



Unnið fyrir Innviðaráðuneytið

Samantekt:

Flugmælingar og úttekt á loftkviku yfir Hvassahrauni

Verkefnistími: 1 jan. 2021 – 31 des. 2023

Gylfi Árnason
Þorgeir Pálsson
Ólafur Rögnvaldsson
Sæmundur E. Þorsteinsson

Mars 2024

Samantekt: Flugmælingar og úttekt loftkviku yfir Hvassahrauni

Í nóvember 2021 skilaði starfshópur HR forverkefnisskýrslu “Mælingar á Loftkviku yfir Hvassahrauni”, þar sem grein var gerð fyrir mæliaðferðum fyrir loftkviku, sem byggja á mælingu á lóðréttri hröðun flugvéla yfir svæðinu og þar sem sýndar eru niðurstöður tilraunamælinga á viðkomandi svæði. Einnig var þar gerð grein fyrir ætluðu áhrifasvæði (skilgreindur hringur með radíus=10km) vegna flugs í nágrenni flugvallar í Hvassahrauni. Í framhaldinu hófust umfangsmeiri og markvissari mælingar á svæðinu, sem hafa staðið yfir með hléum árin 2022 og 2023. Hér er gerð grein fyrir helstu niðurstöðum mælinganna í samþjöppuðu formi. Nánari og ítarlegri lýsingu á þessum rannsóknum er að finna í skýrslu HR hópsins á ensku, sem ber titilinn: Flugmælingar og úttekt á loftkviku yfir Hvassahrauni .

Í samningi við samgöngu- og sveitastjórnarráðuneytið, nú innviðaráðuneytið, um flugmælingar á loftkviku yfir Hvassahrauni, eru væntingar verkkaupa til framhaldsverkefnisins útlistaðar í 3. gr:

“Niðurstöður sem væntingar eru um úr framhaldsverkefninu eru:

- 1. Framsetning á niðurstöðum kvikumælinga, sem gefi skýra mynd af tíðni, styrkleika og svæðisbundnum áhrifum loftkviku á flugvélar, sem fljúga til og frá flugvellinum.*
- 2. Lýsing á veðuraðstæðum, sem valda sérstakri ókyrrð í lofti, sem gætu haft áhrif á flugöryggi, einkum í flugtaki og landingu, auk áhrifa á nýtingu flugvallarins.*
- 3. Samanburður á truflunum á flugi og óþægindum vegna ókyrrðar í lofti yfir hinu nýja flugvallarstæði og flugvöllum í nágrenninu þ.e.a.s. flugvöllum í Keflavík og Reykjavík.*
- 4. Mat á því hvernig áhrif loftkviku hefðu áhrif á mismunandi gerðir flugvéla.”*

Í þessari stuttu samantektarskýrslu til innviðaráðuneytisins er helstu niðurstöðum verkefnisins lýst, í samræmi við ofantaldar væntingar. Niðurstöður verkefnisins í heild eru tíundaðar í framangreindri skýrslu HR, sem nefnist „Flugmælingar og úttekt á loftkviku yfir Hvassahrauni” en verður einnig gefin út undir titlinum “In-flight Measurements and Investigation of Air Turbulence over Hvassahraun Area”.

1. Frá upphafi mælingaverkefnisins var ákveðið á grundvelli forverkefnisins, að niðurstöður kvikumælinga yrðu settar fram sem EDR gildi eftir flugferli flugvéla sem flygju um svæðið með tækjabúnað, sem mældi og safnaði lóðréttri hröðun flugvélarinnar. Þessi gildi EDR væru alþjóðlega viðurkennd sem besta svipmynd kvikunnar eins og hún hefði verið þegar flugvélín átti þar leið um. Í verkefninu voru þróaðar leiðir til að varpa mælingum eftir flugferli yfir í EDR hæðarlínukort fyrir svæðið í grennd við áætlað flugvallarsvið. Þannig fengist aðgengileg mynd

af styrkleika og svæðisbundinni dreifingu kvikunnar fyrir hverja mælingaflugferð. Bætt var um betur þegar þegar þegar mælingaflugvélum var flogið samtímis um svæðið í mismunandi flughæðum, en frá þeim niðurstöðum var unnt að reikna þrívíða dreifingu kvikunnar á svæðinu. Þrívíða dreifingin er sett fram sjónrænt með sex sniðmyndum (hæðarlínuritum), fjórum láréttum og tveimur lóðréttum, fyrir hverja mælingarferð inn á svæðið.

Með ítarlegri skoðun á hæðarlínuritum mismunandi mældaga voru mæliferðir flokkaðir á grundvelli mælinga á vindhraða og vindstefnu í 30 m hæð í veðurmastrinu á svæðinu. Í framhaldi af því voru reiknaðar þrívíðar EDR dreifingar fyrir:

- a) hægán vind, ókyrrð mest vegna upphitunar lofts með sól (termik) byggt á 6 mæliflugum,
- b) fyrir vindstefnu N til A (0°-80°), byggt á 11 flugum og
- c) fyrir vindstefnu A til S (80°-180°), byggt á 12 flugum.

Þrívíð dreifing EDR fyrir a)-c) að ofan er sett fram sjónrænt með 6 sniðmyndum eins og áður segir (*sjá Kafli 4 í skýrslu HR-hóps*). Af myndunum má m.a. draga eftirfarandi ályktanir varðandi styrk kvikunnar í EDR:

- i) Upphitun (sól) í hægum vindi veldur minni kviku á flugvallarsvæðinu en vænta má fyrir 8 m/s vindstyrk og meiri.
- ii) Vindátt af A til S (8-9m/s að meðaltali) veldur u.þ.b. 50% hærra gildi EDR á flugvallarsvæðinu en vindur sem blæs af N til A áttum.
- iii) Þegar vindur stendur af N til A virðist EDR falla með aukinni hæð yfir flugvallarstæðinu.
- iv) Þegar vindur stendur frá A til S má sjá hámarksgildi EDR í fjallahæð um 300 m yfir jörð, sem berst með vindi þaðan og í átt að flugvallarstæðinu.

Að lokum voru þróuð svonefnd fylgnilíkön, sem bjóða upp á meginlegt mat á meðalgildi EDR í mismunandi hæð innan 10 km hringsins fyrir gefinn vindhraða og vindstefnu í 30 m hæð í veðurmastrinu (*sjá kafli 2.4 í skýrslu HR-hóps*). Þessi líkön gefa styrk loftkviku í EDR einingum í hverjum punkti á svæðinu við tilgreind vindskilyrði og eru til dæmis notuð til að áætla styrk loftkviku á hugsanlegum flugferlum til lendingar eða brottflugs. Af líkönunum má draga samskonar ályktanir og gert er í ii) og iii) hér að ofan.

Fylgnilíkön gefa trúverðuga mynd af eiginleikum loftkvikunnar á Hvassahraunssvæðinu og gefa þannig skýra mynd af styrkleika og svæðisbundnum áhrifum loftkviku á flugvélar sem fljúga til og frá flugvællinum. Meta má áhrif kvikunnar á flug á svæðinu með því að nota upplýsingar um tíðni tilgreindra vindskilyrða, sem fram koma í skýrslu Veðurstofunnar byggðar á mælingum úr mastri.

(Veðurstofa Íslands, skýrsla 2023-005, Veðurmælingar í Hvassahrauni 2021-2022)

2. Gögnin benda eindregið til að ókyrrð vaxi með auknum vindhraða auk þess að í vindáttum frá A til S er meiri ókyrrð (fyrir gefinn vindhraða) en í öðrum vindáttum sem skoðaðar

voru. Þessar niðurstöður eru í samræmi við almennar væntingar og mælingar í veðurmastri. Lausleg lýsing á myndun og flutningi loftkviku með vindi styður þetta; i) loftkvika á svæðinu berst að hluta til úr fjarska með vindi inn á svæðið; ii) að hluta til er hún mynduð með núningi vinds við hrjúft (gróft hraun) yfirborðið; iii) og myndast að hluta til þegar vindur fer yfir fjallstoppana á jaðri svæðisins.

Loftkvika sem leiðir af A til S vindi (80° - 180°) var því skoðuð nánar með það í huga að finna þröskuldsgildi vindhraða og EDR sem gæti haft áhrif á flugöryggi. Flugmælingar hafa leitt í ljós að þegar 10 mínútna meðal-EDR er hærra en $0.25 \text{ m}^2/3/\text{s}$, mælt í 30m hæð í veðurmastriinu, er það gildi hærra en annars staðar á svæðinu skv. mati með fylgnilíkönnum. Sá fyrirvari er gerður að flugmælingar hafa ekki verið framkvæmdar þegar hvasst er (yfir 12 m/s nærri yfirborði). Engu að síður má líta á EDR í mastri sem ótvíræða vísbendingu eða staðgengil fyrir hæsta meðalgildi EDR á svæðinu.

Greining á flugmælingum, sem gerðar hafa verið í þessu verkefni og fjallað er um í kafla 4 í aðalskýrslu, leiða í ljós að þær veðuraðstæður, sem líklega valda mestri loftkviku, er hvass vindur sem berst inn á svæðið þegar blæs á milli A og S (80° - 180°). Vindur af þessum áttum er því líklegastur til að hafa áhrif á flugöryggi sem og nothæfisstuðul flugvallarins vegna loftkviku.

3. Tuttugu og níu flugferðir voru flognar til mælinga yfir Hvassahrauni. Í nokkrum þessara mælingarferða gafst tækifæri til að fljúga að auki stutta stund yfir Reykjavíkflugvöll til kvikumælinga. Mælingar yfir mastriinu í Hvassahrauni voru síðan bornar saman við mælingar yfir miðjum Reykjavíkflugvelli. Í stuttu máli mældist loftkvika í Reykjavík almennt hærri en í Hvassahrauni þegar vindur stóð af N til A (0° - 80°). Þessu var öfugt farið fyrir vindáttir frá A til S. (80° - 180°). Eitt flug var farið yfir Keflavíkflugvöll sem reyndist vera með lægri loftkviku en bæði Hvassahraun og Reykjavík (1. des 2022, vindur 11 m/s, SSA).

Loftkvika mældist almennt meiri yfir Reykjavík en yfir Hvassahrauni þegar vindur blés á milli N og A (0° - 80°), en minni í vindáttum milli A og S (80° - 180°).

4. Að því gefnu að upplýsingar um loftkviku (EDR) séu fyrir hendi á tilteknu svæði eða tilgreindum flugleiðum má meta áhrif hennar á hinar ýmsu tegundir flugvéla. Matið er næmt fyrir flughraða og hleðslu. Taka má sem dæmi Savannah mælingaflugvélin, sem sérstaklega var valin til þessa verkefnis vegna næmni fyrir ókyrrð í farflugi, og kanna hvaða áhrif kvika með styrkleika $\text{EDR} = 0.35 \text{ m}^2/3/\text{s}$ hefði á hana. Samkvæmt kafla 4.9 í skýrslunni getur þetta valdið meðal RMS hröðun upp á 3 m/s^2 í lóðrétta stefnu. Það hefur í för með sér að augnabliksgildi lóðréttrar hröðunar gæti orðið 10 m/s^2 eða um 1 g (þyngdarhröðun). Þessari hröðun væri almennt lýst sem “severe turbulence” og endurspeglar ótrygg flugskilyrði fyrir Savannah. Ef flugmaðurinn dregur úr flughraða (t.d. í aðflugshraða) þá lækkar meðal hröðunin í nærri 2 m/s^2 sem endurspeglar “moderate turbulence”. Samkvæmt fyrrgreindum fylgnilíkönnum fer EDR gildið í 30 m hæð mastursins yfir 0.35 í SA-átt þegar vindur mælist þar um 18 m/s. Þessi vindhraði er yfir ofrishraða flugvélarinnar, og skilyrði til flugs og aksturs á flugbraut þegar orðin

varasöm. Farþegar í Dash 8-200 (Icelandair) í að- eða fráflugi myndu upplifa “moderate turbulence” við EDR 0.7-0.8. Ef miðað er við að EDR í 30 m mastrinu væri hæsta EDR gildið á svæðinu, þá væri vindstyrkur þar kominn yfir 30 m/s. Samkvæmt fylgnilíkönunum, sem endurspeglar þær flugmælingar, sem gerðar hafa verið í þessu verkefni, verður “severe turbulence” ekki fyrr en við EDR gildi, sem eru yfir 1.0 fyrir Dash 8-200. Enn hærri gildi skilgreina þessi mörk fyrir stærri vélar eins og Boeing 737 eða 757.

Samkvæmt framangreindu má draga þá ályktun að loftkvika, þegar EDR í 30 m mastri er 0.4 eða hærri, geti hamlað flugi smærri flugvéla á Hvassahraunssvæðinu, en loftkvika ein og sér (“severe turbulence”) muni ekki hamlar að- eða fráflugi stærri flugvéla, t.d. Dash 8. Hér þarf þó að hafa í huga að flugmælingar hafa enn ekki verið gerðar fyrir meira en 12 m/s vindstyrk.

Hafa ber í huga að kvikumælingarnar gefa ekki heildarmynd af ókyrrð í flughæðum undir 100 m vegna breytinga á meðalvindi vegna vindskurðar (wind shear), sem skipta miklu máli í hvassviðri við flugtak og landingu.
