

Jökulhlaup og gjóskubrotsflóð

Náttúruvá á Þjórsár- Tungnaárvæði

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2018-097

Dags: Maí 2019

Fjöldi síðna: 30

Upplag: 10

Dreifing:

- ☒ Birt á vef LV
☒ Opin
☐ Takmörkuð til

Titill: Jökulhlaup og gjóskubrotsflóð. Náttúruvá á Þjórsár- Tungnaárvæði

Höfundar/fyrirtæki: Kristín Martha Hákonardóttir/Verkís

Verkefnisstjóri: Ragnheiður Ólafsdóttir og Ólöf Rós Káradóttir

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Eldgos á Bárðarbungukerfinu geta orsakað flóð á vatnasviðum Þjórsár-Tungnaár, aðallega vegna gosa undir jökli eða gjósku- og hraunstíflna í ám:

- Eldgos undir jökli á kerfinu kunna að valda stórum jökulhlaupum í Köldukvísl, Sylgju og Tungnaá. Tæplega 90% gosa á kerfinu hafa orðið undir Vatnajökli en 10% utan. Að jafnaði hefur gosið á kerfinu 2 sinnum á öld en á 18. öld gaus þar hins vegar 10 sinnum og fylgdu gosunum fimm hrinur jökulhlaupa, fjórar í Jökulsá á Fjöllum og ein í Þjórsá, líklega um Tungnaá.
- Gjósku- og hraunframleiðsla á suðvesturhluta sprungukerfisins (Veiðivötn/Vatnaöldur) getur orðið gríðarleg og valdið stíflum og truflunum í ám á vatnasviðinu. Síðast gaus þar 1477 og samtímis hljóp kvika í megineldstöð Torfajökuls og gaus þar súru sprengigosi. Önnur eldstöðvakerfi á vatnasviði Þjórsár og Tungnaár eru: Hofsjökull-Kerlingarfjöll, Tungnafellsjökull-Hágöngur, Torfajökull og Hekla.

Lykilorð: Jökulhlaup, Bárðarbunga, Veiðivötn, eldgos, Þjórsá, Tungnaá, Sylgja

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Ólöf Rós Káradóttir



Verknúmer: 05126009	SKÝRSLA NR.: 0500	DREIFING: ☐ OPIN ☐ LOKUÐ TIL ☒ HÁÐ LEYFI VERKKAUPA
	ÚTGÁFU NR.: 01	
	DAGS.: 2019-05-29	
	BLAÐSÍÐUR: 30	
	UPPLAG:	

HEITI SKÝRSLU: Jökulhlaup og gjóskubrotsflóð. Náttúruvá á Þjórsár- Tungnaárvæði
--

HÖFUNDAR: Kristín Martha Hákonardóttir	VERKEFNISSTJÓRI: Hörn Hrafnadóttir
---	---------------------------------------

UNNIÐ FYRIR: Landsvirkjun UMSJÓN: Ragnheiður Ólafsdóttir og Ólöf Rós Káradóttir, LV	SAMSTARFSADILAR:
--	------------------

GERÐ SKÝRSLU/VERKSTIG: Lokaskýrsla.
--

ÚTDRÁTTUR: Eldgos á Bárðarbungukerfinu geta orsakað flóð á vatnasviðum Þjórsár-Tungnaár, aðallega vegna gosa undir jökli eða gjósku- og hraunstíflna í ám: • Eldgos undir jökli á kerfinu kunna að valda stórum jökulhlaupum í Köldukvísl, Sylgju og Tungnaá. Tæplega 90% gosa á kerfinu hafa orðið undir Vatnajökli en 10% utan. Að jafnaði hefur gosið á kerfinu 2 sinnum á öld en á 18. öld gaus þar hins vegar 10 sinnum og fylgdu gosunum fimm hrinur jökulhlaupa, fjórar í Jökulsá á Fjöllum og ein í Þjórsá, líklega um Tungnaá. • Gjósku- og hraunframleiðsla á suðvesturhluta sprungukerfisins (Veiðivötn/Vatnaöldur) getur orðið gríðarleg og valdið stíflum og truflunum í ám á vatnasviðinu. Síðast gaus þar 1477 og samtímis hljóp kvika í megineldstöð Torfajökuls og gaus þar súru sprengigosi. Önnur eldstöðvakerfi á vatnasviði Þjórsár og Tungnaár eru: Hofsjökull-Kerlingarfjöll, Tungnafellsjökull-Hágöngur, Torfajökull og Hekla.
--

LYKILORÐ ÍSLENSK: Jökulhlaup, eldgos, Bárðarbunga, Veiðivötn, Þjórsá, Tungnaá, Sylgja	LYKILORÐ ENSK: Glacial flood, volcanic eruption, Bárðarbunga, Veiðivötn, Þjórsá, Tungnaá, Sylgja
--	---

UNDIRSKRIFT VERKEFNISSTJÓRA:	YFIRFARIÐ AF:
	Hörn Hrafnadóttir, Pálmi Ragnar Pálmason, Snorri Páll Snorrason, Verkís

Efnisyfirlit

Myndaskrá	2
Töfluskrá	3
Samantekt	4
Almennt	4
Jökulhlaup: Stærð og tíðni	7
Flóð vegna gjóskustíflna, stærð, tíðni og áhrif	8
1 Inngangur	9
1.1 Vatnasvið Þjórsár og Tungnaár	9
1.2 Náttúruvárflóð – Flokkun	11
1.2.1 Jökulhlaup	11
1.2.2 Eðjuflóð, gjóskuflóð og vatnsflóð af völdum eldgosa	12
2 Jökulhlaup vegna eldgosa undir jökli	13
2.1 Vatnajökull	13
2.1.1 Áhrif hnattrænnar hlýnunar	13
2.1.2 Bárðarbungukerfið	14
2.1.3 Bárðarbunga	15
2.1.4 Köldukvíslarjökull, Sylgjujökull og Tungnaárjökull	16
2.1.5 Hamarinn	17
2.2 Tungnafellsjökull	18
2.3 Hofsjökull: Blautukvíslarjökull, Múlajökull og Þjórsárjökull	19
2.4 Torfajökull	22
3 Jökulhlaup vegna jarðvarmavirkni undir jökli	23
3.1 NV Vatnajökull	23
3.1.1 Lokahryggur: Kaldakvísl, Sveðja	23
3.1.2 Vesturbrún Bárðarbungu: Bálká-Kaldakvísl	24
3.1.3 Samantekt	24
3.2 Hofsjökull	25
4 Hlaup úr jaðarlónum	26
4.1 NV Vatnajökull, Hamarskriki: Sveðja	26
4.2 Hofsjökull: Miklakvísl, Múlakvísl, Arnarfellskvísl (Þjórsá)	27
5 Gjóskustíflur: Vatnsflóð, vikurhlaup, eðjuflóð, gushlaup	29
5.1 Hekla	29
5.2 Bárðarbunga (Veiðivötn)	31
5.3 Torfajökull	32
6 Útbreiðsla og afleiðingar flóða	35
6.1 Tiltæk gögn	35
6.1.1 Stífluof í Krókslóni, 16 000 m ³ /s flóðtoppur	35
6.1.2 Jökulhlaup, 6000 m ³ /s inn í Hágöngulón	35
6.1.3 Vikurhlaup í Þjórsá vegna Heklugosa	35
Teikningar	39
Viðaukar	41
Bárðarbunga	2
Tungnafellsjökull	4
Hofsjökull	5
Torfajökull	6
Hekla	7

Myndaskrá

- Mynd 1. Tímalína eldgosa á eldstöðvarkerfum á og við Þjórsár- Tungnaárvæðið á sögulegum tíma og á nútíma (síðustu 9000 ár). Sex gos á SV-sveimi Bárðarbungu vantar (hraun frá Heljargjá sem runnu milli -4000 og -6000 og eru hluti Tungnaárhrauna, Páll Ingólfsson (1973)). Upplýsingar um Tungnafellsjökul eru of gloppóttar til að taka með. Stærðir tákna gefa til kynna stærð atburðar m.v. aðra atburði 6
- Mynd 2. Vatnaskil Þjórsár, Köldukvíslar og Tungnaár (blá lína). Nútímahraun eru bleik (Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson, 2009). B: Bárðarbunga, H: Hamarinn, G: Grímsvötn, Þ: Þórðarhyrna 10
- Mynd 3. Örvar sýna hvert jökulhlaup féllu úr jaðarlónum á 20. öld en um aðra farvegi hafa hlaup fallið frá jarðhitasvæðum og vegna eldgosa allt frá lokum síðasta jökulskeiðs (Helgi Björnsson, 2009) 11
- Mynd 4. **(a)** Eldstöðvakerfi á suðausturhluta landsins. Fimm þeirra: Heklu-, Torfajökuls-, Bárðarbunga-, Tungnafellsjökuls- (Vonarskarð) og Hofsjökulskerfið, geta valdið hlaupum inn á Þjórsár- Tungnaárvæðið (Magnús T. Guðmundsson og Þórdís Högnadóttir, 2007). **(b)** Í dag telst Bárðarbungukerfið ná lengra til austurs sunnan Öskju, eins og sýnt er á myndinni (vefsjá: icelandicvolcanoes.is) 12
- Mynd 5. Reiknaðar breytingar á Langjökli, Hofsjökli og sunnanverðum Vatnajökli skv. sviðsmyndum um veðurfarsbreytingar. Gefnar eru tölur um rúmmál sem hlutfall af rúmmáli 1990 (Tómas Jóhannesson o.fl., 2007) 13
- Mynd 6. Vatnaskil í Vatnajökli (Helgi Björnsson og Finnur Pálsson, 2008). Vatnaskilum í Tungnafellsjökli hefur verið bætt inn á mynd 14
- Mynd 7. Bárðarbunga, Köldukvíslarjökull og Sylgjujökull, Hamarinn, Gjálp . Mynd úr kortasjá Landmælinga Íslands frá 13. mars 2017. Sigdæld NA Hamarsins er sýnd nokkurn veginn með rauðri stjörnu 16
- Mynd 8. Mynd af kortasjá Landmælinga Íslands, 7. desember 2016 18
- Mynd 9. Vatnaskil í Tungnafellsjökli 19
- Mynd 10. Vatnaskil í Hofsjökli (Helgi Björnsson, 1990; Helgi Björnsson, 2009) 20
- Mynd 11. Mynd úr kortasjá Landmælinga Íslands frá 20. desember 2018 21
- Mynd 12. Lokahryggur og Hamarinn. Mynd úr kortasjá Landmælinga Íslands frá 13. mars 2017. Sigdæld NA Hamarsins er sýnd nokkurn veginn með rauðri stjörnu. Rauð ör vísar á ketil í vesturbrún Bárðarbungu 23
- Mynd 13. Vonarskarð og Bálká. Mynd úr kortasjá Landmælinga Íslands frá 13. mars 2017. Rauð ör vísar á ketil í vesturbrún Bárðarbungu 24
- Mynd 14. Mynd úr örnefnasjá Landmælinga Íslands frá 2016-11-29 26
- Mynd 15. **(a)** Loftmynd frá 2014 (map.is) **(b)** Loftmynd frá 21. júlí 1996 (Landmælingar, mynd nr. N-3948) 27
- Mynd 16. Mynd úr örnefnasjá Landmælinga Íslands frá 2016-11-29 28
- Mynd 17. Gjóskumagn í gjóskulögunum Heklu-3 og Heklu-4 er metið um 10 km³ sem er það mesta sem komið hefur frá Heklu. Upplýsingar um gjóskumagn koma úr kafla um Heklu í bók um Náttúruvá á Íslandi (Guðrún Larsen o.fl., 2013). 30
- Mynd 18. Veiðivötn og Torfajökull. Kort af map.is, 2017-02-11. Svæði það sem Langalón náði yfir er sýnt með rauðri ör og gjóskustífla í Tungná við Irpuver merkt með rauðri stjörnu (Guðrún Larsen o.fl., 2013) 31
- Mynd 19. Torfajökulssvæðið. Kort úr kortasjá Landmælinga Íslands, 2017-02-11 33
- Mynd 20. Í meðalstórum og stórum Heklugosum fellur mikið af gjósku á ár og læki, stundum svo mikið að vatnsföll stíflast tímabundið. Í gosunum sem mynduðu gjóskulögin Heklu-3 og Heklu-4, stífluðust Ytri-Rangá og Þjórsá og flæmdust að hluta úr farvegi sínum. Vatnsborinn vikur komst

	vestur í Stóru-Laxá og þaðan í Ölfusá (Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson, 1985). Mynd úr kafla um Heklu í bókinni Náttúruvá á Íslandi (Guðrún Larsen o.fl., 2013)	36
Mynd 21	Bárðarbungukerfið (Bárðarbunga-Veiðivötn). Heimild Magnús Tumi Guðmundsson og Guðrún Larsen (2016)	2
Mynd 22	Bárðarbungukerfið. Hámarksdreifing gjósku: 1 cm, 10 cm og 100 cm jafnþykktarlínur vegna goss á SV rein Bárðarbungukerfisins, byggt á dreifingu gjósku í Veiðivatnagosi, 1477. Í gosinu blés stöðugt til SV og V sem m.a. skýrir að hluta hversu langt frá upptökum gjóskan barst. Heimild: Magnús Tumi Guðmundsson og Guðrún Larsen (2016)	3
Mynd 23	Tungnafelljökulskerfið (Tungnafellsjökull-Hágöngur). Heimild: Páll Einarsson (2016)	4
Mynd 24	Hofsjökulskerfið (Hofsjökull-Kerlingarfjöll). Heimild: Karl Grönvold (2015)	5
Mynd 25	Torfajökuls eldstöðvakerfið. Heimild: Kristján Sæmundsson og Guðrún Larsen (2016)	6
Mynd 26	Heklu eldstöðvakerfið (Hekla-Vatnafjöll). Heimild: Guðrún Larsen og Þór Þórðarson (2016)	7
Mynd 27	Líkur á að gjóska falli á SV-NV, NV-NA, NA-SA og SA-SV fjórðung frá Heklu. Heimild: Guðrún Larsen og Þór Þórðarson (2016)	8
Mynd 28	Heklukerfið (Hekla-Vatnafjöll). Stærstu jafnþykktarhringir frá Heklu (cm), byggt á 18 sögulegum gosum. Heimild: Guðrún Larsen og Þór Þórðarson (2016)	8

Töfluskrá

Tafla 1	Stærðir gosa út frá kvikuflæði. Ísbráðnun reiknuð út frá kvikuflæði. Reiknað með tvístrun kviku og 70% nýtni varma (Magnús Tumi Guðmundsson, 2014)	4
Tafla 2	Stærðarflokkar jökulhlaupa (Magnús Tumi Guðmundsson o.fl., 2005)	5

Samantekt

Almennt

Í greinargerðinni eru teknar saman upplýsingar um stærð og tíðni jökulhlaupa inn á vatnasvið Þjorsár og Tungnaár, sem sést á Mynd 2 á bls. 10. Gos á Bárðarbungukerfinu (Bárðarbunga-Veiðivötn) ógna helst mannvirkjum á vatnasviðinu. Flóðahætta skapast aðallega vegna gosa undir jökli eða gjósku- og hraunstíflna í ám:

- Gos undir jökli á kerfinu kunna að valda stórum jökulhlaupum í Köldukvísl, Sylgju og Tungnaá. Tæplega 90% gosa á kerfinu hafa orðið undir Vatnajökli en 10% utan. Að jafnaði hefur gosið á kerfinu 2 sinnum á öld en á 18. öld gaus þar hins vegar 10 sinnum, ýmist utan jökuls eða undir, og fylgdu gosunum fimm hrinur jökulhlaupa, fjórar í Jökulsá á Fjöllum og ein í Þjorsá, líklega um Tungnaá.
- Gjósku- og hraunframleiðsla á suðvesturhluta sprungukerfisins (Veiðivötn/Vatnaöldur) getur orðið gríðarleg og valdið stíflum og truflunum í ám á vatnasviðinu. Síðast gaus þar 1477 og samtímis hljóp kvika í megineldstöð Torfajökuls og gaus þar súru sprengigosi. Gos í Torfajökli hefur líklega takmarkaðri afleiðingar í för með sér, þar sem gjóskuframleiðsla þar yrði líklega a.m.k. stærðargráðu minni.

Önnur eldstöðvakerfi á vatnasviði Þjorsár og Tungnaár eru: Hofsjökull (Hofsjökull-Kerlingarfjöll), Tungnafellsjökull (Tungnafellsjökull-Hágöngur), Torfajökull og Hekla. Gos á þeim kerfum eru ýmist ólíklegri (öll kerfin nema Hekla) en eldgos í Bárðarbungukerfinu eða afleiðingar gosa, stærð þeirra og lengd minni. Nánar er greint frá kerfunum í þessari skýrslu. Á Mynd 1 á bls. 6 er tímalína gosa á kerfinu, bæði á sögulegum tíma (síðustu 1100 ár) og á nútíma (síðustu 9000 ár). Í viðauka eru myndir af eldstöðvarkerfunum úr efnisskrá íslenskra eldfjalla (*e. catalogue of Icelandic volcanoes*).

Skýrsla þessi er unnin upp úr umfjöllun um jökulhlaup inn á vatnasvið Þjorsár í áhættumati vegna virkjana í Þjorsá neðan Búrfells (Landsvirkjun, 2008) og var endurskoðuð fyrir Almannavarnir og Viðlagatryggingu Íslands í september 2014 (Verkís, 2014a). Nánari greining flóða frá NV-Vatnajökli var unnin vorið 2015 (Verkís, 2015) og uppfærð í lok árs 2016 með hliðsjón af nýjustu útgáfu efnisskrár íslenskra eldfjalla (vefsjá: icelandicvolcanoes.is). Aðrar grundvallarheimildir eru bókinn Jöklar á Íslandi eftir Helga Björnsson (2009) og Náttúruvá á Íslandi, Eldgos og jarðskjálftar (ritstjórar Júlíus Sólmes, Sigmundur Freysteinnsson og Bjarni Bessason, 2013) og minnisblað Magnúsar Tuma Guðmundssonar (2014) um mögulegar stærðir hlaupa vegna gosa á vatnasvæði Köldukvíslarjökuls.

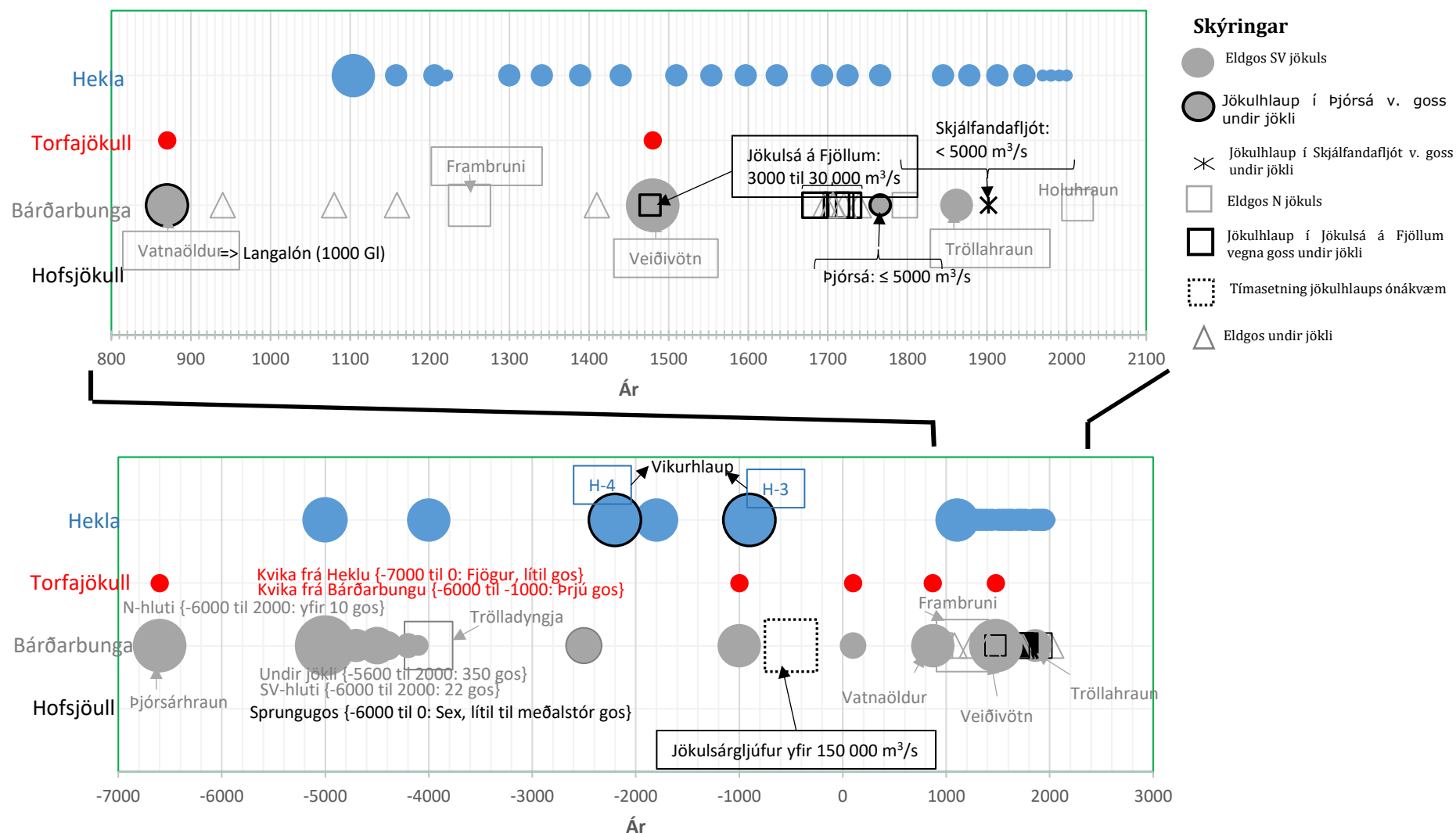
Í umfjöllun um stærð jökulhlaupa og eldgosa er viðhöfð orðanotkun sem tíðkast hjá jarðvísindamönnum, sjá töflu 1 og töflu 2. Í töflu 1 er útreiknuð stærð jökulhlaupa miðað við mis stór eldgos og líkur á ísbráðnun af þeirri stærðargráðu, byggð á 36 gosum 1913-2014. Í töflu 2 eru stærðarflokkar jökulhlaupa.

Tafla 1. Stærðir gosa út frá kvikuflæði. Ísbráðnun reiknuð út frá kvikuflæði. Reiknað með tvístrun kviku og 70% nýtni varma (Magnús Tumi Guðmundsson, 2014)

Gosstærð	Gjóskumagn (km ³)	Kvikuflæði (m ³ /s)	Endurkomutími gosa á Íslandi (ár)	Ísbráðnunar (m ³ /s)	Líkur á ísbráðnun
Lítið	<0,1	<80		<600	28%
Meðalstórt	0,1–0,5	800	6	600–6000	41%
Stærra	0,5–1	2000	25	6000–15 000	22%
Stórt	1–10	4000	33	15 000–30 000	3%
Mjög stórt	>10	20 000	100	30 000–150 000	5%
Hamfaragos		>20 000	um 300	>150 000	1%

Tafla 2. Stærðarflokkar jökulhlaupa (Magnús Tumi Guðmundsson o.fl., 2005)

Stærðarflokkur jökulhlaups	Hámarksrennsli (m³/s)	Dæmi um hlaup vegna gosa á Bárðarbungukerfinu <i>Dæmi um jökulhlaup á öðrum eldstöðvarkerfum</i>
1: lítið	<3000	Jökulhlaup inn í Hágöngulón í júlí 2011 (hámarksrennsli um 2000 m ³ /s). <i>Hámarksrennsli í Skaftárhlaupi 2015 var um 3000 m³/s og um 350-400 Gl hlupu fram.</i>
2: meðalstórt	3000–10 000	Jökulhlaup í Grímsvötn í Gjálpargosi 1998 (hámarksrennsli 8000 m ³ /s). 2500-3000 Gl bárust inn í Grímsvötn. <i>Hámarksrennsli í Grímsvatnahlaupum, 1940-1996 var um 2000-10 000 m³/s og um 1000-4000 Gl hlupu fram.</i>
3: stórt	10 000–30 000	Jökulhlaup í Jökulsá á Fjöllum 1717. <i>Hámarksrennsli í Grímsvatnahlaupum fram yfir 1934 var á þessu stærðarbili og um 4000-5000 Gl hlupu fram.</i>
4: stórhlaup	30 000–100 000	Ef gjóskustífla sem myndaði Krókslón í gosi í Vatnaöldum 870 hefur brostið snögglega gæti flóðtoppur hafa verið af þessari stærðargráðu (1000 Gl rýmd). <i>Hámarksrennsli í Grímsvatnahlaupi 1996, í kjölfar eldgoss í Gjálpi, var 40 000-50 000 m³/s. 3600 Gl hlupu fram.</i>
5: hamfarahlaup	>100 000	Jökulsárgljúfur fyrir um 4500 árum. <i>Hámarksrennsli í Kötluhlaupum getur orðið 300 000 m³/s. Upplýsingar um heildarvatnsmagn vantar.</i>



Mynd 1. Tímalína eldgosa á eldstöðvarkerfum á og við Þjórsár- Tungnaárvæðið á sögulegum tíma og á nútíma (síðustu 9000 ár). Nokkur gos á SV-sveimi Bárðarbungu, frá forsögulegum tíma vantar. Tímasetning Tungnaárrauna, sem runnu milli -4000 og -6000, er ónákvæm en byggir á heimild eftir Páll Ingólfsson (1973). Upplýsingar um Tungnafellsjökul eru of gloppóttar til að taka með. Stærðir tákna gefa til kynna stærð atburðar m.v. aðra atburði

Jökulhlaup: Stærð og tíðni

Vatnaskil Þjórsár-Tungnaáarsvæðisins liggja um vesturhluta Vatnajökuls, suðurhluta Tungnafellsjökuls og stóran hluta Hofsjökuls, sjá Mynd 2. Jökulhlaup frá jöklunum geta valdið flóðum inn á svæðið. Flóð frá Bárðarbungukerfinu takmarkast líklega við farvegi Köldukvíslar (og Sveðju), Sylgju og Tungnaár. Í punktunum að neðan koma fram niðurstöður um stærð og tíðni jökulhlaupa. Byrjað er á algengustu atburðum og endað á ólíklegum atburðum. Ágætt er að hafa Mynd 1 til hliðsjónar, þar sem mis líklegt getur verið að gjósi í tilteknum eldstöðvum á næstu 100 árum.

- Árlega má búast við að tæming jökullóna til Köldukvíslar og Þjórsár, frá Vatnajökli og Hofsjökli, hafi í för með sér snarpa rennslisaukningu sem sé að hámarki nokkur hundruð m^3/s . Heildarmagn hlaupvatns er áætlað um 10 Gl.
- Á um tíu ára fresti má gera ráð fyrir að jarðhiti undir Vatnajökli orsaki hlaup í Köldukvísl, sem valdi rennslisaukningu að hámarki 1–2 þúsund m^3/s . Heildarmagn hlaupvatns er áætlað um 10–300 Gl.
- Á nokkur hundruð ára fresti má búast við að meðalstór eldgos undir NV-Vatnajökli valdi hlaupi í Köldukvísl, Sylgju eða Tungnaá. Hámarksrennsli í slíku hlaupi er metið 600–6000 m^3/s . Heildarmagn hlaupvatns er áætlað 500–1000 Gl. Gjósi á sprungu undir NV-Vatnajökli er langlíklegast að jökulhlaupið sem fylgi verði af þessari stærðargráðu (Magnús Tumi Guðmundsson, 2014). Líkleg sprungulengd er undir 5 km.
- Stærri eldgos/sprungugos undir Vatnajökli geta valdið hlaupum í Köldukvísl, Tungnaá eða Sylgju (Hágöngulón, Þórisvatn, Krókslón) með hámarksrennsli á bilinu 6000–15 000 m^3/s . Heildarmagn hlaupvatns er áætlað 1000–10 000 Gl. Líkleg sprungulengd er 5–10 km (Magnús Tumi Guðmundsson, 2014).
- Stór til mjög stór flóð eru ólíklegri inn á vatnasvið Köldukvíslar, Tungnaár eða Sylgju með hámarksrennsli frá 15 000–30 000 m^3/s til 30 000–150 000 m^3/s . Heildarmagn hlaupvatns er áætlað 5000–20 000 Gl. Líkleg lengd gossprungu er yfir 10 km. (Magnús Tumi Guðmundsson, 2014).
- Hamfarahlaup, með hámarksrennsli yfir hundrað þúsund m^3/s úr Bárðarbunguöskjunni til vesturs út í Köldukvísl er hugsanlegt. Um fjórðungur öskjunnar er á vatnasviði Köldukvíslar. Í öskjunni eru um 40 000 Gl af ís, og við bráðnun jökulíss tekur ís að hníga að bráðnunarstað.
- Eldgos undir vesturhluta Vatnajökuls eru mun líklegri en eldgos undir suðurhluta Hofsjökuls og Tungnafellsjökuls:
 - Meðalstór eða stærri gos á sprungu undir Hofsjökli gætu orsakað hlaup frá Hofsjökli inn á vatnasvið Þjórsár. Hámarksrennsli er metið um 5000–10 000 m^3/s . Heildarmagn hlaupvatns er áætlað 500–1000 Gl. Líkleg lengd gossprungu er um 5 km. Nokkur þúsund ár eru síðan síðast gaus á kerfinu.
 - Frá Tungnafellsjökli gæti komið hlaup inn á vatnasvið Þjórsár með hámarksrennsli undir 5000 m^3/s , vegna lítils til meðalstórs eldgoss. Heildarmagn hlaupvatns er áætlað 100–3000 Gl. Gossaga kerfisins er illa þekkt.

Flóð vegna gjóskustíflna: Stærð, tíðni og áhrif

Áhrifa Heklu og Veiðivatnakerfisins kynni að gæta á virkjunarsvæðinu vegna vikurstíflna í Þjórsá í kjölfar Heklugosa og gjósku eða hraunstíflna í Tungnaá vegna gosa á Veiðivatna sprungukerfinu (SV-gosrein Bárðarbungukerfisins). Mat á stærð og tíðni hlaupa þegar slíkar stíflur breyta er:

- Á um tíu ára fresti má búast við töluverðum vikurburði í Þjórsá vegna Heklugosa.
- Nokkur hundruð ár eru síðan skammæjar vikurstíflur komu í Þjórsá í Heklugosi.
- Á næstu 100–400 árum má búast við gosi á suðvesturhluta Bárðarbungusprungusveims. Gjóskuþykkt getur orðið 1 m á virkjanasvæðinu og stíflað farveg Tungnaár tímabundið og valdið hlaupi í Þjórsá og uppsöfnun vikurs og gjósku í lón. Jafnframt gæti gosið í Torfajökli með stuttu sprengigosi og gjóskumagni sem er stærðargráðu minna en í Veiðivatnagosi.
- Hraunstraumar á suðvesturhluta Bárðarbungusprungusveimis geta stíflað farveg Tungnaár og valdið flóðum inn í Þjórsá á næstu 100–400 árum.
- Nokkur þúsund ár eru síðan stórgos í Heklu olli vikurhlaupi í Þjórsá (fyrir um 2800 árum). Þrjú þekkt stórgos í Heklu hafa valdið flóðum í Þjórsá vegna vikurstíflna í ánni, (fyrir um 2800 árum, 3400 árum og 4000 árum). Þá hafa allar ár í nágrenni Heklu breyst í þykkan „vikurgraut“. Í tveimur hlaupanna (H4 og H3) flæddi Þjórsá yfir bakka sína neðan við Búðafoss, um 20 km neðan Búrfells. Líklega þarf um 300 ára goshlé fyrir slíkt stórgos.

1 Inngangur

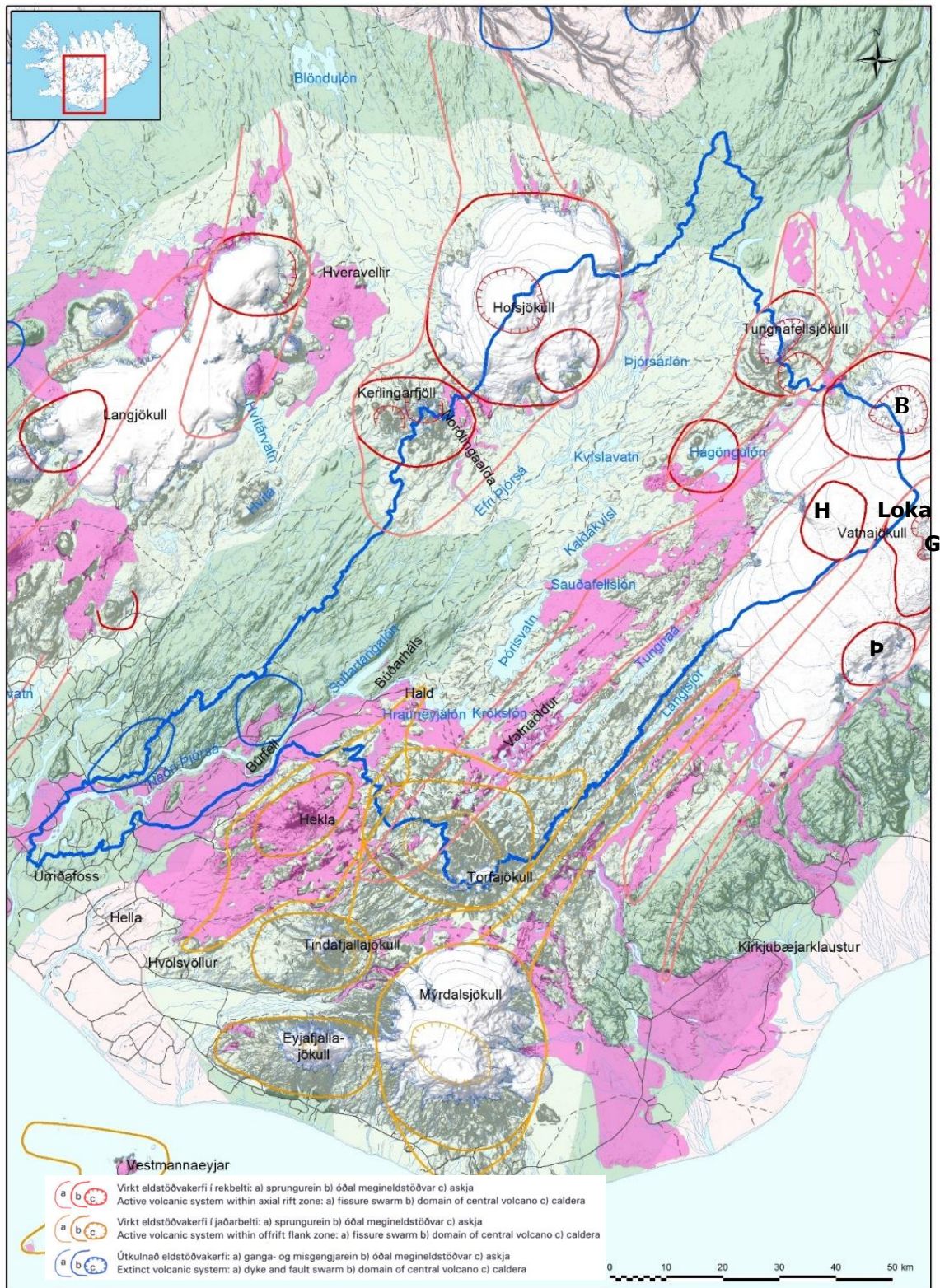
1.1 Vatnasvið Þjórsár og Tungnaár

Aðalupptök Þjórsár eru í austan- og sunnanverðum Hofsjökli en nyrstu upptakakvísar eru á Sprengisandi úr Tungnafellsjökli og Vatnajökli, sjá Mynd 2. Í Þjórsá falla Kaldakvísl og Tungnaá úr vestanverðum Vatnajökli¹. Áin fellur til sjávar á Suðurlandi.

Kennistærðir Þjórsár:

- Meðalrennsli við Urriðafoss: 360 m³/s.
- Vatnasvið: 7530 km². Um 600 km² eru í Vatnajökli, þar af um 400 km² undir Köldukvíslarjökli.
- Stærstu mældu leysingaflóð við Þjórsártún/Urriðafoss (desember 2006): um 2400 m³/s augnabliksrennsli (3200 m³/s án mannvirkja) (Verkís, 2013).
- Farvegur Þjórsár flytur yfir 2500 m³/s án þess að upp úr honum flæði í byggð (Landsvirkjun, 2014).

¹ Köldukvíslarjökull, Sylgjujökli og Tungnaárjökli



Mynd 2. Vatnaskil Þjórsár, Köldukvíslar og Tungnaár (blá lína). Nútfimhraun eru bleik (Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson, 2009). B: Bárðarbunga, H: Hamarinn, G: Grímsvötn, Þ: Þórðarhyrna

1.2 Náttúruvárfloð – Flokkun

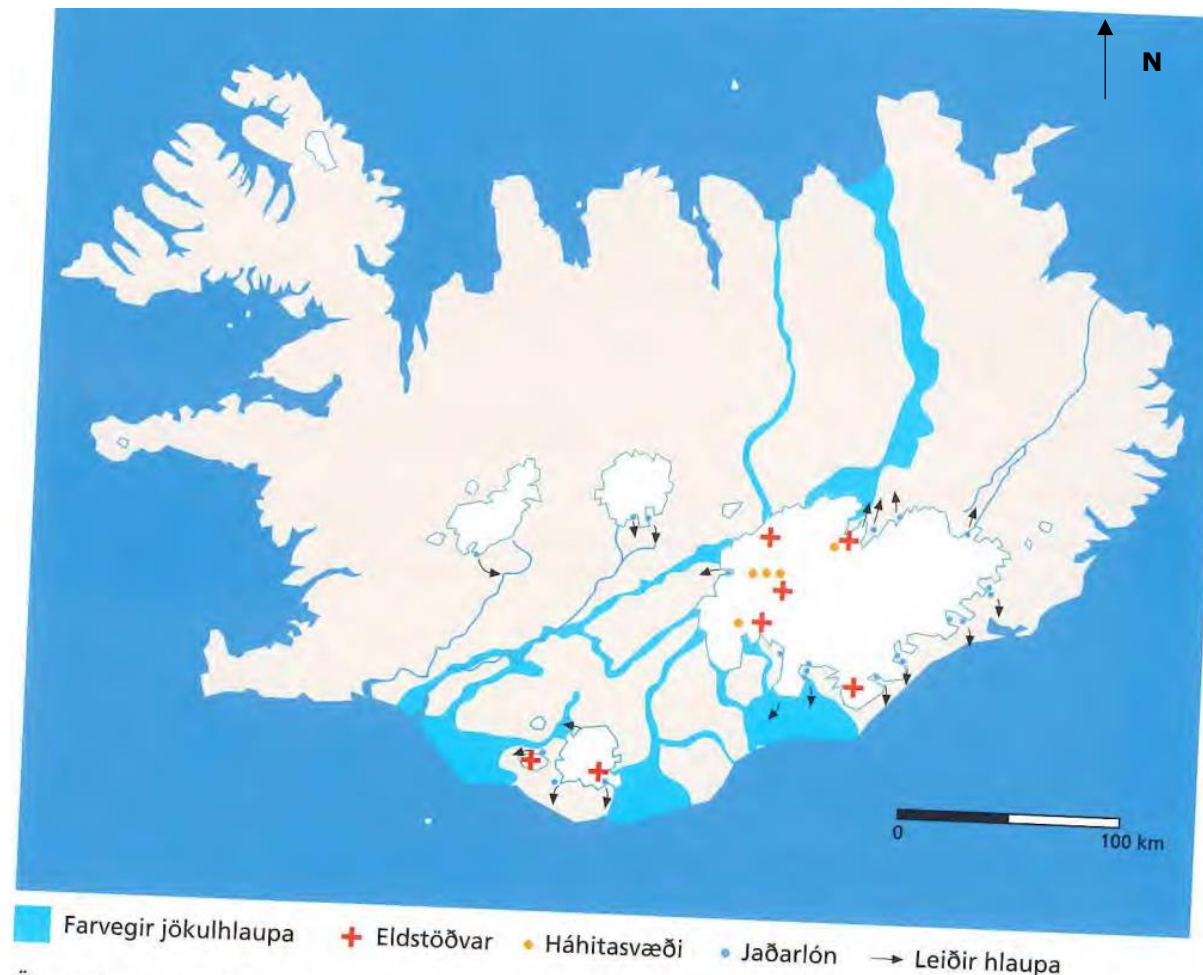
1.2.1 Jökulhlaup

Vatnssöfnun í og við jökla og hlaup sem bráðnun jökuls veldur eru gjarnan flokkuð í þrennt eftir eðli (Helgi Björnsson, 1992). Hlaup sem rekja má til:

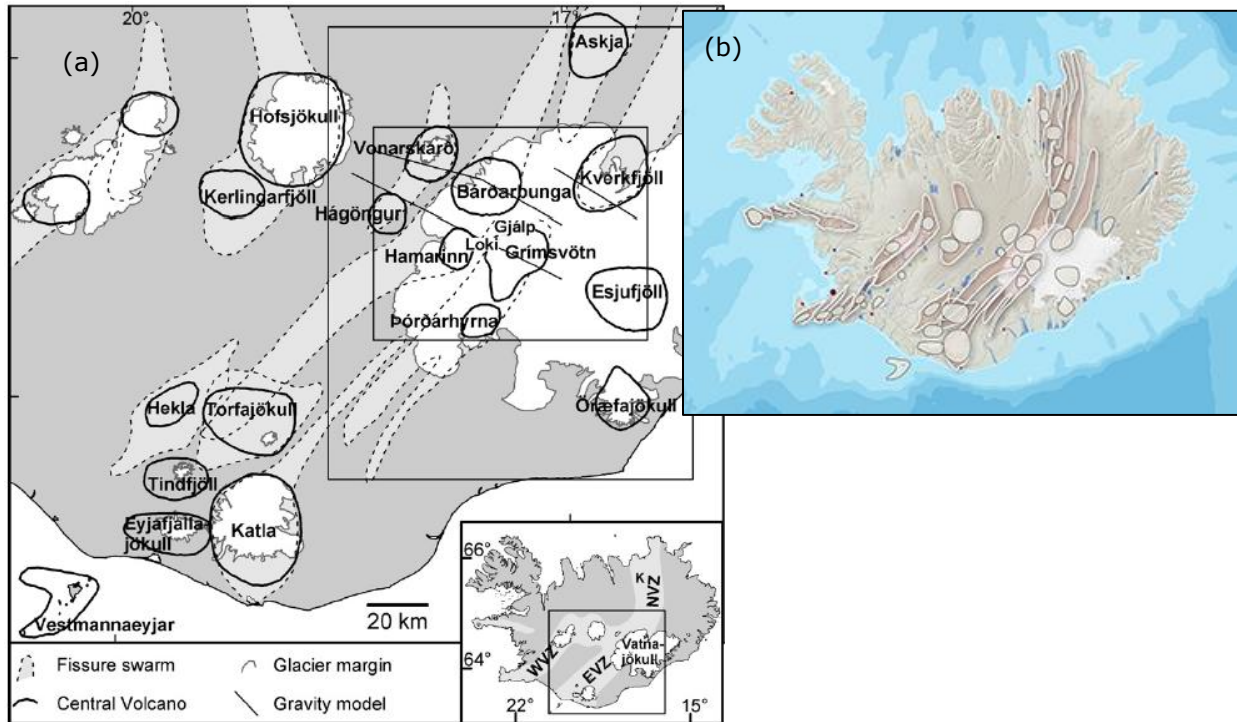
- 1) Vatna undir jökli á jarðhitasvæðum, s.s. Skaftárhlaup,
- 2) bráðnunar jökuls við eldgos undir jökli s.s. Kötluhlaup og
- 3) jökulstíflaðra vatna sem myndast úr bráðnunarvatni við jökuljaðar, s.k. jaðarlón eða jökullón t.d. Grænalón.

Hlaupin sjálf skiptast einkum í tvær gerðir: Annars vegar hlaup sem vaxa hægt og stígandi þannig að rennslið tvöfaldast á föstum tíma, þ.e.a.s. eftir veldisvísisfalli, t.d. Skeiðarárhlaup. Hins vegar skyndileg hlaup eins og stífla hafi snögglega brostið, t.d. hlaup úr Kverkfjöllum í Jökulsá á Fjöllum (Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005).

Svæði sem jökulhlaup hafa farið yfir á Íslandi á síðustu 10 000 árum eru á Mynd 3 og fimm eldstöðvakerfi sem kunna að hafa áhrif inn á Þjórsár–Tungnaársvæðið á Mynd 4.



Mynd 3. Örvar sýna hvert jökulhlaup féllu úr jaðarlónum á 20. öld en um aðra farvegi hafa hlaup fallið frá jarðhitasvæðum og vegna eldgosa allt frá lokum síðasta jökulskeiðs (Helgi Björnsson, 2009)



Mynd 4. (a) Eldstöðvakerfi á suðausturhluta landsins. Fimm þeirra: Heklu-, Torfajökuls-, Bárðarbungu-, Tungnafellsjökuls- (Vonarskarð) og Hofsjökulskerfið, geta valdið hlaupum inn á Þjórsár-Tungnaársvæðið (Magnús T. Guðmundsson og Þórdís Högnadóttir, 2007). (b) Í dag telst Bárðarbungukerfið ná lengra til austurs sunnan Öskju, eins og sýnt er á myndinni (vefsjá: icelandicvolcanoes.is)

1.2.2 Eðjuflóð, gjóskuflóð og vatnsflóð af völdum eldgosa

Vatnsflóð, önnur en jökulhlaup, eru að minnsta kosti þrenns konar:

- 1) Gusthlaup af gufumettaðri gosösku sem flæðir lárétt út frá gosmekki. Gusthlaup bræða jökulís miklu hraðar en rennandi hraun eða gjóskufall gera. Gusthlaup eða lítil gjóskuflóð hafa t.d. sést í Heklugosum.
- 2) Stíflubrot þegar ár í nágrenni eldstöðva stíflast vegna gjóskufalls og stíflan brestur skyndilega.
- 3) Eðjuflóð innihalda mun meira af föstu efni en vatnsflóð eða jökulhlaup, þ.e. 50–60% fastefni að lágmarki. Því verður rennsli þeirra annars konar en vatnsflóðs. Flæðið er stöðugt, án iðustrauma. Eiginleikar eðjunnar eru ekki ólíkir blautri steypu. Hún getur runnið mjög hratt og fylgir ekki endilega lægðum í landslagi. Dæmi um slíkt flóð er í Heklugosi fyrir um 3900 árum (Hekla-S). Hugsanleg skýring þess er að vatnssöfnun í gíg frá næsta gosi á undan, sem þetta gos braust út úr.

2 Jökulhlaup vegna eldgosa undir jökli

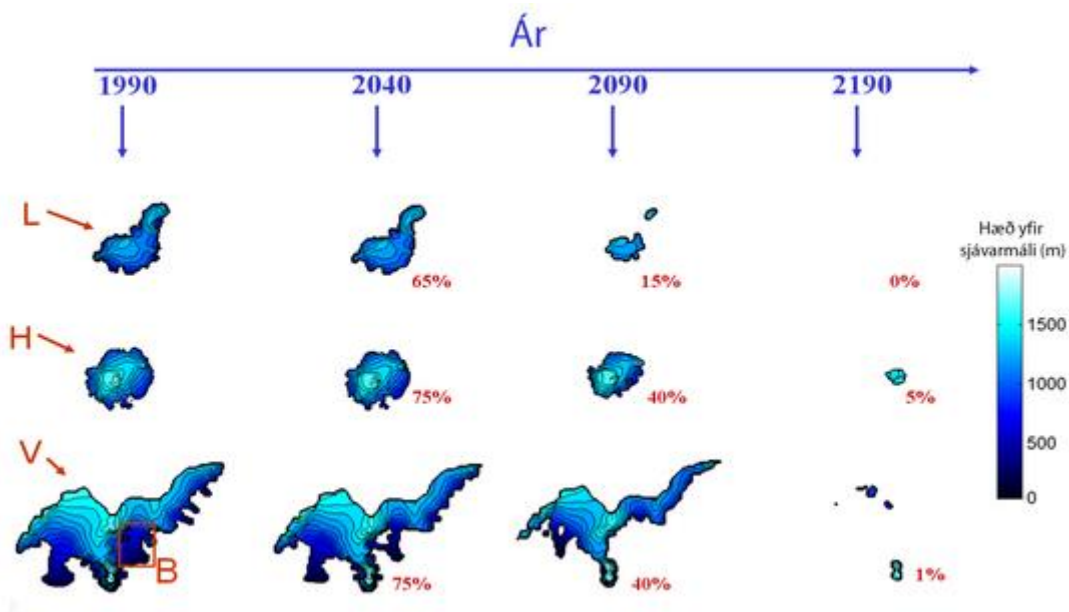
2.1 Vatnajökull

Vatnajökull er um 8100 km² að flatarmáli og að stórum hluta 400–800 m þykkur (Helgi Björnsson, 2009). Norðvesturhluti jökulsins liggur yfir hluta af eystra gosbelti landsins. Nokkur eldstöðvakerfi ná inn undir jökulinn (sjá Mynd 4). Hvert þeirra er gjarnan nokkrir tugir kílómetra að lengd og megineldstöðvar þriggja þessara eldstöðvakerfa, virkasti hluti þeirra, eru undir jöklinum (Bárðarbunga og Hamarinn, Grímsvötn og Þórðarhyrna og Kverkfjöll). Eldvirkni undir jöklinum virðist vera lotubundin með 130–140 ára langri lotu (Guðrún Larsen o.fl., 1998). Eldvirkni síðustu ára kann að benda til að lota mikillar eldvirkni undir jöklinum sé nýlega hafin (Guðrún Larsen o.fl., 1998; Magnús T. Guðmundsson, 2004).

2.1.1 Áhrif hnattrænnar hlýnunar

„Talið er að við lok 21. aldar gæti að jafnaði verið orðið 3°C hlýrra á Íslandi en var í lok 20. aldar og á næstu öld, 22. öld, hlýni enn hraðar. Líkanreikningar um viðbrögð jökla við breytttri afkomu benda til þess, að eftir 200 ár verði aðeins jökull á hæsta kolli Öræfajökuls og á fjallendinu á milli Grímsvatna, Bárðarbungu og Kverkfjalla. Vatnajökull gæti misst fjórðung af núverandi rúmmáli innan fimmtíu ára, en norðurhlutinn enst nokkru lengur.“ Helgi Björnsson (2009).

Á Mynd 5 eru reiknaðar breytingar á Langjökli, Hofsjökli og sunnanverðum Vatnajökli skv. sviðsmyndum um veðurfarsbreytingar.



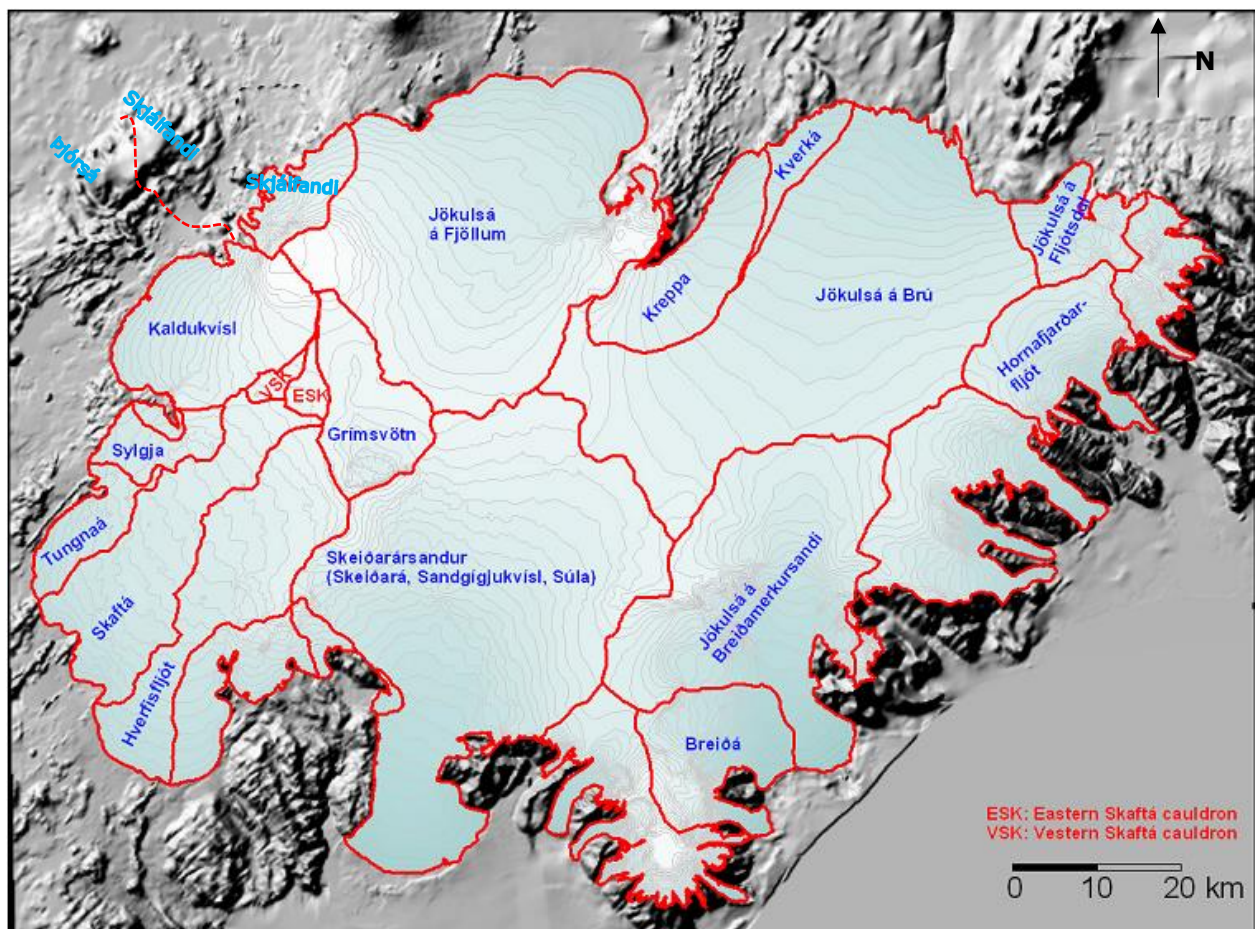
Mynd 5. Reiknaðar breytingar á Langjökli, Hofsjökli og sunnanverðum Vatnajökli skv. sviðsmyndum um veðurfarsbreytingar. Gefnar eru tölur um rúmmál sem hlutfall af rúmmáli 1990 (Tómas Jóhannesson o.fl., 2007)

„Við rýrnun Vatnajökuls má vænta aukinnar eldvirkni í gosreinum Grímsvatna, Bárðarbungu og Kverkfjalla, jafnvel samtímis í mörgum eldstöðvarkerfum. Þá verður aukin hættu á jökulhlaupum, allt frá Skeiðarársandi norður til Jökulsár á Fjöllum, sem ógna munu byggð. Jökulhlaup gætu fallið, þar sem þau hafa ekki komið áður svo öldum skiptir. Þá mun gjóska dreifast um jöklana og flýta enn fyrir rýrnun þeirra.

Þegar jökullinn þynnist, munu vatnaskil á honum færast til svo kílómetrum skiptir og upptök fallvatna við jökuljaðar einnig flytjast til. Jökulfarg hættir að geta þrýst vatni þvert yfir fjallshryggi, og vatn tekur þá að renna meðfram hryggjunum fram að jökuljaðri. Landslag undir jöklunum ræður þá meiru um rennslisleiðir vatns en nú er. Sumar ár munu vaxa, en aðrar minnka. Eftir því sem ísstíflur jökullóna þynnast verða hlaup úr þeim tíðari, en minni. Ný stífluð lón gætu myndast við jökuljaðar og hlaup hafist úr þeim. Við rýrnandi afkomu jökla kann svo að fara, að framhlaupum þeirra fækki, vegna þess að ís nær ekki að hlaðast upp á safnsvæðum. Ís mun brotna í lón, sem koma í ljós við jökulsporða og þau vaxa fljótt. Jökulsker stinga upp kollinum, þar sem ís er nú þynnstur á hryggjum og á fjallstoppum, en lengst liggur í dölunum.

Land rís, þegar jökulfarg minnkar. Hyrfi allur Vatnajökull, lyftist jörð undir honum miðjum um rúmlega 100 m, helming þess við núverandi jökuljaðar, 20 m á Höfn í Hornafirði og um 5 m á Kirkjubæjarklaustri. Þótt allur ísinn hyrfi skyndilega, tæki landið samt heila öld að rísa að fullu.“ Helgi Björnsson (2009).

Á Mynd 6 eru vatnaskil í Vatnajökli og Tungnafellsjökli.



Mynd 6. Vatnaskil í Vatnajökli (Helgi Björnsson og Finnur Pálsson, 2008). Vatnaskilum í Tungnafellsjökli hefur verið bætt inn á mynd

2.1.2 Bárðarbungukerfið

Bárðarbunga er megineldstöð á allt að 190 km löngu kerfi, sem nær frá Dyngjuhólum ytri í norðri um Dyngjuháls, undir Vatnajökul norðvestanverðan og áfram um Veiðivötn suður í Torfajökulskerfið, sjá Mynd 21. Bárðarbungukerfið (Bárðarbunga-Veiðivötn). Heimild Magnús Tumi Guðmundsson og Guðrún Larsen (2016) Eldstöðvakerfið er ýmist kennt við Bárðarbungu eða Veiðivötn eða bæði. Sprungureinin til suðvesturs frá Bárðarbungu er um 120 km löng. Á henni er minni megineldstöð, kennd við fjallið Hamarinn í vesturjaðri Vatnajökuls, 20 km suðvestan Bárðarbungu.

Einkennandi gos á kerfinu eru basísk sprengigos (aðallega VEI 3–4). Stærstu gos eru basísk flæðigos á sprungusveimum (rúmmál yfir 20 km³).

Á 18. öld gaus 10 sinnum á kerfinu, ýmist utan jökuls eða undir. Gosunum fylgdu fimm hrinur jökulhlaupa, fjórar í Jökulsá á Fjöllum og ein í Þjórsá, líklega um Tungnaá. Hugsanlega er hafin eldvirknihrina út frá Bárðarbungu, svipuð þeirri sem varð á kerfinu á 18. öld.

Flóð frá Bárðarbungukerfinu til suðvesturs takmarkast líklega við farvegi Köldukvíslar, Sylgju og Tungnaár. Gos á þeim hluta Bárðarbungukerfisins sem er undir Vatnajökli og á vatnasvæði Köldukvíslar, Sylgju og Tungnaár geta orðið:

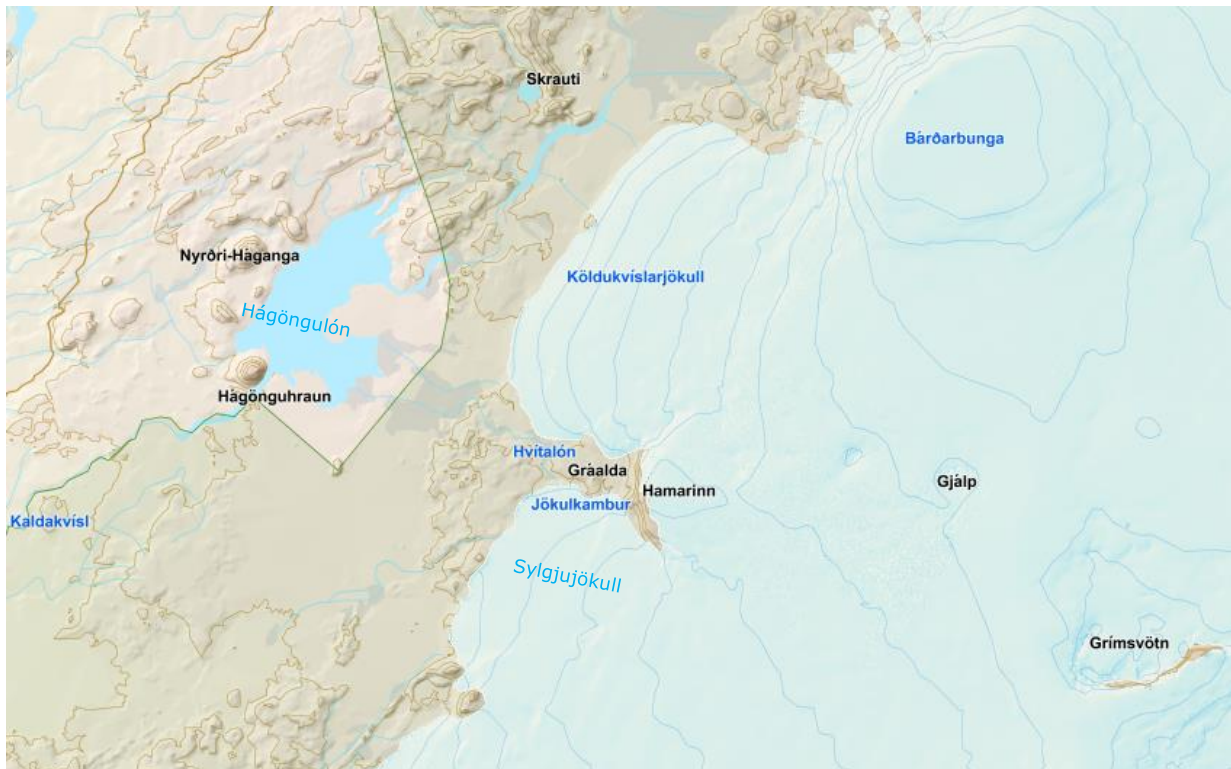
- 1) í öskju Bárðarbungu á „öskjubroti“.
- 2) í hlíðum Bárðarbungu utan öskjunnar (Köldukvíslarjökull og Rjúpnabrekkujökull) og/eða
- 3) á sprungusveimum út frá Bárðarbungu (Rjúpnabrekkujökull, Köldukvíslarjökull, Sylgjujökull og Tungnaárjökull).

Gossaga

- 26 þekkt gos hafa orðið síðustu 1100 ár, síðast norðan Vatnajökuls, í Holuhrauni í ágúst 2014–febrúar 2015.
- 350 gos á síðustu 7600 árum (byggt á öskulögum í jöklinum).
- Gostíðni kerfisins síðustu 1100 ár hefur verið 1 gos á 50 árum að meðaltali en flest á árabilinu 1200–1500 og á 18. öld. Lengd gosa er fáir dagar upp í mánuði.
- Tæplega 90% gosa á kerfinu hafa orðið undir Vatnajökli.
- Eldgos undir Vatnajökli, út frá Bárðarbungu, hafa orðið að jafnaði tvisvar sinnum á öld, síðast 1996 (Gjálpi) (Guðrún Larsen og Magnús Tumi Guðmundsson, 2016).
- Á 18. öld gaus um 10 sinnum á kerfinu.
- Tímalengd gosa undir jökli er talin dagar upp í mánuði (Guðrún Larsen og Magnús Tumi Guðmundsson, 2016).

2.1.3 Bárðarbunga

Bárðarbunga rís upp í 2 009 m hæð y.s., sjá Mynd 7. Þar hefur myndast askja sem er um 10 km í þvermál og 400–800 m djúp. Flatarmál öskjunnar, sem er full af ís, er um 65 km². Innan öskjunnar eru því um 40 000 GJ (40·10⁹ m³) af ís. Úr öskjunni geta komið hamfarahlaup samfara gosi. Um ¾ hlutar Bárðarbunguöskjunnar eru innan vatnasviðs Jökulsár á Fjöllum en um ¼ á vatnasviði Köldukvíslar.



Mynd 7. Bárðarbunga, Köldukvíslarjökull og Sylgjujökull, Hamarinn, Gjalp. Mynd úr kortasjá Landmælinga Íslands frá 13. mars 2017. Sigdæld NA Hamarsins er sýnd nokkurn veginn með rauðri stjörnu

Annáll jökulhlaupa

- *Hamfarahlaup í Jökulsá á Fjöllum:* Talið er að Jökulsárgljúfur kunni að hafa grafið í hlaupi eða hlaupum frá Bárðarbungu eða Kverkfjöllum a.m.k. 2500 árum f.Kr. og að rennslið hafi numið að hámarki 400 000 m³/s (Helgi Björnsson, 1992).
- *Hamfarahlaup í Þjórsá:* Ekki þekkt. Þó eru ummerki víða við Þjórsá, sem gætu verið eftir stórt jökulhlaup í ísaldarlok, fyrir 10 000–11 000 árum, einkum þykka svarta gjósku undir Þjórsárhrauninu (Snorri P. Snorrason o.fl., 2007). Færa má rök fyrir því að gosin hafi átt upptök sín í Vatnajökli, hugsanlega nálægt Skaftárkötlum og Hamrinum (Snorri P. Snorrason, samtali maí 2008).

Stærð jökulhlaupa

Hámarksrennsli í jökulhlaupi inn í Þjórsá/Hágöngulón er það sama og inn í Jökulsá á Fjöllum, eða yfir 150 000 m³/s.

2.1.4 Köldukvíslarjökull, Sylgjujökull og Tungnaárjökull

Köldukvíslarjökull, Sylgjujökull og Tungnaárjökull eru að hluta eða öllu leyti á suðvesturrein Bárðarbungukerfisins².

Undir jöklunum geta því opnast gossprungur. Líkleg lengd sprunga er 5–15 km (Magnús Tumi Guðmundsson, 2014). Köldukvíslarjökull er 0–700 m þykkur og Sylgjujökull og Tungnaárjökull eru 0–500 m þykkir. Síðan 1477 hafa 80 % jökulhlaupa sem tengjast eldgosum undir jökli á Bárðarbungukerfinu runnið í Jökulsá á Fjöllum, 10 % í Skjálfandafljót og 10 % í Þjórsá. Samantekt skráðra gosa á Bárðarbungukerfinu og jökulhlaupa sem fylgdu eru í Viðauka 2.

² Milli Bárðarbungukerfisins og Grímsvatna er svæði sem gæti verið sjálfstætt eldstöðvakerfi, kennt við Loka. Nafnið er dregið af Lokahrygg undir jöklinum milli Hamarsins og Grímsvatna. Þar eru jarðhitasvæðin undir Skaftárkötlum. Ekki er vitað með vissu um eldgos á Lokakerfinu á sögulegum tíma en móbergshryggur undir Tungnaárjökli og milli Tungnaár og Skaftár tengist kerfinu og varð til í gosum undir jökli. (Guðrún Larsen o.fl., 2013)

Annáll jökulhlaupa

- Sumarið 1766. Í heimildum er getið um allmikil hlaup í Þjórsá sem talin eru hafa stafað af hlaupum í Tungnaá vegna goss undir Vatnajökli (Sigurður Þórarinnsson, 1974). Í heimildum er ekki getið um að hlaupin hafi flætt upp úr farvegum Tungnaár og Þjórsár. Því hefur hámarksstærð verið metin um 5000 m³/s (Landsvirkjun, 2014). Í efnisskrá íslenskra eldfjalla er hámarksstærð hlaupsins talin 10 000 m³/s (Magnús Tumi Guðmundsson og Guðrún Larsen, 2016).
- Ummerki eru um hlaup í Sylgju fyrir minna en 7200 árum. Hlaupfarvegurinn liggur um Heljargjá. Stærð og orsök eru ókunn (Guðrún Larsen o.fl., 2013). Hámarksstærð hefur ekki verið metin.
- Ummerki eru um hlaup fyrir minna en 9000 árum í farvegi Köldukvíslar, sunnan Syðri-Hágöngu. Hámarksstærð hefur verið metin um 7500–10 000 m³/s (Verkís, 2014c). Orsök er óþekkt.

Stærð jökulhlaupa

Út frá niðurstöðum Magnúsar Tuma Guðmundssonar (2014) á líklegum stærðum sprungugosa undir Köldukvíslarjökli má meta stærðir jökulhlaupa frá vestanverðum Vatnajökli, út frá flatarmáli skriðjöklanna: Köldukvíslarjökuls, Sylgjujökuls og Tungnaárjökuls. Mat á rennsli í jökulhlaupum byggir á hraða bráðnunar jökulíss í Gjálpargosinu³ 1996. Mat á hámarksbráðnun í sprungugosi er eftirfarandi:

- Köldukvíslarjökull yfir í Hágöngulón: 30 000 m³/s, sprungulengd um 20 km.
- Sylgjujökull yfir í Þórisvatn: 5 000 m³/s, sprungulengd undir 5 km.
- Tungnaárjökull yfir í Krókslón: 15 000 m³/s, sprungulengd um 10 km.

2.1.5 Hamarinn

Á suðvesturrein Bárðarbungukerfisins er vísir að megineldstöð, kenndri við Hamarinn í vesturjaðri Vatnajökuls, Mynd 21 í Viðauka 1. Sá dregur nafn af þverbrattri vesturbrún sem rís upp í 1570 m hæð y.s. Þyngdarmælingar benda til þess að Bárðarbunga og Hamarinn tengist með þéttum sveimi bergganga. Hamarinn nær um 8 km austur undir Vatnajökul. Kollur hans er nær hringlaga, um 60 km² að flatarmáli í um 1200 m hæð en miðja gígskálarinnar nær niður fyrir 1150 m y.s. Frá austanverðum Hamrinum liggur hryggur suðvestur að Fögrufjöllum við Langasjó. Eftir þessum hrygg liggja vatnaskil milli Tungnaár og Skaftár undir jökli (Helgi Björnsson, 2009).

Annáll eldvirkni

- Talið er líklegt að gos í vesturhluta Vatnajökuls árið 1910 hafi orðið nálægt Hamrinum (Sigurður Þórarinnsson, 1974) án þess að fylgdi jökulhlaup. Því er talið líklegt að gosið hafi nálægt jökuljaðrinum þar sem jökullinn er þunnur (Sigurður Þórarinnsson, 1974).
- Á Fögrufjallahrygg, utan jökuls hefur engin eldvirkni verið síðustu 9000 ár.

Stærð jökulhlaupa

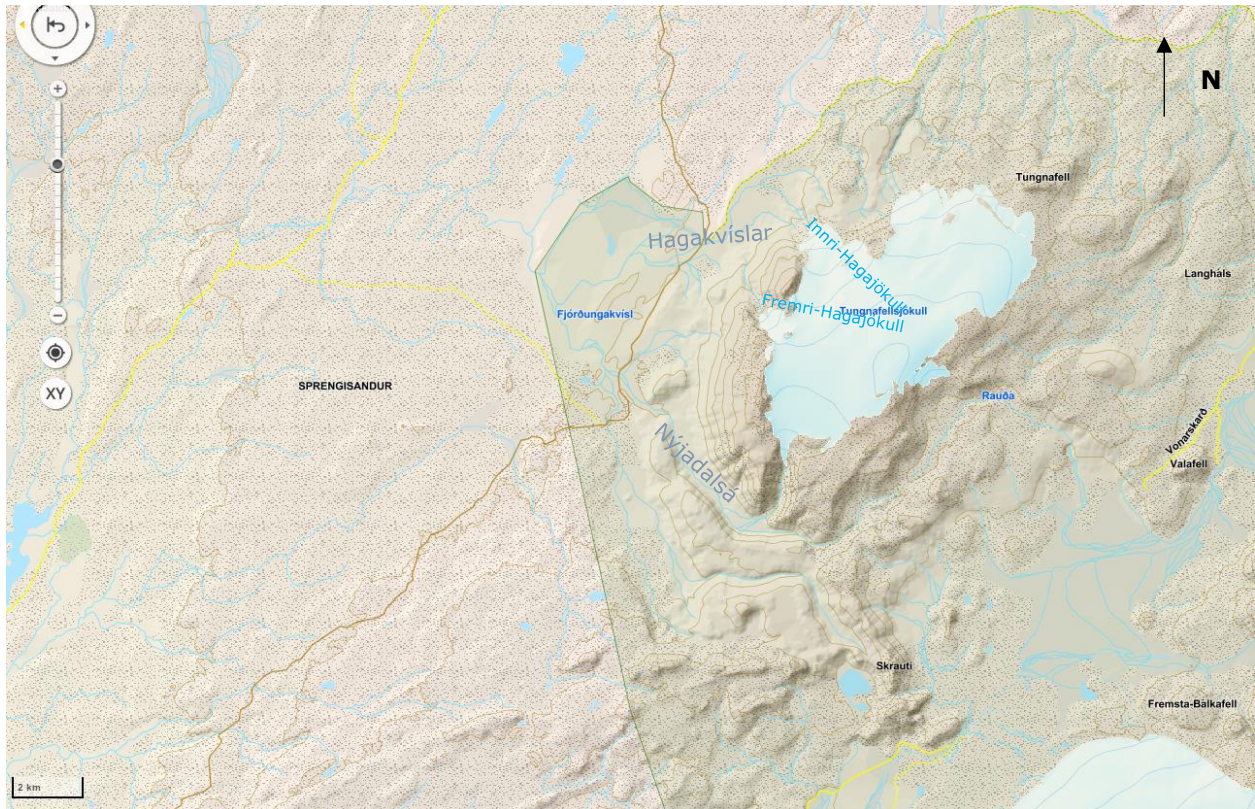
Gos við Hamarinn undir Köldukvíslarjökli hlypi líklega strax fram. Hámarksstærð þess gæti verið um 5 000 m³/s.⁴

³ Gos mitt á milli Bárðarbungu og Grímsvatna, í Gjálp, 1996 er dæmi um sprungugos undir þykkari hluta Vatnajökuls. Gosið stóð yfir í 13 sólarhringa. Vatn frá gosstöðinni rann strax fram og inn í Grímsvötn, þar sem það safnaðist fyrir. Hámarksrennsli frá gosstöðinni inn í Grímsvötn nam um 8 000 m³/s, eða að meðaltali um 5 000 m³/s yfir sólarhringinn, fyrstu fjóra sólarhringana (Magnús T. Guðmundsson, 1997, Magnús T. Guðmundsson o.fl., 2004). Gosið var sprungugos á um 6 km langri sprungu. Þykkt jökulíss ofan á sprungunni nam í upphafi goss um 550–750 m (Magnús T. Guðmundsson, 2004).

⁴ Hámarksstærð jökulhlaups niður suðurhlíðar Eyjafjallajökuls í gosinu 2010 hefur verið metin 125 m³/s. Hlaupið varði stutt, um 3 klst. Jökullinn í suðurhlíðunum er um 100 m þykkur en í toppgígnum 100–300 m þykkur. Flóðtoppur í Markarfljóti mældist sama dag 2640 m³/s. Varandi flóðtoppsins var um 6 klst. (Magnús Bernhard Gíslason, 2012).

2.2 Tungnafellsjökull

Tungnafellsjökull liggur milli Vatnajökuls og Hofsjökuls. Jökullinn er um 50 km² og stendur um 700 m yfir umhverfi sínu (1 523 m y.s.). Á Tungnafellsjökulskerfinu eru tvær megineldstöðvar: Tungnafellsjökull og Hágöngur, sjá Mynd 23 í Viðauka 1. Tungnafellsjökull er talinn aðal megineldstöðin og Hágöngur fódraðar frá honum (Páll Einarsson, 2016). Tungnafellsjökull er keilulaga eldfjall. Þar er um 4x9 km víð og um 130 m djúp askja, full af ís.⁵ Önnur askja er í Vonarskarði, austan jökulsins, þar sem er stórt háhitasvæði. Annað háhitasvæði er austan við Hágöngur. Svæðið í kringum megineldstöðvarnar einkennist af gosmyndunum undir jökli (líparít stapamyndanir: Hágöngur og Vonarskarð; móbergshryggir: Tungnafellsjökull).



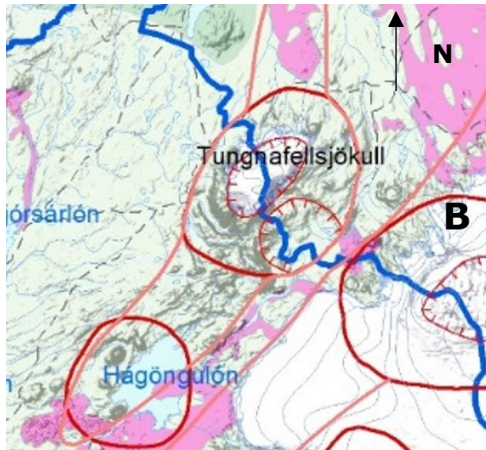
Mynd 8. Mynd af kortasjá Landmælinga Íslands, 7. desember 2016

Sprungusveimar kerfisins eru 15 og 25 km langir og um 15 km breiðir.

Lítill eldvirkni er í kerfinu en þar gaus síðast litlu hraungosi fyrir nokkur þúsund árum. Smáskjálftavirkni er á kerfinu.

Vatnasvið jökulsins skiptist nánast til helminga milli Skjálfandafljóts í NA og Þjórsár í SV, sjá Mynd 9. Jökulhlaup frá Tungnafellsjökli eru ekki þekkt.

⁵ Askjan rúmar um 4000 Gl (4·10⁹ m³), sem er tífalt minna rúmmál en í Bárðarbunguaskjan.



Mynd 9. Vatnaskil í Tungnafellsjökli

Annáll eldvirkni

Gossaga kerfisins er lítt þekkt.

Engin gos eru þekkt síðustu 1100 ár.

- *N-sprungusveimur*: Gosmyndanir undir jökli einkenna sprungusveiminn, Bokki og Dvergar. Tvö basísk sprungugos urðu á síðustu 10 000 árum (nú tíma). Gosin voru lítil og skammlíf. Það stærra myndaði dyngjuna Bokka. Hraunið, Tunguhraun rann 12 km og stærð þess nam um 0,3 km³.
- *S-sprungusveimur*: Upplýsingar vantar en sprungusveimar eru SV við jökulinn (Snorri Páll Snorrason, samtal 2019).
- *Tungnafellsjökull, Hágöngur*: Aldur þeirra og fleiri myndana sem líklega hafa orðið til undir jökli er óþekktur. Þessi gos gætu hafa orðið á nú tíma, e.t.v. fyrir um eða yfir 8 000 árum (Magnús Tumi Guðmundsson og Guðrún Larsen, 2016).⁶ Elsa G. Vilmundardóttir og Ingibjörg Kaldal (1995) telja Hágöngulíparítið nokkur hundruð þúsund ára gamalt eða um milljón ára (Ágúst Guðmundsson). Jökulhlaup frá Tungnafellsjökli eru ekki þekkt.

Útbreiðsla og stærð hlaupa

- Gos í öskju Tungnafellsjökuls gætu valdið jökulhlaupi til suðvesturs út í Þjórsá eða til norðausturs út í Skjálfandafljót, með jöfnum líkum⁷. Út frá stærð jökulsins ætti stærð hlaupa að vera a.m.k. 10 falt minni en stærð hlaupa frá Bárðarbunguöskju út í Köldukvísl með rennsli að hámarki um 10 000 m³/s. Magnús Tumi Guðmundsson og Guðrún Larsen (2016) hafa metið stærð slíkra hlaupa, að teknu tilliti til gosvirkni og stærðar gossprunga á kerfinu. Þau telja líklegast að gosi í öskjunni fylgi lítið (rennsli < 3000 m³/s) til meðalstórt (rennsli < 10 000 m³/s) jökulhlaup.
- Líklegar leiðir hlaupvatns eru um Nýjadal/Jökuldal og þaðan í Fjórðungskvísl, svo og í Hagakvíslar frá Fremra-Hagajökli eða Innra-Hagajökli, sjá Mynd 8. Landslag undir jöklinum hefur ekki verið kortlagt (Helgi Björnsson, 2009).
- Magnús Tumi Guðmundsson og Guðrún Larsen (2016) benda jafnframt á jarðskjálftavirkni við Hágöngur og áhrif þeirra á stíflur (stíflurof).

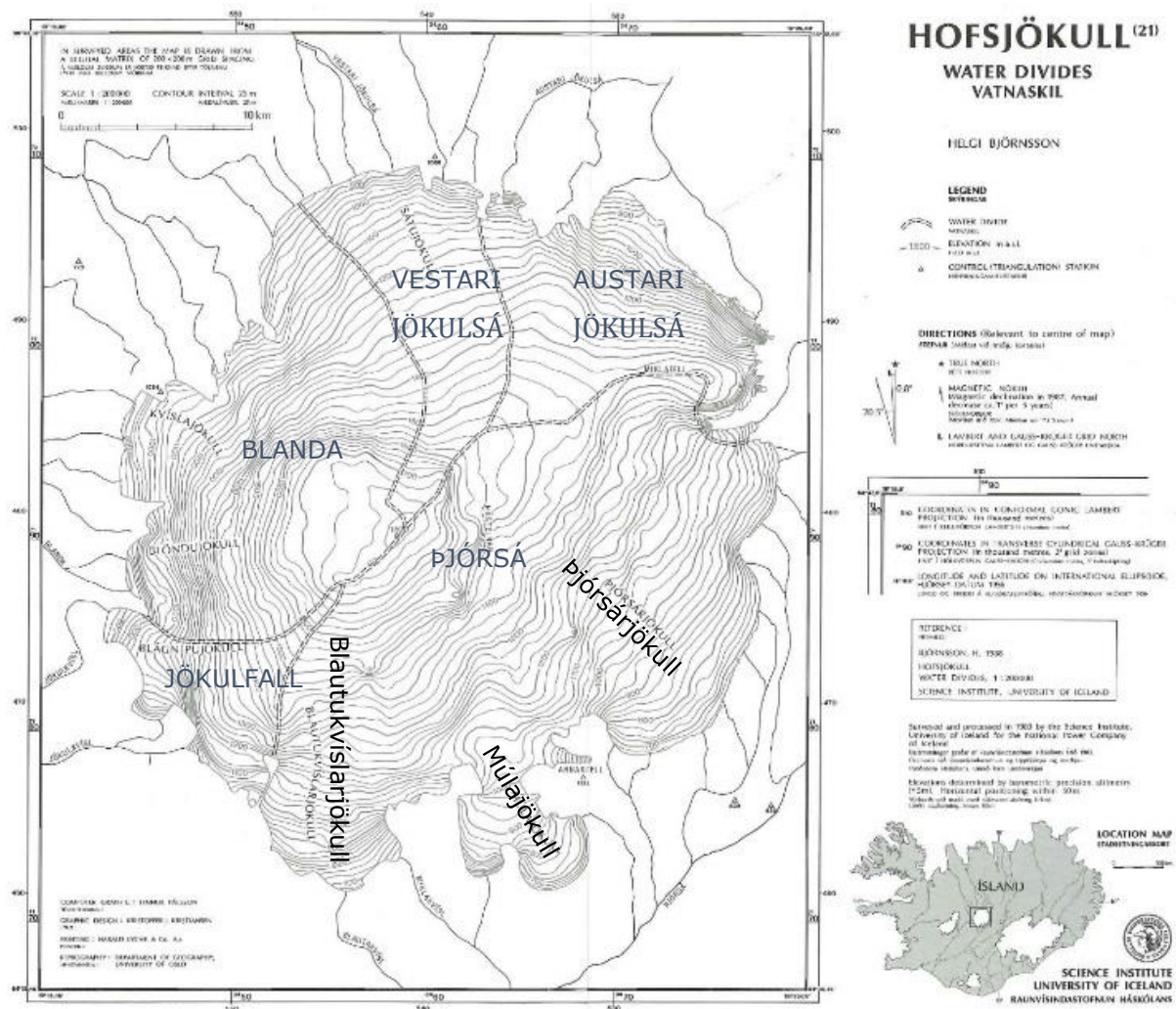
2.3 Hofsjökull: Blautukvíslarjökull, Múlajökull og Þjórsárjökull

Hofsjökull er megineldstöð samnefnds eldstöðvakerfis, sjá Mynd 24 í Viðauka 1. Hann er þriðji stærsti jökull Íslands eftir Vatnajökli og Langjökli og að stórum hluta 200–400 m þykkur. Jökullinn er um 900 km² (Oddur Sigurðsson, 2001). Jökullinn hvílir á einu mesta eldfjalli Íslands, með um

⁶ Fyrir um 8 000 árum var land orðið autt á Tungnaáröræfum (Helgi Björnsson, 2009).

⁷ Ályktun út frá stærð vatnasviða eingöngu.

700 m djúpa og 7x8 km víða, ísfyllta öskju, sjá Mynd 10. Í miðri öskjunni er ísinn um 750 m þykkur (Helgi Björnsson, 2009). Askjan rúmar því um 30 000 Gí af ís, um 10 000 Gí minna en askja Bárðarbungu. Ís rennur úr skarði í öskjunni til vesturs niður á vatnasvið Blöndu (Oddur Sigurðsson, 2001). Stærstur hluti jökulsins er á vatnasviði Þjórsár, sjá Mynd 10. Þar er ísinn að jafnaði 200–300 m þykkur. Í kvos undir Múlajökli er jökullinn þykkastur utan öskjunnar, 580 m (Helgi Björnsson, 2009). Í nokkrum lögðum í jöklinum er hann hins vegar þykkri. Regluleg skjálftavirkni innan öskjunnar og nútímahraun benda til þess að kerfið sé enn virkt. Sigkatlar í jöklinum benda til jarðhita, hugsanlega háhita, undir honum. Önnur megineldstöð kerfisins er Kerlingarfjöll, sjá Mynd 11.



Mynd 10. Vatnaskil í Hofsjökli (Helgi Björnsson, 1990; Helgi Björnsson, 2009)



Mynd 11. Mynd úr kortasjá Landmælinga Íslands frá 20. desember 2018

Frá Hofsjökli liggja mikil sprungukerfi í suðvestur um Kerlingarfjöll og til norðnorðvesturs um Hofsafrétt og Eyvindarstaðaheiði (Oddur Sigurðsson, 2001). Heildarlengd sprungukerfisins er um 90 km og breidd þess 35 km.

Líklegt er talið að Hofsjökulskerfið hafi gosið 6–7 sinnum á nútíma, þegar jökullinn var minni og því hafi jökulhlaup ekki fylgt gosunum (Oddur Sigurðsson, samtal maí 2008). Trúlega voru gosin sprungugos. Síðasta gos var fyrir nokkur þúsund árum. Þrjú nútímahraunanna liggja sunnan jökuls, þrjú slík hraun eru norðan hans og eitt austan.

Annáll eldvirkni

Karl Grönvold (2015) metur endurkomutíma gosa á kerfinu frá nokkrum hundruðum til nokkurra þúsunda ára. Lengd gosa er talin í dögum eða vikum.

Hofsjökull: Engar upplýsingar. Sex hraun frá síðustu 10 000 árum liggja við jökuljaðar, hugsanlega í stefnu sprungugeisla út frá megineldstöðinni. Hið stærsta nær 15 km út frá jökli og þekur 16 km². Hin hraunin eru smá. Gosin urðu þegar jökullinn var minni um sig en í dag. Síðasta gos var fyrir nokkur þúsund árum.

Kerlingarfjöll: Liggja í dvala. Gosmyndanir hafa orðið til undir ís, líklega á síðustu 350 000 árum (Karl Grönvold, 2015).

S-sprungusveimur: Lengsta hraun er 20 km, 0,3–0,4 km³ að rúmmáli⁸. Önnur hraun eru lítil til meðalstór (Karl Grönvold, 2015).

Annáll jökulhlaupa

Engin stórhlaup eru þekkt frá jöklinum (Oddur Sigurðsson, samtal maí 2008). Hins vegar bendir landslag undir jöklinum til þess að jökulhlaup hafi hugsanlega átt þátt í mótun þess:

- Undir miðjum Blautukvíslarjökli er þröngt um 250 m djúpt gljúfur, sem kann að vera grafið af jökulhlaupi við gos í sunnanverðri megineldstöðinni (Helgi Björnsson, 2009).
- Á Bjórsárjökli, suðaustan Lágsteina, hefur jökulsporðurinn grafið um 100 m djúpa kvos. Vatnsrof hefur átt mikinn þátt í því, hugsanlega við jökulhlaup vegna eldgosa undir ís (Helgi Björnsson, 2009).

⁸ Til samanburðar má nefna að Holuhraun er 1,6 km³ og 84 km² að flatarmáli og rann um 15 km frá upptökum. Lengd sprungu sem gaus varð fljótt 1,5 km

- Á Blautukvíslarjökli niður af gljúfrinu sunnan Tanna hefur sporður jökulsins grafið 100 m djúpa kvos. Vatnsrof hefur átt mikinn þátt í því, hugsanlega jökulhlaup vegna eldgosa undir jökli (Helgi Björnsson, 2009).
- Vik inn í miðjan Þjórsárjökul sunnan við upptök Háölduhrauns stafar af móbergshrygg, sem heldur þaðan áfram norðvestur innundir jökulinn (Helgi Björnsson, 2009). Móbergið bendir til eldvirkni undir jökli.

Stærð jökulhlaupa

- Gos í öskju Hofsjökuls ylli jökulhlaupum í NV í Blöndu, hugsanlega hamfarahlaupum.
- Gos utan öskju Hofsjökuls en undir jöklinum geta valdið stórhlaupum í Þjórsá. Líklegast yrðu gosin sprungugos en ógætilegt að útiloka sprengigos. Mat á stærð hlaupa í kjölfar goss undir jökli hefur ekki farið fram. Ef þau renna strax undan jöklinum í kjölfar goss á um 5 km langri sprungu, þar sem jökullinn er um 200–400 m þykkur væri hugsanlega um 5–10 þúsund m³/s af hlaupvatni að ræða.⁹
- Vatnsmagn sem safnast gæti í um 100 m djúpar lögðir undir Blautukvíslarjökli og Þjórsárjökli hefur ekki verið reiknað (sjá Helgi Björnsson, 2009).
- Vatn gæti safnast í þröngan dal/lægð undir Múlajökli, í kverk milli Hjartafells og Jökulbrekku. Þar er jökullinn 550 m þykkur. Land í lögðinni er mest 150 m lægra en undir jökulsporðinum.
- Líkleg goslengd í gosi utan öskjunnar er talin vera dagar upp í vikur, þar sem hraunin út frá jöklinum eru flest smá.

2.4 Torfajökull

Sjá umfjöllun í kafla 5.3 „Torfajökull“ um gjóskustíflur.

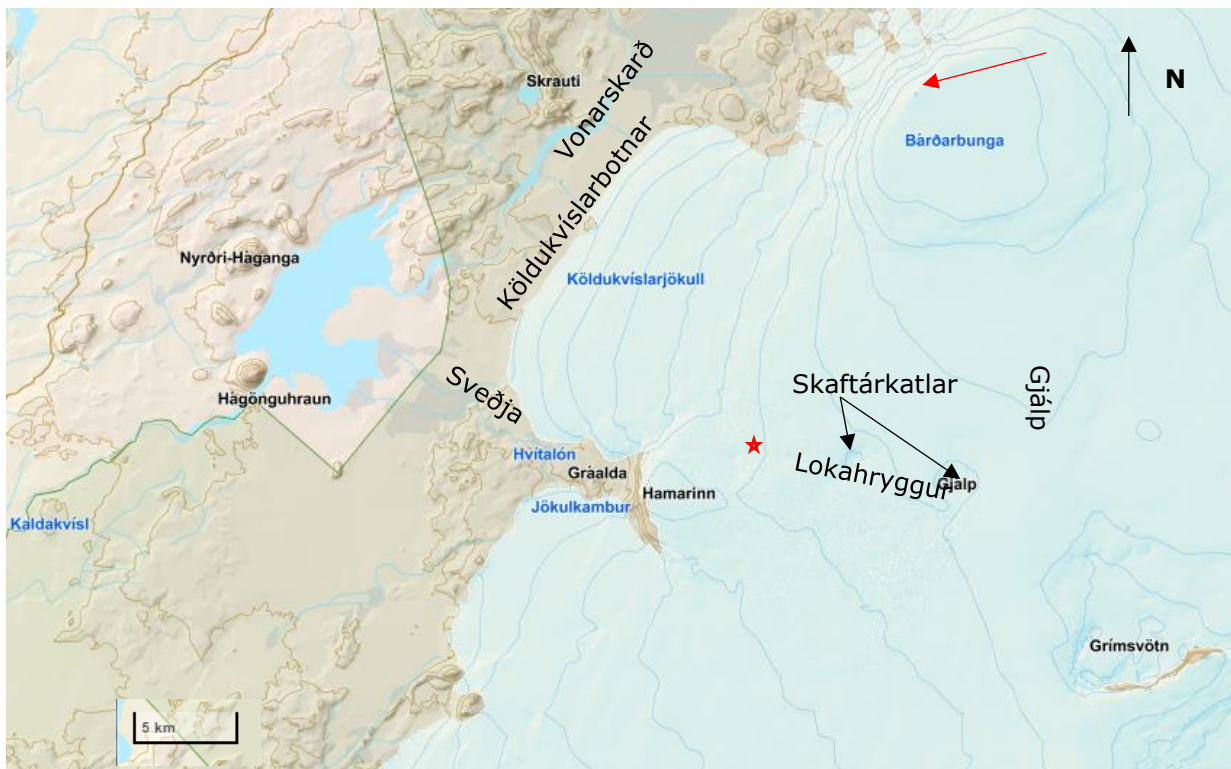
⁹ Miðað við greiningu Magnúsar Tuma Guðmundssonar (2014) á rennsli inn í Köldukvísl vegna gosa undir Köldukvíslarjökli og miðað við meðalstórt gos.

3 Jökulhlaup vegna jarðvarmavirkni undir jökli

3.1 NV Vatnajökull

3.1.1 Lokahryggur: Kaldakvísl, Sveðja

Milli Bárðarbungu-Veiðivatna og Grímsvatna er svæði sem kann að vera sjálfstætt eldstöðvakerfi, kennt við Loka. Nafnið er dregið af Lokahrygg undir jöklinum milli Hamarsins og Grímsvatna, sjá Mynd 12. Tvö öflug jarðhitasvæði hafa þar myndað stóra sigkatla, Skaftárkatla (sjá Mynd 6 og Mynd 12). Vestan þeirra er þriðja dældin, á vatnasviði Köldukvíslar, 4 km NA af hæsta kalli Hamarsins, en jarðhiti undir henni er mun minni (Magnús Tumi Guðmundsson, o.fl., 2013; Helgi Björnsson, 1992).



Mynd 12. Lokahryggur og Hamarinn. Mynd úr kortasjá Landmælinga Íslands frá 13. mars 2017. Sigdæld NA Hamarsins er sýnd nokkurn veginn með rauðri stjörnu. Rauð ör vísar á ketil í vesturbrún Bárðarbungu

Annáll jökulhlaupa

Jökulhlaup 1967-1988: Annálar jökulhlaupa hafa verið teknir saman fyrir tímabilið 1967-1988 og birtir í tímaritinu Jökli, nr. 20, 23, 26, 31, 34 og 42 (Sigurjón Rist og Sigurður Þórarinnsson, 1970; Sigurjón Rist, 1973, 1976, 1981 og 1984; Oddur Sigurðsson o.fl., 1993). Þar eru tvö hlaup skráð sem kunna að hafa orðið vegna jarðhita undir jökli:

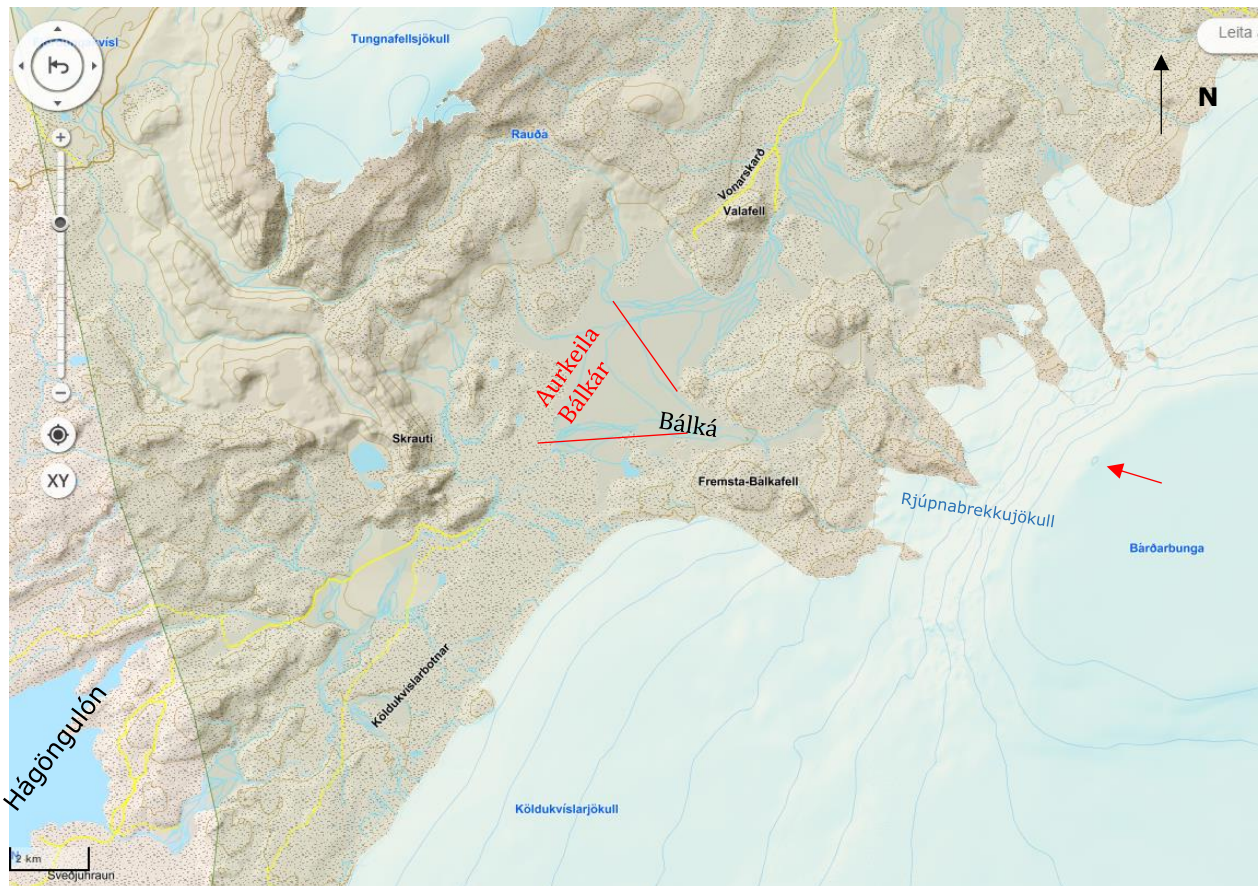
- Ágúst 1972: Um 20 Gl hlupu í Köldukvísl um Hamarslón. Uppruni hlaupvatns er ókunnur en ekki var talið að uppruni væri eldgos eða jarðhiti. Hins vegar var magn hlaupvatns meira en talið var geta rúmast í Hamarslóni (Sigmundur Freysteinnsson, 1972).
- Ágúst 1988: Um 11 Gl hlupu í Köldukvísl um Hamarslón. Jöklaflýla var af Köldukvísl (Oddur Sigurðsson o.fl., 1992).
- 1998-2004: Engin þekkt hlaup (Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005).
- Júlí 2011: Hlaupvatn skilaði sér í Köldukvísl um Sveðju. Flóðtoppurinn varði í um 2 klst. og heildarrennsli nam 30 Gl ($3 \cdot 10^7 \text{ m}^3$). Hlaupið stóð í um 12 klst. (Galeczka og Sigurður Gíslason, 2011). Uppruni hlaupsins gæti verið jarðhiti eða smágos en skoðanir um það eru skiptar (Magnús Tumi Guðmundsson o.fl., 2013).

- Haustið 2011: Þrír sigkatlar sáust á Köldukvíslarjökli en ekki eru upplýsingar um óvenjulegt innrennsli í Hágöngulón (Pálmi Ragnar Pálmason, samtal 2017). Ljósmyndir af kötlunum eru til.

3.1.2 Vesturbrún Bárðarbungu: Bálká-Kaldakvísl

Bálká heitir á sem kemur undan Bárðarbungu, úr Rjúpnabrekkujökli, í þremur kvíslum og rennur úr Vonarskarði í Köldukvísl og Skjálfandafljót. Úr katli í vesturbrún Bárðarbungu getur hafa hlaupið í Bálká og Köldukvísl, sjá Mynd 13.

Mikil aurkeila í Vonarskarði undan upptökum Bálkár sýnir að þar hefur komið stórhlaup eða margendurtekin hlaup, sjá Mynd 13 (Oddur Sigurðsson, samtal maí 2008). Í jökulhlaupaannál árána 1984-1988 er tekið fram að menn telji að miðkvíslin hlaupi árvisst. Hlaupin séu lítil en þó svo stór að þeirra hefur orðið vart á vatnshæðarsíritum í Sauðafellslóni (Oddur Sigurðsson o.fl., 1992).



Mynd 13. Vonarskarð og Bálká. Mynd úr kortasjá Landmælinga Íslands frá 13. mars 2017. Rauð ör vísar á ketil í vesturbrún Bárðarbungu

Annáll jökulhlaupa

1984-1988: Talið að miðkvísl Bálkár hlaupi árvisst (Oddur Sigurðsson o.fl., 1992).

1994-2004: Engin þekkt hlaup (Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005).

3.1.3 Samantekt

Hlaup vegna jarðvarmavirkni undir NV hluta Vatnajökuls geta valdið hlaupum í Köldukvísl og Sveðju. Hlaupin gætu tengst eldvirkni á Bárðarbungukerfinu eða jarðvarmavirkni og/eða eldvirkni á Lokahrygg.

Stærð hlaupa

- Hámarksrennsli í hlaupum sem þessum verður um 2000 m³/s.
- Stærsti mældi flóðtoppur er 2000 m³/s úr sigkatli norðaustan í Hamrinum, vestan Skaftárkatla, í júlí 2011, heildarmagn nam um 10 Gl.¹⁰

3.2 Hofsjökull

Jarðhiti undir Hofsjökli er lítil og hefur ekki valdið umtalsverðum hlaupum í ám.

Annáll jökulhlaupa

Í ágúst 2013 jókst rennsli í Vestari Jökulsá með hugsanlegum jarðhitabætti og litlum sigkatli (Karl Grönvold, 2015). Ketillinn var 30 m djúpur og 7 km langur á langveginn. Í honum rúmast 5·10⁶ m³ af ís (5 Gl) (Tómas Jóhannesson o.fl., 2014). Rennsli árinna jókst ekki svo vandræði hlytust af skv. frétt á vef VÍ frá 2013-10-11. Hlaupið náði hámarki á 3 dögum og hjaðnaði á 3-4 dögum.

Stærð hlaupa

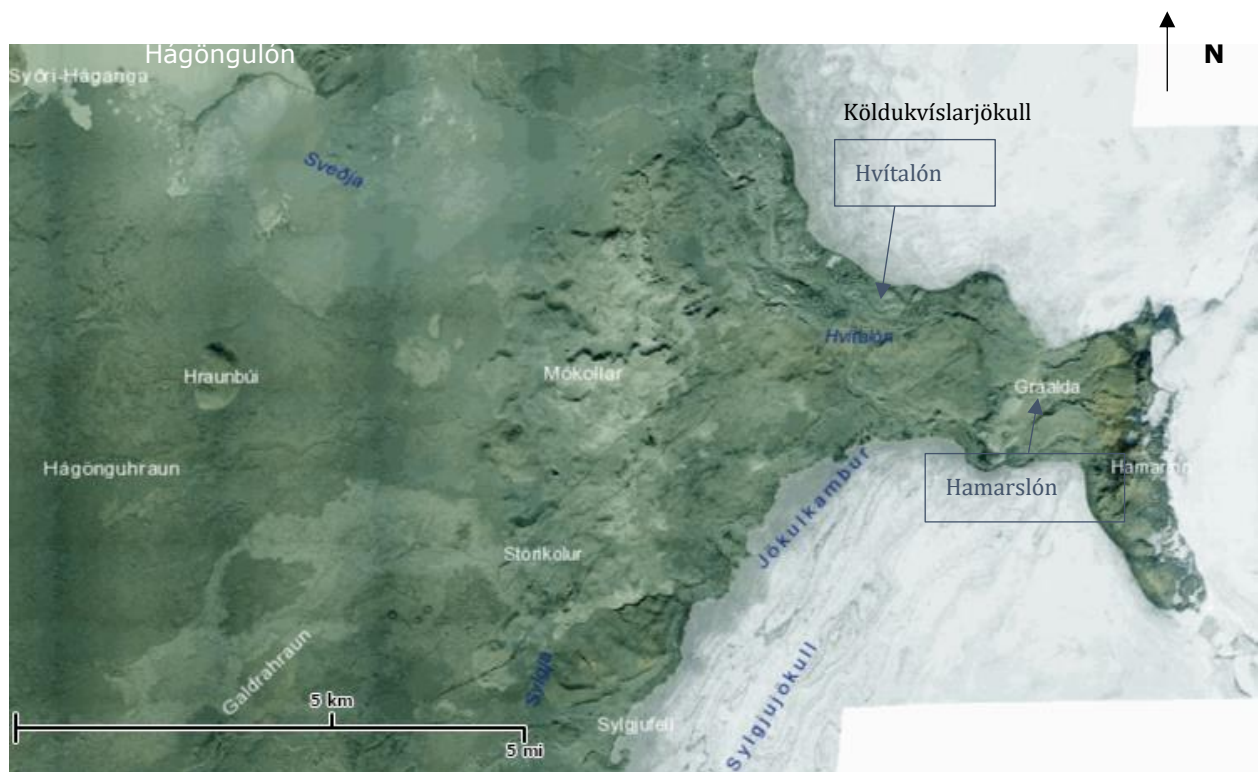
Einungis er talin hætta á litlum hlaupum (rennsli < 500 m³/s) vegna jarðvarmavirkni undir jöklinum.

¹⁰ Til viðmiðunar er 1200 m³/s hámarksrennsli hlaupa úr Skaftárkötlum síðustu tvo áratugi og heildarmagn 100–300 Gl (1–3·10⁸ m³) (Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005). Hlaupin standa yfir í 2–15 daga. Breyting varð á í hlaupi úr Eystri-Skaftárvatni, í október 2015. Hámarksrennsli var líklega um 3000 m³/s (Veðurstofa Íslands, frétt á vef 2014-10-02). Heildarmagn var 350–400 Gl (Magnús Tumi Guðmundsson o.fl., 2015).

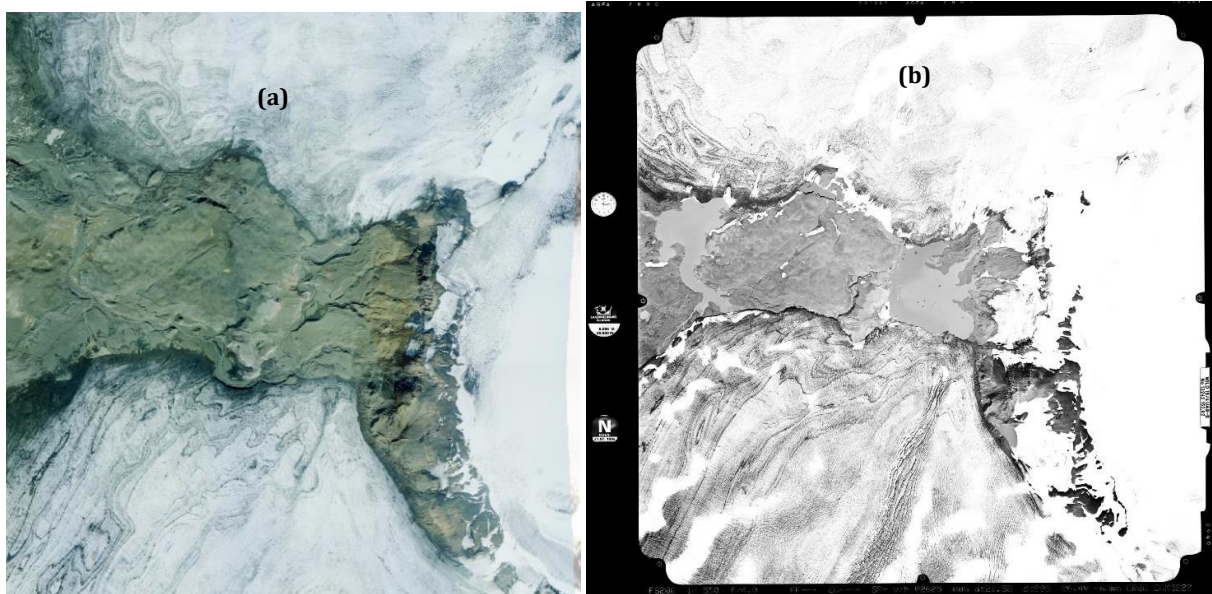
4 Hlaup úr jaðarlónum

4.1 NV Vatnajökull, Hamarskriki: Sveðja

Hamarslón og Hvítarlón myndast í Hamarskrika vestan Hamarsins milli Köldukvíslarjökuls og Sylgjujökuls, sjá Mynd 12, Mynd 14 og Mynd 15. Hamarslón undir Hamrinum, stíflað af Sylgjujökli og Hvítarlón við suðvesturjaðar Köldukvíslarjökuls, sem myndar stífluna. Lónin hafa tekið tíðum breytingum undanfarna áratugi. Hvítarlón fyllist þegar Köldukvíslarjökull gengur fram og Hamarslón þegar Sylgjujökull hleypur fram. Úr lónunum hleypur í Sveðju. Fyrir daga Hágöngulóns mátti sjá hlaupin á vatnshæðarlínuriti úr mæli í Köldukvísl. Síðan 1998 miðlast þau í lónið (Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005). Dæmigerð stærð hlaupanna var 3-7 Gl árin 1964-1967 (Sigmundur Freysteinnsson, 1972).



Mynd 14. Mynd úr örnefnasjá Landmælinga Íslands frá 2016-11-29



Mynd 15. (a) Loftmynd frá 2014 (map.is) (b) Loftmynd frá 21. júlí 1996 (Landmælingar, mynd nr. N-3948)

Annáll jökulhlaupa

- Jökulhlaup úr Hvítalóni eða Hamarslóni eru talin árviss um nokkurra ára skeið í senn, þegar jöklarnir eru í tiltekinni stöðu (Sigmundur Freysteinnsson, 1972).

Árin 1989-2004 (Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005)

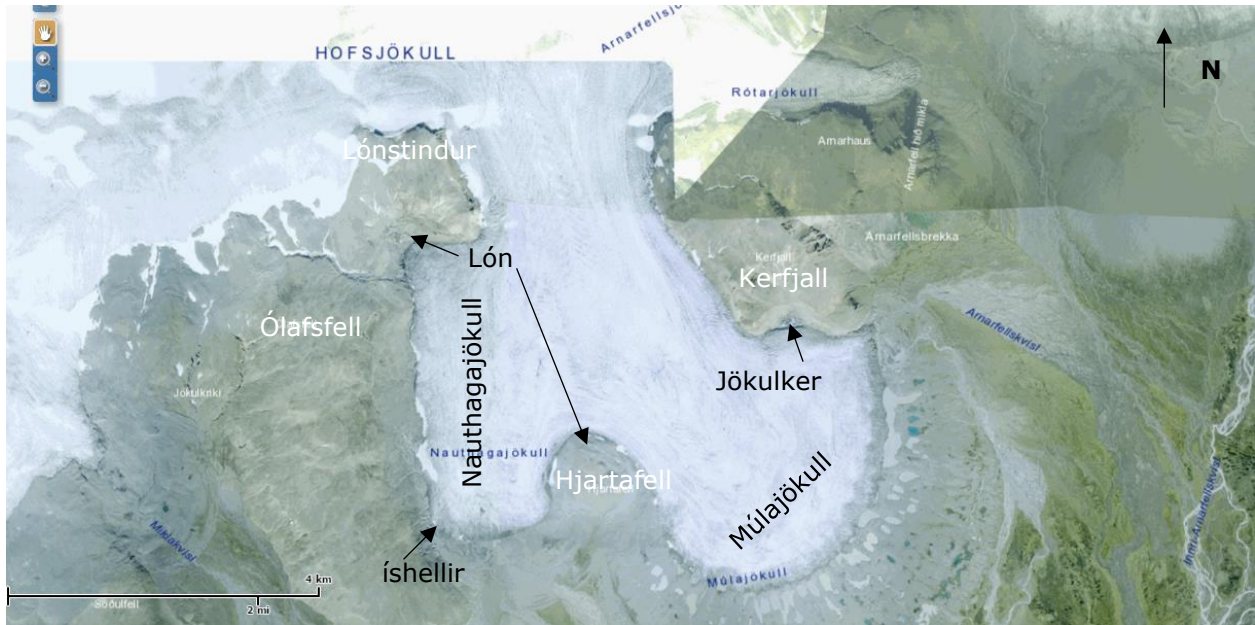
- Hvítalón í Hamarskrika, vor 1989 og 1998-08-23.
- Hamarslón: 2000.

Stærð hlaupa

Sigmundur Freysteinnsson (1972) mat hámarksrennsli úr lónunum nokkur hundruð m³/s og heildarmagn 5-7 Gl árin 1964-1967 en 10-12 Gl í ágúst 1970.

4.2 Hofsjökull: Miklakvísl, Múlakvísl, Arnarfellskvísl (Þjórsá)

Við suðurrætur Hofsjökuls eru þrjú jökullón sem veita hlaupvatni í Þjórsá, sjá Mynd 16. Lónin eru vestan Nauthagajökuls (veitir vatni í Miklukvísl), milli Nauthagajökuls og Múlajökuls (veitir vatni í Múlakvísl) og Jökulker, norðan Múlajökuls, sem veitir vatni í Arnarfellskvísl (Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005).



Mynd 16. Mynd úr örnefnasjá Landmælinga Íslands frá 2016-11-29

Annáll jökulhlaupa 1995-2004 (Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005)

Miklakvísl (lón sunnan Lónstinds):

- 2000-08-08, 115 m³/s¹¹, magn 5 Gl.
- 2002-07-47, 159 m³/s, magn 10 Gl.
- Ummerki hlaupa hafa sést: 1989, 1991, 1995, 2000, 2001, 2002, 2003 og 2004.
- Íshellir framan við Nauthagajökul sem hlaupin mynda hefur verið þar a.m.k. frá 1977.

Múlakvísl (lón norðan Hjartafells):

- Jöklamælingamenn hafa séð ummerki hlaups þaðan, bæði rót eftir vatnagang og íshelli inn undir jökulinn.

Arnarfellskvísl (Jökulker):

- Jökulker er lítið jökulstíflað stöðuvatn sem hleypur úr og skilur hlaupið eftir sig jakadreif í lónstæðinu. Hlaupa úr Jökulkeri gætir ekki á vatnshæðarmæli í Þjórsá við Norðlingaöldu.

Stærð jökulhlaupa

Líklega er tæming lónanna árviss atburður (Oddur Sigurðsson, samtal maí 2008) með hámarksrennsli 100–200 m³/s og heildarmagn í hverju hlaupi um 10 Gl.

¹¹ Hámarksrennsli að frádregnu grunnrennsli árinna meðan á hlaupi stóð.

5 Gjóskustíflur: Vatnsflóð, vikurhlaup, eðjuflóð, gushlaup

5.1 Hekla

Hekla er megineldstöð á samnefndu eldstöðvakerfi á mörkum Austurgosbeltis og Suðurlandsbrotabeltis, sjá Mynd 26 í Viðauka 1. Eldstöðin rís upp í 1490 m y.s. en sprungusveimur kerfisins er um 60 km langur og allt að 20 km breiður. Heklugos á síðustu 1000 árum eru 23 talsins að því er best er vitað. Lega gossprungna í fjallinu er breytileg. Eldstöðin er í mótun án sýnilegrar öskju og jarðhitakerfis. Í gosum á Heklukerfinu koma bæði upp gjóska og hraun. Í Heklu sjálfri verða öflug þeytigos eða blandgos. Kvikan í þeim er kísilrík, það er súr og/eða ísúr. Gos utan megineldstöðvarinnar eru að mestu flæðigos og þar kemur eingöngu upp kísilsnauð kvika, það er basísk. Heklugjóska er að mestu glerfrauð, orðið til úr súrri eða ísúrri kviku. Kísilríkasta glerfrauðið er létt og vikurkennt, en verður gjallkenndara eftir því sem kísilinnihaldið minnkar (Guðrún Larsen o.fl., 2013).

Megineldstöð: Upphafshrina hvers Heklugoss einkennist af öflugu þeytigos með háum gosmekki (12–30 km) og gjóskufalli. Ummerki um gjóskuflóð, þar sem gosmökkurinn fellur saman og skríður niður hliðar Heklu hafa einnig fundist, nú síðast árið 2000 (Ármann Höskuldsson o.fl., 2007). Því lengra sem undanfarandi goshlé hefur verið, þeim mun öflugri hefur fyrsti gosfasinn að jafnaði verið (Sigurður Þórarinnsson 1967; Ármann Höskuldsson o.fl., 2007). Vindátt í upphafi Heklugoss (fyrstu klukkustundirnar) stýrir dreifingu stærsta hluta gjóskunnar og verður ákvarðandi um magn gjóskufalls t.d. á Þjórsársvæðinu. Á vef Almannavarnardeildar Ríkislögreglustjóra kemur fram að ríkjandi vindáttir ofarlega á fjallinu eru VSV og NV. Þær dreifa mestri gjósku til suðausturs og austnorðausturs ekki inn á virkjanasvæðin, sjá einnig Mynd 27 í Viðauka 1.

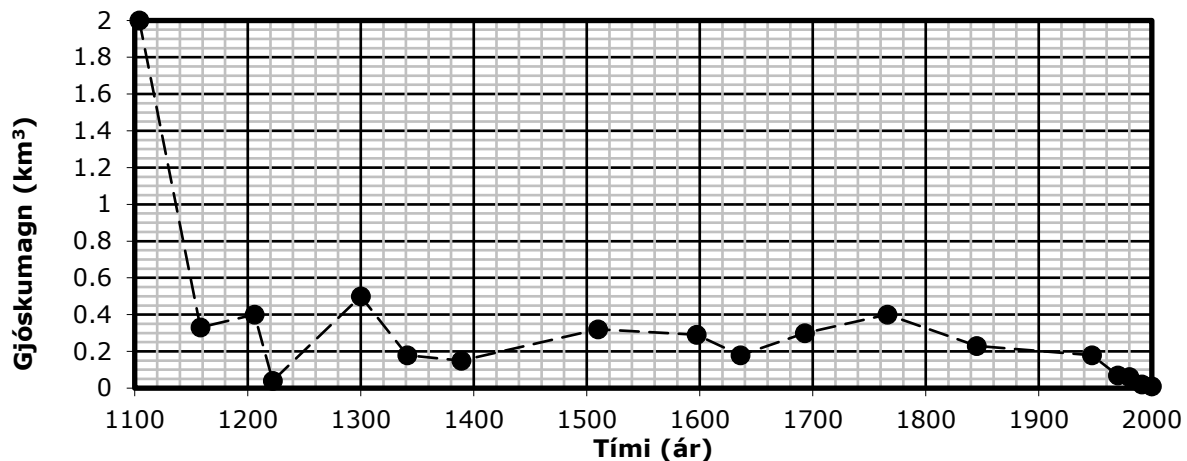
Í næsta fasa gosanna er hraunrennsli ríkjandi. Hraun frá Heklu eru seig og stöðvast flest eftir að hafa náð niður í undirhliðarnar.

Annáll eldvirkni (Guðrún Larsen og Þór Þórðarson, 2016):

Megineldstöð:

100 gos eru þekkt á síðustu 9000 árum, þar af 23 á síðustu 1000 árum. Á Mynd 17 er gjóskumagn í Heklugosum frá árinu 1000.

- Stór gos hafa orðið, síðast fyrir 3000 árum. Goshlé um 300 ár. Gjóskumagn allt að 10 km³. Goslengd upphafsfasa eru klukkustundir. Lengd hraunframleiðslufasa er dagar upp í ár.
- 12 meðalstörgos urðu 1105-1947, sjá Mynd 17. Goshlé um 70 ár. Gjóskumagn allt að 0,5 km³. Lengd hraunframleiðslufasa er dagar upp í ár.
- 4 lítil gos urðu á síðustu 40–50 árum, frá 1974 til 2012. Goshlé um 10 ár. Gjóskumagn minna en 0,1 km³. Lengd hraunframleiðslufasa er dagar upp í mánuði.
- Lítil hraunflóð á sprungum út frá megineldstöðinni hafa orðið samhliða gosi í megineldstöðinni. Fjögur slík gos eru þekkt á síðustu 900 árum, síðast 1913. Goslengd vikur upp í mánuði. Hraun hafa runnið allt að 20 km frá upptökum.



Mynd 17. Gjóskumagn í gjóskulögunum Heklu-3 og Heklu-4 er metið um 10 km³ sem er það mesta sem komið hefur frá Heklu. Upplýsingar um gjóskumagn koma úr kafla um Heklu í bók um Náttúruvá á Íslandi (Guðrún Larsen o.fl., 2013).

Sprungusveimur:

- 50 gos eru þekkt á síðustu 9000 árum, síðast fyrir 1200 árum. Gosin eru lítil flæðisgos. Lengst hafa þau runnið 25 km frá upptökum. Lengd sprungna er minni en 10 km.

Annáll flóða

- Vatnsflóð hafa oft orðið í upphafshrinu Heklugosa á sögulegum tíma. Lýsingar sjónarvotta á þessum flóðum eru til frá gosunum árin 1300, 1766, 1845, 1947 og 1980. Sennilega hafa þó orðið flóð í fleiri gosum þótt ekki séu heimildir um þau. Það fór eftir magni vatnsins og staðháttum hverju sinni hvort flóðefnin bárust út í Ytri-Rangá og með henni til sjávar eða sjötnuðu ofan í gömul hraun eins og gerðist 1980. Uppruni þessara hlaupa er líklega þétting vatnsgufa úr gosmekki og að minni hluta bráðnun jökuls í NV hlíðum Heklu og í sumum þeirra vikurstíflur (Guðrún Larsen o.fl., 2013).
- Meðalstór gos hafa einnig dreift gjósku yfir Þjórsársvæðið og valdið skammæjum stíflum í Þjórsá, síðast árið 1300 (Guðrún Larsen o.fl., 2013).
- Í stórgosum má vænta vatns og vikurhlaupa bæði í Ytri-Ranga og Þjórsá og jafnvel í Stóru-Laxá og Hvítá. Þrjú þekkt stórgos í Heklu hafa valdið flóði í Þjórsá vegna vikurstíflna í ánni, síðast fyrir um 2800 árum (H3). Þá hafa allar ár í nágrenni Heklu breyst í þykkan „vikurgraut“. Í tveimur hlaupanna (HH4 og H3) flæddi Þjórsá yfir bakka sína neðan Búðafoss, um 20 km neðan Búrfells (Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson, 1985).

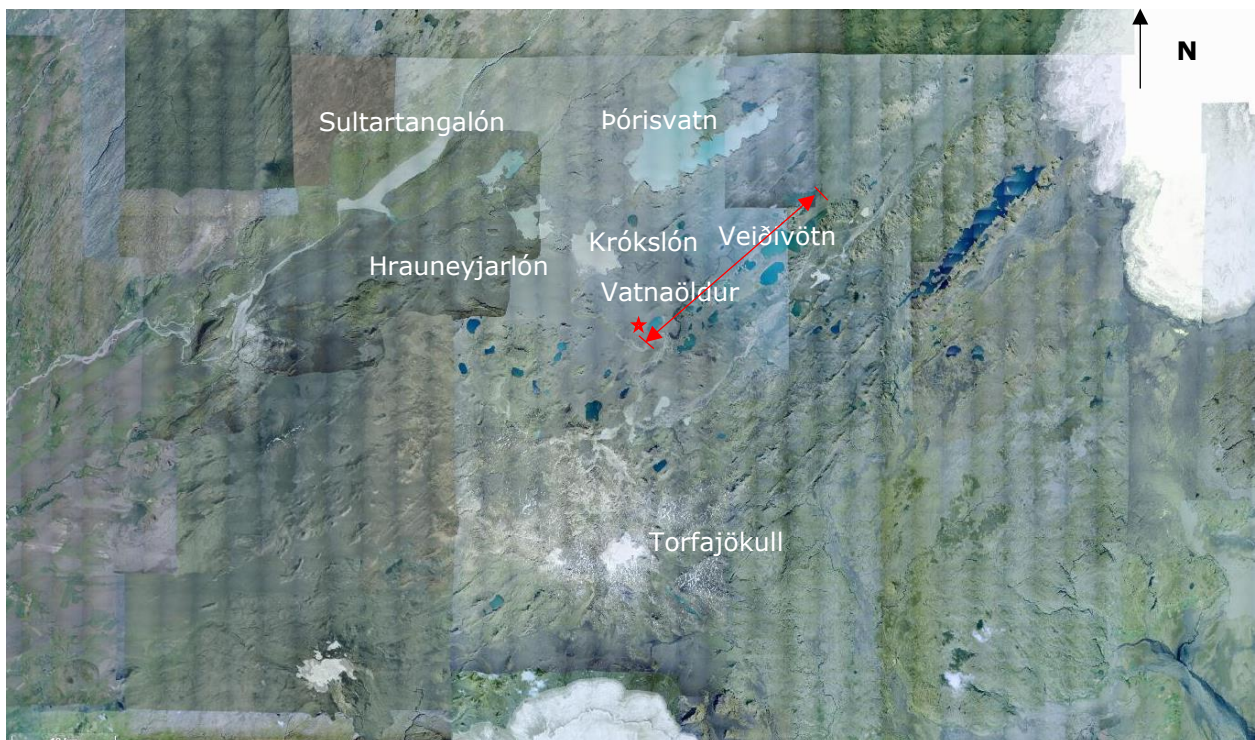
Stærð og tíðni gjóskuflóða frá Heklu

- Líklegast er talið að lítil Heklugos verði á um 10 ára fresti. 18 ár eru liðin frá síðasta Heklugosi (2000).
- Líklegt er að meðalstór Heklugos verði eftir um 70 ára goshlé, svipað því sem varð 1947. Búast má við minniháttar truflunum á starfsemi virkjana vegna vikur- og gjóskuburðar í lón. Þykkt gjóskulags inn á virkjanasvæði gæti orðið 0,2–0,5 m, verði vindátt til vesturs (5,5% líkur) eða norðurs (44% líkur), sjá Mynd 27 og Mynd 28 í Viðauka 1 (Guðrún Larsen og Þór Þórðarson, 2016).

5.2 Bárðarbunga (Veiðivötn)

Íslaus hluti Bárðarbungukerfisins er bæði norðan og suðvestan Vatnajökuls. Gos á þessum hluta kerfisins eru sprungugos. Lengd gossprunga hefur verið allt að 67 km en ósamfellt. Hraun í hverju þessara gosa svara til allt að 20 km³ af þétu bergi og gjóska allt að 10 km³ af þétu bergi. Gosin geta varað frá nokkrum mánuðum upp í nokkur á og hraunin runnið tugi km frá upptökum (Guðrún Larsen og Magnús Tumi Guðmundsson, 2016).

Suðvesturhluti sprungukerfisins sker Torfajökulskerfið, sjá Mynd 18. Kvika frá Bárðarbungu getur hlaupið inn í Torfajökulskerfið og megineldstöðina. Því fylgir sprengivirkni og hugsanlegt jökulhlaup frá Torfajökli, sjá umfjöllun í kafla 5.3 „Torfajökull“.



Mynd 18. Veiðivötn og Torfajökull. Kort af map.is, 2017-02-11. Svæði það sem Langalón náði yfir er sýnt með rauðri ör og gjóskustífla í Tungná við Irpuver merkt með rauðri stjörnu (Guðrún Larsen o.fl., 2013)

Annáll eldvirkni (Guðrún Larsen og Magnús Tumi Guðmundsson, 2016)

- *SV-hluti sprungukerfisins*: 22 gos staðfest á síðustu 9000 árum. Gostíðni: 1-10 gos á hverju árpúsundi. Síðast gaus 870 og 1477. Gosin voru sprengigos, vegna hárrar grunnvatnsstöðu á svæðinu.
- *SV-hluti og Torfajökull*: Fjöldi gosa 8 á 9000 árum. Síðast 870 (gjóskumagn: 5 km³) og 1477 (gjóskumagn: 10 km³). Lengstu hraunstraumar urðu 130 km langir (Þjórsárhraunið).
- *N-hluti sprungukerfisins*: Yfir 10 gos eru þekkt á kerfinu á síðustu 9 000 árum. Síðast 1862-64 og 2014-2015 (1,6 km³ basískt flæðigos). Lengstu hraunstraumar voru um 100 km langir.

Annáll flóða

Um 140 ferkílómetra lón með um 1 km³ miðlunarrými (1000 Gl), nefnt Langalón, er talið hafa myndast í Veiðivatnadældinni og í farvegi Tungnaár eftir gosið í Vatnaöldum um 870 vegna gjóskustíflu (Guðrún Larsen o.fl., 2013). Þegar gjóskustíflan brast og lónið hljóp fram rann hlaupvatn um Tungnaá og hraunin sunnan og vestan hennar, en ekki hafa fundist merki um að Þjórsá hafi flætt upp úr farvegi sínum (Guðrún Larsen, samtöl í apríl og maí 2008).

Stærð og tíðni flóða

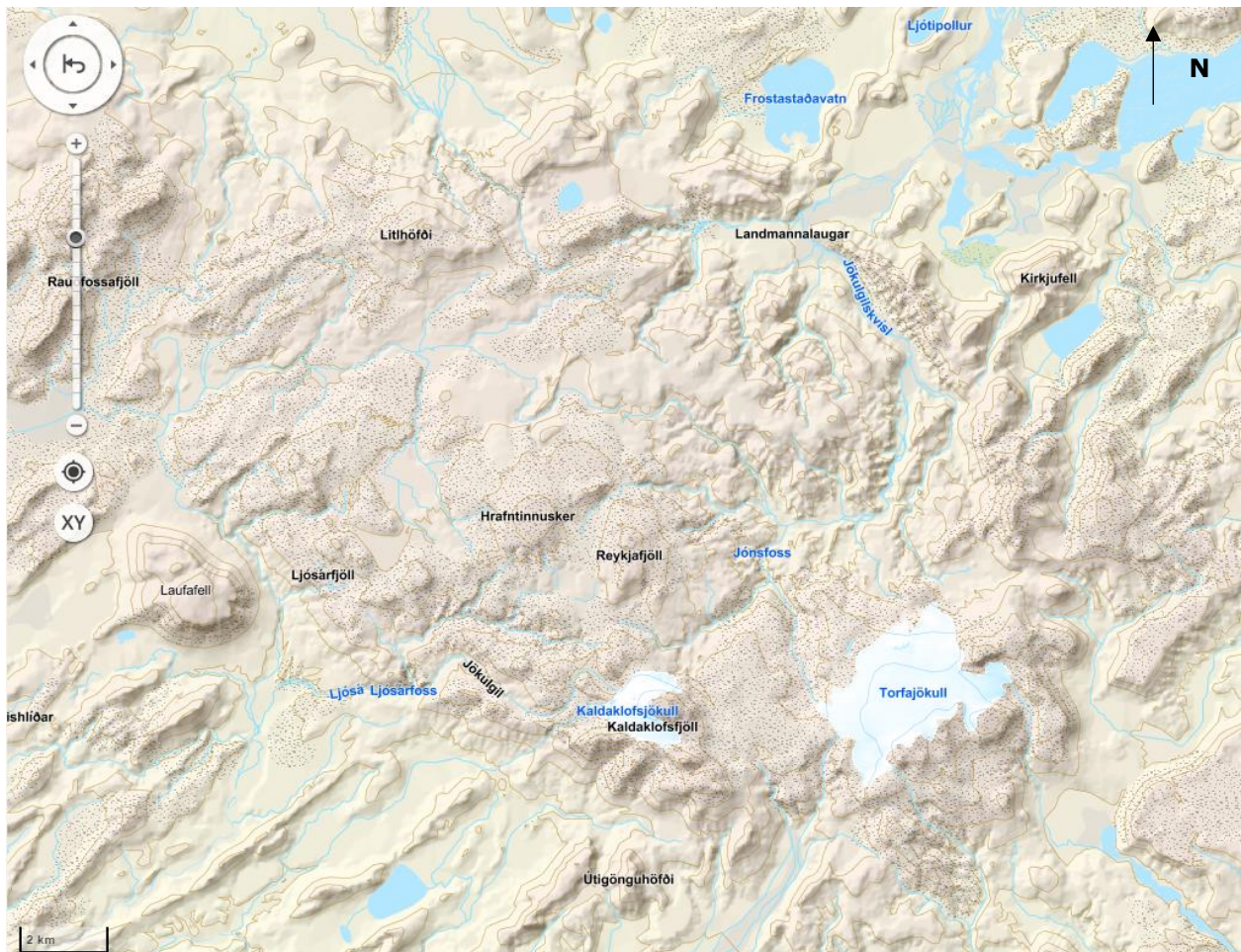
Tíðni sprungugosa á suðvesturhluta sprungukerfisins, hefur verið 1 til 10 gos á hverjum 1000 árum. Gosefni (hraun og gjóska) kunna að hafa stíflað farveg Tungnaár tímabundið. Endurtæki það sig gæti hraun runnið að núverandi virkjanamannvirkjum. Í efnisskrá íslenskra eldfjalla (Guðrún Larsen og Magnús Tumi Guðmundsson, 2016) er tilgreint að þessar stíflur geti valdið flóðum með hámarksrennsli sem nemi allt að 10 000 m³/s.

5.3 Torfajökull

Torfajökulskerfið er á Eystra gosbeltinu. Á því er megineldstöð og um 40 km langur og 30 km breiður sprungusveimur í NA-SV, sjá Mynd 25 í Viðauka 1. Umfjöllunin er unnin upp úr efnisskrá íslenskra eldfjalla (Kristján Sæmundsson og Guðrún Larsen, 2016). Í megineldstöðinni er langstærsta askja landsins, 18x12 km, (e. resurgent: Askjan belgist upp vegna offylli kvikuþróar), sjá Mynd 19. Í S og SA hluta öskjunnar eru litlir jöklar. Stærstur er Torfajökull, um 11 km² (Helgi Björnsson, 2009). Ekki fundust upplýsingar um þykkt jökulsins. Í megineldstöðinni er einkum líparít ráðandi en basalt á sprungusveiminum. Basísku gosin eru flæðigos, nema þar sem grunnvatnsstaða er há, norðan Torfajökuls. Um 75 km³ kvikuþró er staðsett suðvestarlega undir öskjunni. Hraunframleiðsla er tiltölulega lítil. Hraun úr megineldstöðinni hafa runnið tiltölulega stutt og eru s.k. coulée eða vellur (margar þykkar vellur sem liggja hlið við hlið en annars staðar er hraunlaust á milli). Nokkur hraunanna hafa hrúgast upp í gúl sem brast og þau hnigu fram. A.m.k. 12 eldgos hafa orðið á kerfinu á síðustu 9000 árum, þar af átta í megineldstöðinni. Gosin hafa öll orðið vegna kvikuinnskota frá sprungusveimum:

- 1) Heklu, vestan Torfajökuls og
- 2) Bárðarbungu, NA kerfisins.

Fjögur þeirra hófust sem skammlíf sprengigos, með vikur- og öskugosi (tvö þeirra vegna kvikuinnskots frá Heklu og tvö frá Bárðarbungu). Gjóskumagn í gosum er frá því að vera lítið upp í um 0,4 km³. Kvika frá Bárðarbungu hefur oft hlaupið inn í Torfajökulskerfið.



Mynd 19. Torfajökulssvæðið. Kort úr kortasjá Landmælinga Íslands, 2017-02-11

Annáll eldvirkni

Megineldstöð: Átta gos hafa orðið á megineldstöðinni á síðustu 9000 árum, síðast 870 og 1477. Um 600 ár eru milli síðustu tveggja gosa. Gjóskumagn í hverju gosi er um $0,1 \text{ km}^3$. Lengsta hraun rann 2 km. Rúmmál hrauna um $0,8 \text{ km}^3$ (Kristján Sæmundsson og Guðrún Larsen, 2016).

Sprungusveimar: Þeir sprungusveimar sem skera Bárðarbungu- og Heklukerfin hafa verið virkir á nútíma.

- Fjórum sinnum hefur gosið á Heklu sprungusveimi á síðustu 9000 árum. Aldur hefur ekki verið greindur en eitt hraunanna er talið um 4000 ára gamalt. Ekki gaus á megineldstöð Torfajökuls samtímis. Magn hrauns nam um $0,02 \text{ km}^3$. Lengsta hraun rann um 5 km. Tímalengd gosa er óviss (Kristján Sæmundsson og Guðrún Larsen, 2016)..
- Átta sinnum hefur gosið á Bárðarbungusveimi á síðustu 9000 árum sem öll tróðust inn í megineldstöðina. Fjögur nýjustu urðu fyrir: 3100 árum, 2000 árum, um 870 og 1477. Um 940 ár eru að meðaltali milli þeirra gosa en um 600 ár milli síðustu tveggja gosa. Lengd gosa er óviss (Kristján Sæmundsson og Guðrún Larsen, 2016).

Stærð og áhrif gosa

Bárðarbungusveimur:

- Kvika getur troðist inn í kvikuhólf Torfajökuls, valdið blöndun og komið af stað gúlagosi með vikur- og öskufalli í sprengifasa í upphafi goss. Meðallengd milli gosa er um 940 ár.
- Gosi kunna að fylgja lítil jökulhlaup frá Torfajökli (og Kaldaklofsjökli). Farvegir slíkra hlaupa hafa ekki verið raktir.
- Hraunstraumar/gúlar/vellur og gosefni geta tímabundið stíflað ár og kvíslar á svæðinu. Gjóska kynni að hafa minni háttar áhrif á starfsemi virkjana, sjá dreifingu súrrar gjósku í gosinu 870 í viðauka. Magn gjósku er 0,1–0,5 km³. Lengd hraunstrauma um 2 km og rúmmál um 0,8 km³. Sprengivirkni er ekki talin líkleg nema e.t.v. fyrstu klukkustundir goss.

Heklusveimur:

Frá Heklusveimi gysi utan öskjunnar, tiltölulega litlum basískum hraungosum.

6 Útbreiðsla og afleiðingar flóða

6.1 Tiltæk gögn

6.1.1 Stíflurof í Krókslóni, 16 000 m³/s flóðtoppur

Stíflurof í Krókslóni, ofan Sigöldu hefur verið rakið á vegum Landsvirkjunar. Neðan Krókslóns yrði flóðtoppur 16 000 m³/s (Verkís, 2011; VST, AV og Hönnun, 2006). Í útreikningum var gert ráð fyrir leysingaflóði með 1000 ára endurkomutíma á vatnasviðinu á sama tíma. Það svarar til um 3500 m³/s innrennslis í Krókslón (Verkís, 2011). Á meðfylgjandi teikningu sjást núverandi og fyrirhugaðar virkjanir og veitur á Þjórsár- Tungnaársvæði.

6.1.2 Jökulhlaup, 6000 m³/s inn í Hágöngulón

Um 6000 m³/s innrennslis Hágöngulón í fjóra sólarhringa hefur verið rakið vegna neyðarstjórnaræfingar í raforkukerfinu „Æfingar 1311“ (Verkís, 2014a). Reiknað er með nægilega miklu innrennslis í Hágöngulón til að keðjuverkun stíflurofa ógni öryggi Sultartangastíflu, þ.e. að vatnsborð þar stígi upp í krónuhæð stíflunnar.

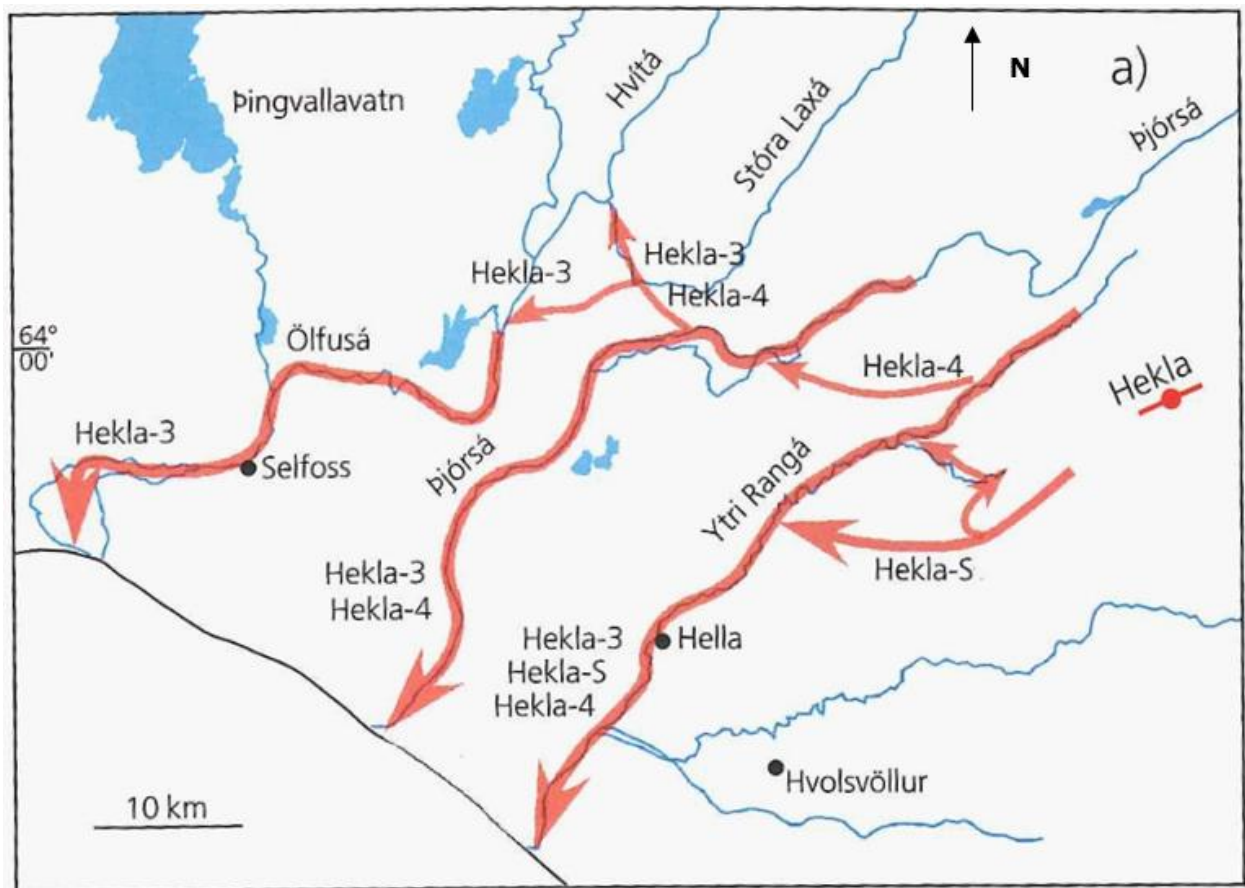
Raktar sviðsmyndir:

1. Öll hjástífla við Hágöngulón rofnar. Tvær stíflur við Kvíslavatn eru rofnar handvirkt til þess að draga úr stærð flóðtopps úr vatninu. Gúmmílokur á yfirfalli Sultartangastíflu eru felldar handvirkt í upphafi atburðar til þess að lækka vatnshæð í lóninu áður en jökulhlaup af efra svæði nær þangað. Flóðvar Sultartangastíflu er svo látið rofna í yfirstreymisrofi þegar jökulhlaup berst inn í lónið.
2. Eins og 1) nema flóðvar við Sultartangalón er rofið handvirkt samtímis því að tvær stíflur við Kvíslavatn (Þ-4 og Þ-5) eru rofnar.
3. Aðeins flóðvar við Hágöngulón rofnar. Ein stífla við Kvíslavatn (Þ-4) rofin handvirkt og gúmmílokur á yfirfalli Sultartangastíflu felldar handvirkt.

Eftir þessa vinnu voru gerðar endurbætur við flóðvar í hjástíflu í Hágöngum og þannig ætti sviðsmynd 3) að verða raunhæfust.

6.1.3 Vikurhlaup í Þjórsá vegna Heklugosa

Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson (1985) hafa kortlagt leiðir vikurhlaupa vegna Heklu-3 (fyrir 3000 árum) og Heklu-4 (fyrir 4300 árum). Í þeim gosum stífluðust Ytri-Rangá og Þjórsá og flæmdust að hluta úr farvegi, sjá Mynd 20.



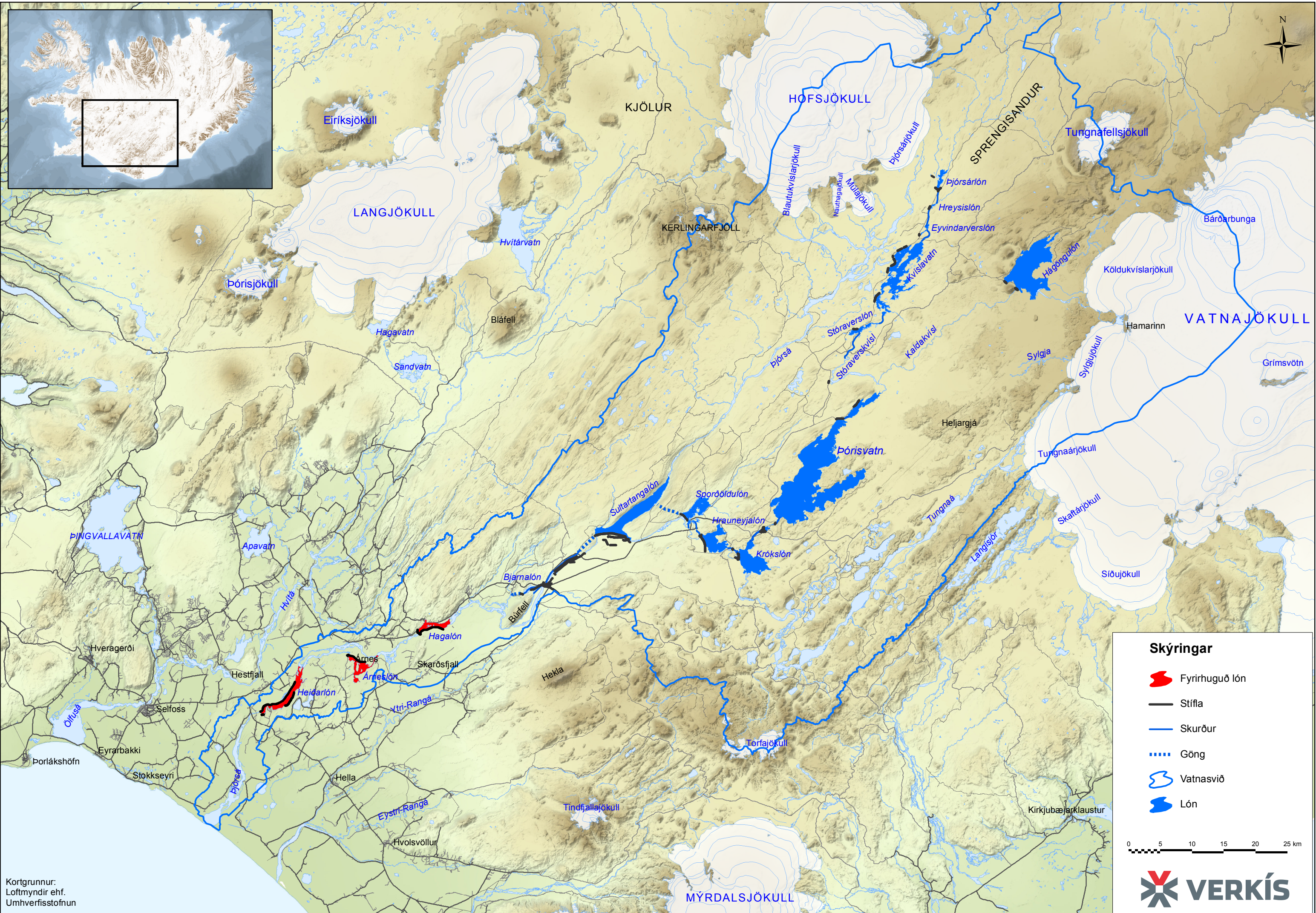
Mynd 20. Í meðalstórum og stórum Heklugosum fellur mikið af gjósku á ár og læki, stundum svo mikið að vatnsföll stíflast tímabundið. Í gosunum sem mynduðu gjóskulögin Heklu-3 og Heklu-4, stífluðust Ytri-Rangá og Þjórsá og flæmdust að hluta úr farvegi sínum. Vatnsborinn vikur komst vestur í Stóru-Laxá og þaðan í Ölfusá (Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson, 1985). Mynd úr kafla um Heklu í bókinni Náttúruvá á Íslandi (Guðrún Larsen o.fl., 2013)

Heimildaskrá

- Ármann Höskuldsson, Níels Óskarsson, Rikke Pedersen, Karl Grönvold, Kristín Vogfjörð og Rósa Ólafsdóttir. 2007. The millenium eruption of Hekla in February 2000. *Bull. Vulcanol.*, doi 10.1007/s00445-007-0128-3.
- Árni Hjartarson. 2013. Hofsjökull. Júlíus Sólmes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstj.): *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og jarðskjálftar*. Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan. 2013. 785 bls.
- Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson. 1985. Vikurhlaup í Heklugosum. *Náttúrufræðingurinn* **54** (1), bls. 17–30.
- Galeczka, I. og Sigurður Reynir Gíslason. 2011. *Hlaup í Sveðju og Köldukvísl 13. júlí 2011*. Minnispunktur. Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands.
- Guðrún Larsen, Guðrún Sverrisdóttir, Haukur Jóhannesson, Árni Hjartarson og Páll Einarsson. 2013. Hekla. Júlíus Sólmes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstj.): *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og jarðskjálftar*. Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan. 2013. 785 bls.
- Guðrún Larsen, Magnús Tumi Guðmundsson, Páll Einarsson og Þorvaldur Þórðarson. 2013. Bárðarbunga. Júlíus Sólmes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstj.): *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og jarðskjálftar*. Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan. 2013. 785 bls.
- Guðrún Larsen og Magnús Tumi Guðmundsson. 2016. Bárðarbunga. Annað nafn: Veiðivötn. Í: Ilyinskaya, Larsen and Gudmundsson (ritstj.): *Catalogue of Icelandic Volcanoes*. IMO, UI, CPD-NCIP. Mars 2016.
- Guðrún Larsen og Þór Þórðarson. 2016. *Hekla. Annað nafn: Hekla-Vatnafjöll*. Í: Ilyinskaya, Larsen and Gudmundsson (ritstj.): *Catalogue of Icelandic Volcanoes*. IMO, UI, CPD-NCIP. Mars 2016.
- Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson, 1998. *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:500 000. Höggun*. Náttúrufræðistofnun Íslands, Reykjavík (1. útgáfa).
- Helgi Björnsson. 1990. Hofsjökull: landslag, ísforði og vatnasvæði. *Náttúrufræðingurinn* **60**(3), bls. 113–168.
- Helgi Björnsson. 2009. *Jöklar á Íslandi*. Bókaútgáfan Opna, Reykjavík, 2009, 479 bls.
- Karl Grönvold. 2015. *Hofsjökull. Annað nafn: Hofsjökull-Kerlingarfjöll*. Í: Ilyinskaya, Larsen and Gudmundsson (ritstj.): *Catalogue of Icelandic Volcanoes*. IMO, UI, CPD-NCIP. Desember 2015.
- Kristján Sæmundsson og Guðrún Larsen. 2016. Torfajökull. Í: Ilyinskaya, Larsen and Gudmundsson (ritstj.): *Catalogue of Icelandic Volcanoes*. IMO, UI, CPD-NCIP. Mars 2016.
- Landsvirkjun. 2008. Áhættumat: Virkjanir í Þjórsá neðan Búrfells. Skýrsla nr. LV-2008/057 unnin af Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen fyrir Landsvirkjun.
- Landsvirkjun. 2014. *Flóð í Neðri Þjórsá. Endurmat*. Skýrsla nr. LV-2014-001 unnin af Verkís og Mannviti fyrir Landsvirkjun, nr. LV-2014-001.
- Magnús Bernhard Gíslason. 2012. *Straumfræðileg hermun jökulhlaups niður suðurhlíðar Eyjafjallajökuls í maí 2010: Ákvörðun Manningsstuðla*. Meistararitgerð við Umhverfis- og byggingaverkfræðideild, Verkfræði og náttúruvísindasvið Háskóla Íslands. Október 2012.
- Magnús Tumi Guðmundsson, Þorvaldur Þórðarson, Guðrún Larsen, Páll Einarsson, Ármann Höskuldsson og Páll Imsland. 2013. Undir Vatnajökli. Júlíus Sólmes, Freysteinn

- Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstj.): *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og jarðskjálftar. Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan*. 2013. 785 bls.
- Magnús Tumi Guðmundsson. 2014. *Köldukvíslarjökull – mögulegar stærðir hlaupa vegna gosa á vatnasvæði Köldukvíslarjökuls*. Minnisblað dagsett 22. okt 2014MTG.
- Magnús Tumi Guðmundsson, Þ.H og Finnur Pálsson. 2015. *Eystri Skaftárketill: Bráðabirgðaniðurstöður mælinga úr TR-RMS á stærð og rúmmáli*. Minnisblað Jarðvísindastofnunar Háskólans dagsett 2015-11-2.
- Oddur Sigurðsson og Bergur Einarsson, 2005. *Jökulhlaupaannáll 1984–2004*. Auðlindadeild Orkustofnunar OS-2005/031.
- Oddur Sigurðsson, Árni Snorrason og Snorri Zóphóníasson. Jökulhlaupaannáll 1984-1988. *Jökull* **42**, bls. 73-80.
- Páll Einarsson. 2016. Tungnafellsjökull. Annað nafn: Tungnafellsjökull-Vonarskarð, Vonarskarð. Í: Ilyinskaya, Larsen and Gudmundsson (ritstj.): *Catalogue of Icelandic Volcanoes*. IMO, UI, CPD-NCIP. Mars 2016.
- Páll Ingólfsson, 1973. Tungnaárhraun. *Útbreiðslulíkur nýs hrauns*. Raforkudeild Orkustofnunar. Apríl 1973
- Sigmundur Freysteinnsson, 1972. Jökulhlaup í Köldukvísl. *Jökull* **22**, bls. 83 – 88.
- Sigurjón Rist. Jökulhlaupaannáll 1971, 1972 og 1973. *Jökull* **23**, bls. 55-60.
- Sigurjón Rist. Jökulhlaupaannáll 1974, 1975 og 1976. *Jökull* **26**, bls. 75-79.
- Sigurjón Rist. Jökulhlaupaannáll 1977, 1978, 1979 og 1980. *Jökull* **31**, bls. 31-35.
- Tómas Jóhannesson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Helgi Björnsson, Philippe Crochet, Elías B. Elíasson, Sverrir Guðmundsson, Jóna Finndís Jónsdóttir, Haraldur Ólafsson, Finnur Pálsson, Ólafur Rögnvaldsson, Oddur Sigurðsson, Árni Snorrason, Óli Grétar Blöndal Sveinsson, Thorsteinn Thorsteinsson 2007. *Effect of climate change on hydrology and hydro-resources in Iceland*. Report OS-2007/011. Orkustofnun, Reykjavík.
- VST hf., AV hf. og Hönnun hf. 2006. *Flóð á Þjórsár- Tungnaárvæði. Samantektarskýrsla*. Landsvirkjun LV-2006/027
- Verkís, 2011. *Sigalda. Stífluð. Flóð á Þjórsár- Tungnaárvæði*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. LV-2011/052.
- Verkís. 2013. Flóð í Neðri Þjórsá. Endurmat 2013. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun, nr. LV2014-001, dagsett 2014-01-24.
- Verkís. 2014a. *Rakning jökulhlaups vegna æfingar 1311*. Minnisblað nr. 91010005-1-MB-0184, dags. 2014-09-18.
- Verkís. 2014b. *Bárðarbunga 2014 – Flóð og öskufall*. Minnisblað fyrir Viðlagatryggingu, nr. 14237-001-1-MB-0001, dagsett 2014-09-22.
- Verkís. 2014c. *Ummerki hlaups og mat á stærð þess í gömlum farvegi Köldukvíslar, sunnan undir syðri-Hágöngu*. Minnisblað nr. 05126003-1-MB-0240, dagsett 2014-12-08.

Teikningar



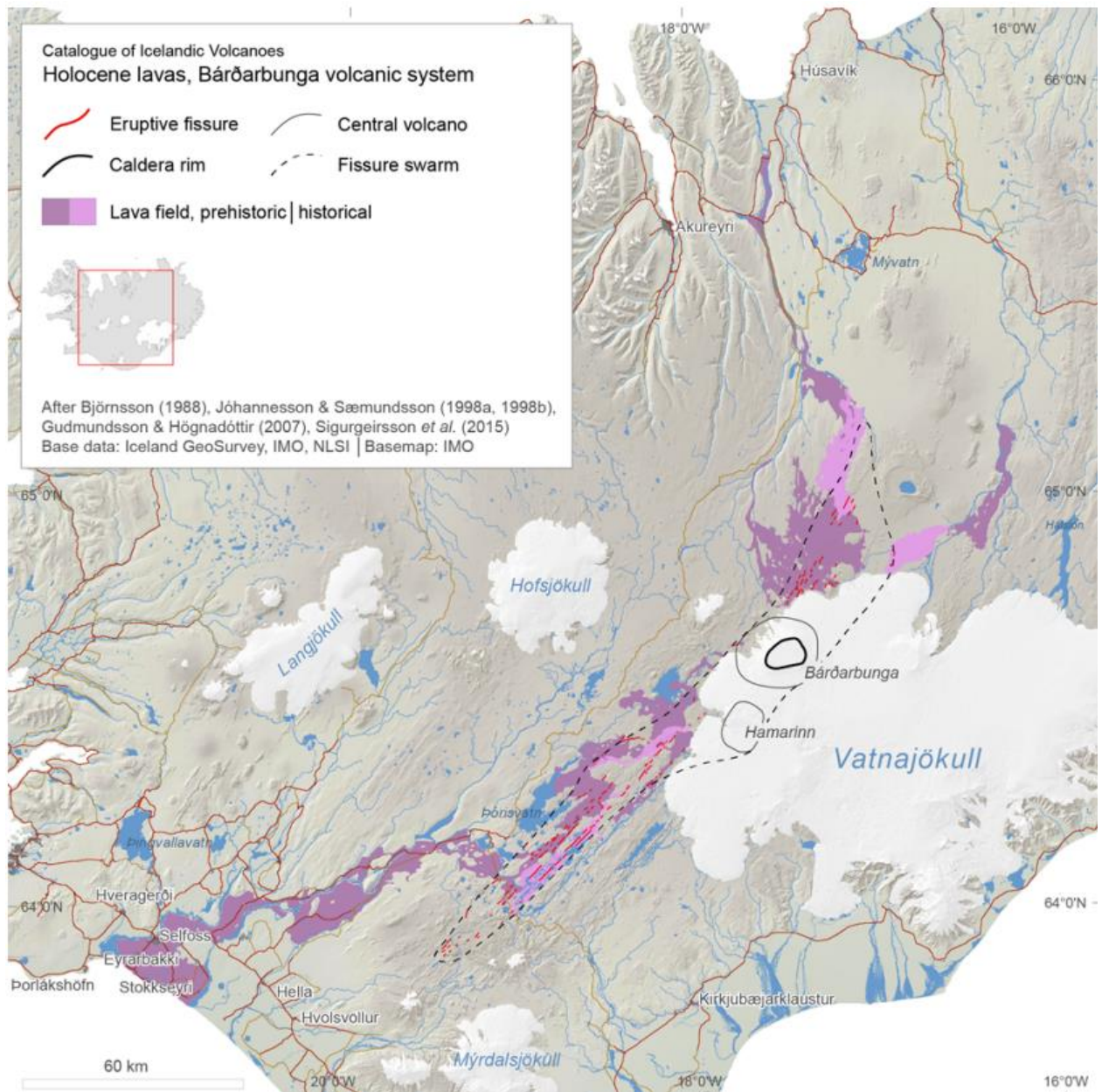
Viðaukar

- Viðauki 1. Myndir af eldstöðvum og eldstöðvakerfum á vatnasviði Þjórsár og Tungnaár.
- Viðauki 2. Skráð eldgos og jökulhlaup á Bárðarbungukerfinu.
- Viðauki 3. Gos í Heklu og NV Vatnajökli 1766.

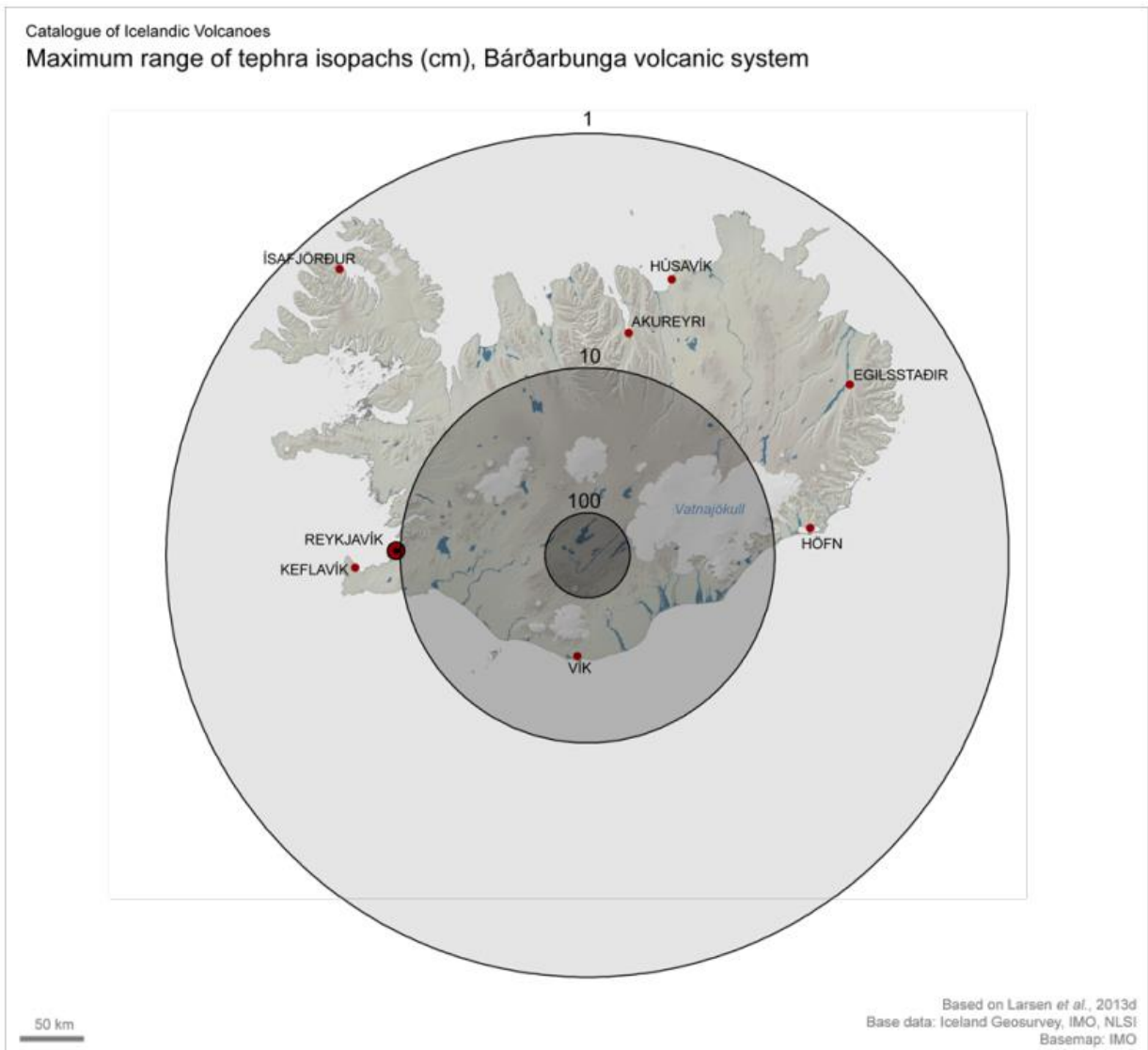
Viðauki 1 Myndir af eldstöðvum og eldstöðvakerfum á vatnasviði Þjórsár og Tungnaár

Allar myndir og upplýsingar úr efnisskrá íslenskra eldfjalla (<http://icelandicvolcanoes.is/>).

Bárðarbunga



Mynd 21. Bárðarbungukerfið (Bárðarbunga-Veiðivötn). Heimild Magnús Tumi Guðmundsson og Guðrún Larsen (2016)



Maximum range of the 1 cm, 10 cm and 100 cm isopachs of the largest basaltic tephra layer erupted in historical time, the ~10 km³ (freshly fallen volume) Veiðivötn tephra (based on Larsen *et al.* 2013). Wind direction remained between west and southwest throughout the tephra fall which partly explains how far from source the isopachs extended. See Map layers for an interactive map version

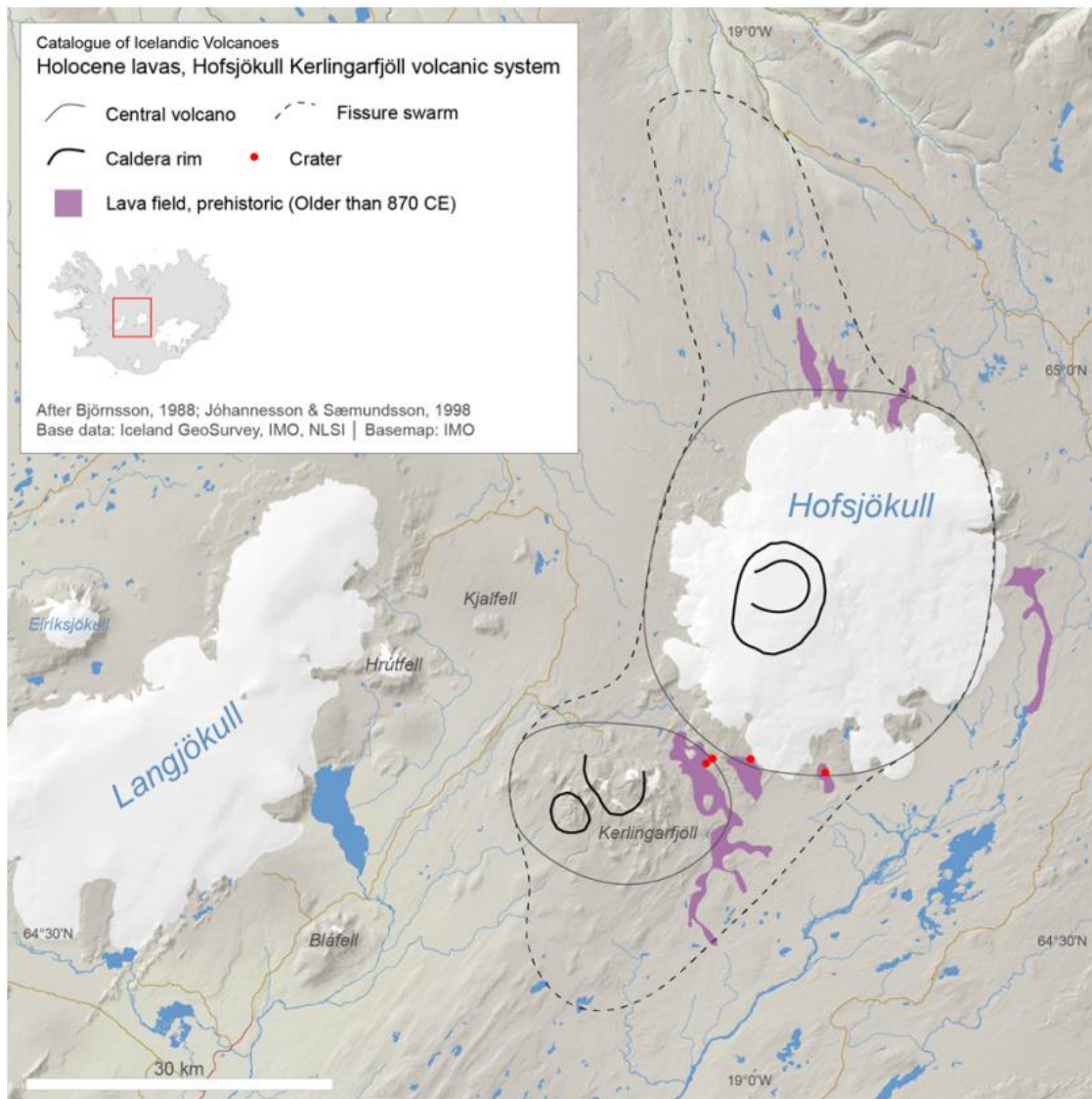
- Mynd 22. Bárðarbungukerfið. Hámarksdreifing gjósku: 1 cm, 10 cm og 100 cm jafnþykktarlínur vegna goss á SV rein Bárðarbungukerfisins, byggt á dreifingu gjósku í Veiðivatnagosi, 1477. Í gosinu blés stöðugt til SV og V sem m.a. skýrir að hluta hversu langt frá upptökum gjóskan barst. Heimild: Magnús Tumi Guðmundsson og Guðrún Larsen (2016)

Tungnafellsjökull



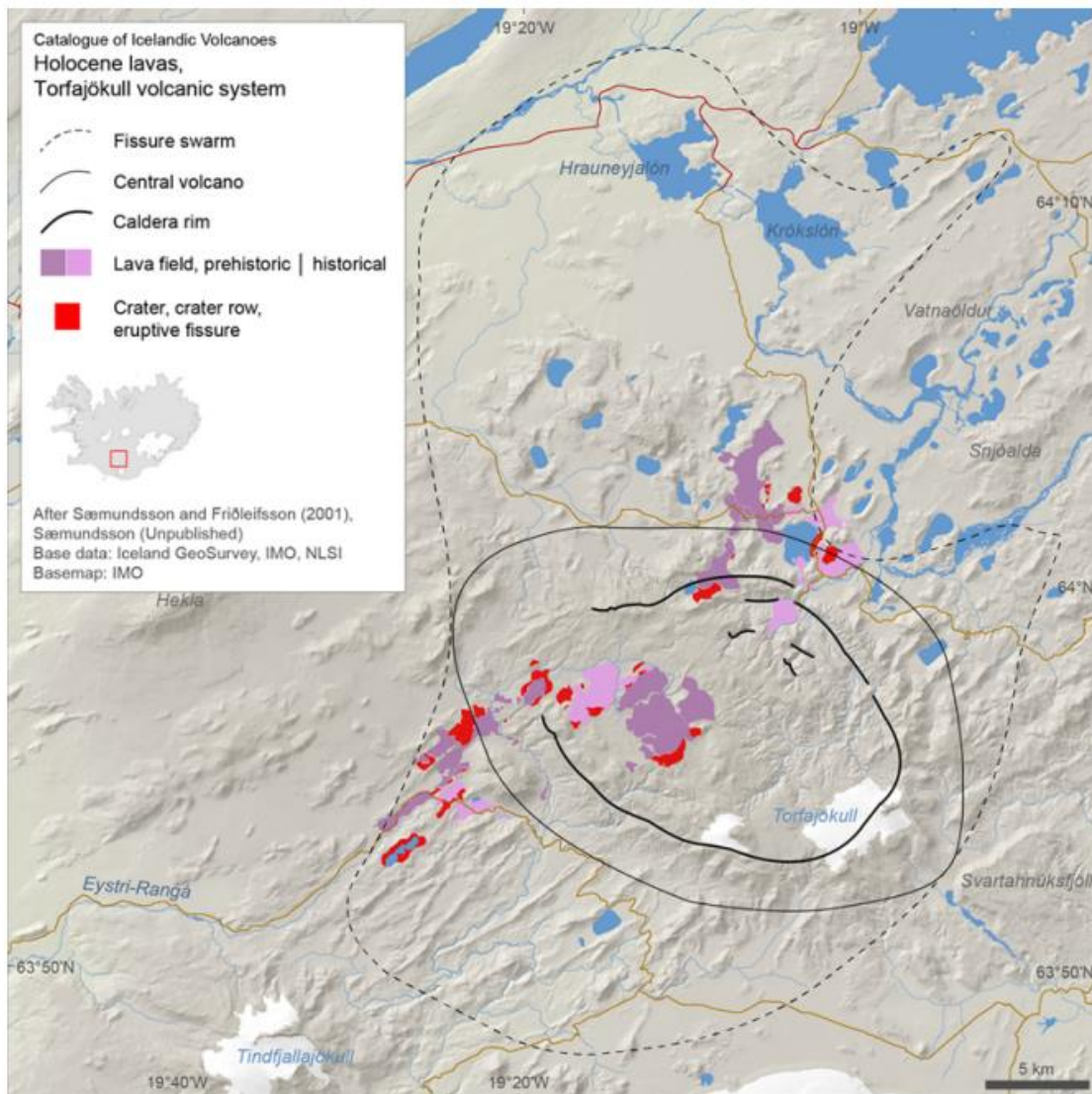
Mynd 23. Tungnafelljökulskerfið (Tungnafellsjökull-Hágöngur). Heimild: Páll Einarsson (2016)

Hofsjökull



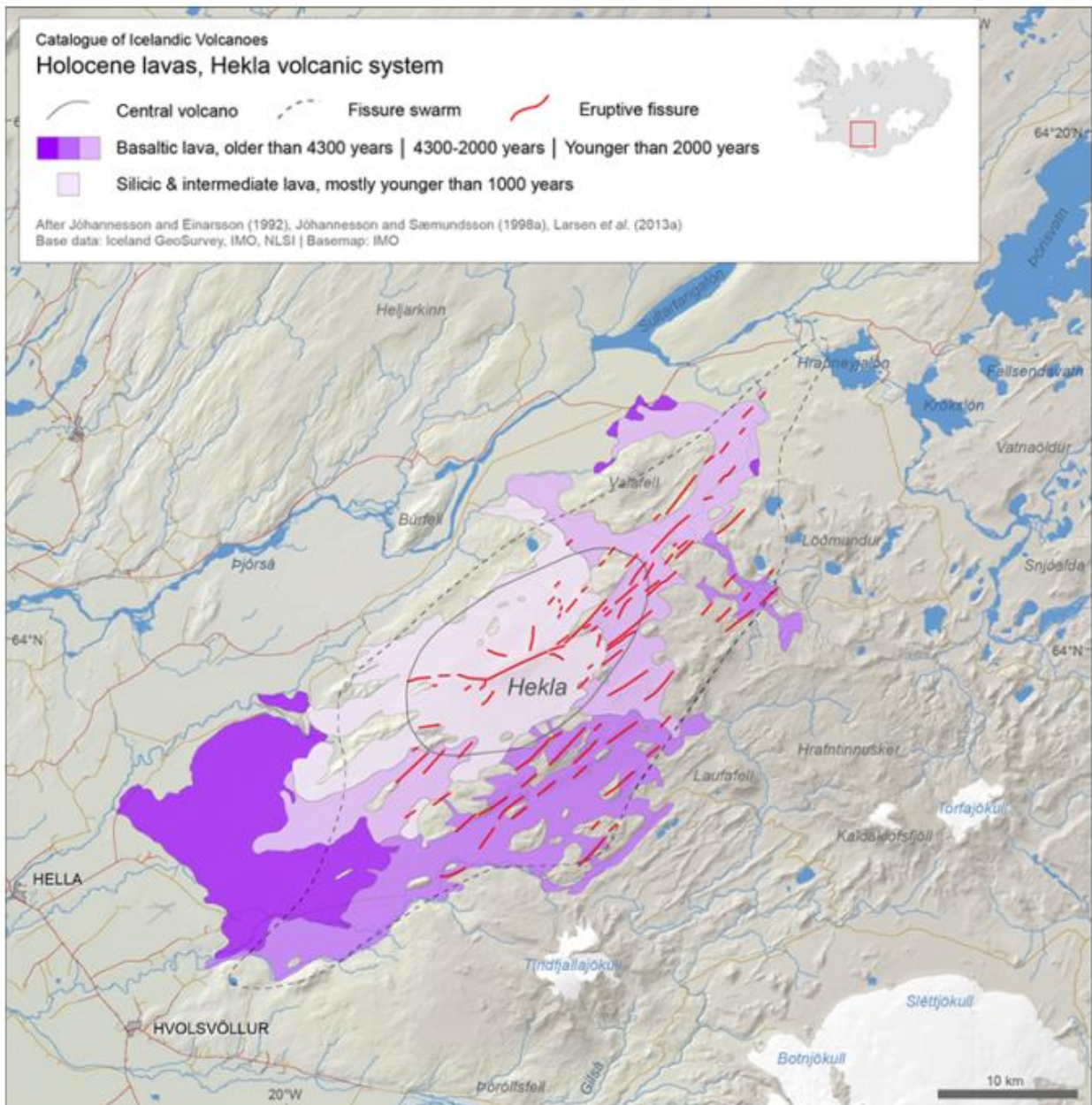
Mynd 24. Hofsjökulskerfið (Hofsjökull-Kerlingarfjöll). Heimild: Karl Grönvold (2015)

Torfajökull



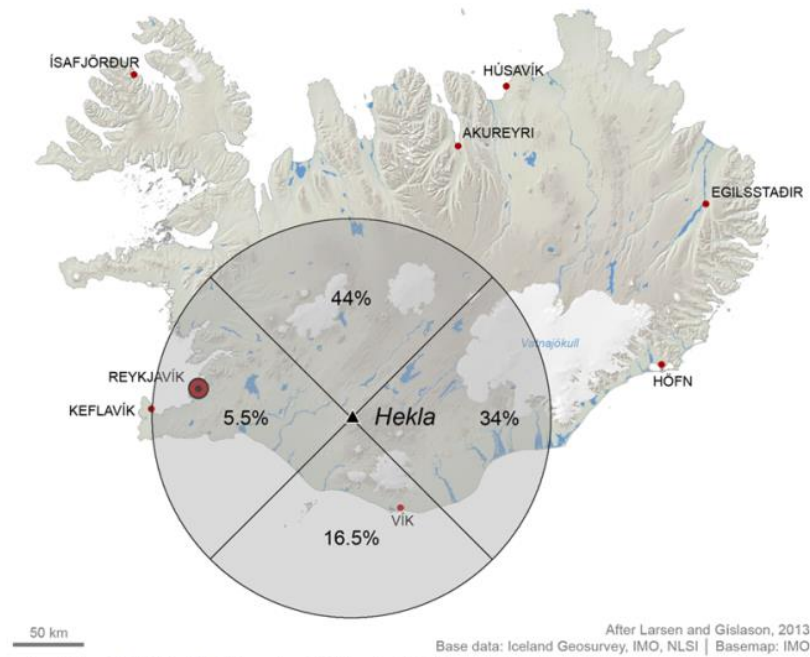
Mynd 25. Torfajökuls eldstöðvakerfið. Heimild: Kristján Sæmundsson og Guðrún Larsen (2016)

Hekla



Mynd 26. Heklu eldstöðvakerfið (Hekla-Vatnafjöll). Heimild: Guðrún Larsen og Þór Þórðarson (2016)

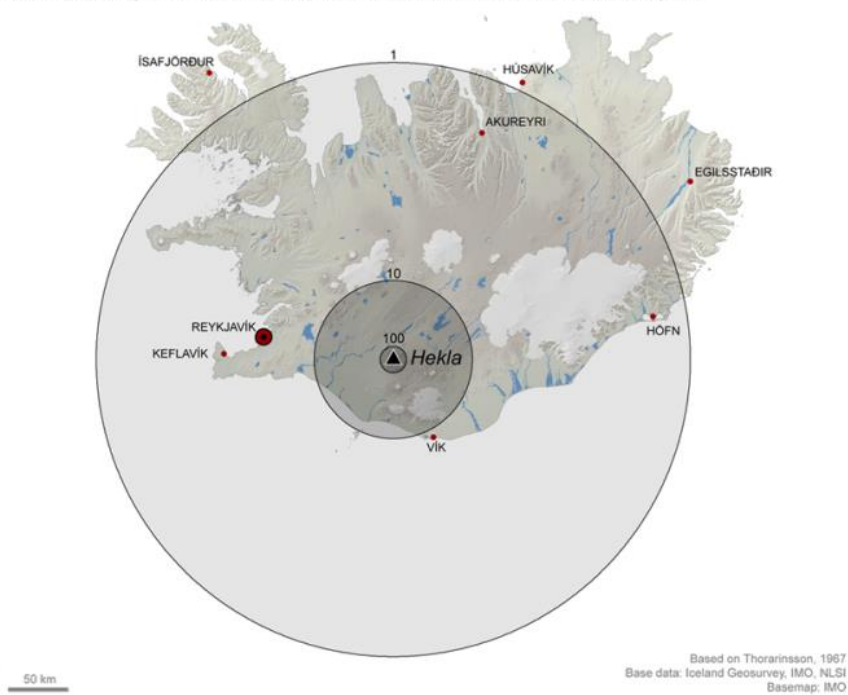
Catalogue of Icelandic Volcanoes
Tephra fall probabilities based on 18 historical Hekla eruptions



Tephra fall probabilities in % based on 18 historical Hekla eruptions.

Mynd 27. Líkur á að gjóska falli á SV-NV, NV-NA, NA-SA og SA-SV fjórðung frá Heklu. Heimild: Guðrún Larsen og Þór Þórðarson (2016)

Catalogue of Icelandic Volcanoes
Maximum range of isopachs (cm), based on 18 historical Hekla tephra layers



Maximum range of 1 cm, 10 cm and 1000 cm isopachs (circles) Based on 18 historical Hekla eruptions

Mynd 28. Heklukerfið (Hekla-Vatnafjöll). Stærstu jafnþykktarhringir frá Heklu (cm), byggt á 18 sögulegum gosum. Heimild: Guðrún Larsen og Þór Þórðarson (2016)

Viðauki 2 Skráð eldgos og jökulhlaup á Bárðarbungukerfinu

Skráð eldgos á Bárðarbungukerfinu (Helgi Björnsson, 2009 og Guðrún Larsen o.fl., 2013). 27 eldgos eru þekkt á sögulegum tíma (Guðrún Larsen o.fl., 2013). Bláar línur sýna jökulhlaup sem fylgdu gosum. Rennsli í jökulhlaupum er gróflega áætlað. Síðan 1477 hafa 80% jökulhlaupa farið í Jökulsá á Fjöllum og 10% í Skjálfandafljót og 10% í Þjórsá.¹²

Tafla A

Ár	Þekkt jökulhlaup	Áætl. Hám.rennslí (m ³ /s)	Aths.
1910			Lítið gos, því fylgdu engin jökulhlaup
1902-1903	Jökulsá á Fjöllum, Skjálfandafljót	Skjálíf.: <5.000 ⁵	Lítið gos. Hlaup í des. 1902 í báðar ár og í júní 1903 í báðar ár, með tveggja daga millibili ⁶
1862-1864			Tröllagígur í Heljargjá vestan jökuls ⁷
1797			Holuhraun, norðan jökuls
1766	Þjórsá	5.000- 10.000 ⁸	Nokkur hlaup, líklega í Tungnaá ⁹
1739			
1725-26	Jökulsá á Fjöllum	7.500 ¹⁰	Fimm hlaup. Þrjú með 1-10 daga millibili. Varandi: 1-5 sólarhringar. ¹¹
1720			
1717	Jökulsá á Fjöllum	>7.500 ¹²	Stórt hlaup í september ¹³
1716			Gos í byrjun október ¹⁴
1711-1712	Jökulsá á Fjöllum		Eitt hlaup um veturinn ¹⁵
1707			Eitt hlaup ¹⁶
1706			
1697			
1684-1685	Jökulsá á Fjöllum		Allmikið hlaup í nóvember 1684 ¹⁷
1477	Jökulsá á Fjöllum		Eitt hlaup. ¹⁸ Stórgos í Veiðivötnum sama ár
1410			
1159-1160			
1080			
940			
870			Vatnaöldur. Gjóskulög mynda landnámslagið svokallaða. Krókslón hið forna ræstist fram

¹² M.v. að jökulhlaup í sömu á á sama ári teljist sem einn atburður

- ⁵ Ekki er getið sérstakleg um tjón á bæjum í Bárðardal í hlaupunum (Norðurland, 1903). Slíkt gefur vísbendingu um að rennsli hafi verið undir 5.000 m³/s, (sbr. Tómas Jóhannesson, 2014).
- ⁶ Hlaup komu 4. júní í Jökulsá á Fjöllum og 6. júní í Skjálfandafhljóti, viku eftir eldgos. Talið er líklegt að hlaupin í desember 1902 hafi stafað af eldvirkni (Norðurland 1903).
- ⁷ Getgátur eru um að gosið hafi norðan jökuls, í Holuhrauni, á þessum tíma (Magnús Tumi Guðmundsson, samtal 2014).
- ⁸ Líkanreikningar (Ólöf Rós Káradóttir og Auður Atladóttir, 2014) benda til þess að stærri hlaup færu upp úr farvegi Þjórsár og hefðu valdið tjóni í byggð sem ekki er getið um.
- ⁹ „...Fyrir sólaruppkomu að morgni 24. júlí sá maður nokkur eld milli Heklu og Búrfells, einmitt í þá átt þar sem Grímsvötn voru talin vera. Um sumarið komu við og við allmikil hlaup í Þjórsá og telur sr. Einar í skýrslu sinni að þau hafi stafað af hlaupum í Tungná.“ Sigurður Þórarinnsson (1974).
- ¹⁰ Áætlað rennsli í flóðtoppi 7.500 m³/s. Áætlað heildarrennsli ef allir flóðfarvegir hlaupanna hefðu flætt samtímis er 20.000-25.000 m³/s (Sigurjón Páll Ísaksson, 1985).
- ¹¹ „...þarna er um tvö aðalhlaup að ræða. Það fyrra stendur yfir í þrjá sólarhringa, 10. – 13. nóvember 1725. Hið síðara í rúma fimm sólarhringa, 18. – 23. mars 1726. Nú kemur lognið á undan storminum, því að degi síðar kemur enn hastarlegt hlaup í ána og mun það hafa staðið yfir í tæpan sólarhring. Þetta hlaup var mesti tjónvaldurinn. Síðustu eftirhreyturnar koma svo 10 dögum síðar, 5.-7. apríl“ (Sigurjón P. Ísaksson, 1985).
- ¹² Sigurjón Rist (1990) telur hlaupið það stærsta á 18. öld og hafi skilið eftir sig Stórárfarveg.
- ¹³ „...Þetta var úr austurjöklum, sem eldurinn hafði áður upp komið í þessum sama mánuði öndverðum og gjört þá mikla hindrun í slætti. Það sandfall náði hingað í Eyjafjörð. Jökulsá á Fjalli hljóp í þeim fyrra eldgangi. Munnmæli um þetta hlaup hafa lifað fram á vora daga“ (Sigurður Þórarinnsson, 1974). „...Daginn fyrir hlaupið þornaði Jökulsá, og er mælt, að bóndinn í Skógum hafi sagt, að nú væri von á hlaupi, lét hann þá sækja sexæring, er hann átti og binda við bæjardyr, flutti allt það, er skemmst gat, upp á loft og bauð fólkinu að vaka um nóttina, og var svo gert. Nóttin var björt og eftir miðnætti sáu menn vegg háan færast niður sandinn og var það hlaupið, það kom þó eigi á Skóga, en klaufst litlu ofar, en einum ísjaka skolaði upp í hlaðvarpann.“ (Sigurður Þórarinnsson, 1950).
- ¹⁴ Sigurður Þórarinnsson (1974) dregur í efa að hlaup hafi komið í Jökulsá á Fjöllum þetta ár.
- ¹⁵ „...Þennan vetur kom hlaup í Jökulsá á Fjöllum og olli allmiklu tjóni í Axarfirði og austurhluta Kelduhverfis.“ Hlaupið er talið stafa af eldsumbrotum og svipa til hlaups 1684 (Sigurður Þórarinnsson, 1974). Hlaupið lagðist í austurkvísl Jökulsár á Fjöllum í Kelduhverfi sem kallast Sandá (Sigurður Þórarinnsson, 1950).
- ¹⁶ Líklega ekki með þeim stærstu. Hlaupið eyðilagði góðan engjapart (Sigurjón Pál Ísaksson, 1985)
- ¹⁷ Í annálum er stóru vatnsflóði lýst sem tók 200 fjár, 14 hesta, 4 báta og 2 brúarfleka. „...Með hlaupinu bárust úr fjallinu slík heljarflikki og björg, að vel mætti kalla meðalfjöll, og urðu nokkur þeirra eftir á árbakkanum, sem þá skemmdist af leirburði og malargrjóti á nálega 5 þúsund skrefa löngu svæði, svo ekki mátti hann mönnum eða neinum nytjum verða. Önnur björg veltust í árfarveginn sjálfan, er sums staðar varð af þessu svo holur og djúpur, að allstórir bátar gætu farið þar um og legið“ (Sigurður Þórarinnsson, 1974).
- ¹⁸ „...að á dögum Fimmboga lögmanns hafi hjáleiguna tekið til grunna, en fólkið með fjenaðinn hafi þá verið burt komið, sem hafði njósna af hlaupi árinna.“ Hjáleigan Áshúsabakki mun hafa staðið niðri á sandinum norður af Byrgi og skammt vestan Jökulsár (Sigurður Þórarinnsson, 1950).

Tilvísanir

- Fjallkonan. 1896. Skemmdir á brúm. *Fjallkonan XIII*, 11. Bls. 41. Reykjavík, 10. mars.
- Guðrún Larsen, Magnús Tumi Guðmundsson, Páll Einarsson og Þorvaldur Þórðarson. 2013. Júlíus Sólnes (ritstj.). *Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og jarðskjálftar*. Viðlagatrygging /Háskólaútgáfan. 785 bls.
- Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson.
- Helgi Björnsson. 2009. *Jþklar á Íslandi*. Bókaútgáfan Opna. Reykjavík.
- Helgi Björnsson, Finnur Pálsson og Magnús T. Guðmundsson, 1992. *Vatnajökull, norðvesturhluti, 1:100.000. Ísþykkt*. Landsvirkjun og Raunvísindastofnun Háskólans, Reykjavík.
- ÍSOR: http://www.isor.is/i/stadlar/hraun/allt_um_hraun.html
- Magnús Tumi Guðmundsson. 2014. *Köldukvíslarjökull – mögulegar stærðir hlaupa vegna gosa á vatnasvæði Köldukvíslarjökuls*. Minnisblað dagsett 22. okt 2014MTG.
- Magnús T. Guðmundsson, Freysteinn Sigmundsson, Helgi Björnsson, Þórdís Högnadóttir, 2004. The 1996 eruption at Gjalp, Vatnajökull ice cap, Iceland: efficiency of heattransfer, ice deformation and subglacial water pressure. *Bull Volcanol.* **66** bls. 46–65.
- Magnús T. Guðmundsson, 1997. Gosið í Vatnajökli í október 1996. Einkenni, bræðsla íss og breytingar á jöklinum. Í: Hreinn Haraldsson (ritstj.): *Vatnajökull. Gos og hlaup 1996*, Vegagerðin, Reykjavík, bls. 37–59.
- Norðurland. 1903. Eldgosið. Ritstj. Einar Hjörleifsson. *Norðurland* **38**(II árg.), bls. 150. Akureyri, 13. júní 1903.
- Ólöf Rós Káradóttir og Auður Atladóttir. 2014. *Rakning jökulhlaups vegna æfingar 1311*. Minnisblað Verkís nr. 91010005-0181, dags. 2014-09-18. Verkís.
- Sigmundur Freysteinnsson, 1972. Jökulhlaup í Köldukvísl. *Jökull* **22**, bls. 83–88.
- Sigurður Þórarinnsson. 1950. Jökulhlaup og eldgos á jökulvatnasvæði Jökulsár á Fjöllum. *Náttúrufræðingurinn* **20**. árg. 4. hefti, bls. 113–133.
- Sigurður Þórarinnsson. 1974. *Vötnin stríð*. Menningarsjóður, 1974. 254 bls.
- Sigurður Þórarinnsson og Guðmundur E. Sigvaldason. 1972. *Jökull* **22**. bls. 12–26.
- Sigurjón Páll Ísaksson. 1985. Stórhlaup í Jökulsá á Fjöllum á fyrri hluta 18. aldar. *Náttúrufræðingurinn* **54**, bls. 165–189.
- Sigurjón Rist. 1990. Vatns er þörf. Bókaútgáfa Menningarsjóðs. Reykjavík, 1990, 248 bls.
- Snorri P. Snorrason, Ágúst Guðmundsson, Gunnlaugur Þorbergsson, Melkorka Matthíasdóttir Gunnar Orri Gröndal, 2007. *Lower Þjórsá river basin. Hydroelectric projects. Geological investigations 2006*. Almenna Verkfræðistofan. Unnið fyrir Landsvirkjun. Skýrsla nr. LV-2007/002.
- Tómas Jóhannesson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Helgi Björnsson, Philippe Crochet, Elías B. Elíasson, Sverrir Guðmundsson, Jóna Finndís Jónsdóttir, Haraldur Ólafsson, Finnur Pálsson, Ólafur Rögnvaldsson, Oddur Sigurðsson, Árni Snorrason, Óli Grétar Blöndal Sveinsson, Thorsteinn Thorsteinsson. 2007. *Effect of climate change on hydrology and hydro-resources in Iceland*. Report OS-2007/011. Orkustofnun, Reykjavík.
- Tómas Jóhannesson, Tinna Þórarinsdóttir, Emmanuel Pagneux, Philippe Crochet og Esther H. Jensen. 2014. *Mat á vatnshæð í jökulhlaupi í Jökulsá á Fjöllum vegna hugsanlegs eldgoss í eða við Bárðarbungu 2014*. Minnisblað dags. 23.8.2014/uppfært 28.8.2014. Málsnúmer: 2014-233. Verknúmer: 3720-7-0001. Veðurstofa Íslands.
- Tómas Jóhannesson, Tinna Þórarinsdóttir, Emmanuel Pagneux, Philippe Crochet og Esther H. Jensen. 2014. *Mat á vatnshæð í jökulhlaupi í Skjálfandafljóti vegna hugsanlegs eldgoss í eða við Bárðarbungu 2014*. Minnisblað, dags. 28.8.2014. Málsnúmer: 2014-233. Verknúmer: 3720-7-0001. Veðurstofa Íslands.
- Verkís. 2014. *Ummerki hlaups og mat á stærð þess í gömlum farvegi Köldukvíslar, sunnan undir syðri-Hágöngu*. Minnisblað nr. 05126003-1-MB-0240, dagsett 2014-12-08.

Viðauki 3 Gos í Heklu og NV Vatnajökli 1766

VERKHEITI

MINNISBLAÐ

VERKNÚMER: 05126-003
VERKHLUTI: 6
HÖFUNDUR: KMH
DREIFING: Óli Grétar Blöndal Sveinsson, Helgi Jóhannesson, LV
RÝNI: PRP

DAGS.: 2014-09-26
NR.: 0226

Málefni: Gos í Heklu og NV Vatnajökli 1766

Yfirlit

Í minnisblaðinu eru teknar saman upplýsingar um:

- 1) gjóskudreifingu frá Heklu 1766,
- 2) gos í Vatnajökli 1766,
- 3) hlaup í Þjórsá 1766

Í þeim tilgangi að kanna hvort endurtekin hlaup í Þjórsá sumarið 1766 gætu hafa orðið vegna óvenju mikilla leysinga á jökli (t.d. vegna þess að gjóska frá Heklu hafi borist upp á Tungnaárjökul og valdið þar óvenju mikilli bráðnun).

Samantektin bendir til þess að gjóska frá Heklugosi 1766 hafi ekki náð inn á Vatnajökul. Líklegasta skýring á hlaupum í Þjórsá sumarið 1766 er því talin eldgos í NV Vatnajökli, utan Grímsvatna. Gosið gæti hafa verið undir Tungnaárjökli, út frá lýsingu á staðsetningu þess. Því má ætla að hlaup hafi komið í Tungnaá.

Ekki hefur verið kannað til hlítar hvort stór leysingaflóð hafi komi í jökulár, þetta sumar.

Efnisyfirlit

1	HEKLGOS	2
1.1	Gjóska	2
1.1.1	Gos 1766	2
1.1.2	Vatnajökull, borkjarni	4
1.2	Ályktanir	4
2	GOS Í VATNAJÖKLI	5
2.1	Ritaðar heimildir	5
2.2	Gjóskulög	5
2.3	Ályktanir	6
3	HLAUP Í ÞJÓRSÁ	7
3.1	Hekla 1766	7
3.2	Vatnajökull 1766	7
3.3	Ályktanir	7
4	HEIMILDIR	7
	VIÐAUKI: TÖFLUR	8

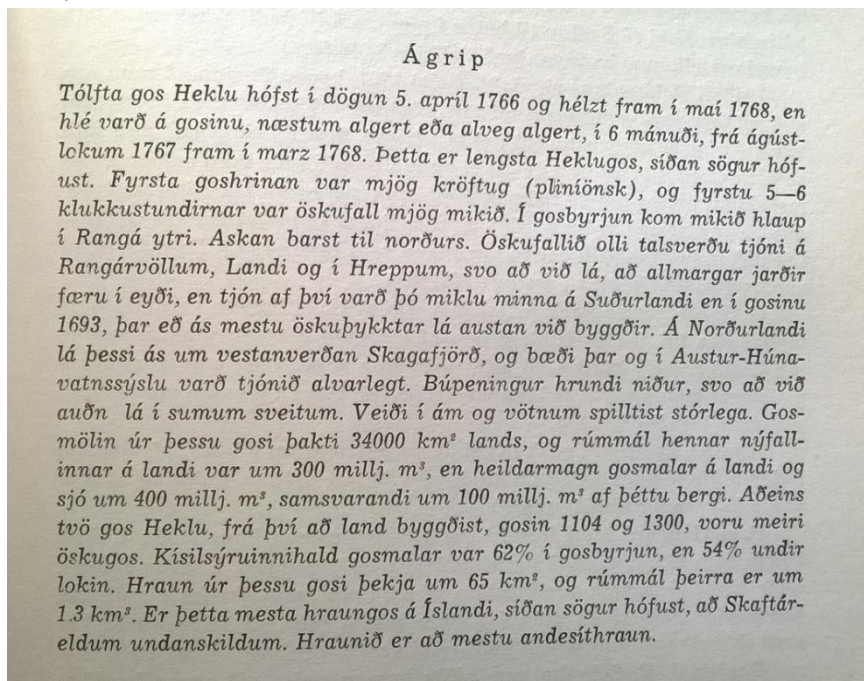


1 Heklugos

5. apríl 1766, stendur fram í maí 1768.

1766 • Meðalstórt þeytigos hófst 5. apríl með áköfu gjóskufalli til norðurs og í framhaldi af því varð mesta hraunrennsli í Heklugosi svo víst sé. Mesta gjóskuþykkt í Þjórárdal var um 15 sentimetrar, en norðanlands lá þykktarásinn um Skagafjörð. Þar var þykkt nýfallinnar gjósku sögð tveir til fjórir sentimetrar, en er nú hvergi yfir einn sentimetri. Gjóskufallið olli mestu tjóni í Skagafirði og Austur-Húnavatnssýslu með miklum búfjárfelli. Mikið hraun rann til suðurs, lengst um 15 kílómetra, en minna til norðurs. Þetta Heklugos er það lengsta sem sögur fara af, en það stóð með nokkrum hléum, því lengsta sex mánuði, fram í maí 1768.

Guðrún Larsen o.fl., 2013.

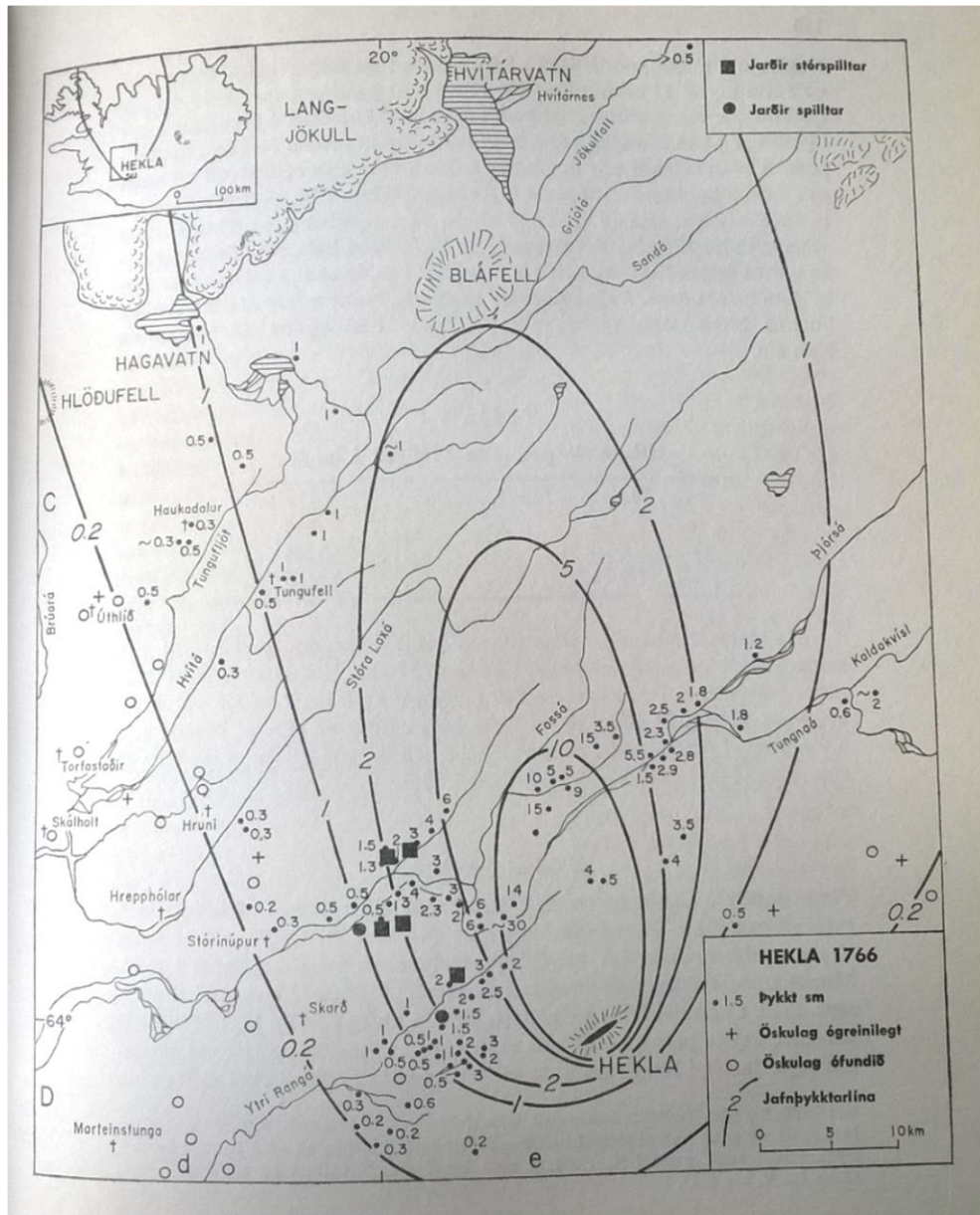


Sigurður Þórarinnsson, 1968.

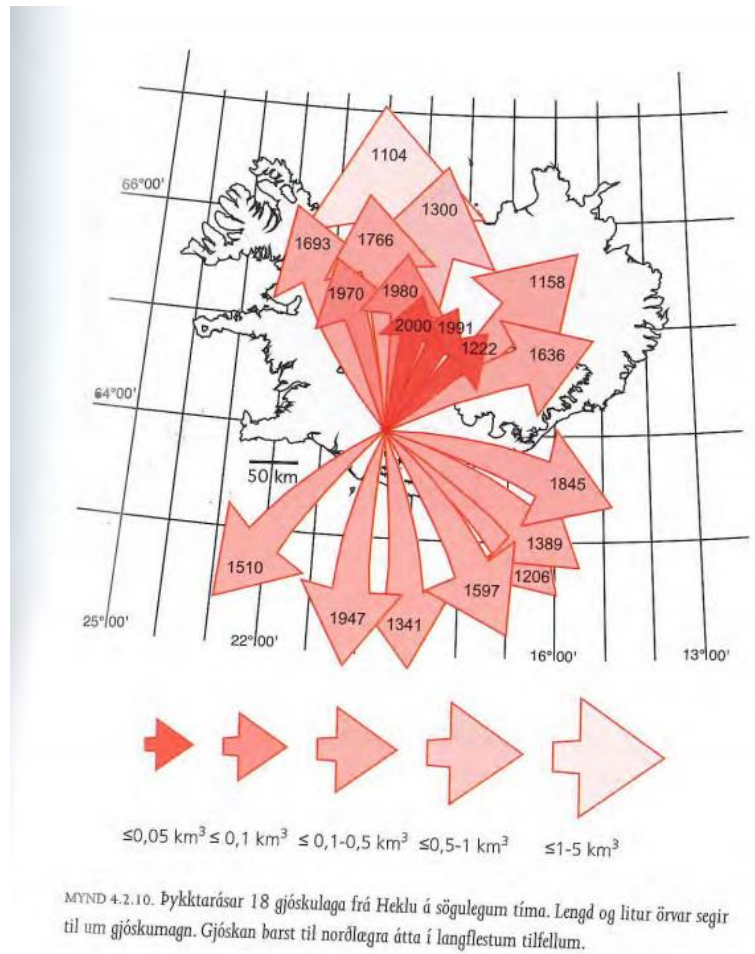
1.1 Gjóska

1.1.1 Gos 1766

Á Mynd 1 má sjá gjóskudreifingu frá gosinu. Gjóska virðist ekki hafa náð inn á Vatnajökul. Sjá nánar um gjóskulögin í töflum 1 og 2 í viðauka.



Stefna megin gjóskugeira í 18 gosum á sögulegum tíma er sýnd á Mynd 2 til samanburðar, þ.m.t. 1766.



Mynd 2 Stefna megin gjóskugeira í 18 gosum á sögulegum tíma (Guðrún Larsen o.fl., 2013)

1.1.2 Vatnajökull, borkjarni

Í 415 m löngum borkjarna í Bárðarbungu fundust gjóskulög aftur til 1659 (lengri kjarna hefði þurft til þess að sjá enn eldri lög). Engin gjóskulög frá Heklu fundust í kjarnanum. Hins vegar fundust gjóskulög frá Kötlu, Öskju og Kverkfjöllum (Sigurður Steinþórsson, 1977).

1.2 Ályktanir

Gjóska frá Heklugosi 1766 náði ekki inn á Vatnajökul.



2 Gos í Vatnajökli

Sumarið 1766 (a.m.k. 24. júlí).

2.1 Ritaðar heimildir

Gos 1766

Sumarið 1766 mun hafa gosið einhversstaðar í Vatnajökli vestanverðum. Einu vitneskjuna um þetta gos er að finna í þeirri ítarlegu skýrslu um Heklugosið 1766, sem samín var af Einari Jónssyni (1712–1788) fyrrverandi skólameistara í Skálholti, er bjó að Ási í Holtum þegar Hekla gaus.⁷¹ Í þessari skýrslu leiðir Einar rök að því, að eldar hafi einnig verið uppi í Vatnajökli. Hinn 24. júlí 1766 segir hann hafa verið ljósbláa móðu í lofti, einkum til fjalla. Var sömu móðu að sjá í Vestmannaeyjum og vestur í Borgarfjörð. Þessari móðu fylgdi stæk fýla með þef „*ligesom af antændt Ildtöru*“. Úr móðu þessari sáldraðist aska, sem hafði annan lit og lyktaði öðruvísi en Hekluaskan og vindstaða var þannig, að hún gat ekki komið frá Heklu. Eins segir hann menn hafa talið líklegt að þetta væri „*Jord eller Jökkelens Ild, rimeligst ved Grimsvandene, hvor fra man ofte til forn haar seet Baal og Røg (Brand)*“. Fyrir sólaruppkomu að morgni 24. júlí sá maður nokkur eld milli Heklu og Búrfells, einmitt í þá átt þar sem Grímsvötn voru talin vera. Um sumarið komu við

58

og við allmikil hlaup í Þjórsá og telur sr. Einar í skýrslu sinni að þau hafi stafað af hlaupum í Tungná. Vikurdust það, sem Einar taldi úr Vatnajökulsgosi, barst með austlægum vindum yfir uppsveitir Rangárvallasýslu, einkum Land, og geltust og megruðust bæði kýr og ær.

Skýrsla séra Einars um Heklugosið er mjög greinargóð og ber vitni ágætri athyglisgáfu. Er því ekki ástæða til þess að efa, að hann hafi rétt fyrir sér í því, að gosið hafi í Vatnajökli í júlímánuði 1766. Það kann einnig rétt að vera, að gosið hafi verið í Grímsvötnum, en sé það rétt ályktun að vatnavextirnir í Þjórsá hafi orsakast af hlaupum í Tungná, bendir það til þess, að eldstöðvarnar hafi verið eitthvað vestar, e. t. v. á svipuðum slóðum og gosið 1784 (sbr. bls. 61).

Sigurður Þórarinnsson, 1974.

2.2 Gjóskulög

Í 415 m löngum borkjarna í Bárðarbungu fundust gjóskulög frá 1659 (lengri kjarna hefði þurft til þess að sjá enn eldri lög). Gjóskulag með efnasamsetningu Vatnajökuls (ekki Grímsvatna) er tímasett 1766 (sjá Mynd 3). Sjá nánar í töflum 3–5 í viðauka.

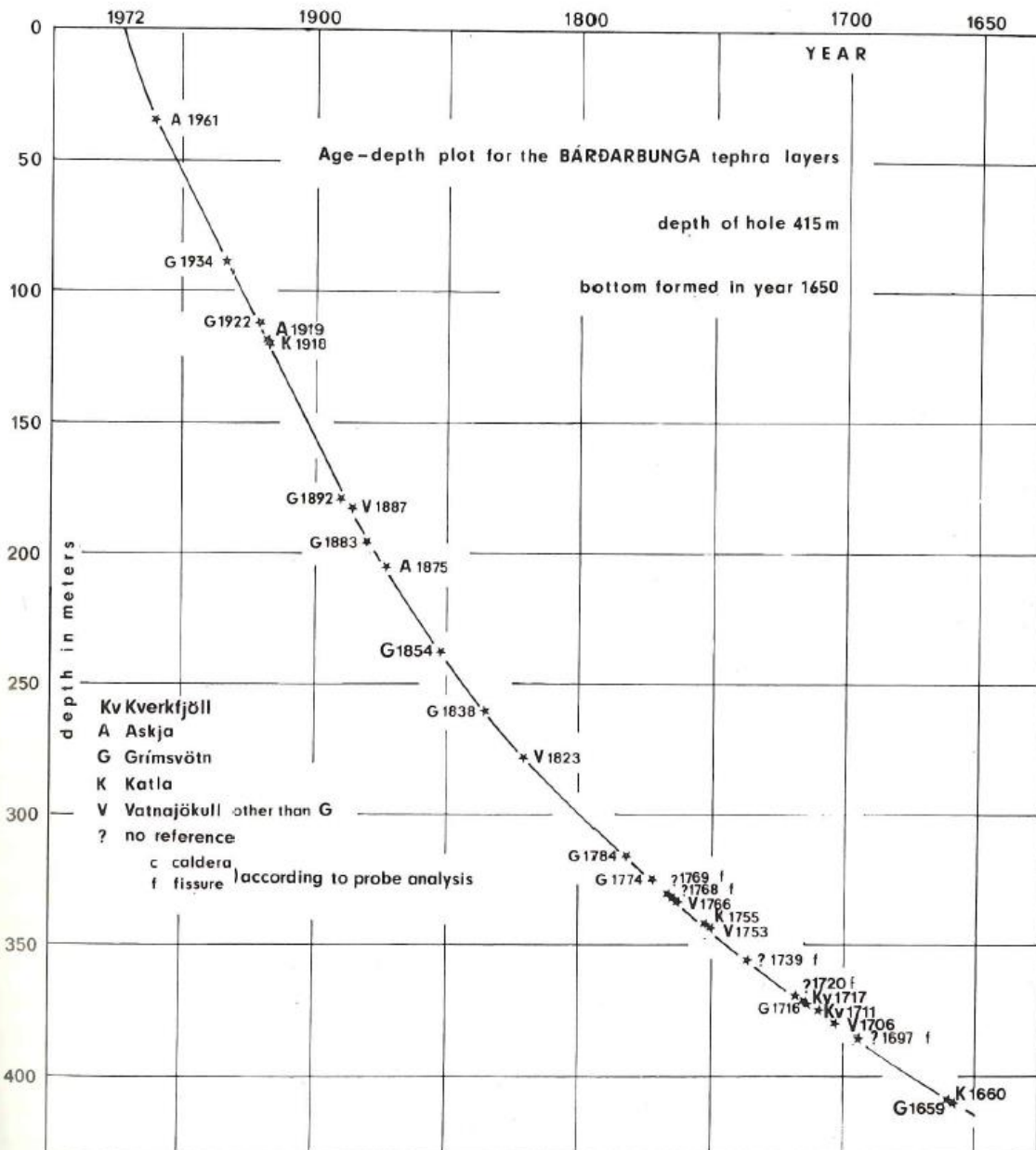


Fig. 3. Age – depth plot for the Bárðarbunga tephra layers, according to the interpretation advanced in the article.

Mynd 3. Tengsl aldurs og dýpis í Bárðarbungukjarnarum, samkvæmt niðurstöðum þeirra rannsóknna, sem lýst er í greininni.

Mynd 3 Sigurður Steinþórsson, 1977

2.3 Ályktanir

Eldgos átti sér stað í NV Vatnajökli (utan Grímsvatna) 1766. Gosið náði upp úr jökli og olli gjóskufalli og gasmengun út frá eldstöðinni.



3 Hlaup í Þjórsá

3.1 Hekla 1766

„Rangá ytri stíflaðist um hríð af hinu mikla vikurfalli, og varð flóð í henni, er hún ruddi sig. Bæði hún og Þjórsá báru ógrynni af vikri til sævar, og bárust miklar hrannir af því með ströndinni allt vestur í Reykjanesröst og síðar nær allt í kringum landið. Á hafinu undan suðurströndinni flutu vikurbreiður, sem róðrabátar komust ekki í gegnum. Þegar Íslandsför héldu utan í októbermánuði, voru enn vikurrastir á sjónum. Þorskar, sem veiddust eftir gosið, voru með fulla maga af vikri.“ Sigurður Þórarinnsson, 1968.

3.2 Vatnajökull 1766

HEKLA. 24. JÚLÍ 1766
eller Jökkelens Ild, rimeligst ved Grimsvandene, hvor fra man omtaler
til forn haar seet Baal og Røg (Brand)“. Fyrir sólaruppkomu að
morgni 24. júlí sá maður nokkur eld milli Heklu og Búrfells, einmitt
í þá átt þar sem Grímsvötn voru talin vera. Um sumarið komu við

og við allmikil hlaup í Þjórsá og telur sr. Einar í skýrslu sinni að
þau hafi stafað af hlaupum í Tungná. Vikurdust það, sem Einar
hafi staðfest, þar sem hlaup hafa komið með austlægum vindum yfir upp-

Sigurður Þórarinnsson, 1974.

3.3 Ályktanir

Líklegasta skýring á hlaupum í Þjórsá sumarið 1766 er eldgos í NV Vatnajökli. Gosið gæti hafa verið undir Tungnaárjökli, út frá lýsingu á staðsetningu goss. Því má ætla að hlaup hafi komið í Tungnaá.

4 Heimildir

Guðrún Larsen, Guðrún Sverrisdóttir, Haukur Jóhannesson, Árni Hjartarson og Páll Einarsson. 2013. Náttúruvá á Íslandi. Eldgos og Jarðskjálftar. Ristj. Júlíus Sónes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason. Hekla. Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan 2013. Bls. 189-209.

Sigurður Steinþórsson. 1977. Tephra layers in a drill core from the Vatnajökull ice cap. Gjóskulögin í Bárðarbungukjarnanum). *Jökull*, **27**, bls. 2-27.

Sigurður Þórarinnsson. 1968. Heklueldar. Sögufélagið. 202 bls.

Sigurður Þórarinnsson. 1974. *Vötnin stríð. Saga Skeiðarárhlaupa og Grímsvatnagosa*. Bókaútgáfa Menningarsjóðs, 22. sept. 1973. Bls. 58-59.



Viðauki: Tölur

Tafla 1 Guðrún Larsen o.fl., 2013

TAFLA 4.2.2						
Rúmmál gjósku og gjóskufallssvæði í sögulegum gosum Heklu.						
Öll voru líklega blandgos nema H-1104. Hlutfall gjósku og hrauns er þekkt í átta gosum og er 2,7 að meðaltali.						
Skálettraðar tölur eru reiknað rúmmál hrauna miðað við meðalhlutfallið.						
SÖGULEGUR TÍMI GOSÁR	GJÓSKA NÝFALLIN MILLI. M ³	GJÓSKUFALLS- SVÆÐI Á LANDI KM ²	ATHUGASEMDIR	HRAUN RÚMMÁL MILLI. M ³	HEIMILDIR	
SÚR KVIKA / ÞEYTTIGOS						
Hekla	1104	2000	55.000	innan 0,2 cm jafnþl.	Guðrún Larsen og Sigurður Þórarinnsson, 1977	
ÍSÚR KVIKA / BLANDGOS						
Hekla	1158	330	18000	innan 0,2 cm jafnþl.	100	Guðrún Larsen, 1992; Olgeir Sigmarsson o.fl., 1992
Hekla	1206	400	6000	innan 0,2 cm jafnþl.	1100	G. Larsen o.fl., 1999; Þ. Þórðarson og G. Larsen, 2007
Hekla	1222	40	2000	innan 0,2 cm jafnþl.	100	G. Larsen o.fl., 1999; Þ. Þórðarson og G. Larsen, 2007
Hekla	1300	500	30000	innan 0,2 cm jafnþl.	1400	S. Þórarinnsson, 1968; Þ. Þórðarson og G. Larsen, 2007
Hekla	1341	180	5500	innan 0,2 cm jafnþl.	500	G. Larsen o.fl., 1999; Þ. Þórðarson og G. Larsen, 2007
Hekla	1389	150	4500	innan 0,1 cm jafnþl.	400	G. Larsen o.fl., 1999; Þ. Þórðarson og G. Larsen, 2007
Hekla	1510	320	3000	innan 0,2 cm jafnþl.	900	S. Þórarinnsson, 1968; Þ. Þórðarson og G. Larsen, 2007
Hekla	1597	290	7500	innan 0,2 cm jafnþl.	800	G. Larsen o.fl., 1999; Þ. Þórðarson og G. Larsen, 2007
Hekla	1636	180	13500	innan 0,2 cm jafnþl.	500	G. Larsen o.fl., 1999; Þ. Þórðarson og G. Larsen, 2007
Hekla	1693	300	22000	innan 0,2 cm jafnþl.	800	S. Þórarinnsson, 1968; Þ. Þórðarson og G. Larsen, 2007
Hekla	1766	400	34000	innan 0,2 cm jafnþl.	*1300	Sigurður Þórarinnsson, 1968
Hekla	1845	230	4300	innan 0,2 cm jafnþl.	630	Sigurður Þórarinnsson, 1968
Hekla	1947	180	3100	allt svæði á fyrsta degi	800	Sigurður Þórarinnsson, 1968
Hekla	1970	70	22000	allt svæði á fyrsta degi	200	Sigurður Þórarinnsson, 1970
Hekla	1980	60	17000	allt svæði á fyrsta degi	120	Karl Grönvold o.fl., 1983
Hekla	1991	20	21000	allt svæði á fyrsta degi	150	Guðrún Larsen o.fl., 1992; Ágúst Guðmundsson o.fl., 1992
Hekla	2000	10	18000	allt svæði á fyrsta degi	190	Kjartan Haraldsson o.fl., 2001; Ármann Höskuldsson o.fl., 2007
BASÍSK KVIKA / FLÆÐIGOS						
Heklukerfi	–1440	Útbreiðsla óþekkt				
Heklukerfi	1554	~10 ferkílómetrar		~100	Skv. korti Sigurðar Þórarinnssonar, 1968	
Heklukerfi	1725	~10 ferkílómetrar		~100	Skv. korti Sveins P. Jakobssonar, 1979	
Heklukerfi	1878	~15 ferkílómetrar		~150	Skv. korti Sveins P. Jakobssonar, 1979	
Heklukerfi	1913	~10 ferkílómetrar		~100	Skv. korti Sveins P. Jakobssonar, 1979	
*Hraunið er mun minna skv. korti Sveins P. Jakobssonar, 1979						

Tafla 2 Guðrún Larsen o.fl., 2013



TAFLA 4.2.3
Flatarmál innan 1 cm og 10 cm jafnþykktarlína gjóskulaga úr töflum 4.2.1 og 4.2.2
og mesta fjarlægð þessara jafnþykktarlína frá Heklu.

GJÓSKULÖG FRÁ HEKLU		Nýfallin gjóska	1 cm jafnþykktarlína	1 cm jafnþykktarlína	10 cm jafnþykktarlína	10 cm jafnþykktarlína
VEI stærð		Rúmmál, km ³	Mesta fjarlægð, km	Gjóskufallssvæði, km ²	Mesta fjarlægð, km	Gjóskufallssvæði, km ²
H-2000	3	0,01	26	270	4	10
H-1991	3	0,02	28	300	5	16
H-1980	3	0,06	60	900	17	100
H-1970	3	0,07	100	2080		33
H-1947	4	0,18	65	1310	31	310
H-1845	4	0,23	100	1740	23	175
H-1766	4	0,40	100	3600	20	175
H-1693	4	0,30	90	3200	18	100
H-1636	4	0,18	85	1990	25	175
H-1597	4	0,29	100	3400		
H-1510	4	0,32	*70	2000	28	250
H-1389	4	0,15	60	1210	19	170
H-1341	4	0,18	75	1920		
H-1300	4	0,50	115	5700	24	215
H-1222	3	0,04	40	375	*8	
H-1206	4	0,40	*115	4600	12	175
H-1158	4	0,33	95	1600	40	340
H-1104	4	2	240	22.000	65	2000
Hekla-3	6	~10	>400	** 60.000	170	~10.000
Hekla-5	5	>2	>170	** 10.000	70	~1600
Hekla-4	6	~10	>400	** 62.000	120	~8500
Hekla-5	5	~3	>240	** 24.000	70	~2500

*Áætluð lega jafnþykktarlínu

** Flatarmál gjóskufallssvæðis á landi (flatarmál á sjó óþekkt)



Tafla 3 Sigurður Steinþórsson, 1977.

TABLE I. List of the Bárðarbunga tephra layers. — *TAFLA I. Lýsing gjóskulaganna í Bárðarbungukjarnanum.*

A	B	C	D	E	F	G	H	J
A 1961	28	31.83	1.61	—	—	—	PGM—B1	
G 1934	89	86.59	1.609	3.1×2.0×1.5 3.0×2.7×1.2 2.8×2.0×0.9	3.12 ϕ	1.33 (poor)	PGM—B1	23.7 gms
G 1922	115	109.42	1.605	13.2×5.6×4.0 10.5×8.0×4.0 9.5×8.0×3.5	2.03 ϕ	1.62 (poor)	PGM—B2	103.9 gms
A 1919?	124	117.41	—	1.1×1.1×0.8	est. 3 ϕ	—	Y. 64—1	A few scattered grains
K 1918	125	118.22	1.6	1.2×1.2 1.0×0.7 1.1×0.9	4.02 ϕ	—	PGM—B2	3.62 gms. Some small discrete plagioclase cryst. One light-coloured xenolith.
G 1892	193	177.57	—	1.5×1.4 1.3×1.2 1.0×1.0	est. 2 ϕ	0.83 (fair)	PGM—B1	About one cm thick. Considerable number discrete plagioclase crystals.
V 1887	196	180.69	—	2.4×1.2 2.3×2.0 2.0×1.8	est. 0—1 ϕ	poor	Y. 62—2	
G 1883	211	194.10	1.605	1.8×1.0 1.6×0.7 1.4×1.0	est. 2 ϕ	poor	PGM—B2	Considerable number of discrete plagioclase crystals.
A 1875	221	202.7	basic	1.2×1.0 1.3×1.1 1.0×1.0	est. 2—3 ϕ	poor	Y. 62—3	Notable plagioclase crystals. Many light-colour and white xenoliths.
G 1854?	259	235.93	1.55	0.8×0.2 0.2×0.2	est. 4 ϕ	fair	PGM—B3	No crystals or xenoliths.
G 1838	264	257	—	—	—	—	PGM—B3	
V 1823	304	277.19	1.605	—	—	—	PGM—B7	
G 1784	419	314	basic	0.8×0.6 0.6×0.4 0.5×0.4	est. 3 ϕ	poor to fair	PGM—B4	Less than 0.5 cm thick. A few plagioclase crystals about 0.1 mm. One light-coloured xenolith.
G 1774	430	323.55	basic	1.5×1.0 1.3×0.7 1.1×0.8	est. 2 ϕ	poor	PGM—B4	Considerable number of plagioclase crystals. Thickness 2 cm.
? 1769	436	328.93	1.60	—	—	—	Y. 61—2 Y. 63—3	
? 1768	438	330.61	basic	0.4×0.2 0.3×0.2	est. 4 ϕ	middling to fair	Y. 61—3 Y. 62—1	Thickness 0.5 cm. No crystals, no xenoliths.
V 1766	440	332.45	—	—	—	—	PGM—B4	
K 1755	449	340.71	basic	1.0×0.6 0.8×0.8 0.8×0.6	est. 2—3 ϕ	poor	Y. 61—4	Few crystals. Considerable amounts of white and gray xenoliths.
V 1753	452	342.80	1.595	ca. 0.1	—	—	†	A few grains dispersed over 0.5 cm. Glass yellowish brown. Some plagioclase crystals.
? 1739	465	354.89	1.605	—	—	—	Y. 62—4 PGM—B2	
? 1720	480	368.64	—	9.5×7.3×3.0 8.0×5.5×3.2 7.5×4.6×3.0	2.45 ϕ	1.86	PGM—B5	9 cm thick divided in two by a thin ice layer. 93.8 gms. Discrete plagioclase crystals up to 0.5 mm. One gray xenolith.
Kv 1717?	483	371.79	1.600	—	—	—	Y. 63—2, 3, 4	
G 1716	{ 483 484	{ 372.03 372.30	{ 1.50—1.595 basic	2.2×1.7 2.1×1.2 1.5×1.5	1.53 ϕ	1.32	PGM—B5	0.5 cm, dispersed. Dispersed over 1—2 cm, 0.56 gms. Plagioclase crystals 0.1 mm. One xenolith found.
Kv 1711?	486	373.99	1.595	0.2×0.2 0.4×0.2	est. 3—4 ϕ	middling to fair	Y. 61—5 PGM—B6	Glass yellowish brown.
? 1707	490	378.53	1.600	—	—	—	PGM—B3	Dispersed over 1—2 cm.
V 1706	492	379.62	basic	7.0×5.0×3.1 9.0×5.5×5.5 7.0×5.4×5.0	2.02 ϕ	1.36	PGM—B6	204 gms. Plagioclase crystals 0.1 mm. Lithic fragments of basalt and white pumice.
? 1697	496	384.57	1.60	—	—	—	Y. 62—5 Y. 63—1	
K 1660—61 ?	522	409.68	—	—	—	—	†	Ca. 0.5 cm thick.
G 1659	524	410.65	—	—	—	—	PGM—B6	3 cm thick. Interspersed with ice.

Legend

A. Eruption, according to the depth-age model presented here. "?" after year denotes an 'educated guess', "—" before year denotes unknown source. A: Askja, G: Grimsvötn, K: Katla, V: Vatnajökull (unspecified), Kv: Kverkfjöll.
B. Container, in which the respective part of the core is stored. The containers are made of styrofoam, and were marked with consecutive numbers. Each segment is one meter long.
C. Depth (m) to top of tephra layer.
D. Refractive index of glass. The refractive indices were measured in the initial stages of the investigation, mostly in quest for

non-basaltic markers. They were performed on a very few grains in each sample. The word "basic" denotes that a rough determination was made, i.e. about $n_g \sim 1.6$. "—" means no measurement.
E. Dimensions (diameter in mm) of largest grains, measured by G. K. Larsen.
F. Mean grain size M_z , measured or estimated by G. K. Larsen.
G. Sorting, σ' , determined or estimated by G. K. Larsen.
H. Polished grain mounts (PGM) of the Bárðarbunga samples, each containing 3 or 4 samples, were numbered B1 through B7. Polished thin sections are numbered Y.nn.

All were prepared by Mr. Þ. Kristófersson. "†" means no sample.
J. Remarks. Observations made in the field, or on the bulk sample, mostly under the binocular microscope. Crystals and lithic fragments refer to discrete grains — not microphenocrysts embedded in the glass. Observations mostly made by G. K. Larsen.
Skýringar
A: eldstöð og ártal, B: geymsluhólkur kjarnabútsins, C: dýpi á efra borð lagsins (m), D: ljósbrot glersins, E: þvermál (mm) stærstu korna, F og G: kornadreifistuðlar, H: þunn-sneiðarnúmer, J: athugasemdir.



Tafla 4 Sigurður Steinþórsson, 1977.

TABLE II.

Whole-rock analyses of samples from volcanoes potentially shedding tephra on Bárðarbunga

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	50.81	61.80	50.75	49.73	49.80	49.61	50.05	47.30	47.60	49.97	56.06	49.70
Al ₂ O ₃	13.10	15.90	13.95	14.80	13.87	11.49	14.19	12.82	13.54	13.88	14.17	14.60
TiO ₂	2.98	0.95	2.88	2.51	2.83	2.94	1.49	4.20	4.31	2.65	1.47	1.97
Fe ₂ O ₃	1.93	1.84	1.78	3.10	1.84	4.66	1.27	1.50	1.42	1.16	3.37	3.05
FeO	13.68	6.75	12.12	11.53	12.38	11.33	11.55	13.56	13.06	12.22	10.27	9.97
MnO	0.23	0.15	0.23	0.15	0.16	0.26	0.31	0.22	0.28	0.23	0.36	0.25
MgO	4.88	1.53	4.13	4.92	4.92	5.55	7.20	4.56	4.88	5.90	1.41	4.90
CaO	8.87	5.44	10.14	9.55	9.75	9.66	11.18	10.00	9.25	10.25	5.41	10.35
Na ₂ O	2.86	3.82	2.90	2.86	3.17	2.45	2.30	2.90	2.88	2.74	4.20	2.23
K ₂ O	0.53	1.66	0.44	0.52	0.55	0.33	0.17	0.86	0.80	0.44	1.48	0.35
P ₂ O ₅	0.27	0.40	0.33	0.23	0.22	0.32	0.20	0.73	0.60	0.27	0.61	0.23
H ₂ O	0.34	0.30	0.09	0.48	0.51	1.18	0.28	1.07	0.18	0.10	0.90	0.88
	99.98	100.55	99.74	100.38	100.00	99.78	100.17	99.72	98.80	99.82	99.70	98.48

1. Askja 1961 (*Thorarinsson & Sigvaldason* 1962)
2. Hekla 1947 (H 47 – 1Gb, *Sigvaldason* 1974)
3. Grimsvötn 1934. Coll. Guðmundur Einarsson. New analysis, Sci. Inst. SAL 51)
4. Grimsvötn 1934. Collected in Papey. (*Barth* 1937)
5. Grimsvötn 1922. Collected in Papey. (*Barth* 1937)
6. Þórðarhyrna 1903. Coll. on ship off Langanes (*M. L. Mouritzen & A. Noe-Nygaard* 1950)
7. Tröllahraun 1862–64 (*Thorarinsson & Sigvaldason* 1972)
8. Katla 1918. Collected at Kirkjubæjarklaustur. New analysis, Sci. Inst. SAL 49
9. Katla 1755. Collected at Hólmsárbrú. New analysis, Sci. Inst. SAL 46
10. Laki 1783. New analysis. Sci. Inst. SAL 9
11. Öræfajökull 1727 (*Thorarinsson* 1958)
12. Layer “a” (*Thorarinsson* 1958; probably Kverkfjöll 1477. New analysis. Sci. Inst. SAL 53)

Tafla 5 Sigurður Steinþórsson, 1977

	Bb 436 N = 4		Bb 436 N = 6		Bb 438 N = 2		Bb 440 N = 5		Bb 449 N = 8	
	$\bar{X}$	$\pm$	$\bar{X}$	$\pm$	$\bar{X}$	$\pm$	$\bar{X}$	$\pm$	$\bar{X}$	$\pm$
SiO ₂	49.08	1.05	49.82	1.71	59.69	.51	49.33	.78	48.31	.65
Al ₂ O ₃	14.53	.25	12.62	.42	14.85	1.12	13.54	.49	12.80	.64
TiO ₂	1.78	.12	2.97	.38	1.31	.21	1.74	.04	4.72	.26
FeO*	12.13	.23	14.03	1.50	10.80	.22	11.66	.10	15.09	.68
MnO	.23	.03	.26	.08	.24	.01	.20	.03	.25	.06
MgO	8.06	.27	5.90	.44	1.27	.01	6.76	.29	5.36	.73
CaO	11.52	.32	9.90	1.05	4.98	.32	11.72	.34	9.45	1.05
Na ₂ O	2.57	.14	2.35	.48	4.39	.23	2.30	.37	2.57	.37
K ₂ O	.20	.03	.42	.07	1.64	.01	.22	.04	.67	.32
P ₂ O ₅	.16	.04	.30	.10	.72	.15	.16	.04	.70	.04
	100.25		98.57		99.30		97.63		99.92	



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

