstrarbækur flugrekenda, upplýsingarit og annað fræðsluefni, sem Flugmálastjórn hefur gefið út, eru notaðar í viðhaldspjálfun og endurmenntun flugmanna, t.d. við hæfnipróf. Ennfremur verði brýnt fyrir flugrekendum og flugmönnum, að þeir kynni sér tiltækt fræðsluefni um veðurskilyrði á Íslandi.
- 4.3. Kannað verði, hvort nægilegt tillit sé tekið til allra þekktra skilyrða og aðstæðna, þegar lágmarks blindflugshæðir eru notaðar hverju sinni og hvaða úrbætur eru tiltækar í því efni.
- 4.4. Kannað verði, hvort ekki sé timabært að krefjast þess, að flugvélar sem notaðar eru í reglubundnu flugi og þjónustuflugi eftir blindflugreglum, verði búnar jafnþrystiklefum og/eða hverfiheyflum, þannig að unnt sé að fljúga yfir versta veðrið.

  
Reykjavík 15. sept. 1986,

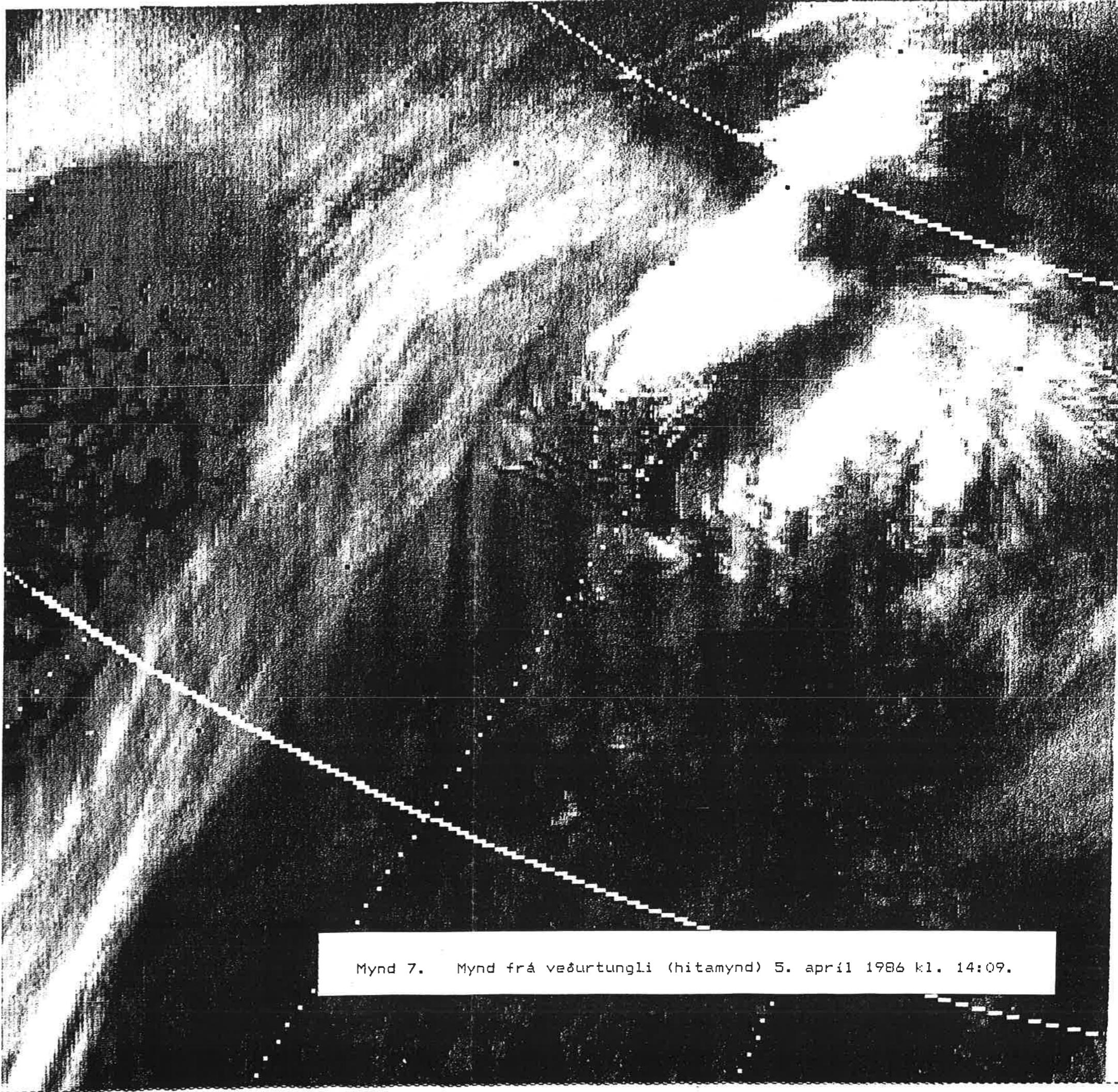
  
form. Flugslysaneftnar Rannsakandi flugslysa

5. VIÐBETIR:

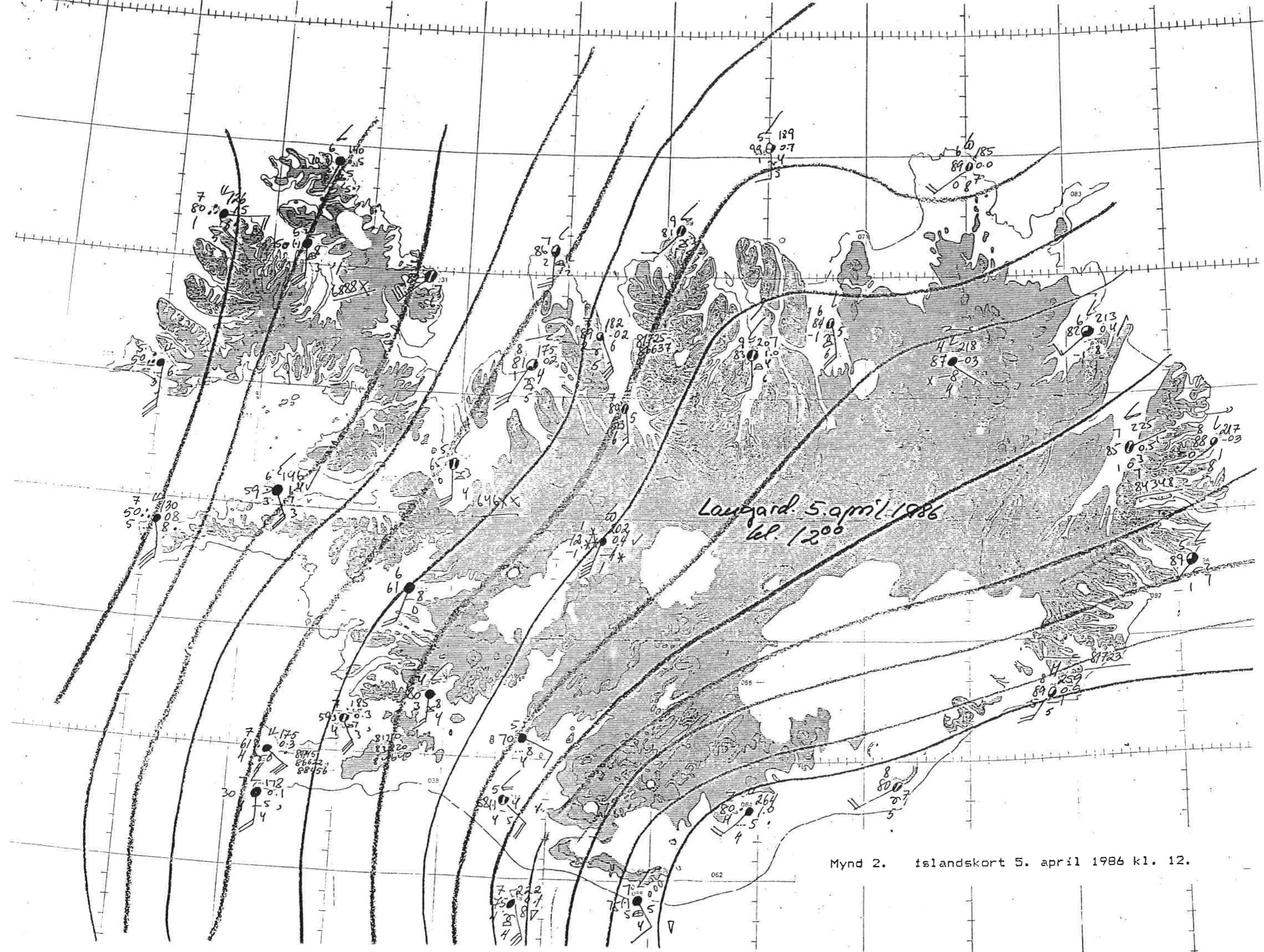
- 5.1. Kort, er sýnis slysstað TF-ORM.
- 5.2. Kort með ferli TF-ORM, samkvæmt radarskjá.
- 5.3. Ljósmyndir frá slysstað.
- 5.4. Tafla um klifurafköst PA-23-250.
- 5.5. Upplýsingabréf Flugmálastjórnar B-6, frá 19.jan. 1984.
- 5.6. Skýrsla Veðurstofu Íslands dags. 29.júlí 1986.
- 5.7. Afrit af fjarskiptum.

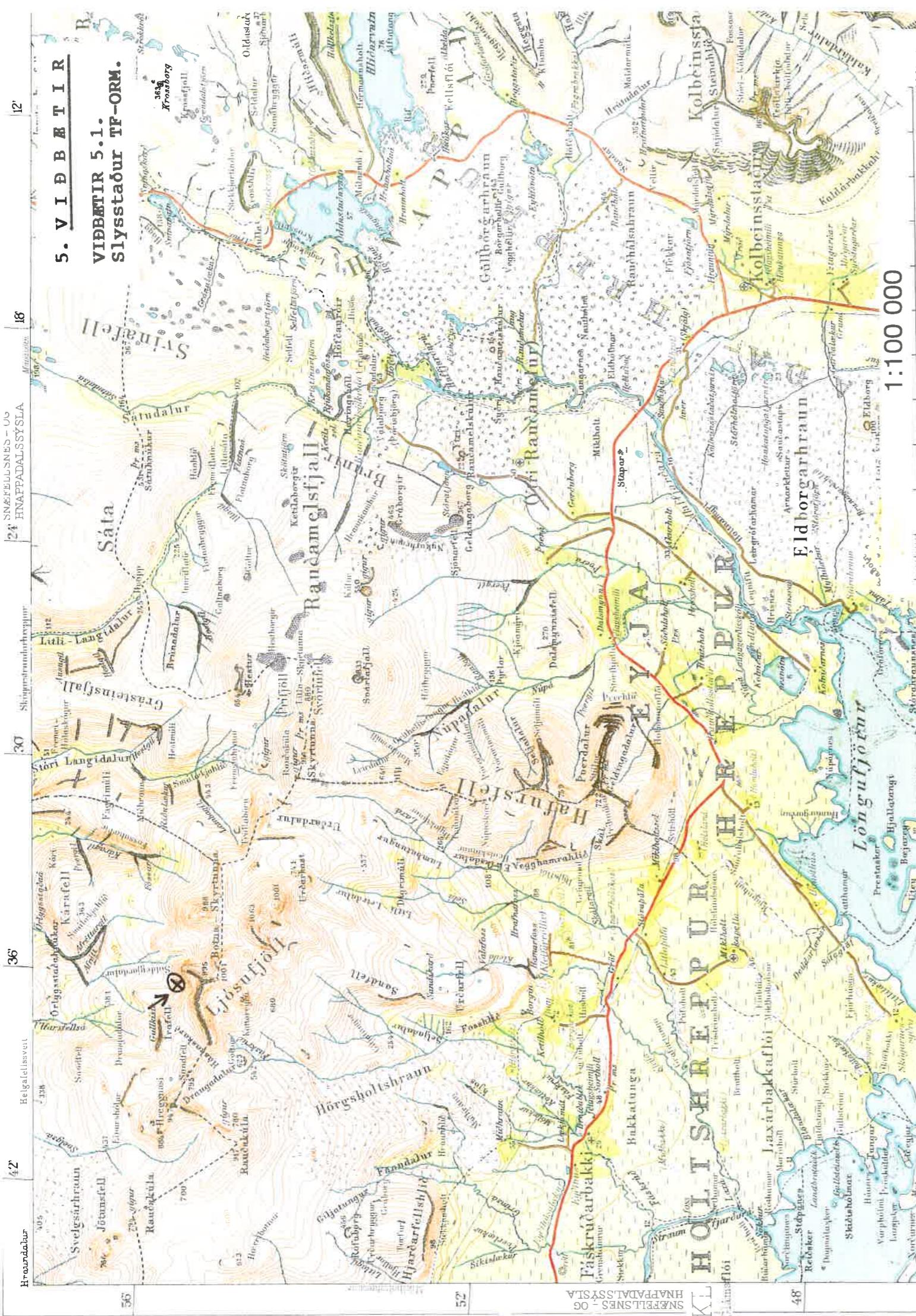


Mynd 6. Mynd frá veðurtungli (ljósmynd) 5. apríl 1986 kl. 14:09.



Mynd 7. Mynd frá veðurtungli (hitamýnd) 5. apríl 1986 kl. 14:09.

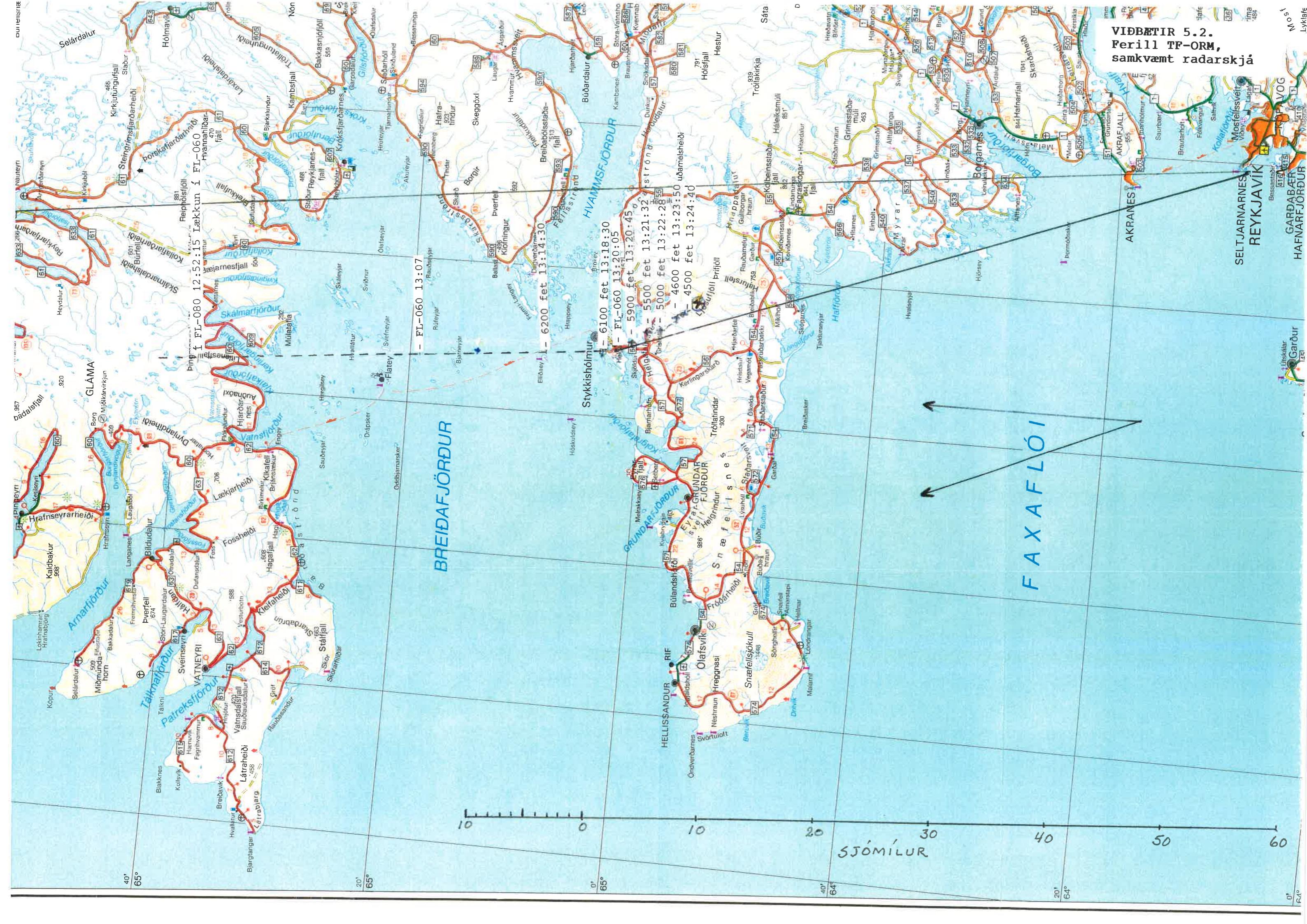




## VIÐBÆTIR 5.2. Perill TF-ORM, samkvæmt radarskjá

BHEIDA JORDUR

*FAXAFLÓI*



VIÐBÆTIR 5.3.  
Ljósmyndir frá slysstað.



**HORFT TIL SUÐURS**  
Grillir í snæbarin og ísuð kletta-  
beltin fyrir framan og ofan.



-250

LOFTI



E 7

121 REYKJAVÍK BOX 350  
Sími: (91) 17430  
Telex: 2250 FALCON IS  
Simnefni: CIVILAIR  
AFTN: BIRKYN



UPPLÝSINGABRÉF  
B- 6  
19 JAN 1984

UM HÆDARMELISSKEKKJUR O.FL.

Eftirfarandi athugasemdir gerði Borgþór H. Jónsson veðurfræðingur, að tilmælum flugmálastjórnar vegna nýja aðflugsins úr suðri til Akureyrarflugvallar.

Rétt er að benda á að þessi fróðoleikur á ekki eingöngu við um Akureyri, miklu fremur um landið allt, þegar aðstæður eru eins og lýst er.

Athugasemd: ISA þýðir: International Standard Atmosphere.  
í ICAO Annex 8 eru meðal annars eftirfarandi skilgreiningar fyrir ISA.

- a) loftbrýstingur við sjávarmál: 1013,25 mb
- b) hiti við sjávarmál: 15°C
- c) hitabreyting: -1.98°C fyrir hver 1000 fet upp, þar til hiti er -56,5°C.

1. Norðlæg átt þýðir venjulega kaldara loft en "ISA" hitastig. Þetta þýðir í reynd að hæðarmælirinn sýnir of hátt gildi, jafnvel þótt QNH sé 1013 mb. Mismunurinn getur orðið allt að 10% af flughæð ef ekki meir. Hann er um það bil 4% fyrir hverjar 10 gráður í mismun frá "ISA".
2. Upp- eða niðurstreymi í lofthjúpnum getur einnig haft veruleg áhrif á hæðarmælinn, t.d. í fjallabylgjum, þrumuveðri o.s.frv.
3. Flugvélar sem fljúga yfir fjöllótt land, þar sem hitastig er næstum því alltaf fyrir neðan gildi "ISA" eru því oftast í lægri flughæð en hæðarmælirinn sýnir jafnvel þótt QNH gildi frá lendingarstað við rætur fjallsins sé rétt lesið. Hér á landi er næstum því undantekningarálaust gildandi sú regla, að hæðarmælar sýna of hátt gildi vegna þess að hitastigið er lægra en hæðarmælirinn er byggður á.

Áhrif fjalla

1. Áveðurs við fjöll eða fjallgarða er þrýstingur oft hærri vegna þess, að loftið "hleðst upp" áveðurs við fjallið. Að sama skapi getur loftbrýstingurinn orðið verulega lægri hlémegin við fjallið. Sé hæðarmælir stilltur samkvæmt QNH áveðurs við fjallgarðinn og flogið síðan til staðar hlémeginn getur verið verulegur mismunur og skekkja á hæðarmælagildum staðanna.
2. a) Yfir og nálægt fjöllum myndast oft windsveipir vegna vindstrauma í lofthjúpnum. Þegar sveipirnir próast myndast hrинг-íða kringum miðjupunkt þeirra. Miðflóttaaflskraftar í hrингiðunni valda því að loftbrýstingur fellur þar. Þetta fall í loftbrýstingnum er staðbundið en það getur valdið verulegum villum í aflestri hæðarmæla, sem sýna þá of hátt gildi yfir fjallatoppum og hlémegin. SAS-flugfélagið hefur gefið út töflur fyrir vindhraða og leiðrétti-ingu á flughæð yfir fjöll og fjallgarða:

Vindhraði:

31-40 hnútar bætið 500 fetum við lægstu leyfilega flughæð.  
41-50 hnútar bætið 1000 fetum við lægstu leyfilega flughæð.  
51-60 hnútar bætið 1500 fetum við lægstu leyfilega flughæð.  
61 hnútar og meira bætið 2000 fetum við læstu leyfilega flughæð.

Athugið: Þetta er aðeins vegna vindhraðans síðan kemur viðauki vegna hitastigsins.

3. Þegar aðflug er gert í fjöllóttu umhverfi þá athugið eftirfarandi:

- a) Leiðréttið vegna hitastigs, sem venjulega veldur of háum aflestri hæðarmælis.
- b) Leiðréttið vegna vindhraðans í flughæð.
- c) Hafið hugfast, að QNH gildið getur valdið of háum aflestri á hæðarmæli, þótt QNH-gildið sé rétt lesið á jörðu niðri.

Önnur atriði.

Þegar aðflug er gert yfir eða í fjöllóttu landslagi skal ávalt hafa í huga, að fjaillabylgjur, niðurstreymi, uppstreymi og kvika eru til fyrir bæri þar. Einnig eru hvirfilský eða hvirflar án skýja hættulegir í aðflugi. Hvирflar með láréttan öxul myndast stundum samfara fjallabylgjum. Ský þessi eru kölluð rotor clouds eða roll clouds á ensku. Þegar vindhraðinn við fjallatoppana hefur náð 20-25 hnútum má búast við fjallabylgjum. Til þess að svo verði, verður annað að koma til sem sé hitahvörf (temperature inversion) rétt ofan við fjallatoppana.

Hitahvörfin hleypa ekki orkunni í vindstraumnnum upp á við upp í loft-hjúpinn, heldur beina henni áfram og niður á við. Þetta myndar fjallabylgjur og hvirfilský, sem geta verið stórhættuleg sérstaklega í aðflugi. Ef vindhraðinn við fjallatoppana er 40-50 hnútar verða fjallabylgjurnar og hvirfilskýin undantekningarálaust stórhættuleg.

Fyrir aðflug að Akureyrarflugvelli t.d. ætti flugstjóri ávallt að hafa kynnt sér ríkjandi vindátt og vindhraða á flugleiðinni, ásamt hitafari lofthjúpsins allt upp í 10.000 feta hæð a.m.k.

Séu engin hitahvörf þarna myndast ekki fjallabylgjur.

Orka vindstraumsins kemst þá upp í lofthjúpinn og þarna verður kvika, sem flugmenn nefna "Chop".

Samandráttur.

Fyrir aðflug kynnið ykkur eftirfarandi:

1. Frávik hitans frá "ISA".
2. QNH gildi á lendingarstað (Minnist hugsanlegrar skekkju).
3. Vindhraða og vindátt allt upp í 10.000 feta hæð.
4. Hitafar lofthjúpsins. (hitahvörf).
5. Fylgið settum reglum um minnstu aðflugshæð og bætið við hana, ef þörf krefur.

Þessi atriði eru ekki tæmandi, en eru hugsuð sem ábendingar um sumt, sem ber að varast. Reynslan mun leiða ýmislegt í ljós.

## VEÐURSTOFA ÍSLANDS

Hr. deildarstjóri

Loftferðaeftirliti  
Reykjavíkurflugvelli  
101 Reykjavík

Aðsetur                    Bústaðavegur 9  
                               150 106 Reykjavík  
Sími                         (91) 86000 686000  
Símnafni                  METEO REYKJAVÍK

Tilv. vor 230/86/MÆ/GOG Tilv. yðar

Dags. 30. Júlí 1986

Hjálagt fylgir, samkvæmt beiðni þinni, skýrsla um veður vegna flugslyss í Ljósufjöllum 5. apríl 1986, sem [REDACTED] veðurfræðingur, hefur tekið saman.

Virðingarfyllst,

[REDACTED]  
Deildarstjóri veðurspádeildar

Skýrsla um veður vegna flugslýss  
i Ljósufjöllum 5. apríl 1986 kl. 13:28.

I. Yfirlit yfir veðurkort.

Áð morgni láugardagsins 5. apríl 1986 er allmikil hæð, um 1035 mb, milli Skotlands og Færøyja, og hreyfist lítið úr stað. Djúp lægð er við suðurodda Grænlands, þrystingur í lægðarmiðju um 965 mb. Lægðin er á norðurleið, og virðist klofna um Grænland, fram eftir degi má fylgja eftir tveim lægðarmiðjum, sinni hvoru megin, norður með Grænlandsströndum. Ekki er unnt að rekja slóð lægðarinnar norður eftir Grænlandsjökli, en undir kvöld tekur loftvog að falla mjög á NA-Grænlandi, og má til sanns vegar fára að þar sé á ferð sama lægðin, þó að leifar hennar sitji enn yfir syðsta hluta Grænlands.

Framan af degi er ísland i "hlýjum geira". Þetta hlýja loft streymir til norðausturs, og kuldaskil nálgast úr vestri. Þau virðast vera skammt út af Snæfellsnesi á hádegi (mynd 1), en kl. 18 má draga þau um mitt Snæfellsnes. Órkomubeltið, sem fylgir skilunum, virðist vera um 100 sjámilur á breidd, og fer úrkoma að gera vart við sig milli kl. 6 og 9 um morguninn vestast á landinu. Talsvert rignir vestanlands meðan skilin eru að þokast inn á landið, og sem dæmi um úrkomuna eftir daginn (kl. 9-18) má nefna 29 mm í Kvígindisdal, 8 mm á Hvallátrum og 6 mm á Gufuskálum. f Stykkishólm meðlast 4 mm.

Vindur yfir landinu er yfirleitt úr suðri, eða lítið eitt vestan við suður. Á íslandskortinu frá hádegi (mynd 2) er S-átt algengust á veðurathugunarstöðvum vestantil á landinu, en þrystilínur benda til að vindur í fjallahæð sé 200°-210°. Háloftakort (700 mb, 500 mb, mynd 3) sýna svipaða vindátt.

Þéttar þrystilínur yfir landinu sýna að vindur er hvass í lofti, og hvassast er yfir landinu vestanverðu, rétt á undan kuldaskilunum. Á íslandskortinu kl. 12 bendir þrystingsmunur milli stöðva við sunnanverðan Faxaflóð annars vegar og stöðva á Snæfellsnesi og Vestfjörðum hins vegar til að þrystivindur sé tæpir 60 hnútar.

f Stykkishólm og á Gufuskálum virðist vera hvassast (34-38 hnútar) um og fyrir kl. 9 um morguninn, en að smám saman dragi úr vindi er líður á daginn. Á Hvallátrum eru talin 10 vindstig, eða 52 hnútar kl. 9, sem bendir til að vindur í fjallahæð geti í raun verið álika og reiknaður þrystivindur, eða á bilinu 50-60 hnútar, að minnsta kosti í staðbundnum strengjum. Reyndar er það svo, að oft má finna einn eða fleiri slika strengi, svonefnda "low-level jet", á undan hægfara kuldaskilum, gjarnan í 1000-1500 m hæð (mynd 4). f Háloftaathugun frá Keflavíkurflugvelli kl. 12 sjást greinileg merki um slikan streng. Getur látið nærri, að strengur, sem er yfir Hvallátrum kl. 9, sé kominn á innanvert Snæfellsnes (og yfir Keflavíkurflugvöll) um eða upp úr hádegi.

## II. Einstakar veðurathuganir.

Hér fara á eftir veðurathuganir, gerðar 5. apríl 1986, kl. 9, 12 og 15 á Gufuskálum og í Stykkishólmi. Einnig hálofta-athugun frá Keflavíkurflugvelli, gerð á hádegi.

Tafla 1. = Veðurathuganir frá Gufuskálum og Stykkishólmi.

	vindur (hám.)	skyggni	veður	sky		hiti/dagg.	OFF
<b>kl. 9:</b>							
Gufuskálar	180/35 (38)	20 km	58ra	8st, lægst	1000-2000 Bas	07/04	1012.2
Stykkish.	170/34 (36)	9 km	62ra	7st, lægst	600-1000 Bas/ns	06/03	1013.2
<b>kl. 12:</b>							
Gufuskálar	180/30 (36)	5 km	63ra	8st, lægst	1000-2000 Bas/ns	07/05	1013.0
Stykkish.	160/27 (35)	9 km	21rera	7st, lægst	600-1000 Bas/ns	06/03	1014.6
<b>kl. 15:</b>							
Gufuskálar	180/28 (32)	5 km	63ra	8st, lægst	1000-2000 Bas/ns	07/05	1013.5
Stykkish.	160/22 (27)	9 km	21rera	7st, lægst	600-1000 Bas/ns	06/04	1015.5

Athugasemdir: Hámarksvindur (innan sviga) er hvassasti vindur frá og með síðustu athugun. Um er að ræða 10 mínútna meðalwind, eins og á athugunartíma, en ekki einstakar vindhviður. Hæð lægstu skyja er gefin í fetum.

Á mynd 5 má sjá hitarit, teiknað eftir háloftaathugun frá Keflavíkurflugvelli á hádegi 5. apríl 1986. Athugunin sjálf (í tólum) er skráð á hitaritið.

## III. Fjallabylojur.

Veðurtunglamyndir syna greinilega fjallabylojur yfir Snæfellsnesi og Vestfjörðum þennan dag (myndir 6 og 7). Þær sjást þegar um morguninn, en verða meira áberandi síðari hluta dagsins. Á myndum frá því um morguninn virðast bylgjurnar einkum vera yfir utanverðu Snæfellsnesi og vestasta hluta Vestfjarða, en sækja lengra inn á landið þegar líður á daginn. Tæplega er unnt að ákvæða styrk bylgunnanna út frá myndum einum saman, en bylgjur yfir Snæfellsnesi virðast þó vera hvað atkvæðamestar á myndum teknum kl. 12:29 og kl. 14:09. Síðar um daginn virðist heldur dofna yfir bylgjum af Snæfellsnesi, en bylgjur yfir Vestfjörðum færast

heldur í aukana.

Háloftaathugun frá Keflavíkurflugvelli kl. 12 sýnir að flest þeirra skilyrða, sem talin eru stuðla að fjallabylgjumyndun, eru fyrir hendi. Þó er varla um neitt skólabókardæmi að ræða, heldur er þar ýmislegt á ferðinni, sem flækir málid. Ef litið er á vindinn, sést að vindátt er nær óbreytt frá fjallahæð og upp undir veðrahörf, eins og vera ber, en vindhraði er hins vegar ekki alls staðar vaxandi með hæð, eins og venjulega er talið heppilegast. Ef frá er talinn grunnur vindstrengur uppi undir veðrahörfum (229 mb), er vindur hvassastur í 600 og 500 mb (14000-18000 feta hæð). Það bendir til að bylgjur nái ekki að marki upp fyrir þá hæð, eða a.m.k. að þar fari að draga úr þeim. Þá er einnig athyglisverður vindstrengur í 937-910 mb. Ef litið er á hvernig Förchtgott flokkar áhrif fjalla á loftstraum (mynd 8), sést að slíkt vindhámark í fjallahæð er talið valda "rotor-straum" (mynd 8, d,e), þ.e.a.s. sterku niðurstreymi við fjallið og mjög óflugum "rotor" hlémegin, fremur en dæmigerðum bylgjum (mynd 8, c). Því er ekki óraunhæft að ætla að her sé um eitthvert sambland af þessu tvennu að ræða, þó að myndir sýni ótvírmæðar bylgjur.

Ef litið er á hitafall loftsins sést að þar er ekki um að ræða afmarkað stöðugt lag rétt ofan við fjöll og minna stöðugt loft ofan- og neðanvið, eins og talið er dæmigert fyrir fjallabylguskilyrði, heldur er stöðugleiki loftsins mjög breytilegur, og ein þrjú stöðug lög eru áberandi. Það neðsta er frá 937-740 mb (672-2552 m), og virðist þó efsti hluti þess lags allra stöðugastur. Þá er lag frá 655-534 mb (3498-5046 m) og efst eru þunn hitahörf frá 396-389 mb.

Þessi frávik frá dæmigerðum fjallabylguskilyrðum verða til þess að einfaldaðar aðferðir til að reikna bylgjueiginleika henta illa í þessu tilviki. Aðgengileg aðferð, kennnd við Casswell, og notuð í daglegri veðurþjónustu á Bretlandseyjum (og e.t.v. viðar), gerir ráð fyrir að með sæmilegri nákvæmni megi skipta veðrahvolfinu í tvö lög, annars vegar stöðugt lag frá 1000-700 mb, hins vegar minna stöðugt lag frá 700-300 mb. Það er því varla við því að búast að sú aðferð reikni rétt t.d. upp-/niðurstreymi eða bylgjulengd í þessu tilviki. Þó er varla fráleitt að reyna að hafa hana til hliðsjónar, og freista þess að ámetla frávakin.

Ef aðferð Casswells er beitt á háloftaathugunina frá Keflavíkurflugvelli frá hádegi, fæst eftirfarandi:

Bylgjulengd reynist 16.3 km og mesta upp-/niðurstreymi um 1500 fet/min. (miðað við 900 m hátt fjall og 50 hnúta vind í fjallahæð), sterkest í um 13000 feta hæð. Ef athugun frá miðnætti (6. apríl kl 0000) er skoðuð á sama hátt fæst bylgjulengd 19.4 km, upp-/niðurstreymi 1560 fet/min. (miðað við 40 hnúta vind, 1950 fet/min. ef miðað er við 50 hnúta), sterkest í um 13000 feta hæð.

Sumar þeirra talna, sem fást með aðferð Casswells, má bera saman við tölur, sem fást á annan hátt. Bylgjulengd má t.d. finna á veðurtunglamyndum, og á myndum teknum kl. 12:29 og 14:09 virðist bylgjulengdin vera sem hér segir:

kl. 12:29	-	18.1 km
kl. 14:09	-	23.2 km

þetta eru mun lengri bylgjur en fást samkvæmt aðferð Casswells, og kunna að vera tvær skyringar á því misræmi. Önnur er sú, sem fyrr er talin, að aðferð Casswells henti ekki sem best. Hin er sú að vindur sé hvassari í fjallahæð yfir Snæfellsnesi heldur en fram kemur í athugun frá Keflavíkurflugvelli. Allnáð samhengi er milli bylgjulengdar og vindhraða í þeirri hæð þar sem bylgjurnar myndast, og hefur það verið sett fram á eftirfarandi hátt:

$$L = 0.6U - 3 \quad (\text{formúla Corby's})$$

þar sem vindhraði í m/s (U) gefur bylgjulengd (L) í km. Hér er á engan hátt tekið tillit til stöðugleika loftsins, heldur stuðst við vindhraðann einan. Þrátt fyrir það hefur verið notast við formúlur sem þessa til að áætla vindhraða út frá bylgjulengd, mældri á veðurtunglamyndum. Miðað við þá bylgjulengd, sem hér mælist ætti vindhraðinn að vera:

kl. 12:29	-	18.1 km	-	70 hnútar
kl. 14:09	-	23.2 km	-	86 hnútar

Liklega reiknast vindur hér í hvassara lagi (til samanburðar má reikna til baka út frá reiknaðri bylgjulengd skv. athugun frá Keflavíkurflugvelli, 16.3 km, sem gæfi 64 hnúta vind, en talan 16.3 km fékkst með því að miða við 50 hnúta vind), en þó bendir þetta eindregið til að hvassara sé yfir Snæfellsnesi en yfir Keflavíkurflugvelli, og mjög liklegt verður að teljast að töluvert hafi hvesst í lofti frá því fyrri myndin var tekin, kl. 12:29, til kl. 14:09, þegar sú síðari var tekin. Með hliðsjón af því, sem sagt var um brýstivind á bls. 1, skal því hér sett fram sú tilgáta að vindur í fjallahæð (700-1200 m) hafi verið 60 - 65 hnútar kl. 12:29, en allt að 80 hnútar kl. 14:09, og þá liklega nálægt hámarki.

Ef þær tölur, sem hér hafa fengist um vind í fjallahæð eru settar inn í fyrri bylgjuútreikninga (aðferð Casswells), fæst mestu upp-/niðurstreymi á bilinu 1800 - 2400 fet/min.

Því kerfi, sem almennt er talað um sem fjallabylgjur, má i raun skipta í tvennt: Annars vegar er þvinguð bylgja yfir fjallinu sjálfu (fjallsbylgja), hins vegar bylgjur í loftstraumnum hlémegin við fjallið (hlébylgjur). Getur þeirra gætt tugi og jafnvel hundruð kílómetra frá fjallinu. Það er bylgjulengd hlébylgnanna, sem ræðst af vindhraða öðru fremur, og ef vindur er stöðugur, standa bylgjurnar nær kyrrar miðað við fjallið. Breytist vindhraði hins vegar, þarf að "stillarinn" nýja bylgjulengd, en slikt tekur tíma. Fyrstu viðbrögð bylgjukerfis við vaxandi vindi verða því að þvingaða bylgjan yfir fjallinu tekur við þeirri viðbót af bylgjuorku, sem af vindhraðaaukningunni leiðir, og efliðt því verulega. Síðan

færst orkan smám saman yfir í hlébylgjurnar, þær verða orkumeiri og um leið lengri. Talið hefur verið að slikur orkuflutningur geti tekið allt að einni klukkustund.

Þar sem sterkar líkur benda til að hvesst hafi í lofti milli þess að myndirnar tvær voru teknar (kl. 12:29 og 14:09), má telja sennilegt að á þeim tíma (og líklega eitt-hvað lengur) hafi fjallsbylgjan yfir Ljósufjöllum verið mun sterkari en hlébylgjurnar, og niðurstreymi yfir norðanverðum fjöllunum því verið miklu meira en tölur fengnar með aðferð Casswells gefa til kynna, en þar er reiknað með að vindur sé stöðugur. Ekki þykir þó fárt að nefna ákvæðar tölur í því sambandi.

Samkvæmt aðferð Casswells ættu bylgjurnar að vera hvað sterkastar í um 13000 feta hæð. Ýmislegt bendir þó til að sú tala sé ekki að öllu leyti rétt, heldur sé verulegur hluti bylgjuorkunnar allmiklu neðar. Áður hefur verið minnst á stöðugu löginn þrjú, sem koma fram á hitariti frá Keflavíkur-flugvelli á hádegi, og falla illa að forsendum Casswells. Getum hefur verið leitt að því að slik stöðug lög endurkasti bylgjuorku til jarðar og komi þannig í veg fyrir að hún berist upp á við í veðrahvolfinu, en upp verður hún að fara, ef bylgjur eiga að ná mikilli hæð. Slikt endurkast yrði þá til þess að bylgjur yrðu sterkari en ella í neðri loftlögum, og það hefur verið talið eiga þátt í að óvenjusterkir vindar blása stundum frá fjöllum niðri við jörð (þekkt fyrirbæri á norðanverðu Snæfellsnesi, sunnan Vatnajökuls og viðar). Hér beinist athyglín þó fyrst og fremst að laginu milli 655 og 534 mb (11500 - 16500 fet). Ekki er óliklegt að þetta lag endurkasti einhverri bylgjuorku niður á við, og að í því fari að draga verulega úr bylgjunum. Einnig er hugsanlegt að grunnt en mjög stöðugt lag í 740 - 766 mb (7500 - 8400 fet) sýni svipaða hegðun. Ef áhrif endurkastsins eru svipuð og hér hefur verið reifað, ættu bylgjurnar að vera hvað sterkastar frá fjallahæð og upp í um 8000 fet, og dofna enn verulega á bilinu 12000 - 16000 fet. Vedurtunglamyndir styðja þessar ágiskanir fremur en hitt, þar eð bylgjugarðarnir eru miklu greinilegri á ljósmyndum en hitamyndum. Véri um sterkar bylgjur að ræða ofarlega í veðrahvolfinu, ættu bylgjusky að myndast í 18000 - 24000 feta hæð, en þar virðist raki vera fyrir hendi. Bylgjusky i þeirri hæð ættu að sjást vel á hitamyndum.

Enn er eitt atriði ótaalið, sem hefur áhrif á hegðan fjalla-bylgna, en það er stærð og lögun fjallsins. Almennt er talið að fjöll, sem falla vel að þeirri bylgjulengd, sem ræðst af vind- og hitaskilyrðum, myndi sterkari bylgjur en önnur. Frá láglendi sunnan Ljósufjalla til sjávar í Alftafirði eru um 15 km, og því ekki ósennilegt að 15 - 20 km langar bylgjur njóti sín vel þar. A mynd 9 má sjá hvernig lögun hliðarinnar áveðurs hefur áhrif á hvar bylgjur myndast helst. Ef litid

er á kort af nágrenni Ljósufjalla má sjá að Hafursfell annars vegar og Hjarðarfellshlið og Rauðakúla hins vegar mynda dálitla hvilft móti þeim vindi, sem var ríkjandi umræddan dag. Landfræðilegar aðstæður virðast því fremur en hitt stuðla að bylgjumyndun einmitt yfir Ljósufjöllum.

Eins og fram kemur á bls. 3, er vindur í loft nokkuð í líkingu við það, sem talið er valda "rotorstraum", samkvæmt flokkun á mynd 8. Má því sennilega finna allsterkan rotor í fyrstu hlébylgju norðan Ljósufjalla. Oft er fjallsbylgjan ívið lengri en hlébylgjurnar þegar um "rotorstraum" er að ræða, og má því búast við að fjarlægð rotorsins frá fjallinu sé rúmlega ein bylgjulengd. Algengt er að miðja rotorsins sé í svipaðri hæð og fjallstindurinn, þó að stundum megi finna hann allmiklu herra.

A mynd 10 er teiknað snið gegnum Ljósufjöll í stefnu ríkjandi vindáttar, og reynt að sýna á henni loftstrauma yfir fjöllin. Stuðst er við útreikninga á bylgjulengd og myndir frá veðurtungli. Ber þó fremur að líta á þessu mynd sem tilgátu en nákvæma greiningu á aðstæðum. Ef þessi tilgáta er nærrí lagi virðist rotor frá Ljósufjöllum vera sterkestur yfir Breiðasundi norðvestur af Brokey og nokkuð austan við Stykkishólm. Myndir sýna hins vegar að fyrsta hlébylgjan ar nokkuð samfellt út með nesinu, og hefur leið flugvélarinnar legið gegnum hana nálægt Stykkishólmi, eða litlu norðar.

#### IV. ísing.

Eftir hitariti frá Keflavíkurflugvelli á hádegi (mynd 5) að dæma, er litill raki ofan við u.p.b. 8000 feta hæð, og þar hafa ský því varla náð miklu herra. Þó er líklegt að skýjatoppar hafi verið nokkrum hærra yfir Snæfellsnesi, í bylgjugörðum á Breiðafirði og yfir Vestfjörðum, e.t.v. því, sem hæð fjallanna nemur. Frostmark virðist vera í 3500 - 4000 feta hæð yfir Keflavíkurflugvelli, og er líklega að meðaltali í svipaðri hæð yfir Breiðafirði. Þess ber þó að geta að loft er lítið eitt kaldara í bylgjutoppum en í bylgjudórum. Því má álykta að frostmark hafi verið í 3000 - 3500 feta hæð í bylgjutoppum yfir Breiðafirði, en líklega nær 4000 fetum milli þeirra.

Örkomutölur, sem nefndar eru á bls. 1 sýna að verulegur raki þéttist í skyjunum. Með svo sterku uppstreymi sem búast má við í þeim bylgjum, sem hér er um að ræða, verður að gera ráð fyrir allmikilli ísingi, einkum í bylgjutoppum þar sem uppstreymi er hvað sterkest, svo og í rotorum. Þar beinist því athyglín örðru fremur að fyrstu hlébylgju og efri hluta þess rotors, sem í henni kann að leyhnast (sjá mynd 10).

V. Hæðarmælingar.

Oft er talað í sömu andrá um fjallabylgjur og griðarlegar  
mælingarskekkju í hæðarmælingu. Það mun þó oftari en ekki stafa af  
því að menn greina ekki alltaf skyrt á milli eiginlegrar  
mælingarskekkju og skyndilegs niðurstreymis, enda er ráðið  
við hvoru tveggja hið sama: Að ætla sér nægilega hæð til  
öryggis, þannig að bein skekkja í hæðarmælingu verði  
skaðlaus, og nægur tími og rúm gefist til að bregðast við  
niðurstreymi. En þó er ekki vert að gera of lítið úr hæðar-  
mælisskekkjunni, og í því tilfelli, sem hér um ræðir, koma  
til eftirfarandi þættir:

a) Hitaleiðrétti: Hiti við sjávarmál er hér 6 - 7 stig,  
eða 8 - 9 stigum undir málhita. Sé tekið tillit til að i  
bylgjutoppum (og yfir fjallinu) er loft lítið eitt kaldara en  
annars staðar, er eðlilegt að miða við að loftið sé 10 stigum  
kaldara en málloft. Af því leiðir um 4% skekkju í hæðar-  
mælingu. Í lágmarksflughæð yfir Ljósufjöllum, 5000 fetum,  
sýnir hæðarmælirinn því um 200 fetum of hátt.

b) Vindleiðrétti: Loftþrystingur lækkar í hvössum vind-  
strengjum, og er sú lækkun í hlutfalli við vindhraða í öðru  
veldi:

$$p = p_0 - \Delta p = p_0 - \frac{1}{2} \rho v^2$$

þar sem  $p_0$  er þrystingur í kyrru lofti, þéttleiki loftsins  
en  $v$  vindhraði. Sé vindhraði mældur í hnútum fæst  $\Delta p$  í mb  
með því að nota  $\rho = 0.00327$ . Á bls.4 var giskað á að vindur  
í fjallahæð gæti verið nær 80 hnútum. Þá yrði  $\Delta p = 10.5$  mb,  
en það samsvavar því að 100 fetum of hátt.

Séu þessar leiðréttirnar lausar sem fær með 5000 feta  
hæð sýnir hæðarmælirinn 5000 fetum of hátt, en það jafngildir  
því að í þeiri hæð sé QNH um 5000 fetum of hátt en við sjávarmál.  
Til viðbótar eða frádráttar þessari skekkju kemur mismunur á  
stillingu mælisins og þrystingi við sjávarmál á þessum stað.  
Miðað við kort frá Hádegi virðist eðlilegt að miða þar við  
1015 mb.

"Regional - QNH" var um þetta leyti talið 997 mb. Það  
þýðir að til viðbótar við lágmarksflughæðir skuli koma um  
480 fet vegna frávika hita og loftþrystings frá málskilyrðum.  
Samkvæmt því ætti fluglag 060 að vera hið lægsta nothæfa  
fyrir blindflug á þessari leið. Það verður hins vegar að  
teljast mjög varhugavert að fljúga svo lágt þegar svo hvast  
er í lofti sem hér er. Má í því sambandi minna á reglur, sem  
SAS - flugfélagið setur sér um viðbót við lágmarksflughæðir  
vegna vinda við fjöll, og getið er um í upplýsingabréfi B-6  
frá 19. jan. 1984. Við þer aðstæður, sem hér er um að ræða,  
væri sú viðbót 2000 fet (vindur 61 hnútur eða meiri).

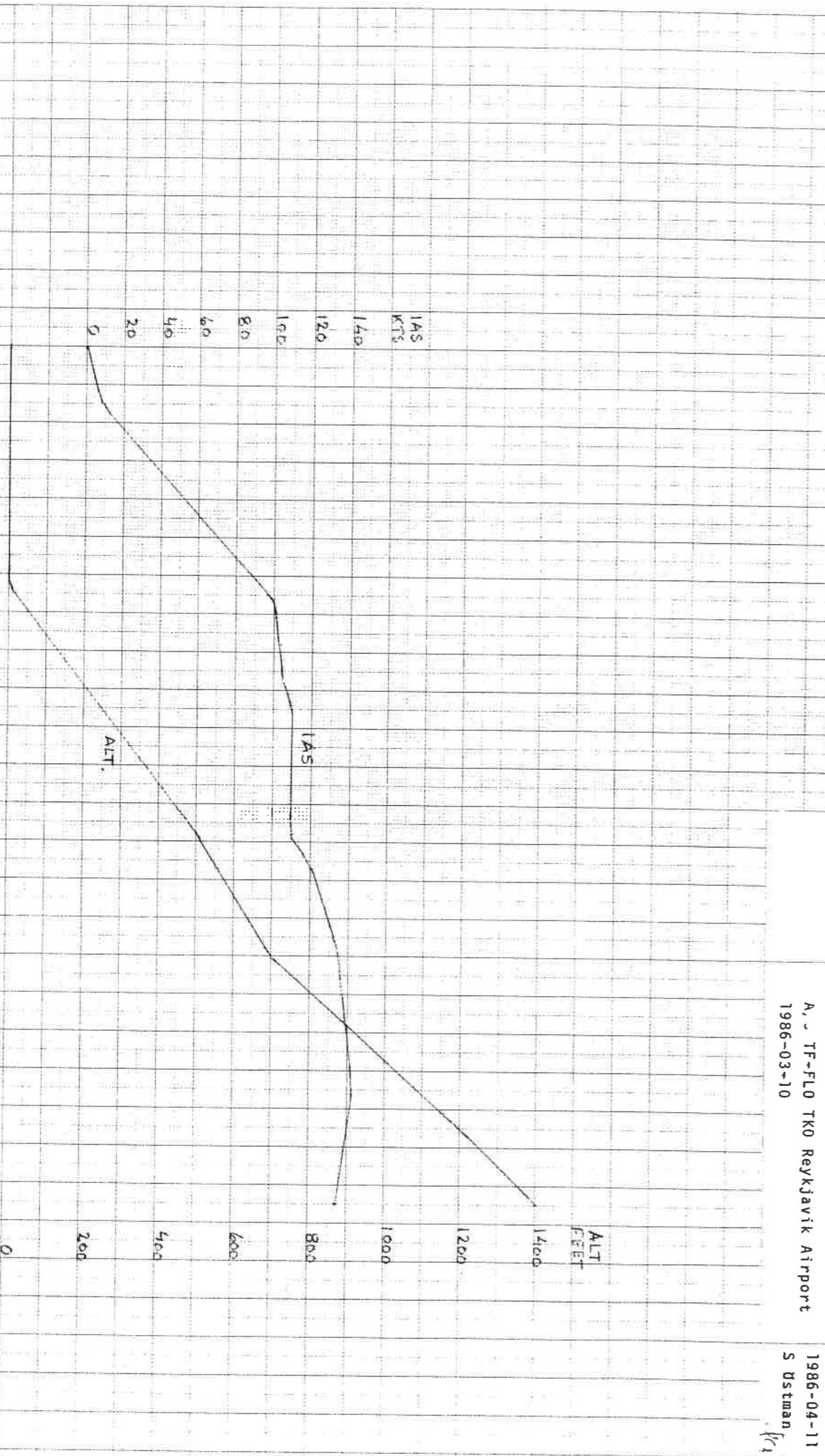
Reykjavík, 29. júlí 1986

Myndir:

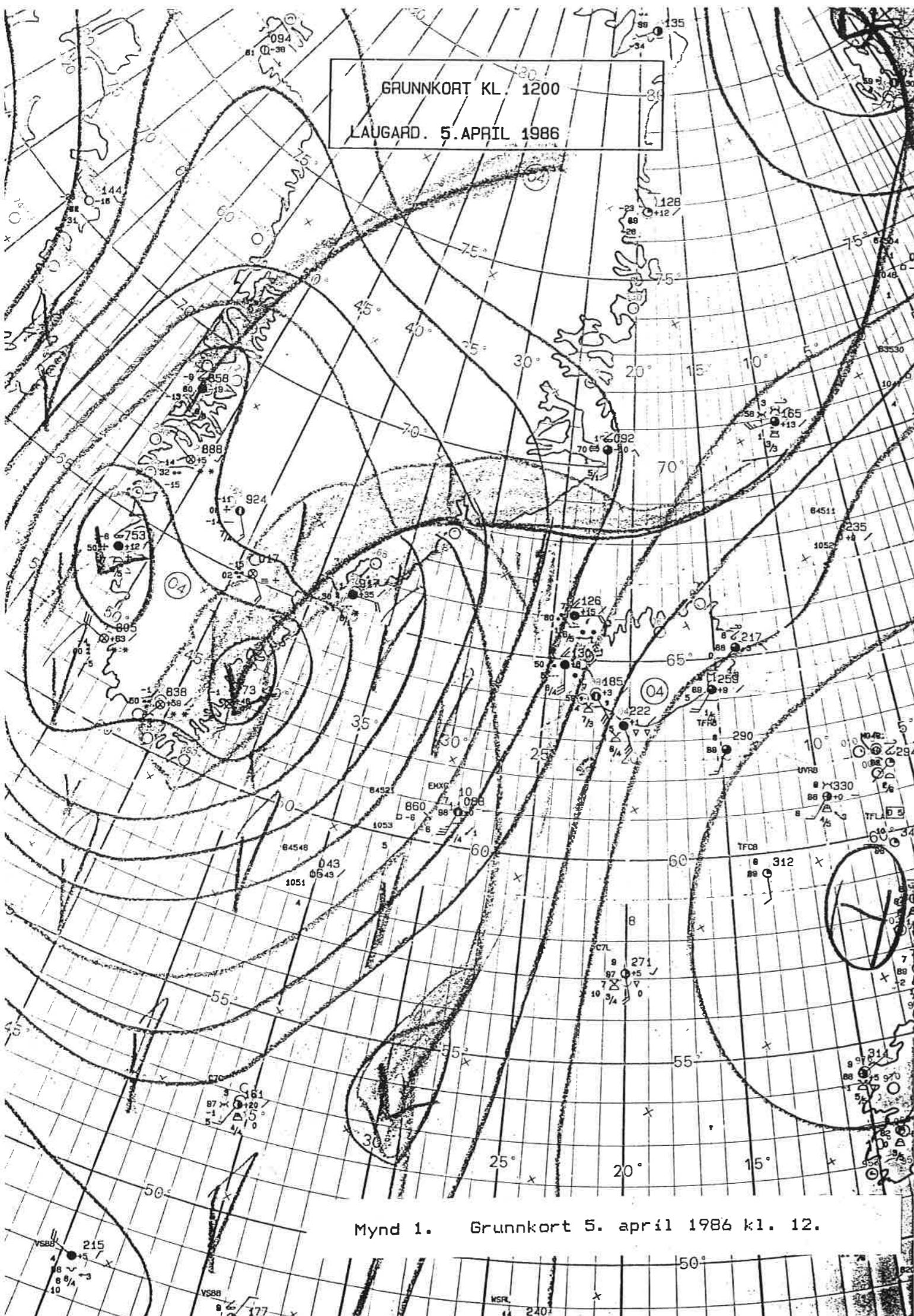
- 1) Grunnkort 5. apríl 1986 kl. 12.
- 2) Íslandskort 5. apríl 1986 kl. 12.
- 3) 700 mb kort 5. apríl 1986 kl. 12
- 4) Þverskurður af kuldaskilum.
- 5) Hitarit frá Keflavíkurflugvelli 5. apríl 1986 kl. 12.
- 6) Mynd frá veðurtungli (ljósmynd) 5. apríl 1986 kl. 14:09.
- 7) Mynd frá veðurtungli (hitamynd) 5. apríl 1986 kl. 14:09.
- 8) Flokkun loftstrauma yfir fjöll.
- 9) Áhrif lögunar fjalls á bylgjumyndun.
- 10) Þverskurðarmynd, sem sýnir áætlaða loftstrauma yfir Ljósufjöllum.

FLIGHT RECORDER READ-OUT  
A, TF-FLO TKO Reykjavik Airport  
1986-03-10

Prepared  
1986-04-11  
Sustman

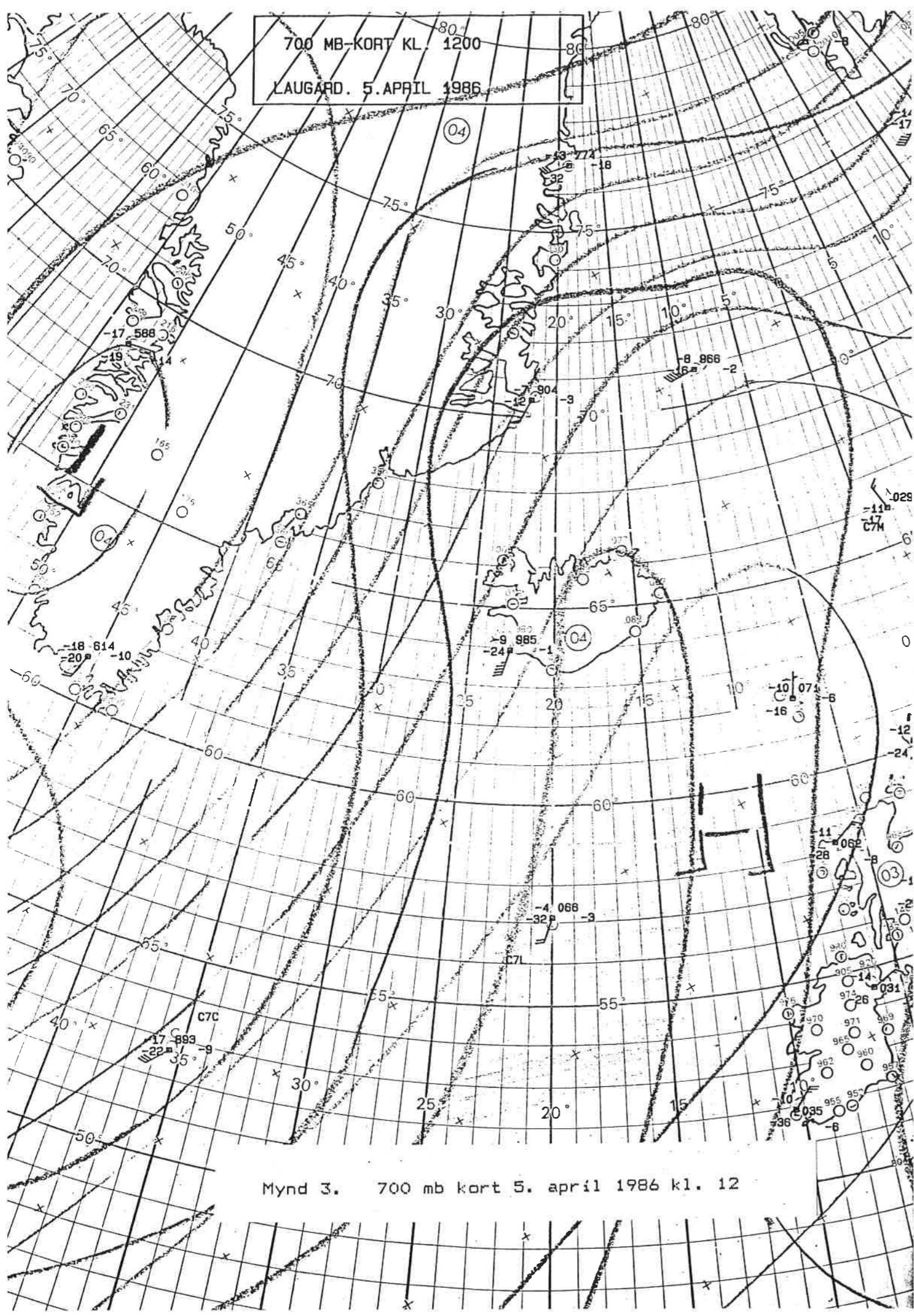


GRUNNKORT KL. 1200  
LAUGARD. 5. APRIL 1986



700 MB-KORT KL. 1200  
LAUGARD. 5. APRIL 1986

Mynd 3. 700 mb kort 5. april 1986 kl. 12



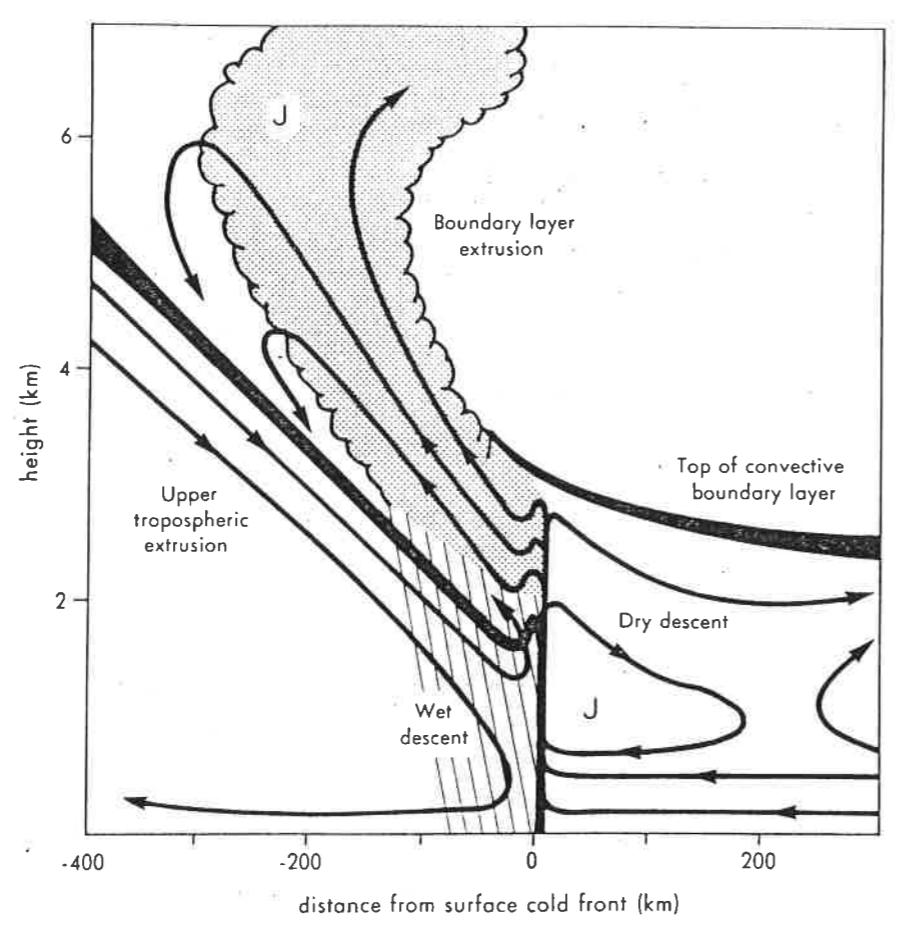


FIG. 168. Schematic model of airflow associated with an ana-cold front. Thin lines are streamlines relative to the moving system. Thick lines represent the cold frontal zone and the top of the convective boundary layer. Regions of saturated ascent are stippled. Jets shown by letter J. (After Browning and Pardoe, 1973.)

Mynd 4. Þverskurður af kuldaskilum. Myndin sýnir vindstreng á undan skilunum í rúmlega 1000 m hæð.

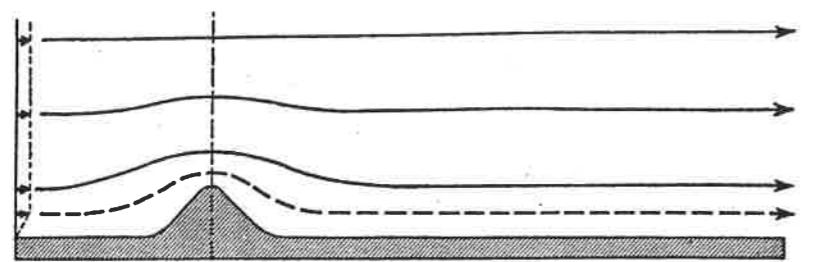


Fig. 3 a — Laminar streaming

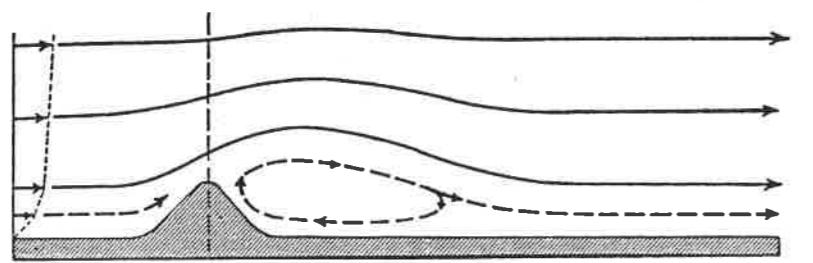


Fig. 3 b — Standing eddy streaming

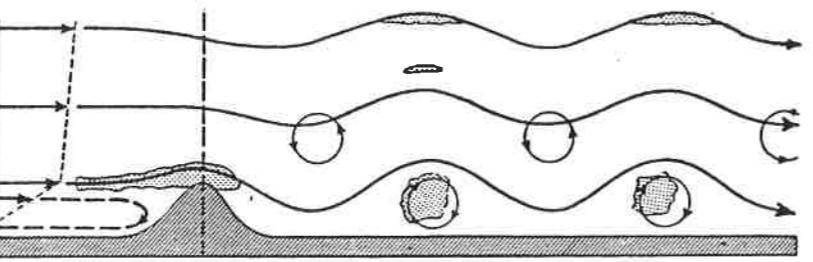


Fig. 3 c — Wave streaming

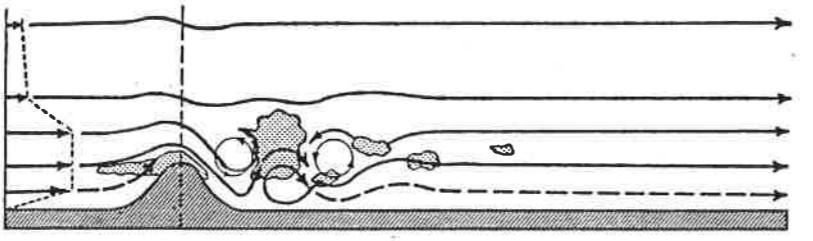


Fig. 3 d — Rotor streaming

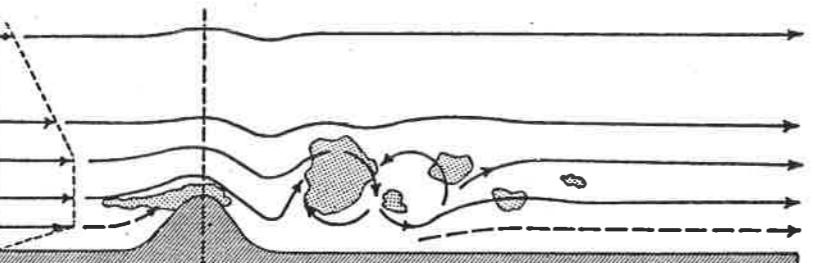


Fig. 3 e — Rotor streaming

Figure I.30 — Classification of types of airflow over ridges. The nature of the flow is determined mainly by the wind profile indicated on the left in each case. After Förchgott [16]

Mynd 8. Flokkun loftstrauma yfir fjöll.

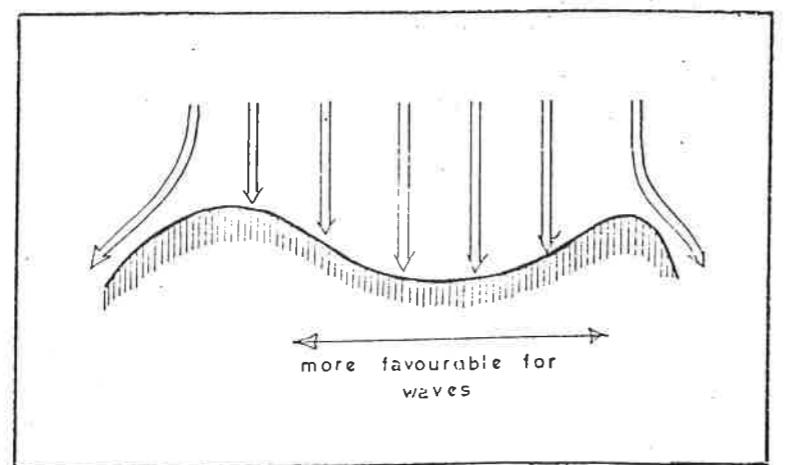
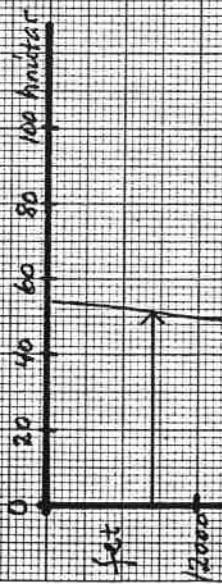


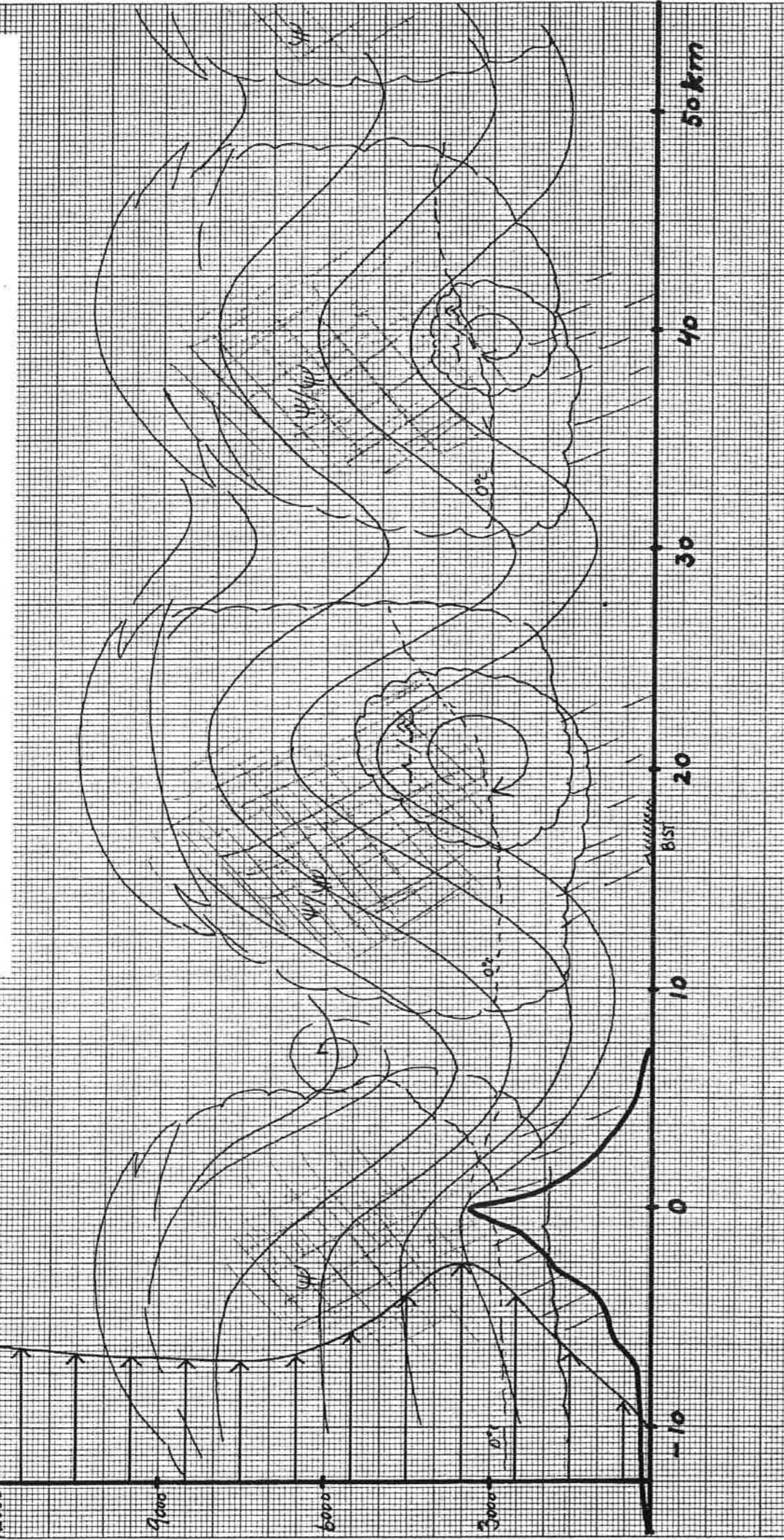
Figure 3.3 - Plan view of curved ridge and favourable place for waves

Mynd 9. Áhrif lögunar fjalls á bylgjumyndun.



Mynd 10.

þverskurdarmynd, sem sýnir ásetlaða loftstrauma yfir Ljósufjöllum. Synd er likleg afstaða bylguna og rotors miðað við fjöllin, einnig liklegir ísingarstaðir. Vindbreyting með hæð er synd lengst til vinstri.



## AIRCRAFT ACCIDENT TF-ORM

### REPORT ON THE METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE LJOSUFJÖLL MOUNTAINS AT SNAEFELLSNES PENINSULA, APRIL 5, 1986.

#### 1. The weather maps in general:

In the morning of 5 april 1986, there was an almost stationary about 1035 Mb, rather large high pressure area, between Scotland and The Faroes. A deep low was at the southern tip of Greenland. The pressure in the center was at about 965 Mb. The low was moving north and seemed to be splitting by Greenland. During the day, it was possible to track two seperate low centers moving north, along each coast of Greenland.

It is impossible to follow the track of the low, along the Greenland glacier, but towards the evening the air pressure starts to drop rapidly over NE-Greenland. This was the same low, but it's remains were still over the southernmost Greenland.

Earlier in the day, Iceland is in the warm sector. This warm air flows to the NE and a cold front is approaching from the west. They seem to be close to the western end of the Snæfellsnes peninsula at noon, see picture no. 1 (#1), but at 1800 hrs, they can be located at about middle of the peninsula.

The rain belt associated with the front seems to be about 100 NM wide and rain starts between 0600 and 0900 hrs in the morning, along the west coast. The rain was heavy, when the rainbelt was entering the land. As an example the rain was 29 mm in Kvígindisdalur (Vestfjords), 8 mm at Hvallátur, 6 mm at Gufuskálar (Western tip of Snæfellsnes) and 4 mm at Stykkishólmur (where the ST NDB is, on the N-middle peninsula).

The wind over Iceland, is in general from S or SSV. The 1200 Hrs Iceland map (#2) shows, thatthere is S-wind in most places in the west, but the isobars point to, that the wind at the mountain top level is about 200°-210°.

The 700 Mb map and the 500 Mb map (#3) show similar wind direction. The Isobars also show, that the winds aloft are strong and strongest over the western part, just preceding the front.

The Iceland map at 1200 Hrs indicates, that the pressure difference between observation posts in the Reykjanes peninsula area and the observation posts on Snæfellsnes and the West fjords, that the geostrophic wind is almost 60 kts.

The surface wind seems to be strongest at Stykkishólmur and at Gufuskálar (34-38 kts) at about 0900 hrs, but the wind gradually decreases during the day. At Hvallátrar the wind is reported force 10 or 52 kts at 0900 Hrs. This indicates, that the wind at mountain tops could be the same as the computed geostrophic wind.

Certainly there exists several local one or more local "low-level jets", in front of advancing cold fronts, frequently at 1000-1500 meter height (#4). By the 1200 Hrs upper air observation at Keflavik Airport, such a jetstream is clearly identified.

It is possible, that such a jet stream, which is overhead Hvallátrar at 0900 Hrs is over the central and the eastern Snæfellsnes peninsula (and over Keflavik Airport), at or shortly after 1200 Hrs.

#### 2. Selected weather observations:

Following is a list of weather observations on April 5, 1986, at 0900, 1200 and 1500 Hrs from Gufuskálar and

Stykkishólmur, also upper air observation from Keflavik Airport at 1200 Hrs.

	Wind	Max	Vis.	Wx	Clouds	Lo	Hi	Temp	QFF
0900:									
Gufusk.	180/34	38	20 km	58Ra	8st, 1000-2000	8As		07/04	1012.2
Stykk.	170/34	36	9 km	62Ra	7st, 600-1000	8As/Ns		06/03	1013.2

	Wind	Max	Vis.	Wx	Clouds	Lo	Hi	Temp	QFF
1200:									
Gufusk.	180/30	36	5 Km	63Ra	8st, 1000-2000	8As/Ns		07/05	1013.0
Stykk.	160/27	35	9 Km	21ReRa7st	600-1000	8As/Ns		06/03	1014.6

	Wind	Max	Vis.	Wx	Clouds	Lo	Hi	Temp	QFF
1500:									
Gufusk.	180/28	32	5 Km	63Ra	8st, 1000-2000	8As/Ns		07/05	1013.5
Stykk.	160/22	27	9 Km	21ReRa7st	600-1000	8As/Ns		06/04	1015.5

Note: The max wind is the strongest 10 minutes average, wind since last observation, but not peaks. The height of lowest clouds is given in feet.

On #5, a graph temperature graph, showing the temperature according to the upper air weather observation at Keflavik Airport at 1200 Hrs is shown. The observation values are written in numbers on the graph.

### 3. Mountain waves:

Satellite pictures show very distinct mountain waves over the Snæfellsnes peninsula and the Vestfjords this day. (#6 and #7). They could be seen already in the morning and they grew stronger during the day. On the early morning pictures, they seemed to be mostly over the western part of the peninsula and the Vestfjords, but they moved inland during the day. It is difficult to estimate their strength solely from the pictures, but the waves over Snæfellsnes seems to be strongest on pictures taken at 1229 Hrs and at 1409 Hrs. Later in the day they gradually weakens over Snæfellsnes, but they grow stronger over the Vestfjords.

Upper air observation from Keflavik Airport at 1200 Hrs show, that most of the conditions, that are considered to be stimulating to the formation of a mountain wave, are present. However there is actually no text book example present, because there are existing various complicating phenomena.

Considering the wind it appears, that the strength is almost everywhere the same, from the mountain top level up to the tropopause as it should be, but the wind speed is not everywhere increasing by height as it usually is. If a shallow layer of strong winds close to the tropopause (229 Mb) is not taken into the picture, the wind is strongest in 600 Mb and 500 Mb (14000 - 18000 feet) height. This indicates, that the waves does not reach higher levels or at least there they have decreased. Also there is an interesting wind core in the 937-919 Mb. range.

Förchtgott classifies the effects of mountains on a wind. (#8) shows, that such a maximum in mountain top level is causing "Rotor streaming" (#8d,8e), it is a strong down draft close to the mountain side and a very strong "rotor" on the downwind side, rather than classic waves (# 8c). Therefore it is not unlikely, that here we have some mixture of these two, despite the pictures definitely show waves.

Considering the temperature lapse rate of the air, it appears that there exists no defined stable layer right above the mountains and a less stable layer above and below, as is constant in mountain wave conditions. On the contrary the stability of the air is very varying and as much as three stable layers are there. The lowest one is 937Mb - 740 Mb (672-2552 m) and the uppermost part seems to be the most stable. Then there is a layer 655 - 534 Mb (3498-5046 m) and at last there is a thin inversion at 398 - 389 Mb.

These deviations from classic mountain waves are causing certain difficulties here, when applying simple methods in figuring out the mountain waves, their size and intensity. A common method named after Casswell and used in a dayly met-service in the UK, spells out that with acceptable errors, the tropopause can be divided in two layers. On one hand, a stable layer from 1000 Mb to 700 Mb and on the other hand a less stable layer 700 Mb to 300 Mb.

Therefore it can hardly be expected, that this method can be applied in order to figure exactly out, for example the up/downdrafts or the wavelenght in this case. However the method can be used as a reference and the deviations estimated.

If the Casswell method is applied on the upper air observation at Keflavik Airport at 1200 Hrs, the results is as follows:

The wavelenght is 16.3 km, and the maximum up-/downdraft is about 1500 feet/min. (by using a 900 meter high mountain and 50 knots windspeed at mountain top level) strongest at 13000 feet. Looking at the observation from midnight 6 April 0000 Hrs), the wave lenght is 19.4 km, up-/ downdrafts 1560 feet/min (using 40 kts. wind, 1950 feet/min using 50 kts) strongest at 13000 feet.

Some of the values found by using the Casswell method, can be compared to values found by other methods. The wavelenght can for example be found on the satellite pictures. On the pictures from 1229 Hrs and 1409 Hrs, the wavelenght seems to be as follows:

1229 Hrs	-	18.1 Km.
1409 Hrs	-	23.2 Km.

These waves are longer than found by the Casswells method. There may be two different explanations to this.

One: As earlier explained, that the Casswell's method is not fitting to these circumstances.

Two: The wind is stronger at the mountain top level over Snæfellsnes peninsula, than measured in the Keflavik Airport observation.

There is a close correlation between the wind speed and the wavelenght at the altitude where the waves are forming and this has been presented as follows:

$L = 0.6U - 3$  (Corby's Formula)  
 - where the wind speed in m/s (U) gives wavelenght (L) in Km. Here the stability of the air has no effects, the only input is the windspeed. However formulas as this have been used to estimate the windspeed from waves on satellite pictures. According to the wavelenght shown here, the windspeed should be:

1209 Hrs	-	18.1 Km	-	70 kts.
1409 Hrs	-	23.2 Km	-	86 Kts.

These figures may be too high, (As a reference one can figure back from the 16.3 Km. figured wavelenght giving 64 kts. wind, according to the observation at Keflavik Airport, but the number 16.3 was found by using 50 Km wind), but this indicates that the windforce is stronger over the Snæfellsnes peninsula,

than over Keflavik Airport and it is very likely, that the winds aloft speed, has increased from 1229 Hrs, when the first picture was taken, until the second picture was taken at 1409 Hrs.

Referring to what was said earlier about geostrophic wind, I hereby estimate the windspeed at mountain top height (700-1200 M) to be 60 - 65 kts. at 1229 Hrs, but as high as 80 kts at 1409 Hrs and then probably it was at maximum.

Using the Casswell's Method to these values, the maximum up - and downdraft will be 1800 - 2400 feet/min.

The system usually referred to as mountain waves, can actually be divided in two classes. Firstly there is a forced wave over the mountain itself, secondly there is the waves on the leeward side of the mountain. They can be formed for tenths and hundreds of kilometers away from the mountain.

The lenght of these waves is first of all controlled by the speed of the wind and if the speed is constant, the waves are stationary in relation to the mountain. If the wind speed changes, a new wavelenght "must be tuned in" and this takes time. The first effect on the wave system, is therefore that the forced wave over the mountain itself absorbs the addition of the wavestrength caused by the increased windspeed and therefore the wave increases considerably in strenght. Then the strenght gradually moves into the leeward side waves. They become stronger and longer at the same time. Such transfer of power can take up to one hour.

As it is very likely, that the winds aloft have increased in speed between the two satellite pictures (1229 and 1409), it is very likely that in that period and little longer, the forced wave over the mountain ridge, was much stronger than the leeward waves and therefore the downdraft at the northern slopes much more than values found by the Casswell Method, but there it is given, that the wind speed will be constant.

According to the Casswell Method, the waves should be strongest at 13000 feet. Several things indicate however, that this is not correct, the considerable force of the wave is still lower. Earlier I mentioned the three stable layers, found on the graph from Keflavik Airport at noon, not adjusting very well to the Casswell theory.

There is a speculation, that such layers may reflect a waveforce to the earth, thus hindering it from traversing upwards, but the force must go upwards, if waves shall reach high. Such an reflection causes the waves to be stronger in the lower air layers. This will probably cause unusually strong winds, sometimes blowing from the mountains close to the ground level. This is a known phenomenon, for example on the northern Snæfellsnes peninsula, south of Vatnajökull etc.

Here we focus on the layer between 655 Mb and 534 Mb (11500 - 16500 feet). It is not unlikely, that this layer is reflecting some waveforce downwards and there the waves decrease considerably. It is also possible, that a shallow but very stable layer in 740-766 Mb (7500-8400 feet) has a similar effect.

If the effects of the reflection are similar to what I have discussed here , the waves should be strongest in the range between 12000 - 16000 feet. The satellite pictures support this, as the waveridges are much more definite on photographs than on infrared pictures. If there were strong waves in the upper tropopause, waveclouds should form at 18000 - 24000 feet, but moisture seems not to be there. Waveclouds should be clearly visible on the infrared pictures.

first leeward wave and it's possible rotor, is especially a matter of concern, (See #10).

#### 5. Altimetry:

Mountain waves and extreme errors in altimetry are often talked about in the same sentence. This is frequently because one does not make a clear distinction between errors in measurement and a sudden downdraft. There is only one proper solution to both problems, that is one must have enough height, so the measurement error is harmless and there is a time for proper action against the sudden downdraft.

When measuring the true altitude in the flight of TF-ORM over the Ljósufjöll mountains, the following factors must be considered:

A) Temperature correction: The temperature at sea level is plus 6° to plus 7° or 8°-9° below the standard temperature. Considering, that the air is slightly colder in the wavetops (and over the mountain), it is reasonable to assume, that the air is 10° colder than standard. It causes about 4% error in altimetry. At 5000 feet, the minimum flight level over the Ljósufjöll mountains, the altimeter therefore shows 200 feet too high.

B) Wind correction: The air pressure falls in strong wind streams and that pressure fall correlates with the square of the windspeed:

$$P = P_0 - \Delta P = P_0 - \frac{1}{2} \rho v^2$$

where  $P_0$  is the pressure in stationary air,  $\rho$  the air density and  $v$  the windspeed. If the windspeed is measured in knots,  $\Delta P$  in Mb is found by using  $\rho = 0.00327$ . Earlier in this report, it was assumed that the windspeed at mountaintop level was close to 80 knots. Then  $\Delta P$  will be equal to 10.5 Mb, but that means that the altimeter shows 315 feet too high.

If these corrections are added to each other, the altimeter will at 5000 feet show 515 feet too high and it equals to, that the QNH is 17 Mb lower than at sea level. The difference between the local QNH and the actual altimeter setting, must also be added or subtracted.

**Note:** This report was written by Mr Guðmundur Hafsteinsson, a meteorologist at the Iceland State Met Office, by request of Skuli J. Sigurðarson of the DCA. It was translated to English by SJS, in May 1987.

The following is quoted from the Accident report itself, in direct continuity of the previous paragraph:

#### Pressure difference between Reykjavik and Stykkisholmur:

When the accident occurred, the QNH at Stykkishólmur was 1015 Mb. The QNH given to the pilot by Reykjavik Approach, as he received the clearance to descent to the minimum flight altitude of 5000 feet, was 1018 millibars. The aircraft altimeters were found to be adjusted to 1018 Mb or 3 Mb higher than the local QNH. This could indicate 3x30 feet or 90 feet too high.

If all these corrections are added together, the aircraft altimeters may have - and will most likely have - shown 605 feet too high!, when the aircraft was approaching the 3000 feet high mountain ridge, descending from FL-060 down to 5000 feet.

One more item has not been mentioned, that effects the behaviour of mountain waves and this is the size and the shape of the mountain. In general, mountains fitting the wavelenght decided by wind and temperature conditions, create stronger waves than others. The distance from the lowlands south of the Ljósufjöll mountains, ((where the aircraft TF-ORM crashed)), north to the seashore in the Alftafjörður fjord, is about 15 Km. and therefore it is not unlikely that 15-20 Km long waves would form there. #9 shows how the shape of the upwind slope effects where and how such waves most likely will be forming.

Looking at a map, showing the vicinity of the Ljósufjöll mountains, it can be seen that Hafursfell on one hand and Hjarðarfellshlíð and Rauðkúla on the other hand, form a shallow walley or a bowl, against the prevailing wind. The topography thus seems to support and strengthen the wave formation over the Ljósufjöll mountainridge.

As earlier mentioned, the winds aloft is similar to the conditions considered to cause rotorstreams, according to #8. Therefore most likely a strong rotor is present in the first leeward side wave north of Ljósufjöll mountains. The overhead mountain wave is frequently a bit longer than the leewardside waves, when a rotor is present. Therefore it can be expected, than the distance of the rotor from the mountain is more than one wavelenght. The core of the rotor is frequently at similar height as the mountain peak, althoug sometimes it is higher.

#10 shows a drawing of a cross section of Ljósufjöll mountains in the direction of the prevailing wind. It shows the wind flowing across the mountain. This is done by using calculations of the wavelenght and the satellite pictures. This picture however must be looked upon as a suggestion rather than an accurate description of facts.

If this suggestion should be close to the actual weather, the rotor from the Ljósufjöll mountains, is strongest over Breiðasund, northwest of Brokey island and a little to the east of Stykkishólmur. The satellite pictures also show, that the first leeward side wave is almost continuing along the northerns coast of the peninsula and the track of the aircraft has penetrated this wave close to Stykkishólmur or a little north of Stykkishólmur.

#### **4. ICING:**

According to the upper air observation from Keflavik Airport (#5) at noon, there is a little moisture above 8000 feet and therefore clouds have hardly been higher than that. However it is likely, that cloud tops have been a little higher over the Snæfellsnes peninsula, than in waveridges over the Breiðafjörður bay and over the Vestfjords, may be as much as the mountain elevation is.

The freezing level seems to be at 3500-4000 feet over Keflavik Airport and most likely it's average height is the same over the Breiðafjörður bay. It must however be noted, that the air is slightly colder in the wavetops than in the "walleys" between them. Thus it can be assumed, that the freezing level over Breiðafjörður bay was at 3000-3500 feet at the wavetops and likely at 4000 feet in the "walleys".

The precipitation figures mentioned earlier show, that a considerable moisture becomes saturated in the clouds. Combined with susc a severe updrafts as expected in these waves, a moderate to severe icing must be expected, especially in the wavetops, where the updraft is strongest and in the rotors. The

**VIÐBÆTIR 5.7.**  
**Fjarskipti Aðflugsstjórnar**  
**og TF-ORM.**

1

**Segulbandsútdráttur.**

Flug TF-ORM frá Ísafirði áleiðis til Reykjavíkur

5. apríl 1986.

Kl.	Aðili:	Texti:
1220	Sími ACC	Já.
	- IFJ	...út hjá mðer Oddur Ragnar Magnús.
	- ACC	Það er RK beint Stykkishólmur Amber Einn fluglag átta núll.
	Sími IFJ	RK beint Stykkishólmur Amber Einn og fluglag átta núll - og fyrir upplýsingar hjá þér ef einhver skyldi ætla að fljúga til Hólmavíkur - braut er ófær vegna aurbleytu.
	Sími ACC	OK.
	- IFJ	OK.
1222	Sími ACC	Já.
	- IFJ	Þír núll flaug hann frá mér, Oddur Ragnar Magnús.
	- ACC	OK.
1254	ORM	Flugstjórn, Oddur Ragnar Magnús, óskar eftir lægri hæð.
	ACC	Óskar þú eftir lægri hæð?
	ORM	Já.
	ACC	Augnablik.
	ACC	Ragnar Magnús, það er heimilt fluglag sex núll.
	ORM	Heimilt fluglag sex núll, Ragnar Magnús.
1317	Sími APP	Já.
	- ACC	Það eru tveir inbound.
	- APP	Tveir inbound, já.
	- ACC	Gunnar Teitur Oddur, frá Vestmannaeyjum og Ellið vatn þír fimm, hann er kominn í fimm núll, og þvert af Eyrarbakka.
	Sími APP	Já.
	- ACC	Síðan er það ormurinn frá Ísafirði.
	- APP	C-402 er það ekki?
	- ACC	Nei, það er Aztec ormurinn.
	- APP	PT-31 er það ekki?
	- ACC	Nei, 23 Aztec.
	- APP	23 Aztec?
	- ACC	PAZT held ég þeir skrifin það nú sérfræðingarnir, ég veit nú ekki hvað ég á að segja þér um hann.
		Hann rétt tommar áfram, við skulum segja 1400.
	Sími APP	Já, hann fer þá bara aftur á bak til Ísafjarðar, ef hann tommar ekki.
	Sími ACC	Já, og hann er í sex núll og verður þar, afhentur á boundary.
	Sími APP	Já, en hvernig er veðrið hjá þér núna? Jæja, ég ætla að tala við turninn, já.

- Sími ACC Prettán hundruð veðrið á ég frá Veðurstofu.  
 - APP Jæja.  
 - ACC Viltu fá það?  
 - APP Já, já.  
 ACC Lárus Teitur, Roger, skifta á Akureyri.  
 - ACC Það voru 170°, 29 hnútar, 7 km, skúrir, 1 st/1000,  
 4 cumulus 2000 fet, 5 st.cu. 4000, hitinn er 7 og  
 1018.
- Sími APP Pakka þér fyrir.
- 1320 ACC Ragnar Magnús viltu segja aftur?  
 ORM ...Stykkishólmi og óska eftir lágmarkshæð.  
 ACC Ragnar Magnú, það er heimilt í 5000 fet og QNH  
 1018, þúsund og átján, fimm þúsund fet.  
 ORM .....já.....
- 1322 Sími APP Já.  
 - ACC Heyrðu, ormurinn.  
 - APP Já.  
 - ACC Það er nú svo hvasst hjá honum að hann vildi fara  
 niður í lágmark, ég gaf honum í góðri trú 5000 fet  
 á QNH 1018.  
 Sími APP Gafstu honum það í góðri trú, já.  
 - ACC ...um að þú yrðir ekkert ógurlega kross.  
 - APP Nei, nei, það eru náttúrulega fjögur fimm þarna  
 lágmark, sko, þegar búið er að ædentiferann.  
 Sími ACC Já, já, hann var ædenteraður hjá Stykkishólmi og,  
 já, það er ekki nema fimm þúsund á öllum erveyinum  
 og reyndar þessum sektor líka.
- Sími APP Já.  
 - ACC Nú.  
 - APP Það ætti að vera í lagi er það ekki?  
 - ACC Jú, jú.  
 - APP OK, ég sé hann.  
 - ACC Já, já.  
 - APP OK.
- 1328 ACC Oddur Ragnar Magnús, skifta á Reykjavík aðflug.  
 - Oddur Ragnar Magnús, flugstjórn.
- 1329 Sími ACC Já.  
 - APP Eruð þið í sambandi við orminn?  
 - ACC Nei, ég ætlaði einmitt að tékka á því, hvort þú  
 værir kominn með hann - hann svaraði mér ekki,  
 nei, nei, hann hvarf af skerminum hjá mér, var  
 góður áðan, en ég sé hann ekki. Hann hefur ekki  
 kallað mig neitt.
- Sími ACC  
 ACC Já, já, hlíðdu við.  
 Oddur Ragnar Magnús, Reykjavík flugstjórn.
- 1330 Sími ACC Hann vill ekkeri við mig tala.  
 - APP Nei, þú hefur hann ekki á skerminum.  
 - ACC Nei.  
 - APP Það voru fjögur og sex þegar ég sá hann þarna  
 síðast.  
 Sími ACC Já.  
 ACC Oddur Ragnar Magnús, Reykjavík flugstjórn.  
 Sími ACC Hann vill ekkeri við mig tala.