



Veðurstofa Íslands Greinargerð

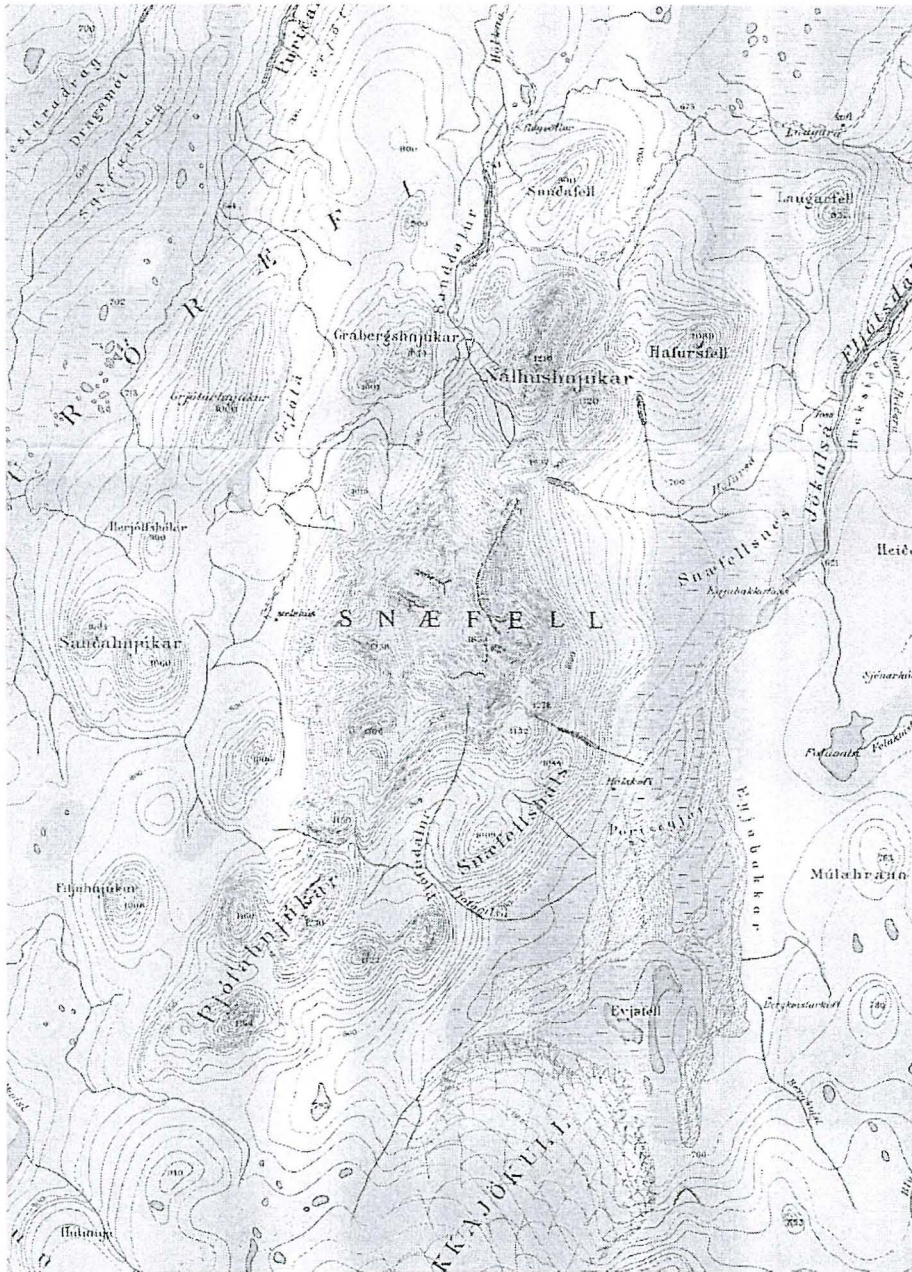
**Þorsteinn Sæmundsson
Sigurður Kiernan
Pálmi Erlendsson**

Grjóthrun í Snæfelli, þann 21. janúar 1998

**VÍ-G98022-ÚR018
Reykjavík
Júní 1998**

Inngangur

Þann 21. janúar 1998 átti sér stað grjóthrun úr norðausturhlíð Snæfells. Bergspilda losnaði frá efst í brún fjallsins og féll niður nokkur hundruð metra, þar sem hún skall í skriðuvæng. Hrúnið vakti mikla athygli almennings og ekki síst fjölmiðla þar sem að talsvert stór brúnleit rák var sýnileg úr byggð, meðal annars frá Egilsstöðum. Menn voru ekki á eitt sáttir um eðli hrunsins, né hvenær það átti sér stað.



Mynd 1. Kort af Snæfelli og nánasta umhverfi (Landmælingar Íslands 1990).

Þriðjudaginn 27. janúar fóru starfsmenn Veðurstofunnar, þeir Pálmi Erlends-son, Sigurður H. Kiernan og Þorsteinn Sæmundsson að rótum Snæfells. Tilgangur far- arinnar var að meta tegund og stærð hrunsins og ná í gögn úr jarðskjálftamæli sem staðsettur er við Laugarfell, skammt frá Snæfelli. Vonast var til að gögn úr honum gætu gefið vísbendingu um hvenær hrúnið átti sér stað og hvernig slíkt hrún kemur fram á skjálftamælum.

Staðhættir

Fjallið Snæfell liggur við norðaustanverðan Vatnajökul, nánar tiltekið við norðaustanverðan Brúarjökul í Norður-Múlasýslu. Hæst rís toppur fjallsins í 1833 m, en hann er að mestu hulin jökulhettu. Austan við fjallið rennur Jökulsá á Fljótssdal undan Eyjarbakkajökli, en að vestanverðu rennur Jökulsá á Brú undan Brúarjökli, um Vesturöræfi.

Snæfell hefur oft verið nefnt drottning íslenskra fjalla enda er það, ásamt Örafajökli, hæsta fjall landsins utan Vatnajökuls. Mjög víðsýnt er af fjallinu um austanvert landið.

Snæfell er forn eldkeila sem staðsett er í fjallaklasa sem liggur í norður-suður stefnu (mynd 1). Syðst liggur Þjófahnjúkur en Sauðafell nyrst. Snæfell er talin vera lítil megineldstöð. Líparít er mjög áberandi í fjallinu. Skriðjöklar hafa grafið sig inn í hlíðar fjallsins á þrjá vegu. Þetta rof auðveldar mjög skoðun á innviðum fjallsins. Að austanverðu hefur rofið myndað nokkur hundruð metra hátt stál. Þar kemur fyrir svart gjallkennt efni að ofanverðu en rauðleitt efni að neðan (Oddur Sigurðsson persónulegar upplýsingar 1998). Aldur Snæfells er ekki þekktur en talið er að fjallið hafi verið virkt á ofanverðri ísöld. Fjallið hefur ekki bært á sér síðastliðin 10.000 ár og telst því útdautt eldfjall samkvæmt skilgreiningu.

Umfangsmiklar skriðukeilur eru víða við rætur Snæfells sem benda til mikilla skriðu- og hrunvirkni í hlíðum þess.

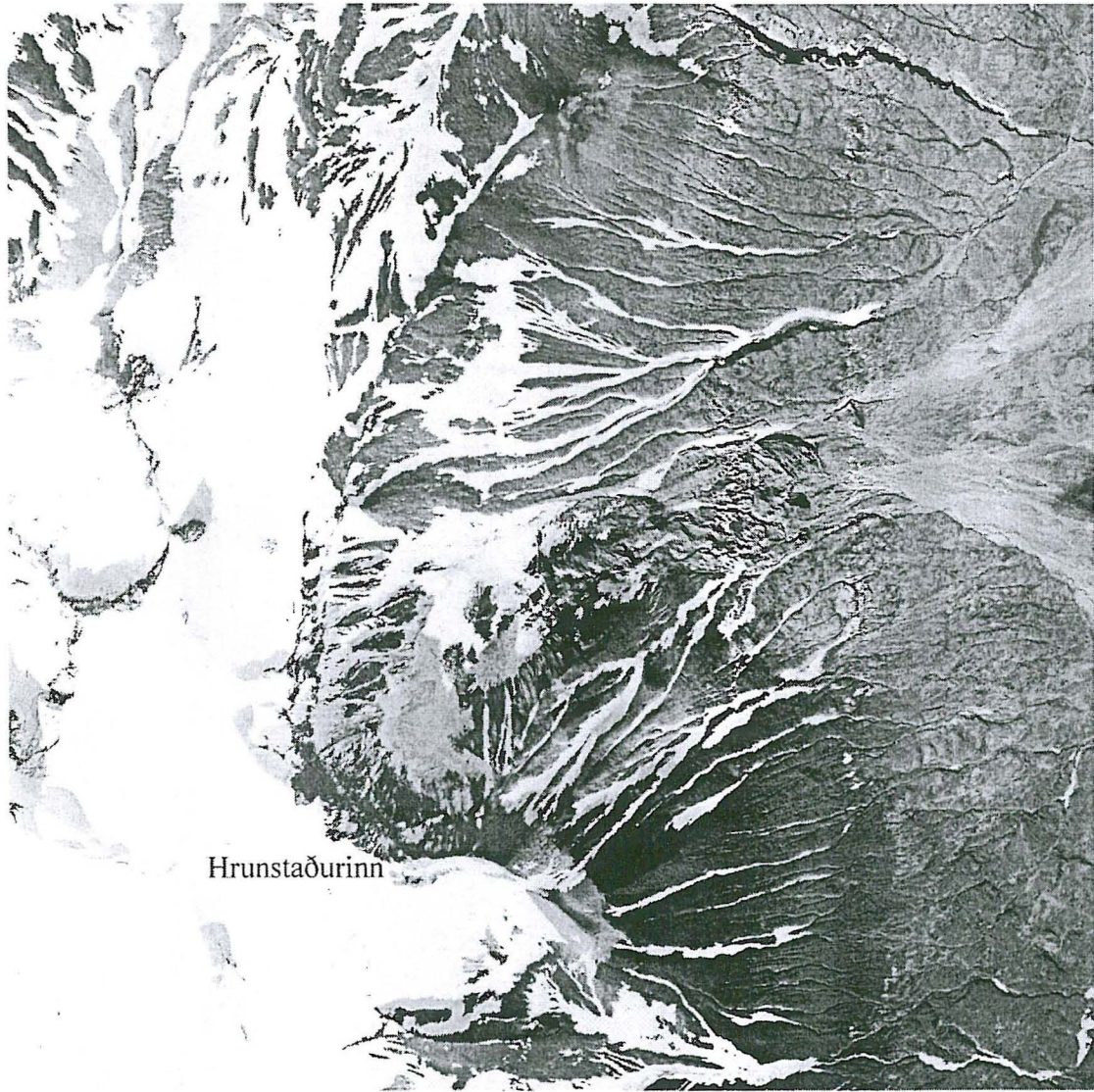
Hrunið átti sér stað í austanverðu Snæfelli. Þar hefur jökull grafið sig inn í hlíð fjallsins og myndað talsvert stóra skál (mynd 2). Skálin hefur verið nefnd Sótavistír (Helgi Hallgrímsson 1994). Hlíðar skálarinnar eru mjög brattar og háar að sunnan og vestanverðu.

Brotflötur og farvegur hrunsins

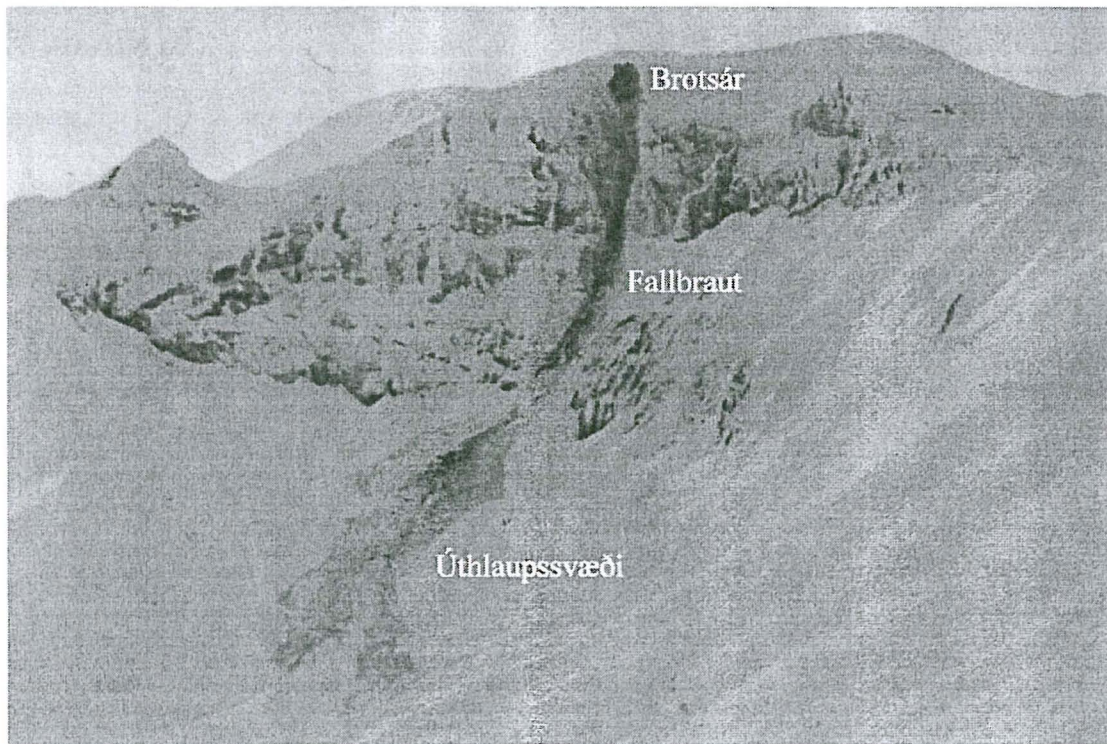
Ummerki hrunsins voru mjög greinileg, sem brúnleit rák frá efstu brún fjallsins og niður að í botn skálarinnar (mynd 3). Þessi ummerki sáust víða að og vöktu mikla athygli. Ekki voru menn á eitt sáttir um tímasetningu hrunsins, en mikið óverður var dagana áður en hrunsins varð vart.

Brotflötur hrunsins liggur í um 1800 metra hæð í efsta klettabeltinu í brún fjallsins. Halli klettabeltisins er nær lóðréttu eða um 87° . Brotflöturinn er um 36 m hár og um 32 m á breidd þar sem hann er breiðastur. Þetta gerir um 1000 m^2 brotflöt. Þykkt bergspildunnar er ekki þekkt og væru því allir rúmmálsútreikningar því hrein ágiskun. Bergspildan hrundi niður um 420 m áður en hún skall niður í skriðuvæng. Efstu 160 m klettabeltisins halla að jafnaði um 60° en neðri 260 m halla að jafnaði um 43° . Á úthlaupsvæðinu fyrir neðan klettabeltið er hallinn um 20° . Úthlaupssvæðið er um 1000 m langt og um 120 m breitt, þar sem það er breiðast. Stærstu grjóthnullungarnir mynda minni tungu sem er um 290 m að lengd.

Fínefnadreif var á mjög stóru svæði fyrir neðan megin setmyndunarsvæðið og er greinilegt að höggbylgja af völdum hrunsins hefur farið um mun stærra svæði í neðri hluta skálarinnar.



Mynd 2. Sótavistir í austanverðu Snæfelli. Hrunstaðurinn liggur efst í brún fjallsins í suðvestanverðri skálinni. Skálarjökull hefur grafið sig inn í austur hluta fjallsins og skilið eftir sig fallegar setmyndanir í botni skálarinnar. Norður er beint upp á myndinni (Landmælingar Íslands 1993).



Mynd 3. Ummerki hrunsins. Brotsárið liggur efst í brún fjallsins. Fallbrautin er um 420 m löng og þar fyrir neðan tekur við úthlaupssvæðið. (Ljósmynd. Þorsteinn Sæmundsson 27.01.1998).

Frostveðrun

Einn megin orsakavaldur grjóthruns hér á landi er frostveðrun, en frostveðrun er nefnt það ferli þar sem vatn frýs og þiðnar til skiptis. Vatn þenst út við kælingu niður fyrir frostmark og nemur sú rúmmálsaukning um 9%. Frjósi vatn í holrými, sem inniheldur meira en 91 % af vatni, þrýstir ísinn því á vegg holrýmisins. Við -5°C nemur þrýstingurinn um 60 N/mm^2 eða $60 \cdot 10^6\text{ Pa}$ og er mestur við -22°C um 220 N/mm^2 . Við það hitastig skiptir ísinn um kristalgerð og í stað þess að þenjast út dregst hann saman eins og önnur efni í samræmi við lækkandi hitastig. Vatn leitar inn í sprungur og holur í berginu og því holóttara og sprungnara sem það er, því meiri og örari verður frostveðrunin. Frostveðrun verður mest í veðráttu þar sem frost og þíða skiptast oft á. Slík veðrátta er mjög algeng hér á landi enda er frostveðrun mjög virkt ferli hér á landi. Frostveðrun vinnur misjafnlega á bergi og fer það eftir því gerð bergsins og hversu sprungið bergið er. Frost sprengir líparít aðallega eftir straumflöguninni, enda eru líparít fjöll venjulega hulin skriðu úr stórum og smáum flögum. Frostsprengingin er stórvirkari á hálandi en á láglendi.

Skjálftamælingar

Á Íslandi hafa verið starfræktir jarðskjálftamælar á vegum "Heita reits verkefnisins" síðan sumarið 1996. Verkefni þetta er samvinna Veðurstofu Íslands, Princeton háskóla í Bandaríkjunum og Durham háskóla í Englandi. Megin markmið þess er að rannsaka djúprerð Íslands, skorpuna og heita reitinn sem undir landinu er. Eins og sést hér á eftir nýtast gögnin þó til ýmissa fleiri hluta. Talið var nokkuð víst að einhver þessara mæla hafi numið hrunið og gæti leitt óbyggjandi í ljós hvenær grjóthrunið úr Snæfelli hefði átt sér stað. Næsti mælir við Snæfell er í um 14 km fjarlægð, staðsettur við Laugarfell norðan Snæfells. Aðrir mælar, sem möguleiki var á að sýndu grjóthrunið, eru á bænum Grund í Jökuldal (í um 40 km fjarlægð) og Setbergi í Fellahverfi (í um 73 km fjarlægð). Næsti mælir SIL kerfisins er á Grímsstöðum á fjöllum (í um 96 km fjarlægð).

Þann 20. janúar gekk slagveður yfir Ísland og torveldar það lestur skjálftalínurita þann dag, þar sem veðurhæð hefur veruleg áhrif á skjálftamæla. Titringur vegna grjóthruns, eða smárra skjálfta hverfur því algerlega í þann titring er veðrið veldur. Veðrið gekk niður að morgni þess 21.

Eftir myrkur þann 21. janúar, nánar tiltekið klukka 19:49, sjást greinileg merki um titring á mælinum í Laugarfelli. Mynd 4 sýnir samanburð á óróa er mælarnir í Laugarfelli og á Grímsstöðum á fjöllum skrá. Bakgrunnsórói (vegna t.d. veðurs) er yfirgnæfandi á Grímsstöðum, grjóthrunið sést því ekki.

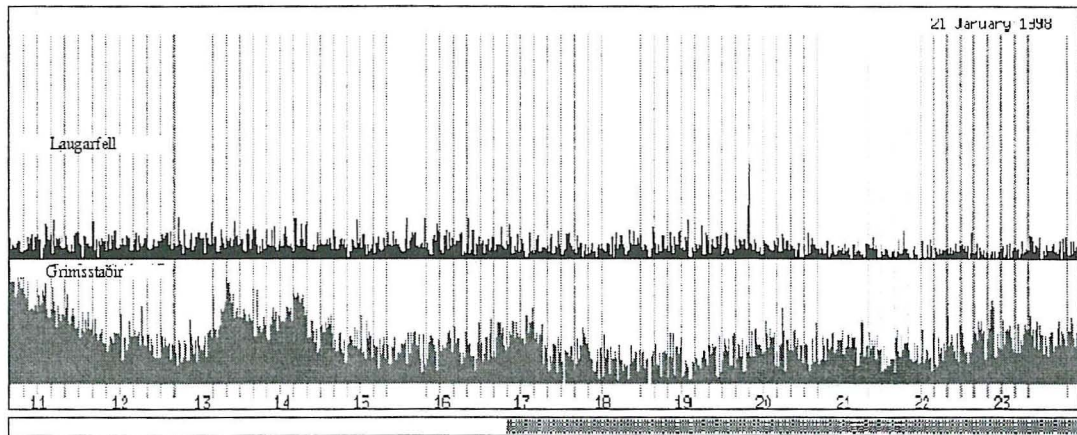
Á mynd 5 eru skjálftalínurit frá Laugarfelli, Grund og Setbergi. P og S bylgjur eru nokkuð skýrar á Laugarfells mælinum og með góðum vilja má lesa S bylgju á Grund og Setbergi. Mismunur á hraða P og S bylgnanna gerir okkur kleyft að meta fjarlægð frá mæli að atburði útfrá komutíma. Tímamismunurinn, 2-3 sekúndur milli P og S byligna á Laugarfelli, um 8-10 sekúndur milli meintra S byligna í Laugarfelli og á Grund og um 15 sekúndur milli meintra S byligna á Laugarfelli og Setbergi passar nokkuð vel við fjarlægð stöðvanna frá Snæfelli, sjá töflu 1.

Tafla 1

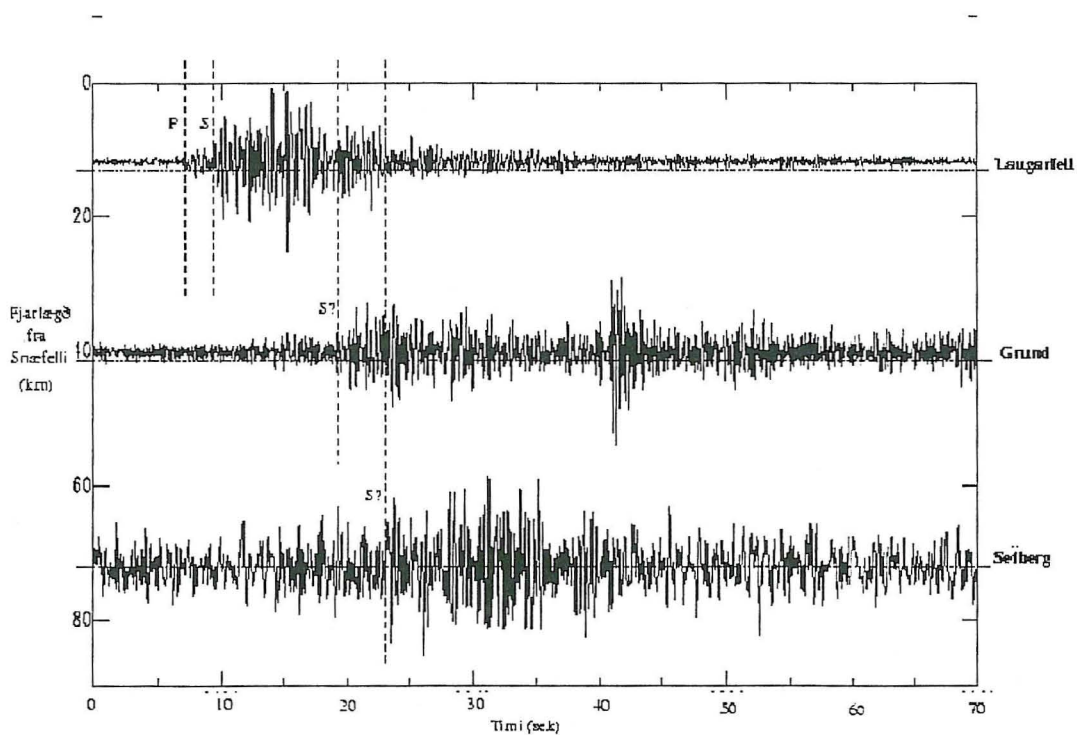
	Tímamunur	Fjarlægð frá stöð að atburði
P-S munur Laugarfelli	2-3 sek	14-20 km
S-S munur Laugarfell-Grund	8-10 sek	45-59 km
S-S munur Laugarfell-Setberg	15 sek	63-79 km

Út frá þeim litlu gögnum sem liggja fyrir er ómögulegt að meta þessa hluti af einhverri nákvæmni, aðeins verður um grófa áætlun að ræða. Sama gildir um mat á stærð atburðarins í samanburði við "venjulega" jarðskjálfta. Enginn mæla SIL kerfisins nemur þennan atburð en næsta slík stöð er í 96 km fjarlægð eins og kom fram hér á undan.

Mældur órói á Grímsstöðum á fjöllum gefur til kynna að hrunið í Snæfelli framkalli titring sem er minni en 1,5 stig að stærð en miðað við að atburðurinn er greinanlegur á stöðvum "Heita Reits Verkefnisins" í 41 og 73 km fjarlægð má gróflaga áætla stærð atburðarins um 1 stig.



Mynd 4. Mældur órói á mælunum við Laugarfell og á Grímsstöðum á fjöllum. Grjót-hrunið úr Snæfelli sést mjög skýrt klukkan 19:49 á Laugarfells mælinum, en kemur ekki fram á hinum (mynd unnin af Pálma Erlendssyni).

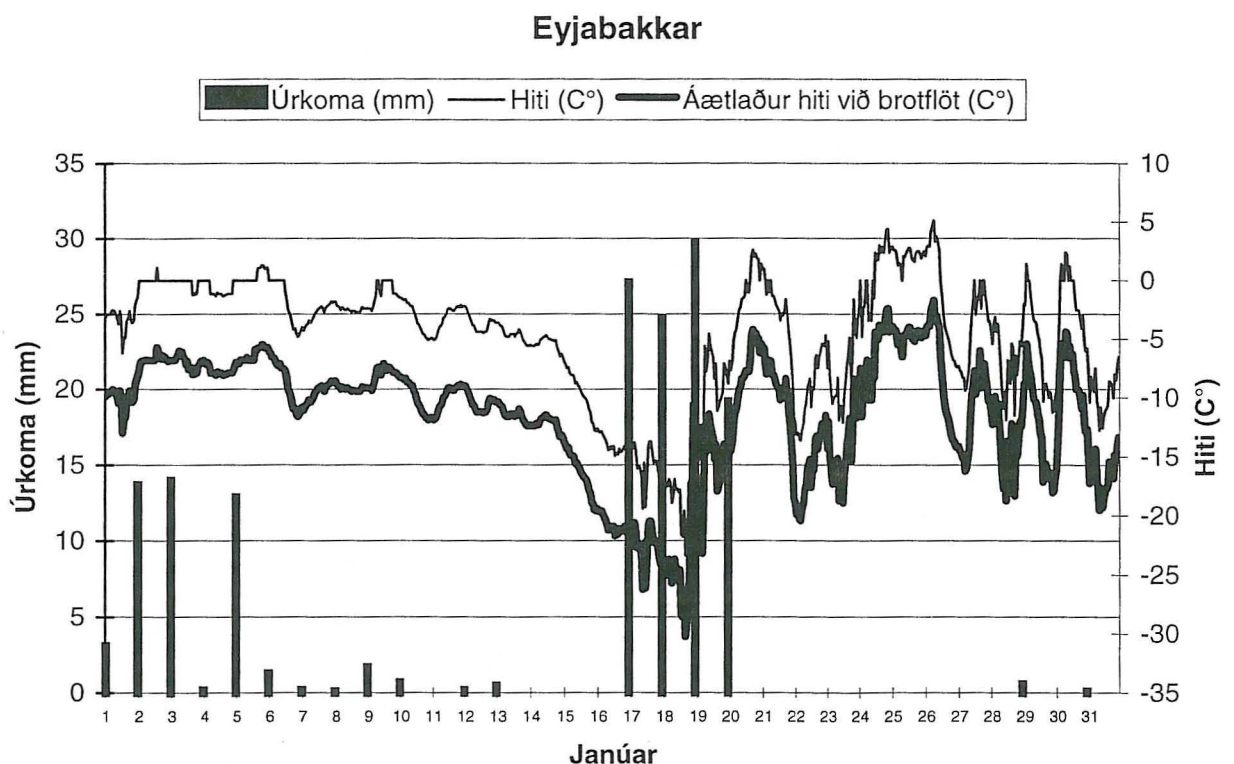


Mynd 5. Skjálftalínurit frá þremur mælum "Heita Reits Verkefni". Efst er línurit frá mæli sem staðsettur er norðan Laugarfells, línuritið í miðjunni er frá Grund í Jökuldal og neðsta línuritið er frá Setberg í Fellahverfi. Á myndina eru merktir komutímar P og S bylgna sem unnt er að greina. Óskýrir bylgjufasar eru merktir með spurningarmerki að auki (mynd unnin af Kristínu S. Vogfjörð).

Veðurfarslegur aðdragandi

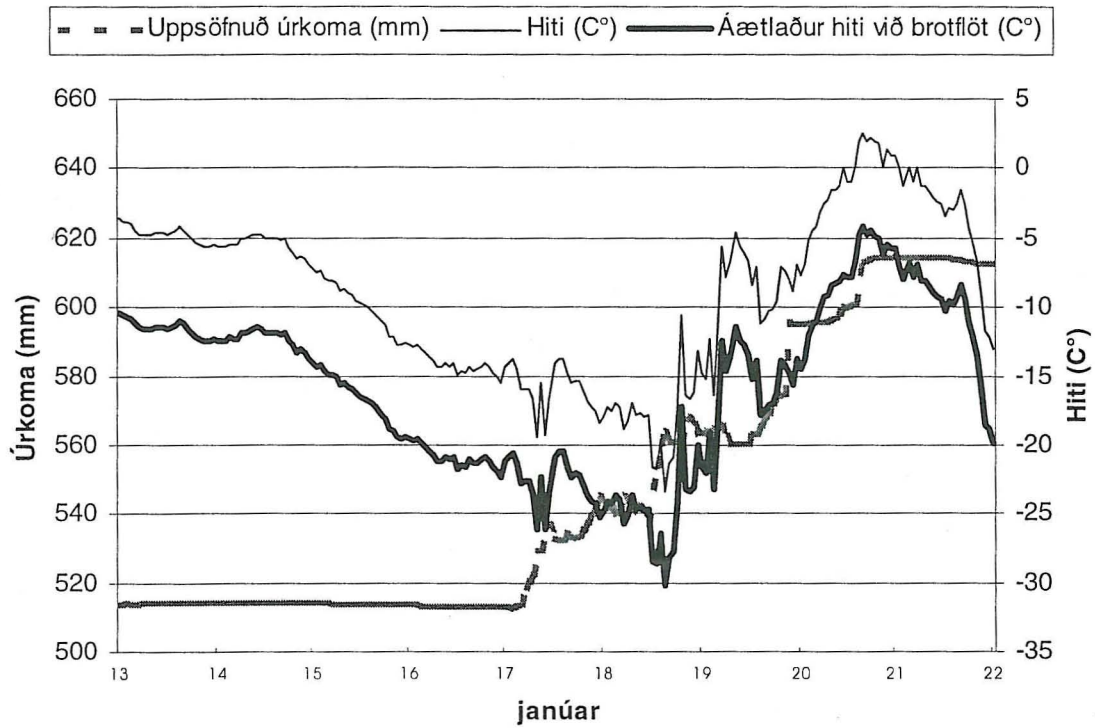
Veðurfar skiptir miklu máli í sambandi við grjóthrun og aurskriður, enda eru veður-sveiflur einn af aðal orsakavöldum slíkra atburða. Til glöggvunar á því hvað var að gerast í veðrinu dagana á undan hruninu var gögnum safnað frá veðurathugunarstöð-inni á Eyjabakka. Veðurstöðin er staðsett í 662 metra hæð yfir sjávarmáli austan við Snæfell. Þær hitatölur sem koma fram þar eru skiljanlega nokkuð hærri en var á toppi Snæfells þegar hrunið átti sér, enda er um 1200 m hæðarmunur þar á milli. Á mynd-um 6 til 8 koma fram úrkomu og hitasveiflur dagana fyrir hrunið. Á línuritunum koma fram úrkomumagn, hitastig og útreiknaður hiti á toppi Snæfells, reiknaður út frá land-hækkun. Að meðaltali lækkar hitastig um 0,6 °C við 100 metra hækkun, þannig að samkvæmt því ætti að vera 6,8 °C kaldara við brotflöt.

Nokkur úrkoma mældist í byrjun mánaðarins og var þá hitastig rétt undir frost-marki (mynd 6). Um 10. janúar fór síðan kólnandi og frá 17. til 20. janúar var hitastig milli -15 til -24°C og talsverð úrkoma mældist þá daga. Sú úrkoma hefur öll fallið í formi snjókomu. Samkvæmt útreikningi hefði hitastig á toppi Snæfells farið niður í um -30°C þann 19. (mynd 7). Frá þeim tímapunkti dró jafnt og þétt úr frostinu og um kl.16:00 þann 20. var hiti komin yfir frostmark á Eyjabökkum og um -5°C á toppi Snæfells (mynd 8).



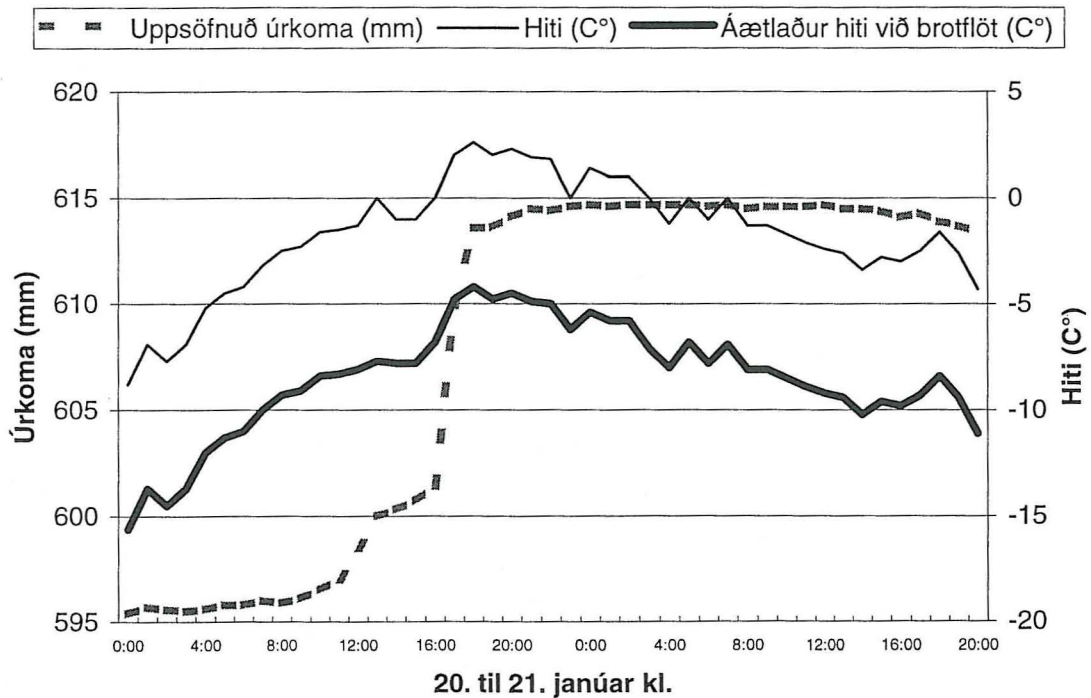
Mynd 5. Dagsúrkoma og hitastig við Eyjabakka og áætlaður hiti við brotflöt í janúar 1998.

Eyjarbakkar



Mynd 6. Úrkoma og hitastig við Eyjabakka 13. til 22. janúar 1998.

Eyjabakkar



Mynd 7. Úrkoma og hitastig við Eyjabakka 21. til 22. janúar 1998.

Lokaorð

Órói kom fram á jarðskjálftamæli við Laugarfell um klukkan 19:50 þann 21. janúar 1998. Ekki er ólíklegt að þessi órói hafi stafað af grjóthruninu sem varð í Snæfelli og má reyndar telja það nokkuð víst. Óróans gætti á nokkrum öðrum jarðskjálftamælum þar í grennd, en kom best fram á þeim mæli sem næstur er.

Öll jarðfræðileg ummerki í hlíðum Snæfells benta til mikillar hrunvirkni í fjallinu, sér í lagi má búast við mikilli virkni á þeim stað sem hrunið átti sér stað nú. Hlíðar skálarinnar eru mjög óstöðugar bæði vegna bratta, hæðar og berggerðar. Það sem hins vegar vakti hvað mesta athygli var hversu greinilega hrunið sást úr byggð. Greinilegt er að nokkur þúsund rúmmetrar af bergi hafi hrunið niður snarbrattan hamravegginn. Nokkur snjómagm var fyrir í klettunum og hefur grjótið líklega tekið snjó með sér í fallinu og myndað grjótblandað snjóflóð. Greinilegt er að mikil höggbylgja hefur myndast, því fínefnadreif var víða að sjá fyrir utan grjótdreifina.

En hvað orsakaði hrunið? Eins og áður hefur komið fram þá er líklegt að grjót-hrun sé mjög algengt á þessum stað, þó svo að menn taki ekki eftir því nema í einstaka tilfalli. Þó er vert að benda á að eins og kemur fram í umfjölluninni um frostveðrun þá verður hámarks útpensla á ís við um -22°C . Þessu hitastigi var náð á toppi Snæfells frá 17. til 19. þannig að orsökina getur vel verið sú þensla sem skapaðist þessar aðstæður hafi nægt til að hrunið átti sér stað. Ekki skal þó fullyrt að sú hafi verið raunin.

Heimildir

Helgi Hallgrímsson 1994: Fjallgöngur á Snæfell fyrr á tíð. Jökull 42, 65-72.
Oddur Sigurðsson 1998: Persónulegar upplýsingar um jarðfræði Snæfells.