

HLAUP OG HLAUPFARVEGIR

Guttormur Sigbjarnarson
Orkustofnun
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

HUGTAKIÐ HLAUP

Í orðabók Menningarsjóðs (1983; ritstj. Árni Böðvarsson) er á bls. 379 nafnorðið *hlaup* m.a. skilgreint (gr. 2): "mikill (og snöggur) vöxtur í vatnsfalli; snöggt flóð í jökulvatni, jökulhlaup, snjóflóð, skriðuhlaup" og sögnin *að hlaupa* á bls. 380 er m.a. skilgreind (gr. 3): "(um ár, einkum jökulvötn) vaxa skyndilega, flæða yfir venjuleg takmörk sín: *Skeiðará er að h.*; (um snjóflóð og skriðu) falla: *skriðan hljóp á bæinn.*" Auk þess er *að hlaupa fram* skilgreint þar á bls 380: "bólgsna upp og ryðjast fram, sprengja af sér fs: *jökullón "hljóp fram,*" og *að hlaupa úr:* Það hleypur úr ánni, án minnkunar." Hins vegar minnist orðabókin ekki á þá málnotkun, sem ég ólst upp við austur á Fljótsdalshéraði, að veggir hlaðnir úr torfi og grjóti *hlypu* (eða *hlypu fram*), þegar þeir félru fram eða það hrundi úr þeim. Einnig var þar sagt, að það væri komið hlaup í vegginn, þegar kominn var gúlpur á hann.

Í náttúrufarslýsingum er nafnorðið *hlaup* sjaldnast notað sem sjálfstætt hugtak, heldur er það notað í samsettum orðum, svo sem framhlaup, jökulhlaup, gusthlaup, hamfarahlaup o.s.frv. Þessi orð ásamt öðrum hliðstæðum eru notuð yfir þá náttúrulegu *atburði*, þegar *þyngdaraflið veldur tiltölulega hröðum efnisflutningi frá hærri stað til laegri*. Oftast nær er vatn eða vatnagangur virkur aðili að hlaupinu, en þarf þó ekki að vera. Hlaupin geta einnig verið því sem næst eða alveg þurr, svo sem viss goshlaup og gusthlaup.

Samsettu orðin um ýmis konar hlaup eiga sér missterkar rætur í málínu. Ólafur Jónsson (1957) notar mikið orðið framhlaup í bók sinni: *Skriðuföll og snjóflóð*, þó að hann hallist að því að nota frem-

ur orðin skriða, skriðuföll eða ofansöll sem safnheiti yfir framhlaup og skriður, þar sem hann skilgreinir hlaup sem skyndilega hreyfingu. Hann notar þó oft orðin skriðuhlaup, jarðhlaup eða framhlaup, þar sem hraði atburðarins er alls ekki bekktur og getur oft hafa verið tiltölulega hægur. Ólafi eru þessi orð greinilega munntöm. Nokkuð er það misjafnt, hvort jarðvísindamenn nota orðin hlaup eða ekki. Sigurður Þórarinsson (1954) notar til dæmis hvorki orðið hlaup né framhlaup í grein sinni um skriður í Náttúrufræðingnum, nema sögnina að hlaupa. Aftur á móti notar Þorvaldur Thoroddsson (1913-15) orðið framhlaup eða -hrun sem sjálfsagt mál í ferðabók sinni. Hins vegar hafa flestir höfundar notað orðið jökulhlaup sem sjálfsagðan hlut, og Sigurður Þórarinsson (1939) reyndi með góðum árangri að gera það að alþjóðlegu fræðiheiti. Sá hinn orðhagi maður Guðmundur Kjartansson (1951 og 1967) tók orðið hlaup fyrir og skilgreindi það nokkuð í náttúrufræðilegum tilgangi. Frá honum mun það komið, hve margir jarðvísindamenn hafa notað þetta hugtak mikið og það sem sjálfsagðan hlut, og þar á meðal höfundur þessarar greinar (1981).

Í jarðvísindum má skilgreina hugtakið *hlaup*, sem þann náttúrulegan viðburð, þegar *þyngdaraflið flytur óvenju mikið efnismagn (fast, fljórandi og loftkennt) frá hærri stað til annars lægi á tiltölulega skömmum tíma miðað við venjulegar aðstæður*. Magn og hraði hlaupsins eru samkvæmt þessari skilgreiningu afstæð hugtök. Með þessu má sneiða fram hjá þeim vanda, sem Ólafur Jónsson (1957) komst í. Samkvæmt þessari skilgreiningu hefur orðið *hlaup* ásamt afleiddum samsettum orðum

harla viðtæka merkingu og verður það þannig not-
að hér á eftir.

FLOKKUN HLAUPA

Mismunandi gerðir hlaupa má flokka niður á ýmsan hátt og út frá ýmsum sjónarhornum. Ólafur Jónsson (1957) gerði þá einu tilraun, sem gerð hefur verið hér á landi, svo að mér sé kunnugt um. Hann þyddi flokkun Dr. Sharpe á skriðföllum (landslides) og framhlaupum, þar sem þau eru flokkuð niður eftir rennslishraða, tegund jarðefna og rakastigi þeirra. Ekki verður annað um þá flokkun sagt, en að fremur erfiðlega hafi gengið að laga hana að íslensku máli. Hér verður ekki reynt að gera neina endanlega flokkun á hlaupum og skriðföllum, heldur aðeins stiklað á stærstu atriðnum, sem hafa þarf í huga við flokkun þeirra og vikið síðan nánar að einstökum tilvikum. Helstu grundvallaratriðin við flokkun á hlaupum og skriðum eru þessi:

- I. Flokkun eftir ástandi efnisins, sem ýmist birtist í föstu, fjótandi eða loftkenndu formi. Hlaupin eru að jafnaði blanda af tveim eða þrem ástandsformum. Þau eru stundum kennd við það mest áberandi, svo sem: Vatnshlaup, skriðuhlaup eða gusthlaup.
- II. Hlaup eru einnig oft flokkuð niður eða ein kennnd eftir efnisgerð. Þar má til nefna: *Berghlaup* og *-hrun* úr föstu bergi, *aurhlaup* og *eðjuhlaup* úr lausum jarðlöögum ásamt vatni, *jökullhlaup* úr vatni og jökulaur, *grugghlaup*,* (turbidity currents) úr lausum jarðefnum og vatni eða sjó og *snjóflóð* eða hlaup að stofni til úr snjó.
- III. Stærðarflokkun á þyngdarafkhreyfingum er f eðli sínu mjög rík í málinu. Þannig er talað um skrið, hrún, skriðu, flóð, hlaup og hamfarahlaup eftir tíðni, hraða og stærð at-

* grugghlaup er nýyrði, notað til að þýða *turbidity current* samkvæmt uppláttungu Freysteins Sigurðssonar, jarðfræðings. Höf.

burðanna. Hér er nokkurn veginn fylgt stærð og umfangi þeirra, þannig að hugtökin hlaup og hamfarahlaup eru notuð um óvenjulega umfangsmikil atvik. Haukur Tómasson (1973) innleiddi og skilgreindi orðið *hamfarahlaup*, sem þýðingu á enska hugtakinu "catastrophic flood" í grein sinni um Jökulsá á Fjöllum. Það hugtak vann sér strax sess í íslensku máli, enda mjög lýsandi fyrir slíka atburði.

- IV. Í fjórða lagi má flokka hlaup eftir þeim náttúrufarslegu aðstæðum, sem þau eru upprunnin í, þ.e. orsökum þeirra og eðli. Helstu flokkarnir eru þessir: *Framhlaup* úr föstu bergi af völdum undangraftar sjávar, vatnsfalla og jöklar; *aur-*, *eðju-* og *framhlaup* á lausum jarðefnum vegna mikillar úrkumu eða leysinga, sem minnkar stórlægum innra viðnám og virkar sem smurning á skriðflötinn; *snjóflóð* eða *-hlaup* af völdum snjósöfnunar; *grugghlaup* (turbidity currents) af völdum setsöfnunar á gryningum undir vatns-eða sjávarborði vegna framburðar frá landi; *jökulhlaup* af völdum jökulstíflaðra stöðuvatna, jarðhita eða eldvirkni og *goshlaup* af völdum eldvirkni.

Framanskráð yfirlit gefur innsýn í, hve óhemju viðtækt viðfangsefni það er, að fjalla um hlaup og aðrar náttúrufarslegar þyngdarafkhreyfingar. Það verður því ekki reynt að gefa hér neitt viðhlítandi yfirlit um þau mál. Hér á eftir verður aðeins fjallað um two síðustu efnisflokkana í IV. lið, en það eru goshlaup og jökulhlaup, en þau eru oft meira og minna samfléttuð.

GOSHLAUP OG GOSIÐ Í ST. HELENS ÁRIÐ 1980

Margvísleg hlaup eru mjög algeng í sambandi við eldvirkni, þó að þeim hafi verið mjög lítil gaumur gefinn hér til lands, nema hvað tengsl jökulhlaupa við eldvirknina hefur verið alkunnug. Nægir þar til að nefna Kötluhlaup. Þó eru þar undantekningar á. Guðmundur Kjartansson (1951) rannsakaði hlaupin í sambandi við Heklugosið 1947 og kynnti sér þá nokkuð sögu eldri goshlaupa. Nýlega

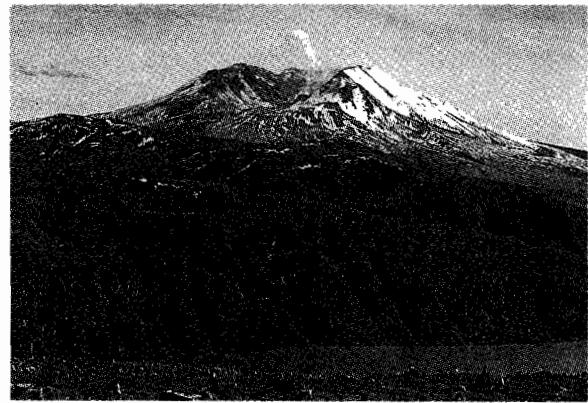
hafa þau Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson (1985) birt niðurstöður rannsókna sinna á vikurhlaupum frá Heklugosum bæði frá sögulegum og forsögulegum tíma. Sögu rannsókna á goshlaupum á Íslandi er þar með langdrægt lokið. Sigurður Þórarinsson minnist að vísu á þau, bæði í lýsingum sínum á Heklueldum (1968) og á Öræfajökulgosum (1958), en hann tengir þau alfarið við jökluhlaup. Fram til þessa hafa eldký (nuée ardente) ekki verið talin til goshlaupa, en það verður gert hér á eftir, þar sem þau hlíta sömu lög-málum.

Áður en lengra er halddið við lýsingum á goshlaupum á Íslandi, skal sögunni vikið til N-Ameríku. Nánara tiltekið til eldfjallsins St. Helens (mynd 1) í Washington-ríki í NV horni Bandaríkjanna. Þann 18. maí 1980 hófst þar stórfellt eldgos, sem kostaði nær 70 mannlíf og gífurlegt eignatjón í allt að 120 km fjarlægð frá fjallinu. Gos þetta vakti þegar heimsathygli, bæði vegna manntjónsins og ekki síður vegna þess að í byggðarlögunum umhverfis fjallið er eitt af háþróuðstu iðnaðarsamfélögum heims, m.a. með vatnsaflsvirkjunum, kjarnorkuverum og stórborgasvæðinu Portland-Vancouver með yfir 1 1/2 milljón íbúa. Meira fjármagni var þegar í stað veitt til rannsókna á þessu gosi, heldur en þekkt hefur í sögu eldfjallafræðanna.

Í aprílok árið 1981 fór höfundur í hálfsmánaðar heimsókn til gosstöðvanna á vegum Orkustofnunar og Iðnaðarráðuneytisins til að kynna sér sérstaklega afleiðingar gossins á vatnsaflsvirkjanir og raforkuframleiðslu. Í greinargerð minni til Orkustofnunar "Gosið í St. Helens 1980", sem fjöldituð var í júlí 1981, lýsi ég ferðinni og afleiðingum gossins.

Það er skemmst frá að segja, að margar tegundir goshlaupa voru aðaltjónavaldurinn við St. Helens. Þess vegna hef ég valið að rekja hér sögu atburðanna þar þann 18. maí 1980.

Veturinn 1979-80 veittu jarðvísindamenn því athygli, að tíðni smárra jarðskjálfta á St. Helens svæðinu fór ört vaxandi, en fjallið hafði ekki látið á sér bæra í 120 ár. Síðari hluta mars óx tíðnin örth og þ. 27. varð minni háttar sprengigos í fjallstoppinum. Efudust menn nú ekki lengur um, að eldfjallið væri

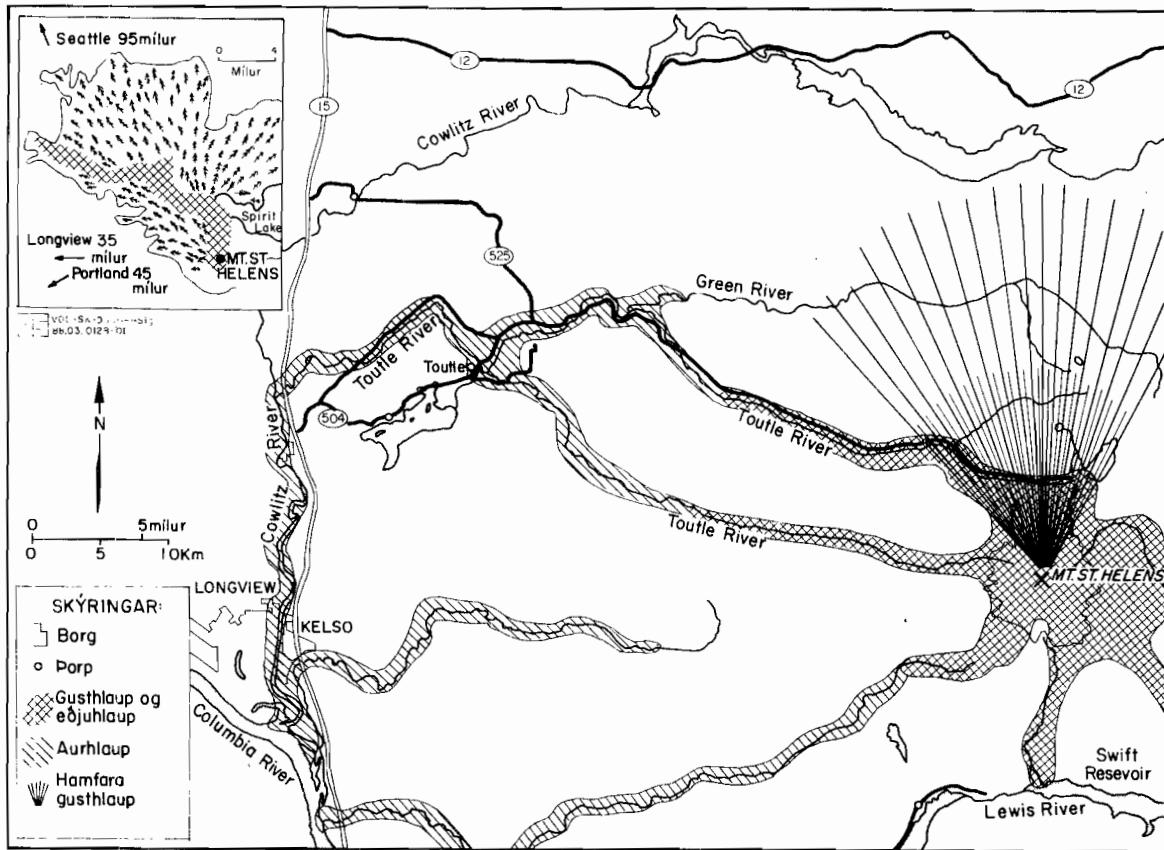


MYND 1. St. Helena 29. apríl 1981. Skálin í fjallinu er eftir framhlaupið og sprengigosisið 18. maí 1980. Hraungull er að myndast í gígskálinni, sem er nær 1100 m djúp. Framhlaupið, eðjuhlaupið og gusthlaupið fóru niður dalinn til hægri og þau stífluðu upp lón eins og fremst á myndinni. Ljósmynd. Guttormur Sigbjarnarson.

að vakna. Það var ekki fyrr en 3. apríl, að stöðugur gosórói hófst og norðvesturhlíðar fjallsins tóku að bólga út um 1,0-1,5 m á dag. Eftir það efudust engir jarðvísindamenn um, að stórtíðindi væru í vændum, þó að fæsta þeirra óraði fyrir raunveruleikanum. Samt sem áður voru almannavarnir settar í viðbragðsstöðu, vatnsborð lækkað í nærliggjandi miðlunarlonum og fjarstýring sett upp við næstu vatnsaflsvirkjun. Fólk var flutt frá nærliggjandi hættusvæðum, nema einn maður, sem neitaði að yfirgefa heimili sitt, og umferð um þau takmörkuð. Þrátt fyrir það voru nær sjö tugir manna þarna í óleyfi, þegar ósköpin dundu yfir.

Klukkan 8:32 að morgni 18. maí hófst svo gífurlegt sprengi- og öskugos í St. Helens. Hæsti hluti fjallsins hrundi og eðju- og gusthlaup æddu niður dalina umhverfis. Atburðarásin hefur verið rannsókuð bæði eftir frásögnum, myndum og ýmsum ummerkjum og afleiðingum.

Hún er í stórum dráttum á þessa leið: NV-hlíðar fjallsins, sem höfðu verið að bólga út, misstu jafnvægið og framhlaup lagði af stað niður hlíðina.



MYND 2. Yfirlitskort af St. Helens og hlaupfarvegum umhverfis fjallið.

Fjallstoppurinn og norðurhlíðar fjallsins, alls um $2,5 \text{ km}^3$, hlupu af stað og steyptust niður í dalinn (mynd 1). Fjallið lækkaði um nær 400 m og framhlaupsskriðan æddi fram allt að 27 km frá fjallinu (mynd 2). Á meðan á framhlaupinu stóð varð gosgufusprenging í gígnum. Áætlaður styrkleiki sprengingarinnar var tilsvarandi 500 Hiroshima-kjarnorkusprengejum. Líklega vegna framhlaupsins beindist sprengikrafturinn eins og það til hliðar, það er til norðurs. Sprengingin og *hamfara gusthláupið** er henni fylgdi feyktu burtu og gjöreyddu

öllu lífi á um 400 km^2 svæði, sem myndaði hálfhring til norðurs í allt að 24 km fjarlægð frá fjallstopnum (mynd 2). Það var ekki aðeins stormhraðinn einn, er orsakaði eyðileggginguna, heldur var loftið, sem var brennheit, hlaðið ósku og leðju, algerlega banvænt. Hraði stormbylgjunnar frá sprengingunni var slíkur að stórkógvinn, sem þarna óx, lagðist allur flatur undan sprengikraftinum. Samt reyndust glóðheitar gosgufurnar ennþá banvænni, er sást af því, að utan þess svæðis er skógvinn fauk um koll var 500-2000 metra breitt belti, þar sem hann stóð óbrotinn, en samt alveg steindauður vegna hitans (mynd 3). Um svipað leyti og sprengigosið hófst, eða í byrjun öskugossins, losnuðu svo mikil eðjuhláup (mud flow) við eða í fjallstopnum. Líkur benda til að þau hafi

* Þannig undanhlaup við stærstu sprengingar nefnast *base surge* á ensku, sem þýða mætti sem *hamfaragusthláup* á íslensku. Höf.

a.m.k. að hluta til komið upp úr gínum á undan öskugosinu. Þau flæddu niður lægðir og dali í allar áttir út frá fjallinu. Til suðurs og suðvestur, þar sem sprengigosið náði ekki til, flæddu eðjuhlaupin niður dalina í 25-35 km fjarlægð. Hlaupin, sem fóru til norðurs og norðvesturs, lento í samfloti við framhlaupið og eyðileggingu sprengigossins, en við það mögnuðust þau gífurlega. Eðjuhlaupin komu á eftir framhlaupinu, því að meginfarvegir þeirra voru sitt hvoru megin við aðalframhlaupið. Jafnframt er sýnt, að framhlaupið lagði þeim til mikið viðbótarefnii. Eðjuhlaupin félleu niður báðar upptakavíslar Toutle River og þaðan í Cowlitz River, sem rennur síðan í Colombia fljótið (mynd 2), en þangað náði eðjuhlaupið af fullum krafti, þó að vegalengdin væri tæplega 120 km. Eðjuhlaupin náðu allt að 8,5 m/s hraða, en viðast í dölonum var hann 2-7 m/s. Hlaupin hrifu með sér öll mannvirki, svo sem brýr, byggingar og vélar á leið sinni niður dalina og þau fylltu árfarvegina og dalbotnana af aur og eðju. Við ármót Toutle River og Cowlitz River reis vatnsborðið um nær 6,5 m. Þegar niður á láglendið kom dreifðust eðjuhlaupin út og straumhraðinn minnkaði. Samt sem áður barst það mikið aurhlaup út í Colombia fljótið, að siglingaleiðin móts við ármynni Cowlitz River grynnkaði um 8 m. Aurbylgjan skreið á móti straumi upp í Colombia fljótið, svo að siglingaleiðin grynnkaði í allt að 11 km fjarlægð, og miklu lengra undan straumi.

Beint í kjölfar eðjuhlaupanna (mud flows) fylgdi svo gusthaup* (pyro-clastic flow) frá aðalgíg St. Helens, en þau hegða sér á margan hátt svipað og eðjuhlaup, nema hvað hraðinn er mun meiri. Meginmunurinn á eðjuhlaupi og gusthlaupi er sá, að eðjuhlaupið er blanda af öllum tilgengilegum kornastærðarflokkum, óflokkuðum og vatni og stundum ís, en í gusthlaupinu kemur samanþjapp- að loft í stað vatns. Sennilega eru til blöndur af



MYND 3. Frá Green River dalnum. Hamfaragusthlaupið náði þar um 20 km frá toppinum á St. Helens. Sjá má 50-70 m háan stórskógin liggja, brunninn uppistandandi skógarjaðar og grænan óskemmdan skóg lengra í burtu. Ljósmynd. Guttormur Sigbjarnarson.

gusthlaupi og eðjuhlaupi. Bæði þessi hlaup hegða sér svipað, nema hvað gusthlaupin laga sig ekki eins vel að landslaginu vegna meiri hraða og fara því meira yfir hæðir og hryggi. Í báðum tilfellum skilja hlaupin eftir sig jafnfallið, óflokkað setlag á leið sinni og grafa því allt undir sig. Gusthlaupið frá St. Helens lagði síðar af stað frá fjallinu heldur en eðjuhlaupið og það fór aðeins til norðurs í kjölfar framhlaupsins. Setið frá því lagðist ofan á setið frá eðjuhlaupinu næst fjallinu. Vegna meiri hraða náði það eðjuhlaupinu um 15 km neðar í Toutle River dalnum. Þar fyrir neðan varð setið frá gusthlaupinu undir setinu frá eðjuhlaupinu. Aftur á móti gætti áhrifa frá gusthlaupinu mun styrti vegalengd niður eftir dalnum, þar sem það dó út, þegar samþjappað loftið var horfið úr setinu. Eðjuhlaupin héldu áfram og breyttust í aurhlaup, sem þá byrjuðu að flokka setefnin og þeim mun meira eftir því sem straumhraðinn minnkaði. Einnig má taka fram, að hraði gusthlaupanna var slíkur, að enginn gat forðað sér undan þeim, hins vegar tókst mörgum að forða sér undan eðju- og aurhlaupum.

Stórfellt ösku- og vikurgos fylgdi svo beint í kjöl-

* Nýrði innleitt af Guðmundi Kjartanssni (1967) um loftblandin framhlaup eða goshlaup sem geta myndast við öflugar sprengingar. Höf.

far sprengigossins og gusthlaupsins. Gosmökkurinn steig upp í tæplega 20 km hæð á skammri stundu. Vindátt var vestlæg, svo að askan barst til austurs og öskufallið fór á þrem dögum austur yfir Bandaríkin. Mest varð öskufallið næst fjallinu í ríkjunum Washington, Idaho og Montana, þar sem það náði allvíða 3-6 sm þykkt.

Frá 18. maí til 7. júní voru tið sprengi- og öskugos, þó að stærð þeirra væri mun minni en áður. Hæð gosmakkars var um 7-13 km. Eitt mesta sprengigosið varð 25. maí og því fylgdi umtalsvert öskufall í Portland. Einnig fékk Seattle sinn skammt af ösku, vegna þess að vindátt var breytileg á þessum tíma. Ný gusthlaup fylgdu mörgum sprengigosunum, en þau náðu aðeins skammt inn á eyðileggingarsvæðin. Um 1100 m djúp skál hafði myndast í fjallstoppinn með skarði til norðurs, þar sem framhlaupið hafði rifið alla fjallshlíðina burtu (mynd 1).

Hraungull (lava dome) byrjaði að myndast í gíg-skálinni upp úr 7. júní og hélt myndun hans stöðugt áfram a.m.k. til apríloka 1981, er ég var þar. Á 2-3 mánaða fresti hafa orðið sprengigos við hraungúlinn og hefur hann þá tæst sundur að verulegu leyti. Nokkur öskugos hafa fylgt sprengigosunum og gusthlaup hafa fylgt í kjölfar þeirra. M.a. fórst jarðfræðingur á vakt er hann varð fyrir gusthlaupi í febrúar 1981, og hefur lík hans ekki fundist. Hraungúllinn reis um 215 m yfir umhverfið þegar ég var þar. Hætta var talin á nýju sprengigosi (mynd 1).

Búið var að flytja burt alla íbúa mestu hættusvæðanna nema einn er neitaði að fara, þegar stórgosið hófst þann 18. maí 1980. Aftur á móti fórust um 70 manns, en flestir höfðu þeir farið inn á hættusvæðið í trássi við allar aðvaranir. Fæst líkanna hafa fundist, en þau liggja grafin undir gusthlaupa- og framhlaupsetum, er ná allt að 180 m þykkt.

GOSHLAUP OG JÖKULHLAUP

Goshlaupin frá St. Helens sýndu berlega, að hin ýmsu afbrigði þeirra eru ekki síður stórhættuleg, heldur en hraungos eða öskugos, ef ekki almesta áhætta af völdum eldfjalla, a.m.k. hvað eldkeilum

og megineldstöðvum viðvíkur, eins og fjölmörg dæmi eru til um. Margar af íslensku megineldstöðvunum eru huldar jöklar og allar hafa þær verið það á jarðsögulega unggum tíma. Það hefur því verið risk tilhneiting, að eigna jökulhlaupum öll hlaup frá þeim og ummerki þeirra. Það er samt engin ástæða til að áætla að bein hlaupáhætta fylgi eldvirkni úti á sprungusveimunum eða í dyngjugosum, nema þau séu undir jöklar eða að gosefnin hlaðist þannig upp að framhlaup verði í þeim, eins og þegar hluti gígupphleðslu Eldfellssins hljóp fram á efstu húsin í bænum í Heimaeyjargosinu skömmu eftir, að það hófst.

Næstum allar gerðir hlaupa geta fylgt eldvirkni. Hér á eftir fylgir gróf flokkun á goshlaupum, og má skipta þeim í tvö aðalhópa:

I. Þurr hlaup:

- a. Hamfaragusthlaup - sprengigos - base surge
- b. Eldhlaup - eldský - nuée ardente
- c. Gusthlaup - pyroclastic flow

II. Vot hlaup

- a. Framhlaup - land- or rock-slide
- b. Eðjuhlaup - mud flow
- c. Aurhlaup - debris flow
- d. Jökulhlaup - glacier burst

Munurinn á eldhlaupi (I.b) og gusthlaupi (I.c) er hitastigsmunur, þannig að það fyrnefnda kemur að hluta til bráðið upp úr gínum og storknar því við kólunum, en það síðarnefnda kemur það kalt upp úr honum, að öll bergmylsnan er þar storkin. Gusthlaupin voru snar þáttur í eldvirkni St. Helens. Hegðan þeirra fellur mjög saman við hugmyndir prófessors Trausta Einarssonar (1945 og 1948), þar sem hann setur fram þá kenningu, að íslenska móbergið sé að hluta til myndað á þennan hátt. Hér verður tekið undir þessa kenningu hans, þar sem gosið í St. Helens hefur staðfest réttmæti hennar. Ég get hins vegar ekki fallist á þá kenningu

Trausta (1953), að Hverfjall við Mývatn sé myndað á þennan hátt, enda er þetta síður en svo eini myndunarmöguleiki móbergs, eins og hann leggur sjálfur áherslu á. Ég er aftur á móti í engum vafum, að þáttur hvers konar hlaupa við uppbyggingu móbergsins, sérstaklega við megineldstöðvarnar, hefur verið vanmetinn við rannsóknir á myndun þess. Þarfust hann því mikillar endurskoðunar. Grugg-hlaupin (turbidity currents) eru einnig tvímæla-laust mjög virkur þáttur í uppbyggingu allra fínkorna móbergmyndana, það er þeirra er nefndar hafa verið móbergstúff og setmóberg. Móbergið mun mjög víða hafa myndast í vatnsfylltum fshólfum í jöklum, þar sem grugghlaup eru í fyllsta máta náttúrulegt fyrirbæri. Þar að auki munu eðju- og aurhlaup á fsvana landi vera algengur fylginautur eldvirkni og eiga sinn þátt í móberginu. Þessi þáttur verður ekki rakinn nánar að þessu sinni.

Af eðlilegum ástæðum hafa íslenskir jarðvis-indamenn langmest rannsakað og ritat af jökulhlaup, þar sem þau mega heita samofin sögu þjóðarinnar. Orsakir jökulhlaupa eru þessar helstar: 1. *jökulstífluð vötn*, 2. *jökulbrun* (þ.e. hlaup í jökulínum sjálum, eða það sem Skaftfellingar nefna, að það sé gangur í jöklinum), 3. *jarðhiti* og 4. *eldvirkni*. Um alla þessa þætti hefur mikil verið ritað. Læt ég hér nægja að vitna til Sigurðar Þórarinssonar (1939, 1950, 1957, 1958, og 1974), Jóns Eyþórssonar (1945 og 1952), Helga Björnssonar (1974, 1975, 1976 og 1979), Sigurjóns Rist (1955 og 1967), Hauks Tómassonar (1973), Guttorms Sigbjarnarsonar (1967 og 1973) og svo fjölmargra annarra. Aðeins tvær af framangreindum orsökum fyrir jökulhlaupum geta verið það magn-aðar, að þær valdi hugsanlegum hamfarahlaupum, en það eru jökulstífluð vötn eða eldvirkni. Við ríkjandi aðstæður á Íslandi væri það varla nema sú síðarnefnda. Jökulstífluð vötn hafa sennilega valdið hamfarahlaupum við lok jökluskeiðanna og e.t.v. oftar, þó að það séu hvergi slíkar aðstæður í dag.

Hvorki verður hér rakin saga jökulhlaupa af völdum eldvirkni né hamfarahlaupa, heldur aðeins tekin fyrir dæmi frá Jökulsá á Fjöllum. Skilyrði fyrir goshlaupum ásamt jökulhlaupum eru hvarvetna til staðar, þar sem megineldstöðvakerfi liggja undir

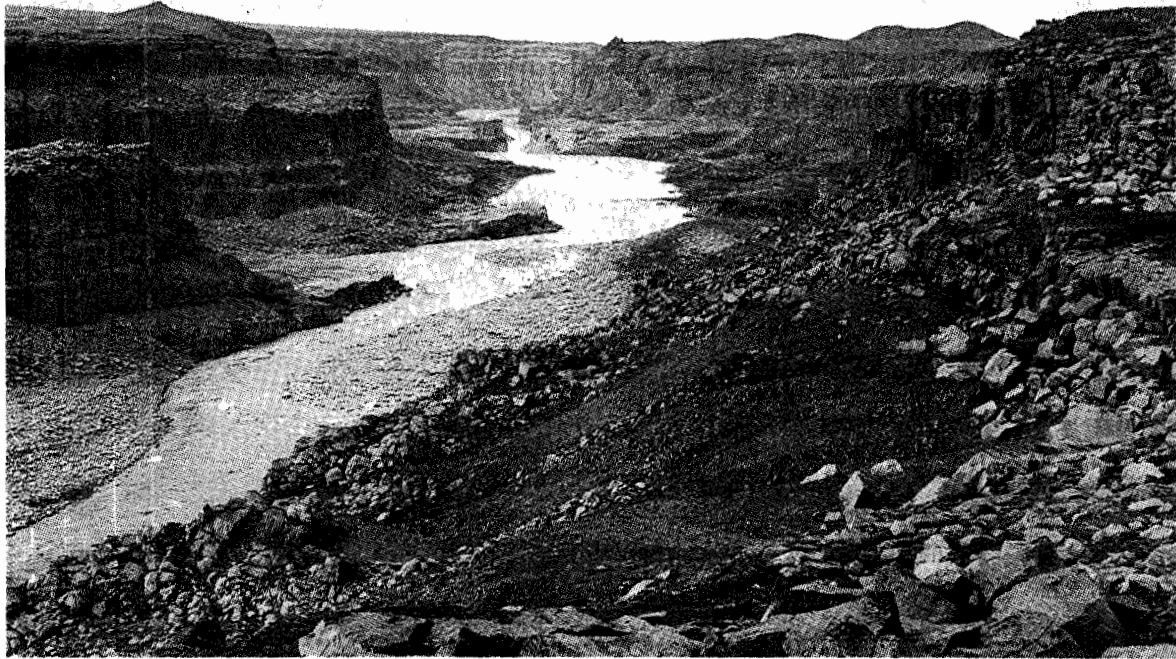
jökulís, svo sem Katla, Grímsvötn, Kverkfjöll, Ör-æfajökull, Bárðarbunga og fleiri. Gos- og jökul-hlaupasaga þeirra og fleiri til væri arið efni í fleiri bækur, samanber "Vötnin stríð" eftir Sigurð Þórarinsson (1974).

HLAUPFARVEGIR OG EINKENNI ÞEIRRA

Höfuðeinkenni allra vatns- og loftblandaðra hlaupa er hið svo ákafa iðustreymi í þeim, er stafar af mjög mikilli ónotaðri orku, sem hlaupið hefur leyst úr læðingi. Straumhraðinn á hverjum stað inni í hlaupinu er því margfalt meiri en heildarhraði þess. Roskraftur hlaupsins og aurburðarflutningseta þess ræðst af iðustraumhraðanum á hverjum stað í hlaupinu (mynd 4) og eru því arið sveiflukend eftir undirlagi þeirra. Í farvegum hlaupanna skiptast á ákafar rofmyndanir (mynd 5), þar sem hallinn er mikill, og miklar óflokkaðar setfyllur (mynd 6), þar sem dregur verulega úr honum.



MYND 4. Pennan Stein, sem er yfir 10 tonn á pyngd, skyldi eðjuhlaup frá St. Helens estir á malbikuðum vegi rétt við Swift-miðlunarlonið við virkjun í Lewis ánni. Höfundur stendur við steininn. Ljósmynd. Donald Kuehl.

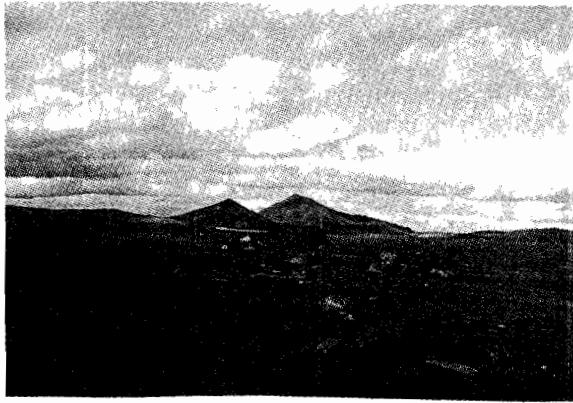


MYND 5. Horft til norðurs eftir Jökulsárgljúfrum á milli Dettifoss og Hafnafoss, sem er á miðri myndinni. Stórgrýtdreifin bæði inni í gjljúfrunum og á brúnum þess einkennir farvegi hamfarahlaupanna. Ljósmynd. Guttormur Sigbjarnarson.

Reynt hefur verið að reikna út vatnsmagn ýmissa hlaupa eftir svonefndri Manning-formúlu, sem gildir fyrir venjulegt rennsli. Það verður þó að teljast mjög hæpið, ef ekki beinlínis villandi, vegna hins gífurlega mismunar á straumhraða í iðurstreymingu miðað við heildarhraða hlaupsins.

Hlaupin lúta ávallt lögmálum þyngdarafslsins og leita því til sjávar í samræmi við landslagið, a.m.k. í stórum dráttum, en skriðþyngd þeirra og hraði geta þar valdið ýmsum frávikum. Hlaupfarvegirnir fylgja því í megin dráttum sömu leiðum og fallvötnin, en þeir geta orðið margfalt umfangsmeiri heldur en viðkomandi vatnsfall, bæði hvað viðvíkur rofformum og setlagamyn dunum (myndir 5 og 6).

Ekki verður hér farið lengra út í þá sálma, né almenna lýsingu á hegðun hlaupanna, en stuðningi lýst við þá kenningu Jóns Jónssonar (1980), að Kötluhlaup séu í eðli sínu eðjuhlaup. Heldur verður hér á eftir reynt að gefa stutta lýsingu á stórbrottnustu hamfarahlaupafarvegum Íslands, við Jökulsá á Fjöllum.



MYND 6. Hamfarahlaupfarvegir í Krepputungu norðvestur af Rifnahnjúk. Stórgrytisbjörg verða oft eftir við flóðmörkin. Ljósmynd. Guttormur Sigbjarnarson.

ÞAR SEM AÐ ALDREI Á GRJÓTI GRÁU

Grjótin við Dettifoss og víðar við Jökulsá á Fjöllum hafa löngum vakið athygli lærðra sem leikra, samanber þessi fleygu orð Kristjáns Fjallaskálds. Upprifnar klappir og grjótdreif eru einmitt eitt af einkennum stórra hlaupfarvega (mynd 5). Pálmi Hannesson (1958) getur um flóðfarvegi við Jökulsá og Sigurður Þórarinsson (1950, 1959 og 1960) gerir grein fyrir því, að jökulhlaup hafi verið þar til. Sigurður færir fyrstur jarðvísindamanna sönnur á, að Ásbyrgi sé grafið af Jökulsá ásamt mörgum fleiri náttúrusmíðum þar um slóðir.

Árið 1973 skrifaði Haukur Tómasson svo greina "Hamfarahlaup í Jökulsá á Fjöllum" í Náttúrufræðinginn. Þar vísar hann til samstarfs okkar við rannsóknir á þeim. Hann getur þess, að ég muni síðar gefa nánari lýsingu á flóðfarvegum og fleiri atriðum. Allt frá því að Haukur kom fram með hugmynd sína um hamfarahlaup í Jökulsá sex árum áður en greinin birtist höfðum við á hverju ári stöðugt unnið eitthvað að gagnasöfnun til stuðnings þessari stórslegnu kenningu hans. Ég hef ekki efast um hamfarahlaup allt frá því við Haukur, ásamt nokkrum verkfræðingum frá stofu Sigurðar Thoroddsen fylgdum Jökulsá á Fjöllum frá upptökum til ósa sumarið 1967.

Kenningin um hamfarahlaup í Jökulsá varð strax kunnug meðal jarðvísindamanna. Þeir Kristján Sæmundsson (1973) og Sigurvin Elíasson (1974 og 1978) skrifuðu greinar um rannsóknir, sem þeir höfðu gert í ljósi þessara kenningu, bæði við Ásbyrgi og í Jökulsárgljúfrum og nágrenni. Þeir bættu báðir verulega við fyrri þekkingu.

Haukur Tómasson (1973) reiknaði með einu megin hamfarahlaupi, þó að hann útilokaði ekki annað eldra. Sömu sögu er að segja um Kristján Sæmundsson (1973), nema hann reiknaði með eldra hlaupinu stærra. Sigurvin Elíasson (1978) færði sönnur á að hamfarahlaupin hefðu verið þrjú, þ.e. eitt (um 2000 ára) yngra en öskulagið H_3 , eitt (um 3000 ára) á milli öskulaganna H_3 og H_4 og eitt (um 4600) á milli öskulaganna H_4 og H_5 .

Sjálfur tók ég tvö ófullkomín öskulagasníð í Bægistaðamýri sunnan Lambafells (mynd 10). Þar háttar þannig til að hamfarahlaupin hafa farið inn á mýrina, þegar þau höfðu náð vissri hæð, og skilið þar eftir sig ótvíráð ummerki. Ég var aðeins með handskóflu til að grafa þessi snið og mér tókst ekki að grafa þau dýpra, en teikningin á mynd 8 sýnir, vegna þess, hve flóðsetið hefur harðnað í mýrinni.

Í sniðunum Df-4 og Df-5 á mynd 8 kemur í ljós, að hamfarahlaupin á milli öskulaganna H_3 og H_4 hafa örugglega verið tvö og þó líklegar þrjú, samkvæmt Df-4. Sigurvin (1978) gerði þar ekki ráð fyrir nema einu hlaupi, svo að þar bætast eitt til tvö við. Sniðið Df-4, sem nær nærrí því 1 m niður fyrir öskulagið H_4 , gefur vísbindingu um, að hamfarahlaupin á milli H_4 og H_5 kunni einnig hafa verið fleiri en eitt. Bætist þá a.m.k. fimmata hlaupið við. Vissulega má kortleggja tiðni og stærð hlaupanna með því að vélgrafa jarðvegssníð í þessari mýri og á fleiri stöðum við svipaðar aðstæður.

Tímabili hamfarahlaupanna í Jökulsá, 5 að tölum eða jafnvæl fleiri, virðist hafa lokið fyrir um það bil 2000 árum og hafist fyrir nær 5000 árum samkvæmt athugunum Sigurvins Elíassonar (1978), en þau gætu hafa hafist fyrr. Ég hef unnið að rannsóknnum á jarðlagaskipan við ofanverða Jökulsá (Guttormur Sigbjarnarson 1988). Hin mikla hraunlagasyrpa, sem ég hef nefnt Krepputunguhraun og fylgir farvegi Jökulsár frá upptökum og

allt niður að Herðubreið, virðist hafa runnið fyrir daga hamfarahlaupanna. Ég hef talið þá hraunlagasyrpu 6000-9000 ára gamla, þó að sá aldur sé tilgáta að verulegu leyti.

Hvaða sérstaða var ríkjandi, þegar hamfarahlaupin komu í Jökulsá, þ.e. frá því fyrir um 2000 árum síðan til um það bil fyrir 5000-6000 árum síðan? Jú, samkvæmt öllum loftslags- og jöklarannsóknum á Nútfíma var þetta tímabilið, þegar jöklar voru í lágmarki. Dalurinn sem Dyngjujökull liggur nú í (Jón Eyþórsson 1951) var þá sennilega jökulvana með stöðuvatni í með sína jökkukrýndu eldkeiluna á hverja hlið, Kverkfjöll, Grímsvötn og Bárðarbungu. Gos í hverri þeirra sem væri mun hafa verið tilsvarandi Kötlugosi í Mýrdalsjökli í dag með hliðstæðum eðju- og aurhlaupum til Jökulsá, svo framarlega sem þau voru á vatnsviði hennar. Stöðuvatnið í Dyngjujökulsdalnum magnaði upp vatnsflaum eðjuhlaupanna.

Farvegir hamfarahlaupanna koma undan Dyngjujökli. Hlaupfarvegir frá norðurhluta Kverkfjalla sýna aðeins minni hlaup. Hins vegar er allur syðri hluti þeirra jöklar hulinn og þar á meðal syðri askjan, svo að það er ekkert sýnilegt sem mælir á móti uppruna þeirra þaðan, þó að böndin berist ekki síður að Grímsvatna- eða Bárðarbunguelde- keilunum.

Við kynni mín og athuganir á hlaupum hef ég sannfærst betur og betur um, að Kötluhlaup eru í eðli sínu eðju- og aurhlaup, eins og önnur gos-hlaup, sem ekki þurfa að fara mjög langa leið undir jöklum. Sömu sögu er að segja um hamfarahlaupin í Jökulsá. Þau hafa verið gos-hlaup, þ.e. eðju- og aurhlaup. Vatnsmagnið í eðjuhlaupum þarf ekki að vera nema brot af því, sem er í venjulegu hlaupi frá jöklstífluðu vatni, til að ná sömu hæð og áhrifum. Ég tel því enga ástæðu til að álíta, að hamfarahlaupin í Jökulsá á Fjöllum hafi verið mikil meiri né stærri, heldur en stærstu gos-hlaupin frá Kötu og Grímsvötnum á undangengnum oldum.

HLAUPFARVEGIRNIR VIÐ JÖKULSÁ

Hlaupfarvegirnir á mynd 7 eru dregnir upp eftir flugljósmyndum, þar sem ystu sjáanleg flóðmörk voru notuð sem ytri mörk þeirra. Breidd farveg-

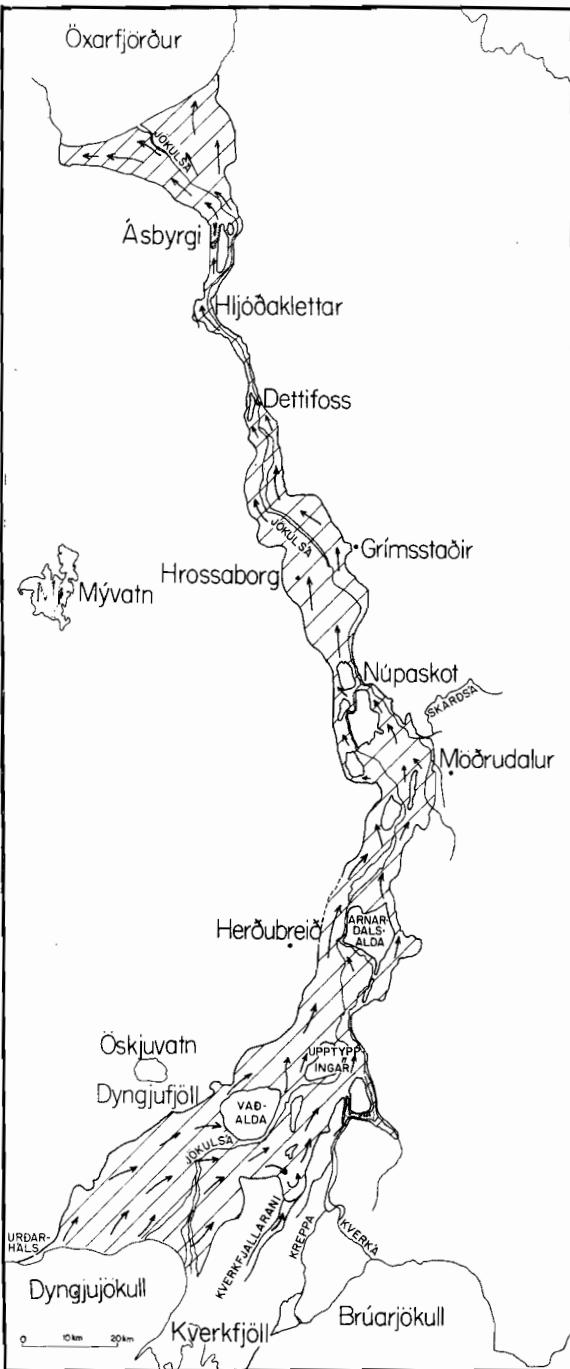
anna er frá um 1 km og allt að 35 km og þekja þeir um 200 km² svæði.

Hamfarahlaupin í Jökulsá virðast öll hafa komið niður þann hinn mikla dal, sem Dyngjujökull liggur nú í. Þau hafa flæmst um alla aurana á milli Urðarháls og Kverkfjallarana allt upp að suðurhlíðum Dyngjujalla. Mynd 7 sýnir hlaupfarvegi niður Hraundal í Kverkfjallarana, en þeir farvegir eru eftir minni hlaup frá norðanverðum Kverkfjöllum. Hins vegar hafa hraunsundin á milli Kverkfjallarana og Vaðoldu þrengt að hamfarahlaupunum undan Dyngjujökli, svo að straumþunginn þar hefur rifið hraunin verulega upp. Þau brutust fyrir norðurenda Kverkfjallarana og yfir í Lindána frá Hvannalindum, þar sem farvegir þeirra mæta hlaupfarvegunum frá Hraundal.

Hér gefst aðeins rúm að stikla á allra stærstu at-riðunum um hamfarahlaupafarvegina norður með Jökulsá, eins og þeir eru sýndir á mynd 7. Smákvíslar úr hamfarahlaupunum skoluðu yfir hraunin norðan Vaðoldu, en allur meginflaumurinn æddi norðaustur í Krepputungu og klofnaði um Upp-typpinga. Þar óx hallinn nokkuð, svo að gífurlegur giljagröftur varð beggja vegna þeirra.

Farvegur Arnardalsár austan við Arnardalsöldu ber það með sér, að drjúgar kvíslar úr hamfarahlaupunum brutust þar í gegn. Norðan Arnardalsöldu tekur við tiltölulega flatt land, þar sem hamfarahlaupin breiddu úr sér allt upp undir tún í Möðrudal. Lindahraunið við Herðubreið er yngra en yngsta þeirra, þ.e. innan við 2000 ára gamalt. Aftur þrengdi að hlaupfarvegum við Lambafjöll og fellin á vesturbakka Jökulsá, þar sem hamfarahlaupin fóru alls staðar á milli þeirra. Hlaupkvíslarnar, sem runnu fram hjá Kjalfelli og upp undir Möðrudal, fylgdu Skarðsárfarveginum niður í Núpaskot, þar sem þær brutust aftur út í Jökulsá. Norðan við Núpaskot rýmkaðist mjög um alla hlaupfarvegi, þar sem þeir flæmdust nú um tiltölulega flatt land. Þau rifu á leið sinni utan úr Hrossaborg, Lindhöfða og fleiri hæðum og hólum, sem upp úr stóðu.

Teikningin á mynd 9 sýnir, að hamfarahlaupafarvegirnir fóru að dragast saman niður undir upptökum Jökulsárgljúfra í einn meginstreng neðan við Hafragil (mynd 5).



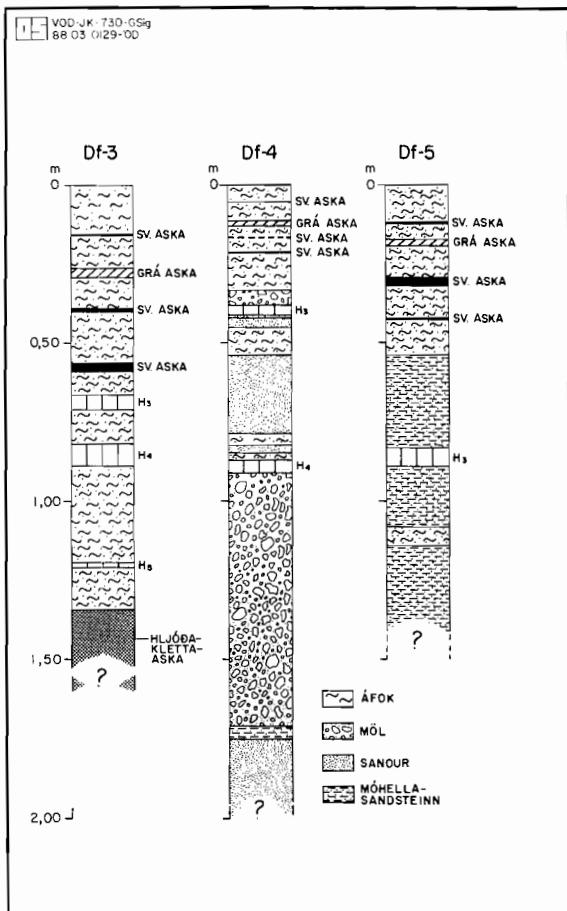
MYND 7. Flóðmörk hamfarahlaupa við Jökulsá á Fjöllum frá Dyngjujökli í Öxarfjörð.

Á mynd 9 sést einnig, að innri gljúfrin neðan stærstu fossanna eru mun þrengri, heldur en aðalgljúfrin. Álycta má, að fossarnir hafi grafið þrengri gljúfrin eftir síðasta hamfarahlaup fyrir um það bil 2000 árum. Á þessum tíma hefur Hafra-gilsfoss grafið sig til baka um 400 m, Dettifoss um 600 m og Selfoss um 300 m. Samkvæmt þessu grefur Dettifoss sig að meðaltali til baka um það bil 30 sm á ári og nálgast Selfoss um helminginn af því. Það er því ekki að undra, þó miklar breytingar sjáist á einni mannsæfi.

Rofmáttur hamfarahlaupanna margfaldaðist við það, að hlaupfarvegirnir drögust saman og halli þeirra óx (Haukur Tómasson 1973). Þetta skeði í Jökulsárgljúfrum (mynd 9) og þau grófust mjög hratt. Neðar í gljúfrunum við Vígaberg og Hólmatungur, þegar rýmkaði um þau, óx þeim ásmegin, svo að hér voru þau tilbúin að kóróna sköpunarverk sitt með meitlun Hljóðakletta og Ásbyrgis.

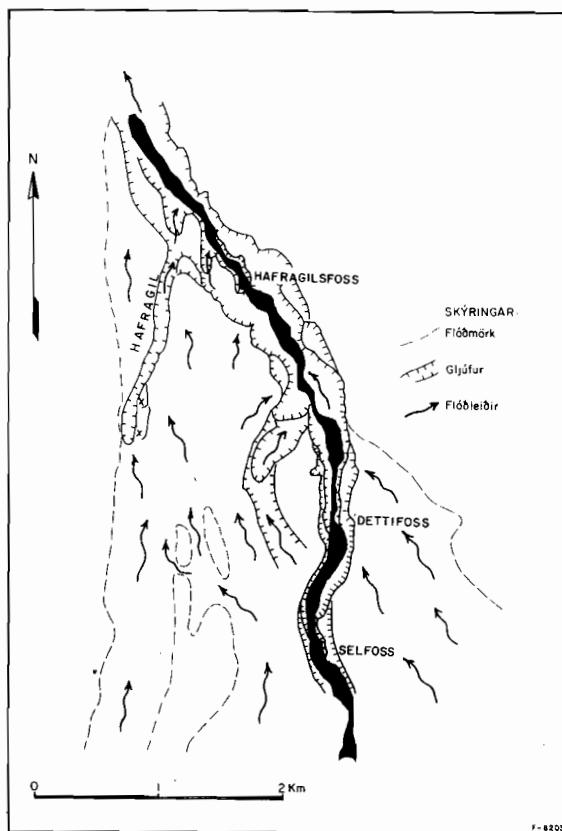
ÚR SÖGU ÁSBYRGIS OG HLJÓÐAKLETTA

Mynd 10 sýnir farvegi hamfarahlaupanna er skópu Ásbyrgi, en auk þeirra tóku jökulvötn og gjármyndanir í tengslum við Hljóðaklettagosið virkan þátt í myndun þess. Kristján Sæmundsson (1973) sýnir fram á, að Ásbyrgi er grafið í dyngju-hraunasyrpuna frá Stóra-Vít, og færir sterkt rök fyrir því, að hún hafi runnið nálægt lokum síðasta jökluskeiðs, þannig að hún er ekki jöklusorfin, nema hvað jökkull skreið fram á brún hennar í Svínadal. Jaðarmyndanir þessa jökulsporðs eru sýndar á mynd 10. Þessi jökkull hefur skriðið frá suðaustri og austri niður í Svínadal, er sést meðal annars á því, að suðurjaðar jöklultungunnar hefur lagst upp að norðurhlíðum Grjótháls. Þaðan liggja jökulvatnafarvegir við jökkuljaðarmyndanirnar til norðurs á vesturbrún Svínadals allt norður fyrir Rauðhóla og að Kvíum. Þaðan hafa jökulvötnin á þessum tíma fallið til Ásbyrgis og vafalitið byrjað að grafa þar út gil og gljúfur. Allar líkur benda til, að Jökkulsá hafi leitað í núverandi farveg sinn fram hjá Landabæjum, þegar jökkullinn hopaði úr Svínadal, og hætt við það að renna um Ásbyrgi nema í hlaupum.



MYND 8. Þrjú jarðvegssnið austan Jökulsárgljúfra gegnt Rauðhólum, sbr. mynd 10. Sniðið Df 3 er ofan hæstu flóðmarka, en sniðin Df 4 og Df 5 eru tekin í Bægistaðamýri, sem hamfarahlaupin hafa flætt upp í.

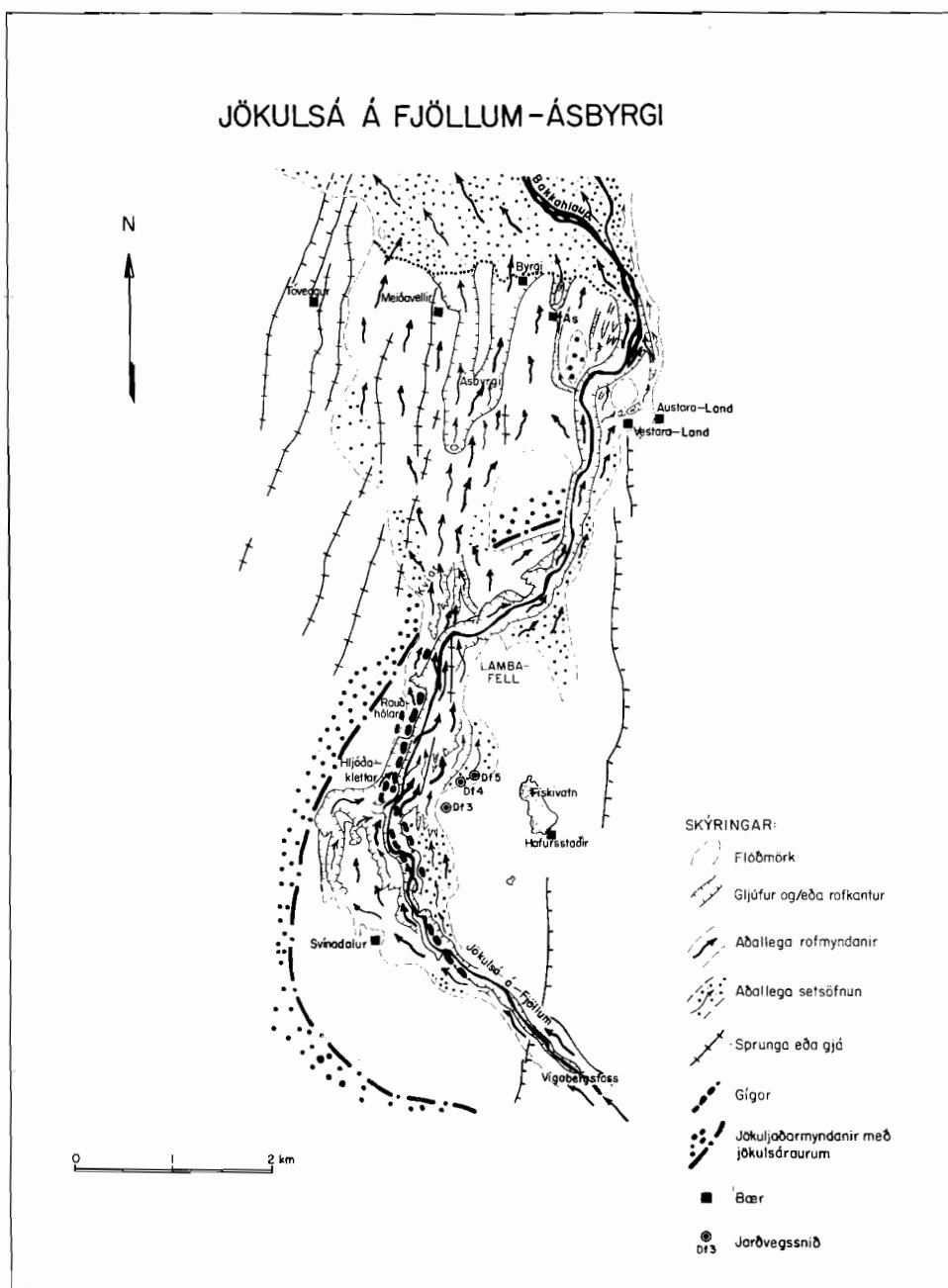
EKKI FÉKK þó Jöklusá lengi frið til að þróa þar farveg sinn. Skömmu síðar hófst gos á um 3500 m langri norðlægri sprungu í botni Svínadals, sem stefnir nyrst í áttina til Ásbyrgis. Sigurvin Elíasson (1974) hefur gert ístarlega grein fyrir útbreiðslu hraunleyfa frá þessu gosi, en síðari hamfarahlaup í Jöklusá hafa skapað úr þeim og gígum þess slíkt hraundrangaverk í Jökulsárgljúfrum, að hliðstæða



MYND 9. Dettifoss gljúfur. Teikningin sýnir meginflóðleiðir hamfarahlaupanna og hvernig þau dragast saman í einn farveg norðan við Hafragilsfoss, samanber mynd 5.

mun vart finnast. Hljóðaklettar eru hluti þessarar náttúrusmiðar, en norðan þeirra liggja gígarnir Rauðhólar, sem hlaupin hafa hlift. Þeir eru þögull vitnisburður um, hvernig Hljóðaklettar og gíg-sprungan liti út, hefði Jöklusá látið þá í friði. Hljóðaklettagosinu fylgdi sigdalsmyndun til norðurs, svipað því sem fylgir öðrum gosum á þessum slóðum. Sigdalurinn með tilheyrandi gjám og sprungumyndunum lá til Ásbyrgis. Þar auðvelduðu og stjórnuðu sprungur greftri byrgisins (mynd 10).

JÖKULSÁ Á FJÖLLUM-ÁSBYRGÍ



MYND 10. Hamfarahlaupafarvegir við Jökulsá á Fjöllum um Svínadal, Hljóðakletta og Ásbyrgi. Einnig sýnir myndin legu jökultungunnar í Svínadal, er hóf myndun Ásbyrgis, en þróun þess er nánara lýst í text

Sigurvin (1974) ályktaði með aðstoð öskulaga, að Hljóðaklettagosið sé um 9000 ára gamalt. Á mynd 8 er sýnt öskulagasniðið Df-3, sem ég mældi á austurbakka Jökulsár við Engjaholt gegnt Hljóðaklettum, en það nær ekki niður úr öskunni. Ég hef fundið á a.m.k. tveim stöðum, að askan og gjallið frá því gosi hefur fallið beint á jökulmelinn, en síðar hafi áfoksjarðvegur tekið að safnast þar ofan á. Það sýnir að Hljóðaklettagosið verður mjög skömmu eftir að land varð þarna örísa. Aldursákvörðun Sigurvins (1974) er því rétt, nema hvað aldur þess gæti verið aðeins meiri en 9000 ár.

Sigurvin Elíasson (1978) rakti nokkuð með aðstoð öskulaga þróunarsögu hamfarahlaupanna á þessum slóðum. Hér verður ekki farið nánar út fá sálma, heldur vísað til hans ágætu greinar, nema hvað hlaupin voru tveimur og e.t.v. nokkrum fleiri, heldur en hann gerði ráð fyrir.

Í grein sinni "Jökulhlaup og eldgos á jökulvatnssvæði Jökulsár á Fjöllum" gerði Sigurður Þórarinson (1950) grein fyrir jökulhlaupum þar á sögulegum tíma. Þau virðast öll hafa verið mikil minni í sniðum, heldur en hin forsögulegu hamfarahlaup. Ekkert verður fullyrt um það hér, hvort uppruni þeirra var hinn sami. Sigurður hallaðist þó fremur að Grímsvatnasvæðinu, heldur en Kverkfjöllum og reyndar kom hlaupið árið 1684 bæði í Skeiðará og Jökulsá á Fjöllum, og vísir að hlaupi kom í Jökuslá árið 1938. Stærðar- og útlitsmunur á forsögulegu hamfarahlaupunum og hinum sögulegu hlaupum getur hæglega stafað fyrst og fremst af því, að aðstæður í norðanverðum Vatnajökli hafa gjörbreyst eftir loftlagskólnunina fyrir um 2500 árum síðan. Þó að Grímsvatnasvæðið sé líklegur upprunastaður hlaupanna í Jökulsá, eins og Sigurður (1950) dró líkur að, þá vil ég enn fremur benda á Bárðarbungu, sem einnig hefur verið mjög virk megineldstöð, samanber allar unglegu gossprungurnar á sprungusveim hennar, Dyngjuhálsi.

LOKAORD

Helstu niðurstöður þessara hugleiðinga um hlaup eru þær, að mjög mikil hlaupáhætta fylgir allri eldvirkni á megineldstöðum, sérstaklega á því æfiskeiði þeirra, þegar þær rísa upp yfir umhverfi

sitt sem eldkeilur. Jökulhettur og jökulhvel þeirra magna áhættunar og einnig jökuljaðarlón eða stöðuvötn. Eðju-, aur- og gusthlaup geta þó myndast úr gosefnunum sjálfum, þ.e. vatni og gosgufum, sem koma upp úr gígnum. Þess vegna er full ástæða til að líta á allar megineldstöðvar, sem áhættusvæði um goshlaup.

Hér gefst ekki svigrúm til að lýsa íslensku megineldstöðvarnar, heldur læt ég nægja að nefna auk Kverkfjalla, Bárðarbungu og Grímsvatnsvæðisins, eldstöðvarnar í Kötlu, Heklu, Snæfellsjökli, Dyngjujöllum, Kröflu, Öræfajökli, Tindfjallajökli og jafnvel í Höfsjökli. Allar þessar eldstöðvar og fleiri til eru hættusvæði með tilliti til hlaupa.

Hlaupin eru í eðli sínu ávallt mjög hættuleg og gjöreyðandi fyrir allt sem á vegi þeirra verður, enda hafa þau bæði veitt Íslendingum og mörgum öðrum þungar búsfjar. Þau eru ekki aðeins hættuleg lífi manna og dýra, heldur geta þau verið gjöreyðandi afl öllum mannvirkjum, smáum og stórum, er þau ná til, ásamt öðrum náttúruverðmætum.

Pekking á hlaupum og hlaupaáhættum er því eitt af lykilatriðum við staðarval og hönnun mannvirkja svo sem brúa, virkjana og uppistöðulóna, svo og við skipulag byggða og bæja.

Áhættuna má kortleggja eftir sögulegum heimildum, en þó fyrst og fremst með nákvæmri vísindalegri jarðlagarannsókn, eins og þau Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson (1985) unnu um "Víkurhlaup í Heklugosum", sem er þó langt í frá að vera tæmandi hvað Heklu viðvíkur, þar sem rannsóknin nær aðeins til ákveðinna hlaupa. Hlaupaáhættuna við hverju svæði verður að finna, með því að rannsaka útbreiðslu og tíðni allra hlaupfyrirbæra og kortleggja þau. Þá fyrst er hægt að meta áhættuna við mannvirkjagerð í hverju tilfelli og bera hana saman frá einum stað til annars.

Hér á landi er áhættan af hlaupum vissulega til staðar við flestöll vatnsföll, en mjög er hún mismikil, bæði hvað stærð þeirra og tíðni viðvíkur. Það ætti að vera ein af grundvallarreglum við áætlanagerð um nýtingu íslenskra fallvatna, að það liggi fyrir nákvæm rannsókn á hlaupaáhættum, til

þess að unnt sé að bera þær saman við staðarval virkjanastaða. Þessum þætti rannsókna hefur því miður ekki verið nægilega sinnt fram til þessa, í þessu landi elds og ísa. Það er því ærin ástæða til að bæta þar um á allra næstu árum.

HEIMILDIR

- Árni Böðvarsson, ritstjóri, 1983: *Íslensk orðabók*, bls. 379-380.
Menningarsjóður, Reykjavík.
- Árni Hjartarson, 1985: Sjá Elsa G. Vilmundardóttir.
- Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson, 1985: Vikurhlaup í Heklugosum. *Náttúrufræðingurinn* 54, 1:17-30.
- Guðmundur Kjartansson 1951: The Eruption of Hekla 1947-48, II.4. Water Flood and Mud Flows. *Vtindafélag Íslands*, 60 bls.
- Guðmundur Kjartansson, 1967: Steinsholtshlaupið 15. janúar 1967. *Náttúrufræðingurinn* 37, 3-4: 120-169.
- 1967: The changing Level of Hagavatn and glacial recession in this century. *Jökull* 17: 263-279.
- Guttormur Sigbjarnarson, 1973: Katla and Askja. *Jökull* 23: 45-51.
- Guttormur Sigbjarnarson, 1981: *Gosið í St. Helens árið 1980*. Fjöldituð skýrsla, 19 bls. Orkustofnun.
- Guttormur Sigbjarnarson, 1988: *Krepputunga og Brúardalir*. OS 88038/VOD-06. Orkustofnun.
- Haukur Tómasson, 1973: Hamfarahlaup í Jökulsá á Fjöllum. *Náttúrufræðingurinn* 43, 1-2: 12-33.
- Helgi Björnsson, 1974: Explanation of Jökulhlaups from Grímsvötn, Vatnajökull, Iceland. *Jökull* 24: 1-26.
- Helgi Björnsson, 1975: Subglacial water reservoirs, jökulhlaup and volcanic eruptions. *Jökull* 25: 1-14.
- Helgi Björnsson, 1976: Marginal and Supraglacial Lakes in Iceland. *Jökull* 26: 40-51.
- Helgi Björnsson, 1979: Glaciers in Iceland. *Jökull* 26: 74-80.
- Jón Eyþórsson, 1945: Um Kötlugjá og Mýrdalsjökul. *Náttúrufræðingurinn* 15, 4: 145-174.
- Jón Eyþórsson, 1952: Landið undir Vatnajökli: *Jökull* 2: 1-4.
- Jón Jónsson, 1982: Notes on the Katla Volcanological Debris Flows. *Jökull* 32: 61-68.
- Kristján Sæmundsson, 1973: Straumrákaðar klappir í kringum Ásbyrgi. *Náttúrufræðingurinn* 43, 1-2: 52-60.
- Oddur Sigurðsson, 1975: *Ágrip af jarðsögu Jökulsárgljúfra*. Sjá Theódór Gunnlaugsson.
- Ólafur Jónsson, 1957: *Skríðuföll og Snjóflóð I*, 586 bls. Akureyri.
- Pálmi Hannesson, 1958: Á Brúaröræfum. *Úr óbyggðum*: 104-173. Reykjavík.
- Sigurður Þórarinsson, 1939: The Ice-dammed Lakes of Iceland. *Geografiska Annaler* 21: 216-242.
- Sigurður Þórarinsson, 1950: Jökulhlaup og eldos á jökulvatnsvæði Jökulsár á Fjöllum. *Náttúrufræðingurinn* 20: 113-133.
- Sigurður Þórarinsson, 1954: Sér frá Þjóðvegi III. *Náttúrufræðingurinn* I "24,"1: 7-15.
- Sigurður Þórarinsson, 1957: The Jökulhlaup from Katla Area 1955 compared with other Jökulhlaup in Iceland. *Jökull* 7: 21-25.
- Sigurður Þórarinsson, 1958: The Öræfajökull Eruption of 1362. *Acta Naturalia Islandica*. Vol. II. No. 2, 99 bls.
- Sigurður Þórarinsson, 1959: Some Geological Problems Involved in the Hydro-Electric Development of the Jökulsá á Fjöllum, Iceland, 35 bls. Fjöldituð skýrsla. Raforkumálaskrifstofan.
- Sigurður Þórarinsson, 1960: Der Jökulsá-Canyon und Ásbyrgi. Petermanns Geographische Mitteilungen 104: 154-162.
- Sigurður Þórarinsson, 1968: *Hekluðar*, 202 bls. Reykjavík.
- Sigurður Þórarinsson, 1974: Vötnin stríð. *Saga Skeiðarárhlaupa og Grímsvatnagosa*, 254 bls. Reykjavík.
- Sigurður Þórarinsson og Sigurjón Rist, 1955: Rannsókn á Kötlu og Kötluhlaupi sumarið 1955. *Jökull* 5: 43-46.
- Sigurjón Rist, 1955: Sjá Sigurður Þórarinsson.
- Sigurjón Rist, 1967: Jökulhlaups from the Ice Cover of Mýrdalsjökull on June 25, 1955 and January 20, 1956. *Jökull* 17: 243-248.
- Sigurvin Eliasson, 1974: Eldsumbrot í Jökulsárgljúfrum. *Náttúrufræðingurinn* 44, 1: 52-70.
- Sigurvin Eliasson, 1978: Molar um Jökulsárhlaup og Ásbyrgi. *Náttúrufræðingurinn* 47, 3-4: 160-179.
- Trausti Einarsson, 1945: Origin of Basic Tuffs of Iceland. *Acta Naturalia Islandica*. Vol. I, 1.
- Trausti Einarsson, 1948: Hverfjall og Hrossaborg. *Náttúrufræðingurinn* 18, 3: 113-121.
- Trausti Einarsson, 1953: Athugasemdir við rannsókn Sigurðar Þórarinssonar á myndun Hverfjalls. *Náttúrufræðingurinn* 23: 151-169.
- Theódór Gunnlaugsson, 1975, Jökulsárgljúfur. *Íslenzkur undrheimur*, 112 bls. Akureyri.
- Þorvaldur Thoroddsen, 1913-15: *Ferðabók I-IV*. Reykjavík.

