

# SKÝRSLA UM FLUGATVIK

(Sbr. Lög nr. 35/2004 um rannsókn flugslysa)

**M-07503/AIG-39**

**TF-ELN**

**Boeing 737-300**

**Reykjavíkurlflugvöllur**

**31. desember 2003**



Markmið flugslysarannsóknna er að greina orsakabætti flugslysa í því skyni einu að koma í veg fyrir að flugslys endurtaki sig og stuðla að því að öryggi í flugi megi aukast. Tilgangurinn er ekki að skipta sök og/eða ábyrgð. Skýrslu Rannsóknarnefndar flugslysa skal ekki beitt sem sönnunargagn í opinberum málum, en rannsókn á meintri refsiverðri háttsemi í tengslum við flugslys er óháð rannsókn flugslysa skv. lögum nr. 35/2004 um rannsókn flugslysa.

## 1 HELSTU STAÐREYNDIR

<b>Staður:</b>	Á Reykjavíkurlugvelli flugbraut 01.
<b>Dagsetning og tími:</b>	31.12.2003 kl. 08:30.
<b>Lofffarið</b>	
- tegund og skrásetning:	Boeing 737-3Q8 skráð til farþegaflugs.
- framleiðsluár:	1987.
- raðnúmer:	23766.
- skírteini:	Lofthæfiskírteini í gildi.
hreyflar:	Tveir CFM56-3B2.
<b>Tegund flugs:</b>	Ferjuflug (positioning flight) og þjálfunarflug.
<b>Fjöldi um borð:</b>	Áhöfn: 2 Áhöfn í farþegarými: 4
<b>Meiðsl:</b>	Engin.
<b>Skemmdir:</b>	Engar.
<b>Atvikslýsing:</b>	Í lok landingarbrunsins rann flugvélin stjórnlaust yfir flugbrautarendann og staðnæmdist þversum á öryggissvæði.
<b>Skráður eigandi:</b>	IAI IV inc.
<b>Rekandi/notandi</b>	Íslandsflug hf.
<b>Veðurskilyrði:</b>	Vindur 030°/20 hnútar, hiti 1°C.
<b>Flugskilyrði:</b>	Sjónflugsskilyrði.

## **Flugstjóri**

- **aldur, kyn** 34 ára, karlmaður
- **skírteini** Handhafi skírteinis ATPL/A, útgefið af Flugmálastjórn Íslands þann 16. desember 2003 og gildir til 16. desember 2008.
- **reynsla** Þegar slysið varð var heildarflugtími flugmanns 4193:52 stundir. Reynsla á þessa flugvél var 2038:52 stundir. Hann hafði flogið 85:27 stundir á síðustu 90 dögum fyrir atvikið og framkvæmt 52 landingar.

## **Þjálfunarflugstjóri**

- **aldur, kyn** 48 ára, karlmaður
- **skírteini** Handhafi skírteinis ATPL/A, útgefið af Flugmálastjórn Íslands þann 16. júlí 2002 og gildir til 16. júlí 2007.
- **reynsla** Þegar slysið varð var heildarflugtími flugmanns 11483 stundir. Reynsla á þessa flugvél var 1549 stundir. Hann hafði flogið 49 stundir á síðustu 90 dögum fyrir atvikið og framkvæmt 10 landingar.

## Um flugið

Flug TF-ELN var ferjuflug frá Keflavíkflugvelli til Reykjavíkflugvallar þann 31. desember 2003. Í fluginu fór einnig fram þjálfun flugstjóra og var því þjálfunarflugstjóri í hægra sæti flugvélarinnar. Flugstjórinn var við stjórnvölinn í landingunni. Við undirbúning flugsins, sem fram fór á Keflavíkflugvelli, voru meðal annars upplýsingar um veður- og bremsuskilyrði fengnar frá flugturni á Reykjavíkflugvelli. Vindur var þá uppgefinn 030°/5 hnútar, skyggni meira en 10 km og bremsuskilyrði á flugbraut 01 42/44/44.

Flugtak frá Keflavíkflugvelli var kl. 08:23 og var flogið sjónflug til Reykjavíkur. Samkvæmt gögnum ferðrita flugvélarinnar var aðflugið að flugbraut 01 eðlilegt og í samræmi við verklag flugrekandans. Á lokastefnu fékk áhöfnin upplýsingar frá flugturninum um að vindur væri 030°/20 hnútar. Samkvæmt ferðritanum lenti TF-ELN á flugbraut 01 kl. 08:30. Bremsukerfi vélarinnar var stillt á "Autobrake 2", vængbörð á 40° og hraðinn um 130 hnútar. Fyrstu ummerki um landinguna voru um 270 metra frá hliðruðum þröskuldi flugbrautarinnar.

Í landingarbruninu varð flugstjórinn var við að flugvélin hægði ekki á sér sem skildi og voru því knývendar settir í hámark og hámarks bremsum beitt. Vélin ferðaðist eftir miðlínu brautar þar til hraðinn var kominn niður í 35 hnúta. Þá voru um 187 metrar eftir af tiltækri landingarvegalegd. Reyndi flugstjórinn þá að snúa vélinni við á brautinni með því að sveigja henni til hægri og svo aftur til vinstri og staðnæmdist flugvélin þversum á öryggissvæði handan flugbrautarenda. Þá hafði hún ferðast 1260 metra frá því hún snerti flugbrautina eða um 1530 metra frá hliðruðum þröskuldi flugbrautarinnar eða 43 metra framfyrir enda flugbrautar sem er 1487 metrar (tiltæk landingarvegalegd). Engar skemmdir var að finna á loftfarinu.

## Loffarið - Afkastageta

Til þess að sjá hversu miklu flugvél afkastar styðjast flugmenn við handbækur flugvélarinnar. Lendingarvegalemdir er hægt að lesa út úr töflu í uppflettihandbók (Quick Reference Handbook) sem gefur áætlaða landingarvegalengd miðað við þyngd, vind, hæð, halla flugbrautar, bremsuskilyrði o.s.frv. Vanalega styðjast flugmenn þó eingöngu við handbók sem inniheldur upplýsingar um flugvelli (Route Performance Manual) og afkastagetu flugvélarinnar á flugvellinum. Sú handbók er yfirleitt nefnd "analýsa" og má sjá hluta úr henni fyrir flugbraut 01 í viðauka 1. Handbókin gefur flugmönnum upplýsingar um hversu þung flugvélin megi vera miðað við mismunandi brautarskilyrði og ham flugvélar en gefur ekki áætlaðar landingarvegalemdir.

Töflur í handbókinni ganga út frá þeirri grundvallarforsendu að um þurra eða blauta flugbraut sé að ræða. Lendingarvegalengd fyrir þurra braut eru margfölduð með 1,15 til að fá landingarvegalengd fyrir blauta braut. Þessar upplýsingar eru svo notaðar til að finna hámarkslandingarþyngd fyrir blauta flugbraut. Handbókin gerir ekki ráð fyrir leiðréttingum fyrir hála (SLIPPERY) flugbraut eða þegar núningsstuðull er kominn niður fyrir 40. Höfundur handbókarinnar (Flygprestanda í Svíþjóð) byggir sína útreikninga á upplýsingum úr handbók flugvélarinnar (Aircraft Flight Manual).

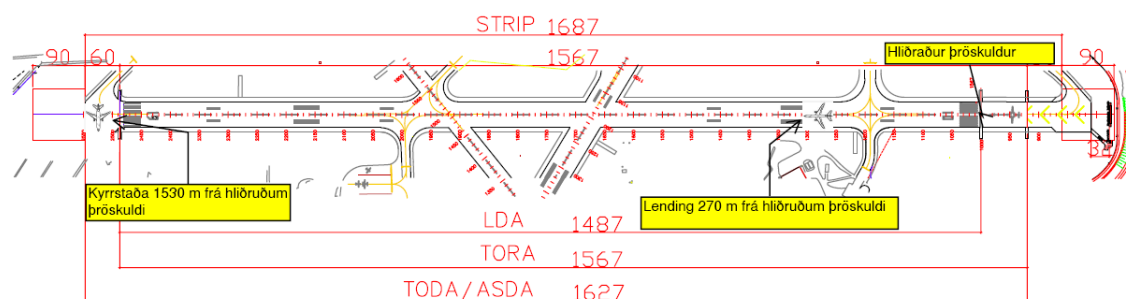
Handbókin beinir því til flugmanna að hafa eftirfarandi í huga (sjá Töflu 1) við notkun handbókarinnar og er það í samræmi við upplýsingar frá flugstjóra.

Ástand brautar	Núningsstuðull (mu)	Notkun gagna
Þurr/rök	Allir	Nota gögn fyrir þurra braut
Blaut	>0.40	Nota gögn fyrir blauta braut þegar vatn á braut er minna en 3 mm
Þurr/Blaut	≤0.40	Nota gögn fyrir uppgefin bremsuskilyrði í B737-300 Quick Reference Handbook Section Normal Configuration Landing Distance (Reduced Braking Action)
Blaut	Allir	Nota Precipitation covered gögn þegar 25% af braut er með meira en 3 mm af vatni

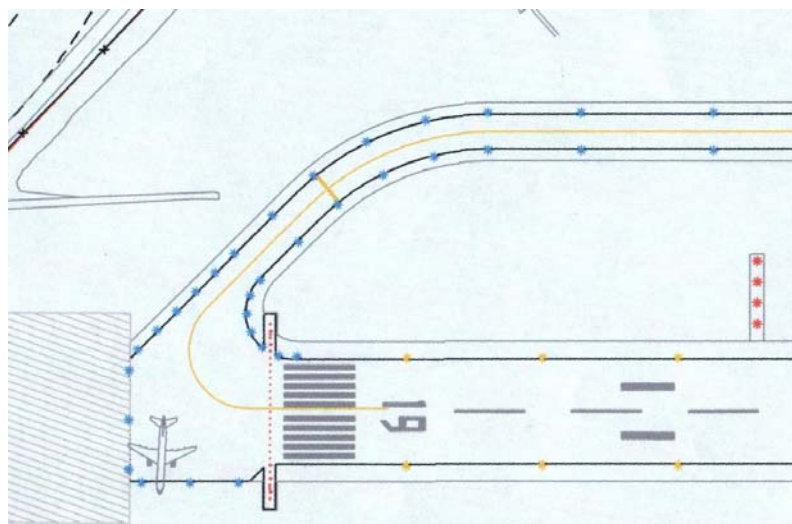
Tafla 1: Kafli "6.2.1 Use of Takeoff and Landing data" úr Route Performance Manual

Í upplýsingum fyrir Reykjavíkurlugvöll gefur handbókin (sjá viðauka 1) upp hver hámarksþyngd vélar fyrir landingu á braut 01 í blautum/þurrum skilyrðum má vera. Áætluð landingarþyngd flugvélarinnar var 44,828 kg. Miðað við vind 30°/5 hnúta og aðrar stillingar eins og Tafla 4 að neðan segir mátti flugvélin vera umtalsvert þyngri eða 55,321 kg ef brautin væri þurr og 49,129 kg ef brautin væri blaut. Flugstjóri bjóst við góðum bremsuskilyrðum á brautinni en á síðustu 3/4 hluta brautarinnar voru bremsuskilyrði orðin mjög slæm. Flugvélin rann stjórnlaust fram yfir brautarenda og staðnæmdist á öryggissvæði þvert á miðlínu brautar (sjá mynd 1 og 2). Landingarþyngdir í handbókinni gera ekki ráð fyrir notkun knývenda og því hefði notkun þeirra átt að stytta landingarbrun.

Massamiðja, þyngd og afkastageta flugvélarinnar var innan marka miðað við upplýsingar um ástand flugbrautar 01 á Reykjavíkurlugvelli.



Mynd 1: Áætlaður landingarstaður og lokastaða flugvélar



Mynd 2: Vél stöðvaðist þvert á miðlínu brautar

## Veður

Flugstjóri hringdi í flugturninn á Reykjavíkflugvelli um klukkan 07:15 og fékk uppgefin bremsuskilyrði og veður. Veður á Reykjavíkflugvelli var þá vindur 030°/5 hnútar og uppgefin bremsuskilyrði á flugbraut 01 42/44/44 (bremsuskilyrði mæld klukkan 07:05). Skyggni á leiðinni var meira en 10 km.

Flugstjóri hafði einnig í sínum fótum SNOWTAM (sjá viðauka 2) frá því klukkan 06:50 um morguninn og veðurspá (TAF) fyrir Reykjavíkflugvöll. SNOWTAM gaf upplýsingar um að flugbraut 01 hafði verið sönduð og bremsuskilyrði væru 41/43/41. Veðurspá fyrir Reykjavíkflugvöll gerði þá ráð fyrir minniháttar snjókomu og 7 km skyggni.

Veðrupplýsingar (METAR) fyrir þetta tímabil á Reykjavíkflugvelli sýndu að vindur var 070°/4 hnútar, skyggni meira en 10 km, hiti 1°C, daggarmark -3°C og loftþrýstingur 994 hPa.

Á leiðinni frá Keflavík til Reykjavíkur kallaði flugstjóri í flugturninn á Reykjavíkflugvelli og fékk veðrupplýsingar. Vindur var þá 060°/7 hnútar og loftþrýstingur 994 hPa. Á stuttri lokastefnu gaf flugumerðarstjóri í flugturninum á Reykjavíkflugvelli upplýsingar um að vindur væri 030°/20 hnútar.

## Flugvöllur

Reykjavíkflugvöllur er með 3 flugbrautir en eru þó aðallega flugbrautir 01-19 og 13-31 notaðar. Flugbraut 01 er lýst nánar hér að neðan:

*Tiltækt flugtaksbrun (TORA): 1567 metrar*  
*Tiltæk flugtaksvegalengd (TODA): 1627 metrar*  
*Tiltæk lendingarvegalengd (LDA): 1487 metrar*  
*Heildarlengd með öryggissvæði: 1627 metrar*  
*Aðflug: Sjónflug með aðflugshallaljósum*



Mynd 3: Reykjavíkflugvöllur

Við bremsumælingar á Reykjavíkflugvelli er notaður núningsmælir til þess að mæla núningsstuðul (kinematic friction coefficient). Núningsstuðullinn ásamt öðrum upplýsingum (svo sem þekju á yfirborði flugbrauta) er notaður til þess að gefa flugmönnum upplýsingar um ástand flugbrauta. Núningsstuðullinn hefur gildi frá 0,00 til 1,00 og eru þau margfölduð með 100 þannig að bremsumæligildið 0,40 er gefið upp sem 40.

Samanburður á skilgreiningu á bremsuskilyrðum hjá Alþjóðaflugmálastofnuninni (ICAO)<sup>1</sup> annarsvegar og framleiðanda flugvélarinnar (Boeing)<sup>2</sup> hinsvegar má sjá í töflunni hér að neðan.

Núningsstuðull (mu)	Bremsuskilyrði ICAO	Bremsuskilyrði Boeing
0,40 og yfir	GÓÐ (GOOD)	ekki skilgreint
0,39 til 0,36	MIÐLUNGS TIL GÓÐ (MEDIUM TO GOOD)	GÓÐ (GOOD)
0,35 til 0,30	MIÐLUNGS (MEDIUM)	MIÐLUNGS (MEDIUM)
0,29 til 0,26	MIÐLUNGS TIL SLÆM (MEDIUM TO POOR)	SLÆM (POOR)
0,25 og lægri	SLÆM (POOR)	ekki skilgreint

Tafla 2: Samanburður á skilgreindum bremsuskilyrðum frá ICAO og Boeing

Bremsumælingarbúnaðurinn sem notaður er á Reykjavíkflugvelli er bifreið af gerðinni Saab Friction Tester frá Saab-Scania í Svíþjóð. Mælingabúnaðurinn er hjól sem slakað er niður á flugbrautina úr bifreiðinni. Búnaðurinn mælir þá krafta sem verka á hjólið ásamt vegalengdinni sem ekin er. Búnaðurinn reiknar út meðalgildi á þremur hlutum brautarinnar ásamt meðalgildi fyrir alla brautina úr tveimur ferðum fram og aftur flugbrautina. Búnaðurinn gerir ráð fyrir að hjólið í snertingu við flugbrautina renni/skríði 15% (læst í bremsu) en snúist annars. Upplýsingar um núningsgildi brautar er komið til flugturns með útgáfu SNOWTAM skeytis sem upplýsir um ástand flugbrautar.

Flugbraut 01 við Reykjavíkflugvöll var ísi þakin og sandi hafði verið dreift á hana. Í símtali á milli flugstjóra og flugumferðarstjóra í flugturni kom fram að bremsuskilyrðin væru 42/44/44 sem teljast góð bremsuskilyrði. SNOWTAM skeyti (sjá viðauka 2) gefur

<sup>1</sup> ICAO Annex 14 Vol I Aerodrome Design and Operations, Boeing 737-300 Quick Reference Handbook

<sup>2</sup> Boeing 737 Quick Reference Handbook, D6-27370-3A4A-ILF, December 1, 2000, bls. PI.10.6



nánari upplýsingar um brautarástand og kemur þar fram að braut 01 var ísi þakin en hafði verið sandi borin. Nokkrar myndir sem teknar voru á vettvangi sýna ástand brautarinnar og feril flugvélarinnar. Einnig sýna þær hvernig för eftir flugvélinu sveigja fyrst til hægri og svo til vinstri sem staðfestir greiningu á ferðritagögnum og frásögn flugstjóra.



Mynd 4: För eftir vélina leita fyrst til hægri og svo snögg til vinstri. Sjá nánar í myndum að neðan.

Um morguninn voru mælingar á bremsuskilyrðum á flugbraut 01 framkvæmdar þrisvar sinnum fyrir atvikið og einu sinni eftir atvikið og voru bremsuskilyrðin eins og hér segir.

Tími	Bremsuskilyrði	Athugasemdir
05:52	41/43/41	
06:21	40 eða yfir	
07:05	42/44/44	Uppgefið af flugturni til flugmanns
08:30		Lending
09:10	39/38/41	

Tafla 3: Bremsuskilyrði á flugbraut 01



Mynd 5: Sjá för leita til vinstri



Mynd 6: Sveigir til vinstri og stöðvast

## Flugritar

Flugvélin var búin hljóðrita af Fairchild gerð (p/n 93-A100-80) og ferðrita af Sundstrand gerð (p/n 980-4100-GMUN). Hljóðritinn tekur upp hljóð í flugstjórnarklefa og ferðriti safnar ýmsum gögnum um flugið s.s. stöðu stjórnflata, hæð vélar, hraða, hreyfilafli o.s.frv. Flugritarnir voru báðir teknir úr flugvélinni og fluttir til aflestrar til rannsóknarnefndar flugslysa í Englandi (AAIB UK). Gögn ferðritans voru síðan send til greiningar hjá rannsóknarnefnd samgönguslysa í Bandaríkjunum (NTSB) og jafnframt til Boeing.

Hljóðritinn geymir aðeins 30 mínútur af gögnum. Við óhapp er áhöfn ætlað að stoppa hljóðritann með því að taka rafmagn af honum. Áhöfn láðist í þessu tilviki að stoppa hljóðritann og fengust því engar hljóðupplýsingar um aðflugið eða landinguna.

Ferðritinn hafði að geyma mikilvægar upplýsingar um aðflugið og landinguna og þá sérstaklega gaf hann upplýsingar um hægingu flugvélarinnar í landingarbruninu og samanburð við mæld bremsuskilyrði.

Eftirfarandi gögn eru byggð á aflestri ferðritagagna sem gerður var af Boeing Air Safety Investigation, skýrsla dags. "07 July 2005, FDR Analysis - Islandsflug (ISF) 737-300 (PP352) Landing Incident, Reykjavik, Iceland, December 31, 2003".

Við landingu á Reykjavíkurlugvelli var hamur flugvélarinnar eftirfarandi:

Atriði	Staða
Vængbörð	40 gráður
Hemlar	Autobrake 2
Knývendir	Settur á 5 sek. eftir landingu
Hraði Vref/Target	124/130 hnútar
Þyngd	44,826 kg
Anti-skid	ON

Tafla 4: Hamur vélar við landingu

Samkvæmt útreikningum byggðum á gögnum úr ferðrita snerti flugvélin flugbrautina við för eftir landingar um 270 metra frá hliðruðum þröskuldi. Vélin fylgdi miðlínuna flugbrautar þar til hraðinn var kominn niður í 35 hnúta. Vélin fór þá aðeins hægra megin við miðlínuna (15 gráður) og svo fljótlega þar á eftir skipti hún snögglega um

stefnu og fór vinstra megin við miðlínu. Vélin stöðvaðist 1260 metrum (1530 metra frá flugbrautarþröskuldi) frá þeim punkti sem hún fyrst snerti flugbrautina. Áætlaðan landingarstað og lokastöðu vélar má sjá á myndum 1 og 2 hér að ofan.

Samkvæmt gögnum úr ferðrita má sjá að:

- Lofthemlar komu á við landingu
- Knývendir var settur á 5 sekúndum eftir landingu og hámarks knývendingu var náð 600 metrum síðar.
- Knývendir var settur í hægagang um 21 sekúndu eftir landingu
- Knývendir var settur aftur í hámark 26 sekúndum eftir landingu
- Knývendir var settur í hægagang 37 sekúndum eftir landingu
- Knývendir settur aftur í hámark 46 sekúndum eftir landingu
- Bremsuskilyrði voru miðlungs til slæm
- Bremsuskilyrði við enda brautar voru slæm
- Aðflugshraði var réttur eða 130 hnútar

Ferðritagögn (sjá graf í viðauka 3) sýna hægingu frá þeim tíma sem hún snertir fyrst flugbrautina. Samanburður er gerður við 3 aðra bremsustuðla (aircraft braking friction coefficient) eða góðan, miðlungs og slæman.

Viðmiðunartími (sek)	Tími á X ási í grafi (sek)	Lýsing	Bremsuskilyrði
0	949	Flugvél snertir flugbrautina Lofthemlar settir á Hemlun hefst	Miðlungs til slæm
5	954	Knývendar settir í hámark	Miðlungs til slæm
21	970	Knývendar settir í hægagang í 4 sekúndur	Miðlungs til slæm
26	975	Knývendar settir í hámark	Miðlungs til slæm
37	986	Knývendar settir í hægagang í 10 sekúndur	Slæm
46	995	Knývendar settir í hámark	Slæm

Tafla 5: Hæging flugvélar í landingarbruni

Í greiningu Boeing á ferðritagögnum má sjá að bremsuskilyrði á brautinni voru miðlungs til slæm mestalla vegalengdina. Í samtali flugstjóra við flugumferðarstjóra í flugturninum á Reykjavíkflugvelli kom ekki annað fram en að ástand flugbrautar væri gott. Ekki var hægt að draga ályktun af þeim upplýsingum hvort brautin væri hál þar sem uppgöfin bremsuskilyrði voru góð. SNOWTAM skýrsla í viðauka 2 sýnir að flugbraut 01 á Reykjavíkflugvelli var ísi lögð og hafði verið sönduð ásamt akbrautum. Miðað við upplýsingar úr Route Performance Manual (sjá viðauka 1), blauta flugbraut og þá stöðu sem vélin var í átti flugbrautin að nægja til landingar. Knývendar virka best á miklum hraða og hafa mest áhrif í upphafi hægingar við landingu en hafa lítil áhrif á litlum hraða.

Í samantekt af ofangreindu má segja að aðflug og landing hafi verið með eðlilegu móti. Í samtali við flugstjóra kemur það fram að ætlunin hafi verið að lenda með sjálfvirka hemlun (Autobrake 2) en fara svo strax yfir í handvirka hemlun. Jafnvel þó að hámarks handvirkri hemlun var beitt og knývending notuð voru bremsuskilyrði það slæm að vélin náði ekki að stöðva fyrir flugbrautarenda. Einnig kemur fram í samtali við flugstjóra að hann reyndi að beygja vélinni til hægri með þeirri tilætlun að reyna að snúa vélinni við á brautinni. Vegna mikillar hálfu svaraði vélin ekki beygju og endaði feril sinn eins og fyrr segir. Ferðritagögn staðfesta þessa frásögn flugstjóra.

### **Prófanir og rannsóknir**

Rannsakendur yfirfóru búnað Saab bifreiðarinnar sem notuð er við bremsumælingar á Reykjavíkflugvelli og gerðu samanburðaprófanir við mælibúnað sem notaður er á Keflavíkflugvelli. Samkvæmt handbók Saab bifreiðarinnar (Saab Friction Tester Engineering Specification) á að:

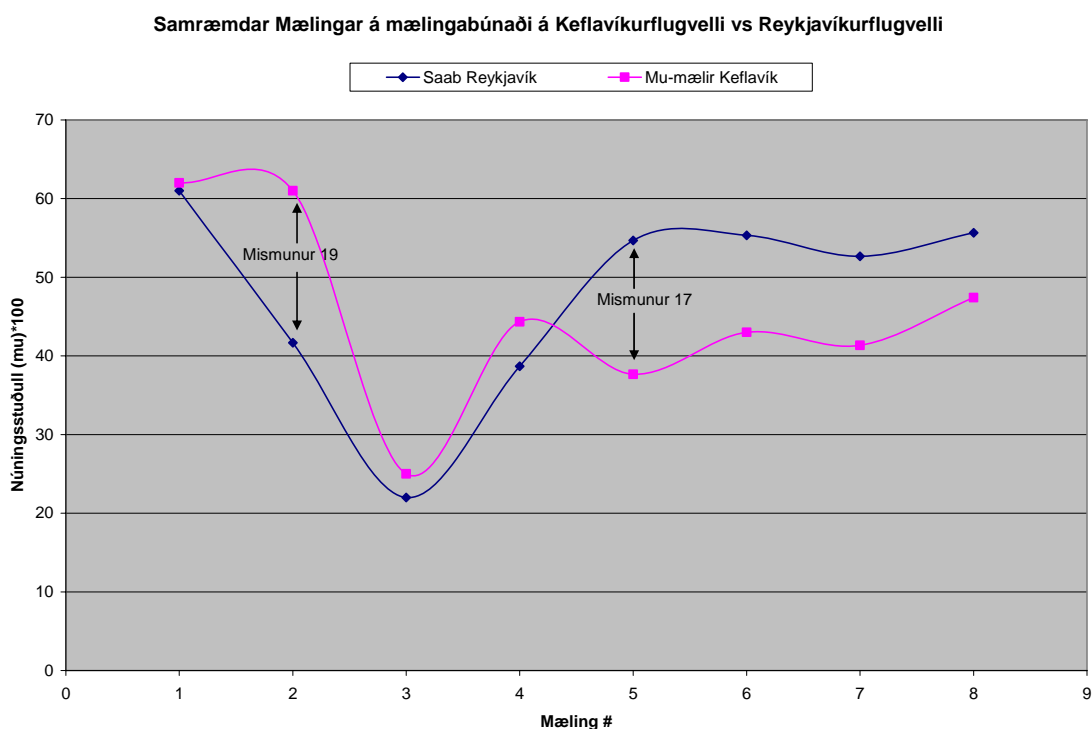
1. Prófa mælingarbúnaðinn fyrir hverja mælingu með því að ýta á "TEST" hnapp í mælaborði bifreiðarinnar.
2. Kvarða mælingarbúnaðinn einu sinni í mánuði með sérstökum kvarða sem fylgir bifreiðinni.
3. Kvarða mælingarbúnaðinn einu sinni á ári á viðurkenndu verkstæði.

Vélaverkstæði Flugmálastjórnar er viðurkennt verkstæði og hefur séð um að kvarða mælingarbúnaðinn með kvarða frá framleiðanda. Starfsmenn vélaverkstæðis hafa einnig sótt námskeið hjá framleiðanda bifreiðarinnar. Ekki var til staðar skrá yfir hvenær bifreiðin var síðast kvörðuð fyrir atvikið en í samtali við starfsmenn

vélaverkstæðisins kom fram að bifreiðin var ekki kvörðuð eins og framleiðandi gerir ráð fyrir og lýst er hér að ofan í liðum 1 til 3.

Samanburðarprófanir voru gerðar við MU-mæli sem notaður er á Keflavíkurflugvelli þann 03.01.2004. Hann er með innbyggðum prófunarbúnaði og er jafnframt kvarðaður reglulega. Brautir flugvallarins voru auðar af snjó og ís en töluverður ís var á akbrautum og voru prófanirnar framkvæmdar á akbraut K3. Prófanir voru gerðar með því að keyra mælana hvern á eftir öðrum á akbraut K3. Samkvæmt grafinu að neðan er fylgni í mælingunum en mismunurinn getur oft á tíðum verið töluvert mikill. Einnig getur verið mikill munur milli mismunandi mælibúnaðar.

Flugmálastjórn Íslands hefur síðan slysið varð endurnýjað Saab bifreiðina sem notuð er á Reykjavíkurflugvelli.



#### Mynd 7: Samanburðarmælingar

Kanadíska Flugmálastjórnin (Transport Canada) ásamt flugmálastjórnnum annarra ríkja hefur staðið fyrir umtalsverðum rannsóknum á bremsumælingum flugbrauta ([Joint Winter Runway Friction Measurement Program](#)). Grunnur að rannsóknunum er að mæld og uppgæfin bremsuskilyrði eru oft ekki í samræmi við það sem flugmenn upplifa og hægingu flugvélar í landingu. Oft getur verið um mikla skekkju að ræða og bremsuskilyrði geta verið umtalsvert verri en gefið er upp. Í viðauka 5 má sjá gildi

núningsstuðla eins og þeir voru mældir af mismunandi tækjabúnaði á sönduðum ís. Meðalgildin eru allt frá 0,15 upp í 0,7 og mikill breytileiki er í mælingum með sama tækjabúnaðinum. Í ljósi þessa er erfitt fyrir flugmenn að fyllilega treysta á uppgefnar tölur um bremsumælingar þó þær séu gerðar eftir bestu vitund og þekkingu. Góð bremsuskilyrði (GOOD) er viðmiðunargildi og þýðir að flugvélar eiga ekki að lenda í stjórnvandamálum eða hamlunurvandamálum sérstaklega í landingu en gefur annars ekki frekari upplýsingar um ástand brautar.

Í rannsóknunum sem bent er á hér að ofan kemur fram að sterkt samband er á milli hægingar flugvéla (raungildi núnings) í landingu og mældra bremsuskilyrða en oft á tíðum er raungildi núnings minna (og því minni hæging) en mælt gildi. Flugmálastjórn Kanada gefur út staðlaðar bremsumælingar eða Canadian Runway Friction Index (CRFI) og samfara því er gefið út í upplýsingariti flugmálastjórnarinnar AIR töflur yfir áætlaða landingarvegalengd miðað við uppgefinn núningsstuðul og hliðarvind. Þessar töflur eru handhægar í notkun fyrir flugmenn til að áætla brautarnotkun í mismunandi bremsuskilyrðum.

Tækjabúnaður og aðferðir til að mæla ástand flugbrauta í vetrarskilyrðum eru ekki samræmdar og byggja ekki á sama grunni. Mæligildi frá einum tækjabúnaði á einum flugvelli er hugsanlega ekki það sama og mæligildi annars tækjabúnaðar á öðrum flugvelli jafnvel þó að tækjabúnaðurinn sé sá sami. Jafnvel endurteknar mælingar geta gefið mjög mismunandi gildi. Einnig ganga mismunandi mælitæki út frá mismunandi forsendum. Saab bifreiðin gengur til dæmis út frá þeirri forsendi að dekkið skriði eða renni eftir brautinni 15% af tímanum. Mælt núningsgildi segir því einungis til um samspil búnaðar og brautarinnar en ekki hver hegðun flugvélarinnar verður eða hvers konar bremsu (Braking Action) flugvélin nær.

Annað vandamál tengt bremsumælingum er að bilið á milli slæmra bremsuskilyrða (0,25) og góðra bremsuskilyrða (0,40) skv. skala ICAO (sjá töflu 1) er aðeins 0,15. Rannsóknir ICAO hafa sýnt fram á að frávik í mælingum á flugbrautum þöktum snjó eða ís getur verið  $\pm 0,10 - 0,15$ . Samkvæmt ofangreindu getur frávikið breytt góðri bremsumælingu (0,40) í slæma (0,25). Vegna þessa hefur [Rannsóknarnefnd flugslysa í Noregi](#) (SHT) skoðað þann möguleika á að gefa aðeins upp þrjú núningsgildi 0,2 (slæm), 0,3 (miðlungs), 0,4 (góð). Bremsugildið 0,39 væri þá gefin upp sem 0,30 eða 30.

Einnig er bent á það í ICAO Airport Services Manual Part 2 Kafli 4 málsgrein 4.2.2 að þegar að hitastig flugbrauta er að flökta öðru hvoru megin við frostmark þá þurfi að sýna sérstaklega mikla aðgát við bremsumælingar þar sem mæligildin innihaldi mikla óvissu. Í málsgrein 4.2.3 er bent á að það sé sérstaklega varhugavert að mæla bremsuskilyrði ef þunn filma af vatni er á ísi þakinni braut. Dekk flugvélarinnar og dekk mælibúnaðarins ganga mismunandi langt niður í vatnið og mælt bremsugildi gefur ekki rétta mynd af hægingu flugvélarinnar og getur þar munað miklu. Þessi skilyrði geta myndast þegar að mismunur á daggarmarki og hitastigi er lítið.

Rannsóknarnefnd flugslysa telur nauðsynlegt að staðla mælingar og kvarða mælitæki í samræmi við alþjóðlegan staðal. Kanadíska Flugmálastjórnin hefur þróað sinn eigin staðal og gefur út CRFI núningsgildi eins og kemur fram hér að ofan. Rannsóknir [NASA](#) og annarra eru enn í gangi til að útbúa alþjóðlegan staðal og gefa út alþjóðlegt núningsgildi sem er kallað IRFI eða International Runway Friction Index.

Ávinningur þess að gefa upp núningsgildi/bremsuskilyrði í stöðluðu formi er:

- Minni áhætta á misskilningi hjá flugmönnum þar sem núningsgildi/bremsuskilyrði hafa sömu þýðingu fyrir alla flugvelli.
- Aukin gæði í bremsmælingum.
- Meiri áreiðanleiki í uppgefnum bremsuskilyrðum.
- Mælt núningsgildi samsvarar betur hægingu flugvélar (Braking Action)

Núningur dekks við flugbraut er erfitt viðfangsefni og núningstuðull er meðal annars breyta af ástandi brautar, hraða flugvélar, þrýstings í dekkjum, tegund dekkja, hemlunar- og landingarbúnaði o.s.frv. ICAO Airport Services Manual Part 2 Kafli 5 málsgrein 5.5.3 bendir á það að áreiðanleiki bremsumælinga ræðst verulega af þeim starfsmönnum sem stýra mælibúnaðinum. Því er þjálfun í meðhöndlun mælitækja, skýrt verklag og rétt viðhald skilyrði fyrir áreiðanlegum mælingum.

FAA hefur einnig gefið út mikið af efni tengt bremsumælingum. Ein slík [skýrsla](#) (Announcement of Policy for Landing Performance Assessments After Departure For All Turbojet Operators by James J. Ballough, Director Flight Standards Service) fjallar um mikilvægi þess að flugáhafnir notfæri sér allar mögulegar upplýsingar um ástand flugbrautar. Málsgrein úr skýrslunni fylgir hér að neðan:

“Likewise, because pilot braking action reports are subjective, flightcrews must use sound judgment in using them to predict the stopping capability of their



airplane. For example, the pilots of two identical aircraft landing in the same conditions, on the same runway could give different braking action reports. These differing reports could be the result of differences between the specific aircraft, aircraft weight, pilot technique, pilot experience in similar conditions, pilot total experience, and pilot expectations. Also, runway conditions can degrade or improve significantly in very short periods of time dependent on precipitation, temperature, usage, and runway treatment and could be significantly different than indicated by the last report. Flightcrews must consider all available information, including runway surface condition reports, braking action reports, and friction measurements.”

### **Frekari Upplýsingar**

Fjöldamörg sambærileg atvik eru til þar sem bremsumælingar voru ekki að gefa raunástand flugbrautar og eru þrjú talin upp hér að neðan:

1. 2. desember 2001, Flugfélag Íslands, TF-JME af gerðinni Fairchild SA 227-DC. TF-JME, sem var í áætlunarflugi til Hornfjarðarflugvallar frá Reykjavíkflugvelli, rann út af flugbrautinni eftir landingu. Þegar flugvélin lenti var ástand á yfirborði flugbrautarinnar verra en fram kom í veðurskeyti og í ástandslýsingu frá flugvallarverði til flugmanna í fjarskiptum. Tiltæk flugbraut var styttri en uppreiknuð nauðsynleg landingarvegalegd miðað við leiðbeiningar frá framleiðanda flugvélarinnar við þessar aðstæður.
2. 26. mars 2006, ENTO MyTravel Airways, OY-VKA af gerðinni Airbus A321. OY-VKA lenti á flugvellið við Torp í Noregi. Brautarástand var mun lélegra en hafði verið gefið upp í SNOWTAM skeyti. Flugvélin rann fram af brautarenda og stöðvaðist þversum á öryggissvæði með nefhjól upp við ILS loftnet brautar.
3. 28. desember 2005, Southwest Airlines, N471 af gerðinni B737-700. N471 lenti á Chicago Midway flugvelli. Flugíð var áætlunarflug frá Baltimore til Midway. Í landingarbruninu rann flugvélin fram af flugbrautarenda í gegnum varnargirðingu og útá umferðargötu. Engin meiðsl voru á fólki um borð en eitt barn lést og 12 slösuðust á jörðu niðri er flugvélin rann út á umferðargötuna.

## 2 GREINING OG NIÐURSTAÐA

Flug TF-ELN frá Keflavík til Reykjavíkur þann 31. desember var með eðlilegu móti. Öll skírteini (flugmanna, flugrekanda, flugvélar) voru í gildi og var flugvélinni viðhaldið samkvæmt viðurkenndu viðhaldskerfi Íslandsflugs. Þyngdarmiðja og þungi voru innan marka, undirbúningur og aðflug til Reykjavíkurflugvallar var með eðlilegu móti.

Flugstjóri beitti knývendum og hámarks handvirkri hemlun sem hefði átt að stytta áætlaða landingarvegalengd til muna. Tilraun flugstjóra til að snúa flugvélinni á flugbrautinni var að mati RNF rétt ákvörðun til að koma í veg fyrir að vélin rynni fram af öryggissvæði og út á umferðargötu. Að mati RNF brást áhöfnin rétt við þeim aðstæðum sem hún lenti í.

Vegna mikils breytileika í bremsumælingum er mikilvægt að Flugmálastjórn Íslands sjái til þess að til séu verklagsreglur um framkvæmd og útgáfu bremsumælinga sem uppfylli ICAO Annex 14 Viðauka A og ICAO Airport Services Manual. Einnig er mikilvægt að starfsmenn er framkvæma bremsumælingar fái síþjálfun í verklagsreglum svo tryggt sé að bremsumælingar skili sem áreiðanlegastri niðurstöðu.

Rannsóknarnefnd flugslysa kannaði nýverið ástand kvörðunar hjá vélaverkstæði Flugmálastjórnar og er bifreiðin nú kvörðuð samkvæmt fyrirmælum framleiðanda. Skráning á kvörðun bifreiðarinnar er ekki til.

Það er niðurstaða Rannsóknarnefndar flugslysa að slæm bremsuskilyrði á flugbraut 01 á Reykjavíkurflugvelli hafi verið höfuðorsök þess að flugvélin stöðvaðist ekki fyrir en við enda flugbrautarinnar.

### 3 TILLÖGUR Í ÖRYGGISÁTT

Tillögur í öryggisátt eru fimm til Flugmálastjórnar Íslands og ein til Alþjóðaflugmálastofnunarinnar (ICAO).

RNF beinir eftirfarandi tillögum til Flugmálastjórnar Íslands að:

1. Sjá til þess að bremsumælingarbúnaður, sem í notkun er á flugvöllum undir umsjón Flugmálastjórnar, sé kvarðaður reglulega skv. handbók framleiðanda og haldin sé skráning um kvörðun.
2. Fylgjast með þróun rannsókna tengdum alþjóðlega viðmiðunargildinu IRFI eins og það er tilgreint í “ASTM E2100-04 standard practice for calculating the international runway friction index (IRFI)” og taka upp við fyrsta tækifæri eða taka upp þann staðal sem Flugmálastjórn Kanada hefur útbúið með Canadian Runway Friction Index.
3. Skrái verklagsreglur um bremsumælingar sem taka á framkvæmd bremsumælinga, samstarfi flugumferðarþjónustunnar, flugvallarstjórna og þeirra sem framkvæma bremsumælingar skv. ICAO Airport Services Manual Part 2 Kafli 4 málsgrein 4.2.6.
4. Setji upp skipulagða síþjálfun í bremsumælingum.
5. Upplýsa flugmenn um ónákvæmni bremsumælinga á hálum flugbrautum eins og rannsóknir hafa sýnt fram á.

RNF beinir eftirfarandi tillögu til Alþjóðaflugmálastofnunarinnar (ICAO) að:

1. ICAO íhugi að endurskoða upplýsingar í viðbæti 14 við Alþjóðaflugmálasáttmálann (Annex 14 Aerodromes) með tilliti til rannsókna sem fram hafa farið við þróun á International Runway Friction Index og Canadian Runway Friction Index.

*Rannsóknarnefnd flugslysa*

*Reykjavík 14. febrúar 2007*

## VIÐAUKI 1 - B737-300 ROUTE PERFORMANCE MANUAL

Mynd að neðan sýnir hámarksþyngd fyrir landingu miðað við blauta braut, 40 gráðu vængbörð og Anti-skid ON.

Date : Apr 1 2004	Route Performance Manual <span style="float: right;">at 22k</span>	<b>Takeoff Flaps 5</b> <small>ENG Bleeds ON</small>
TORA 1567 m ASDA 1627 m TODA 1627 m LDA 1487 m	<b>REYKJAVIK</b> Slope 0.16% Uphill AD Elev 45 ft <b>BIRK/REK 01</b>	

OAT		Max structural mass must be observed.- Wet runway (All masses in kg)						
Climb limit	T 10	T 5	0 (Calm)	H 5	H 10	H 15	H 20	
+52°C	52878 (56)	41618(40) V 106 117 127	43601(43) V 106 120 130	45571(44) F 110 124 133	46230(44) F 112 125 134	46834(44) F 113 126 134	47384(45) F 114 127 135	47912(50) Ob 115 128 136
+50°C	53779 (57)	42055(41) V 107 118 128	44054(43) V 107 121 131	46031(44) F 111 124 133	46698(44) F 113 125 134	47303(45) F 114 126 135	47856(45) F 115 127 136	48423(46) F 116 128 136
+48°C	54670 (57)	42491(42) V 108 118 129	44506(43) V 107 121 131	46498(45) F 112 125 134	47166(45) F 113 126 135	47772(45) F 115 127 136	48328(46) F 116 128 136	48899(46) F 117 129 137
+46°C	55552 (58)	42928(43) V 108 119 129	44961(44) V 108 122 132	46969(45) F 113 125 135	47640(46) F 114 127 136	48247(46) F 115 128 136	48805(46) F 116 128 137	49379(47) F 118 129 138
+44°C	56436 (60)	43337(42) V 109 119 130	45424(44) V 109 123 133	47481(47) F 112 126 135	48152(47) F 114 127 136	48753(47) F 115 128 137	49313(47) F 116 129 138	49897(48) F 117 130 139
+42°C	57340 (61)	43813(42) V 110 120 131	45920(45) V 110 123 134	47996(48) F 113 127 136	48667(48) F 115 128 137	49269(48) F 116 129 138	49838(48) F 117 130 139	50429(49) F 118 131 139
+40°C	58244 (62)	44291(44) V 111 120 132	46424(46) V 111 124 134	48512(48) F 114 127 137	49182(48) F 115 128 138	49790(48) F 117 129 139	50368(49) F 118 130 139	50963(49) F 119 131 140
+38°C	59151 (63)	44770(45) V 112 121 132	46929(47) V 111 125 135	49027(48) F 115 128 138	49702(48) F 116 129 139	50318(49) F 117 130 139	50900(49) F 119 131 140	51500(50) F 120 132 141
+36°C	60061 (63)	45255(45) V 112 121 133	47441(48) V 112 125 136	49551(49) F 115 128 138	50237(49) F 117 130 139	50853(50) F 118 131 140	51440(50) F 119 131 141	52044(51) F 121 132 142
+34°C	60998 (63)	45742(45) V 113 122 134	47954(48) V 113 126 137	50087(49) F 116 129 139	50775(50) F 118 130 140	51392(50) F 119 131 141	51982(50) F 120 132 142	52580(50) F 122 133 142
+32°C	62030 (65)	46232(45) V 114 123 134	48462(47) V 114 126 137	50626(49) F 117 130 140	51321(50) F 119 131 141	51945(50) F 120 132 142	52526(50) F 121 133 142	53122(50) F 123 134 143
+30°C	63065 (66)	46727(45) V 115 123 135	48971(47) V 115 127 138	51165(49) F 118 130 141	51867(50) F 120 132 142	52489(50) F 121 133 142	53068(50) F 122 134 143	53664(50) F 124 135 144
+28°C	63235 (43)	46933(37) V 115 123 135	49183(38) V 115 127 138	51390(41) F 119 131 141	52095(41) F 120 132 142	52714(41) F 121 133 143	53294(41) F 123 134 144	53890(41) F 124 135 144
+23°C	63387 (40)	47319(37) V 115 124 136	49582(38) V 115 128 139	51812(40) F 119 131 142	52513(40) F 121 133 142	53136(41) F 122 134 143	53717(40) F 124 135 144	54322(41) F 125 136 145
+18°C	63533 (42)	47705(37) V 115 125 136	49988(39) V 115 128 139	52229(41) F 120 132 142	52929(41) F 122 133 143	53558(41) F 123 134 144	54139(41) F 124 135 145	54766(42) F 126 136 146
+13°C	63644 (42)	48091(37) V 115 125 137	50394(39) F 115 129 140	52641(40) F 121 133 143	53347(40) F 123 134 144	53980(41) F 124 135 144	54584(41) F 125 136 145	55212(42) F 127 137 146
+8°C	63742 (42)	48496(38) V 116 126 137	50822(40) F 116 130 140	53074(41) F 122 133 143	53786(41) F 123 135 144	54439(42) F 125 136 145	55053(43) F 126 137 146	55681(43) F 128 138 147
+3°C	63839 (43)	48907(38) V 116 127 138	51254(40) F 117 130 141	53513(41) F 123 134 144	54234(41) F 124 135 145	54912(43) F 126 136 146	55527(44) F 127 138 147	56156(44) F 129 139 148

Flaps A/I		Approach. 2.5% (All masses in kg)												
		-10°	-5°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
1°	E	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	70000	67538	65265	63023	60637
	W	65973	65911	65850	65775	65675	—	—	—	—	—	—	—	—
10°	E	65637	65561	65484	65407	65329	65211	65092	64972	64736	62330	60039	57969	55841
	W	65080	65003	64927	64850	64773	—	—	—	—	—	—	—	—
15°	E	63904	63834	63765	63694	63585	63468	63348	63209	62703	60404	58068	55932	53863
	W	63343	63274	63204	63134	63025	—	—	—	—	—	—	—	—

Anti-Ice modes: - : Anti-Ice OFF. E: Engine Anti-Ice ON. W: Engine & Wing Anti-Ice ON.

Flaps A/S		Landing field length. (Dry / Wet surface.) (All masses in kg)							
		T 10	T 5	0 (Calm)	H 5	H 10	H 15	H 20	
15°	O	39899 / NA	44104 / 36900	47974 / 41242	48763 / 42535	49574 / 43873	50409 / 45249	51267 / 46647	
	I	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	
30°	O	43938 / 36301	48570 / 40735	52529 / 45607	53513 / 47078	54456 / 48601	55424 / 50049	56419 / 51084	
	I	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	
40°	O	46223 / 38200	50721 / 42880	54327 / 47789	55321 / 49129	56315 / 50478	57234 / 51771	58175 / 52944	
	I	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	NA / NA	

Anti-Skid modes: O: Anti-Skid OPER. I: Anti-Skid INOP.

Vref speeds. (KIAS)																
Grossmass	64T	62T	60T	58T	56T	54T	52T	50T	48T	46T	44T	42T	40T	38T	36T	34T
Vref15	164	161	158	156	153	150	147	144	141	138	134	131	128	124	121	117
Vref30	152	150	147	145	142	140	137	134	131	129	126	122	119	116	112	109
Vref40	151	148	145	142	140	137	134	131	127	124	122	119	115	112	109	105

[b733b2 v4.2 by Flygprestanda AB]

## VIÐAUKI 2 - SNOWTAM SKÝRSLA

Wed Dec 31 07:02:00 2003

ZTA108

FF EPZZSABI EUECYIYS LIIAYNYX LKZZNABI LZIBYOYP OBZZSNXX

310702 BIRKYNXX

SWBI0825 BIRK 12310650

(SNOWTAM S0825/03

A)BIRK

B)12310650

C)01 F)7/7/7 G)05/05/05 H)41/43/41 SFH N)7 P)60

C)13 F)7/7/7 G)05/05/05 H)38/40/41 SFH N)7 P)60

C)06 F)7/7/7 G)05/05/05 H)18/23/19 SFH N)7 P)60

T)RWY 01-13 SANDED TWY SANDED )

# VIÐAUKI 3 - SAMANBURÐUR Á HÆGINGU

Enclosure to: B-H200-18063-ASI

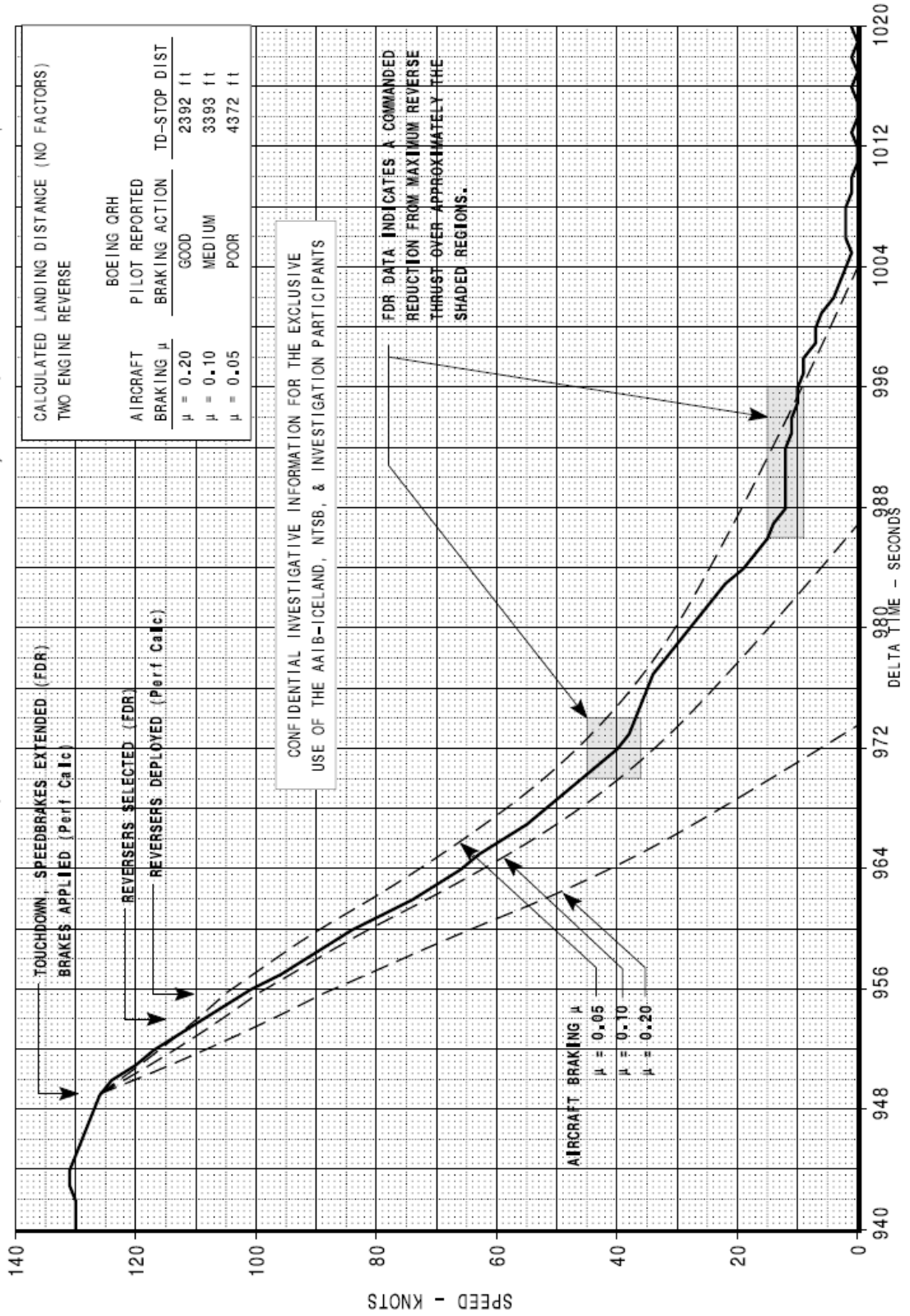
## ISF 737-300 RUNWAY EVENT DEC 31, 2003 DECELERATION COMPARISON

- 737-300/CFM56-3-B1
- LANDING WT = 44,826 KG
- PRESSURE ALT = 545 FT
- NO RUNWAY SLOPE

- OAT = +1°C
- TAI OFF
- FLAP DETENT 40

Performance calculation:

- Begins at TD
- Wind speed held constant throughout landing
- Reversers selected 5 seconds after TD, at 60 knots transition to idle reverse by 30 knots, idle detent reverse until stop



# VIIAUKI 4 - QRH NORMAL CONFIGURATION LANDING DISTANCE

737-300/CFM56-3\_20K



Performance Inflight -  
Text

## 737 Operations Manual

Using this table, it is possible to determine the break-even wind (advantage necessary or disadvantage that can be tolerated) to maintain the same range at another altitude and long range cruise speed. The tables make no allowance for climb or descent time, fuel or distance, and are based on comparing ground fuel mileage.

### Descent

Distance and time for descent are shown for a .74M/250 KIAS descent speed schedule. Enter the table with top of descent pressure altitude and lead distance in nautical miles and time in minutes. Data is based on flight idle thrust descent in zero wind. Allowances are included for a straight-in approach with gear down and landing flaps at the outer marker.

### Holding

Target %N1, indicated airspeed and fuel flow per engine information is tabulated for holding with flaps up based on the FMC optimum holding speed schedule. This is the higher of the maximum endurance speed and the maneuvering speed. Small variations in airspeed will not appreciably affect the overall endurance time. Enter the table with weight and pressure altitude to read %N1, IAS and fuel flow per engine.

### Advisory Information

#### Normal Configuration Landing Distance

Tables are provided as advisory information for normal configuration landing distance on dry runways and slippery runways with good, medium, and poor reported braking action. These values are 115% of the actual landing distances but do not include the 1.67 regulatory factor. Therefore, they cannot be used to determine the dispatch required landing field length.

To use these tables, determine the reference landing distance for the selected braking configuration. Then adjust the reference distance for landing weight, altitude, wind, slope, temperature, approach speed, and the number of operative thrust reversers to obtain the actual landing distance.

When landing on slippery runways or runways contaminated with ice, snow, slush, or standing water, the reported braking action must be considered. If the surface is affected by water, snow, or ice and the braking action is reported as "good", conditions should not be expected to be as good as on clean, dry runways. The value "good" is comparative and is intended to mean that airplanes should not experience braking or directional control difficulties when landing. The performance level used

June 6, 2003

Copyright © The Boeing Company. See title page for details.

D6-27370-3Q8GJ-1LF

PI.16.7

**737 Operations Manual**

to calculate the “good” data is consistent with wet runway testing done on early Boeing jets. The performance level used to calculate “poor” data reflects runways covered with wet ice.

Use of the autobrake system commands the airplane to a constant deceleration rate. In some conditions, such as a runway with “poor” braking action, the airplane may not be able to achieve these deceleration rates. In these cases, runway slope and inoperative reversers influence the stopping distance. Since it cannot be determined quickly when this becomes a factor, it is conservative to add the effects of slope and inoperative reversers when using the autobrake system.

**Non-normal Configuration Landing Distance**

Advisory information is provided to support non-normal configurations that affect landing performance of the airplane. Landing distances are shown for dry runway and good, medium, and poor reported braking action. Each non-normal configuration is listed with its recommended approach speed. Landing distance can be determined for the reference landing weight and then adjusted for actual weight and pressure altitude.

**Recommended Brake Cooling Schedule**

Advisory information is provided to assist in avoiding problems associated with hot brakes. For normal operation, most landings are at weights below the quick turnaround limit weight. Application of the recommended cooling procedures shown will avoid brake overheat and fuse plug problems that could result from repeated landings at short time intervals or a rejected takeoff.

**Engine Inoperative**

**Initial Max Continuous %N1**

The Initial Max Continuous %N1 setting for use following an engine failure is shown. The table is based on the typical all engine cruise speed of .74M to provide a target %N1 setting at the start of driftdown. Once driftdown is established, the Max Continuous %N1 Table should be used to determine %N1 for the given conditions.

**Max Continuous %N1**

Power setting is based on one engine operating with one A/C pack operating and all anti-ice bleeds off. Enter the table with pressure altitude and IAS or Mach to read %N1.



## VIÐAUKI 5 - NÚNINGSSTUÐULL Á SÖNDUÐUM ÍS MÆLDUR AF MISMUNANDI TÆKJABÚNAÐI

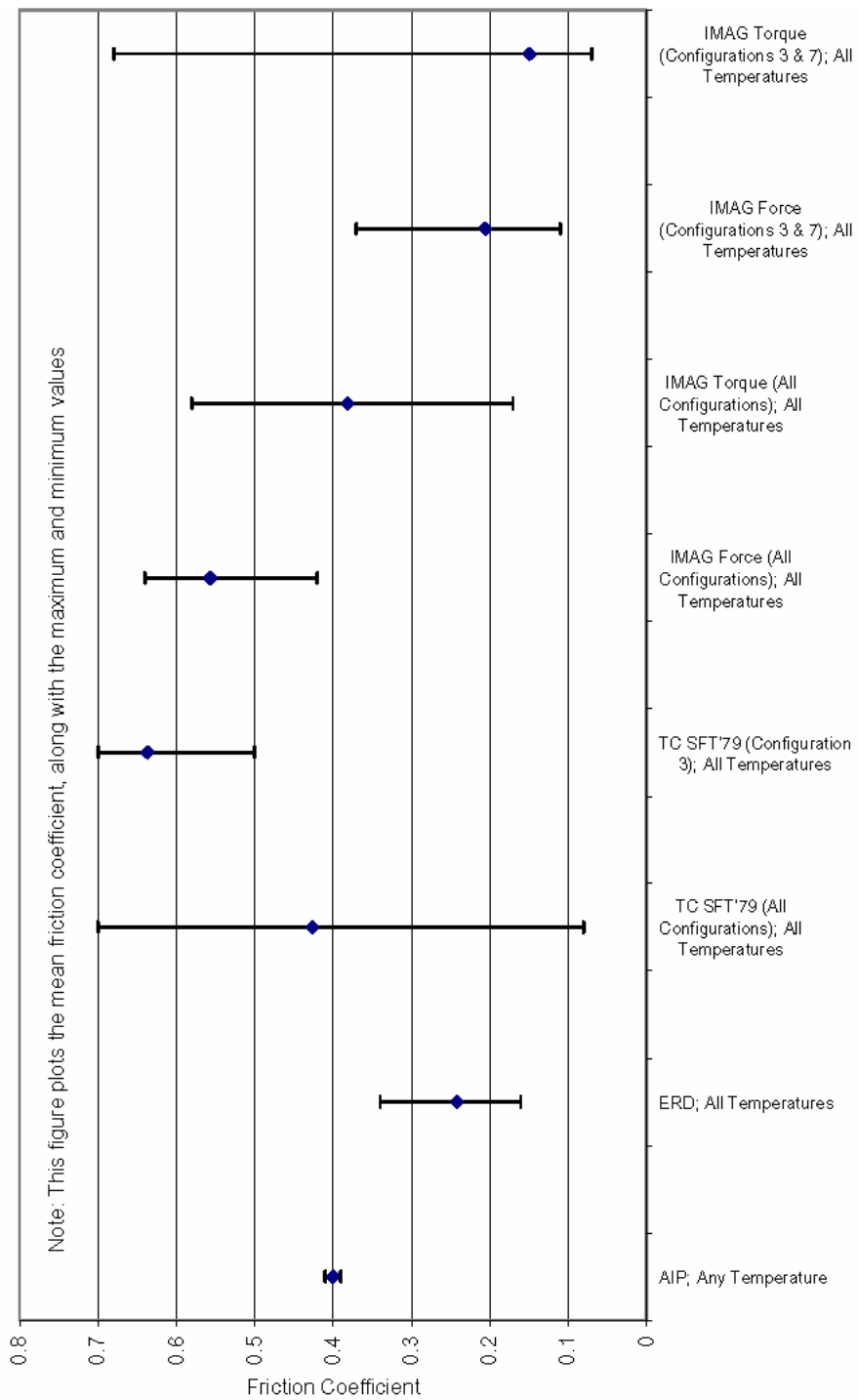


Figure 3.10: Friction Coefficients on Sanded Ice: Summary Results