

Jökullón í Vestari Kverkfjöllum, þróun og jökulhlaupahætta

Magnús Tumi Guðmundsson og Þórdís Högnadóttir
Jarðvísindastofnun Háskólans



Efri Hveradalur og Gengissig í Vestari Kverkfjöllum, 8. ágúst 1998

Skýrsla til Rannsóknasjóðs Vegagerðarinnar
Mars 2009

1. Inngangur

Vestari Kverkfjöll eru talin með öflugustu jarðhitasvæðum á Íslandi (Friedman o.fl., 1972). Jarðhitinn hefur myndað tvö jökulstífluð lón, Galtarlón í Efri Hveradal og Gengissig austan hans. Þekkt eru nokkur jökulhlaup sem eiga upptök í Vestari Kverkfjöllum en það var ekki fyrir en í janúar 2002 sem það var staðfest að upptök a.m.k. þeirra stærri eru í Gengissiginu. Ekki eru þekkt hlaup úr Galtarlóni en þó er sennilegt að lónið hafi hlaupið nokkrum sinnum á síðustu áratugum.

Hlaup úr Gengissigi koma undan Kverkjökli og falla í ána Volgu niður til Jökulsár á Fjöllum. Þau geta valdið hættu fyrir ferðamenn við Kverkjökul og nærri Jökulsá á Fjöllum í Ódáðahrauni. Þekkt hlaup hafa komið mjög snögglega enda er fallhæðin mikil á stuttri vegalengd frá lóninu að sporði Kverkjökuls. Í ljósi þess að ferðamennska fer nú mjög vaxandi í Kverkfjöllum er mikilvægt fyrir öryggi ferðamanna að staðgóð þekking á eðli og hegðun lónanna tveggja sé jafnan fyrir hendi. Í þessari skýrslu er greint stuttlega frá helstu niðurstöðum skipulegrar samantektar á gögnum um þróun þessara lóna frá því á fimmta áratug 20. aldar. Ýtarlegri samantekt á gögnum og niðurstöðum mun birtast í tímaritsgrein sem er í smíðum (Magnús T. Guðmundsson o.fl., í undirbúningi).

2. Bakgrunnur og forsaga

Jökulhlaup frá lónum uppi á háum eldfjöllum geta verið mjög hættuleg þó svo vatnsmagn sé tiltölulega lítið. Stafar það af mikilli fallhæð og bratta frá upptökum að fjallsrótum. Má nefna mismun á Kötluhlaupum og Grímsvatnahlaupum sem dæmi um áhrif mismunandi bratta rennislisleiðar undir jökli á hlauphegðun, þó að öðru leyti sé ekki rétt að bera hlaup frá tiltölulega litlum lónum saman við þær hamfarir sem Kötluhlaup geta verið. Hlaupin 1955 og 1999 frá sigkötum í Mýrdalsjökli eru þó sambærileg að umfangi við hlaup frá Kverkfjöllum. Erlendis eru hlaup af þessu tagi þekkt. E.t.v. er Crater Lake á Ruapehu eldfjallinu á Nýja Sjálandi þekktasta dæmið. Lónið situr í gíg sem stíflaður er af gosefnum og ís. Þegar vatnið brýst fram flæðir það sem aurflóð niður hlíðar fjallsins og nær niður á láglandi á stuttum tíma. Vel er fylgst með Ruapehu frá 1953, því á jólnum það ár hreif hlaup þaðan járnbrautarbrú, næturlestin frá Wellington til Auckland lenti í flaumnum og 151 maður fórust (Manville o.fl., 2007).

Nokkur fremur lítil jökulhlaup hafa komið frá Kverkfjöllum á síðustu áratugum (1. mynd) og eftir hlaup í janúar 2002 varð ljóst að upptök a.m.k. einhverra hlaupa eru í Gengissigi í Vestari Kverkfjöllum (t.d. Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005). Hingað til hafa litlar sem engar rannsóknir farið fram á Gengissigi og Galtarlóni í Efri Hveradal sem upptakastöðum jökulhlaupa. Hér verður því rakið í mjög stuttu máli hvað vitað er um lónin og megineldstöðina Kverkfjöll.

Kverkfjöll eru stór megineldstöð í norðurbrún Vatnajökuls og í þeim vestanverðum er eitt af öflugustu jarðhitasvæðum á Íslandi (m.a. Friedman o.fl., 1972). Megineldstöðin virðist lítið eða ekkert hafa gosið á sögulegum tíma en ummerki finnast um stór hlaup sem þaðan hafa komið á nútíma (t.d. Charrivick o.fl. 2004) auk þess sem forsöguleg gjóskulög hafa fundist í jarðvegi (Bergrún Óladóttir og Guðrún Larsen pers. uppl. 2008). Jafnframt hafa á nútíma myndast allmörg hraun í Krepputungu (t.d. Guttormur Sigbjarnason, 1996).



1. mynd. Kverkfjöll, Jökulsá á Fjöllum og rennislísið hlaupa úr Gengissigi.

Jarðhita er að finna í Hveragili austan Kverkfjalla og í hæsta tindri þeirra, Jörfa (1933 m y.s.) en megin hitasvæðið er í Vestari Kverkfjöllum (Magnús Ólafsson o.fl., 2000; Sigurður Þórarinnsson, 1953; Friedland o.fl., 1972). Hitasvæðið í Vestari Kverkfjöllum er 3-4 km langt og víðast hvar nokkur hundruð metra breitt. Meginsvæðin eru Efri Hveradalur, Neðri Hveradalur og lína smárra sigkatla og gata í þunnan jökulinn norðan Neðri Hveradals. Gengissig er austan Efri Hveradals, en lónið liggur í nærri hringmyndaðri, 100 m djúpri dæld sem er um 600 m í þvermál.

3. Hlaup úr Kverkfjöllum á síðustu árum

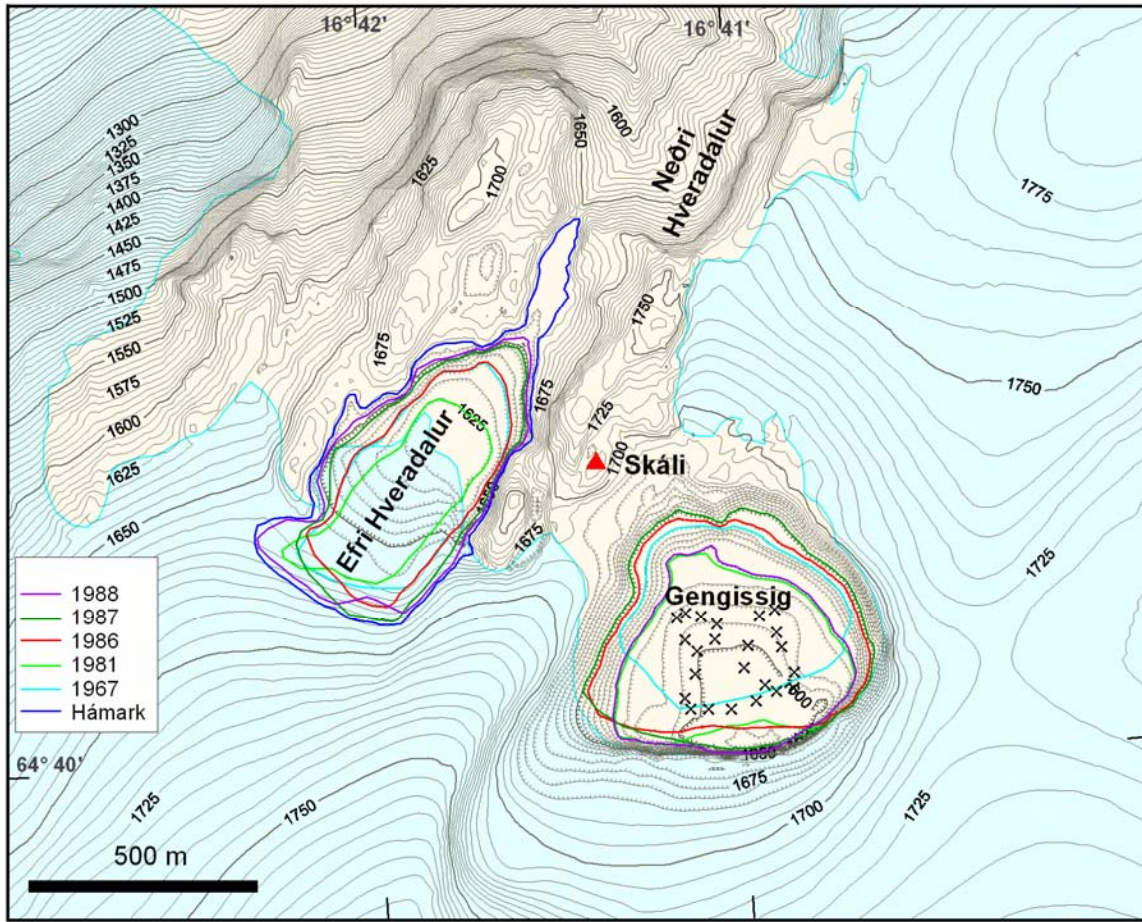
Samkvæmt jökulhlaupaannál Odds Sigurðssonar og Bergs Einarssonar (2005) eru þekkt fimm hlaup frá síðustu 23 árum sem talin eru komin úr lónunum í Kverkfjöllum, líklega öll úr Gengissiginu. Þessi hlaup urðu í janúar 1985 (~1 milljón m³), nóvember 1987 (um 10 milljón m³), í maí 1993 (6 milljón m³), september 1997 (um 1 milljón m³) og janúar 2002 (9,4 milljón m³).

Samkvæmt vatnamæli við Upptyppinga var rennsli hlaupsins 1987 á þeim stað, 40 km norðan Kverkjökuls, um 400 m³/s og hlaupsins 2002 svipað eða 480 m³/s. Athuganir við Kverkjökul benda hinsvegar til að þar hafi hámarksrennslið 2002 verið töluvert meira (Rushmer, 2006).

4. Aðferðir

Þróun svæðisins og vatnshæð jökullónanna á hverjum tíma hefur verið metin út frá tiltækum gögnum. Þau eru:

1. Lýsingar vísinda- og ferðamanna sem farið hafa í Kverkfjöll undanfarna áratugi. Fyrsta ganga á fjöllin átti sér stað 1912 (sjá samantekt hjá Ólafi Jónssyni (1945) en fyrstu lýsingarnar af Vestari Kverkfjöllum eru frá heimsóknum 1941 og 1946 (Ólafur Jónsson, 1945; Sigurður Þórarinnsson, 1953). Þá gerðu J.P.C. Bailey o.fl. (1981) kort af Hveradal í júlí 1976.

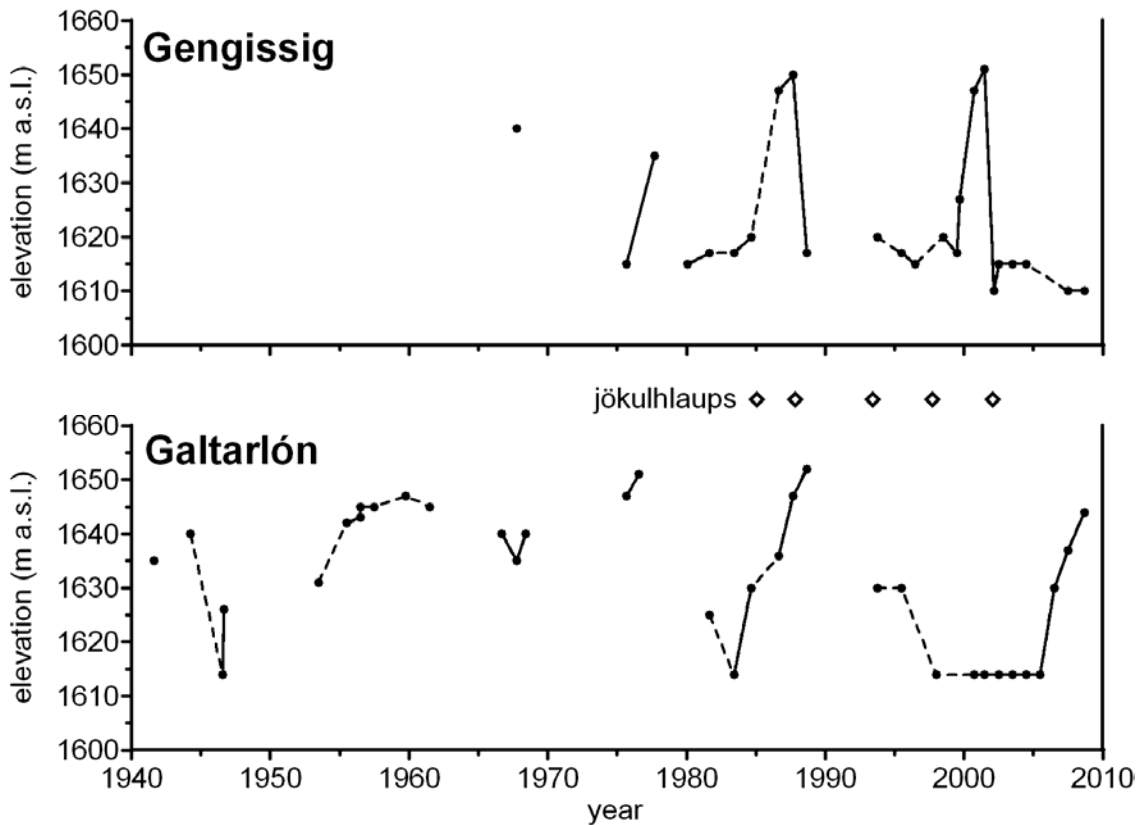


2. mynd. Kort sem sett hefur verið saman úr korti Loftmynda ehf eftir flugmyndum frá 2003 og GPS mælingum á jöklinum. Sýnd eru útmörk lónanna á loftmyndum frá 1967-1988. Krossarnir í Gengissiginu sýna dýptarmælipunkta frá júní 2003.

2. Ljósmyndir, teknar á ýmsum tímum, bæði á jörðu niðri eða úr lofti. Elstu myndirnar sem teknar eru á jörðu niðri eru frá 1941 en elstu flugmyndir frá 1944. Margar þessara mynda má nota til að meta vatnshæð lónanna og hefur það verið gert í öllum tilvikum.
3. Lóðréttar loftmyndir. Nothæfar myndir hafa fengist frá 1967, 1981, 1987, 1988 og 2003. Fyrirtækið Loftmyndir ehf. var fengið til að vinna nákvæmt hæðarkort af Hveradal og nágrenni eftir myndunum frá 2003 og GPS mælingum af jörðu niðri (2. mynd). Með samanburði við hæðarkort hefur vatnshæð beggja lónanna verið ákvörðuð þegar þessar loftmyndir voru teknar.
4. Athuganir á jörðu niðri, einkum þær sem gerðar hafa verið í árlegum vorferðum Jöklarannsóknafélags Íslands á Vatnajökul. Gögnin eru, auk ljósmynda, DGPS og KGPS mælingar á vatnshæðum og legu lóna, og dýptarmælingar á Gengissigi sem gerðar voru í júní 2003.

5. Vatnshæð á síðustu áratugum

Á grundvelli mæligagnanna, hefur vatnshæð beggja lóna verið ákvörðuð (3. mynd). Stór göt eru í mæliröðina, einkum framan af. Fyrstu upplýsingar um vatnshæð Gengissigs eru frá 1967 og síðan er gat til 1975. Fyrir Galtarlónið eru elstu gögnin frá 1941 en milli 1946 og 1953 eru engar upplýsingar og fleiri göt eru í röðinni. Gröf yfir rúmmál sem fall af vatnshæð hafa verið gerð fyrir bæði lónin (4. mynd).



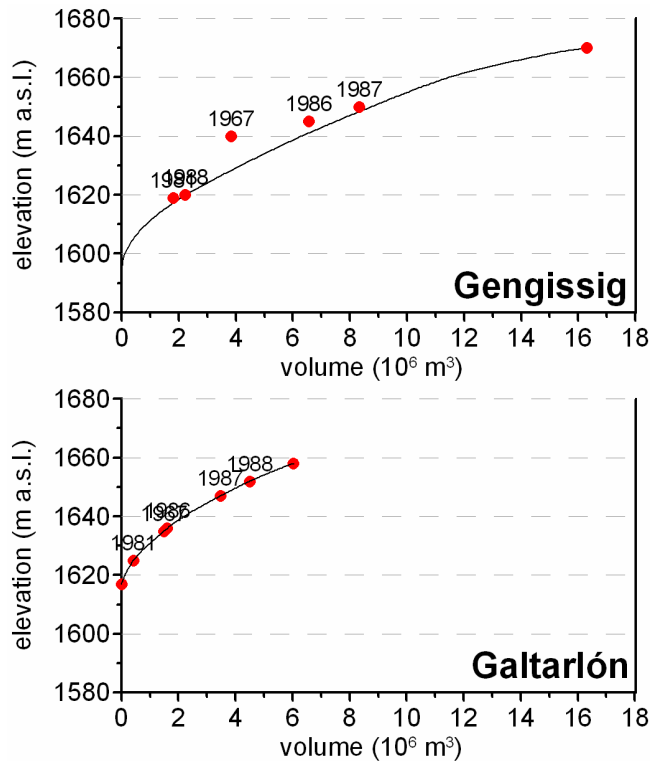
3. mynd. Vatnshæð Gengissigs 1967-2008 og Galtarlóns 1941-2008. Flestar mælingarnar eru byggðar á ljósmyndum. Beinir mælingar á vatnshæð hafa verið gerðar undanfarin 10 ár. Óvissa í hæð er á bilinu 1-5 m.

5.1. Gengissig

Á fimmta áratug 20. aldar og fram eftir þeim sjötta var Gengissig aðeins sprunginn sigketill. Sumarið 1959 urðu umbrot í Gengissigi (Magnús Jóhannsson, 1959) og má af myndum ráða að það hefur þá stækkað mjög frá því nokkrum árum fyrr. Tveir nokkur hundruð metra langir dökkir gearar lágu til suðurs og suðvesturs frá upptakastað á botni sigsins. Efnið í geirunum var ummynduð gjóska og bergbrot sem bendir til þess að þarna hafi ekki verið kvika á ferð, heldur gufusprenging. Hún gæti hafa orsakast af þrýstingslétti þegar vatnsborð sigsins féll einhverjum dögum eða vikum fyrir heimsókn Magnúsar Jóhannssonar og félaga í september. Gufugos varð í Kverkfjöllum 24. maí 1968 (Sigurður Þórarinnsson, 1968) í gufuhver sem liggur á milli Gengissigs og Hveradals. Sigurður Þórarinnsson heimsótti svæðið í júní og lýsir því að hverinn sem gufugosið kom úr hafi verið mun öflugri en aðrir hverir á svæðinu. Engin merki eru um að kvika hafi komið við sögu þarna, frekar en 1959.

Þegar kom fram yfir 1970 var Gengissig komið í svipað horf og er í dag: Vatn, 350-450 m í þvermál, umlukt um 30-50 m háum ísveggjum á tvo vegu og bröttum fjallshlíðum að vestan og norðan. Á 3. mynd má sjá að lónið hefur verið nokkru minna 1967 en það varð síðar. Munurinn liggur í því að ísveggirnir að sunnan og suðaustan hafa færst um 100 m til suðurs milli 1967 og 1987. Litlar breytingar virðast hafa orðið í stærð eftir 1987.

Á 3. mynd sést að vatnshæð Gengissigs hefur lægst mælst um 1610 m y.s. og hæst rúmlega 1650 m. Tvennskonar hegðun kemur fram. Í fyrsta lagi eru tímabil vatnssöfunar sem enda



4. mynd. Tengsl rúmmál og vatnshæðar. Efri mynd: Gengissig, neðri mynd: Galtarlón.

með því að vatnsborð fellur snögglega í jökulhlaupi. Þessi tímabil eru 1975-1977, 1985-1987 og 1999-2002. Í öðru lagi eru tímabil með lágri vatnsstöðu. Þessi tímabil eru 1980-1984, 1994-1999 og eftir 2002. Gögn vantar enn um tímabilið 1989-1994.

Á 4. mynd sést rúmmál Gengissigs sem fall af vatnshæð. Botninn liggur í tæplega 1600 m hæð og við mestu mældu hæð (rúmmega 1650 m y.s.) er rúmmálið um 9 milljón m³. Þetta rúmmál er mjög svipað stærð hlaupanna 1987 og 2002, þ.a. samræmi er milli rennismælinganna og okkar talna um stærð vatnsgeymisins sem hlaupin komu úr. Einnig sést hvernig lónið hefur stækkað eftir 1967, því þá var rúmmál þess aðeins 4 milljón m³ við 1640 m vatnshæð. Við núverandi aðstæður er stærðin rúmmega 6 milljón m³ við sömu vatnshæð.

5.2. Efri Hveradalur og Galtarlón

Vatnshæð Galtarlóns hefur hæst mælst 1651 m y.s. (loftmynd 1987) en a.m.k. þrisvar á tímabilinu 1941-2008 hefur það tæmst: 1946, 1983 og 1998-2005. Tímabil hækkandi vatnsborðs eru 1953-1956, 1984-1987 og 2006-2008. Á árunum 1956-1961 breytist vatnsborð tiltölulega lítið og helst fremur hátt í a.m.k. fimm ár samfleytt. Galtarlónið virðist því hafa þrennskonar hegðun: Tómt lón, hækkandi vatnsborð og nokkuð stöðugt hátt vatnsborð.

Uppsöfnun vatns í Galtarlón frá 2006 sýnir að lónið stækkar til suðvesturs eftir því sem hækkar í því. Þetta er vegna þess að ís kelfir inn í lónið og færir ísveggurinn til suðurs með hækkandi vatnsborði.

Engin hlaup hefur tekist að rekja með vissu til tæmingar Galtarlóns. Afrennsli þess er til suðvesturs. Ef hlaup koma úr Galtarlóni geta þau aðeins farið í þá stefnu og kæmu því fram í Jökulsá á Fjöllum en ekki í Volgu eins og hlaup úr Gengissiginu. Efri Hveradalur opnast til norð-norðausturs út í Neðri Hveradal. Augljóst er að einhverntíma hefur vatn runnið um skarðið því þar er farvegur með stórgrýti í botni meðan allt fínefni hefur hreinsast burtu. Lægsti punktur í skarðinu er í 1658 m hæð og sýnir blái heili ferillinn á 2. mynd hvernig vatnsborð lægi ef vatn nær að renna norður um skarðið. Slíkt hefur ekki gerst eftir 1941.

Á 4. mynd sést rúmmál Galtarlóns sem fall af vatnshæð upp í 1658 m hæð. Lónið er minna en Gengissig, og hámarksstærð þess eftir 1941 er um 5 milljón m³. Mesta stærð væri rúmmega 6 milljón m³ við 1658 m hæð.

6. Forboðar hlaupa

Ekki er vitað með hvaða hætti Galtarlón tæmist þó líklegast sé að það gerist í jökulhlaupi. Í ljósi þess að slíkt hlaup færi til vesturs og myndi e.t.v. sameinast Jökulsá á Fjöllum undir jökli eða við jökuljaðar, er ósennilegt að svo lítil hlaup hafi veruleg áhrif á ána, nema e.t.v. að vetrarlagi.

Hlaup úr Gengissigi geta verið hættuleg ferðamönnum við Volgu og því er ástæða til að fylgjast með lóninu. Bæði 1987 og 2001, þegar vatnshæð lónsins náði um 1650 m y.s., var lónið ísi lagt allt sumarið. Við lága vatnshæð virðist þetta aldrei gerast. Því má draga þá ályktun að sé Gengissig ísi lagt að sumarlagi geti verið hætta hlaupi á næstu mánuðum eða misserum. Skynsamlegt er að landvörðum í Sigurðarskála séu þessir hlutir ljósir. Geta þá landverðir í samráði við almannavarnaryfirvöld og vísindamenn skipulagt leiðir ferðamanna við Kverkjökul þannig þeim sé ekki hætta búin.

7. Þakkarorð

Þátttakendur í vorferðum Jöklarannsóknafélagsins á árunum 1995-2008 hjálpuðu til við mælingar í Kverkfjöllum. Árni Kjartansson, Ástvaldur Guðmundsson, Bergþóra Sigurðardóttir, Oddur Sigurðsson, Snæbjörn Guðbjörnsson og Þór Kjartansson lögðu til ljósmyndir. Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar styrkti verkefnið.

8. Heimildir

- Bailey, J. P. C. , og 6 aðrir. 1981. A topographical map of Hveradalur, Kverkfjöll, Iceland. (Nýtt kort). *Jökull*, **31**, 116-117.
- Carrivick JL, Russel, AJ og Tweed FS 2004. Geomorphological evidence for jökulhlaups from Kverkfjöll volcano, Iceland. *Geomorphology* 63, 81-102.
- Friedman, J.D., R.S. Williams, S. Þórarinnsson og G. Pálmason. 1972. Infrared emission from Kverkfjöll subglacial volcanic and geothermal area, Iceland. *Jökull*, 22, 27-43.
- Guttormur Sigbjarnarson 1996: Norðan Vatnajökuls III. Eldstöðvar og hraun frá nútíma. *Náttúrufræðingurinn* 65: 199-212.
- Magnús T. Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir og Oddur Sigurðsson. Ice-dammed lakes and jökulhlaups related to geothermal activity at Kverkfjöll, central Iceland. *Tímaritsgrein í smíðu*.
- Magnús Jóhannsson. 1959. Haustferð á Vatnajökul 1959. *Jökull*, **9**, 41-42.
- Magnús Ólafsson, Helgi Torfason og Karl Grönvold. 2000. Surface exploration and monitoring of geothermal activity in the Kverkfjöll geothermal area, central Iceland. *Proc. World Geoth. Congr. 2000*, 1539-1545.
- Manville, V., Hodgson, K.A., og Nairn, I.A. 2007. A review of break-out floods from volcanogenic lakes in New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 50, 131-150.
- Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson 2005. Jökulhlaupaannáll 1989-2004. Rannsóknaskýrsla OS-2005/031. Vatnamælingar, Orkustofnun, Reykjavík.
- Ólafur Jónsson. 1945. Ódáðahraun I-III. Bókaútgáfan Norðri h.f., Akureyri.
- Sigurður Þórarinnsson. 1953. The Grímsvötn Expedition June-July 1953 (Vatnajökulsferð 1953). *Jökull*, **3**, 6-22.
- Sigurður Þórarinnsson. 1968. Vatnajökulsleiðangur 1968. 1.-14. júní. (The Vatnajökull expedition, June 1-14. 1968). *Jökull*, **18**, 394-400.
- Rushmer, E.L. 2006. Sedimentological and geomorphological impacts of the Jökulhlaup (glacial outburst flood) in January 2002 at Kverkfjöll, Northern Iceland. *Geog. Annaler*, 88A, no. 1, 43-53.