



Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands

Ágrip erinda

Askja, Náttúrufræðahús Háskóla Íslands
10. mars 2023



Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands

Ágrip erinda

Umsjón

Þorsteinn Sæmundsson, Halldór Geirsson, Bjarni Gautason, Lúðvík E. Gústafsson, Michelle Parks & Ásta Rut Hjartardóttir

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Dagskrá Vorráðstefnu JFÍ, 10. mars 2023

08:15 Skráning opnar

Fundarstjóri **Halldór Geirsson**

08:50 – 09:00 Setning

Þorsteinn Sæmundsson

09:00 – 09:15 Hvað veldur Heklugosum?

Olgeir Sigmarsson

09:15 – 09:30 Neðansjávarskriður

Ögmundur Erlendsson

09:30 – 09:45 Electrical Resistivity Tomography and Ground-Penetrating Radar

Measurements for Permafrost Detection on Strandartindur, Seyðisfjörður -
East Iceland

Alexandra von der Esch

09:45 – 10:00 The fossilized human boot tracks in the palagonitized tuff deposits of Surtsey
Island

Birgir V. Óskarsson

10:00 – 10:15 Interaction between propagating basaltic dikes and pre-existing fractures: A
case study in hyaloclastite from Dyrfjöll, Iceland

Sonja H. M. Greiner

10:15 – 10:45 Kaffi – Veggspjaldasýning

10:45 – 11:00 Fractures and holocene eruption vents in the tuya Fagradalsfjall, Reykjanes
Peninsula

Vigfús Eyjólfsson

11:00 – 11:15 Ytri-Hagi, the key to understanding the Dalvík Lineament? – A structural and
geothermal field assessment, North Iceland

Anett Blischke

11:15 – 11:30 Sigkatlar í jöklum á Íslandi

Magnús Tumi Guðmundsson

11:30 – 11:45 Jarðskjálftamælingar með ljósleiðurum

Kristín Jónsdóttir

11:45 – 12:00 Six decades of research on water stable isotopes at the Institute of Earth
Sciences, Science Institute, University of Iceland

Árný E. Sveinbjörnsdóttir

12:00 – 12:15 Strain Localization at Volcanoes Undergoing Extension: Investigating Long-
term Deformation at Krafla and Askja in North Iceland

Chiara Lanzi

12:15 – 13:00 Matur – Veggspjaldasýning

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Fundarstjóri Lúðvík E. Gústafsson

- 13:00 – 13:15 Stóri-Hamradalur í Móhálsadal á Reykjanesskaga
Páll Imsland
- 13:15 – 13:30 Safn íðorða og hugtaka í skjálftafræði og tektóník
Páll Einarsson
- 13:30 – 13:45 Öskjuvatn 1975, 2012 og 2013
Jón Ólafsson
- 13:45 – 14:00 Plastic pollution and beach wrack on a coast in Snæfellsnes
Throstur Thorsteinsson
- 14:00 – 14:15 EPOS, Evrópska flekamælikerfið og þróun íslenskra FAIR gagnaþjónusta til
framtíðar
Kristín Vogfjörð
- 14:15 – 14:30 Temperature and salinity of the deep geothermal fluid in the Reykjanes
geothermal field based on fluid inclusions
Linus Hüne
- 14:30 – 14:45 Major and trace element composition of the deep geothermal fluid of the
Reykjanes geothermal system based on fluid inclusions of the IDDP-2 drill
cores
Enikő Bali

14:45 – 15:15 Kaffi & Veggspjaldasýning

- 15:15 – 15:30 Solubility of geologically important minerals in hydrothermal fluids within
the roots of volcanic geothermal systems
Sigriður María Aðalsteinsdóttir
- 15:30 – 15:45 Origin of gabbro and anorthosite mineral clusters in Fagradalsfjall lavas
William Charles Wenrich
- 15:45 – 16:00 Volcanic degassing during the recent Fagradalsfjall and Meradalir eruption
Samuel Scott
- 16:00 – 16:15 Trace element transport in volcanic gases at Vulcano, Italy
Celine L. Mandon
- 16:15 – 16:30 The role of segregation process in lava flow degassing
Nicolas Levillayer
- 16:30 – 16:45 Ice-stream shutdown during deglaciation: evidence from the Iceland Ice
Sheet
Nína Aradóttir
- 16:45 – 17:00 Fingraför forns ísstraums í Bárðardal
Ívar Örn Benediktsson

17:00 – Hressing

Veggspjöld

Displacement measurements of the three main landslide bodies at Almenningar, North Iceland. A feature tracking application

Elías Arnar, Benjamin Hennig & Þorsteinn Sæmundsson

Sprengigos í Heklu ár Hólósen - Hvernig byrjaði Hekla?

Esther Ruth Guðmundsdóttir, Bergrún Arna Óladóttir, Guðrún Larsen & Olgeir Sigmarsson

Preliminary research into Slope instability above Engjabakki and Högnastaðir farms, Eskifjörður, east Iceland

Gísli Bjarki Guðmundsson Gröndal, Þorsteinn Sæmundsson & Jón Kristinn Helgason

Gjóskulagið Hekla-S, ~3850 ára, ásýnd, dreifing, stærð

Guðrún Larsen, Esther R. Guðmundsdóttir, Bergrún A. Óladóttir & Bryndís G. Róbertsdóttir

Diversity of intertidal ostracods (micro-crustaceans) from SW Iceland as tool to monitor climate-change impacts

Alejandra García Madrigala, Angel Ruiz Angulob & Steffen Mischke

Trace element transport in volcanic gases at Vulcano, Italy

Celine L. Mandon, Hanna Kaaslainen, Sergio Calabrese, Everett L. Shock, Panjai Prapaipong, Walter D'Alessandro, Franco Tassi, Ingvi Gunnarsson, Jóhann Gunnarsson-Robin & Andri Stefánsson

Sagan af zirkon úr Hvítserki

Olgeir Sigmarsson & Jean-Louis Paquette

Langtímahættumat valinna svæða á Íslandi: Vá af völdum hraunflæðis, gasmengunar og gjóskufalls

Melissa Anne Pfeffer, Bergrún Arna Óladóttir, Sara Barsotti, Bogi B. Björnsson & Sigrún Karlsdóttir

Gögn sem gagnast

Ríkey Júlíusdóttir, Kristín S. Vogfjörð, Sara Barsotti & Bergrún A. Óladóttir

He-CO₂-N₂ isotope and relative abundance characterization of Ethiopian Rift geothermal fluids

Sæmundur A. Halldórsson, Paolo Scarsi, Tsegaye Abebe, Tyler Evans, Justin T. Kulongsoski, Paterno R. Castillo, Peter H. Barry & David R. Hilton

Hafsbotsjárðfræði á landgrunni Íslands

Ögmundur Erlendsson, Árni Hjartarson, Anett Blischke, Steinunn Hauksdóttir, Davíð Þór Óðinsson & Árni Vésteinsson

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Efnisyfirlit

Dagskrá Vorráðstefnu JFÍ, 10. mars 2023	ii
Veggspjöld	iv
Efnisyfirlit	vi
Ágrip	1
Six decades of research on water stable isotopes at the Institute of Earth Sciences, Science Institute, University of Iceland	3
Árný E. Sveinbjörnsdóttir	
The fossilized human boot tracks in the palagonitized tuff deposits of Surtsey Island	4
Birgir V. Óskarsson & Raúl Esperante	
Ytri-Hagi, the key to understanding the Dalvík Lineament? – A structural and geothermal field assessment, North Iceland	5
Anett Blischke, Arnar Már Vilhjálmsson, Sigurveig Árnadóttir, Egill Árni Gudnason, Hörður Tryggvason, Unnur Þorsteinsdóttir, Albert Þorbergsson, Þorbjörg Ágústsdóttir, Gunnlaugur M. Einarsson, Finnbogi Óskarsson, Ólafur G. Flóvenz & Bjarni Gautason	
Displacement measurements of the three main landslide bodies at Almenningar, North Iceland. A feature tracking application	7
Elías Arnar, Benjamin Hennig & Þorsteinn Sæmundsson	
Sprengigos í Heklu ár Hólósen - Hverníg byrjaði Hekla?	8
Esther Ruth Guðmundsdóttir, Bergrún Arna Óladóttir, Guðrún Larsen & Olgeir Sigmarsson	
Preliminary research into Slope instability above Engjabakki and Högnastaðir farms, Eskifjörður, east Iceland	10
Gísli Bjarki Guðmundsson Gröndal, Þorsteinn Sæmundsson & Jón Kristinn Helgason	
Interaction between propagating basaltic dikes and pre-existing fractures: A case study in hyaloclastite from Dyrfjöll, Iceland	11
Sonja H. M. Greiner, Steffi Burchardt, Freysteinn Sigmundsson, Olivier Galland, Halldór Geirsson & Emma Rhodes	
Gjóskulagið Hekla-S, ~3850 ára, ásýnd, dreifing, stærð	12
Guðrún Larsen, Esther R. Guðmundsdóttir, Bergrún A. Óladóttir & Bryndís G. Róbertsdóttir	
Temperature and salinity of the deep geothermal fluid in the Reykjanes geothermal field based on fluid inclusions	14
Linus Hüne, Enikő Bali & Guðmundur H. Guðfinnsson	
Major and trace element composition of the deep geothermal fluid of the Reykjanes geothermal system based on fluid inclusions of the IDDP-2 drill cores	16
Linus Hüne, Enikő Bali, Guðmundur H. Guðfinnsson & Michaël Schirra	
Fingraför forns ísstraums í Bárðardal	18
Ívar Örn Benediktsson, Sigurrós Arnardóttir, Ólafur Ingólfsson, Sarah Principato & Marion McKenzie	
Öskjuvatn 1975, 2012 og 2013	19
Jón Ólafsson, Sveinbjörn Steinþórsson, Jóhanna Katrín Þórhallsdóttir & Kári Kristjánsson	
Jarðskjálftamælingar með ljósleiðurum	20
Kristín Jónsdóttir, Andreas Ficther, Sara Klaassen, Yesim Cubuk-Sabuncu, Sölvi Þrástason, Jean Soubestre, Patrick Paitz, Sigríður Kristjánsdóttir, Vala Hjörleifsdóttir & Stefán Trausti Njálsson	

EPOS, Evrópska flekamælikerfið og þróun íslenskra FAIR gagnapjónusta til framtíðar 22

Kristín S. Vogfjörð, Ríkey Júlíusdóttir, Magnús T. Guðmundsson, Guðmundur Valsson, Lovísa Ásbjörnsdóttir⁴ Þorbjörg Ágústsóttir & EPOS Ísland hópurinn

Strain Localization at Volcanoes Undergoing Extension: Investigating Long-term Deformation at Krafla and Askja in North Iceland 25

Chiara Lanzi, Freysteinn Sigmundsson, Halldór Geirsson, Michelle Maree Parks & Vincent Drouin

The role of segregation process in lava flow degassing 26

Nicolas Levillayer & Olgeir Sigmarsson

Diversity of intertidal ostracods (micro-crustaceans) from SW Iceland as tool to monitor climate-change impacts 28

Alejandra García Madrigal, Angel Ruiz Angulo & Steffen Mischke

Sigkatlar í jöklum á Íslandi 29

Magnús Tumi Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir, Hannah I. Reynolds, Finnur Pálsson & Eyjólfur Magnússon

Trace element transport in volcanic gases at Vulcano, Italy 30

Celine L. Mandon, Hanna Kaaslainen, Sergio Calabrese, Everett L. Shock, Panjai Prapaipong, Walter D'Alessandro, Franco Tassi, Ingvi Gunnarsson, Jóhann Gunnarsson-Robin & Andri Stefánsson

Zonnedorpen: a case study of a citizen initiative in an adaptation of sustainable energy 31

Yulita Muspitasi

Ice-stream shutdown during deglaciation: evidence from the Iceland Ice Sheet 32

Nína Aradóttir, Ívar Örn Benediktsson, Ólafur Ingólfsson, Skáfti Brynjólfsson, Wesley R. Farnsworth, Margrét Mjöll Benjamínssdóttir & Lena Björg Ríkharðsdóttir

Hvað veldur Heklugosum? 33

Olgeir Sigmarsson & Garance Hervé

Sagan af zirkon úr Hvítserki 34

Olgeir Sigmarsson & Jean-Louis Paquette

Safn íðorða og hugtaka í skjálftafræði og tektóník 36

Páll Einarsson

Stóri-Hamradalur í Móhálsadal á Reykjanesskaga - Útdráttur 37

Páll Imsland

Langtímahættumat valinna svæða á Íslandi: Vá af völdum hraunflæðis, gasmengunar og gjóskufalls 39

Melissa Anne Pfeffer¹, Bergrún Arna Óladóttir^{1,2}, Sara Barsotti¹, Bogi B. Björnsson¹ & Sigrún Karlsdóttir¹ 39

Gögn sem gagnast 41

Ríkey Júlíusdóttir, Kristín S. Vogfjörð, Sara Barsotti & Bergrún A. Óladóttir

Tsunami Waveform Stacking and Complex Tsunami Forcings from the Hunga-Tonga Eruption 43

Sean R. Santellanes, Angel Ruiz-Angulo & Diego Melgar

Volcanic degassing during the recent Fagradalsfjall and Meradalir eruptions 44

Samuel Scott, Melissa Pfeffer, Clive Oppenheimer, Ríkey Kjartansdóttir & Andri Stefánsson

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Solubility of geologically important minerals in hydrothermal fluids within the roots of volcanic geothermal systems.....	45
Sigríður María Aðalsteinsdóttir, Anna Bríet Bjarkadóttir, Guðmundur Sverrisson, Samuel Warren Scott & Andri Stefánsson	
He-CO ₂ -N ₂ isotope and relative abundance characterization of Ethiopian Rift geothermal fluids	46
Sæmundur A. Halldórsson, Paolo Scarsi, Tsegaye Abebe, Tyler Evans, Justin T. Kulongsoki, Paterno R. Castillo, Peter H. Barry & David R. Hilton	
Plastic pollution and beach wrack on a coast in Snæfellsnes.....	48
Throstur Thorsteinsson & Laureen Burlat	
Electrical Resistivity Tomography and Ground-Penetrating Radar Measurements for Permafrost Detection on Strandartindur, Seyðisfjörður - East Iceland.....	50
Alexandra von der Esch, Elisa Johanna Piispa & Þorsteinn Sæmundsson	
Fractures and holocene eruption vents in the tuya Fagradalsfjall, Reykjanes Peninsula.....	51
Vigfús Eyjólfsson	
Origin of gabbro and anorthosite mineral clusters in Fagradalsfjall lavas.....	53
William Charles Wenrich, Enikő Bali & Edward W. Marshall IV	
Neðansjávarskriður.....	55
Ögmundur Erlendsson, Árni Hjartarson, Anett Blischke & Guðmundur B. Agnarsson	
Hafsbotsnjarðræði á landgrunni Íslands	57
Ögmundur Erlendsson, Árni Hjartarson, Anett Blischke, Steinunn Hauksdóttir, Davíð Þór Óðinsson & Árni Vésteinsson	

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Ágrip

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Six decades of research on water stable isotopes at the Institute of Earth Sciences, Science Institute, University of Iceland

Árný E. Sveinbjörnsdóttir

Institute of Earth Sciences, Science Institute, University of Iceland

Research on stable isotopes in water has been conducted in Iceland since 1963, with focus on groundwater hydrogeology, the atmospheric water cycle, and general climate research. The pioneering work of Árnason [1, 2] on deuterium (δD) in precipitation and groundwater, was summarized in a δD contour map of present-day precipitation in Iceland, and interpreted to reflect origin of groundwater systems. Extensive research on isotopes (δD , $\delta^{18}O$, 3H , $\delta^{13}C$, ^{14}C), water chemistry (B, Cl) and hydrogeology have in recent years revealed that groundwater systems often have multiple water sources of different ages (from modern to pre-Holocene ages), mixed to a variable degree, and sometimes modified by water-rock interaction [3, 4]. Thus when tracing a groundwater origin and estimating water residence time it is essential to take into account the hydrogeology and the heterogeneity of the Icelandic groundwater systems. In honor of those who initiated this research I will present a review of the history of water stable isotope measurements with special emphasis on the scientific contribution to groundwater hydrology and our present-day state of knowledge.

References

- [1] ÁRNASON, B., Groundwater systems in Iceland traced by deuterium. *Publ. Soc. Sci. Isl.* **42** (1976) 236 pp.
- [2] ÁRNASON, B., Hydrothermal systems in Iceland traced by deuterium, *Geothermics*, **5** (1977) 125.
- [3] SVEINBJÖRNSDÓTTIR, Á.E., ARNÓRSSON, S., HEINEMEIER, J., Isotopic and chemical characteristics of old “ice age” groundwater, North Iceland, In Water-Rock Interaction, Rosa Cidu (ed) (2001) 205.
- [4] STEFÁNSSON, A., ARNÓRSSON, S., SVEINBJÖRNSDÓTTIR, Á.E., HEINEMEIER, J., KRISTMANNSDÓTTIR, H., Isotope ($\square D$, $\square^{18}\square$, 3H , $\square^{13}C$, ^{14}C) and chemical (B, Cl) concentrations on water origin, mixing, water-rock interaction and age of low-temperature geothermal water, *Applied Geochemistry* **108** (2019) 104380

The fossilized human boot tracks in the palagonitized tuff deposits of Surtsey Island

Birgir V. Óskarsson¹ & Raúl Esperante²

¹ Icelandic Institute of Natural History, Urriðaholtsstræti 6-8, Garðabær.

² Loma Linda University, California

Human activity on Surtsey island traces back to its earliest stages of formation, when the first explorers adventured into the island during short breaks in the phreatomagmatic eruptions. After the transition to effusive eruptions, visits were frequent to watch and monitor the lava flows but became controlled following the declaration of the island as a Nature reserve in 1965. In the 1980's - 90's geologist Sveinn Jakobsson noticed shapes in the palagonitized tuff that resembled fossilized human boot tracks. These were later presented to other geologists, and in 2019 and 2021 the tracks along with other newly discovered tracks were documented scientifically. In total 5 trackways were documented with a total of 48 tracks. Three boot sizes were identified, and the direction of movement could be determined from the boot anatomy, measurements of the angle of gait, stride, and pace. The nature of the palagonitized substrate with the tracks is reworked tuff and slump material that stratigraphically sits on top of a lava shield that formed in 1966-1967. This information and records on the sedimentation and palagonitization history of the tuff date the tracks to the early years post-eruption in between 1967-1970. The capturing and fossilization of the tracks is confined to a period of high rates of erosion and mobilization of the ash in the tephra cones enabling rapid burial of the tracks followed by palagonitization of the substrate with geothermal activity. The tracks present a unique opportunity for the study of ichnites and add one more item to the collection of geological wonders in Surtsey.

Reference:

Esperante, R. and Óskarsson, B., 2022, Human (boot) tracks preserved in volcanic deposits of Surtsey Island, Iceland, *Surtsey Research* 15, 99–120.

Ytri-Hagi, the key to understanding the Dalvík Lineament? – A structural and geothermal field assessment, North Iceland

Anett Blischke¹, Arnar Már Vilhjálmsson¹, Sigurveig Árnadóttir¹, Egill Árni Gudnason², Hörður Tryggvason³, Unnar Þorsteinsdóttir⁴, Albert Þorbergsson⁵, Þorbjörg Ágústsdóttir², Gunnlaugur M. Einarsson⁵, Finnbogi Óskarsson², Ólafur G. Flóvenz² & Bjarni Gautason¹

¹ Iceland GeoSurvey, Branch at Akureyri, Rangárvöllum, 603 Akureyri, Iceland

² Iceland GeoSurvey, Urðarhvarfi 8, 203 Kópavogur, Iceland

³ Norðurorka - Utility Company of Akureyri and Eyjafjördur, Rangárvellir, 603 Akureyri, Iceland

⁴ EFLA Consulting Engineers, Glerárgötu 32 9, 600 Akureyri, Iceland

⁵ National Planning Agency of Iceland, Borgartún 7b, 105 Reykjavík, Iceland

Keywords: *Structural geology, dyke swarm, geothermal exploration, image log, high-resolution magnetic survey*

Structural and geological fieldwork, drone surveying tied to borehole image data, high-resolution magnetic surveying, geothermal water prospecting, and regional and local seismicity data provide a new understanding of the Ytri-Hagi low-temperature geothermal field in Eyjafjördur, North Iceland. This composite data acquisition and analysis approach was implemented by superimposing the acquired data on high-resolution topographic and bathymetric data. The field is located within a dike swarm system fully exposed along the coastline, which is covered by younger sediments and lavas onshore and below sea level into the fjord. The goal of this project is to shed light on the connection between the dyke complex and the geothermal system at Ytri-Hagi and its regional setting and connection to the opening processes along the Dalvík lineament zone as one piece of the puzzle. Surface structural geology was described in relation to the geothermal and groundwater system by delineating and confirming a 250 m to 400 m wide dyke complex that trends in an N-S and NNE-SSW direction approximately 1 km out to sea and 2 km – 2.6 km on land from the shoreline and underneath the NE flank of the Kötlufljall mountain. The dyke system stands out as a strong total magnetic field anomaly and is connected to a primary fault zone that strikes in an NNE-SSW direction from Ytri-Hagi, dipping to the west along the western extent of the dyke system. A small dyke segment along the western edge of the Ytri-Hagi dyke complex and at the shoreline strikes in an NNW-SSE direction and is confirmed in borehole YV-20 to be water-bearing. The variation in water-bearing fault and fracture systems close to the dyke complex is possibly connected to several rift phases causing changes in the stress field, forming at least two distinct fracture sets to accommodate geothermal water flow along the western dyke contact and boundary. Associated fracturing indicates a slight left-lateral motion along fracture surfaces and NW-SE oriented stress-field orientation for $\sigma_{H\max.}$, which is observed in direct offset earthquake locations and their fault-plane solutions. The primary dyke system and the connected fracture zone are considered to be related to the main feed zone within the geothermal system at Ytri-Hagi, thus enabling the up-flow of geothermal water in this area. Future research drilling is necessary to confirm the extent and specifically depth of the geothermal system further out to the sea and farther south on land. This detailed study sheds light on the formation processes of low-temperature geothermal fields within the Dalvík lineament zone, which requires an understanding of rift formation through time and accompanied changes in stress field. Additional age and petrological sampling, analyses of dyke complexes in contrast to the

bedrock, further stress field analysis from seismicity data, and geodynamic modelling would increase our understanding of the geothermal systems in Eyjafjörður and in Neogene areas in Iceland in general. This study underlines the necessity of combining high-resolution magnetic and drone survey data with detailed structural geological, geophysical and geochemical field studies to increase our understanding of comparable low-temperature geothermal systems.

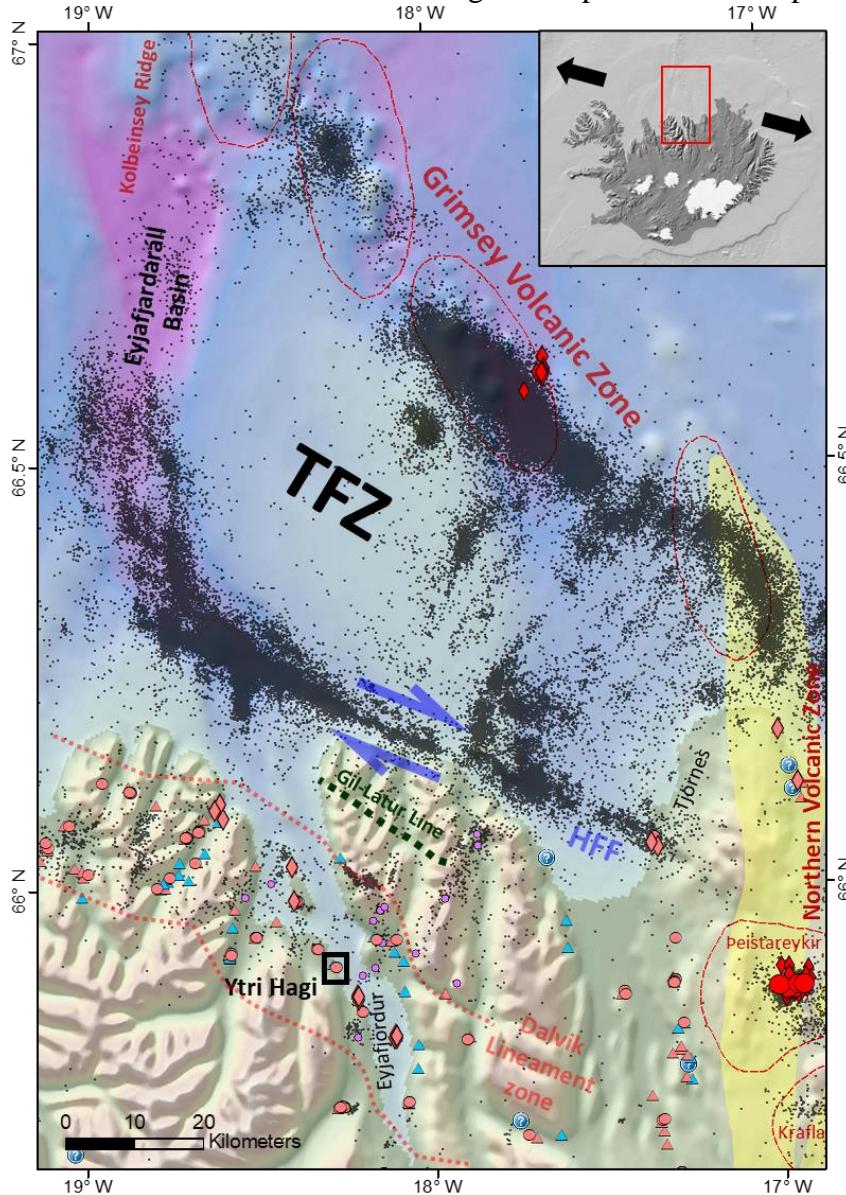


Figure 1: Overview map of the large-scale tectonic elements and volcanic zones of North Iceland, geothermal activity, and field location for Ytri-Hagi. Earthquake locations are shown as black dots (Icelandic Met Office, seismicity database 1995–2022) and as purple points from Guðnason et al. (2020). Tectonic elements and central volcanic systems are labeled on bathymetric features and corresponding seismicity clusters (Einarsson, 2008; Magnúsdóttir et al., 2015). The Gil-Láttir Line (Young et al., 1985, 2020) and the Dalvík lineament zone modified after Einarsson (2008) are marked on the map. Geothermal manifestations are shown for different temperatures, > 100°C (red), <100°C (light red), and <25°C (light blue). Diamond shapes indicate offshore or nearshore geothermal sites, circles for boreholes, triangles for onshore sites, and question marks for uncertain sites. Abbreviation: HFF – Húsavík-Flatey Fault; TFZ – Tjörnes Fracture Zone.

References

- Einarsson, P. (2008). Plate boundaries, rifts and transforms in Iceland. *Jökull*, **58**, 35–58.
- Guðnason, E.Á., Ágústsdóttir, P., & Magnússon, R.L. (2020). *Jarðskjálfavirkni í Eyjafirði 2017-2019. Íslenskar orkurannsóknir, unnið fyrir Norðrorku. ISOR-2020/015*, 25 s.
- Magnúsdóttir, S., Brandsdóttir, B., Driscoll, N., & Detrick, R. (2015). Postglacial tectonic activity within the Skjalfandadjúp Basin, Tjörnes Fracture Zone, offshore Northern Iceland, based on high resolution seismic stratigraphy. *Marine Geology*, **367**, 159-170. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.06.004>
- Young, K., Orkan, N., Jancin, M., Sæmundsson, K., & Voight, B. (2020). Major tectonic rotation along an oceanic transform zone, northern Iceland: Evidence from field and paleomagnetic investigations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **391**, 106499, p. 25. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.11.020>
- Young, K., Jancin, M., Voight, B., & Orkan, N. (1985). Transform deformation of Tertiary rocks along the Tjörnes fracture zone, north central Iceland. *Journal of Geophysical Research*, **90**(B12), 9986–10010. <https://doi.org/10.1029/JB090iB12p09986>

Displacement measurements of the three main landslide bodies at Almenningar, North Iceland. A feature tracking application

Eliás Arnar¹, Benjamin Hennig¹ & Þorsteinn Sæmundsson^{1,2}

1 Faculty of Life- and Environmental Sciences, University of Iceland

2 Institute of Earth Sciences, University of Iceland

In 1968 the Siglufjarðarvegur road was built in north Iceland, serving as the only whole year road connecting the remote town of Siglufjörður with the capital city of Reykjavík. This road cuts through the area of Almenningar where three active slow moving landslides are situated, these are the Tjarnadalir, Þúfnavellir and Hraun landslides. The constant activity of these landslides affect a 5-6 km long stretch of the road that has been a problem both for the road authorities as well as travellers in terms of safety and maintenance. All three landslides have been mapped and studied before and the northernmost area of Tjarnadalir has gained the most attention as rate of movement is considered to be up to 1 m/yr for some periods. This is also the case for the southernmost Hraun landslide (0.83 m/yr) but the Þúfnavellir landslide in the middle is moving much slower with an estimated rate of 0.17 m/yr. The movement rate is constant with shorter periods of increased activity and there is strong evidence that the rate of movement is directly linked with weather patterns as more water in the landslide systems seems to cause increased activity. Ever since the year 1977, the road authorities have conducted GPS displacement measurements on a yearly basis with a limited number of points that are all situated along the road. Little is known about the different movement rates within the landslide bodies themselves but this study extends these displacement measurements through the application of remote sensing. Aerial photogrammetry comparison will be conducted with the feature tracking method in order to estimate the rate of movement throughout the entirety of all three landslide bodies. Available data extends back to the year 1954 to present day, giving an unprecedented insight into the temporal and spatial dynamics of the landslides.

Sprengigos í Heklu á ár Hólósen - Hvernig byrjaði Hekla?

Esther Ruth Guðmundsdóttir¹, Bergrún Arna Óladóttir^{1,2}, Guðrún Larsen¹
& Olgeir Sigmarsson¹

1 Jarðvísindastofnun Háskólangs,

2 Veðurstofa Íslands

Eldvirkni Heklu eða Hekluhryggjarins er nokkuð vel þekkt á sögulegum tíma og síð Hólósen, þegar eldvirknin einkenndist af hraun- og gjóskugosum sem framleiddu aðallega basaltískt andesít og andesít. Á mið Hólósen voru súr sprengigos áberandi, svo sem Hekla 5 (7100 BP), Hekla Ö (6060 BP) og Hekla 4 (4200 BP), en á þessu tímabili gaus líka kviku af basalt og basalt-andesískri samsetningu eins og t.d. Hekla DH (6600 cal BP) og Hekla Mó (6060 cal BP). Hekla DH er elsta staðfesta gosið á Heklukerfinu þar sem basalt-andesít kvika kom upp (Jónsson o.fl., 2018).



Mynd 1. Hekla, Litla Hekla og Vatnafjöll frá vestsuðvestri ásamt móbergshryggjunum Bjólfelli og Selsundsfjalli.

Hekluhryggurinn situr á móbergsgrunni (Mynd 1) og talið er að Hekla sé að miklu leyti hlaðin upp á síðustu 3000 árum af hraunum og gjósku í blandgosum svipuðum gosum frá sögulegum tíma (Larsen et al., 2020). Til þessa að fylla í skarð þekkingar á eldvirkni Heklu á ár og mið Hólósen og fá heildræna mynd af sprengigossögu Heklu á Hólósen voru níu snið umhverfis Heklu mæld upp (Mynd 2) og sýni úr öllum gjóskulögum eldri en Hekla 3 (3000 BP) safnað og þau efnagreind. Gjóskusýnum var safnað sumrin 2019 og 2020 úr u.p.b. 400-450 gjóskulögum. Hér verða frumniðurstöður úr þemur af þessum þessum níu sniðum kynntar. Sniðin sem um ræðir eru snið við Herbjarnafell, Frostastaðavatn og Vatnafjöll.



Mynd 2. Staðsetning jarðvegsniða umhverfis Heklu

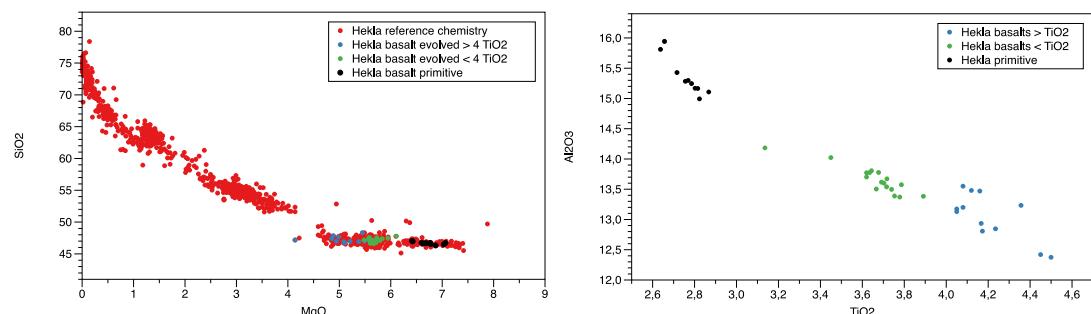
Úr sniði við Frostastaðavatn var 92 sýnum safnað fyrir neðan Hekla Z. Flest eru þau frá Kötlu og því næst Heklu. Alls eru 33 gjóskulög við Frostastaðavatn af ár Hólósen aldri (fyrir neðan Hekla 5) af þeim eru 10 að lágmarki frá Heklu. Elsta gjóskulagið í sniðinu er eldra en 8800 ára og er frá Heklu. Í Herbjarnarfelli var aðeins safnað úr gjóskulögum eldri en Hekla 5.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Þar eru 44 gjóskulög alls og flest þeirra frá Kötlu. Elsta gjóskulagið í sniðinu, Kötlulag, er eldra en 8500 ára. Ár Hólósen Heklulöggin eru að hámarki sjö talsins, og elsta lagið um 8000 ára. Í Vatnafjöllum var 84 sýnum safnað undir SILK-YN gjóskulaginu. Eins og í Frostastaðavatni og Herbjarnarfelli eru flest gjóskulöggin frá Kötlu og því næst frá Heklu. Fjöldi Heklulaga af ár Hólósen aldri eru sjö eins og í Herbjarnarfelli. Sniðið í Vatnafjöllum nær skemur aftur í tíma en hin tvö eða tæplega 8000 ár, þar sem elsta lagið eru um 7800 ára og er Heklulag.

Frumniðurstöður úr þessum þremur sniðum gefa til kynna að eldvirkni Heklu snemma á Hólósen hafi fyrst og fremst einkennst af basalt eldvirkni. Úr þessum sniðum má lesa að 12 basalt (sprengigos) gjóskumyndandi gos hafi átt sér stað á Heklukerfinu áður en Hekla 5 gjóskulagið myndaðist. Eitt basaltískt andesít til andesít lag hefur fundist og eitt súrt lag, um 8800 ára, sem hefur svipaða samsetningu og Hekla 5, er því hér gefið nafnið Hekla 6 til bráðabirgða. Ef rétt reynist, er þetta elsta staðfesta gosið í Heklu þar sem kísil-rík kvika kom upp. Súrt gjóskulag með svipaða samsetningu og Hekla 5 hefur fundist í Bárðardal (Óladóttir óbirt gögn) og Eyjafirði (Kalliokoski óbirt gögn) og nýverið var kísilríkum gjóskukornum eldri en Hekla 5 lýst í Wales (Walsh et al., 2023).

Meirihluti basaltísku gjóskulaganna frá Heklu á þessu tímabili (ár Hólósen) er af tvennu tagi; i) fremur frumstætt gjóskugler þar sem SiO₂ er á bilinu ~46-47%, TiO₂ lægra en 3 wt%, Al₂O₃ hærra en 15 wt% og MgO hærra en 6 wt% og ii) gler af þróaðri samsetningu með TiO₂ hærra en 3 wt%, Al₂O₃ lægra en 14 wt% og MgO lægra en 6 wt% (Mynd 3). Í flestum tilfellum er þróaðra glerið ráðandi innan gjóskulaganna. Gjóskulög með tvennskonar basalt samsetningu einskorðast ekki við byrjun Hólósen því þau finnast upp í gegnum forsögulegan tíma og einnig á sögulegum tíma. Basísk gjóskulög frá Heklu hafa fundist í öllum landshlutum og út á landgrunni Íslands þar sem elstu löggin eru um 11.000 ára.



Mynd 3. Efnasamsetning basaltískra gjóskulaga úr Heklu frá ár Hólósen.

Af þessu má ráða að Heklukerfið framleiddi í byrjun tvennskonar basaltkviku en með tíð og tíma þróaðist kvikuframleiðni í Heklu mun meira í átt að súru og ísúrri samsetningu sem hefur verið ráðandi í yngstu gosum Heklu. Frumniðurstöður þessarar rannsóknar benda einnig til þess að Hekla hafi byrjað framleiða súra kviku um 1000 árum fyrr en áður var talið.

Heimildir:

Jónsson et al., 2018 MS ritgerð; Larsen et al., JQS 2020; Walsh et al., 2023 QSR

Preliminary research into Slope instability above Engjabakki and Högnastaðir farms, Eskifjörður, east Iceland

Gísli Bjarki Guðmundsson Gröndal¹, Þorsteinn Sæmundsson^{1,2} & Jón Kristinn Helgason³

1 Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Iceland, Sturlugata 7, 102 Reykjavík

2 Institute of Earth Sciences, University of Iceland

3 Icelandic Met Office

In the first week of November 2015 a large part of the slope above the Engjabakki and Högnastaðir farms, east of Eskifjörður, started sliding. This was an event noticed by locals, that notified the Icelandic Met Office (IMO), which began observations immediately and continued sparsely through the next years. News reports of the Oddskarð road subsiding and collapsing, power lines stretched like guitar strings and historical data of previous debris flows over the farmlands, tell a tale of very active slope. This M.sc thesis builds upon this foundation of data and observations.

This research is using Geomorphological mapping to visualize the flow patterns and the dynamics of the slope movements. Stake measurements and GPS point measurements from 2015, 2016, 2017 and 2022 are used for flow rate of single points, GPR measurements from 2022 of the Oddskarð road, show the unconformities and the sharp boundaries of different velocity rates. InSAR from EGMS and IMO show slope movement on a larger scale than GPS points can. Bathymetric data can show us compilation of material at ocean floor of Eskifjörður. These measurement and their different applicability is used to compile a mosaïac of the area as whole. Meteorological data and the stratigraphical structure of the bedrock gives insight into the triggers and causes of the slope movements.



Figure 1 Drone image, shot by Jón Kristinn Helgason and colleagues at the Icelandic Met Office in June 2015

Interaction between propagating basaltic dikes and pre-existing fractures: A case study in hyaloclastite from Dyrfjöll, Iceland

Sonja H. M. Greiner^{1,2,3}, Steffi Burchardt^{2,3}, Freysteinn Sigmundsson¹, Olivier Galland⁴, Halldór Geirsson¹ & Emma Rhodes²

1 Nordvulk, Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

2 Department of Earth Sciences, Uppsala University, Uppsala, Sweden

3 Center for Natural Hazard and Disaster Science (CNDS), Uppsala/Stockholm/Karlstad, Sweden

4 NJORD Center, Department of Geosciences, University of Oslo, Oslo, Norway

Dikes are the most fundamental conduits for magma transport through the Earth's crust. The propagation path of dikes is strongly controlled by the governing stress field but can in the shallow crust additionally be influenced by pre-existing fractures or faults. Although evidence for dike-fracture interaction has been known for decades, it is not yet fully understood when and how this happens.

This study investigated how dikes interact with pre-existing fractures in moderately fractured host rock by mapping basaltic dikes exposed in a caldera-filling hyaloclastite in the extinct and partially eroded Dyrfjöll volcanic system, East Iceland. In virtual 3D-outcrop models created from drone-based photogrammetry, we mapped the orientation of fractures and dikes, analysed their interaction, and interpreted their orientations with respect to the expected stress field at the time of emplacement. We mapped in total 45 dikes. Some dikes consisted of several segments, and we identified a total of 104 dike segments.

Most of the dikes dip within 20° from vertical. We identified four sets of strikes. The most prominent set strikes 025±15, which agrees well with the estimated strike of the divergent plate boundary at the time of emplacement. More than half of the dikes occupy pre-existing fractures entirely or intermittently. Most of them strike close to the dominant direction and no fracture occupation was observed perpendicular to this direction. We observed 39 changes in strike across 14 dikes, none of which was larger than 50°.

Across the identified dikes we observed three different types of interaction with pre-existing fractures: i) Dikes are channelled into a pre-existing fracture and propagated along it. ii) Dikes intersect a pre-existing fracture and change strike at or near this fracture without propagating along it. iii) A dike may be arrested in front of a crosscutting pre-existing fracture. Near the arrested dike tip, offshoots may form, which meet the crosscutting fracture at different angles and are able to cut across it.

Our findings of dike-fracture interaction in hyaloclastite possibly apply to other moderately fractured rocks. Improving the understanding of how dikes interact with pre-existing fractures in such types of host rock may be of use for hazard assessment and monitoring of volcanically active areas.

Gjóskulagið Hekla-S, ~3850 ára, ásýnd, dreifing, stærð

Guðrún Larsen¹, Esther R. Guðmundsdóttir¹, Bergrún A. Óladóttir^{1,2} & Bryndís G. Róbertsdóttir³

1 Jarðvísindastofnun Háskólangs, 2 Veðurstofa Íslands, 3 Lómasalir 4, Kópavogi

Hekla – Hekluhryggurinn – hvílir á móbergsstalli. Landslagið undir Hekluhrygg er ekki þekkt en samanburður við Vatnafjöll gæti gefið hugmynd um aðstæður. Rök hafa verið færð að því að númerandi Hekluhryggur sé að miklu leyti hlaðinn upp á síðustu 3000 árum af hraunum og gjósku í blandgosum svipuðum gosum frá sögulegum tíma^{1,2,3}. Tímabilið á undan, fyrir 3000-7100 árum, einkenndist fremur af súrum sprengigosum^{4,5,6}. Upptakasvæði þeirra er ekki þekkt en dreifing gjóskunnar bendir til upptaka á svipuðum slóðum og Hekla rís nú þótt nákvæm lega gosstöðva sé óþekkt.

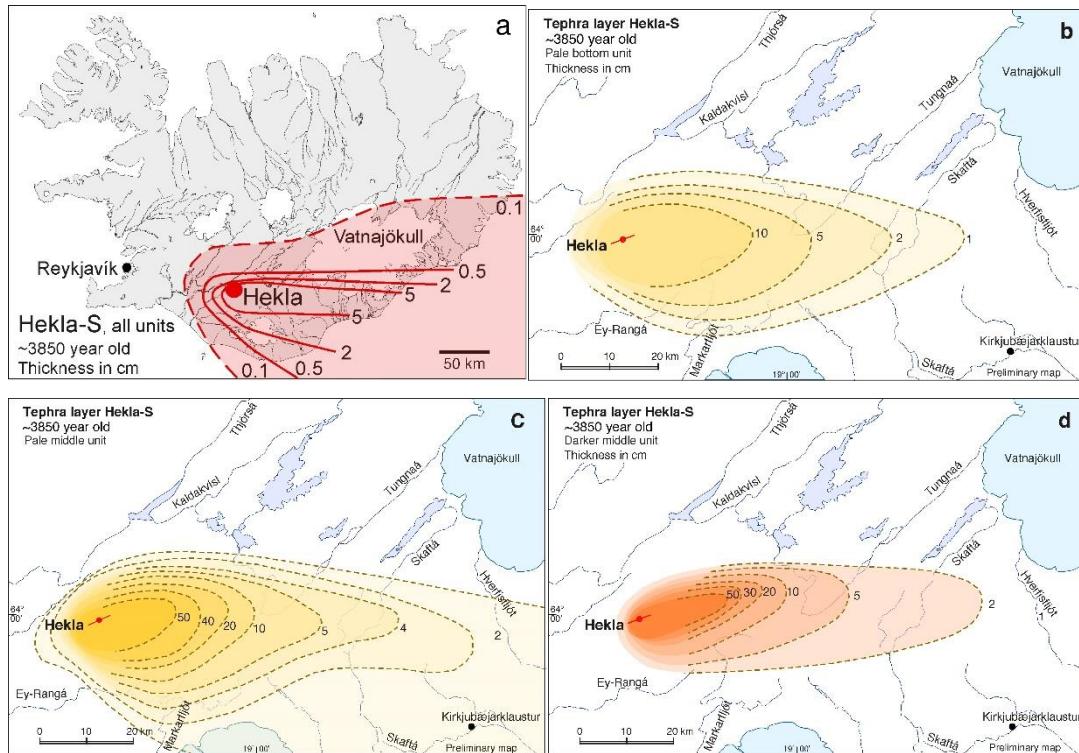
Í gjósku úr fyrstu súru sprengigosunum, Hekla-5 og Hekla-4, voru fínefnaríkir fasar sem báru þess merki að vatn hefði haft aðgang að gosrásunum⁴. Sprengigosið sem myndaði gjóskulagið Hekla-S og vatnsborna Selsundsvikurinn er síðasta Heklugosið þar sem verulegur hluti gosefna bar merki um snertingu við vatn. Rennslisleiðir Selsundsvikurs benda til upptaka suðvestarlega á Heklusvæðinu eða suðvestan við númerandi Hekluhrygg². Hvernig sem landslagið var hlýtur að hafa verið vatn á Heklusvæðinu þegar þessi gjóskulög mynduðust. Annað hvort var vatnið horfið þegar Hekla-3 gjóska varð til fyrir um 3000 árum eða gosrásin hafði flust til því þar var enginn fínefnafasi í gosbyrjun.

Hér verður stuttlega gerð grein fyrir gjóskulaginu Hekla-S, útlitseinkennum, dreifingu nærvæðis og magni. Gjóskulagið var upphaflega nefnt H-2 (H_2) af Sigurði Þórarinssyni (1954) en síðar kom í ljós að það var eldra en gjóskulagið Hekla-3 og nafninu var breytt í Sv eða Selsundsvikur með vísan í að hluti gosefnanna er vatnsborinn (1967). Hér er Hekla-S notað um loftborna hlutann og Selsundsvikur um vatnsborna hlutann, en um hann verður fjallað annars staðar (Guðrún Sverrisdóttir í undirbúningi).

Alls eru til mælingar á Hekla-S frá um 70 stöðum og þar af eru um 30 mælingar í 13-40 km fjarlægð. Engar opnur eru þekktar nær Heklu (miðað við toppgíg) en 13 km, þar er mesta mælda þykkt um 170 cm. Þykktarkort byggt á þessum mælingum er sýnt á Mynd 1a, allar einingar. Í heild stefnir þykktarás gjóskulagsins til austurs.

Hekla-S gjóska hefur sömu einkenni SA, A og NA Heklu. Lýsingin hér á eftir miðast við opnur í 15-40 km fjarlægð. Í botni gjóskulagsins eru tvö þunn lög, gráhvít fín aska neðst og ofaná er rönd af ívið grófari ösku án fínefnis, sem saman mynda einingu A. Í báðum lögunum eru dökk gjóskukorn sem ekki er ljóst hvort eru eldra efni eða nýmyndun. Ofaná einingu A leggst grá/gráhvít, finefnarík, þéttþökkuð gjóska, eining B, með dreifðum stærri, hvítum vikurmolum en einnig dekkri kornum. Þykktarás einingar B, og líklega einnig A, stefnir til austurs (Mynd 1b). Miðhluti gjóskulagsins, eining C, er fínefnasnauð gráhvít/grábileik gjóska, ólagskipt og yfirleitt grófust um miðja eininguna, mest í gosmalarstærð, stærstu korn grábileik, bergbrot greinileg. Þykktarás stefnir ANA næst Heklu (Mynd 1c). Ofan á þessa einingu leggst grábrún/brún gjóska í gosmalar- eða öskustærðum, fínefnasnauð, illa pökkuð, vottur af bergbrotum, misþykk eftir stöðum og varðveislu, eining D. Þykktarásinn stefnir ANA (Mynd 1d). Síðasta gjóska sem féll var svört/blásvört aska, eining E, sem er illa varðveitt en leifar finnast þó víðast hvar. Þykktarkort hefur ekki verið gert.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023



Mynd 1 a-d. Hekla-S, loftborni hluti, bráðabirgðakort. a) Hekla-S á landi, allar einingar. Þykktarásinn er mjór og stefnir til austus. Gjóskulagið er 6-8 cm í Svínafelli, um 140 km frá Heklu. Norðurjaðar þess liggur líklega um norðurjaðar Vatnajökuls (ljóst gjóskulag milli Hekla-3 og -4 Á Öskjusvæði⁷, "x", er ekki Hekla-S og líklega ættað frá Snæfellsjökli). b) Gráí/gráhvítí neðsti hluti, fínefnarískur, samsvarar nokkurn veginn eingum A og B. c) Gráhvítí/grábileiki hluti, grófastur, samsvarar eingingu C. d) Grábrúni/brúni hluti, illa varðveittur, samsvarar nokkurn vegin eingingu D.

Efnagreiningum (EPMA) á gjósku úr þessum eingum er ekki lokið. Kísilríkasta glerið úr neðstu eingunni (A) er ríólít með 70-72% SiO₂. Kísilsnauðasta glerið er basaltískt andesít í efstu eingunni (E, svört/blásvört gjóska), 56-58% SiO₂.

Báðir hlutar Hekla-S gjóskunnar hafa verið tímasettir með geislakolsgreiningum á lífrænum leifum. Trjáleifar í loftborna hluta gjóskunnar voru tímasettar til 3520 ± 70 (U-2417) geislakolsára⁸ og sýni úr trjábol í vatnsborna hluta reyndist 3515 ± 55 (U-6291) geislakolsára⁹. Leiðréttur “median probability” aldur (Calib 8.2) er um 3850 ár.

Heildarúmmál loftborna hluta gjóskunnar á landi er um 1.5 km^3 reiknað sem nýfallin gjóska¹⁰, miðað við hámarksþykkt (Tmax) 300 cm, en heildarrúmmál er yfir 2 km^3 . Hámarksþykkt er hvorki þekkt fyrir gjóskulagið allt né einstakar einginar og vangaveltur þar að lútandi bíða betri tíma. Þó er hægt að gera nokkra grein fyrir hlutföllum einganna innbyrðis. Saman eru einginar A og B a.m.k. 20% af heildarrúmmáli á landi. Eining C er 45-50% af heildarrúmmáli á landi. Eining D þekur um 1500 km^2 innan 2 cm jafnþykktarlínu en er illa aðgreind fjær og er áætluð um 25% af rúmmáli á landi. Eining E gæti þá verið 5-10% af gjósku á landi en léleg varðveisla gerir mat erfitt. Gjóskulagið Hekla-S er líklega fjórða stærsta súra-ísúra Heklulagið þegar vatnsborna hluta gosefnanna hefur verið bætt við.

Dreif af glerkornum af svipuðum aldri og efnasamsetningu og Hekla-S (Kebister tephra) hefur fundist á Hjaltlandseyjum¹¹ (Kebister, örnefni sem nafnið er dregið af), í Færejum¹², Svíþjóð^{13,14,15}, N-Pýskalandi¹⁵, e.t.v. Eistlandi¹⁶ – en það er önnur saga.

Heimildir: 1 G. Larsen & E.G. Vilmundardóttir 1992; 2 G. Sverrisdóttir o.fl. 2006; 3 Larsen et al. 2020; 4 Larsen & Thorarinsson 1977; 5 Guðmundsdóttir et al. 2011; 6 Jónsson et al. 2021; 7 Sigvaldason et al. 1992; 8 J. Jónsson 1975; 9 Larsen et al. 2001; 10 G. Larsen o.fl. 2013; 11 Dugmore et al. 1995; 12 Dugmore & Newton 1998; 13 Persson 1971; 14 Boygle 1998; 15 Wastegård et al. 2008; 16 Hang et al. 2006.

Temperature and salinity of the deep geothermal fluid in the Reykjanes geothermal field based on fluid inclusions

Linus Hüne, Enikő Bali & Guðmundur H. Guðfinnsson

NordVulk, Institute of Earth Sciences, University of Iceland

Fluid inclusions are a strong geochemical tool, providing the ability to constrain the composition of fluids and thermobarometric conditions within geological systems. As direct sampling of fluid at depth and flow testing was limited due to partial collapse of the well casing of the RN-15/IDDP-2 well, fluid inclusions represent one of the only insights into the temperature regime and fluid composition at depths.

Secondary fluid inclusions along healed fractures found in hydrothermal quartz grains within drill cuttings from a main feed zone (3000-3200 meters below surface (mbs)), quartz grains in hydrothermal veins from core 3 (3650 mbs) and quartz grains in a plagiogranite segregation vein in core 10 (4300 mbs) were studied using petrographic microscopy, Raman spectrometry and microthermometry. The goal was to define trapping temperatures and salinities at depth to better understand the compositional and temperature variation of fluids in the deep Reykjanes geothermal system using non-destructive methods.

At all depths, phase separation is recorded within all studied secondary fluid inclusion assemblages (FIAs). At the two shallower depths, FIAs trapped vapour-rich and liquid-rich H_2O -dominated fluid visible as vapour-rich and liquid-rich inclusions at room temperature. Mixed entrapment is a common occurrence which is manifested in variable vapour to liquid ratio in all FIAs. FIAs in the feed zone show homogenization temperatures of ~ 300 °C. In core 3, two different generations of FIAs were identified, one homogenized at ~ 340 °C and another one at ~ 300 °C. FIAs in core 10 contain vapour-rich inclusions and brine inclusions with up to four different solid phases (halite, multiple hydrous Fe-K-Mn containing salts, opaque) and vapour bubbles. Brine inclusions homogenize at 430-460 °C, mostly by dissolution of halite. This suggests that three-phase immiscibility occurs at ~ 4300 mbs, salt daughter minerals are likely common in the fluid at depth.

Fluid endmember salinities in the shallow samples and all vapour-rich inclusions were determined by both freezing experiments and Raman analysis (Caumon et al., 2013). Both methods produce similar liquid endmember salinities of 12 wt% $NaCl_{equiv}$ at both the feed zone and core 3 depths. The salinity of the second generation of fluids in core 3 is 25 – 30 wt% $FeCl_{2equiv}$. The lowest recorded salinities of vapour-rich inclusions at the three sample depths are 2.1%, 3.8% and 5.3% at feed zone, core 3 and core 10 depths, respectively. True vapour endmember salinities are not recorded as the liquid phase commonly wets the mineral surface and becomes easily trapped with the vapour phase (Bodnar & Vityk, 1994). Furthermore, a small, yet visible liquid film ($\sim 3\mu m$), is needed to conduct the salinity analysis within the FIs, making it almost impossible to get a true endmember signal. The salinity of the brine inclusions at 4300 mbs were determined by the dissolution temperature of $NaCl$. The salinity of the brine inclusions is 52 (+/-5) wt% $NaCl_{equiv}$, which is even higher than the fluid salinity of 46 wt% $NaCl_{equiv}$ recorded in brine inclusions at the bottom of the borehole (Bali et al., 2020). This can be explained by the salt saturation occurring at 4.3 km depth, possibly due to further phase separation upon up-welling by condensation (due to pressure decrease) from the high-T fluid at the bottom of the borehole.

The secondary FIAs are the most recent event recorded within the quartz grains. The recorded homogenization temperatures are, with the exception of those of the second fluid generation found in core 3 samples, very consistent, which confirms relatively stable conditions in the geothermal system over time. Furthermore, the derived temperatures fit well with pre-drill estimates and Horner estimates, confirming that the fluid inclusion trapping temperatures represent the actual fluid temperature at depths (Figure 1, Friðleifsson et al., 2020). We observed a steep temperature increase near the bottom of the well, suggesting a more conductive heat transfer and proximity to a heat source, e.g., an intrusion. The recorded temperatures do not follow the seawater boiling point curve (Figure 1). The reason for this is that the NaCl-H₂O system alone is not well suited to describe the deep geothermal fluid in the Reykjanes system. Other fluid components, for example CO₂ or FeCl₂, have a significant effect on phase relations at depth.

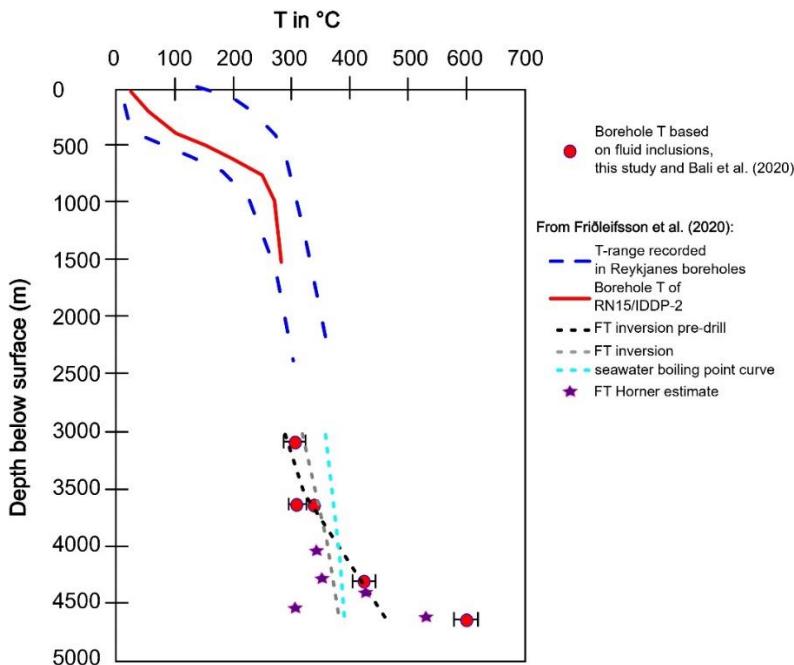


Figure 2: Temperature observations vs depth in the RN-15/IDDP-2 well. The upper part of the Reykjanes geothermal system is dominated by convection, the lower part by conduction. Note that the shallow data is true depth, fluid inclusion data is borehole depth. The temperatures derived from fluid inclusions analysis are comparable with other temperature estimates and models, especially with the FT inversion and FT Horner estimates.

This work is supported by Lansdvirkjun research grant NYR-09-2020 to E. Bali.

References:

- Bali, E., et al. (2020). *Geology*, 48(12), 1221-1225.
- Bodnar, R. J. & Vityk, M. O. (1994). *Fluid inclusions in minerals: methods and applications*, 117-130.
- Caumon, M. C., et al. (2013). *European Journal of Mineralogy*, 25(5), 755-763.
- Friðleifsson, G. Ó et al. (2020). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 391, 106435.

Major and trace element composition of the deep geothermal fluid of the Reykjanes geothermal system based on fluid inclusions of the IDDP-2 drill cores

Linus Hüne¹, Enikő Bali¹, Guðmundur H. Guðfinnsson¹ & Michaël Schirra²

¹ NordVulk, Institute of Earth Sciences, University of Iceland

² Department of Earth Sciences, University of Geneva

Direct sampling of pristine geothermal fluid at large depths is challenging (e.g., Hannington et al., 2016). Fluid inclusions in drill cores, however, allow us to study the physical state, temperature and composition of the fluid at the time of entrapment in growing minerals (e.g., Bali et al. 2020). Hüne (2023) and Hüne et al. (2023, this volume) have shown that fluid inclusions trapped in hydrothermal quartz in the cores from the IDDP-2 borehole in the Reykjanes geothermal field record essentially the same temperatures as predicted by pre-drill estimates (Friðleifsson et al., 2020). This suggests that these inclusions represent the current geothermal fluid migrating between 3000 to 4310 m depth.

Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) allows us to determine the ratios and concentrations of major, minor and trace cations and selected anions down to sub-ppt levels in fluid inclusions. Here, we present the results of LA-ICP-MS analyses of fluid inclusions described by Hüne et al. (2023, this volume) from the IDDP-2 drill core. We analysed vapour-rich and liquid-rich inclusions trapped in hydrothermal quartz from the main feed zone (3000–3180 m) and core 3 (3648 m), and vapour-rich and brine inclusions from core 10 (4310 m). We integrate our results with those collected earlier from the bottom of the borehole by the same method (Bali et al., 2020) and from shallower depths by direct sampling (Hannington et al., 2016; Óskarsson and Galezka, 2017).

Most fluid inclusions in the main feed zone (3000–3180 m) have similar Fe-Na-K ratios as seawater (Li, 1991) and the geothermal fluid sampled at the well head or at shallow depth (Hannington et al., 2016; Óskarsson and Galezka, 2017) (Fig. 1). Only 12% of the fluid inclusions show elevated Fe/Na ratios relative to seawater at this depth. In contrast, the Fe-Na-K molar ratios at the bottom of the borehole (4659 m) are close to 1:1:1 and all fluid inclusions fall in a well-defined, narrow range (Bali et al., 2020) (Fig. 1). Fluid inclusions in core 3 (3648 m) and core 10 (4310 m) show a large compositional spread, with most inclusions plotting between the shallow geothermal fluid compositions and the fluid sampled at the bottom of the borehole, with a few inclusions having very high Fe/Na molar ratios (Fig. 1). Although the Cl/B ratios are highly variable at all depths due to phase separation (Hüne et al., 2023, this volume), the average Cl/B ratio at each depth is close to that of seawater. Fluid inclusions in core 10 also contain elevated amounts of trace metals (e.g., median concentrations of Cu, Zn and Ag of 638, 2864 and 1.4 ppm, respectively) compared to those in the main feed zone samples (median concentrations of Cu, Zn and Ag of 4.7, 34.1 and <0.2 ppm, respectively).

The described elemental variation can be explained by the following processes: 1) The close match of Cl/B ratios to seawater suggests seawater origin for the geothermal fluid down to ~4650 m depth, with only a minimal contribution from magma degassing; 2) Increased fluid-rock interaction with depth leads to relative depletion in Na and an increase in Fe in the geothermal fluid. The loss of Na is the result of extensive albitionization in the shallow part of the geothermal system (Friðleifsson et al. 2017), whereas increased Fe and other heavy metal content is the consequence of mobilization/leaching by high-chlorinity fluid from metabasalts

and metagabbros; 3) The compositional spread at 4310 m depth can be explained by 3-phase immiscibility (vapour-salt-brine; Huene, 2023 and Huene et al., 2023), where each individual inclusion trapped various amounts of each fluid endmember and salt grains. The precipitation of Fe- and Na-rich salt at these conditions might decrease the permeability of the rock; 4) The Fe- and K-rich saline fluid transports significant amount of Cu, Zn, Ag, and other metals. These metals are mainly deposited from the fluid in Fe-rich sulphides (Friðleifsson et al. 2017) at depth greater than the main feed zone (3000-3180 m), where fluid inclusions contain these cations in one to two orders of magnitude lower abundances than at the depths of cores 11, 10 and 3.

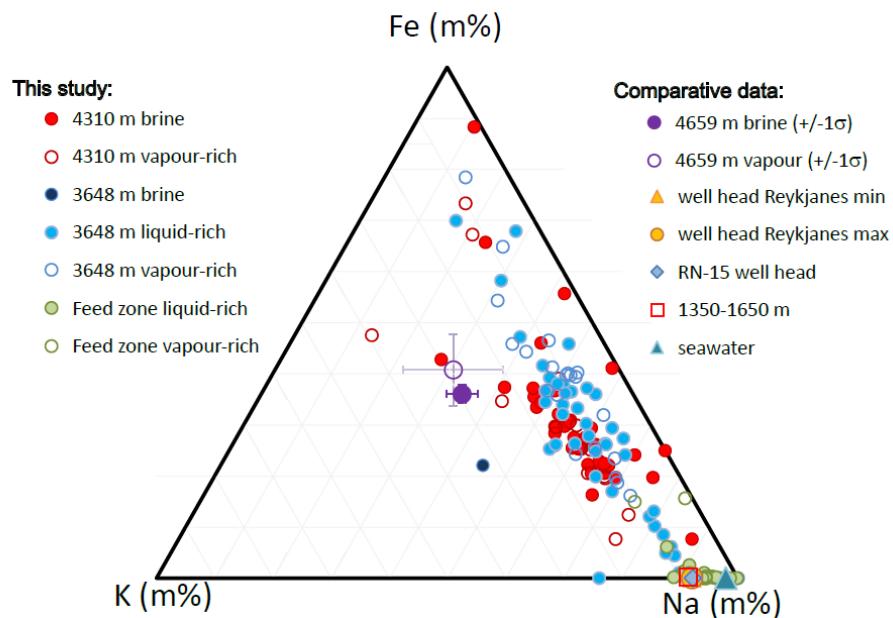


Figure 1: Variation of Fe, K and Na molar proportions in fluid inclusions from the IDDP-2 borehole. Compositions measured in this study are compared to seawater composition (Li, 1991), the geothermal fluid of the Reykjanes system sampled at shallow depth (Hannington et al., 2016) and at well heads (Óskarsson and Galezka, 2017), and fluid inclusions from the bottom of the borehole (Bali et al., 2020). Note compositions at the Reykjanes well heads overlap with the well head and shallow composition of RN-15/IDDP2.

References:

- Bali, E., et al. (2020): **Geology**, 48 (12): 1221–1225; Friðleifsson, G.O., et al., **JVGR**, 391, 106435; Friðleifsson, G.O., et al., (2017): **Sci. Dril**, 23, 1-12; Hannington, M., et al., (2016): **Nature Geoscience**, 9, 299–302; Huene L. (2023): **MS thesis in Geology**. Faculty of Earth Sciences School of Engineering and Natural Sciences, University of Iceland. pp. 112.; Huene L., et al. (2023), **this volume**; Li, Y.H., (1991): **GCA**, 55, 3223–3240; Óskarsson, F., Galezka, I.M., (2017): **Iceland GeoSurvey (ÍSOR) Report** 2017/020 for HS Orka, 118 p.

Fingraför forns ísstraums í Bárðardal

Ívar Örn Benediktsson¹, Sigurrós Arnardóttir², Ólafur Ingólfsson¹, Sarah Principato³ & Marion McKenzie^{3,4}

1 Jarðvísindastofnun Háskólangs

2 Colas Ísland

3 Department of Environmental Studies, Gettysburg College, Pennsylvania, USA

4 Department of Environmental Science, University of Virginia, USA

Ísstraumar eru hraðskreiðir farvegir í stórum meginjöklum. Um þá fer megnið af ís og seti sem jöklarnir skila af sér til jaðranna. Í undirlagi meginjökla má því þekkja fingraför ísstrauma í formi straumlínulaga landforma, s.s. jökulalda og risakembna (*e. drumlins and mega-scale glacial lineations*) sem myndast og mótaði við samspil setmyndunar og rofs og hraðs jökulskriðs. Í þessari rannsókn hafa slík landform verið kortlög í og austur af Bárðardal á Norðurlandi í þeim tilgangi að varpa ljósi á legu og virkni ísstraums í þessum hluta íslenskra meginjökulsins. Nákvæm kortlagning og greining á landformunum leiðir í ljós að þau eru mjög flöng og liggja að miklu leyti samsíða, með stefnu frá 333° - 11° N. Dreifing landformanna bendir til að ísstraumurinn við Bárðardal hafi verið a.m.k. 62 km langur og 16 km breiður. Athuganir á setgerð og byggingu í þremur sniðum sýna að landformin eru að mestu úr flögóttum jökulruðningi með innlyksum af aðgreindum og lagskiptum sandi og silti sem orðið hefur fyrir hnígandi aflögun. Hin hnígandi aflögun í fínkornóttu seti er talin geta bent til þess að hár vatnsþrýstingur undir jöкли hafi stuðlað að auknum skriðhraða. Rannsóknin varpar ljósi á tilvist og umfang ísstraums í íslenska meginjöklinum á Norðurlandi og myndun straumlínulaga landforma undir hraðskreiðum jöklum.

Öskjuvatn 1975, 2012 og 2013

Jón Ólafsson¹, Sveinbjörn Steinþórsson¹, Jóhanna Katrín Þórhallsdóttir²
& Kári Kristjánsson²

1 Jarðvísindastofnun Háskólangs, Öskju, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík

2 Vatnajökulsþjóðgarður, Urriðaholtsstræti, 210 Garðabær

Öskjuvatn myndaðist eftir sprengigos í Dyngjufjallaöskju 1875. Það er dýpsta stöðuvatn landsins, 212m. Á þriðja áratugi síðustu aldar voru eldgos í grennd við vatnið og eyja myndaðist í vatninu. Hér verður greint frá þremur ferðum á Öskjuvatn til rannsóknna á hitastigi og uppleystum efnum í vatninu. Í öllum ferðunum voru notuð tæki frá Hafrannsóknastofnun. Rannsóknir í ágúst 1975 leiddu í ljós háan styrk uppleystra efna og skýr áhrif jarðhita á vatnið (Ólafsson 1980). Ennfremur sáust margar heitar uppsprettur við jaðra vatnsins með hitastig á bilinu 10° til 84°C. Hitastig dýpst í vatninu var rétt við 4°C en í yfirborði röskar 6°C. Merki um jarðhita voru á um 80 m dýpi út af Mývetningahrauni. Þar er að jafnaði vöök á ísilögðu vatninu. Í febrúar 2012 tók vökin að staekka og í lok mars var vatnið með öllu íslaust. Dagana 14. til 16. apríl 2012 var farið með CTD (Conductivity Temperature Depth) tæki sem skráir leiðni, hitastig og dýpi og það notað á 23 stöðum í vatninu. Í þessari ferð var einnig lagt bauju í dýpsta hluta vatnsins. Á streng milli botns og yfirborðs voru festir síritandi hitanemar frá Stjörnu Odda. Þessi bauja slitnaði upp þegar skriða fíll í Öskjuvatn í júlí 2014 en þó tókst að endurheimta efsta hluta lagnarinnar. Árið 2013 í apríl var Öskjuvatn ísilagt og vökin á sínum stað. Þá var farið um vatnið, gerð göt í ísinn og CTD tækið notað á 20 stöðum. Hér verður rýnt í gögn frá 2012 og 2013 og leitað svars við því hví Öskjuvatn varð íslaust veturni 2012 en ekki á sama tíma árið eftir.

Heimild

Ólafsson, J. (1980). "Temperature structure and water chemistry of the caldera Lake Öskjuvatn, Iceland." *Limnology and Oceanography* **25**: 779-788.

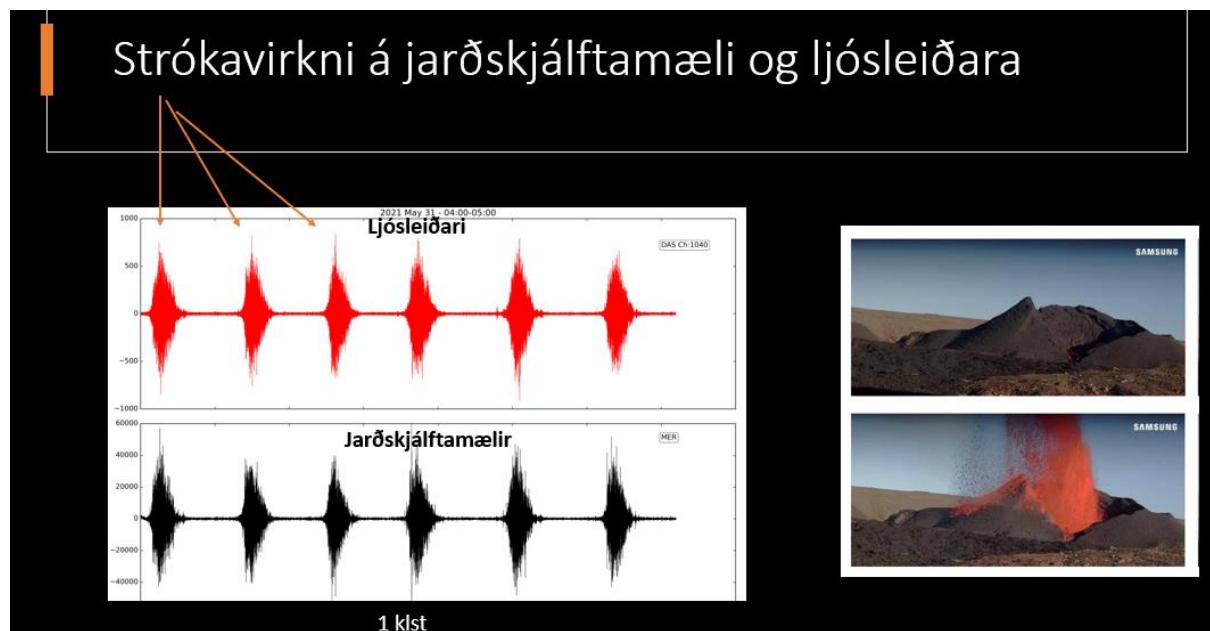
Jarðskjálftamælingar með ljósleiðum

Kristín Jónsdóttir¹, Andreas Fichtner², Sara Klaasen², Yesim Cubuk-Sabuncu¹, Sölvi Þrastarson², Jean Soubestre¹, Patrick Paitz², Sigríður Kristjánsdóttir¹, Vala Hjörleifsdóttir³ & Stefán Trausti Njálsson⁴

1 Veðurstofa Íslands, 2 ETHZ, 3 Orkuveita Reykjavíkur, 4 Neyðarlínan

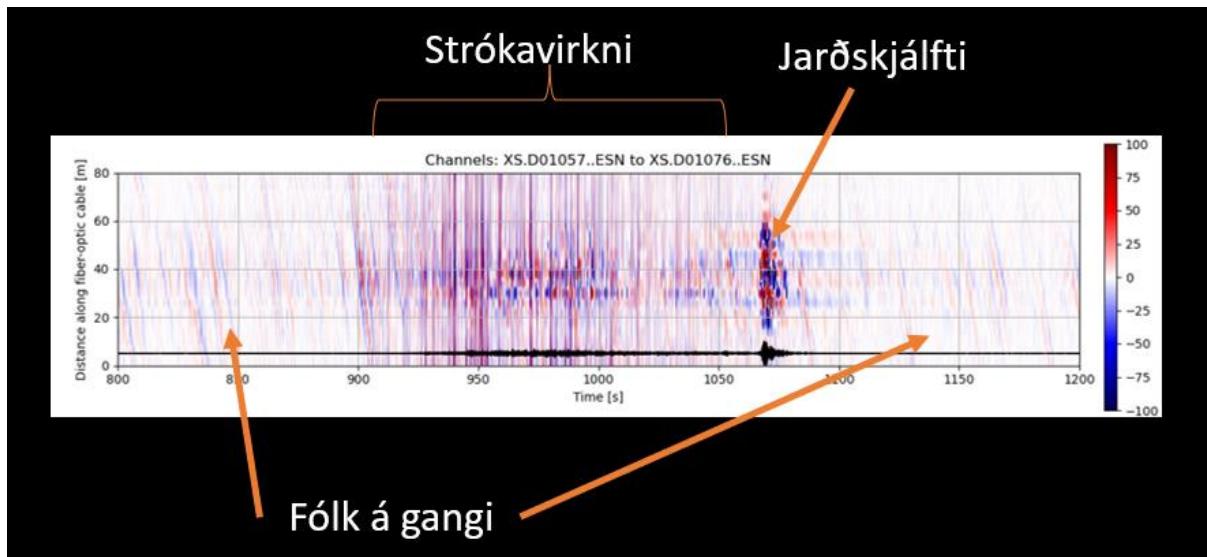
Nýlega hefur orðið bylting í jarðskjálftafræði þar sem ljósleiðarar hafa verið notaðir til mælinga í stað hefðbundinna jarðskjálftamæla. Algeng tækni við þessar mælingar er svokölluð DAS aðferð (enska: Distributed Acoustic Sensing) sem byggir á að nota ljósleiðara sem liggur í jörð ásamt sérútbúinni tölvu eða þráspyrli (e:interrogator). Þráspyrill sendir laserpúlsa í gegnum glerþráð og mælir endurkast. Endurkastið kemur fram vegna innbyggðra óhreininda í glerþráðum ljósleiðararans og mælist frá ótal endurkastflötum eftir leiðaranum. Ef staðbundin aflögun verður á ljósleiðaranum, t.d. af völdum jarðskjálfta eða annarra titringsgjafa, mælist fasamunur á endurkasti sem hægt er að meta sem aflögun ljósleiðarans með nanometra nákvæmi. DAS mælingar skila miklu gagnamagni í hárrí upplausn, þ.e. hægt er að skilgreina mælipunkta eftir ljósleiðaranum þar sem hver þeirra virkar eins og jarðskjálftamælir. Þannig er hægt að bæði nýta ljósleiðara sem þegar eru hluti af hefðbundu gagnaflutningskerfi á landi og í sjó, auk þess að plægja ljósleiðara á áhugaverð svæði. Tíðnisvið mælinganna er breitt, þ.e. hægt er að mæla litla skjálfta með hárri tíðni, en auk þess mæla mjög hægar bylgjur.

Í erindinu verða kynntar nýlegar niðurstöður frá ljósleiðaramælingum á Íslandi: í Grímsvötnum í Vatnajökli, af eldgosi við Fagradalsfjall og af titringi sem mældist á Hellisheiði frá loftsteini.



Myndin sýnir hvernig eldgosórói frá eldgosinu við Fagradalsfjall 2021 mældist annars vegar á jarðskjálftamæli og hinsvegar á ljósleiðara.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023



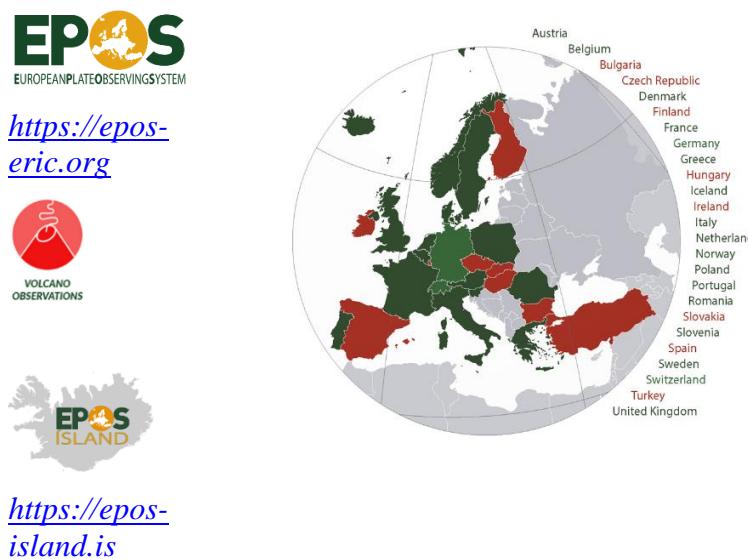
Myndin sýnir samfelldar mælingar í u.p.b. 7 mínútur á 80 metrum löngum kafla á ljósleiðara á Langahrygg. Mælingarnar sýna gosóróa, jarðskjálfta og jafnvel fólk á gangi.

EPOS, Evrópska flekamælikerfið og þróun íslenskra FAIR gagnabjónusta til framtíðar

Kristín S. Vogfjörð¹, Ríkey Júlíusdóttir¹, Magnús T. Guðmundsson²,
Guðmundur Valsson³, Lovísa Ásbjörnsdóttir⁴, Þorbjörg Ágústsdóttir⁵ &
EPOS Ísland hópurinn

¹⁾Veðurstofa Íslands, ²⁾Háskóli Íslands, ³⁾Landmælingar Íslands, ⁴⁾Náttúrufræðistofnun Íslands og ⁵⁾ÍSOR/Íslenskar Orkurannsóknir

EPOS (*European Plate Observing System*), eða Evrópska flekamælierfið sem er samstarf um gerð rafrænna innviða til að þjónusta opið, FAIR aðgengi að jarðvísindagögnum og rannsóknarinnviðum stofnana og háskóla víðs vegar um álfuna, hefur verið í þróun seinustu tólf árin. Upphaflega sem verkefni styrkt af evrópska vegvísinum um uppbyggingu rannsóknarinnviða (ESFRI, *European Strategic Forum for Research Infrastructure*), en hefur seinustu þrjú árin starfað sem innviðasamtökin **EPOS ERIC** (*European Research Infrastructure Consortium*), með þátttöku 17 Evrópulanda (**Mynd 1**). EPOS ERIC hefur „Landmark“ status, sem einn af lykil rannsóknarinnviðum sem auka samkeppnishæfni evrópska vísindasamfélagsins á alþjóðavettvangi.

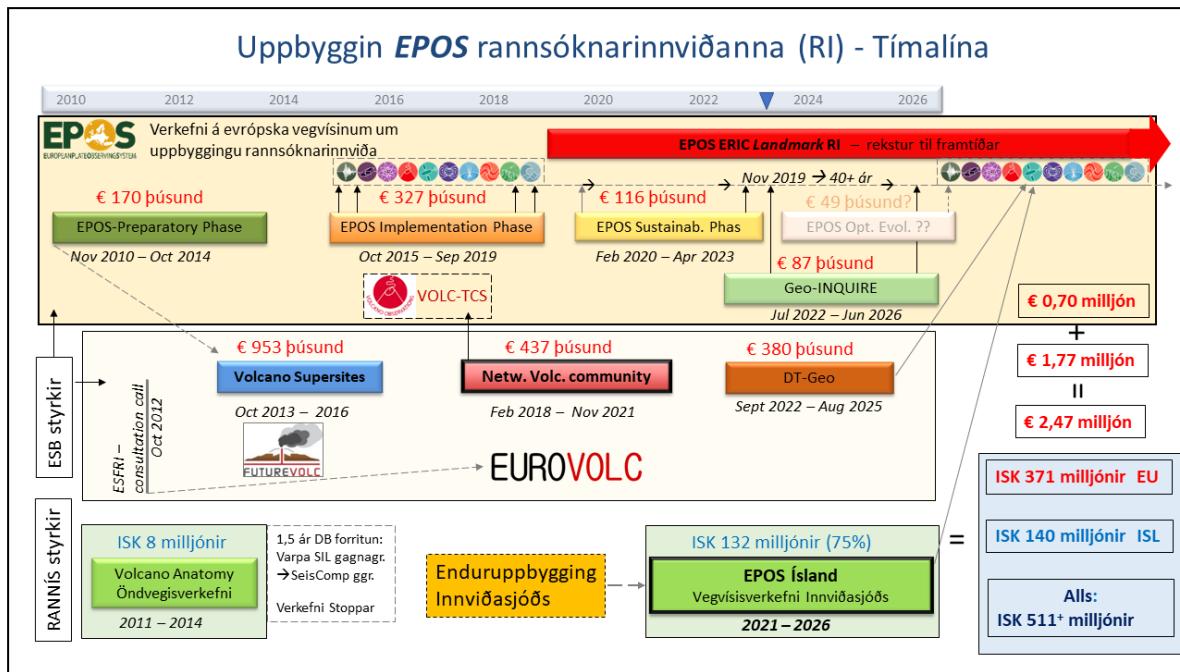


Mynd 1. Aðildarlöndin (græn) að EPOS ERIC innviðasamtökunum.

Samhliða uppbyggingu EPOS á vegvísinum hefur Evrópusambandið styrkt jarðskjálfta- og eldfjallasamfélögin í sérstökum rannsóknarverkefnum sem miða að eflingu rannsókna-samstarfs og auknu aðgengi að rannsóknarinnviðum og stöðluðum, gæðayfirförnum gögnum samkvæmt **FAIR** (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*) staðli. Evrópu-samstarfsstyrkirnir, þó verulegir séu, miða þó eingöngu að því að stuðla að og auka opið aðgengi að innviðum sem aðildarlöndin eiga og reka fyrir eigið fé, ásamt þeim gögnum sem safnað er í mælikefum og rannsóknarstofum aðildarlandanna. Styrkirnir byggja því ofan á grunnfjárfestingu aðildarlandanna sjálfra í eigin rannsóknarinnviðum (**Mynd 2**).

Á uppyggingartímabilinu hafa fjölpáttu jarðvísindagögn og úrvinnsluhugbúnaður verið gerð aðgengileg í þjónustum sem leyfa leit (*Findable*), niðurhal (*Accessible*) og samkeyrslu (*Interoperable*) gagna. **Yfir 250 EPOS þjónustur** eru nú virkar og margar nýjar eru í framleiðslu. Þjónusturnar veita aðgengi að gögnum og afurðum í miðlægri gagnagátt **EPOS**.

Data Portal, á lendingarsíðum þeirra 10 fagþjónusta (**Thematic Core Services**: Seismology, GNSS, Tsunami, Near-Fault, **Volcano**, Geomagnetic, Satellite, Geology, Multi-scale Labs., Anthropogenic Hazard) sem standa að EPOS, eða á lendingarsíðum þeirra stofnana sem reka þjónusturnar og ábyrgjast rekstur þeirra til framtíðar (*Reusable*).



Mynd 2. Tímalína rannsóknar- og innviðaverkefna sem standa að baki eða tengjast uppbrygginingu á EPOS ERIC og/eða EPOS Ísland rannsóknarinnviðunum. Framlag hvers styrks til Veðurstofunnar er sýnt. Innviðaverkefnin í efstu og neðstu röð hafa staðið undir þróun íslensku rafrænu innviðanna. Rannsóknaverkefnin þrjú í miðröðinni tengjast einnig öll EPOS að einhverju leyti; allt frá því að skila mikilvægum gögnum og niðurstöðum inn í þjónusturnar, upp í að, eins og t.d. EUROVOLC, standa að verulegu leyti undir stöðlun og gæðayfirferð eldfjallagagna og skilgreiningum á „best practices“ við mælingar og gagnaúrvinnslu.

Ísland, undir forystu Veðurstofu Íslands hefur verið þáttakandi í EPOS frá upphafi, auk samstarfsaðila í Háskóla Íslands og Landmælingum Íslands. Á þessum 12 árum hafa ýmis fjölbátta jarðvísindagögn og lýsigögn þeirra verið stöðluð og gæðayfirfarin, þeim komið í gagnagrunna, og FAIR þjónustur þróaðar. **Veðurstofan rekur 15 þjónustur** sem veita aðgengi að gögnum frá öllum íslensku þátttakendum í EPOS (<https://docs.epos-iceland.is>). Þjónusturnar tilheyra allar **Eldfjallaþjónustunni (VOLC-TCS)**^[1], þar sem fyrst um sinn er áherslan á gögn og afurðir frá óróa- og eldgosatímabilum í eldstöðvum Íslands. Sum gögn eru þó þjónustuð af viðeigandi fagþjónustu, eins og t.d. jarðskjálftagögn sem enn um sinn er dreift frá Orfeus gagnaveitunni (<https://orfeus-eu.org>) og jarðfræðikort sem er dreift af jarðfræðipjónustunni (Geology TCS).

Frá 2021 hefur íslenska samstarfið, **EPOS Ísland** verið veglega styrkt af Innviðasjóði undir **íslenska vegvísinum um uppbryggingu rannsóknarinnviða** og hefur það stórkostlega efti innviðauppbryggininguna, bæði í formi aukins gagnaðgengis og í formi hugbúnaðarþróunar. Þá hafa einnig tvær stofnanir til viðbótar, Náttúrufræðistofnun og ÍSOR gengið inn í samstarfið og eykur það enn frekar á fjölbreytni gagna. Undir vegvísisverkefninu er stefnt að gæðayfirferð og opnun FAIR aðgengis að gögnum úr stærstum hluta jarðskjálfta- og GPS-mælaneta landsins ásamt miklum fjölbreytileika jarðvísindagagna og afleiddra afurða. Einnig mun verða uppbryggingu á öflugum vélbúnaði til að hýsa gögn og þjónusta óhindrað aðgengi að þeim. EPOS þjónusturnar munu hafa mikið gildi fyrir menntun og rannsóknir í jarðvísindum á Íslandi og munu efla þátttöku Íslendinga í erlendum rannsóknarverkefnum, þar sem framtíðarkröfur gera ráð fyrir að öll gögn og afurðir verði stöðluð, gæðayfirfarin og sett í FAIR opið aðgengi.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

[¹] Puglisi, G., D. Reitano, L. Spampinato, K. S. Vogfjörd, S. Barsotti, L. Cacciola, A. Geyer, D.S. Guðjónsson, Y. Guehenneux, J. Komorowski, P. Labazuy, A. Lemarchand, R. Nave, J. Saurel, P. Bachelery (2022). The integrated multidisciplinary European volcano infrastructure: from the conception to the implementation, *Annals of Geophysics*, special issue: EPOS a Research Infrastructure in solid Earth: open science and innovation, 65, 3, M320, 2022; <https://doi.org/10.4401/ag-8794>

Strain Localization at Volcanoes Undergoing Extension: Investigating Long-term Deformation at Krafla and Askja in North Iceland

Chiara Lanzi¹, Freysteinn Sigmundsson¹, Halldór Geirsson¹, Michelle Maree Parks² & Vincent Drouin²

¹ Nordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, University of Iceland

² Icelandic Meteorological Office, Reykjavík, Iceland

Ground deformation at volcanoes in extensional settings may occur because of strain localization. The magmatic system of a volcano with its liquid magma, magma mush, and hot crust will cause a rheological anomaly, where material properties may be very different from surrounding crust and mantle. Numerical models based on the Finite Element Method (FEM) are used to explore expected ground deformation at such volcanoes, considering heterogeneous multi-layered structure and elasto-viscoelastic rheology. The effects of localized lateral and vertical variations, in terms of geometry of the magmatic system and material properties of the crust, are explored in a model domain undergoing stretching, at an applied rate of ~17.4 mm/yr, perpendicular to the lateral domain boundaries.

A one-layer model displays the same elastic feature throughout the whole domain except for a localized upper crustal volume with lower elastic properties, compared to the surrounding crust, to simulate the highly fractured and altered near-surface crust. In a two-layer model, the top elastic layer overlies a viscoelastic layer that locally reaches shallower levels (~2 km depth) to symbolize the magmatic system beneath the shallow low-rigidity volume previously introduced. The models reveal a localized deformation signal at the volcano, influenced by the amount of stretching (tectonic setting), and by both the volume and the viscosity value of the up-doming material. A model with viscosity of 5×10^{19} Pa s in the up-doming material, and a 7 – 15 km-thick elastic layer, show a small subsidence rate, ~0.1 – 0.4 mm/yr. The localized subsidence rate increases from 1.9 to 5.5 mm/yr as the viscosity decreases from 10^{18} Pa s to 10^{16} Pa s in the up-doming material. Lower viscosities ($<10^{16}$ Pa s) show no further change in subsidence rate.

We apply three-dimensional FEM models to improve understanding of the deformation at the Krafla and Askja volcanic systems (1989-2018 and 1983-2018, respectively) in the Northern Volcanic Zone of Iceland. The two subsiding areas lie in about 50 km-wide zone which marks the North America-Eurasia divergent plate boundary. The rate of localized subsidence at Krafla was ~1.3 cm/yr in 1993-2000 and slowed down to 3-5 mm/yr in 2006-2015. The rate of localized subsidence at Askja decayed more slowly than Krafla. During the 1983-1998 the subsidence rate was ~5 cm/yr; in 2000-2009 it was ~2.5 cm/yr. Comparison of FEM models to geodetic data in North Iceland suggests that plate divergence processes may account for part of the observed subsidence, dependent on how extensive rheological anomalies in relation to magma are beneath the volcanoes.

The role of segregation process in lava flow degassing

Nicolas Levillayer¹ & Olgeir Sigmarsson^{1,2}

¹ Institute of Earth Sciences, University of Iceland

² Laboratoire Magma et Volcans, CNRS, France

Upon lava flow emplacement and cooling, crystallisation and degassing interact. Crystallisation will increase the volatile concentration in the melt, until saturation and formation of a gas phase. The exsolved gas generates a pressure gradient pushing the residual melt from the interlocked crystal network towards lower pressure (i.e., gas filter-pressing, Anderson et al., 1984). This process results in the formation of segregation structures filled with evolved melt, such as vesicle cylinders (VC), horizontal vesicle sheets (HVS) and megavesicles (MV) (Thordarson & Self, 1998), and is likely to be an important mechanism during the outgassing of the lava. To investigate the segregation process and its link with degassing, we sampled host lava (HL) and diverse segregation products (SPs) in four basaltic lava flows in Iceland of different composition (two tholeiites and two FeTi-rich transitional basalts) and size. These samples were analysed for major and (ultra-)trace element composition, including the volatile metals and metalloids.

Overall, these measurements revealed SPs with evolved compositions with respect to the host lava. The SPs compositions are well explained by 35 to 65 % fractional crystallisation of the HL, the MVs being generally the most evolved. This trend was confirmed by the mineralogical phase assemblage and composition (e.g., HL with more primitive mineral composition, no olivine in the evolved MV). Petrological observation indicates high vesicle content in all the SPs, whereas the amount of phenocryst and residual glass is variable. This translates potential to other processes in addition to fractional crystallisation of the HL taking place during the segregation such as melt escape and phenocryst capture.

The mineralogical analysis also revealed that some volatile metals, such as Zn, Sn and Cd, were relatively compatible in the crystallising minerals, depleting them in the residual melt. The volatile metals show a specific behaviour in some SPs, displaying enrichment factors (over HL) superior to those of the most incompatible elements (Th or U), reaching up to seven for Pb and 12 for Bi. Occasionally, the elements As, Bi, Cd, Cs, Mo, In, Pb, Pt, Sb, and Sn were of anomalously high concentration (Figure 1), which cannot be explained by fractional crystallisation alone. Such an enrichment is readily explained by the involvement of the gas phase, rich in the most volatile metals and metalloids. The enrichments being not ubiquitous might indicate that in some cases the gas phase successfully escape the segregation system, whereas in other cases, part of it is trapped, creating volatile enriched SPs.

Our results thus agree with the model in which segregation products result from fractional crystallisation of the host lava and are segregated by gas filter-pressing. We however point out that other processes might take place simultaneously such as liquid loss and crystal gain, highlighting the dynamical nature of the segregation formation. The important vesiculation of our SPs and the sporadic enrichment of volatile metals in SPs support the idea of a strong involvement of the gas phase in the segregation process and thus the role of this latter in lava degassing and toxic metal emission to the atmosphere.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

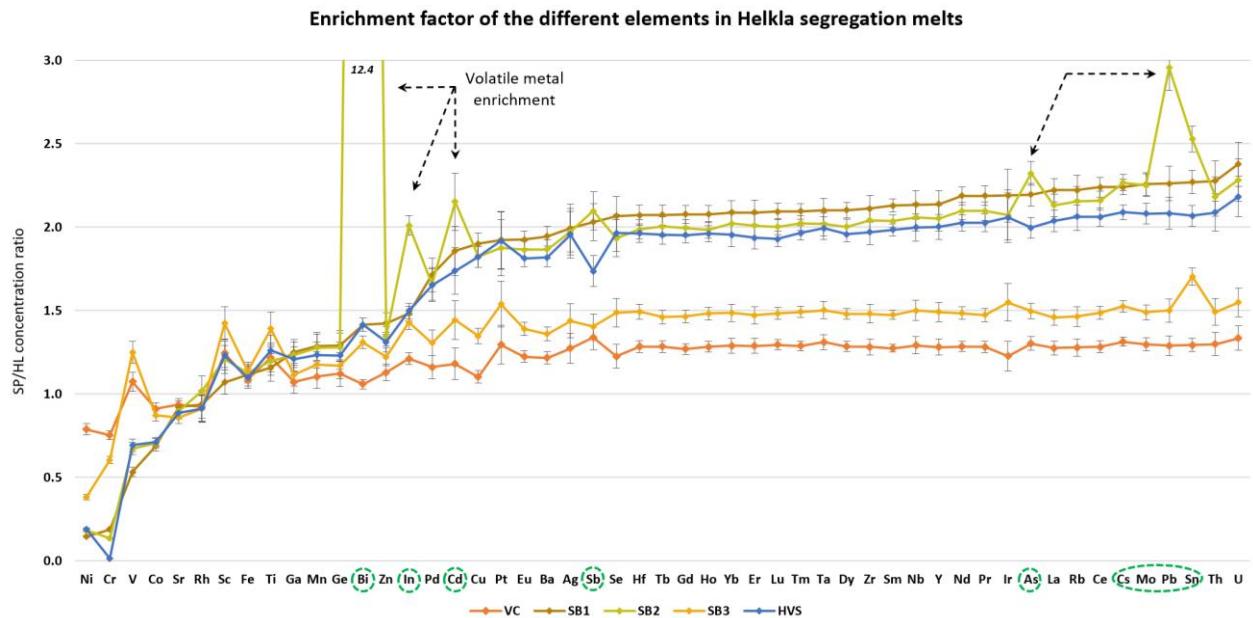


Figure 3: Enrichment factors over host lava of the different segregation products of a Hekla basalt. The SPs SB1, SB2 and HVS show similar enrichment factor for most elements, apart from the volatile metals and metalloids which are significantly more enriched in SB2 (green curve).

References

- Anderson, A. T., Swihart, G. H., Artioli, G., & Geiger, C. A. (1984). Segregation Vesicles, Gas Filter-Pressing, and Igneous Differentiation. *The Journal of Geology*, 92(1), Article 1. <https://doi.org/10.1086/628834>
- Thordarson, T., & Self, S. (1998). The Roza Member, Columbia River Basalt Group: A gigantic pahoehoe lava flow field formed by endogenous processes? *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 103(B11), 27411–27445. <https://doi.org/10.1029/98JB01355>

Diversity of intertidal ostracods (micro-crustaceans) from SW Iceland as tool to monitor climate-change impacts

Alejandra García Madrigal¹, Angel Ruiz Angulo² & Steffen Mischke²

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Apartado postal 70-399, CP 04510 Ciudad de México, México

² University of Iceland, Institute of Earth Sciences, Sturlugata 7, 102 Reykjavik, Iceland

Ostracods are micro-crustaceans which are typically abundant and diverse in most aquatic environments. They are sensitive to habitat characteristics such as salinity and temperature. Thus, we explored their potential to track impacts of global warming on coastal ecosystems in SW Iceland. In total, 28 surface-sediment samples were collected at low tide from Fossvogur and Kópavogur in fall 2021. As a result, 16 taxa belonging to 10 families common to the Arctic and Temperate Northern Atlantic marine realms were recorded. The assemblage is dominated by *Leptocythere castanea*, *Hemicythere villosa*, *Semicytherura nigrescens*, *Leptocythere lacertosa* and *Hirschmannia viridis*. Higher overall diversity was recorded at locations less exposed to the open sea where wave energy and currents are probably less significant. A comparison with records of shallow marine ostracods from the Arctic and Temperate Northern Atlantic marine realms shows that taxa such as *Baffinicythere emarginata* and *Finmarchinella angulata* apparently occur in SW Iceland at their upper temperature-tolerance limits due to their absence from slightly warmer waters. Consequently, these taxa are most vulnerable to global warming and may serve as tools to monitor impacts of climate change in coastal waters of Iceland. Our study provides an important reference for the intertidal ecosystem in Fossvogur and Kópavogur which might be also affected by future infrastructure development and recreational activities in the region.

Sigkatlar í jöklum á Íslandi

Magnús Tumi Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir, Hannah I. Reynolds,
Finnur Pálsson & Eyjólfur Magnússon

Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Sturlugötu 7, 102 Reykjavík

Sigkatlar eru víða í íslenskum jöklum, dældir sem myndast þar sem hita gætir við botn jökuksins. Í tengslum við GOSVÁ, sem er samvinnuverkefni Veðurstofunnar, Jarðvísindastofnunar Háskóla, Vegagerðarinnar, Landgræðslunnar og Almannavarna um eldosavá, hefur verið tekið saman yfirlit um þekkta katla í jöklum hér á landi. Greindir hafa verið á annað hundrað sigkatlar, flestir í Vatnajökli. Stærð þeirra er mjög misjöfn. Minnstu katlarnir eru 200-300 m í þvermál meðan sá stærsti, Eystri Skaftárketill, hefur þvermál sem er vel á þriðja kílómetra. Á Grímsvatnasvæðinu eru yfir 30 sigkatlar. Einnig eru margir katlar í Mýrdalsjökli. Að auki er katla að finna við flestar megineldstöðvar þar sem ísþekja er umtalsverð: Í Bárðarbungu, Kverkfjöllum, nærrí Þórðarhýrnu, í Öræfajökli, Torfajökli, Hofsjökli og Langjökli. Skipta má sigkötlum í goskatla og jarðhitakatla. Goskatlar eru eðli málsins samkvæmt myndanir sem tengjast einstökum eldgosum. Þeir vaxa í hámarksstærð meðan á umbrotunum stendur en síðan grynnka þeir yfirleitt eftir gos. Öll þekkt eldgos sem byrjað hafa undir jöklum hafa myndað slíka katla. Mjög er misjafnt hve lengi þeirra eru að hverfa eftir að gosi lýkur. Stærsta sigdældin sem mælingar eru til um myndaðist í Gjálpargosinu 1996. Hún varð rúmlega 4 km breið og 9 km löng. Hennar sér enn stað, rúmum aldarfjórðungi síðar. Hliðstæð sigdæld en nokkru minni myndaðist á sama stað í gosinu 1938. Grunnir sigkatlar sem urðu til á nokkrum stöðum yfir ganginum sem myndaðist milli Bárðarbungu og Holuhrauns haustið 2014, hurfu á nokkrum misserum. Þessir katlar eru taldir hafa myndast í skammvinnum smágosum. Lögun og krappi goskatla ræðst einkum af ísþykkt á gosstað. Þar sem ís er mjög þykkur (>300 m) hafa goskatlar tillhneygingu til að vera víðari og grynnri vegna verulegra áhrifa ísskriðs á lögun ketilsins. Sé ísinn þynnri, verður lítið sig kringum ketilinn, gosið bræðir sig í gegn og jaðrar hans eru lóðréttir ísveggir. Á síðustu árum hafa slíkir katlar myndast í gosum í Grímsvötnum og Eyjaajallajökli. Jarðhitakatlar eru oftast mun grynnri, yfirleitt með aflíðandi brekku niður í botn og stundum eru jökuksprungur í jöðrunum. Sumir jarðhitakatlar safna vatni við jökulbotn og hlaupa reglulega, þekktasta dæmið eru Skaftárkatlarnir. Meirihluti jarðhitakatla safnar þó ekki umtalsverðu vatni. Sumir leka nokkuð stöðugt, en aðrir hækka um nokkra metra á veturna og lækka síðan um eða eftir mitt sumar þegar vatnið sem safnast hefur á vetrinum nær framrás í smáhlaupum/nokkurra daga auknu rennsli. Nokkrar sveiflur eru í jarðhitavirkni í sumum eldstöðvum. Myndun og stækkun sigkatla er stundum eitt helsta merkið um aukna virkni í eldstöð. Í Grímsvötnum hafa komið tímabil með aukinni jarðhitavirkni á undan eldgosum. Á undanförnum 25 árum hefur öðru hvoru orðið aukning í jarðhita í Köllu, sem komið hefur fram sem dýpkun katla yfir ákveðin tímabil. Þessi jarðhitaaukning hefur ekki verið undanfari eldgosa og stækkunin gengur oftast til baka á fáum árum. Í Öræfajökli haustið 2017 varð skyndileg aukning í jarðhita sem stóð í um two mánuði. Þá myndaðist rúmlega 20 m djúpur og 1100 m breiður ketill. Hann hvarf að mestu á næstu tveimur árum. Í Bárðarbungu óx jarðhiti mjög með öskjusiginu 2014–15. Þar eru enn verulega öflug jarðhitasvæði, átta árum eftir umbrotin. Öðru hvoru verða atburðir þar sem skyndilega koma umtalsverð hlaup og katlar stækka mjög. Þetta gerðist í Mýrdalsjökli 1955, 1999 og 2011, og við Hamarinn 2011. Skiptar skoðanir eru um hvort smágos hafi valdið þessum hlaupum eða hvort tímabundin aukning í jarðhita og meiri uppsöfnun vatns sé um að kenna.

Trace element transport in volcanic gases at Vulcano, Italy

Celine L. Mandon¹, Hanna Kaaslainen¹, Sergio Calabrese^{2,3}, Everett L. Shock^{4,5}, Panjai Prapaipong⁴, Walter D'Alessandro³, Franco Tassi⁶, Ingvi Gunnarsson⁷, Jóhann Gunnarsson-Robin¹ & Andri Stefánsson¹

1 Nordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Sturlugata 7, Reykjavík 102, Iceland

2 Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM), Università di Palermo, Palermo, Italy.

3 Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Palermo, Italy

4 School of Earth and Space Exploration, Arizona State University, Tempe, AZ, USA

5 School of Molecular Sciences, Arizona State University, Tempe, AZ, USA

6 Department of Earth Sciences, University of Florence, via La Pira 4, Firenze 50121, Italy

7 Reykjavík Energy, Bæjarháls 1, 110 Reykjavík, Iceland

Despite our perception of gold as a shiny precious metal, a small amount of gold is actually transported by magmatic gases and emitted in the atmosphere at most volcanoes on Earth. This gaseous transport is made possible by the very nature of volcanic gases: high-temperature non-ideal water vapor-dominated mixture of gases, also containing other major constituents such as sulfur, carbon dioxide and halogens. This combination allows for volatile transport of virtually all elements from the periodic table, through the formation of gaseous compounds between trace elements and major gas species. However, the complexity of volcanic gases also makes them difficult to apprehend; little is known on the solubility and behavior of trace elements. Moreover, the gas composition varies with time and space, while changes in pressure and temperature occur between gas exsolution from the magma and emission at the surface. Interactions between the gas phase and surrounding rocks and fluids can furthermore affect volcanic gases on their way to the surface. In this work, we explore the transport processes controlling the abundance of trace elements in volcanic gases. We use major and trace element composition from fumarolic gases from Vulcano, Italy sampled over a 14-year period and during both background emissions and unrest. The variations in trace element abundance are discussed as a function of time, space and sampling method, and compared with thermochemical modelling using HSC Chemistry software. We explore the factors that affect the trace element transport in volcanic gases, such as 1) cooling of the gas from the exsolution temperature to the emission temperature at the surface, 2) pressure decrease from the depth of exsolution to atmospheric pressure, 3) composition of the gas and therefore ligand availability, 4) transport rate and its effect on mineral deposition from the gas.

This work was funded by a NordVulc postdoctoral fellowship.

Zonnedorpen: a case study of a citizen initiative in an adaptation of sustainable energy

Yulita Muspitasaki

Research Master Student in Islands and Sustainability at the University of Iceland and the University of Groningen

Citizens are increasingly affected by the energy crisis, particularly in Europe. While it is critical to involve citizens in developing sustainable solutions to the energy crisis, significant portions of the population continue to have little engagement in their communities to address these issues. As a result, the discussion of citizen engagement is gaining importance to strike a balance between government and citizens. This research examines the Zonnedorpen energy cooperative in the Netherlands in light of the escalating energy transition in their communities. This study aims to examine how the Zonnedorpen energy cooperative influences the municipality's adaptation to sustainable energy. This qualitative study uses secondary data collected from the cooperative's website, newsletters, and interviews with local media. The results were analyzed using the theoretical framework of the concept of conditions and place-based governance for sustainability. The finding suggests that Zonnedorpen influenced the adaptation of sustainable energy transition in the municipality by providing favorable conditions and motivations for technological adaptations. Conditions and motivations influence community actions, including community engagement, collaborative learning, information sharing, and social networking. As a result, Zonnedorpen has developed three innovative projects, including natural gas-free transportation, energy production, and energy storage, that contribute to the municipality's adaptation of a sustainable energy transition. As there are more emerging citizen initiatives at the moment, citizen initiatives on energy transition in other parts of Europe could be further studied to provide a better understanding of organizing their initiatives and influencing local policies.

Ice-stream shutdown during deglaciation: evidence from the Iceland Ice Sheet

Nína Aradóttir¹, Ívar Örn Benediktsson¹, Ólafur Ingólfsson¹, Skafti Brynjólfsson², Wesley R. Farnsworth^{1,3}, Margrét Mjöll Benjamínssdóttir¹ & Lena Björg Ríkharðsdóttir¹

¹ Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Sturlugata 7, IS-102 Reykjavík

² Icelandic Institute of Natural History, Borgir við Norðurslóð, 600 Akureyri

³ Globe Institute, University of Copenhagen, Øster Voldgade 5, DK-1350 Copenhagen Denmark

Both modern and palaeo-ice streams experience shutdown which has critical implications for their mass balance and influence on relative sea level rise. Reconstructions of palaeo-ice streams have mainly focused on their phase of active flow but less is understood of their shutdown and style of deglaciation. Mapping of streamlined subglacial bedforms (SSBs), including drumlins and mega-scale glacial lineations, in northeast Iceland reveals cross-cutting flow-sets of palaeo-ice streams within the Iceland Ice Sheet (IIS) during and following the Last Glacial Maximum (LGM). Here we map geometrical ridges (linear and reticular) within the Bakkafloi and Þistilfjörður flow-sets and combine the morphological data with sedimentological analyses to increase our understanding of the dynamics of the IIS in northeast Iceland. We interpret the ridges as crevasse-squeeze ridges (CSRs), based on their interconnected network, primary orientation transverse and/or oblique to former ice flow, and internal composition of homogenous subglacial till. In both areas, the CSRs are superimposed on the SSBs, indicating that they post-date the formation of the SSBs and signify the waning stage of ice streaming associated with the readvance of the IIS during the Younger Dryas period. The preservation of the CSRs suggests ice stagnation following the readvance and ice-stream shutdown. The morphological difference of the CSRs between the flow-sets is taken to indicate different spatial-setting within the ice streams; the linear CSRs in Bakkafloi formed further upstream where extensional forces parallel to ice flow dominate, whereas the reticular CSRs in Þistilfjörður suggest transverse and longitudinal forces near the terminal zone. Future research reconstructing past ice-sheet behaviour and ice-stream dynamics would benefit from high-resolution bathymetric data from the adjoining shelf as well as enhanced geochronological constraints.

Hvað veldur Heklugosum?

Olgeir Sigmarsson^{1,2} & Garance Hervé²

1 Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands

2 Laboratoire Magmas et Volcans, Université Clermont Auvergne, Frakklandi

Fyrirvari síðustu Heklugosa var mjög stuttur með litlum sem engum vísbendingum um yfirvofandi gos. Hekla hagar sér því ólíkt flestum öðrum íslenskum eldfjöllum. Til að reyna að skilja betur hegðun hennar hafa gosefni síðustu fimm gosa verið tekin til ítarlegrar athugunar. Sérstök áhersla var lögð á að safna fyrstu gjósku og síðasta hrauni hvers goss. Samsetning steinda og glers hefur verið efnagreind sem geislavirkrt ójafnvægi í ^{238}U - og ^{232}Th - keðjunum.

Ísúra kvikan sem kemur upp í lok sögulegra Heklugosa er basaltískt andesít, af sömu samsetningu í gegnum tíðina. Hún myndast að öllum líkindum við aðskilnað steinda og bráðar eftir 40-60% hlutkristöllun á basaltkviku af líkri samsetningu og basalthraunin umhverfis Heklu. Geislavirkrt ójafnvægi á milli ^{226}Ra og móðursamsætunnar ^{230}Th , en jafnvægi á milli ^{228}Ra og ^{232}Th bendir til að myndun ísúru kvikunnar taki lengri tíma en 30 ár en mun styttri en 200 ár. Kvikan dvelst á það miklu dýpi að vatn er uppleyst í henni og myndar ekki gasfasa.

Lítill breytileiki í steindasamsetningu ísúru hrauna síðustu fjögurra gosa bendir til jafnvægis kristöllunar fremur en hlutkristöllunar og hverfandi líttillar blöndunar ólíkra kvikugerða. Kvikuinnskot að neðan og inn í ísúru kvikuna er því ólíklegur orsakavaldur gosa í Heklu. Nýlegt líkan til skýringar á mælingum á aflögun í borholu styður aukningu á kvikuþrýstingi vegna uppsöfnunar á eldfjallagasi í ísúru kvikunni sem leiðir til goss þegar brotþoli skorpunnar ofan kvikunnar hefur verið náð (Hautmann o.fl. 2017). Samkvæmt líkaninu ætti fyrsta kvikan sem gýs að hafa hærri gasstyrk en sú sem kemur síðar. Til að sannreyna þetta líkan þyrfti að mæla gasstyrkinn en þar sem gasið skilur sig frá kvikunni og sleppur út í andrúmsloftið er styrkurinn illmælanlegur. Mælingar á náttúrulegri geislavirkni kunna að hjálpa þar til.

Geislavirk klofnun ^{226}Ra ($T_{1/2}$: 1600 ár) myndar ^{222}Rn ($T_{1/2}$: 4 dagar) sem síðan brotnar niður og myndar ^{210}Pb ($T_{1/2}$: 22 ár). Radon er eðalgas og ætti því að safnast ásamt CO_2 í þeirri kviku sem fyrst gýs (efst í kvíkuhólfi), klofna niður og mynda ^{210}Pb á stuttum tíma. Blíð leysist upp í bergbráðinni og styrk þess er auðvelt að mæla í gjósku og hrauni. Fyrsta gjóska úr 1947, 1970 og 1991 gosunum hefur óvenju háan ^{210}Pb styrk og mælist hlutfallið ($^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$) hærra en einn sem bendir eindregið til uppsöfnunar á radon og öðrum gastegundum. Jafnframt er hlutfallið ($^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$) hærra í fyrstu kviku gosa eftir langt undangengið hlé, en þeirri sem gýs eftir stutt goshlé. Sama gildir um lengd sprengifasans í sögulegum Heklugosum eins og þekkt er. Hraun sömu gosa ættu að hafa hlutfallið lægra en einn ef þau mynduðust úr kviku sem gaf frá sér radonið og koltvísýringinn, sem söfnuðust saman í fyrstu kvikunni, en nákvæmlega einn ef gasið kom af enn meira dýpi.

Heimild:

Hautmann, S., Sacks, I. S., Linde, A. T., Roberts, M. J. 2017. Magma Buoyancy and Volatile Ascent Driving Autocyclic Eruptivity at Hekla Volcano (Iceland). G-cube 18, 3517-29.

Sagan af zirkon úr Hvítserki

Olgeir Sigmarsson^{1,2} & Jean-Louis Paquette^{2,†}

1 Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, 101 Reykjavík

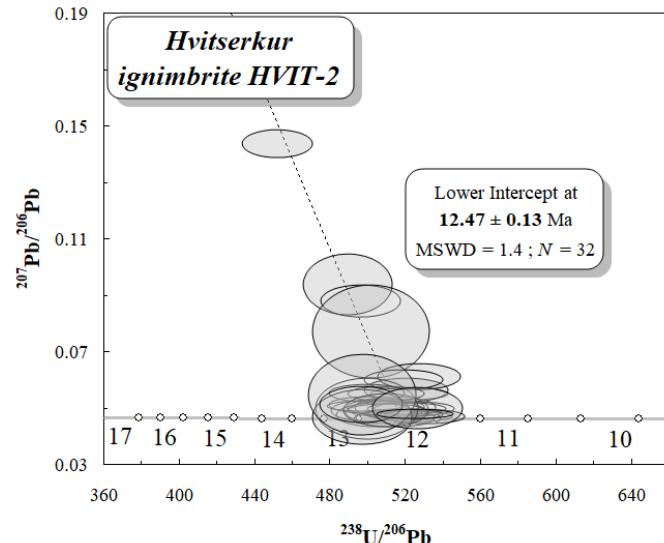
2 Laboratoire Magmas et Volcans, Université Clermont Auvergne, France

† Látinn

Hvítserkur á Austfjörðum er gerður úr flikrubergi sundurskornu af basaltgöngum. Í flikruberginu finnast U-ríkar zirkonsteindir ($ZrSiO_4$) sem auðvelt er að aldursgreina með massagreiningu á Pb samsætum. Kristöllun zirkonsteindanna stjórnast af uppleysanleika zirkoníum í kviku og kunna þær að vera allt að tugum til hundruðum þúsundum ára eldri en eldgosið sjálft. Fyrir um tæpum tveimur áratugum var kíslíku bergi safnað úr eldstöðvum Austfjarða og voru 16 zirkonsteindir aldursgreindar úr flikrubergi Hvítserks. Ein steindanna gaf aldurinn 12.5 ± 0.6 Ma (2 \square) en 15 steindir reyndust vera frá Miðlífsöld (120-240 Ma; Paquette et al. 2003) og féll sá aldur vel að tilgátu um hugsanlega legu Jan Mayen hryggjarins inn undir Borgarfjörð eystri. Afleiðingin væri sú að meginlandsskorpa kynni að liggja undir Austfjörðum.

Áður en lærð vísindagrein væri skrifuð um þessa byltingarkenndu niðurstöðu bar að sannreyna mælingarnar og var því gerð önnur ferð að Hvítserki og nýtt flikrubergssýni tekið til greiningar. Þrjátíu og tvær zirkonsteindir fundust en engin þeirra var af Miðlífsaldri. Hvaðan komu þá þessir „gómlu“ zirkonar og voru þeir yfir höfuð íslenskir? Kíslíka bergið sem safnað var af Austfjörðum var sent með sjópósti til Hamborgar og þaðan landleiðina til Frakklands. Til Clermont-Ferrand komu sýnin umpökkuð í sína, þykka plastkassa frá þýska póstinum með leifum af upphaflegum plastkössum og bergsýnunum. Flikrubergið frá Hvítserk var orðið að sandi en önnur sýni heilleg. Er hugsanlegt að hafnar- eða póststarfsmenn í Hamborg hafi sópað sandi af höfninni með íumpökkuninni? Erfitt er um slíkt að spá en fljótið Elba, sem rennur til Norðursjávar um Hamborg, á upprunasvæði á Miðlífsaldarbergi í austurhluta Þýskalands.

Meðalaldur hinna 32 zirkona er 12.5 ± 0.1 Ma (2 \square ; sjá Terra-Wasserburg graf á mynd) og fellur sá aldur vel að jarðfræði Austfjarða. Jafnframt fellur hann vel að Ar/Ar aldursgreiningu frá Höfn í Borgarfirði (12.8 ± 0.1 Ma), sem liggur neðar í jarðlagastaflanum og að 13.1 ± 0.2 Ma gömlu flikrubergi sem liggur enn neðar, sunnan Húsavíkur (Martin et al. 2011). Í framhaldi af þessum nýju niðurstöðum hófst samstarf við Vanderbilt háskólanum í Tennessee, BNA, og var 243 zirkonum safnað sitt hvoru megin við Hvítserk, úr árseti Stóru-Ár í Breiðuvík og ármótum Krossár og Kækjudalsár syðst í dalnum inn af Borgarfirði eystra, og þeir aldursákvarðaðir (Carley et al. 2017). Allir eru þeir af aldrinum 12-14 Ma, með lágt $\delta^{18}\text{O}$ og Hf samsætuhlutföll í aett við þau sem mæld hefa verið í zirkonum úr íslensku storkubergi. Hvorki finnast því ummerki um zirkona frá Miðlífsöld né zirkonar með samsætuhlutföll meginlandsskorpu. Nýlegri aldursákvarðanirnar sýna aftur á móti að kíslík bergkvika gaus á Víknaslóðum í um og yfir hálfa milljón ára.



Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Heimildir:

- Carley, T.L., Miller, C.F., Sigmarsdóttir, O., Coble, M.A., Fisher, C.M., Hanchar, J.M., Schmitt, A.K., and Economos, R.C. 2017. Detrital zircon resolve longevity and evolution of silicic magmatism in extinct volcanic centers: A case study from the East Fjords of Iceland. *Geosphere* 13, 4, doi:10.1130/GES01476.1.
- Martin, E., Paquette J.L., Bosse V., Ruffet G., Tiepolo M. and Sigmarsdóttir, O. 2011. Geodynamics of rift-plume interaction in Iceland as constrained by new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and in situ U-Pb zircon ages. *Earth Planet. Sci. Lett.* 311, 28–38.
- Paquette, J.-L., Sigmarsdóttir, O. and Tiepolo, M. 2006. Continental basement under Iceland revealed by old zircons. *Eos Trans AGU*, 2006AGUFM.V33A0642P.

Safn íðorða og hugtaka í skjálftafræði og tektóník

Páll Einarsson

Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands

Kynnt er um þessar mundir safn íðorða og hugtaka í skjálftafræði og tektóník sem hefur orðið til við kennslu við Háskóla Íslands á löngu tímabili, 1977-2020. Við kennslu kemur oft í ljós bryн þörf fyrir orð á íslensku yfir þau hugtök sem notuð eru í fræðunum, orð sem ekki eru til eða þörf er að endurbæta. Málið hefur öðlast vaxandi þýðingu síðustu árin. Það hefur verið stefna í Jarðvísindadeild HÍ að grunninum til BS-gráðu fari fram á íslensku en framhaldsnám til MS- og PhD-gráðu á ensku eftir því sem við á. Æ fleiri akademískir starfsmenn háskólanna eru af erlendum uppruna og þurfa nauðsynlega að hafa íðorðasöfn við hendina við vinnu sína í íslensku umhverfi. Talsverður hluti kennslu í jarðvísindum fer fram ýmist á ensku eða íslensku, og fyrir blandaðan nemendahóp. Íslenskan á þar mjög undir högg að sækja. Miklu skiptir að íslensk orð séu til um helstu hugtök í fræðunum og að þau séu vel aðgengileg og þjál í notkun. Hið sérstaka samband milli jarðvísindamanna og almenninga á Íslandi, sem skapast hefur vegna nábýlis við endurteknar náttúruhamfarir, undirstrikar enn fremur nauðsyn þess að hægt sé að tjá sig um náttúrufyrbrigði á kjarnyrtu íslensku máli sem almenningur skilur.

Víða hefur verið leitað fanga og fyrirmynna. Orðaskrá Eðlisfræðifélagsins og Íðorðabankinn (idord.arnastofnun.is) hafa verið drjúgar uppsprettur, en einnig plögg frá Orðanefnd byggingarverkfræðinga sem Einar B. Pálsson stýrði um árabil. Talsverður hluti orðanna á listanum eru nýyrði, sum orðin til eftir talsverða yfirlegu. Þau hafa fæst verið notuð mikið í skrifuðum texta, utan kennslugagna, og hafa því ekki fengið þá slípun sem æskilegt væri. Framtíðin verður að skera úr um það hvort þau eru nothæf eða yfirleitt gagnleg. Þetta orðasafn er vinnuplað í stöðugri endurskoðun. Safninu hefur, þangað til nýlega, aðeins verið dreift til nemenda og sérstaks áhugafólks. Það hefur nú verið sent til víðari hóps fólks og verður gert aðgengilegt á vefsíðu Jarðfræðafélgs Íslands. Í núverandi safni hefur verið bætt við skýringarmyndum og venslamyndum til nánari skýringar á hugtökum og venslum þeirra.

Notendur eru vinsamlegast beðnir að láta vita ef þeir finna villur eða hafa tillögur um endurbætur eða viðbætur (palli@hi.is).

Í safninu eru um 250 íðorð, gömul og ný. Við gerð safnsins hefur þess verið gætt að orðin falli vel að íslensku máli, séu gegnsæ og skýri sig helst sjálf. Flestum orðunum fylgir skilgreining þess hugtaks sem það er notað um. Einnig fylgir flestum orðunum dæmi um notkun. Ef við á, eru tiltekin samheiti, þ.e. önnur orð sem notuð hafa verið um sama hugtak. Þá er í listanum enska fræðiorðið sem næst kemst merkingu íslenska íðorðsins. Í stöku tilfellum getur verið að ekki sé til hentugt orð á ensku sem samsvarar nákvæmlega íslenska orðinu. Það er nefnilega stundum auðveldara að hanna gegnsætt hugtakakerfi á íslensku en ensku. Í ensku tildekkast mjög að byggja fræðiorð á grískum og latneskum orðstofnum, sem er nánast óþekkt í íslensku. Pennan kost íslenskunnar er sjálfsagt að nýta við íðorðagerð.

Safnið er fjórskipt. Í fyrsta hlutanum eru íslensk íðorð og skilgreiningar hugtakanna, raðað eftir stafrófsröð. Í öðrum hlutanum er ensk-íslenskur orðalisti, raðaður eftir stafrófsröð ensku orðanna. Í þriðja hlutanum eru hugtakaflokkar þar sem orð um skyld hugtök eru flokkuð saman. Í fjórða hlutanum eru skýringamyndir og venslamyndir sem vísað er til í textanum.

Stóri-Hamradalur í Móhálsadal á Reykjanesskaga - Útdráttur

Páll Imsland

Afdankaður jarðfræðingur heima hjá sér

Stóri-Hamradalur er tektónískur smádalur í Móhálsadal á Krísvíkur-sprungureininni á Reykjanesskaga.

Stóri-Hamradalur er um 1,5 km á lengd, upp undir 400 m á breidd og um 10-15 m djúpur að austanverðu, en þar eru hlíðar hans lægstar. Austurhlíð dalsins er þverhnýptur misgengisstallur gerður úr hrauni um miðbik dalsins en móbergi til beggja enda. Vesturhlíð dalsins mynda aflíðandi móbergsbrekkur sem eru hluti af Núpshlíðarhálsi og eru ekki sýnilega brotnar af misgengjum. Stóri-Hamradalur er lokaður dalur og eru móbergsþróskuldar í báðum endum hans. Botn dalsins er flatur og hallalaus og er að mestu leyti þakinn hrauni, Ögmundarhrauni.

Austurbrún dalsins, misgengisstallurinn, er gerður úr móbergi og þykku grófstuðluðu hraunstáli. Þessar bergmyndanir eru þaktar af Ögmundarhrauni, sem er örþunnt á brún misgengisins, aðeins einhverjir tugir sentimetra þar sem það er þynnst.

Fyrir myndun misgengisins hefur verið þarna opin nokkurra tuga sentimetra víð gjá. Í Ögmundarhraunsgosinu, hefur hraunið runnið í gjána og fyllt hana. Seinna, kannski á meðan hrina Krísvíkureldanna var enn að, hefur vesturbakki gjárinnar og landið vestan hans sigið um marga metra, 10-15, og Stóri-Hamradalur orðið til. Botn dalsins er þakinn Ögmundarhrauni.

Við misgengissigið hefur hraunstorkan í gjánni yfirleitt ekki raskast, heldur haldist sem storkin skán utan á misgengisveggnum. Hún hangir sums staðar enn á veggnum og má finna hana heila alveg frá botni og upp í Ögmundarhraunið. Annars staðar hefur hún molnað og hrunið, og er enn að því. Greinilegt er að kvikan hefur storknað í gjánni, eins og steypa í móti, en ekki lekið niður vegg misgengisins.

Misgengið er því yngra en Krísvíkureldarnir eða í elsta lagi jafngamalt þeim. Stóri-Hamradalur er sem sagt myndaður á sögulegum tíma, um 1150 eða síðar, samkvæmt aldursgreiningu Sigmundar Einarssonar og félaga 1988 og 1991 á eldunum.

Það sem erindi þetta dregur fyrst og fremst fram er kúríosa, sjaldgæft fyrirbæri af eldrænum og tektónískum toga: Opin sprunga fyllist af hrauni sem storknar í henni eins og móti, síðar sígur annar bakki sprungunnar og skilur storkuna eftir utan á standandi gjárveggnum eins og brynu. Við sigið verður til sigdalur, eða kannski bara hálfur sigdalur, því engin misgengjabrot eru sýnileg í vesturhlíðum Stóra-Hamradals.

Í Kröflueldum, árið 1980, rann hraunelfa í opna gjá í Gjástykki og var ljósmynduð af Sigurjóni Sindrasyni og atburðurinn metin til stærða af Páli Einarssyni 1991. Sú gjá var mun víðari en sprungan í Móhálsadal. Hraunelfan í Gjástykki náði ekki að fylla gjána upp á bakka og þar var því um að ræða stærri atburð en varð á slóðum Stóra-Hamradals, metið í rúmmáli kvíkunnar sem hlut átti að máli.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023



Stóri-Hamradalur séður til suðurs.



Hraun rennur í opna gjá í Gjástykki 1980

Langtímahættumat valinna svæða á Íslandi: Vá af völdum hraunflæðis, gasmengunar og gjóskufalls

Melissa Anne Pfeffer¹, Bergrún Arna Óladóttir^{1,2}, Sara Barsotti¹, Bogi B. Björnsson¹ & Sigrún Karlsdóttir¹

1 Veðurstofa Íslands, Bústaðavegur 7-9, 105 Reykjavík, Ísland

2 Jarðvísindastofnun, Háskóli Íslands, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, Ísland

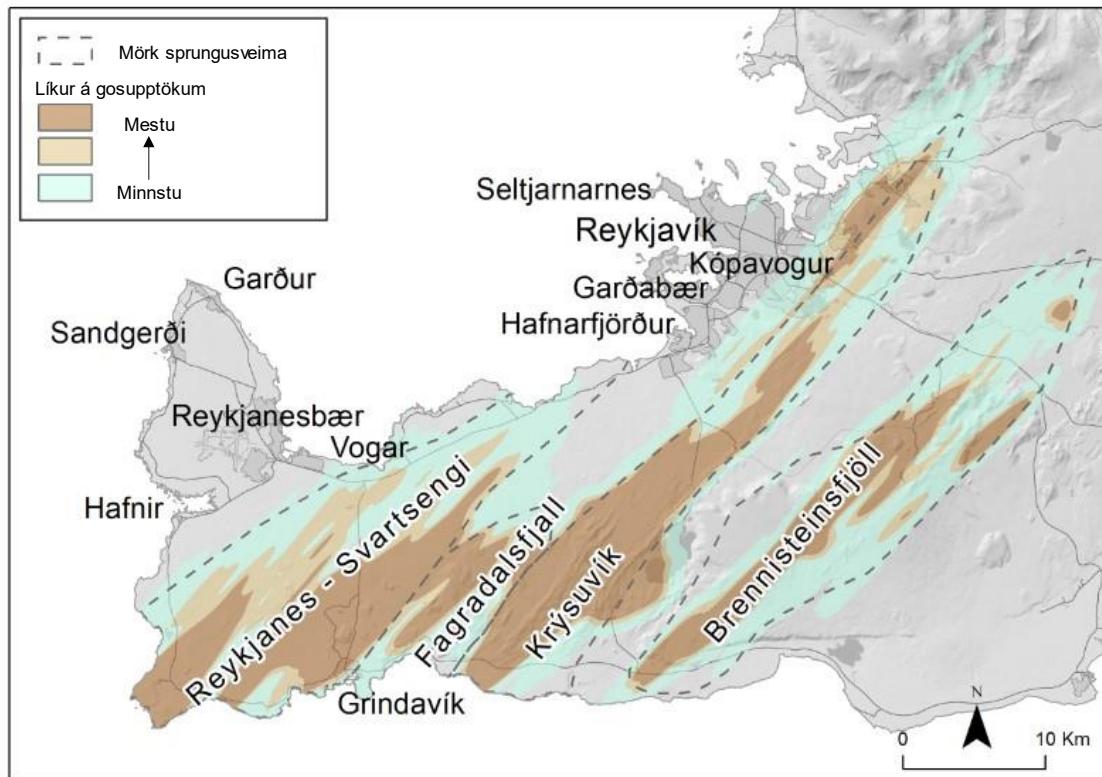
Á Íslandi er mikil og margskonar eldvirkni en landið er strjálbýlt og flest virkstu eldstöðvakerfi landsins eru fjærri mannabyggð. Tvö svæði, þar sem byggð stendur á eða nærri ungu hraunum, voru valin til að prófa mismunandi aðferðir við gerð hættumats. Þessi svæði eru annars vegar Vestmannaeyjar (Melissa Anne Pfeffer o.fl., 2020; 2021) og hins vegar vestanverður Reykjanesskagi (Bergrún Arna Óladóttir o.fl., í vinnslu). Hættumatsvinna er undirstaða áhættumats en þar sem áhættuviðmið vegna eldgosa hafa ekki verið skilgreind á lögformlegan hátt eru ekki forsendur til að ljúka áhættumati svæðanna á þessu stigi. Vá af völdum eldvirkni er margþætt en hér verður fjallað um vá sem skapast af völdum hrauns, gasmengunar og gjóskufalls.

Megintilgangur verkefnanna er að vinna langtímahættumat, þ.e. að veita upplýsingar um líkleg hættusvæði af völdum fyrrnefndra atriða. Niðurstöður hættumats vegna náttúrvár má nýta við skipulag byggðar og landnýtingar með það að markmiði að draga úr efnahagslegu tjóni af völdum eldgosa. Besta forvörnin fellst í þekkingu og því er mikilvægt að stunda rannsóknir á eldgosasögu landsins og nýta þá þekkingu sem við búum yfir til að kortleggja berskjölduð svæði, vinna hættumat og í kjölfar þess áhættumat. Gott hættumat spáir fyrir um framtíðarvirkni svæðis en spáin byggir á yfirgrípsmikilli þekkingu á hegðun þess svæðis sem unnið er með í hvert sinn. Verkefnin eru hluti af heildaráhættumati vegna eldgosa á Íslandi (GOSVÁ) og niðurstöðu eru t.d. aðgengilegar á www.islenskeldfjoll.is.

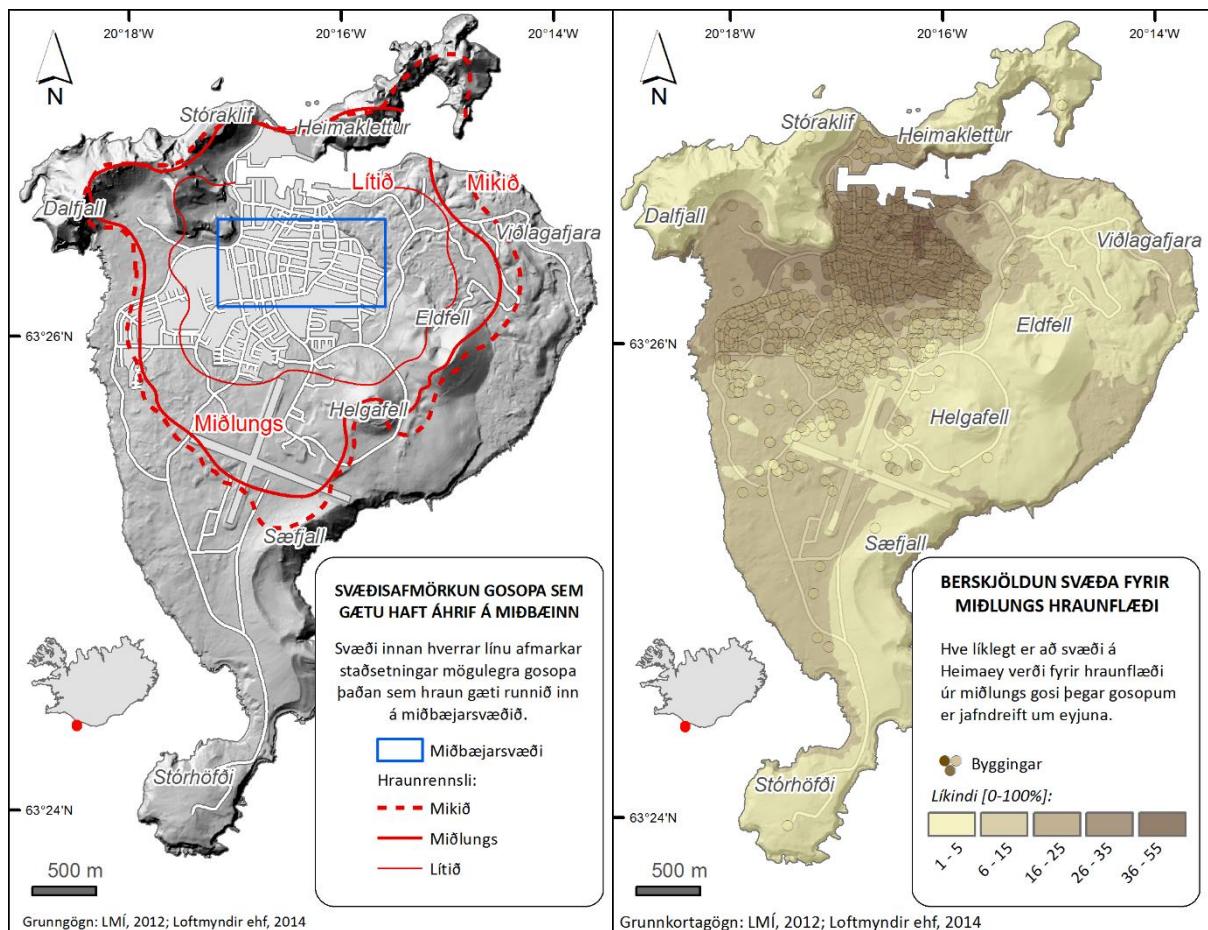
MatHaz kóðinn (Bertini o.fl., 2019) var notaður til að meta landfræðilega dreifingu svæða á vestanverðum Reykjanesskaga þar sem líklegast er að gossprungur opnist (Mynd 1). Niðurstöður byggja á gögnum jarðfræðikortlagningar og mismunandi vægi þeirra. Pekktum gossprungum var gefið 66% vægi í útreikningum á líkum þess hvar næst muni gjósa. Þetta vægi gossprungna skýrir að hluta þá líkindadreifingu sem fæst á Reykjanesskaganum en gögn frá eldstöðvakerfum Reykjaness, Svartsengis, Fagradalsfjalli, Krýsuvíkur og Brennisteinsfjöllum liggja að baki niðurstaðanna. Mikilvægt er að taka þessum niðurstöðum með fyrirvara og hafa í huga að ekki er útilokað að gjósi á svæðum sem sýnd eru án litar, þau svæði eru einungis talin ólíklegri til að gjósa. Í því samhengi er vert að nefna að Fagradalsfjallsgosin 2021/2022 kom upp innan kerfis sem ekki hafði gosið í meira en 6000 ár og var þar af leiðandi talinn ólíklegur gosstaður áður en rauntímagögn í aðdraganda goss bentu til annars.

Hraunhermanir voru keyrðar með hraunhermunarlíkaninu MrLavaLoba (de' Michieli Vitturi & Tarquini, 2018). Hraunhermanir úr gosum á Heimaey voru einungis keyrðar frá gosopum á landi með þann tilgang að herma flæði hrauna og endanlega þykkt þeirra. Niðurstöður hraunhermana sýna að norðurhluti Heimaeyjar er mest útsettur fyrir hraunum úr miðlungs stórum hraungosum (Mynd 2). Ef miðlungs stórt hraungos á sér stað úr einhverju þeirra 2000 gervigosopa sem skilgreind voru á eyjunni eru 26-35% líkur á að hraun renni inn í miðbæ Vestmannaeyjabæjar.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023



Mynd 1: Líkleg gossvæði á vestanverðum Reykjanesskaga.



Mynd 2: (vinstri): Landfræðileg afmörkun gosopa (rauðar línu) sem mynda hraun sem geta haft áhrif á miðbæ Vestmannaeyjarbæjar (afmörkuð með bláum kassa). Ef hraungos hefst á gosopi sem staðsett er utan rauðra lína benda hraunhermanir til að hraun renni ekki inn á afmarkað svæði. (hægri): Kort sem sýnir líkandi á að svæði á Heimaey verði fyrir hrauni úr miðlungs stóru hraungosi með upptök á Heimaey.

Gögn sem gagnast

Ríkey Júlíusdóttir, Kristín S. Vogfjörð, Sara Barsotti & Bergrún A. Óladóttir

Veðurstofa Íslands, Bústaðavegur 7-9, 105 Reykjavík, Ísland.

Undirstaða allra rannsókna eru gögn, en öflun þeirra er oftar en ekki tímafrek, dýr og sérhæfð vinna. Opið aðgengi að gögnum verður sífellt háværari krafa, enda er þeirra oft aflað fyrir almennt fé svo sem í stórum innlendum og alþjóðlegum verkefnum sem styrkt eru af ýmsum samtökum og stofnunum. Nýjir möguleikar á samstarfsverkefnum opnast einnig með tilkomu opins aðgengis að þverfaglegum jarðvísindagögnum og geta slíkar gagnagáttir verið lykillinn að framþróun jarðvísinda, nýsköpun og hagnýtingu niðurstaðna í þágu samfélagsins.

Alþjóðleg samstarfsverkefni í jarðvísindum hafa þegar skapað mikilvægar afurðir sem gagnast breiðum hópi notenda, s.s. Íslensku eldfjallavefsjána (FUTUREVOLC 2012-2015), þá evrópsku, European Catalogue of volcanoes (EUROVOLC 2018-2022), sem og fjölbreyttar jarðvísindagagnaþjónustur sem byggðar hafa verið upp á seinasta áratug innan evrópusamstarfsverkefna tengdum EPOS, European Plate Observing System (<https://www.epos-eu.org/>), en yfirlýst markmið EPOS er uppbrygging rafrænna innviða sem stuðla að opnu aðgengi að gögnum. Íslenskar jarðvísindastofnanir undir forystu Veðurstofu Íslands hafa verið þátttakendur í EPOS frá upphafi og þegar hafa verið opnaðar þjónustur að íslenskum jarðvísindagögnum (eldfjallagögnum og -afurðum, GPS gögnum og jarðfræðikortum) frá þessum stofnunum á vef Veðurstofunnar. Á seinstu árum er þessi innviðauppbrygging íslensku stofnananna styrkt af Vegvísí Innviðasjóðs og undir því samstarfi (EPOS-Ísland; <https://epos-iceland.is/>) hafa bæst við fleiri stofnanir sem auk Veðurstofunnar eru Raunvísindastofnun Háskólans, Landmælingar Íslands, Náttúrufræðistofnun Íslands og ÍSOR-Íslenskar orkurannsóknir.



Mynd 3. Forsíða EPOS Data Portal (mars 2023).

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Nú í vor lítur dagsins ljós afrakstur áralangrar vinnu allra EPOS samstarfsaðila með tilkomu EPOS Data Portal, sem er opin gagnagátt með stöðluðum og gæðayfirförfnum gögnum og lýsigögnum frá fjölda Evrópskra jarðvísindastofnana, þ.m.t. íslenskra. Við formlega opnun EPOS Data Portal, sem fram fer í EGU í Víðarborg í apríl 2023, verður að finna hátt í 300 mismunandi jarðvísinda gagnaþjónustur af fjölbreyttum toga og mun úrvalið aukast ennfrekar með tímanum.

Kynntar verða ýmsar gagnvirkar EPOS þjónustur, bæði á EPOS Data Portal, sem og á þjónustusíðu íslensku þátttakendanna í EPOS, ásamt upplýsingamyndböndum um bæði íslensku og evrópsku vefsjárnar, sem framleidd voru undir Nordforsk verkefninu Nordic EPOS (2020-2022) ásamt margvíslegum fræðslumyndböndum um vöktun eldfjalla sem öll eru aðgengileg á YouTube streymisveitu, t.d. á EPOS-Ísland rásinni <https://www.youtube.com/@epos-iceland>.

Tsunami Waveform Stacking and Complex Tsunami Forcings from the Hunga-Tonga Eruption

Sean R. Santellanes¹, Angel Ruiz-Angulo² & Diego Melgar¹

¹ Department of Earth Sciences, University of Oregon, 100 Cascade Hall, Eugene, OR, USA.

² Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland.

On January 15, 2022 the Hunga Tonga Hunga Ha'apai volcano erupted violently, generating a significant tsunami that was observed around the world. This is the first volcanic tsunami that has been observed worldwide by the modern deep- and shallow-water hydrodynamic instrument network. Here we study deep water DART buoy and coastal tide gauges recordings using waveform stacking, amplitude analysis, and spectral analysis. We find that there are potentially as many as three distinct phases to the tsunami each corresponding to different generation mechanisms. Most sites observed an arrival with a propagation speed of $\sim 305\text{--}310 \text{ m/s}$ that we deduced is likely to be an atmospheric Lamb wave with a $\sim 40 \text{ min}$ period. We find that this feature has a weakly azimuthally-dependent radiation pattern. We also find secondary phases which range in propagation speed from ~ 150 to 205 ms^{-1} . Analysis of their amplitudes and variability in propagation speeds in the waveforms tracks, their decay, and their frequency domain behavior leads us to posit that they represent a complex amalgam of traditional tsunami and atmospheric effects such as internal gravity waves. Overall, from this analysis we find no evidence that processes at the volcanic edifice, such as caldera collapse, land sliding, or pyroclastic density currents, are the dominant tsunamigenic source in the far field. Finally, we also argue that amplification of tsunami wave heights around the coastal areas of the Pacific basin may be due to the combined effects of processes like those seen in meteotsunamis such as Proudman resonance induced by the Lamb wave front, with various coastal areas seeing also effects from Greenspan and shelf resonance. We show a comparison of the event to the last great basin tsunami the M9 Tohoku-oki earthquake, and discuss how, while the amplitudes of the Hunga Tonga tsunami are smaller than other basin-wide events, the worldwide nature, and atmospherically driven forcing of it pose unique challenges to hazards forecasts and warning.

Volcanic degassing during the recent Fagradalsfjall and Meradalir eruptions

Samuel Scott¹, Melissa Pfeffer², Clive Oppenheimer³, Ríkey Kjartansdóttir¹ & Andri Stefánsson¹

1 HÍ, 2 IMO, 3 Cambridge University

The recent eruptions of Fagradalsfjall and Meradalir marks the first eruptive episode on the Reykjanes Peninsula in nearly 800 years. Open-path Fourier Transform Infrared (OP-FTIR) measurements of major and minor gas molecular species (including H_2O , CO_2 , SO_2 , HCl , HF and CO) in the gas emissions have been performed on more than twenty occasions throughout the eruptions in 2021 and 2022. Generally, the gas emissions are water-rich (60–95 mol % H_2O) and show CO_2/SO_2 molar ratios of ~4, consistent with magma generation at >15 km depth. Comparison of measured gas emissions with geochemical models of degassing of the Fagradalsfjall basaltic melt suggest that fractional degassing is necessary to explain the high-water contents of the fountaining gas at Fagradalsfjall, implying that a significant fraction of the CO_2 that has exsolved from the magma is lost at depth prior to eruption. The measured vent gas emissions display enigmatic changes as a function of time, with lowest $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ and $\text{H}_2\text{O}/\text{SO}_2$ ratios measured early in the eruption at Fagradalsfjall in 2021 and higher ratios during later stages and during the Meradalir eruption in 2022. During the six-week period of periodic lava fountaining in 2021, exceptional conditions permitted close-range (~300 m), highly time-resolved (every ~2 s) spectroscopic measurement of emitted gases during 16 fountain-repose cycles. The observed proportions of major and minor gas molecular species reveal a stage of CO_2 loss in the upper crust during magma ascent, followed by further gas segregation at very shallow depths (~100 m). We use the measurements of gas chemistry to explain the pulsatory lava fountaining as the result of the cyclical decompression of a shallow magma-filled cavity. The chemistry of the gas emissions is significantly affected by the style of degassing, with gas emitted by surface lava flows characterized by higher $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ and $\text{H}_2\text{O}/\text{SO}_2$ and lower SO_2/HCl and SO_2/HF ratios compared to gas emitted at actively erupting vents. Moreover, the data record significant short-term temporal changes in chemistry on the timescales of minutes associated with cooling/solidification of lava flows. This study highlights the utility of OP-FTIR techniques for tracing basaltic magma degassing in space and time.

Solubility of geologically important minerals in hydrothermal fluids within the roots of volcanic geothermal systems

Sigríður María Aðalsteinsdóttir, Anna Bríet Bjarkadóttir, Guðmundur Sverrisson, Samuel Warren Scott & Andri Stefánsson

Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

Fluid-rock interaction and solubility of minerals at conditions occurring in the roots of volcanic geothermal systems are of fundamental importance controlling supercritical hydrothermal fluid ($>374^{\circ}\text{C}$) chemical composition. Previous deep drilling projects, i.e., IDDP-1 and IDDP-2, have encountered such supercritical fluids with temperatures of $\sim 440^{\circ}\text{C}$ and $\sim 500\text{-}600^{\circ}\text{C}$, respectively. However, modeling the chemical composition of such supercritical fluids at low pressures is difficult due to the lack of thermodynamic formulations, such knowledge being critical to understand their nature and utilization potentials.

Here we report experimental measurements on the solubility of geological and engineering relevant salts (Li, Na, K, Rb and Cs chlorides), sulfates (Na and K sulfates) and oxides (SiO_2) in supercritical water at temperatures of $400\text{-}600^{\circ}\text{C}$ and pressures of 50-300 bar. The experiments were conducted using a U-tube reactor system. The experimental results demonstrate that mineral solubilities increase with increasing pressure consistent with a thermodynamic model first proposed by Pitzer and Papalan (1986) assuming stepwise hydration (H_2O addition) of the neutral gas-like molecules to form molecular water clusters. The other systems of interest and geological relevance to be studied include carbonates and oxides as well as silicates and aluminum silicates.

This research serves great importance for deep drilling projects with the aim of exploiting high enthalpy and low-density field fluids for more economical utilization. Furthermore, this research gives opportunities to perform geochemical modeling of supercritical fluids and SiO_2 and carbonate scaling in boreholes. The experiments also reveal the transport and mobility of certain elements, e.g. valuable metals, in both hydrothermal and volcanic systems as the affinity for the liquid and gas phase may change passing the supercritical point for certain elements. The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 under Grant Agreement #818169 (GeoPro).

He-CO₂-N₂ isotope and relative abundance characterization of Ethiopian Rift geothermal fluids

Sæmundur A. Halldórsson¹, Paolo Scarsi², Tsegaye Abebe², Tyler Evans³, Justin T. Kulongoski^{3,4}, Paterno R. Castillo³, Peter H. Barry⁵ & David R. Hilton^{3†}

1 NordVulk, Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

2 Institute of Geosciences and Earth Resources, National Research Council of Italy, Pisa, Italy

3 Scripps Institution of Oceanography, UCSD, La Jolla, CA, USA

4 California Water Science Center, USGS, San Diego, CA, USA

5 Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, USA ([†]deceased)

The East Africa Rift System (EARS), a region in east Africa where the Nubian and Somalian plates are diverging, represents a region of considerable geological interest as it integrates a variety of mantle and crustal processes leading to the formation of a nascent ocean basin. In the northern part of the EARS, the rift extends from the Afar Depression in northern Ethiopia to the southern tip of the Ethiopian Rift. This region remains one of the more studied segments of the EARS but complete geochemical characterization of volatile elements is still incomplete, despite their potential utility in identifying mantle contributions to present-day volcanism, differentiating inputs from various mantle endmembers, and recording and quantifying the effects of additions of crustal volatiles. Although considerable work has been carried out to date on the He isotope systematics of the Ethiopian rift and Afar (see for example Marty et al. 1996; Scarsi and Craig, 1996, Rooney et al. 2012; Halldórsson et al., 2014) detailed studies of geothermal fluids from which other deeply-derived volatile elements can be extracted, are inadequate. Geothermal fluids are particularly important for establishing the spatial distribution of volatile characteristics in regions affected by upwelling plumes as mafic crystal-bearing lavas are often restricted to geographically small areas.

We report He-CO₂-N₂ isotopic and relative abundances in free gases and dissolved gas phase of geothermal fluids from Ethiopia. Fluid samples were collected from ~30 geothermal localities from three key regions throughout rifted and non-rifted areas of Ethiopia (see also Craig and Lupton, 1977). The majority of samples, including off-rift samples, indicate a strong contribution of mantle-derived volatiles to the fluid samples. Helium (³He/⁴He) and δ¹⁵N-(N₂) isotope anomalies are highest (> 15.9R_A and > +5.0‰, respectively) at a single locality in south Afar (Sodere), but the maximum δ¹³C-(CO₂) (-0.78‰) is found east of Lake Shalla in the Lake District of the Main Ethiopian Rift. High ³He/⁴He values, consistent with mantle plume contributions, are also evident in fluids from the Lake District, where fluids from the Lake Shalla site extend up to 15.5R_A. CO₂/³He values span over four orders of magnitude while δ¹³C-(CO₂) values cluster mostly between mantle-like values of -4 and -7‰; only samples east of Lake Shalla display more positive values.

Atmospheric-derived nitrogen has likely influenced a number of measured δ¹⁵N-(N₂) values but following a correction for atmospheric-contamination, the majority of samples reveal positive values (up to 6.5‰) which appear to be coupled to high ³He/⁴He values. In regions affected by upwelling mantle plumes, such high values have been interpreted to reflect deep mantle inputs of recycled nitrogen. This suggests that the part of the African Superplume which supplies the northern section of EARS volatile elements, has carbon isotope values identical to those characteristics for the depleted MORB mantle. In contrast, nitrogen isotope values are largely more positive than the upper mantle, suggesting large-scale delivery of recycled

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

nitrogen via the African Superplume (see also Halldórsson, et al., 2022). To what degree this applies to other sections of the EARS remains to be tested.

References

- Craig H. and J.E. Lupton. Isotope geochemistry and hydrology of geothermal waters in the Ethiopian Rift Valley. *Scripps Inst. Oceanography Technical Rpt.* **77-14**, (1977) p140.
- Halldórsson, S.A., D.R. Hilton, P. Scarsi, T. Abebe and J. Hopp. A common mantle plume source beneath the entire East African Rift System revealed by coupled helium-neon isotope systematics. *Geophysical Research Letters.* **47**, (2014), doi.org/10.1002/2014GL059424.
- Halldórsson, S.A., D.R. Hilton, E. Marshall, E. Ranta, A. Ingvasson, S. Chakraborty, J. Gunnarsson-Robin, M.B. Rasmussen, S. Gibson, S. Ono, P. Scarsi, T. Abebe, J. Hopp, P.H. Barry and P.R. Castillo. Evidence from gas-rich ultramafic xenoliths for Superplume-derived recycled volatiles in the East African sub-continental mantle. *Chemical Geology*, **589**, (2022) 120682.
- Marty B., R. Pilk, and Y. Gezahegn. Helium isotopic variations in Ethiopian plume lavas - nature of magmatic sources and limit on lower mantle contribution. *Earth Planet. Sci. Lett.* **144**, (1996) 223-237.
- Rooney, T. O., B. B. Hanan, D. W. Graham, T. Furman, J. Blichert-Toft, and J.-G. Schilling. Upper mantle pollution during Afar plume–continental rift interaction, *J. Petrol.*, **53**, (2012), 365–389.
- Scarsi P. and H. Craig. Helium isotope ratios in Ethiopian Rift basalts. *Earth Planet Sci. Lett.* **144**, (1996) 505-516.

Plastic pollution and beach wrack on a coast in Snæfellsnes

Throstur Thorsteinsson & Laureen Burlat

Institute of Earth Sciences & Environment and Natural Resources, University of Iceland
(thorstur@hi.is)

Marine litter, including plastic, is a global problem and pervasive even at high latitudes (Strand et al., 2015; Bråte et al., 2017). Very little is known about the spatial and temporal amount of marine litter entering coastal systems. Beach wracks, which are the deposition of naturally discarded seaweeds and other organic matter on beaches, are a key element for coastal ecosystems (Boris et al., 2016; Rodil et al., 2019). By entrapping plastic debris, beach wrack is facilitating their transport, and presence, in coastal environments (Battisti et al., 2020).

In this study, a seasonal accumulation survey of anthropogenic debris and beach wrack was conducted for the first time in Iceland. This means that in each season the same 1000 m^2 area was monitored daily for 20 days in a row. One hundred data collections were performed, 40 days in autumn to optimize sampling and processing methods, on a coast in the Snæfellsnes peninsula throughout one year.

Of all the debris retrieved, over 9000 items (0.2 to 50 cm), 78.5 % were plastics. There was a clear correlation between beach wrack and the quantities of plastic debris entering the coastal environment (Figure 1). There was a (statistically) strong seasonal variation, with a different slope for each season; where for all seasons $R^2 > 0.9$; $p < 10^{-11}$ (Figure 2).

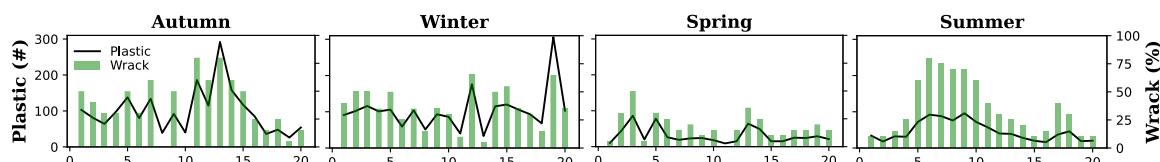


Figure 1. Number of plastic items (black line) and wrack cover (green bars) for the 1000 m^2 area on the coast in each season.

The presence of beach wrack informed large daily and spatial fluctuations in the amount of plastic debris, while seasonal fluctuations demonstrated higher arrival rate of plastic in autumn and winter. For every 10% in wrack cover in the 1000 m^2 coastal area about 25 – 28 plastic items would enter the beach in autumn and winter, while in summer only 12 items would enter.

The correlation between beach wrack and plastics suggests further environmental risks due to the potential for wracks to accelerate plastic fragmentation into micro-plastics, facilitate plastics entering coastal soil, affect microbial communities and enter the food chain from marine biota.

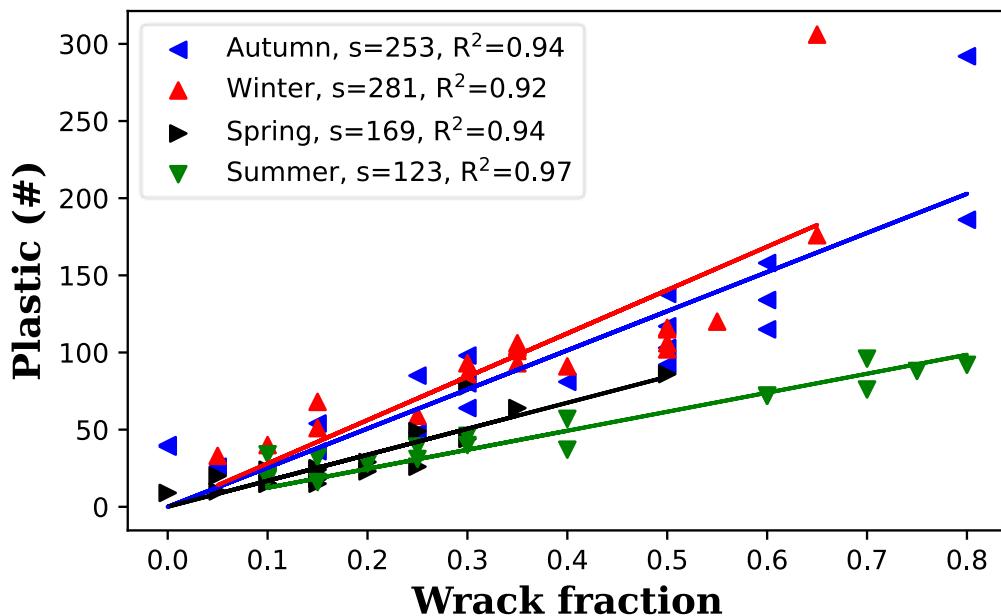


Figure 2. Relationship between plastic debris (count) and wrack cover (%) in the 1000 m² research area for each season. All p-values are smaller than 10⁻¹¹.

References

- Battisti, C., Fanelli, G., Filpa, A., Cerfolli, F., 2020. Giant reed (*Arundo donax*) wrack as sink for plastic beach litter: first evidence and implication. Mar. Pollut. Bull. 155, 111179. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111179>.
- Boris, A., Vasiliy, D., Olga, G., Galyna, I., Nadezhda, K., Alexander, K., Lydia, N., Svetlana, N., Anna, T., Iryna, S., 2016. Decomposition dynamics of the wrack of different origin in the Black Sea sandy littoral. ScienceRise: Biological Science 1, 8–20. <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2016.72901>.
- Bråte, I.L.N., Huwer, B., Thomas, K.V., Eidsvoll, D.P., Halsband, C., Almroth, B.C., Lusher, A., 2017. Micro- and macro-plastics in marine species from Nordic waters. Nordisk Ministerråd. <https://doi.org/10.6027/TN2017-549>.
- Burlat, L., Thorsteinsson, Th., 2022. Seasonal variation in the correlation between beach wrack and marine litter on a sandy beach in West Iceland. Marine Pollution Bulletin, 183, 114072, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114072>.
- Rodil, I., Lastra, M., L'opez, J., Mucha, A., Fernandes, J., Fernandes, S., Olabarria, C., 2019. Sandy beaches as biogeochemical hotspots: the metabolic role of macroalgal wrack on low-productive shores. Ecosystems 22. <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0253-1>.
- Strand, J., Tairova, Z., Danielsen, J., Hansen, J., Magnusson, K., Naustvoll, L., Sørensen, T., 2015. In: Marine Litter in Nordic Waters. TemaNord No. 2015. Nordic Council of Ministers, p. 521. <https://doi.org/10.6027/TN2015-521>.

Electrical Resistivity Tomography and Ground-Penetrating Radar Measurements for Permafrost Detection on Strandartindur, Seyðisfjörður - East Iceland

Alexandra von der Esch¹, Elisa Johanna Piispa¹ & Þorsteinn Sæmundsson^{1,2}

¹ Institute of Earth Sciences, University of Iceland

² Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Iceland

Electrical resistivity tomography (ERT) and ground penetrating radar (GPR) measurements were performed to investigate the potential presence and distribution of permafrost on the slopes of Strandartindur, a mountain above Seyðisfjörður in East Iceland. This is important as permafrost is retreating in many regions of the Northern Hemisphere due to climate change, causing steep slopes to become more unstable. In Seyðisfjörður, nine major landslide cycles have occurred in the last century, originating from the lower parts (< 500 m a.s.l.) of Strandartindur. Their triggering mechanism is being intensively studied and the current evolution of the slope monitored. In addition to these landslides, slow movements are also observed in the upper part (> 500 - 1010 m a.s.l.) of these slopes. In these upper areas, it is not known if permafrost is present or what causes it to creep downward. To further investigate the cause of this behavior, it is important to know and map the distribution and condition of possible permafrost layers. Therefore, ERT and GPR measurements were conducted at four sites on the slopes of Strandartindur. The combination of the two methods allows us to get a clearer picture of the subsurface and to understand it better, since ERT primarily addresses the electrical resistivity of the subsurface, which is strongly dependent on other factors such as porosity, water content, and temperature, and GPR can help map the presence of different interfaces below surface, determined by their different electrical properties such as relative electrical permittivity and conductivity. With these measurements, we aim to answer the questions of whether permafrost is present in the selected area, what the distribution of permafrost is, and whether these methods are appropriate for this area. Preliminary results indicate that a permafrost pocket may be present at Site 1, where the ERT and GPR profiles match well and show high resistivities and a change in reflection in the radargram. Comparing the distribution of resistivity values between the August and September measurements, a trend into less distributed and more concentrated higher resistivity values is observed, which could either be related to a shift from unfrozen to frozen between the months or to the setup of the measurement profile. In general, the data collected, especially the GPR data, are quite noisy and provide rather inconclusive results.

Fractures and holocene eruption vents in the tuya Fagradalsfjall, Reykjanes Peninsula

Vigfús Eyjólfsson

Selfoss

This lecture is based mostly on the content of an old B. Sc.- thesis in geology since 1998 (Eyjólfsson, 1998). Supervisor was Páll Einarsson. Fractures, push-ups, and Holocene eruption sites in Fagradalsfjall were mapped 1996-1998 using GPS technology. Fracture arrays and push-ups are surface features of underlying strike-slip faults with a N-S direction. The results showed a connection between the N-S fracture arrays and location of the Holocene volcanic vents. Most of the eruptions sites are located at the fracture arrays, at their ends or close to them. The strike-slip faults are the way for the magma to the surface or the path of least obstruction for the magma to the surface. The connection between the volcanic vents' distribution and the strike-slip fault became even clearer in the volcanic eruption in Fagradalsfjall 2021, both by mapping of existing faults and new eruption sites (Einarson et al., 2023) and in a high resolution ICEYE interferograms (Hjartardóttir et al., 2022). Measurements of magnetization have been used to identify and separate formations in Fagradalsfjall (Kristjánsson, 2003) and could be used to analyse the formation of Fagradalsfjall in more detail.

North-South tuyas

The structure of the tuya Fagradalsfjall is characterized by N-S lineaments. More tuyas and other hyaloclastite formations also have a N-S structure, both in the Reykjanes Peninsula and in the west part of the South Iceland lowland, e.g., Þórðarfell, Svartsengisfell (Sýlingafell), Hraunsels-Vatnsfell, Stóri Meitill, Ingólfssfjall, Hestfjall, and Búrfell in Grímsnes. Guðmundur Kjartansson justified his tuya theory, among other things, by observing that most of the tuyas are elongated from north to south and do not follow the general NE-SW grain of the landscape (Kjartansson, 1943). The youngest tuff ridges in the Hveragerði volcano are believed to have formed on ANA-VSW and NNA-SSW trending volcanic fissures in a changed stress field when the Southern Iceland Seismic Zone shifted (Sæmundsson and Friðleifsson, 1992). The reason for the N-S formation of Fagradalsfjall is most likely the connection between volcanic vents on or near the N-S fractures arrays or strike-slip faults where the strike-slip faults cut NA-SW dikes. It is likely it also applies to other tuyas, and tuff formations with N-S structure erupting under similar geological conditions. The tuyas may have formed in several volcanic eruptions over an extended period, e.g., such as the 2021 and 2022 eruptions in Fagradalsfjall when new craters opened in new places on N-S strike slip faults. Svartsengisfell and Stóri Meitill may be used as examples of how Fagrdalsfjall could have looked if made in more than one eruption with significant time intervals between them.

REFERENCES

- Einarsson, P., Eyjólfsson, V. & Hjartardóttir, Á.R. 2023. Tectonic framework and fault structures in the Fagradalsfjall segment of the Reykjanes Peninsula Oblique Rift, Iceland. Bull Volcanol 85, 9. <https://doi.org/10.1007/s00445-022-01624-x>
- Eyjólfsson, V. 1998. Kortlagning sprungna og nútíma eldvarpa í Fagradalsfjalli á vestanverðum Reykjanesskaga (Mapping of fractures and Holocene eruption sites on Fagradalsfjall, Western Reykjanes Peninsula, in Icelandic). University of Iceland, Faculty of Geology, BS-Thesis, 70 pp.
- Guðmundur Kjartansson 1943. Yfirlit og jarðsaga. Árnesingasaga. Reykjavík, p. 1-249.
- Kristjánsson, L. 2003. Paleomagnetic observations on Late Quaternary basalts around Reykjavík and on the Reykjanes peninsula, SW-Iceland, Jökull 52, 21-32.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023

Hjartardóttir, Á. R., Dürig, T., Parks, M., Drouin, V., Eyjólfsson, V., Reynolds, H., Jensen, E. H., Óskarsson, B. V., Belart, J. M. C., Ruch, J., Gies, N., Pedersen, G. B. M., and Einarsson, P. 2022. Eruptive vent openings during the 2021 Fagradalsfjall eruption, Iceland, and their relationship with pre-existing fractures, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-10330, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-10330>, 2022.

Kristján Sæmundsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson 1992. Hveragerðiseldstöð. Samvinnuverkefni Hitaveitu Reykjavíkur og Orkustofnunar. OS-92063/JHD-35 B.

Origin of gabbro and anorthosite mineral clusters in Fagradalsfjall lavas

William Charles Wenrich, Enikő Bali & Edward W. Marshall IV

University of Iceland, Faculty of Earth Sciences

The 2021 eruption of Fagradalsfjall was the first eruption on the Reykjanes Peninsula in nearly 1000 years. Hosted in the lavas were gabbro and anorthosite xenoliths that were dominantly composed of plagioclase, small percentages of clinopyroxene, and trace amounts of olivine. All but one xenolith are primitive in composition and typically follow trends seen in individual macrocrysts from the same lavas. Trace elements from calculated parental melt and minor elements from melt inclusions suggest that melts derived from various mantle sources were present during crystallization. Three out of four xenolith parental melt compositions follow the trend of the historical Reykjanes Peninsula melt compositions with compositional similarities to the depleted Háleyjabunga and enriched Stólfell lavas. The fourth xenolith melt composition is off trend, suggesting the interaction of melts from various sources (Figure 4).

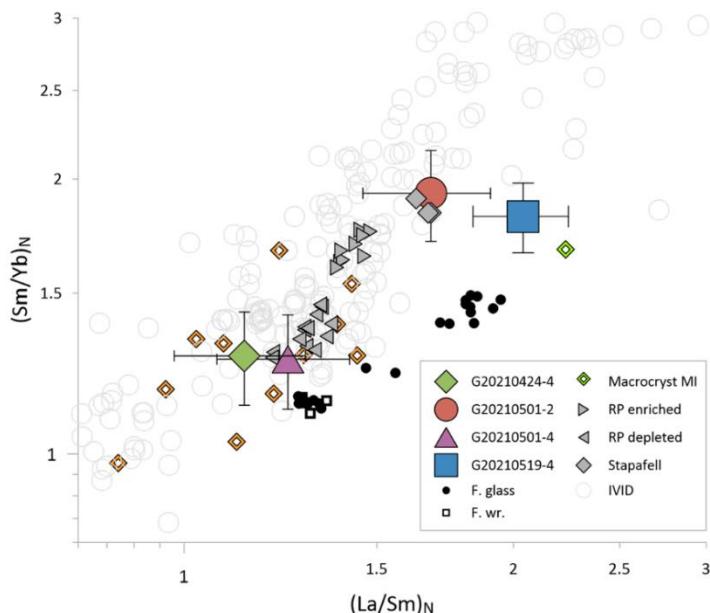


Figure 4: REE ratios La/Sm versus Sm/Yb of calculated melt from xenolith clinopyroxene normalized to primitive mantle (McDonough & Sun, 1995), Fagradalsfjall groundmass glass, whole rock, macrocryst MI (Halldórsson et al., 2022), Stólfell and historical lavas from Reykjanes Peninsula volcanic systems (Peate et al., 2009) and basalts from the Icelandic Volcanic rocks Isotopic Database (IVID) (Harðardóttir et al., 2022). Xenolith error bars are propagated error using secondary standards and partition coefficients. IVID and macrocryst MI are not depicted in their entirety.

Pressures derived from clinopyroxene-melt barometry show crystallization occurred within the lower crust and variation in plagioclase textures suggests the xenoliths were sampled from either different magma reservoirs or different parts of the same reservoir (Figure 5). Dissolution textures along the xenolith boundaries imply that they were out of equilibrium with their carrier melt. Macrocrysts in the host lava share the same geochemistry as the xenoliths and could be the result of disaggregation of the xenoliths during ascent. The xenoliths can be interpreted as pockets of slowly cooling magmas at the base of the crust that became mobile through corrosive magma recharge, allowing crystals from multiple magma chambers to interact, culminating in their remobilization and eruption in the Fagradalsfjall lava.

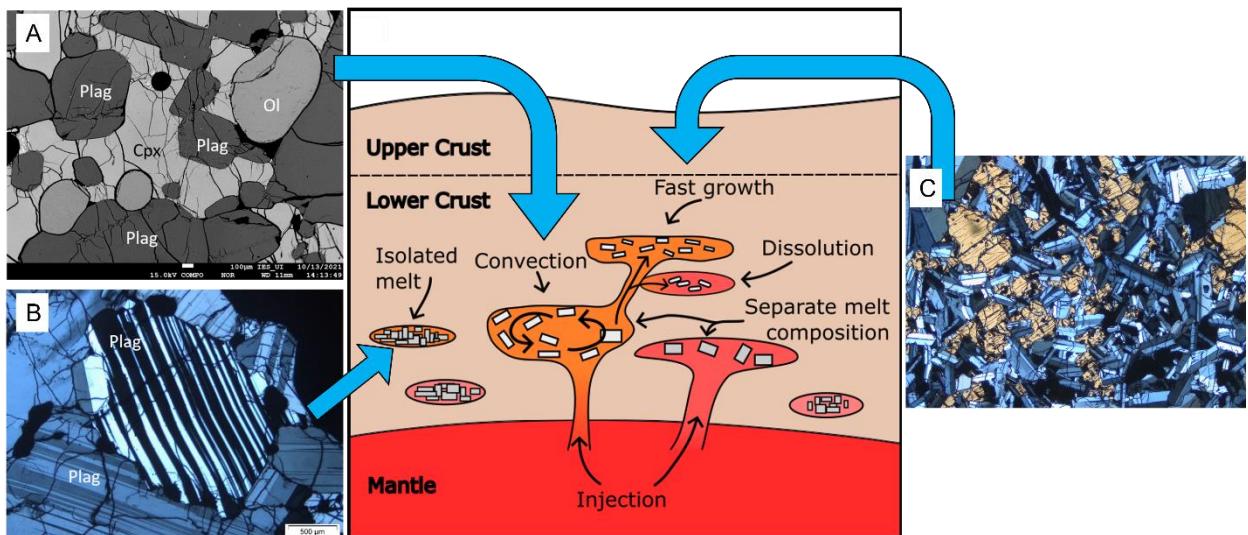


Figure 5: Model of magma system depicting interactions between magma reservoirs with A) interstitial clinopyroxene in convection melt pockets, B) slow growth and deformation in isolated pockets, and C) ophitic lath plagioclase indicative of fast growth.

References

- Halldórsson, S. A., Marshall, E. W., Caracciolo, A., Matthews, S., Bali, E., Rasmussen, M. B., Ranta, E., Robin, J. G., Guðfinnsson, G. H., Sigmarsdóttir, O., MacLennan, J., Jackson, M. G., Whitehouse, M. J., Jeon, H., van der Meer, Q. H. A., Mibe, G. K., Kalliokoski, M. H., Repczynska, M. M., Rúnarsdóttir, R. H., ... Stefánsson, A. (2022). Rapid shifting of a deep magmatic source at Fagradalsfjall volcano, Iceland. *Nature*, 609(7927), 529-534. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04981-x>
- Harðardóttir, S., Matthews, S., Halldórsson, S. A., & Jackson, M. G. (2022). Spatial distribution and geochemical characterization of Icelandic mantle end-members: Implications for plume geometry and melting processes. *Chemical Geology*, 604, 120930. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2022.120930>
- McDonough, W. F., & Sun, S. S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120(3), 223-253. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4)
- Peate, D., Baker, J., Jakobsson, S., Waught, T., Kent, A., Grassineau, N., & Skovgaard, A. (2009). Historic magmatism on the Reykjanes Peninsula, Iceland: A snap-shot of melt generation at a ridge segment. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 157, 359-382. <https://doi.org/10.1007/s00410-008-0339-4>

Neðansjávarsíður

Ögmundur Erlendsson¹, Árni Hjartarson¹, Anett Blischke¹ & Guðmundur B. Agnarsson²

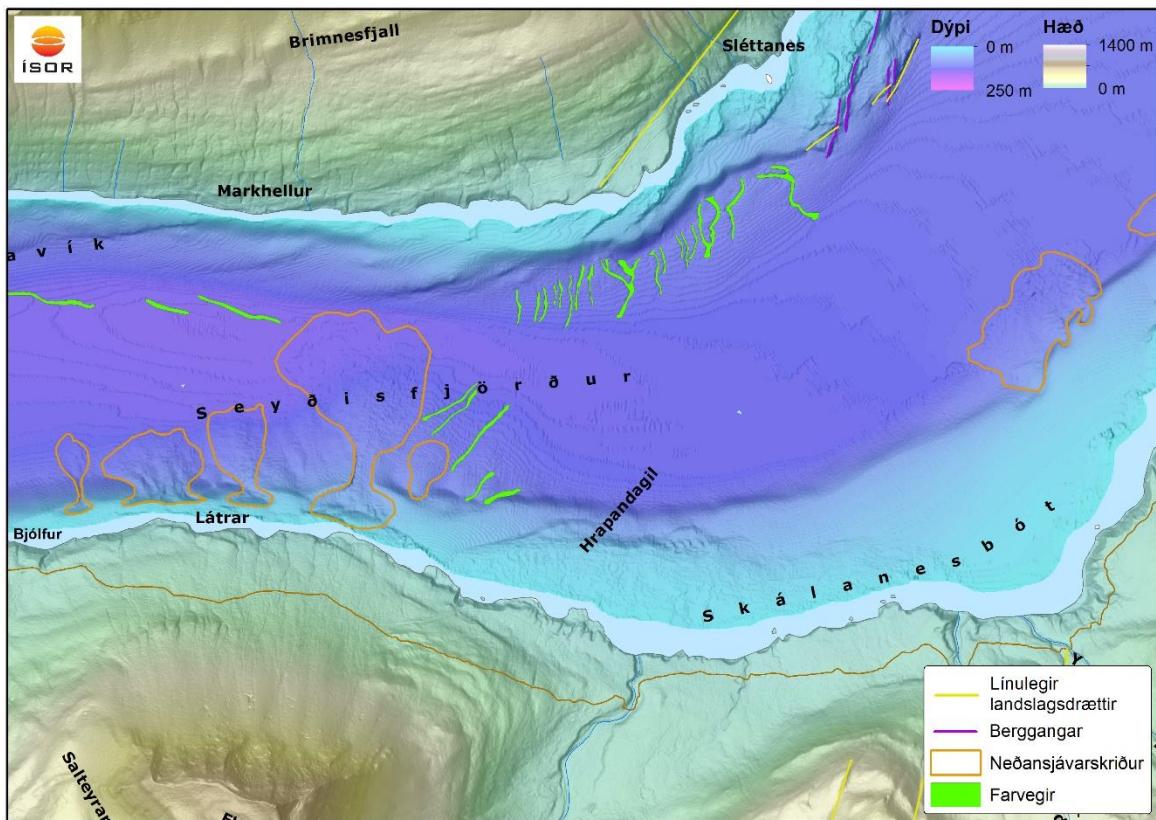
¹ Íslenskar Orkumannsóknir, ÍSOR, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík
² Landhelgisgæsla Íslands, Skógarhlíð 14, 105 Reykjavík

Í hafsbotsnsgagnagrunni ÍSOR eru upplýsingar um neðansjávarsíður eða framnhlaup við Ísland, bæði við ströndina, í landgrunnshlíðunum og á Íslands-Færeyjahrygg. Umtalsverðar síður eru ekki þekktar úti á landgrunninu sjálfu. Stærstu þekktu síðurnar eru í landgrunnshlíðunum þar sem stórar fyllur hafa farið úr landgrunnsbrúninni og skriðið niður brattar hlíðarnar og breiðst út yfir djúphafsbottinum neðan við. Stærsta síðan sem hefur verið kortlögð hingað til er út af Langanesi þar sem 25 km langt brot er í landgrunnsbrúninni og skriðuefninum teygir sig 15 km út á djúphafsbottinum. Hluti síðurnar er illa greinanlegur á myndum en flatarmálið virðist nálægt 275 km². Þetta eru margfalt stærri síður en þekkjast á landi. Óvist er hvort síðan hefur myndast í einum atburði eða í skriðuhrinu en ekki er unnt að sjá aldursmun á einstökum hlutum hennar. Fjölmargar smærri síður hafa verið kortlagðar í fjörðum kring um allt land. Hér verður athyglinni einkum beint að Seyðisfirði og Norðfirði. Þar eru ummerki um slíkar síður nokkuð algeng. Sumar síðurnar eiga upptök sín á landi og teygjast út í sjó en aðrar eiga upptök sín neðansjávar, í sethjöllum sem myndast hafa fyrir tilstilli ölduhreyfinga og strauma. Úthafsaldan er ráðandi afl í umhverfinu meðfram ströndum. Sums staðar brýtur hún niður landið sem hún skellur á og skolar niðurbrotsefninu undan straumi og vindu meðfram ströndinni og hleður því upp á nýjum stað.

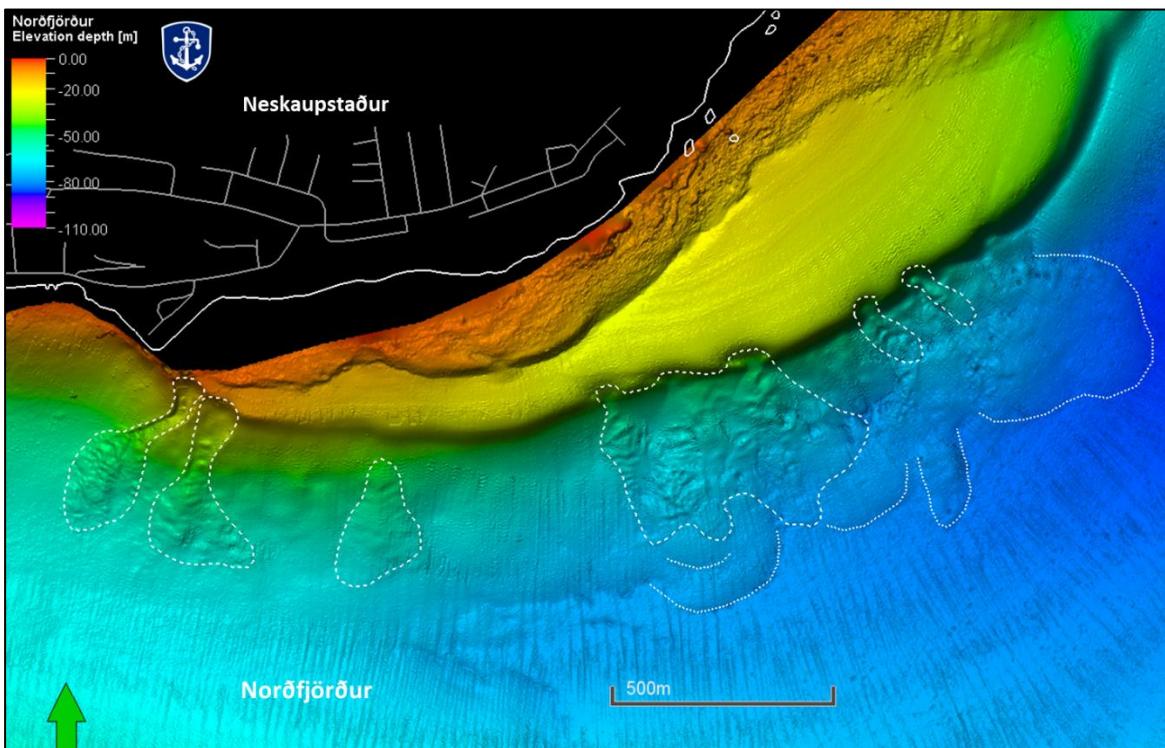
Í Seyðisfirði hefur samfeldur sethjalli myndast í meðfram suðurströnd fjarðarins frá fjarðarmynni og langt inn eftir. Þar má sjá greinileg ummerki um síður sem hafa fallið úr óstöðugum jöðrum sethjallans (Mynd 1). Norðan megin í firðinum út undan Brimnesi má einnig sjá ummerki um sethjalla sem virðast vera að rofna og brotna niður að einhverju leyti. Í Norðfirði hefur einnig hlaðist upp mikill sethjalli utarlega í firðinum sem teygist allt að Neseyri við Neskaupsstað þar sem fjöldi skriða hefur fallið úr jaðri hans (Mynd 2). Alls hafa 33 síður verið kortlagðir, 26 í Seyðisfirði og 7 í Norðfirði. Mikil óvissa er um aldur þeirra og hvort flóðbylgjur hafi fylgt þeim, sem þó telst líklegt í mörgum tilfellum. Heimildir eru þó ekki fyrir hendi um að slíkir atburðir hafi orðið á sögulegum tíma. Vel þekkt er erlendis frá að síður sem þessar geta komið af stað flóðbylgjum (tsunami) sem farið geta langar vegalengdir, valdið miklu tjóni og hættu fyrir sjófarendur, nærliggjandi sveitarfélög, mannvirki og samgöngukerfi. Ómögulegt er að spá fyrir um neðansjávarsíður en þar sem þær hafa fallið í fjörðum eru ákveðnar vísbendingar um óstöðugar hlíðar og því er hugsanlegt að slíkir atburðir geti endurtekið sig, með mögulegri hættu á flóðbylgju.

Mikilvægt er að auka skilning á umhverfi og jarðfræði fjarðanna og þeim hættum sem þar kunna leynast. Frekari rannsóknir með jarðlagamæli til að kortleggja uppbryggingu og þykkt síðanna ásamt botnkjörnum til að meta aldur og efnisgerð eru mikilvægar upplýsingar til að meta síðuhættuna og hvort slíkar síður hafi orsakað flóðbylgjur í fjörðunum. Skriðuhættan er viðvarandi og okkar hlutverk er að benda á hvar hættur geta leynst og hvaða afleiðingar hún getur haft. Með þeim hætti byggjum við upp vísindalega þekkingu sem getur orðið undirstaða aðgerða stjórnvalda, sveitarstjórna eða annarra aðila í náttúrvár- og loftslagsmálum.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023



Mynd 1. Kort af neðansjávarskriðum í Seyðisfirði



Mynd 2. Fjölgeislamynd af neðansjávarskriðum út af Neskaupstað

Hafsbotsnsjarðfræði á landgrunni Íslands

Ögmundur Erlendsson¹, Árni Hjartarson¹, Anett Blischke¹, Steinunn Hauksdóttir¹, Davíð Þór Óðinsson² & Árni Vésteinsson³

¹ ÍSOR, Urðarhvarfi 8, 203 Kópavogi

² Hafrannsóknastofnun, Fornubúðum 5, 220 Hafnarfjörður

³ Landhelgisgæsla Íslands, Skógarhlíð 14, 105 Reykjavík

ÍSOR hefur unnið að rannsóknum og kortlagningu á landgrunni Íslands í áraraðir í samstarfi við Hafrannsóknarstofnun og Landhelgisgæslu Íslands. Á þeim tíma hafa stofnanirnar aflað sér viðamikilla upplýsinga um lögum og gerð hafsbotsnsins og byggt upp gagnagrunn um hafsbotsrannsóknir sem inniheldur m.a. niðurstöður dýptarmælinga, segulmælinga, jarðlagamælinga, auk gagna úr borholum, kjörnum og botngerðarsýnum. Auk þess hefur verið unnið að víðtæku yfirliti um rannsóknarleiðangra og skráningu upplýsinga um fjölda erlendra rannsóknarskipa sem heimsótt hafa efnahagslögsöguna á síðustu áratugum.

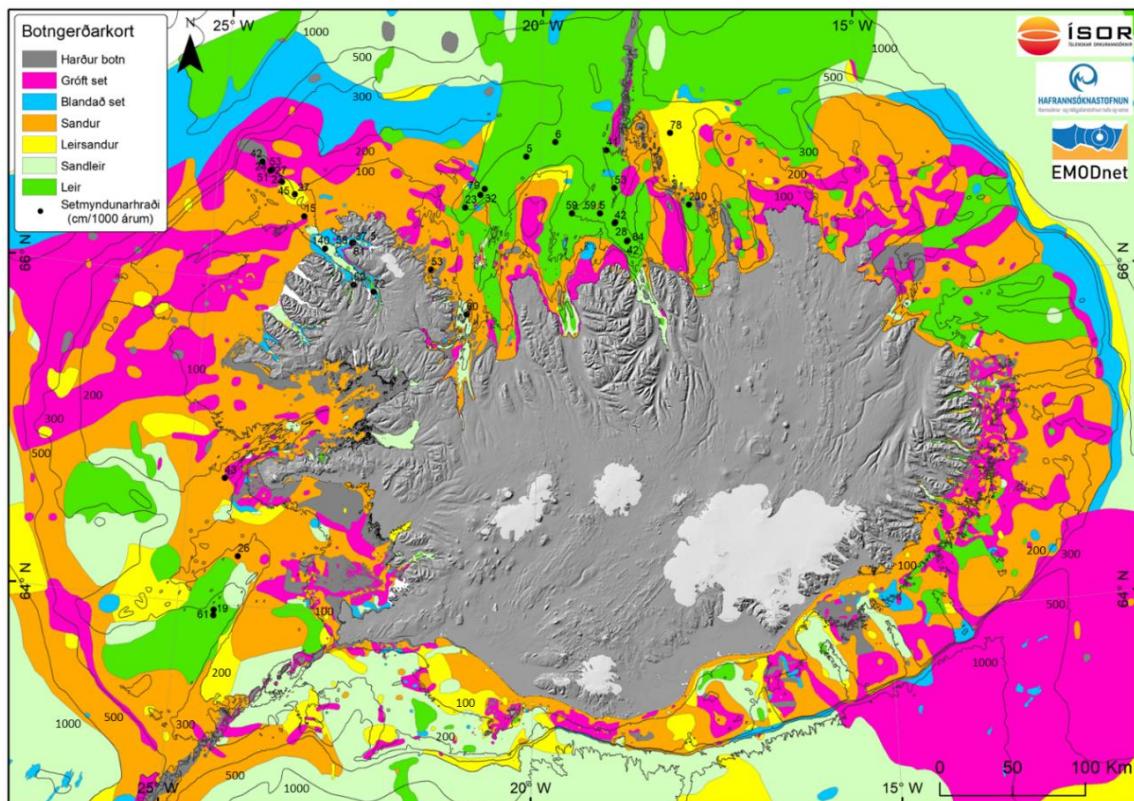
EMODnet verkefnið (European Marine Observation Data Network) er eitt þeirra verkefna sem lagt hefur grunninn að úrvinnslu og túlkun allra þessara rannsóknargagna síðustu árin og stöðugt er unnið að því að uppfæra kortin eftir því sem ný rannsóknargögn verða aðgengileg. Verkefnið er samvinnuverkefni fjölmargra stofnana í löndum Evrópu sem starfa að hafrannsóknum og er fjármagnað af Evrópusambandinu. Helsti tilgangur þess er að draga saman og samræma rannsóknargögnum og útbúa ýmis jarðvísindaleg kort. Í framhaldinu eru upplýsingar um gögnin og kortin gerð aðgengileg á vefsjá verkefnisins og einnig á hafsbotsnvefsjá ÍSOR (<https://arcgisserver.isor.is/ocean>). Dæmi um kort sem ÍSOR hefur unnið og fjallað er um á veggspjaldinu eru: botngerðarkort með upplýsingum um setmyndunarhraða, landmótunarkort, jarðvárkort og auðlindakort sem sýnir ýmsar auðlindir á hafsbotni (s.s jarðhita og laus jarðefni).

Umhverfis landið er landgrunn sem er vel afmarkað af landgrunnsbrún á 300-500 m dýpi þar sem brattar landgrunnshlíðarnar taka við og dýpið vex hratt niður að hlíðarfæti og úthafsbotni. Landgrunnið þekur um 189.000 km² svæði og er víðast hvar þakið setlögum. Efnisgerðin þar er grófari en á úthafsbotninum og eru stór svæði þakin möl og sandi. Þetta sést vel á botngerðarkortinu, sem sýnir efnisgerð hafsbotsnsins og kornastærð setsins í sjó botngerðarflokkum. Miðað er við efstu 30 sm setsins. Auk þess eru upplýsingar úr borkjörnum um setmyndunarhraða merktar á kortið (Mynd 1). Fjölmörg landmótunarform hafa verið kortlögd á landgrunnu þar á meðal jökulsorfin djúp sem liggja víðast í beinu framhaldi af fjörðum og flóum þar sem sjá má ummerki um straumlínur og jökulgarða sem ísaldarjökulinn hefur mótað. Eldstöðvarkerfin og virki Mið-Atlantshafshryggurinn ásamt sigdal Eyjafjarðaráls eru merkt á kortið. Í bröttum landgrunnshlíðunum er víða að finna ummerki um neðansjávarsíður og virka gruggstrauma sem myndað hafa farvegi sem teygja sig langt út á úthafsbotninn (Mynd 2).

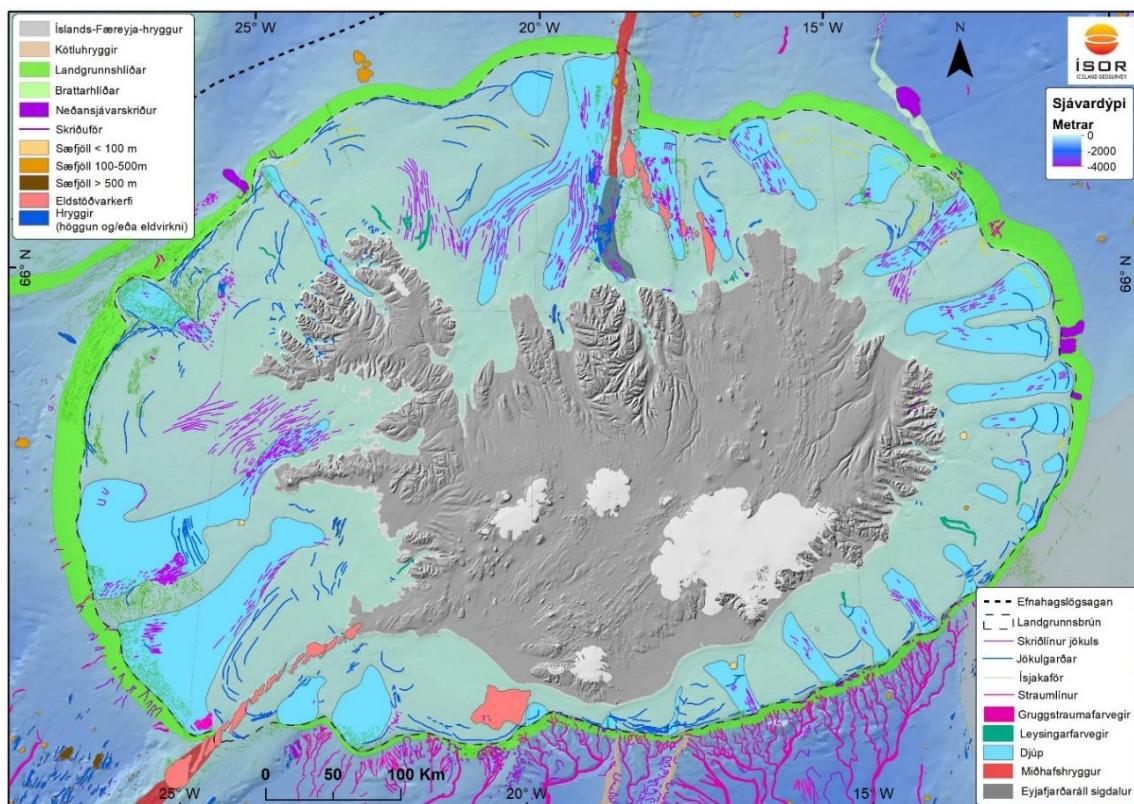
Jarðvárkortið sýnir kortlagningu á eldstöðvarkerfum, gos-sprungum, gosgígum, höggun, hraunjöðrum í sjó og neðansjávarsíðum á landgrunnu. Hraunjaðrar í sjó eru tvennskonar bæði hraun sem hafa runnið af landi í sjó fram og svo hraunjaðrar sem myndast hafa við neðansjávareldgos þegar bólstrabreiður hafa skriðið út frá eldstöðvunum á hafsbotni.

Auðlindakortið sýnir helstu þekktu auðlindir á hafsbotni. Þar eru merktir inn jarðhitastaðir á strand- og hafsvæðum og þar á meðal eru jarðhitastrýturnar í Eyjafirði og svo háhitastaðirnir við Kolbeinsey, Grímsey, Eldey og Steinahól. Í tengslum við efnistöku á hafsbotni eru merktar inn virkar malar- og sandnámur og þau svæði sem hafa verið skoðuð með tilliti til efnistöku á kalkþörungaseti.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
10. mars 2023



Mynd 1. Botnagerðarkort af landgrunni Íslands



Mynd 2. Landmótunarkort af landgrunni Íslands