

# Jökulhlaup úr Hafrafellslóni við Langjökul



Á forsíðu: Hvítá í Borgarfirði ryðst niður Barnafossa, kolbrún af aur sem barst fram í jökulhlaupinu  
Ljósmynd: Stefán Stefánsson 17. ágúst 2020 kl. 22.

# Jökulhlaup úr Hafrafellslóni við Langjökul

---

Þorsteinn Þorsteinsson<sup>1</sup>, Kristjana G. Eypórsdóttir<sup>1</sup>, Esther Hlíðar Jensen<sup>1</sup>,  
Ingibjörg Jónsdóttir<sup>2</sup>, Finnur Pálsson<sup>2</sup>, Gunnar Sigurðsson<sup>1</sup>,  
Andri Gunnarsson<sup>3</sup>, Hlynur Skagfjörð Pálsson<sup>4</sup>, Ragnar H. Þrastarson<sup>1</sup>,  
Oddur Sigurðsson<sup>1</sup>, Tómas Jóhannesson<sup>1</sup> og Matthew J. Roberts<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Veðurstofa Íslands

<sup>2</sup> Jarðvísindastofnun Háskólans

<sup>3</sup> Landsvirkjun

<sup>4</sup> Jökklarannsóknafélag Íslands



<b>Skýrsla nr.</b> VÍ 2021-001	<b>Dags.</b> Febrúar 2021	<b>ISSN</b> 1670-8261	<b>Opin</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Lokuð</b> <input type="checkbox"/> <b>Skilmálar:</b>
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> Jökulhlaup úr Hafrafellslóni við Langjökul			<b>Upplag:</b> Rafræn útgáfa <b>Fjöldi síðna:</b> 33 <b>Framkvæmdastjóri sviðs:</b> Jórunn Harðardóttir
<b>Höfundar:</b> Þorsteinn Þorsteinsson, Kristjana G. Eypórsdóttir, Esther Hlíðar Jensen, Ingibjörg Jónsdóttir, Finnur Pálsson, Gunnar Sigurðsson, Andri Gunnarsson, Hlynur Skagfjörð Pálsson, Ragnar H. Þrastarson, Oddur Sigurðsson, Tómas Jóhannesson og Matthew J. Roberts			<b>Verkefnisstjóri:</b> Matthew J. Roberts <b>Verknúmer:</b> 4343 / Jökulhlaup
<b>Gerð skýrslu/verkstig:</b>			<b>Málsnúmer:</b> 2021-0070
<b>Unnið fyrir:</b>			
<b>Samvinnuaðilar:</b> Jarðvísindastofnun Háskólans, Landsvirkjun, Jöklarannsóknafélag Íslands			
<b>Útdráttur:</b> Dagana 17.–18. ágúst 2020 kom jökulhlaup í farveg Svartár undir Hafrafelli, við vesturjaðar Langjökuls. Hlaupið barst síðan í farveg Hvítár og með henni niður eftir Borgarfirði. Hlaupvatn fyllti farveg árinna undir Hvítárbrú hjá Húsafellsskógi en neðst í Hvítársíðu hækkaði vatnsborð um 1 m og eðja barst sums staðar upp á engjar. Samkvæmt gögnum úr vatnshæðarmæli V066 við Kljáfoss nam hámarksrennsli í hlaupinu um 260 m <sup>3</sup> /s, sem er um 180 m <sup>3</sup> /s umfram grunnrennsli á þessum árstíma. Heildarrúmmál hlaupvatns er áætlað 3.4 milljónir rúmmetra og verulegt magn af hlaupseti barst fram. Athugun á SENTINEL-tunglmyndum sýndi að upptökin voru í jaðarlóni suðaustan Hafrafells og minnkaði flatarmál þess úr 1.29 km <sup>2</sup> í 0.46 km <sup>2</sup> við hlaupið. Lónið hefur verið að myndast frá síðustu aldamótum vegna hörfunar jökulsins. Ísinn sem liggur að lóninu sunnanverðu hefur þynnst að jafnaði um 3 m árlega og getur vatnsþrýstingur lyft jöklinum svo hlaup hefjist þegar vatnsborð í lóninu rís nógu hátt. Hætta er á fleiri hlaupum úr lóninu á komandi árum og er lagt til að lónið verði vaktað að sumarlagi með athugun tunglmynda. Einnig er æskilegt að setja upp vefmyndavél og e.t.v. vatnshæðarmæli við lónið þegar hlaup er talið nálgast.			
<b>Lykilorð:</b> Jökulhlaup, jaðarlón, jökulhörfun, Langjökull, Svartá, Hvítá í Borgarfirði		<b>Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs:</b>	
		<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b>	
		<b>Yfirfarið af:</b> SG	



## Efnisyfirlit

1	Inngangur .....	7
2	Vatnsföll á svæðinu .....	8
3	Jökulhlaupið – athuganir á vettvangi .....	9
4	Fjarkönnun .....	13
5	Könnunarflug og jökulganga .....	16
6	Rennslisgögn og reiknaður rennslis hraði .....	20
7	Lónið við Langjökul .....	22
8	Ísþykkt á svæðinu og farvegurinn undir jökulhaftinu .....	25
9	Ummerki eftir hlaupið .....	29
10	Varnir og vöktun .....	29
	Viðauki .....	32

## Myndaskrá

Mynd 1.	Borgarfjarðarhérað. Sýnd er staðsetning lónsins við jaðar Langjökuls .....	7
Mynd 2.	Nærmynd af svæðinu frá Húsafelli upp í Langjökul .....	8
Mynd 3.	Blátær Hvítá rennur í grábrúna Geitá við ármótin 16. ágúst. Hlaupið í hámarki .....	9
Mynd 4.	Brúin yfir Hvítá ofan Húsafells .....	11
Mynd 5.	Set í einum farveganna, sem Svartárhlaupið fór um .....	11
Mynd 6.	Um 25 cm þykkt setlag á Svartáraurum, borið fram í hlaupinu .....	12
Mynd 7.	Farvegur Svartár nærri Hafrafelli .....	12
Mynd 8.	Sentinel-2 fjölrófsmynd 14. ágúst af Hafrafellslóni .....	13
Mynd 9.	Sentinel-2 fjölrófsmynd tekin 17.8. kl. 13:03 .....	14
Mynd 10.	Sentinel-1 ratstjórmynd tekin 17.8. kl. 18:58 .....	15
Mynd 11.	Sentinel myndir teknar 14.8. og 20.8. fyrir og eftir hlaupið .....	15
Mynd 12.	Flugsýn yfir sameinaða Hvítá, Geitá og Svartá .....	16
Mynd 13.	Ummerki hlaupsins á aurunum neðan við Svartárgljúfrið .....	17
Mynd 14.	Útfall hlaupsins 300–400 m sunnan Hafrafells .....	18
Mynd 15.	Nærmynd af útfallinu .....	18
Mynd 16.	Lónið eftir hlaup .....	19
Mynd 17.	Séð að norðurbakka lónsins við Langjökul. Eldra vatnsborð er greinilegt .....	19
Mynd 18.	Rennslisferill Hvítár við Kljáfoss og uppsafnað heildarrensli 18. ágúst .....	20
Mynd 19.	Lónstæðið 5. ágúst 1987 .....	23
Mynd 20.	Hörfun jökultungu Flosajökuls skammt austan lónsins frá 1987 til 2019. ....	23
Mynd 21.	Flugmynd til suðurs yfir hluta Langjökuls .....	24
Mynd 22.	Útlínur lónvatns fyrir og eftir hlaup dregnar á SENTINEL-2 fjölrófsmyndir .....	24

Mynd 23. Horft til austurs yfir leifarnar af lónstæðinu og smálónin sem eftir urðu .....	25
Mynd 24. Horft til suðurs að innfallinu.....	26
Mynd 25. Jökulbotn og jökulyfirborð í nágrenni lónsins við Langjökul .....	27
Mynd 26. Hafrafell og vesturhluti Langjökuls.....	28
Mynd 27. Lægðin á jökulyfirborði .....	28

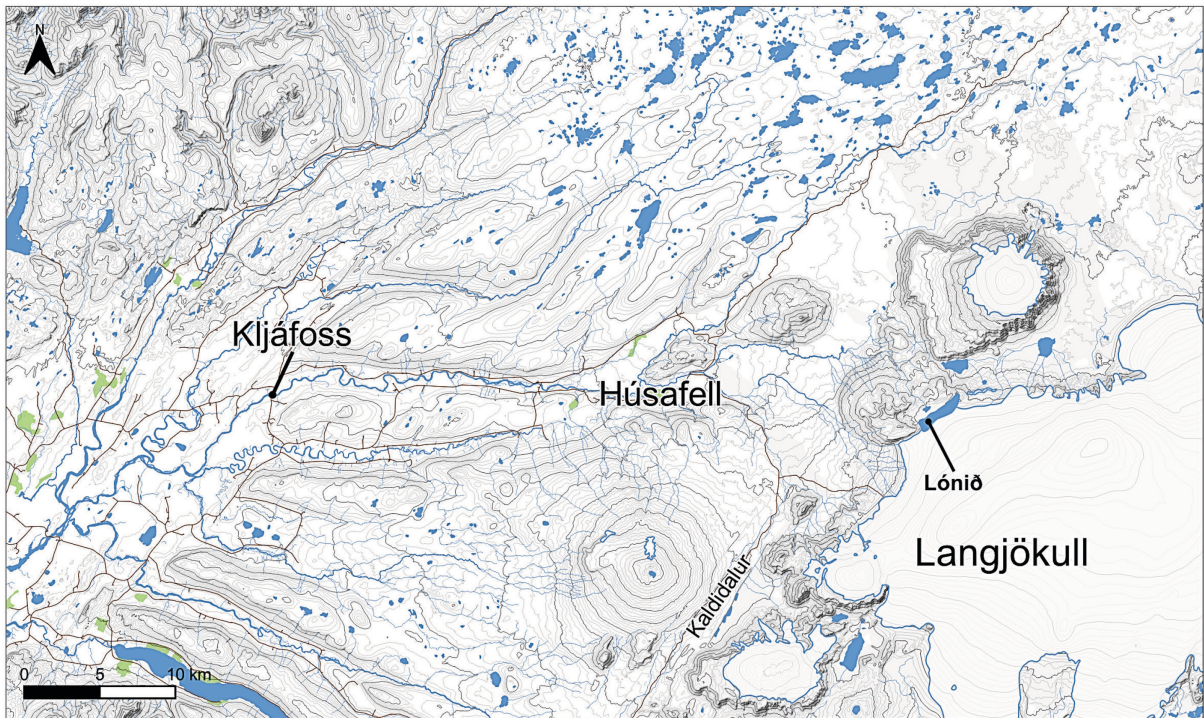
## **Töfluskrá**

Tafla 1. Handmæling á rafleiðni og vatnshita Hvítár 18. ágúst 2020.....	10
Tafla 2. Vegalengdir, reiknaður og áætlaður rennslisraði og ferðatími hlaupsins .....	29



# 1 Inngangur

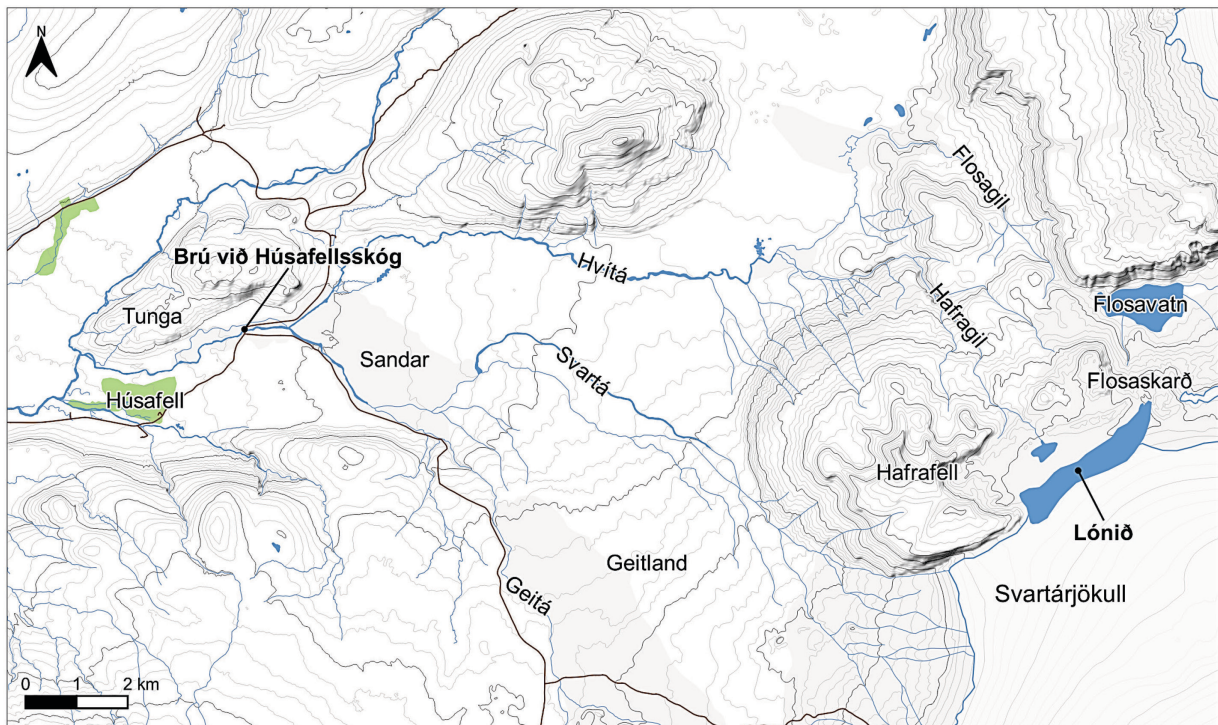
Í skýrslu þessari er lýst jökulhlaupi úr lóni, sem hefur verið að myndast við vestanverðan Langjökul frá síðustu aldamótum. Jökullinn hefur hörfað á þessu svæði og leysingarvatn frá honum fyllir nú lægð sem áður var hulin jökulís. Þann 17. ágúst 2020 þrengdi vatn sér leið úr lóninu undir 2 km jökulhaft sem liggur að suðaustanverðu Hafrafelli, austan Geitlands. Hlaup með setburði kom í farveg Svartár og barst síðan niður Hvítá, sem er helsta vatnsfall Borgarfjarðar. Gerð er grein fyrir atburðarás og athugunum og birtar áætlaðar tölur um stærð hlaupsins. Í lokin eru möguleikar á auknum viðbúnaði vegna hlauphættu á þessum slóðum ræddir stuttlega.



*Mynd 1. Borgarfjarðarhálandi. Sýnd er staðsetning lónsins við jaðar Langjökuls, suðaustan Hafrafells. Vatnshæðarmælir er við Kljáfoss í Hvítá. Kortagrunnur: Væðurstofa Íslands og Landmælingar Íslands.*

## 2 Vatnsföll á svæðinu

Yfirlitskort af svæðinu eru sýnd á mynd 1 og mynd 2. Svartá á upptök sín í þeim hluta Langjökuls, sem liggur að Hafrafelli og hefur þessi hluti jökulsins verið nefndur Svartárjökull<sup>1</sup>. Farvegur Svartár niður eftir Geitlandi er talinn vera hrauntröð að uppruna<sup>2</sup>. Liggur farvegurinn niður eftir Geitlandshrauni og síðan út á Sanda í Geitlandi, austan Húsafellsskógar. Farvegurinn mun vera þurr nema í leysingum að sumarlagi og þegar vatn rennur um hann fellur það í Geitá, sem á upptök sín nokkru sunnar í Langjökli. Fyrir 1970 var byggður varnargarður við vestur-enda hrauntraðarinnar og Svartá þar með beint suður í Geitá<sup>3</sup>. Áður flæmdist Svartá í vestur um Sandana og féll í Hvítá á svipuðum slóðum og í hlaupinu í ágúst 2020. Garðurinn var endurbyggður 2018<sup>4</sup>.



Mynd 2. Nærmynd af svæðinu frá Húsafelli upp í Langjökul. Kortagrunnur: Veðurstofa Íslands og Landmælingar Íslands.

<sup>1</sup> Jón Eyþórsson notar þetta heiti í mælingabók sinni 4. ágúst 1933 en tiltekur ekki nákvæmlega svæðið sem hann hefur í huga. Höfundar þessarar skýrslu telja eðlilegt að heitið Svartárjökull verði látið ná frá jökuljaðri sunnan Hafrafells að isaskilum við Lónið og sunnan þess. Til suðurs ná þáð yfir þann hluta jökulsins sem skilar leysingarvatni til Svartár.

<sup>2</sup> Freysteinn Sigurðsson (2004). Borgarfjarðarhérað. Árbók Ferðafélags Íslands. 350 s.

<sup>3</sup> Ólafur Kristófersson í Kalmanstungu, skv. samtali við Kristjönu G. Eyþórsdóttur 5.11. 2020.

<sup>4</sup> Varnir gegn landbroti, Ársskýrsla 2018; Landgræðsla ríkisins 2018, LR 2019/03.



*Mynd 3. a) T.v. Blátær Hvítá rennur í grábrúna Geitá við ármótin ofan brúarinnar þann 16. ágúst. Ljósmynd: Kristjana G. Eyþórsdóttir, kl. 15:21. b) T.h. Hlaupið í hámarki undir brúnni við mót Kaldadalsvegjar og Hvítársíðuvegjar, við norðurjaðar Húsafellsskógar. Sjá má að áin fyllir alveg farveginn undir brúnni (sjá mynd 4). Ljósmynd: Bergþór Kristleifsson, 17 ágúst kl. 21:05.*

### 3 Jökulhlaupið – athuganir á vettvangi

Í þessari grein og þeim næstu verður gerð grein fyrir helstu athugunum á hlaupinu og uppruna þess. Til glöggvunar eru atburðir og ferðir skráð í tímaröð í töflu A í viðauka.

Fyrir tilviljun átti svæðisstjóri vatnamælinga Veðurstofunnar á Vesturlandi, Kristjana G. Eyþórsdóttir, leið um Arnarvatnsheiði og Geitland daginn fyrir hlaupið. Hlýtt var í veðri og leysing á jöklum og rignt hafði vikuna á undan. Geitá var með óvenjulegum grábrúnum lit og talsvert vatnsmikil (Mynd 3a). Er því ekki óhugsandi að vatn úr jaðarlóninu ofan Svartárjökuls – sem hér verður kallað Hafrafellslón – hafi þá þegar verið byrjað að seytla út í farveg Svartár og þaðan í Geitá.

Bergþór Kristleifsson á Húsafelli varð var við hlaupið að kvöldi 17. ágúst, er hann ók yfir brúna á Hvítá við Kaldadalsveg. Einnig sást frá Húsafelli að vöxtur var kominn í Hundavaðsfoss í Hvítá um 500 m neðan við mót Hvítár og Norðlingafljóts. Bergþór flaug strax um kvöldið á eigin flugvél yfir neðri hluta Geitlands og tók myndir (Mynd 3b). Hann sá hvar Svartá fór í Hvítá ofan ármóta við Geitá og í Geitá nokkru ofar og að Svartá hafði rofið veigalítinn varnargarðinn við enda hrauntraðarinnar. Bergþór sá að vatnið var farið að flæða um hrúgur af efni til vegagerðar á syðri bakka Hvítár ofan brúarinnar við Kaldadalsveg og taldi hættu á að hlaupið tæki þær. Hann lenti til að athuga aðstæður frekar og sá þá að hlaupið var tekið að sjatna. Rennslið mun hafa verið í hámarki við áðurnefnda Hvítárbrú um kl. 21 þá um kvöldið og skv. frásögn sjónarvotta vantaði lítið upp á að vatnið næði upp undir brúarbitana. Á mynd 3b sést að hlaupið fyllir alveg út í farveg Hvítár sem raunar er lítið gljúfur undir brúnni (Mynd 4). Munu ekki vera þekkt dæmi um jafn vatnsmikið flóð á þessum stað í ánni.

Arnar Bergþórsson tilkynnti atburðinn seint að kvöldi hlaupdags í viðmóti á heimasíðu Veðurstofunnar með þessum orðum:

### ***Jökulhlaup undan Langjökli í Svartá?***

*Svartá fór yfir varnargarða og flæmdist um allt neðanvert Geitlandið síðdegis í dag. Vatnsmagnið er margfalt miðað við bæði Hvítá og Geitá sem er mjög óvenjulegt. Hvítá um Húsafellskóg eins og í allra stærstu vetrarleysingum og flæðir yfir bakka.*

Að morgni 18. ágúst fengu vatnafræðingar Veðurstofunnar tilkynningu um jökullitað vatn við ármót Hvítár og Norðurár frá veiðimönnum á svæðinu. Esther Hlíðar Jensen og Kristjana G. Eyþórsdóttir fóru samdægurs á vettvang og könnuðu aðstæður við vatnshæðarmæli V066 hjá Kljáfossi í Hvítá kl. 16:45. Um þetta leyti var ekki ljóst hvar upptök hlaupsins væru og var því haft samband við Ingibjörgu Jónsdóttur hjá Jarðvísindastofnun Háskólans og hún beðin að athuga gervitunglamyndir. Ingibjörg komst fljótt að þeirri niðurstöðu að upptökin væru í jökullóni suðaustan Hafrafells því samanburður SENTINEL-2 tunglmynda sem teknar voru fyrir og eftir hlaupið sýndu verulega lækun vatnsborðs í lóninu. Hlaupleiðin lá þaðan undir jökul og niður í Svartá og verður nánar fjallað um þessi atriði í fjarkönnunarkafla skýrslunnar.

Á vettvangi við Kljáfoss var mældur hiti árvatnsins og leiðni þess og aurburðar- og efnasýni tekin, auk sýnis til kornastærðargreininga. Áin var með miklum jökullit og flóðför saúst rúmum 1 m hærra en vatnsborðið þá stundina. Ekið var upp að Hraunfoss og mælt þar; saúst þar nýir setbunkar í ánni. Þaðan var haldið að efstu Hvítárbrú við norðurjaðar Húsafellsskógar (Mynd 4), aðstæður kannaðar, tekið efnasýni og mæld leiðni og hiti. Tafla 1 sýnir tölur úr þessum mælingum.

*Tafla 1. Handmæling á rafleiðni og vatnshita Hvítár 18. ágúst 2020.*

<b>Staður</b>	<b>Tími</b>	<b>Rafleiðni [<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>]</b>	<b>Vatnshiti [<math>^{\circ}\text{C}</math>]</b>
Kljáfoss	17:10	48.7	8.4
Barnafoss	18:20	43.8	8.3
Brú ofan Húsafells	18:50	21.5	9.0

Niðurstöður gefa ekki til kynna óeðlilega háa leiðni vatnsins og raunar mælist hún lægri í hlaupvatni við brúna ofan Húsafells heldur en neðar, eftir að Norðlingafljót auk vatnsmikilla linda milli Kaldár og Hvítár hafa sameinast Hvítá. Þess skal getið að sjónarvottar við Hvítá að morgni 18. ágúst nefndu að brennisteinslykt væri á svæðinu en ekki sjást merki íblöndunar jarðhitavatns í leiðnitölunum.

Að lokinni könnun á vettvangi við Kljáfoss var ekið upp með Hvítá og athugaðir farvegir helstu vatnsfalla sem í hana falla. Ummerki flóðsins voru könnuð við efstu Hvítárbrú og sást þar nýtt set um 2 m ofan við venjulegt vatnsborð árinna. Heimamenn sögðu að vatnið hefði náð upp undir brúargólf við hámark hlaupsins. Sjá mynd 4.

Fyrstu fréttir af jökulhlaupinu birtust í héraðsmiðlinum Skessuhorni um hádegi 19. ágúst og á RÚV um kvöldið. Var meðal annars sagt frá miklum setburði og dauðum löxum á engjum og túnnum meðfram Hvítá, frá Hraunfoss og niður eftir héraðinu. Fréttatilkynning var birt á heimasíðu Veðurstofunnar 20. ágúst.



*Mynd 4. Brúin yfir Hvítá ofan Húsafells. Við hámark hlaupsins náði vatnið upp undir brúargólfíð að sögn heimamanna. Ljósmynd: Esther Hlíðar Jensen, 18.8. kl. 18:42.*



*Mynd 5. Set í gömlum farvegi Hvítár, um 50 m vestan núverandi varnargarðs sem beinir ánni í Geitá. Hlaupvatn þrýstist inn í þennan farveg þegar hlaupið stóð sem hæst og set settist til. Ljósmynd: Esther Hlíðar Jensen 22.8. 2020.*

Frá brúnni var farið upp með Hvítá og sást að áin var brúnlituð ofan ármóta þar sem hún fellur í Geitá. Af hálsinum ofan Kalmanstungu sást hvar Svartá flæmdist í Hvítá milli Trússár og Geitár. Næst voru aðstæður kannaðar við mót Geitár og Svartár. Eðlilegur jökullitur var á Geitá en Svartá mjög lituð og sáust greinileg ummerki þess að hún hefði náð út fyrir hefðbundinn sumarfarveg (Myndir 5 og 6). Við athuganir nokkrum dögum seinna (22.8., sjá 9. kafla) mældist þykkt setsins sem barst fram í hlaupinu allt að 50 cm og mátti greina í því lagskiptingu. Jökulleir barst fram í hlaupinu og er líklegast að hann hafi borist alla leið ofan úr lóninu við Langjökul. Einnig sáust merki um fína móbergsmýlsnu og kemur það ekki á óvart, því móbergsmýndanir eru útbreiddar á svæðinu.



*Mynd 6. Um 25 cm þykkt setlag sem settist til í hlaupinu neðst í farveginum á mynd 5. Ljósmynd.: EHJ 22.8. 2020.*



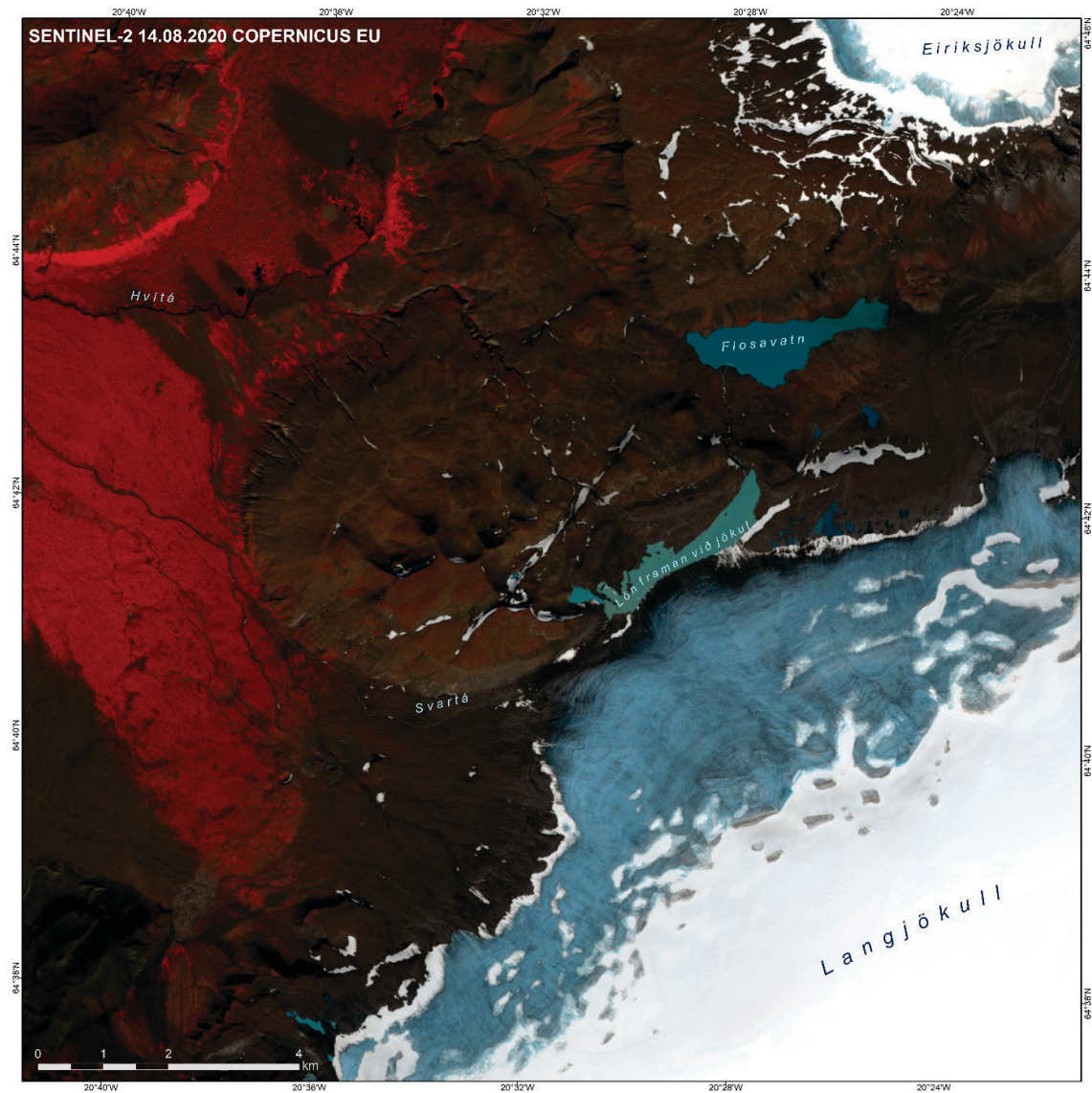
*Mynd 7. Farvegur Svartár nærri Hafrafelli (t.v.). Við hlaupið náði vatn uppúr hinum þrönga farvegi neðantil og breiddi úr sér. Ljósmynd: Olgeir H. Ragnarsson 20.8. 2020.*

Þann 20. ágúst fór Olgeir Helgi Ragnarsson, ritstjóri fréttablaðsins Íbúans í Borgarbyggð, ásamt Unnari Þ. Bjartmarssyni og Ólafi Kristóferssyni bónda í Kalmanstungu akandi eftir vegarslóða sem liggur meðfram farvegi Svartár, allt upp undir Hafrafell. Þeir tóku eftir því að áður nefndur varnargarður, sem byggður var skammt neðan Svartárgljúfurs til þess að varna því að áin flæmdist um Sanda, var horfinn að hálfu leyti. Neðst í Svartárgljúfri sást að hlaupið hafði hreinsað jarðveg og set úr gljúfurveggjum upp í nokkurra metra hæð yfir gljúfurbotni. Einnig voru skýr merki um áhrif hlaupsins ofarlega í farveginum nálægt Hafrafelli (sjá mynd 7).

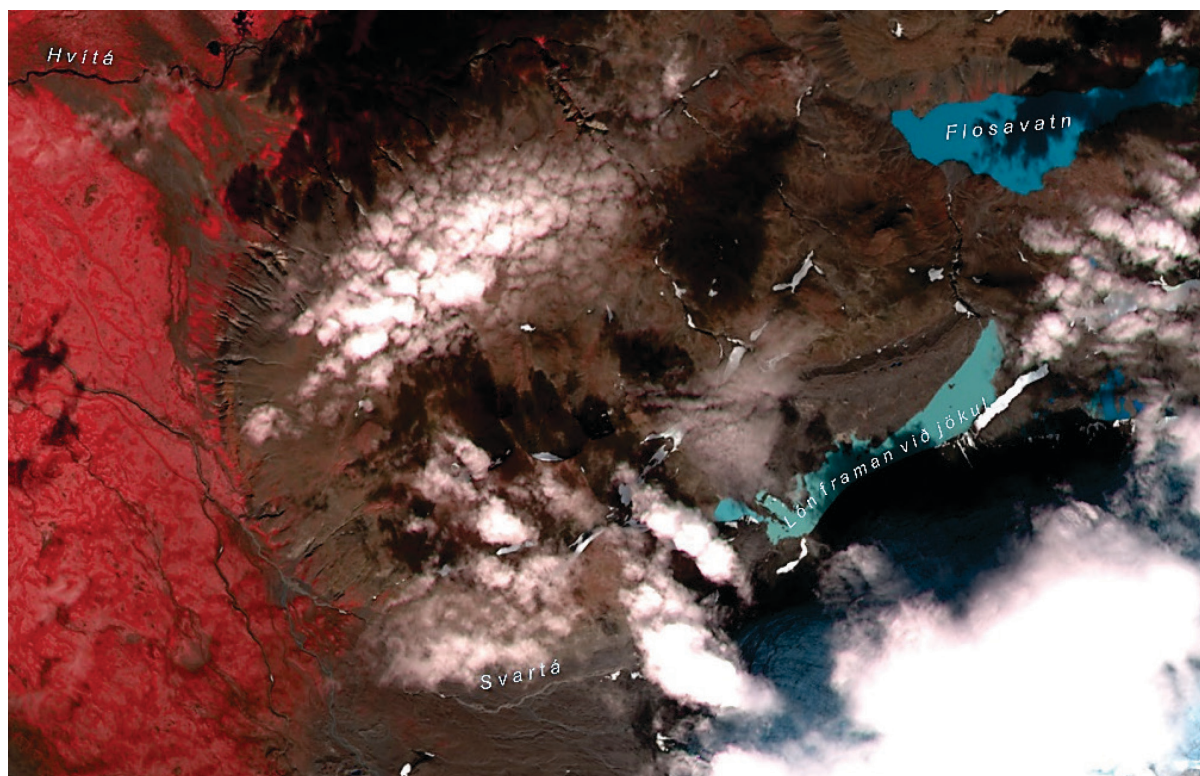
Esther Hlíðar Jensen fór aðra ferð á vettvang 22. ágúst og gerði ýmsar athuganir, meðal annars á setinu sem barst fram í hlaupinu. Sjá nánari umfjöllun í 9. kafla.

## 4 Fjarkönnun

Ingibjörg Jónsdóttir á Jarðvísindastofnun Háskólans bar saman SENTINEL-2 fjölrófsmyndir teknar 14.8. og 17.8. Nærinnrauð samsetning myndanna var valin. Á slíkum myndum sýnist hreint vatn svart en jökulvatn blálitað (auk þess sem gróður kemur fram með rauðum lit en gróðurvana svæði sýnast brún). Tiltölulega auðvelt er því að greina hlaupvatn á myndunum. Eftirtalin atriði koma fram við þessa athugun:



Mynd 8. Sentinel-2 fjölrófsmynd 14. ágúst af Hafrafellslóni, sem hlaupvatnið kom úr. Lengd lónsins er um 3.5 km og mesta breidd um 0.5 km. Greina má farveg frá lóninu niður í Flosavatn, ofan við miðju. Norðvestan lónsins er stór jökulgarður sem líklega markar mestu framrás Langjökuls á þessu svæði, við lok 19. aldar. Mynd unnin af Ingibjörgu Jónsdóttur, Jarðvísindastofnun, 18.8. 2020.



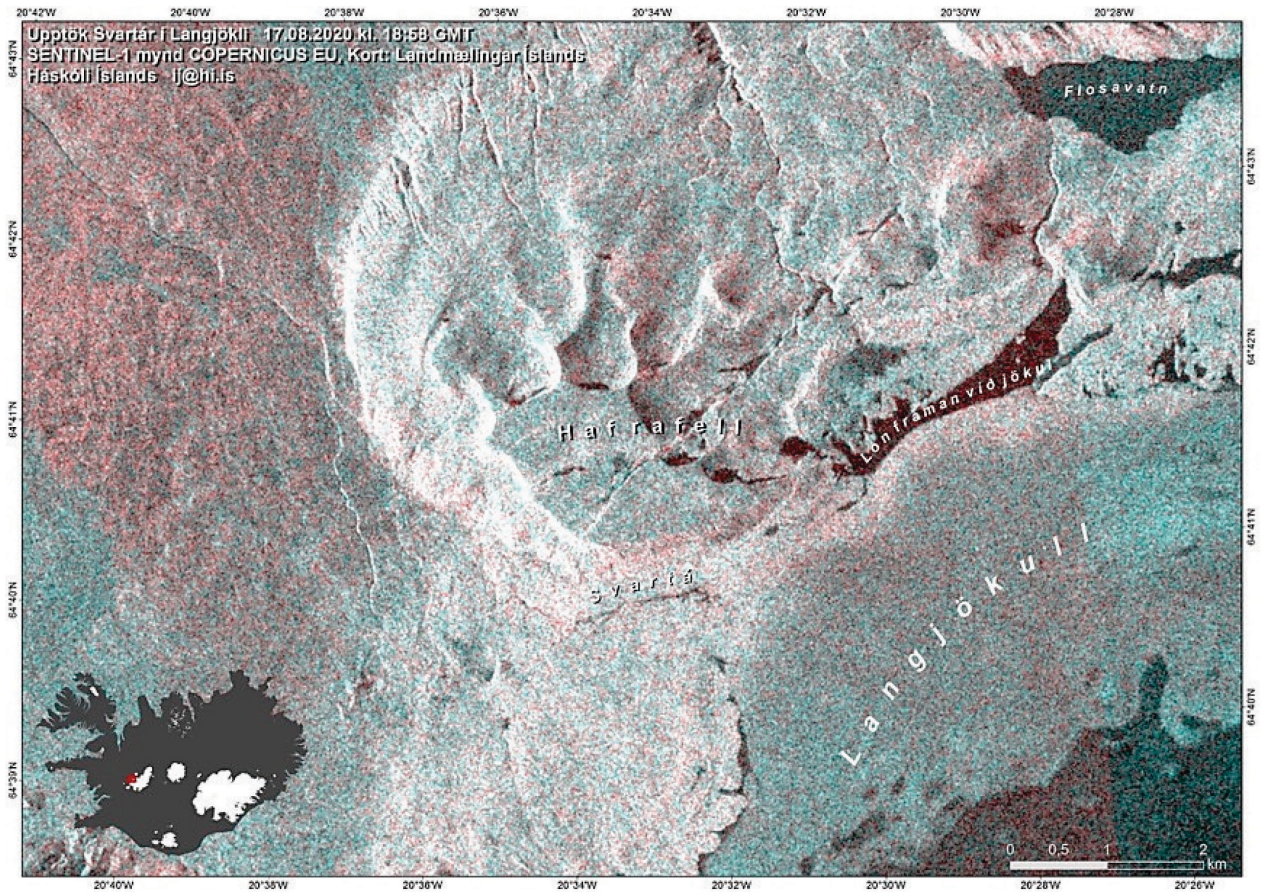
*Mynd 9. Sentinel-2 fjölrófsmynd tekin 17. ágúst kl. 13:03. Myndin sýnir einungis hluta svæðisins sem sýnt er á mynd 8 og er nokkuð stækkuð. Mynd unnin af Ingibjörgu Jónsdóttur, Jarðvísindastofnun, 18.8. 2020.*

Mynd 8 sýnir upptakasvæði hlaupsins 14. ágúst 2020. Þann dag rennur vatn greinilega úr Hafrafellslóni um farveg til norðurs og niður í Flosavatn. Breyting virðist orðin á lit Svartár í farveginum undir Hafrafelli á mynd sem tekin er 17. ágúst kl. 13:03 (Mynd 9). Á þeirri mynd virðist rennsli í Flosavatn vera að mestu hætt og örlítið sýnist hafa lækkað í lóninu. Vatnsmagn í öðrum ám sem renna frá Langjökli sunnan Svartár virðist hafa aukist lítillega en ekki í sama mæli og í Svartá. Frumathugun á hæðarlíkani (Arctic DEM<sup>5</sup>, 2 m upplausn) bendir til að yfirborð Hafrafellslóns hafi um þetta leyti lækkað niður fyrir hæð útfallsins yfir í Flosavatn. Um miðjan dag 17. ágúst jókst rennsli í Hvítá við Kljáfoss stöðugt og bendir það til að rennsli úr lóninu í Svartá hafi hafist þá um morguninn. Könnun ratsjármynda frá SENTINEL styður þessa túlkun fjölrófsmyndanna, sjá mynd 10, en hafa ber í huga að sú mynd er tekin kl. 18:58 þann 17. ágúst.

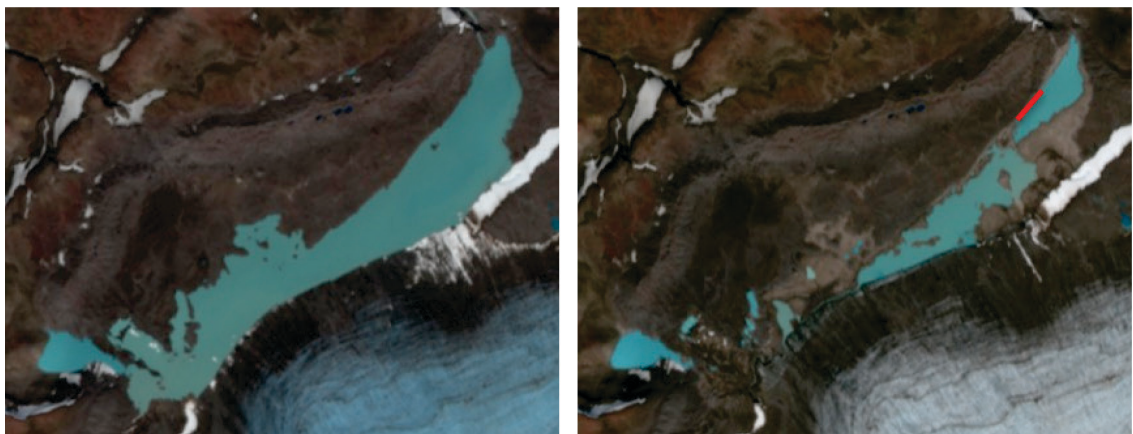
Mynd 11 sýnir samanburð tveggja SENTINEL-2 fjölrófsmynda fyrir og eftir hlaup og er einungis sýndur sá hluti myndanna sem nær yfir lónið og nágrenni þess. Myndin frá 14. ágúst er stækkuð úr mynd 8 en myndin frá 20. ágúst er stækkuð úr annarri mynd af sama svæði. Eftir hlaup er nokkurt vatn eftir í lögðinni, einkum norðaustanmegin og skiptist það í smærri lón og polla.

<sup>5</sup> Porter, C., Morin, P., Howat, I., Noh, M.-J., Bates, B., Peterman, K., ... Bojesen, M. (2018). ArcticDEM. Harvard Dataverse, V1. Sótt frá: <https://doi.org/10.7910/DVN/OHHUKH>





Mynd 10. Á þessari Sentinel-1 ratstjærmynd tekinni kl. 18:58 þann 17.8. sést að vatn er komið í farveg Svartár, skammt frá jökli. Mynd unnin af Ingibjörgu Jónsdóttur, Jarðvísindastofnun, 18.8. 2020.



1 km

Mynd 11. Sentinel myndir teknar 14.8. og 20.8. sýna mun á stærð lónsins fyrir og eftir hlaupið. Rautt strik markar bakkann sem sýndur er á mynd 17.

## 5 Könnunarflug og jökulganga

Ekki gaf til flugs yfir jökulinn 18. og 19. ágúst en að morgni fimmtudags 20. ágúst flugu Bergþór Kristleifsson og Arnar Bergþórsson á Húsafelli yfir Svartá og upptök hlaupsins. Arnar tók myndir sem hann sendi Veðurstofunni, auk þess sem þær birtust í miðlinum Skessuhorni og víðar.

Þann 20. ágúst fóru Kristjana G. Eyþórsdóttir og Jón Baldursson í könnunarflug með þyrlu Landhelgisgæslunnar að beiðni Ingibjargar Jónsdóttur við Jarðvísindastofnun Háskólans, sem setti 19. ágúst fram tillögu um slíkt flug í minnisblaði um hlaupið til Almannavarna, Landhelgisgæslunnar og Veðurstofunnar. Flogið var yfir farvegi Svartár að jökli og síðan upp að lóninu, sem hlaupið kom úr. Ekki reyndist unnt að lenda vegna eðju en myndir voru teknar af Svartá, útfalli hlaupsins og innfalli auk þess sem skýr merki sáust um efstu stöðu lónsins fyrir hlaup. Kristjana og Jón fóru síðan gangandi frá bækistöð íshellismanna við jökulrönd að lóninu, eftir jökli þeim sem nefndur hefur verið Svartárjökull. Gengu þau 6–7 km á jökli að lóninu og mældu þar með hæðarkíki hæð efstu strandlínu yfir vatnsborði þann daginn. Niðurstaðan var að yfirborð lónsins hefði lækkað um  $4.0 \pm 0.5$  m við hlaupið.



*Mynd 12. Flugsýn yfir sameinaða Hvítá, Geitá og Svartá þar sem hún rennur að brúnni við norðurjaðar Húsafellsskógar (sjá mynd 3), rétt hjá vegamótum við Kaldadalsveg. Sunnan vegarins standa byggingar á vegum fyrirtækisins, sem rekur íshellinn í Langjökli. Ljósari litur er kominn á sandana þar sem hlaupið flæmdist yfir og hefur ekki miklu mátt muna að það næði upp á Kaldadalsveginn. Ljósmynd: Þorsteinn Þorsteinsson 20.8. 2020.*



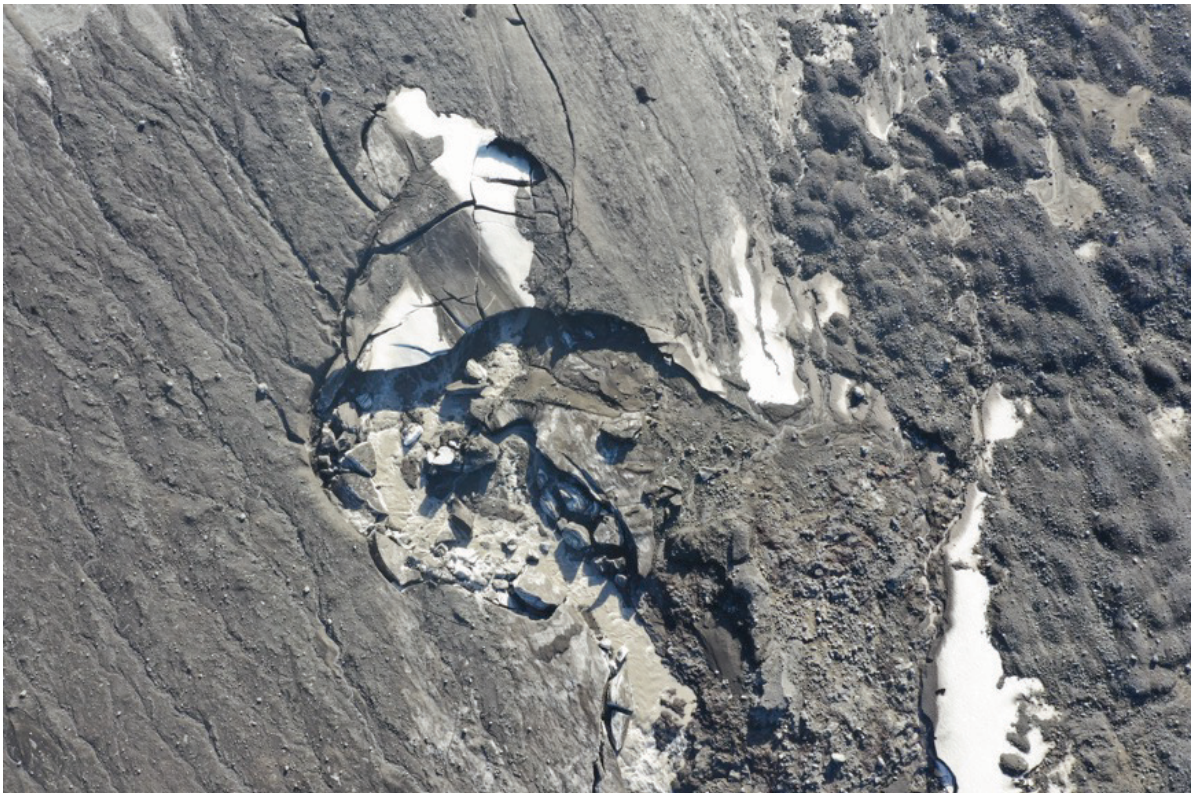
*Mynd 13. Ummerki hlaupsins á aurunum neðan við Svartárgljúfrið. Geitá kemur úr gljúfrinu efst á miðri mynd og Hvítá rennur meðfram varnargarði neðst á myndinni. Ljósmynd: Þorsteinn Þorsteinsson 20.8. 2020.*

Sama dag (20. ágúst) fóru Oddur Sigurðsson og Þorsteinn Þorsteinsson í ljósmyndaflug yfir svæðið með Cessna-vél frá Flugfélagi Austurlands. Flogið var að Kljáfossi og þaðan upp með Hvítá, yfir Húsafell að Svartáraurum og síðan upp með farvegi árinna að jökulhaftinu, sem hlaupið fór undir. Lónstæðið var ljósmyndað vandlega. Myndir 12, 13, 17 og 24 voru teknar í þessu flugi.

Andri Gunnarsson frá Vatnafræðideild Landsvirkjunar fór ásamt Hlyni Skagfjörð Pálssyni (frá Jökklarannsóknafélagi Íslands) á vettvang við Langjökul 22. ágúst og sendu þeir flygildi í ljósmyndaflug yfir lónið og útfall hlaupsins. Mynd 14 sýnir útfall Svartár og þar með hlaupsins sunnan undir Hafrafelli og mynd 15 sýnir nærmynd af útfallinu. Af myndunum má ráða að hlaupvatnið hafi allt komið undan jökli á einum stað. Myndir 16 og 23 voru einnig teknar með flygildinu.



*Mynd 14. Útfall hlaupsins 300–400 m sunnan Hafrafells. Ljósmynd: Andri Gunnarsson 22.8. 2020.*



*Mynd 15. Nærmynd af útfallinu. Ljósmynd: Andri Gunnarsson 22.8. 2020.*



*Mynd 16. Lónið eftir hlaup. Horft til austurs meðfram jökuljaðrinum. Eiríksjökull í baksýn t.v. Ljósmynd: Andri Gunnarsson 22.8. 2020.*



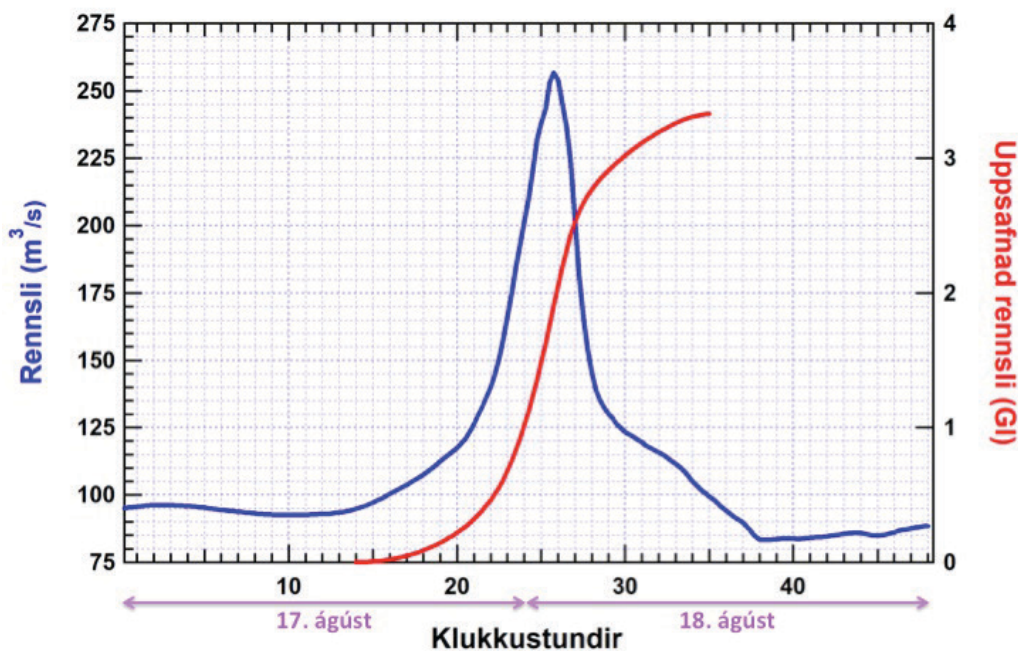
*Mynd 17. Séð að norðurbakka lónsins við Langjökul. Eldra vatnsborð er greinilegt. Skv. mælingu Kristjönu G. Eyþórsdóttur 20.8. lækkaði yfirborð lónsins um  $4.0 \pm 0.5$  metra við hlaupið. Ljósmynd: Þorsteinn Þorsteinsson 20.8. 2020.*

## 6 Rennslisgögn og reiknaður rennlishraði

Við Kljáfoss í Hvítá er vatnshæðarmælir Veðurstofunnar nr. V066, sem rekinn hefur verið frá árinu 1951<sup>6</sup>. Meðalrennsli Hvítár er þarna 85 m<sup>3</sup>/s. Grunnrennsli árinna er lindabáttur og nemur hann um 40% rennslisins við Kljáfoss við stöðugt ástand. Rennslið er því sjaldan minna en 50 m<sup>3</sup>/s. Leysinga- og úrkomuflóð eru algeng í Borgarfirði og er hámarksrennsli við Kljáfoss í flóðum með 2ja ára endurkomutíma áætlað 336 m<sup>3</sup>/s, í 10 ára flóðum 505 m<sup>3</sup>/s, í 50 ára flóðum 645 m<sup>3</sup>/s og í 100 ára flóðum 704 m<sup>3</sup>/s. Mesta skráða rennsli við mælinn er 666 m<sup>3</sup>/s þann 22. janúar 1983.

Hlauptoppurinn þann 18. ágúst við Kljáfoss var 257 m<sup>3</sup>/s og svarar þetta rennsli til vatnshæðarinnar 277 cm skv. gildandi rennslislykli á vatnshæðarmæli 66. Viðvörunargildi vatnshæðar vegna eftirlits með flóðum í Hvítá er 340 cm sem samsvarar 349 m<sup>3</sup>/s skv. rennslislykli.

Mynd 18 sýnir rennslisferilinn við Kljáfoss frá kl. 00:00 þann 17. ágúst til kl. 24:00 þann 18. ágúst. Rennsli er á bilinu 90–100 m<sup>3</sup>/s fram til kl. 16 þann 17. ágúst en eftir það verður vart aukningar sem rís hærra en dægursveiflan um þetta leyti (aukning hefst þó hugsanlega kl. 14). Rennsli vex stöðugt allt kvöldið og fram yfir miðnætti og nær hámarki við 257 m<sup>3</sup>/s kl. 01:45 að morgni 18. ágúst. Eftir það lækkar hratt í ánni og hlaupinu má heita lokið kl. 14 þann 18.8. Heildarrennsli í flóðtoppnum (að frátölu grunnrennsli) reiknast 3.4 milljónir rúmmetra (sbr. rauða ferilinn á mynd 18).



Mynd 18. Rennslisferill Hvítár við Kljáfoss (blái ferillinn) og uppsafnað heildarrennsli (rauður ferill) frá kl. 00:00 þann 17. ágúst til kl. 24:00 þann 18. ágúst. Vatnamælingar Veðurstofu Íslands.

<sup>6</sup> Hilmar Björn Hróðmarsson og Tinna Þórarinsdóttir (2018). Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða. Skýrsla VÍ 2018-003. Veðurstofa Íslands. 144 bls.

Kljáfossbrú er um 37 km neðan við Hvítárbrú við Húsafellsskóg og ofan efri brúarinnar er vegalengdin sem hlaupvatnið fer um 18 km frá jökli, þ.e. samtals um 55 km niður að Kljáfossi. Þar sem hlaupið virðist hafið kl. 13:03 þann 17. ágúst og þess er farið að gæta við Kljáfoss í síðasta lagi kl. 16 samdægurs má álykta að ferðatíminn hafi að lágmarki verið 3 klst og meðalhraði rennslis í mesta lagi  $55 \text{ km}/3 \text{ klst} = 18.3 \text{ km/klst} = \sim 5 \text{ m/s}$ . Hlaupið hefur þó að öllum líkindum hafist fyrir hádegi 17. ágúst og hefur rennlishraðinn því að jafnaði verið nokkru minni en  $5 \text{ m/s}$ . Arnar Bergþórsson á Húsafelli mat hraða hlaupvatnsins við Hvítárbrú að afstöðnu hlaupi (19. eða 20. ágúst) og reyndist hann  $v = 3 \text{ m/s}$  ( $\sim 11 \text{ km/klst}$ ).

Ofangreint hraðagildi við brúna,  $3 \text{ m/s}$ , fékkst út frá mati á hraða yfirborðsvatnsins og má þá áætla að meðalhraði vatnsins í farveginum sé um 80% af þeirri tölu<sup>7</sup>, þ.e.  $2.4 \text{ m/s}$ . Athuga má hvernig þeirri tölu ber saman við gildi sem meta má út frá jöfnu Mannings:

$$v = n^{-1} R^{2/3} S^{1/2} \quad (1)$$

Þar sem  $v$  er meðalhraði rennslis (m/s) í gegnum þversnið farvegarins,  $n$  er viðnámsstuðull (stuðull Mannings,  $\text{sm}^{-1/3}$ ),  $R=A/P$  er sk. hydraulískur radíus (e: hydraulic radius),  $A$  er þversniðsflatarmál farvegar,  $P$  er samantölgð lengd þeirra hliða þversniðsins, sem vatnið er í snertingu við – mætti kalla þann stuðul *vætt ummál* (e: "wetted perimeter") – og  $S$  er halli farvegarins.

Hér er viðnámsstuðull áætlaður á bilinu  $n = 0.03\text{--}0.05 \text{ sm}^{-1/3}$  með hliðsjón af hefðbundnum bakreiknuðum gildum stuðulsins  $n$  og skýrslu um líkanreiknuð hlaup í Jökulsá á Fjöllum<sup>8</sup>. Þversniðsflatarmál undir brúnni á Hvítá<sup>9</sup> við rennlishámark er áætlað  $A=h*L = 3.5 \text{ m}*21 \text{ m} = \sim 74 \text{ m}^2$  og  $P$  er áætlað  $20+10+12 = \sim 42 \text{ m}$  (að teknu tilliti til áhrifa brúarstólpa), sem gefur  $R = 74/42 = 1.76 \text{ m}$ . Hallinn er metinn út frá legu hæðalína á landinu næst brúnni eins og þær eru sýndar í Íslandsatlas<sup>10</sup>, um  $20\text{m}/2000\text{m} = 0.01$  (svipað gildi fæst ef notaðar eru tölur byggðar á Arctic DEM hæðarlíkaninu). Lægra gildið á viðnámsstuðlinum ( $n=0.03$ ) á við rennslis í grýttum árfarvegum en hið herra ( $n=0.05$ ) getur átt við jökulhlaup með talsverðum framburði ísjaka sem auka viðnámið.

Sé gildið  $n=0.04 \text{ sm}^{-1/3}$  valið þá fæst hraðinn  $v = 0.04^{-1} 1.76^{2/3} 0.01^{1/2} = 3.6 \text{ m/s}$ , sem samsvarar því að rennlishraði á yfirborði hafi verið um  $4.5 \text{ m/s}$ . Þessi tala er 50% hærri en ádurgreindur meðalhraði mældur á staðnum ( $2.4 \text{ m/s}$ ; yfirborðshraði  $3 \text{ m/s}$ ). Þegar tillit er tekið til þess að mælt var á staðnum eftir að hlaupið hafði sjatnað að mestu, auk óvissuþátta, getur samræmi talist viðunandi.

Eins og áður er um getið segja Húsfellingar þetta vera mesta flóð sem vitað er um að komið hafi undir Hvítárbrú við Kaldadalsveg. Á hinn bóginn er stærð hlaupsins við Kljáfoss tæplega 40% af stærsta leysingarflóði, sem þar hefur komið. Munurinn skýrist væntanlega af því leysingar- og regnvatni sem bætst getur í Hvítá á hinni 37 km leið á milli brúnna tveggja í aftakaflóðum, einkum því sem Norðlingafljót leggur til.

<sup>7</sup> <http://www.fao.org/3/T0848E/t0848e-09.htm>

<sup>8</sup> Sigríður Sif Gylfadóttir, Tinna Þórarinsdóttir, Emmanuel Pagneux og Bogi Brynjar Björnsson (2017). Hermun jökulhlaupa í Jökulsá á Fjöllum með GeoClaw. Skýrsla VÍ 2017-004. 47 bls.

<sup>9</sup> Tölur, sem notast er við hér um þversnið brúarinnar, eru skv. mælingu Kristjönu G. Eyþórsdóttur 13.12. 2020. Brúin stendur á fjórum bitum, tveim við jaðrana og tveim í farveginum.

<sup>10</sup> Hans H. Hansen o.fl. (2006). Íslandsatlas. Edda útgáfa og Fixlanda ehf. 208 bls. Kort nr. 32.

## 7 Lónið við Langjökul

Á loftmynd Landmælinga Íslands tekinni 5. ágúst 1987 má sjá svæðið þar sem lónið hefur verið að myndast á síðari árum (Mynd 19). Verðandi lónstæði er snjófyllt á myndinni en jökull virðist þó ná inn undir snjóinn þótt hann nái ekki lengur að stórum jökulgörðum sem marka mestu framrás við lok litlu ísaldar (um 1890). Með samanburði við tunglmynd frá 2019 má sjá að jökultunga Flosajökuls, sem gengur til norðurs niður í Flosaskarð hefur hörfað um 1 km á þessu ~30 ára tímabili (Mynd 20) og er líklegt að sú hörfun hafi að mestu orðið eftir 1995 (sjá einnig útlínur 2004 og 2019 dregnar á mynd 25). Því virðist eðlilegt að álykta að lónið, sem Svartárhlaupið kom úr, hafi að mestu myndast eftir síðustu aldamót. Einnig skal þess getið að á loftmynd frá 2003 sést að leysingarvatn frá jöklinum fellur niður í Hafragil og þaðan í Hvítá en næstu ár virðist rennsli niður í Hafragil hafa hætt. Ólafur Kristófersson í Kalmanstungu hefur staðfest þetta í samtali við Kristjönu G. Eyþórsdóttur (5.11.2020). Ljósmynd tekin í flugi 15. september 2003 sýnir þrjú minni háttar lón við jökuljaðarinn, þar sem Hafrafellslónið hefur síðan myndast. Sjá mynd 21.

Samkvæmt mynd 8, tekinni fyrir hlaupið, er lengd lónsins um 3.5 km og mesta breidd þess um 0.5 km. Samanburðurinn á mynd 11 sýnir að lónið tæmdist ekki alveg við hlaupið en vatnið sem eftir var skiptist nú í nokkur smærri lón. Útlínur fyrir og eftir hlaup hafa verið dregnar (sjá mynd 22) og er niðurstaðan sú að flatarmál þess hafi minnkað úr 1.29 km<sup>2</sup> í 0.46 km<sup>2</sup>. Rúmmálið sem tæmdist úr lóninu er hér lauslega áætlað með því að nota jöfnu um rúmmál hálfssamsíðungs (*e: trapezoidal prism*):

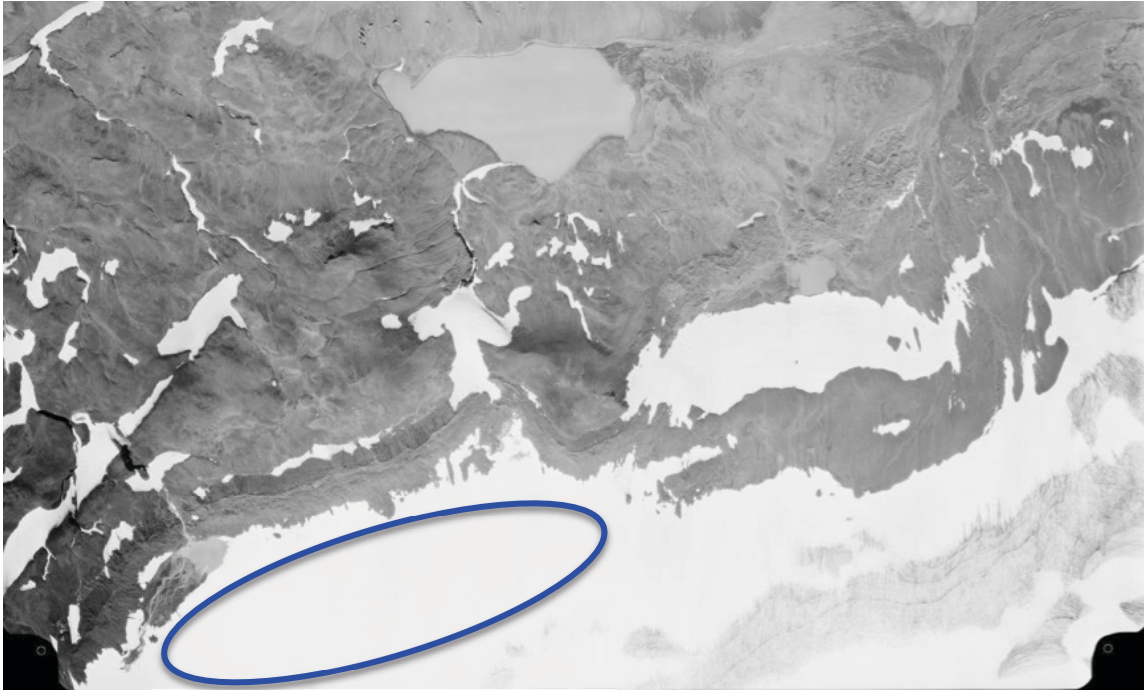
$$V = 0.5 (a+b) h d \quad (2)$$

þar sem  $a$  er lengd lónsins fyrir hlaup,  $b$  er lengdin eftir hlaup,  $h$  er lækkun lónyfirborðs við hlaup og  $d$  er breidd lónsins. Í þessu tilviki er sú reikningslega einföldun gerð að breidd lónsins er látin haldast óbreytt við hlaup, 0.4 km. Lengd lónsins fyrir og eftir er svo sköluð til þannig að rétt flatarmál fyrir og eftir hlaupið (1.29 km<sup>2</sup> og 0.46 km<sup>2</sup>) haldist í reikningnum. Rúmmálið sem tæmist út reiknast þá:

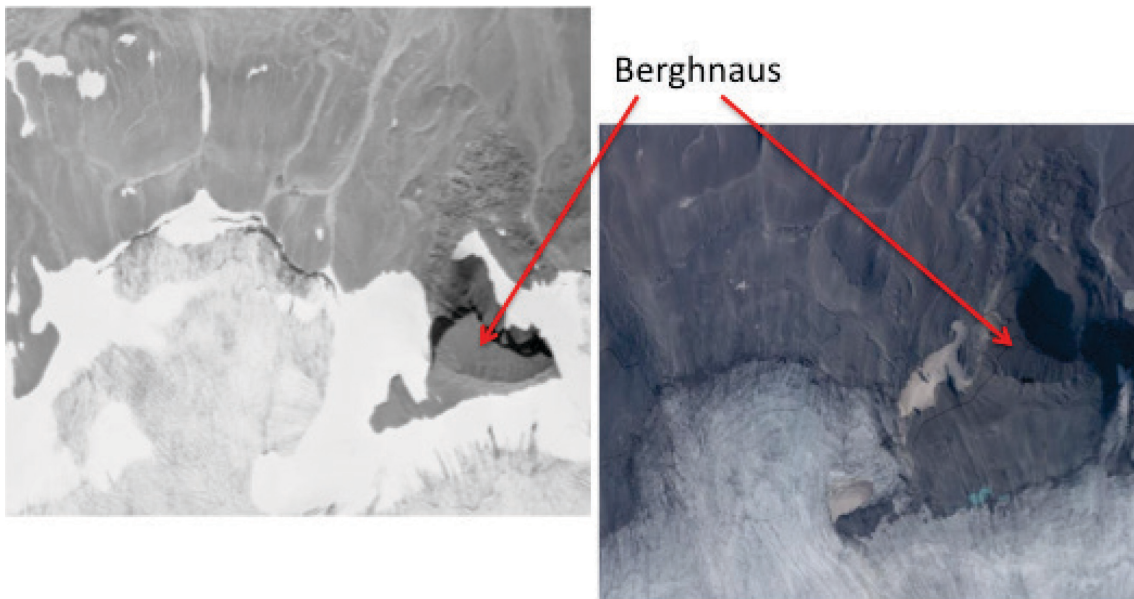
$$V = 0.5 * [(1.29\text{km}^2/0.4\text{km}) + (0.46\text{km}^2/0.4\text{km})] * 4 * 10^{-3} \text{ km} * 0.4 \text{ km} * 10^9 \text{ m}^3/\text{km}^3 = 3.5 \text{ milljón m}^3.$$

Ítreka verður að þessi reikningur byggist á mikilli einföldun varðandi lögun lóns og hæðardreifingu jökulbotns, en gefur þó tölu sem er nánast hin sama og hlauprúmmálið mælt við Kljáfoss (3.4 millj. m<sup>3</sup>).





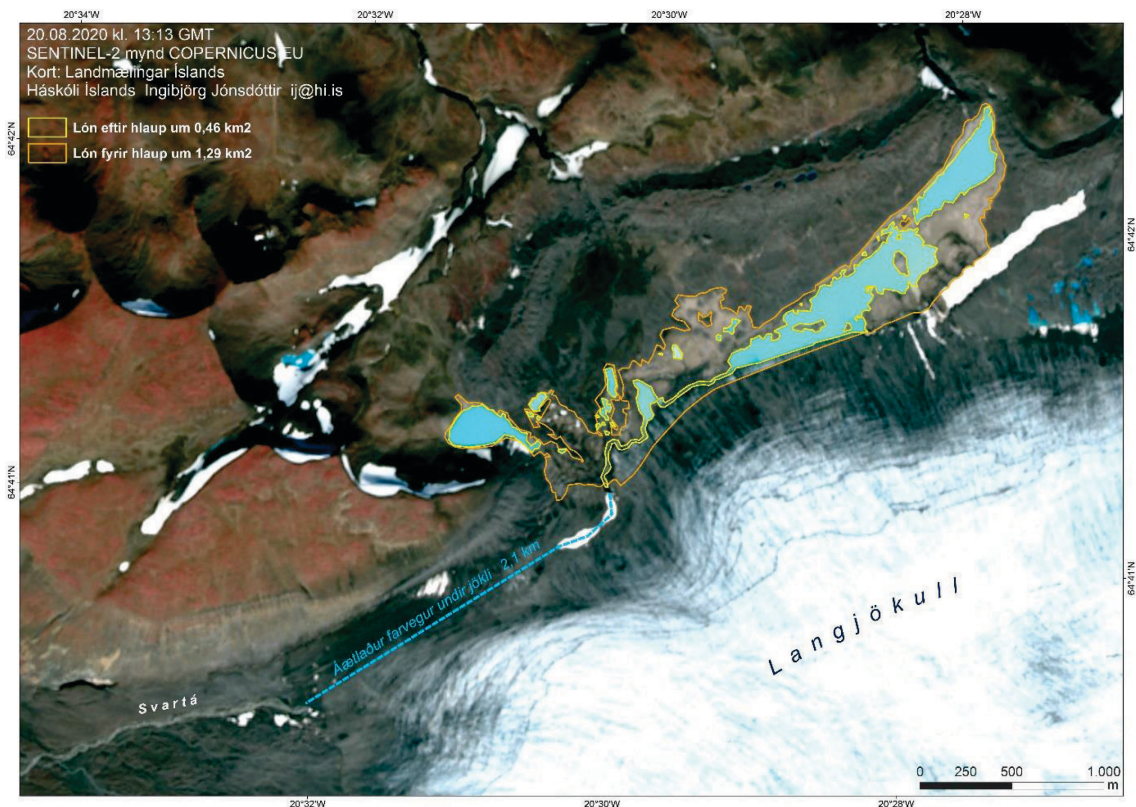
Mynd 19. Lónstæðið 5. ágúst 1987 (svæðið innan bláa sporbaugsins). Vetrarsnjór liggur enn yfir svæðinu og yfir hluta farvegarins niður í Flosavatn (efst á myndinni). Landmælingar Íslands, mynd J-9811, 5.8. 1987.



Mynd 20. Hörfun jökultungu Flosajökuls skammt austan lónsins frá 1987 til 2019. Jökullinn nær norðar en berghnausinn 1987 (t.v.) en hefur hörfað verulega til suðurs 2019 (t.h.). T.v. Landmælingar Íslands, mynd J-9812, 5.8. 1987. T.h.: map.is (Loftmyndir).



Mynd 21. Flugmynd tekin haustið 2003 til suðurs yfir þann hluta Langjökuls sem liggur að Hafrafelli og Flosaskarði. Fyrir miðri mynd hefur myndast lítið lón sem þarna hefur afrennsli niður í Hafragil. Til vinstri er annað lítið lón með afrennsli niður Flosagil og til hægri er þriðja lónið. Ljósmynd: Oddur Sigurðsson 15. september 2003.



Mynd 22. Útlínur lónvatns fyrir og eftir hlaup, dregnar á SENTINEL-2 fjölrófsmyndir. Upplausn myndanna er 10 m. Mynd unnin af Ingibjörgu Jónsdóttur, Jarðvísindastofnun..

## 8 Ísþykkt á svæðinu og farvegurinn undir jökulhaftinu

Myndir 23 og 24 sýna staðinn þar sem lónvatnið þrengdi sér inn undir jökulinn, hér kallað *innfall*. Sjá má vatnsborðið við innfallið og skv. áður nefndri tölu um lækkun við hlaupið er ísinn því ekki nema nokkrir metrar á þykkt þar sem innrennsli undir ísinn hefst. Vatnsborðið hefur náð upp á jökulinn þannig að framendi hans maraði í kafi og þynning jökulsins á svæðinu hefur leitt til þess að vatnsþrýstingur gat lyft jöklinum þarna frá botni í ágúst 2020 (og líklega einnig nokkrum sinnum áður undanfarin ár).

Vatnið virðist svo hafa náð að streyma í farvegi undir ísnum til suðurs/suðvesturs þar til botni tók að halla til vesturs niður í útfall Svartár við jökulrönd (Mynd 22). Lengd farvegarins undir jöklinum var um 2 km og séu tölur um hraða rennslis undir Skaftárjökli í smærri Skaftárhlaupum hafðar til hliðsjónar<sup>11</sup> má gera ráð fyrir að rennslishraði hafi verið á bilinu 0.2–0.5 m/s og ferðatími undir jökli því um 1–3 klst. Samanburðurinn er þó e.t.v. ekki fyllilega raunhæfur því halli jökulbotns er líklega meiri á þessum stað undir Langjökli (a.m.k. seinni hluta leiðarinnar) en í farveginum undir Skaftárjökli. Þá má einnig gera ráð fyrir að vatn hafi tekið að seytla í litlu magni um farveginn áður en raunverulegt hlaup hófst.



*Mynd 23. Horft til austurs yfir leifarnar af lónstæðinu og smálónin sem eftir urðu. Innfallið sést til hægri við miðju (sjá einnig mynd 17). Vatnsborð lónsins fyrir hlaup er sjáanlegt á jökulsporðinum. Ljósmynd: Andri Gunnarsson 22.8. 2020.*

---

<sup>11</sup> Bergur Einarsson (2018). Subglacial hydrology of the Icelandic ice caps: Outburst floods and ice dynamics. PhD ritgerð við Háskóla Íslands. 138 bls.



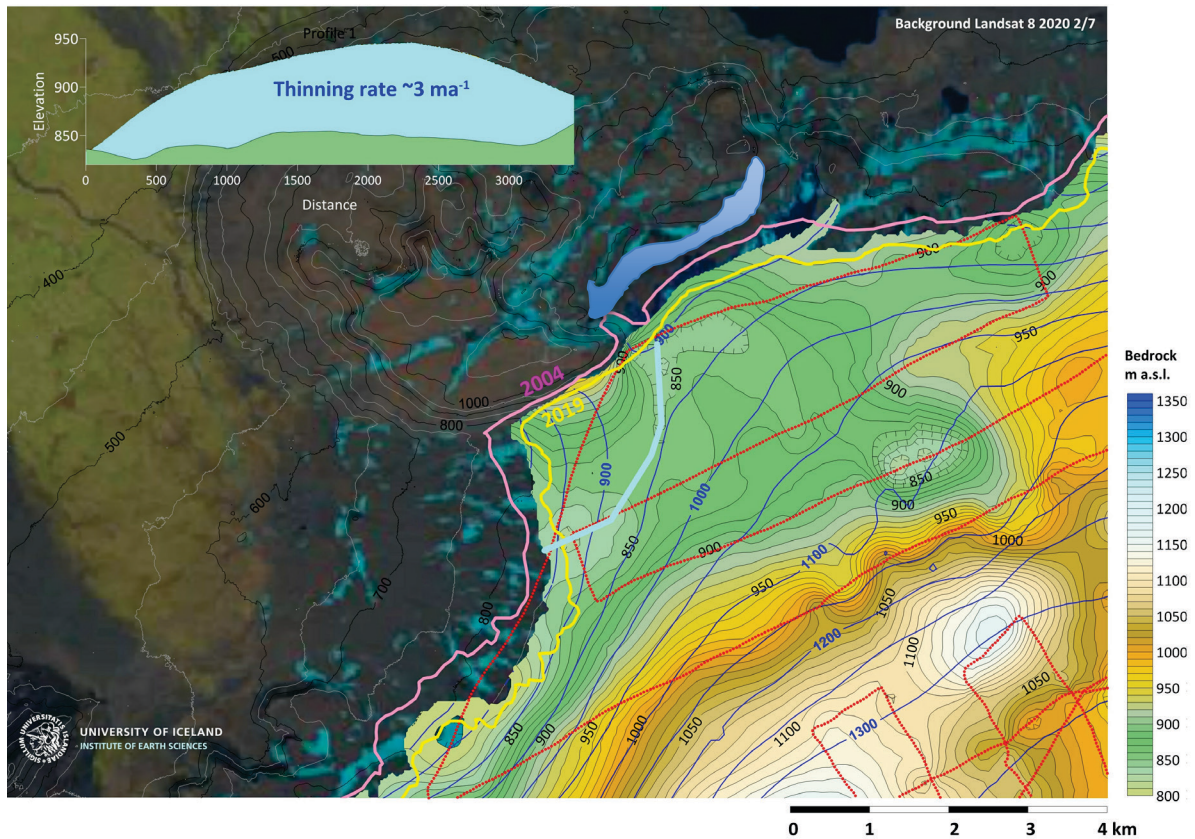
Mynd 24. Horft til suðurs að innfallinu. Lægðin yfir farveginum undir jöklinum teygir sig til suðvesturs. Ljósmynd: Þorsteinn Þorsteinsson 20.8. 2020.

Eins og sjá má á mynd 24 er snjófyllt lægð yfir farvegi innfallsins fyrsta kastið. Snjórinn er frá næstliðnum vetri (2019–2020) en verður þarna talsvert þykkari en á tiltölulega flötu yfirborðinu umhverfis og er því enn óbráðinn seint í ágúst. Hugsanlega er undir eldra hjarn frá vetrinum á undan. Tilvist þessarar lægðar bendir til þess að hún hafi verið til staðar áður en hlaupið hófst, því annars hefði snjór ekki lifað þarna eftir sumarið. Bendir það til að þetta hafi ekki verið í fyrsta skipti, sem hlaup kom úr lóninu. Lausleg athugun á rennslisgögnum frá Kljáfossmælinum hefur leitt í ljós að lítið hlaup með hámarksrennsli um  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  yfir grunnrennsli virðist hafa komið í Hvítá þann 31. júlí 2017. Við Jarðvísindastofnun er nú unnið að könnun tunglmynda frá umliðnum árum sem skýrt gætu hvort þá (og oftár) hafi hlaupið úr sama lóninu<sup>12</sup>.

Þykkt Langjökuls var mæld með íssjá árið 1997<sup>13</sup> og niðurstöður notaðar til að útbúa kort af botni jökulsins. Kort Finns Pálssonar af þeim hluta jökulbotnsins sem liggur að Hafrafelli er sýnt á mynd 25. Myndin sýnir útlínur jökulsins árin 2004 og 2019 og má af þeim ráða að jökullinn hafi hörfað 500–1000 m á þessum 15 árum. Lónið er einnig sýnt á myndinni og sést að sunnan við miðbik þess liggur botn lægra en núverandi vatnshæð (um 890 m). Þar getur því safnast vatn þegar jökullinn heldur áfram að hörfa og lónið stækkað í þá áttina. Myndin sýnir eitt þykktarsnið dregið frá suðurenda lónsins út á jökulinn sunnan Hafrafells. Ísþykktin er mest tæpir 100 m en að jafnaði um 70 m á sniðinu og hefur þynning jökulsins þarna verið um 3 m/ári undanfarin ár. Sniðið er lagt eftir þeim hluta botnsins, sem einna lægst liggur sunnan og suðvestan lónsins (sjá ljósbláan feril á mynd 25; ath. að ferlinum er ekki ætlað að marka rennslisleiðina undir jökli). Sjá má á sniðinu að botninn tekur aftur að hækka um 300 m frá innfallinu, þ.e. við  $x=3100 \text{ m}$  á þykktarsniðinu, og hækkar næstu 1350 metrana, að  $x=1750 \text{ m}$ .

<sup>12</sup> Guðbjörg Hulda Karlsdóttir (2021). Hlaup úr jaðarlóni við Flosajökul: Nýting fjarkönnunar- og vatnshæðargagna við greiningu fyrri atburða. BS-ritgerð við Verkfræði- og náttúruvísindasvið HÍ. <http://hdl.handle.net/1946/37573>.

<sup>13</sup> Samvinnuverkefni Jarðvísindastofnunar, Orkuveitu Reykjavíkur og Landsvirkjunar. Sjá: Helgi Björnsson (2002). Langjökull: forðabúr Þingvallavatns og Hengilsins. Þingvallavatn: undraheimur í mótun. Pétur M. Jónasson og Páll Hersteinsson (ritstj.). Reykjavík, Mál og menning, s. 136-143.

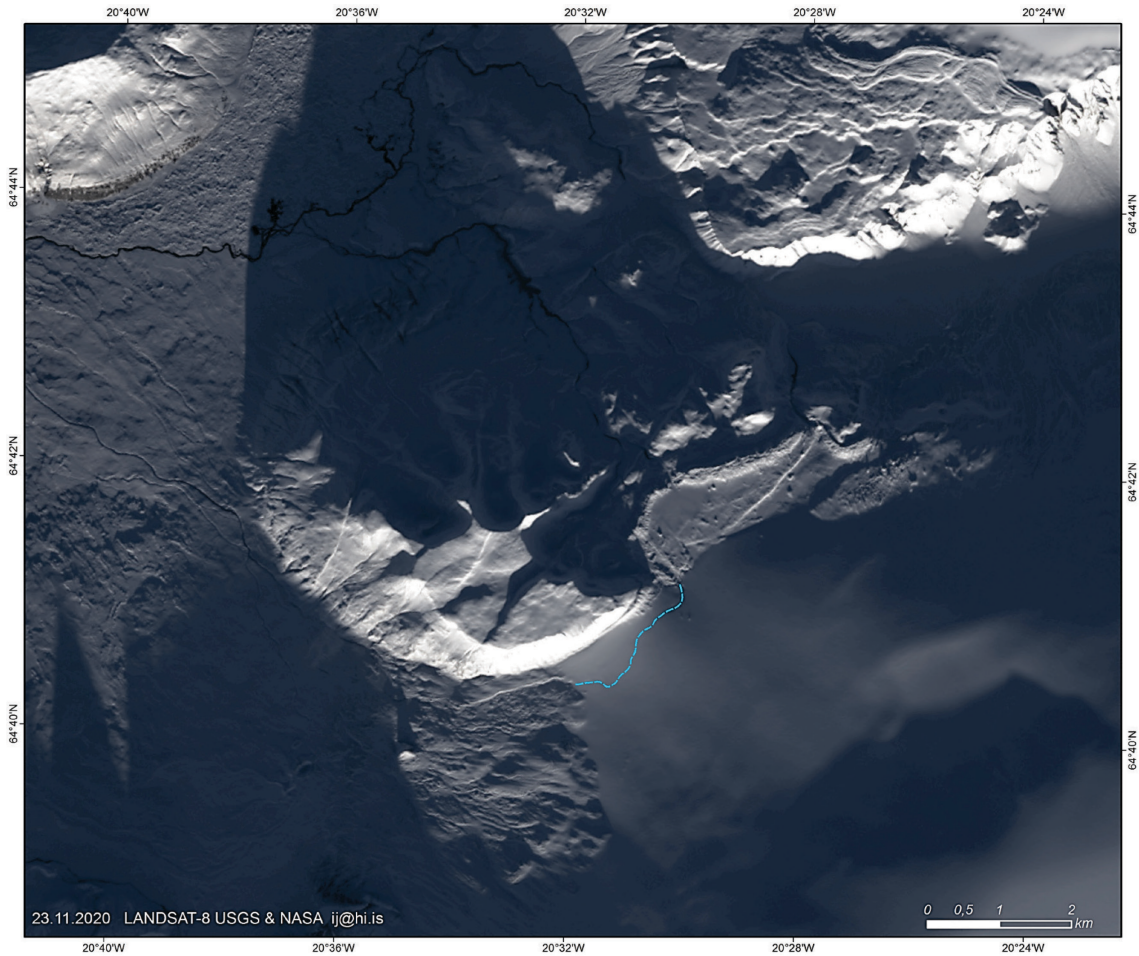


Mynd 25. Jökulbotn og jökulyfirborð í nágrenni lónsins við Langjökul. Lónið er sýnt með fjólubláum lit. Hæðarlínur yfirborðs (50 m) eru dökkbláar (ArcticDEM 2015) og hæðarlínur botns (20 m) daufgráar. Litakvarði botns er t.h. Rauðu línurnar sýna legu íssjárnsniða sem mæld voru 1997. Bleikur ferill sýnir jökuljaðarinn 2004 og gulur ferill markar jaðarinn 2019. Ljósblár, breiður ferill sýnir legu sniðsins í horninu efst t.v. Kort unnið af Finni Pálssyni, Jarðvísindastofnun Háskólans.

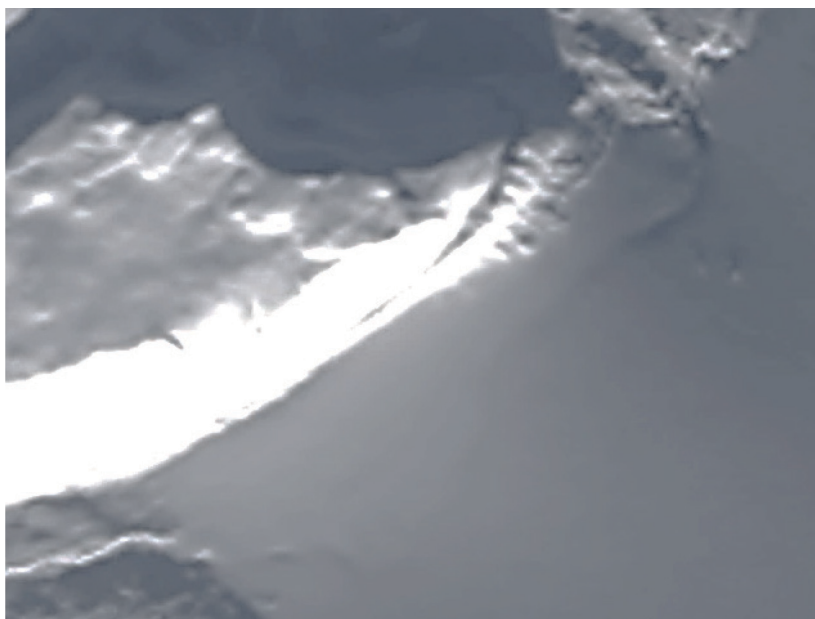
Á þeim kafla fer jökullinn þykkandi og mætti því búast við að þrýstingur ræki vatnið niður í lægðina, þ.e. til norðurs. Að svo stöddu virðast íssjargögn ekki gefa tilefni til ákveðinna ályktana um vatnssöfnun og rennslisleiðir á komandi árum, því þarna eru 1–1.5 km á milli mællína. Fáist fjármögnun er stefnt að því að mæla jökulþykktina á þéttu neti í vorferð Jarðvísindastofnunar á Langjökul 2021 og útbúa nákvæmt kort af botni jökulsins á þessu svæði.

Þann 23. nóvember 2020 barst mynd af Hafrafelli og vesturhluta Langjökuls frá Landsat-8 gervitungli USGS og NASA (sjá mynd 26). Sól er lágt á lofti þegar myndin er tekin og drættir í landslagi koma vel fram. Þegar myndin er grandskoðuð kemur greinilega í ljós mjög lægð í yfirborði Svartárjökuls, sem hlykkjast frá innfallinu við lónjaðarinn og að útfallinu við jökulrönd. Sjá nánar á mynd 27. Óhætt virðist að álykta að farvegur hlaupsins undir jöklinum fylgi braut þessarar lægðar, því yfirborðið lækkar við ísbráðnun að neðan þegar vatnið streymir um göngin, og svo enn frekar þegar göngin tæmast.

Eins og sjá má á mynd 22 er ísinn næst Hafrafellinu mjög aurugur. Vel er hugsanlegt að þarna sé að myndast dauðis og að farvegurinn á mynd 26 liggja á skilunum milli dauðíssins og hins virka jökulíss fjær fjallinu. Þetta atriði þarfnast nánari athugunar.



Mynd 26. Hafrafell og vesturhluti Langjökuls. Lónstæðið kemur fram við norðurjaðar jökulsins. Ummerki farvegarins undir ísnum frá innfalli að útfalli sjást sem lægð á yfirborði jökulíssins og er ljósblái ferillinn dreginn eftir henni. Sjá nánar á mynd 27.



Mynd 27. Lægðin á jökulyfirborði sést á þessari mynd, sem er lítill en stækkaður hluti af mynd 26.

## 9 Ummerki eftir hlaupið

Ákvörðun var tekin um það að mæla ekki nákvæm flóðför eftir hlaupið því slík athugun var talin bæta litlu við upplýsingar um vatnsmagn í hlaupinu. Auk þess höfðu góðar gervitungla-myndir náðst stuttu eftir atburðinn ásamt flugmyndum og því talið ljóst að vinna mætti úr þeim kort af umfangi hlaupsins.

Setbunkar sáust á mörgum stöðum við farveg Hvítár þar sem rennslishraði snarminnkaði, ýmist vegna fyrirstöðu í farveginum eða bakrennslis. Hlaupið bar fram dæmigert jökulhlaupaset og sáust sums staðar mjög finkorna lög þar sem vatn hefur staðið, nokkurra sentimetra þykk (Mynd 5), en annars staðar þykkir bunkar af sandbornu efni (Mynd 6). Skv. athugunum 22. ágúst hélt fínefnaríkt setið raka mjög vel þrátt fyrir að þurrt hafi verið í veðri. Einnig kom í ljós við athuganir þann dag að þar sem vatnið hafði sjatnað var hvít slika yfir þurrum farvegum. Það gæti bent til að jarðhitaleir hafi borist með vatninu líkt og þekkist í Skaftárhlaupum. Þetta atriði þarf þó að rannsaka betur því leiðnimælingar bentu ekki til að jarðhitavatn hefði verið til staðar. Einnig mátti sjá einkennandi rauðleitt lag í flóðförum alveg niður við Kljáfoss. Við nánari skoðun kom í ljós að þetta var móbergssalli sem flotið hefur að einhverju leyti ofan á leirkenndu vatninu og markar þar með flóðför. Fleiri ummerki voru eftir hlaupið s.s. dauðir fiskar eins og áður kom fram og gróðurrof. Þessum gögnum verður haldið til haga og munu þau nýtast við gerð hættumats.

## 10 Varnir og vöktun

Skv. reikningum í 6. kafla og mælingu sem þar er getið um virðist ekki óvarlegt að gera ráð fyrir að framrásarhraði hlaupsins hafi verið að jafnaði um 3–4 m/s á leið frá jökli niður að Hvítárbrú við Kaldadalsveg. Hraðinn hefur þó verið breytilegur á leiðinni, því hluta leiðar fer hlaupið í þröngum gljúfrum en á einum kafla dreifir það sér um sanda. Hlaupið fer svo frá áðurnefndri brú um 37 km vegalengd niður að Kljáfossi á tímabilinu frá 21:00 að kvöldi 17. ágúst til kl. 01:45 að morgni 18. ágúst, þ.e. á 4 klst og 45 mínútum. Samsvarar það meðalhraðanum 2.2 m/s. Tafla 2 birtir reiknaða ferðatíma frá upptökum og niður eftir Borgarfjarðarháhraði til sjávar. Niðurstöður benda til að um 2.5 klst gæfust til umráða til að vara íbúa og ferðafólk á Húsafellssvæðinu við, ef búnaður væri til staðar við lónið sem sendi viðvörun um leið og vatnsborð þar tæki að lækka.

*Tafla 2. Vegalengdir, reiknaður og áætlaður rennslishraði og ferðatími hlaupsins frá upptökum í lóninu og til sjávar í Borgarfirði.*

Ferðaleið hlaups	Vegalengd	Rennslishraði	Ferðatími
Undir jökli	2 km	0.5 m/s	70 mín
Frá útfalli að Hvítárbrú við Húsafellsskóg	18 km	3.5 m/s	88 mín
Frá Hvítárbrú að Kljáfossi	37 km	2.2 m/s	285 mín
Frá Kljáfossi til sjávar í Borgarfirði	25 km	2 m/s	208 mín

Langjökull hefur hopt stöðugt sl. 25 ár og líklegt er að lægðin við Hafrafell sem lónið fyllti síðla sumars 2020 muni stækka til suðurs við frekara hop jökulsins. Því er sennilegt að þar muni geta safnast meira vatn á komandi árum, en afrennsli til Flosavatns mun halda áfram að takmarka vatnshæðina. Sá möguleiki er einnig fyrir hendi að vatn hætti að renna til Flosavatns er lónflöturinn stækkar og fyllir lægð sem nú er að hluta hulin jökli, því ekki er víst að lónið næði þá sömu vatnshæð og 2020. Þéttari íssjarmælingar geta veitt nýjar upplýsingar um þróunina á komandi árum. Einnig þarf framvegis að hnita jökuljaðarinn árlega og mæla lækkun jökulyfirborðsins með GPS tækjum eða út frá hæðarlíkönum. Ef hlaup verður á ný er líklegast að hlaupvatn mundi leita aftur í sama innfall undir jökulinn.

Ljóst er að ekki mátti miklu muna að hætta skapaðist við Kaldadalsveg og norðarlega í Húsafellsskógi við hlaupið. Fyrri hlaup sem líklega hafa komið úr lóninu á þessari öld eru nú til rannsóknar og mögulegt er að á fyrri öldum hafi komið hlaup úr jaðarlóni á sama stað við Langjökul þegar jökullinn var í vexti á litlu ísöld (tímabilinu 1300-1900). Á þeim tíma (fram til 1930) rann Geitá ein í núverandi farvegi Hvítár þar sem brúin stendur en Hvítá var í eigin farvegi uppi við fjallsrætur Tungunnar. Þá hefur farvegur Geitár væntanlega ekki verið jafn niðurgrafinn og farvegur Hvítár er núna norðan við sumarhúsabyggðina í Húsafellslandi. Hugsanlegt er að setlög, sem sést hafa við framkvæmdir og gröft í norðanverðum skóginum hafi verið borin fram í jökulhlaupum, en um það verður þó ekki neitt fullyrt án frekari rannsókna.

Full ástæða virðist því til frekari vöktunar á svæðinu á komandi árum, með fjarkönnun, vatnshæðarmælingum og vefmyndavélum. Miðað við hlaupið 2020 virðist fyrst og fremst vera um að ræða hættu á eignatjóni fremur en hættu á slysum á fólki. Þó er rétt að upplýsa fólk á svæðinu um hættu á áframhaldandi jökulhlaupum úr lóninu og að næsta hlaup kunni að geta orðið stærra en hlaupið sem hér er fjallað um. Rétt er að fylgjast með fyllingu lónsins sumarið 2021 með fjarkönnunargögnum og vettvangsferðum og tilkynna vegagerð, lögreglu- og almannavarnaryfirvöldum og viðkomandi sveitarfélögum hvenær vatnsborð nær þeirri hæð að vænta megi hlaups. Ekki er víst að tilefni sé til rauntímavöktunar til þess að vara við yfirvofandi hlaupi eftir að útrennsli úr lóninu hefst en það er rétt að ræða við fyrrnefnd yfirvöld. Ýmsir möguleikar á vöktun koma til greina ef ákveðið verður að hennar sé þörf.

Einn möguleiki væri að setja upp vatnshæðarmæli við gljúfur Svartár, sunnan eða suðvestan Hafrafells. Þangað er jeppafært auk þess sem símasamband er á svæðinu. Einnig mætti huga að þeim möguleika að setja upp mæli við lónið sjálft, ef heppilegur staður fyndist við bakka þess. Tæpast er raunhæft að reka slíka mæla árið um kring en ef fylgst væri með fyllingu lónsins með fjarkönnun mætti fara á vettvang tímanlega og koma fyrir vatnshæðarskynjara við lónið (eða í farvegi hlaupsins) til að tryggja að sjálfvirk viðvörðun bærst niður í byggð um 3G/4G símkerfi eða nettengingu. Í því tilviki er mjög ólíklegt að fyrirvarinn á Húsafelli yrði skemmri en 2 klst, kæmi til hlaups á ný.

Annar möguleiki væri að setja upp vefmyndavél á klöpp í nánd við lónið og fylgjast þannig með vatnssöfnun og tæmingu. Einu auga vélarinnar mætti beina að stiku með hæðarmerkingum, sem sett væri upp við vatnsborð lónsins. Stilla mætti vélinu þannig að ljósmynd væri t.d. tekin á klukkustundar fresti meðan dagsljóss nýtur. Myndir mætti svo taka með styttra millibili ef talið væri að hlaup væri að hefjast og skrá þannig hraða lækunarinnar. Með myndavél mætti einnig fylgjast með hreyfingu jökulíssins og lækkun hans við leysingu. Takist að greina upphaf hlaups með vöktun væri rétt að senda viðvörðun í alla farsíma á svæðinu (þ.e. innan Borgarfjarðarhéraðs).

Til viðbótar er mælt með athugunum á dauðishrúgum við norðurjaðar lónsins. Svo virðist sem afrennslið úr lóninu til Flosavatns hafi grafið gegnum slíkar hrúgur og gæti raunar verið dauðis undir útfallinu þar og hugsanlega undir lóninu. Kanna þarf við hvaða vatnshæð afrennsli hefst



úr lóninu til norðurs og hvort vatnið rennur á yfirborði farvegjar alla leið eða hvort það finnur sér farveg í gegnum dauðisinn og kemur svo fram í gílinu nokkru neðar.

Búast má við að setið, sem hlaupið í ágúst 2020 bar fram, verði uppspretta rykmisturs og móðu á svæðinu um nokkurn tíma. Malarnám vegna vegagerðar er við farveg Hvítár skammt ofan brúarinnar við Húsafellsskóg og er ekki ráðlegt að því verði haldið áfram því hlaupið í ágúst 2020 rauf efni úr malarhrúgunum og jók það á setburð í hlaupinu. Þá er nauðsynlegt að huga að endurbótum á varnargörðum á svæðinu.

Viðvörunargildi á vatnshæðarmælinum við Kljáfoss er nú stillt á 340 cm vatnshæð sem samsvavar rennslisgildinu 349 m<sup>3</sup>/s. Væri mælir stilltur þannig á sumrin að viðvörun væri send við rennslisgildið 140 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> þá bærir hún um 4 klst áður en rennslíð nærði þar hámarki (skv. ferlinum á Mynd 18). Slíkt mundi þó ekki gagnast til viðvörunar fyrir Húsafellssvæðið, því hlaupið væri þá þegar komið í hámark þar.

Kæmi til stærra hlaups gæti skapast hættu í Húsafellsskógi og er því æskilegt að gert verði hættumat fyrir sumarbústaðabyggingina. Umsjónarmenn á Húsafellssvæðinu og ferðafyrirtæki sem þar starfa þurfa að vita af hlauphættunni og tryggja þarf að upplýsingar geti borist skjótt milli þessara aðila og náttúruvaktar Veðurstofunnar.

Jökulhlaupið í Svartá er ein margvíslegra afleiðinga af hörfun jökla landsins á undanförunum áratugum. Hörfuninni fylgja ýmsar breytingar á vatnafari, til dæmis: i) hliðrun vatnaskila undir jökli; ii) breytingar á útföllum jökuláa og jafnvel flutningur þeirra milli vatnasviða, og iii) jökulhlaup úr lónum sem myndast við hörfandi jaðrana. Mikilvægt er að fylgjast með þessum breytingum og kortleggja t.d. reglulega lón við jökuljaðra, meta hver þeirra geta valdið jökulhlaupum og upplýsa sveitarfélög, ferðapjónustu- og orkufyrirtæki og aðra aðila, sem hagsmuna eiga að gæta. Á Veðurstofunni hafa verið gerð drög að áætlun um slíka vöktun sem fara mun fram í tengslum við reglulega kortlagningu á jöðrum jökla landsins.

## Viðauki

*Tímasetningar athugana, tilkynninga og vettvangsferða vegna Svartárhlaupsins.*

Dags.	Tímasetning	Atburður/Athugun/Flug/Vettvangsferð
16.8.	14:00–17:00	Kristjana G. Eypórsdóttir á leið um svæðið á sunnudegi og tekur eftir grábrúnum lit á Geitá.
17.8.	19:30 22:00	Bergþór Kristleifsson á Húsafelli verður var við aukið rennsli í Hvítá. Flýgur yfir Svartáraura og ljósmyndar svæðið. Stefán Stefánsson í Kalmanstungu tók mynd af Hvítá dökkbrúnni og ólgandi hjá Barnafossi um kl. 22. Krístrún Snorradóttir á Laxeyri sagði ána hafa verið eins og steinsteypu.
17.8.	23:30	Arnar Bergþórsson á Húsafelli sendir tilkynningu á vef Veðurstofunnar.
18.8.	Að morgni	Tilkynning til Veðurstofunnar um hlaup og setburð við mót Hvítár og Norðurár frá Steinunni Hauksdóttur (ÍSÖR), sem var við laxveiðar í Straumunum.
18.8.	Síðdegis og snemma kvölds	Esther Hlíðar Jensen og Kristjana G. Eypórsdóttir (VÍ) fara í vettvangsferð að Kljáfossi, Hvítárbrú við Húsafellsskóg og upp með Hvítá og Geitá.
18.8.	Síðdegis	Ingibjörg Jónsdóttir (JHÍ) kannar SENTINEL-2 gervitungla-myndir og greinir upptök hlaupsins í lóni suðaustan Hafrafells við vestanverðan Langjökul.
19.8.		Sagt frá jökulhlaupinu í héraðsfréttamiðlinum Skessuhorni. Ingibjörg Jónsdóttir (JHÍ) setti fram tillögu um þyrluflug í minnisblaði um hlaupið til Almanna- og Landhelgisgæslunnar og Veðurstofunnar. Frétt í Ríkisútvarpinu um kvöldið. Arnar Bergþórsson sendir um kvöldið nýja tilkynningu til Veðurstofunnar á netfangið fyrirspurnir@vedur.is
20.8.		Fréttatilkynning birtist á vef Veðurstofunnar. Sagt frá hlaupinu í héraðsfréttablaðinu Íbúanum.
20.8.	Að morgni	Húsfellingar fljúga yfir Svartá og að lóninu suðaustan Hafrafells. Taka ljósmyndir og senda m.a. Veðurstofunni.
20.8.	Um hádegi	Kristjana G. Eypórsdóttir (VÍ) og Jón Baldursson fara í könnunarflug að lóninu með þyrlu Landhelgisgæslunnar. Þau ganga síðan frá jökuljaðri að lóninu og mæla m.a. lækkun í lóninu og strandlínur.
20.8.	Síðdegis	Oddur Sigurðsson og Þorsteinn Þorsteinsson (VÍ) fara í ljósmyndaflug upp með Hvítá og Svartá og að upptökum hlaupsins.
20.8.	Síðdegis	Ólafur Kristófersson, Olgeir Helgi Ragnarsson og Unnar Þ. Bjartmarsson aka upp með Svartárgljúfri og kanna ummerki hlaupsins.
21.8.		Ný frétt af hlaupinu og lóninu við Langjökul birt á heimasíðu Veðurstofunnar.

22.8.		Andri Gunnarsson (LV) og Hlynur Skagfjörð Pálsson (JÖRFÍ) fara á vettvang við Langjökul, ganga að útfalli og lóni og senda flygildi í ljósmyndaflug yfir lónið.
22.8.		Esther Hlíðar Jensen fer í könnunarleiðangur að Hvítá og skoðar ummerki hlaupsins. Arnar Bergþórsson fer á fjórhjóli að útfalli hlaupsins undan Svartárjökli og um jökulinn að Hafrafellslóni.
4.10.		Kristjana G. Eyþórsdóttir og Jón Baldursson ganga frá Hvítá við ármót Trússár að Svartá. Þau skoða varnargarðinn við enda hrauntraðarinnar, sem Svartá rennur eftir og kanna neðsta hluta farvegarins.
20.10.		Andri Gunnarsson (LV) og Sveinbjörn Steinþórsson (JHÍ og JÖRFÍ) koma að innfalli hlaupsins við Hafrafellslón í árlegri haustferð á Langjökul. Þeir sögðu yfirborðið þar fallið saman og að miklar sprungur og rásir væru yfir farveginum sem liggur undir jökli.