

Hugleiðingar um jarðhræringarnar við Grindavík í ársbyrjun 2020

Jarðhræringarnar nærri Grindavík sem við erum nú vitni að eru afar athyglisverðar frá vísindalegu sjónarmiði, bæði hvað varðar nýja þekkingu á jarðfræði landsins og tengslum þeirra við jarðhitakerfi og nýtingu þeirra.

Við höfum aldrei áður getað með nútímamælitækni fylgst með hliðstæðum jarðhræringum á Reykjanesskaga. Vissulega höfum við séð svipaða atburði í Kröflu og Bárðarbungu en í báðum tilvikum var þar um kvikusöfnun að ræða í kvikuhólfi megineldstöðvar sem leiddi af sér lárétt kvikuinnskot út úr kvikuhólfinu sem enduðu með sprungugosum. Eldgosin í Heklu og Grímsvötnum voru einnig í eldstöðvum með þekktum kvikuþróum.

Jarðfræði Reykjanesskagans er allt önnur.¹ Þar eru engar hefðbundnar megineldstöðvar heldur liggur brotabelti eftir skaganum endilöngum með mikilli skjálftavirkni sem markar skil milli jarðskorpuflekanna og kenndir eru við Ameríku og Evrópu. Sú skjálftavirkni kemur í hrinum með nokkurra áratuga millibili en sumstaðar, eins og nærri Krýsuvík og á Reykjanesi, er jarðskjálftavirknin nánast viðvarandi. Skáhalt á jarðskjálftabeltið liggja síðan sprungukerfi með miklum misgengjum og löngum gossprungum. Eldgos frá ísaldarlokum hafa nær eingöngu verið sprungugos með talsverðu hraunflæði en lítilli öskumyndun nema kannski rétt í byrjun. Ekki eru dæmi um sprengigöng nema í Krýsuvík. Jarðskorpan er um 15–17 km þykk á skaganum, þynnri en víðast hvar annars staðar í landinu². Hvergi er vitað um vísbendingar um kvikuhólf eins og finnst í flestum megineldstöðvum landsins, hvorki miðað við almennar jarðfræðilegar forsendur né niðurstöður MT-viðnámsmælinga á skaganum.

Þótt jarðskjálftavirknin sé mikil á Reykjanesskaga eru eldgos fátíð á tímakvarða mannsævinnar. Rannsóknir benda til þess að á síðustu árbúsundum hafi skipst á eldgosaskeið sem standa með hléum í fáeinar aldir en síðan komi um 700–800 ára hlé¹. Síðustu eldgosin á Reykjanesskaga urðu á Reykjanesi og nærri Svartsengi fyrir um 800 árum. Vísbendingar eru um að eldgosaskeiðin hefjist austarlega á skaganum og færast síðar til vesturs og miðað við gossöguna síðustu árbúsundin mætti því álykta að líkur færu vaxandi á upphafi nýs eldgosaskeiðs á næstu áratugum eða öld. Slíkar ályktanir byggjast ekki á langri reynslu og er varhugavert að taka of mikið mark á þeim þótt þær veiti vísbendingar.

Á Reykjanesskaga eru nokkur háhitasvæði og eru tvö þeirra nýtt til orkuframleiðslu. Svartsengisvirkjun framleiðir allt heitt vatn sem notað er á Suðurnesjum og rafmagn að auki. Hún hefur verið starfrækt í rúm 40 ár og Reykjanesvirkjun hefur framleitt rafmagn frá árinu 2006. Þá er Bláa Lónið við Svartsengisvirkjun. Báðar þessar virkjanir eru á eða rétt við yngstu hraunin og þannig staðsettar að mikil hætta er á tjóni af eldgosum á næsta eldgosaskeiði.

Háhitasvæðin eru staðsett í miðju skjálftabeltinu þar sem það sker gossprungur með NA-læga stefnu og skjálftasprungur með N-S stefnu frá ýmsum aldurs skeiðum. Almenn er talið að varmagjafi þeirra séu kólnandi innskot á nokkurra kílómetra dýpi. Þau innskot myndast við eldsumbrót af einhverju tagi þegar bergkvika berst neðan úr möttli jarðar eða úr kvikuhólfi inn á jarðhitageyminn á nokkurra kílómetra dýpi og storknar þar rólega. Eldgos þurfa ekki að fylgja myndun

¹ Magnús Á. Sigurgeirsson, <http://isor.is/frettir/yfirlit-um-jardfraedi-reykjanesskaga>

² Kaban et al., 2002, Geophys. J. Int. (2002) 149, 281–299

innskota, eðlismassi kvikunnar getur til dæmis verið það hár að hún nær ekki að streyma nema upp á tiltekið dýpi í jarðskorpunni. Þegar innskot myndast fylgja því jarðskjálftar og landlyfting óháð því hvort kvikan nær til yfirborðs eða ekki. Hvort tveggja er til dæmis þekkt úr Kröflueldum og nýlegum jarðhræringum í Öræfa- og Eyjafjallajökulum.

Fáeinir áratugir eru síðan tækni til að mæla tilfærslu punkta á yfirborði jarðar á þægilegan hátt varð aðgengileg. Meginaðferðirnar nú eru GPS-mælingar og-InSAR mælingar en þær byggjast á nákvæmum mælingum á merkjum úr gervitunglum. Þessar mælingar gefa bæði lóðréttu og láréttu færslu með nákvæmni upp á millimetra og henta því vel til að greina landbreytingar vegna jarðhræringa. Þegar upplýsingar um tilfærslu punkta liggja fyrir er hægt að búa til líkön sem sýna mögulega orsök færslunnar. Þegar um er að ræða landlyftingu geta slík líkön sýnt dýpi á orsakavaldinn, rúmtak hans og lögun.

Mikilvægt er að átta sig því að líkön gefa sjaldnast rétta mynd af raunveruleikanum en eru hjálpleg til að skilja hann. Þá geta oftast nokkur mismundandi líkön skýrt sama fyrirbærið á móta vel. Því þarf að taka öllum líkönum með fyrirvara.

Landlyfting í eldstöðvum eða jarðhitakerfum er oftast talin vera af völdum kvikuinnskota með upptök djúpt í jörðu sem troðast síðan inn milli jarðlaga á tilteknu dýpi. Svo þarf þó ekki að vera. Þannig varð fyrir nokkrum árum nokkuð víðtæk landlyfting á háhitasvæðinu í Krýsuvík sem framan af var talin merki um innskot sem væri að troða sér inn í jarðskorpuna. Lyftingunni fylgdu jarðskjálftar. Þessi landlyfting var samt mun hægari en sást í Svartsengi í ársbyrjun 2020. Þegar landrисиð í Krýsuvík hafði staðið um nokkurt skeið hætti það og land tók að síga aftur.³ Það er talið útilokað að kvikuinnskot hafi valdið lyftingunni, því afar erfitt er að hugsa sér að kvika sem hafi troðist inn í jarðskorpuna fari skyndilega að leka til baka. Mælingar á upptökum jarðskjálfta, dreifingu S-bylgna og á hlutfalli P- og S-bylgjuhraða í jörðu gáfu til kynna að hitinn þar sem meint innskot átti að hafa orðið var langt frá bræðslumarki bergsins. Við vitum þannig að til eru fleiri skýringar á landrиси samhliða jarðskjálftavirkni en kvikuinnskot, en hverjar þessar skýringar eru vitum við ekki. Helst hefur verið rætt um einhvers konar gaslosun eða fasabreytingar í tengslum við suðu eða yfirmarksástand vökva.

Eðlilegt er að líta á jarðhræringarnar við Grindavík í ljósi þess sem sagt er hér að framan.

Lítum fyrst á upphaf atburðanna. Þeir virðast hefjast með snörpum jarðskjálfta af stærðinni 3,7 um 2 km austur af Svartsengisvirkjun skömmu eftir hádegið 22. janúar 2020 og hrinu af skjálftum í kjölfarið. Þegar litið er á fyrirliggjandi GPS-mælingar sést að landrисиð hefst um svipað leyti og fyrstu skjálftarnir en erfitt er að greina það nákvæmlega vegna óvissu í mælingunum. Landrисиð var að öllum líkindum hafið 23. janúar.^{4&5} Þá vaknar auðvitað spurningin hvort hafi komið á undan jarðskjálftahrinan eða landrисиð. Líklega verður að álykta að landrисиð komi fremur í kjölfar jarðskjálftanna en öfugt enda erfitt að ímynda sér að landrиси sem tæplega er byrjað hafi komið jarðskjálftunum af stað. Verður því gengið út frá því hér að jarðskjálftarnir hafi hrundið af stað einhverjum ferlum sem leiddu til landrissins. Þó er rétt að hafa í huga að reynslan frá

³ <https://www.ruv.is/frett/land-ris-og-sigur-i-krysuvik>

⁴ https://strokkur.raunvis.hi.is/gps/SENG_8hrap.png & https://notendur.hi.is/~hgeirs/iceland_gps/SENG_100p.pdf

⁵ https://strokkur.raunvis.hi.is/gps/SENG_8hrap.png

Hengilssvæðinu sýnir að örlitlar breytingar í þrýstingi geta komið af stað jarðskjálftum á stöðum sem eru alveg við það að bresta af öðrum orsökum. Því er hinn möguleikinn ekki útilokaður.

Lítum næst á landrisið. Miðja þess er nokkurn veginn við niðurdælingarholur Svartsengisvirkjunar samkvæmt úrvinnslu Vincent Drouin hjá ÍSOR á InSAR-mælingum⁶. Það vekur grunsemdir um að það tengist á einhvern hátt jarðhitavinnslunni í Svartsengi. Þarna hefur niðurdælingarvatni frá virkjuninni verið dælt niður í jarðhitakerfið í tæpa tvo áratugi í tvær um það bil 1000–1200 m djúpar holur. Ótruflaður hiti í aðalniðurdælingarholunni (SV-17) mældist 245 til 248°C frá 800 m dýpi niður í botn á liðlega 1200 m dýpi á árinu 2000 áður en niðurdæling hófst. Vatnsborð í holunni var þá á 335 m dýpi. Þegar gerð var ádælingarprófun á holunni árið 2007 mældist vatnsborð á 198 m dýpi miðað við 155 L/s dælingu⁷, ádælingarstuðullinn reiknaðist 5,3 (L/s)/bar og um 250 L/s þyrfti til að fylla á holuna. Samkvæmt upplýsingum frá HS Orku er einungis dælt ofan í aðra holuna (SV-17) núna en hin niðurdælingarholan (SV-24) er lokuð. Dælingin núna í holu SV-17 er um 270 L/s af um 80°C vatni og tekur hún því betur við en í ádælingarprófuninni 2007 því holan er ekki full, en líklega er vatnsborðið rétt undir holutoppi. Niðurdælingarvatnið, tæplega 100°C, fer út í sprungur sem skera holuna á 800–1245 m dýpi. Árin 2016 til 2018 var dælt að meðaltali 265–333 kg/s niður í holurnar og HS Orka segir að niðurdælingin hafi verið óbreytt undanfarna mánuði.

Athugun sem Egill Guðnason hjá ÍSOR birti í meistararitgerð sinni við HÍ árið 2014 og byggði á tímabundnu þéttu mælineti skjálftamæla sýndi að nokkur skjálftavirkni fylgdi niðurdælingunni í Svartsengi og reiknaðist dýpið á flesta skjálftana um 3–5 km. Þrýstíáhrifin af niðurdælingunni og/eða kæliáhrif hennar vegna hafa þannig greinilega náð niður á 3–5 km dýpi þótt það þýði ekki endilega að niðurdælingarvatnið sjálft hafi náð þangað niður. Þar sem jarðskjálftar undir niðurdælingarsvæðinu ná niður á 5 km dýpi má draga þá ályktun að mörk brotgjarnrar og deigrar jarðskorpu sé á um 5 km dýpi og þar með að hitinn á 5 km dýpi sé varla hærri en 500–600°C. Ætla má út frá þessu að hitinn á 3–5 km dýpi geti verið frá 300 til 600°C. Vert er að athuga að dýpið á þessa örvuðu skjálftavirkni er svipað og líkanreikningar benda nú til að upptaka landrissins sé að leita.

Jafnframt sést á InSAR-mælingum að landrisið er ekki alveg hringlaga heldur teygir sig lítillega í stefnu að vinnslusvæði Svartsengisvirkjunar. Sú stefna er jafnframt stefna yngstu gossprungnanna á svæðinu. Einnig má búast við því að niðurrennslisvatnið streymi í þá stefnu í átt að lægri þrýstingi við vinnsluholur virkjunarinnar.

Í grundvallaratriðum eru uppi tvær kenningar um orsakir landrissins:

- 1) að kvika hafi verið að streyma nokkuð samfelld upp í gegnum neðri skorpuna frá því jarðskjálftahrinan austan Svartsengis hófst 22. janúar og troðist inn milli jarðlaga á 3–5 km dýpi undir niðurdælingarsvæðinu. Miðað við að rúmmálsaukningin sem olli risinu hafi verið um ein milljón rúmmetra fyrstu vikuna hefur innflæðið að jafnaði verið um 1,6 m³/sek. Þetta er sú kenning sem flestir hafa trú á.
- 2) að einhverjar vökva- eða gastengdar breytingar hafi orðið í jarðhitakerfinu við skjálftana 22. janúar sem hafi leitt af sér þrýstiaukningu á 3–5 km dýpi og landlyftingu. Hliðstæða

⁶ <https://nextcloud.kortinu.info/index.php/s/9x4q5fnS7SGXnZZ>

⁷ Ómar Sigurðsson, ISOR-07063

kenningu setti ég fram strax að morgni mánudagsins 27. janúar með minnisblaði til þess hóps sem upphaflega fjallaði um málið.

Hvað mælir með kvikuinnskoti:

- a) Mörg dæmi eru um að landris verði vegna innskotavirkni í tengslum við þrýstingsaukningu eða rúmmálsbreytingar í þekktum og vel skilgreindum kvikuhólfum.
- b) Innskotið væri þarna inn í neðri hluta jarðhitakerfisins við Svartsengi en almennt er talið að kvikuinnskot séu varmagjafi háhitasvæða landsins. Þau koma því líklega oftar en sýnileg eldvirkni verður á yfirborði.

Hvað mælir gegn kvikuinnskoti:

- a) Stóru jarðskjálftarnir, sem allir voru nokkuð austan við rismiðjuna, voru líklega blanda af siggengisskjálftum og sniðgengisskjálftum en þeir fyrrnefndu sýna gliðnun lands.⁸ Ef gliðnunin hefði leitt af sér að kvika streymdi upp væri eðlilegast að það gerðist þar sem gliðnunin á sér stað en ekki til hliðar við það eins og í þessu tilviki.
- b) Engir skjálftar mælast nærri rismiðjunni á 3–5 km dýpi þar sem talið hefur verið að kvika hafi verið að safnast saman. Telja verður mjög ólíklegt að meira en milljón rúmmetrar af kviku hafi troðist inn milli jarðlaga í brotgjarna jarðskorpu án þess að valda nægilega stórum skjálftum til að mælast á neti Veðurstofunnar.
- c) Nær engir skjálftar mælast neðan 5 km dýpis þar sem kvikan á að vera að stíga upp undir rismiðjunni. Það kann þó að vera eðlilegt því neðri mörk brotgjarnrar skorpu er þar á um 5 km dýpi. Hins vegar sýnir reynslan frá líklegu kvikuuppstreymi undir Upptyppingum austan Öskju fyrir nokkrum árum að skjálftar mælast í þeim tilvikum neðan við þessi mörk vegna hraðrar spennu myndunar.
- d) Ekki hefur verið greint frá því að mælst hafi gosrói við meinta kvikutilfærslu.

Ef þetta er ekki kvika vaknar eðlilega spurningin um hvað annað geti verið á ferðinni. Ég benti á það mjög fljótlega eftir að menn uppgötvuðu landrisið að þetta gæti tengst jarðhitakerfinu á einhvern hátt og þá einkum vegna þess að miðja landrissins var nánast við niðurdælingarhol Svartsengisvirkjunar.

Síðan hafa komið þær upplýsingar frá HS Orku að engra eða mjög óverulegra breytinga hafi orðið vart í borholum í Svartsengi eða lokuðu holunni á niðurdælingarsvæðinu. Það síðarnefnda er þó ekki áreiðanlegt því ekki er þrýstimælir ofan í lokuðu niðurdælingarholunni heldur einungis mælt á holutoppi. Ef við göngum út frá því að nær engar þrýstibreytingar hafi orðið í jarðhitakerfinu þar sem holur ná vel niður fyrir 2 km dýpi þýðir það óhjákvæmilega að ekkert eða mjög óverulegt þrýstisamband er milli jarðhitakerfisins og þrýstiaukningarinnar sem orðið hefur á 3–5 km dýpi og valdið landrisinu. Það þýðir að á þessu dýptarbili er kerfi sem er lokað að ofan en einnig væntanlega lokað að neðan á 5 km dýpi vegna þess að þar er jarðskorpan orðin deig.

⁸ Egill Árni Guðnason hjá ÍSOR hefur greint brotlausnir allra skjálfta á svæðinu sem eru stærri en 3,0.

Miðað við reynsluna af djúpbörnuninni á Reykjanesi má búast við því að talsvert vatn sé að finna á milli 3 og 5 km dýpis. Það vatn er því í lokuðu kerfi. Hitinn þarna er nær örugglega milli 300 og 500°C og ekki er ólíklegt að þrýstingur geti verið 200–250 bar. Það þýðir að búast má við að vökvinn á einhverjum hluta þessa dýptarbils sé í yfirmarksástandi, sem þýðir að hann hefur eiginleika sem eru einhvers staðar milli eiginleika vatns og gufu.

Þegar jarðskjálftahrina fer af stað verða rúmmálsbreytingar í jarðlögum umhverfis upptök jarðskjálftanna. Sumstaðar verður samþjöppun bergs sem eykur vökvaprýsting, annars staðar þensla sem minnkar vökvaprýsting í berginu. Fer það eftir tegund brotsins og afstöðu til upptaka skjálftans hvort vökvaprýstingur vex eða minnkar á tilteknum stað. Þetta kom mjög vel fram í Suðurlandsskjálftunum árið 2000.⁹

Ef við gefum okkur nú að jarðskjálftarnir sem hófust 22. janúar hafi valdið þrýstilækkun í lokuðu kerfi á 3–5 km dýpi undir niðurdælingarholunum og vökvinn þar hafi verið í yfirmarksástandi þá gæti þrýstilækkun vegna nálægra jarðskjálfta auðveldlega fært vökvann úr yfirmarksástandi í yfirhitaða gufu sem jafnframt hefur í för með sér mikla rúmmálsaukningu og þar af leiðandi landlyftingu. Þetta er í raun sama fyrirbærið og íslenska djúpbörunarverkefnið gengur út á; að ná vökva í yfirmarksástandi inni í 4–5 km djúpa borholu og láta hann breytast í yfirhitaða gufu við þrýstiléttingu.¹⁰

Það hefði verið eðlilegt að búast við einhverri skjálftavirkni við slíka fasabreytingu, sem hér er stungið upp á, en þó að öllum líkindum minni skjálftavirkni en ef kvika hefði verið að troðast þar inn. Það gætu vel hafa fylgt þessu mjög smáir jarðskjálftar sem ekki hefðu skráðst vegna skorts á nálægum skjálftamælum.

Tilgáta mín um atburðina við Grindavík er því eftirfarandi:

Jarðskjálftahrina, líklega með blöndu af sniðgengis- og siggengisskjálftum, hófst 22 janúar. Skjálftarnir orsökuðust af venjulegri spennuupsöfnun á flekamótunum sem ganga eftir Reykjaneskaga og fór yfir brotstyrk bergsins. Skjálftarnir ollu þrýstilækkun á 3–5 km dýpi á aflokuðu dýptarbili undir þeim hluta jarðhitakerfisins við Svartengi þar sem niðurdæling fer fram. Á þessu dýptarbili var vökvi í yfirmarksástandi. Þrýstilækkun vegna skjálftanna í lokaða rýminu á 3–5 km dýpi leiddi til þess að vökvinn færðist úr yfirmarksástandi í yfirhitaða gufu sem veldur verulegri rúmmálsaukningu og þar með landlyftingu. Sú staðreynd að hvorki varð merkjanleg innskotavirkni né eldgos á þeim stað þar sem stóru jarðskjálftarnir urðu bendir til þess að kvika sé ekki að streyma upp í efri hluta jarðskorpuna þar nærri.

Hér þarf þó rétt að hafa þann fyrirvara á að mér eru ekki að öllu ljós þau eðlis- og varmafræðilegu ferli sem þarna gætu verið að verki og væri gott að fræðimenn á því sviði skoðuðu málið.

Að sjálfsögðu vaknar sú spurning hvort eða hvernig væri hægt að prófa hvort þessi tilgáta eða innskotakenningin séu líkleg skýring á jarðhræringunum við Svartsengi. Við því er ekkert einfalt svar:

⁹ Grímur Björnsson o.fl. PROCEEDINGS, Twenty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 29-31, 2001, SGP-TR-168

¹⁰ <http://iddp.is/about/>

- a) Ef um kvikuinnskot er að ræða er ólíklegt að landrисиð gangi til baka nema að mjög óverulegu leyti á mjög löngum tíma því kvikumassinn sem hefði troðist þarna inn getur tæplega runnið til baka. Ef um fasabreytingu hefði verið að ræða er líklegt að hún geti gengið til baka en erfitt að segja til um á hve löngum tíma það myndi gerast. **Í öllu falli myndi það útiloka kvikukenninguna ef landrисиð gengi til baka.**
- b) Ef kvika hefði troðist þarna inn er um að ræða efni með háa rafleiðni en fasabreyting yfir í gufu gæfi litla eða enga leiðnibreytingu. Til eru viðnámsmælingar nærri rismiðjunni frá því áður en landrисиð hófst og því væri hugsanlegt að sjá mætti með nýjum mælingum á sama stað hvort viðnámsbreyting hefði orðið við landrисиð. Það er þó ekki víst að upplausn í slíkum mælingum sé næg til að greina breytingu vegna einnar milljónar rúmmetra af kviku á 3–5 km dýpi. Það mætti þó meta með einföldum líkanreikningum.
- c) Með því að fylgjast vel með efnainnihaldi gufunnar úr vinnsluholunum ætti mengun vegna kvikugasa að sjást í gufunni þegar frá líður. Slík gasmengun verður þó hvorki ef kerfið milli 3 og 5 km dýpis er alveg lokað frá jarðhitakerfinu fyrir ofan né ef mín tilgáta er nærri lagi.
- d) Þyngdarmælingar gætu hjálpað til að skera úr um hvort innskot eða ástandsþreyting vökvans væri líklegri orsök. Hins vegar er mjög óvísst hvort upplausn þyngdarmælinga sé næg til þess að það sé unnt að greina á milli og eins eru fyrirbyggjandi þyngdarmælingar sem þyrfti til viðmiðunar orðnar nokkuð gamlar og væntanlega truflaðar af stöðugum þyngdarbreytingum vegna vinnslunnar úr jarðhitasvæðinu og niðurdælingarinnar í það.
- e) Til að fylgjast betur með framhaldi atburðanna er mjög æskilegt að settur verði þrýstímælir í lokuðu niðurdælingarholuna og vel niður fyrir vatnsborð í henni. Einnig að haldið verði úti nægjanlega þéttu kerfi jarðskjálftamæla til að mæla og staðsetja nákvæmlega örskjálfta sem kunna að verða á þessu svæði í kringum Svartsengisvirkjun.

Þá vakna einnig spurningar um hvort vinnsla og/eða niðurdæling í Svartsengi geti að einhverju leyti verið orsök þessara atburða. Það tel ég reyndar afskaplega ólíklegt eða að minnsta kosti langsótt skýring. Í raun er það eina sem bendir á tengsl milli landrissins og niðurdælingar sú staðreynd að miðja landrissins er á 3–5 km dýpi beint undir niðurdælingarholunni sem þó er aðeins liðlega 1200 m djúp. Vissulega hefur sú niðurdæling að öllum líkindum komið af stað örvuðum jarðskjálftum á þessu dýpi fyrir 5–10 árum. En stóru jarðskjálftarnir núna ($m > 3$) eru flestir í 4–5 km fjarlægð frá niðurdælingarholunni nærri því þvert á ríkjandi sprungustefnu þannig að líkurnar á því að niðurdælingin hafi hrundið þeim af stað eru afar litlar.

Ef tilgáta mín um orsök atburðanna er nærri lagi hefur það í för með sér ýmis áhugaverð sjónarhorn, svo sem:

- a) ***Töluverðar líkur væru þá á því að undir vinnslusvæðinu í Svartsengi, einkum þó niðurdælingarsvæðinu, væri vökví í yfirmarksástandi á 3–5 km dýpi sem nýta mætti til verulegrar aukinnar orkuframleiðslu í Svartsengi þegar fram líða stundir. Þetta gæti haft mikil og jákvæð áhrif á framtíðarhorfur jarðhitavinnslu HS Orku.***
- b) Það að ekki varð eldgos eða líklegt kvikuinnskot á upptakasvæði jarðskjálftanna, þrátt fyrir gliðnun, og landrисиð vestan við Þorbjörn orsakast ekki af kvikuinnskoti þýðir að ekki er greiður aðgangur að kviku á þessum slóðum. Því væru minni líkur en margir hafa talið á eldgosu næstu árin eða áratuginu sem ógnað gætu Svartsengisvirkjun, Bláa lóninu eða

byggð í Grindavík. Jarðskjálftahrinunni austan við Þorbjörn er þó ekki enn lokið og því rétt að hafa fyrirvara á þessu sjónarhorni þar til hrinunni lýkur.

Lokaorð:

Sú tilgáta sem hér er sett fram byggist á þeim gögnum sem nú eru fyrirbyggjandi og höfundur aðgengileg. Hún felur ekki í sér afneitun innskotskenningarinnar heldur að hún sé ólíklegri en tilgátan um fasabreytingu djúpt í jarðhitakerfinu. Vonandi mun nánari úrvinnsla fyrirbyggjandi gagna ásamt mæligögnum næstu vikna og mánaða skýra atburðarásina betur og undirbyggja aðra hvora tilgátuna eða jafnvel leiða til fleiri mögulegra skýringa.

Eflaust eru atriði í tilgátu minni og röksemdafærslu sem geta orkað tvímælis eða beinlínis verið röng. Það væri gott að fá ábendingar um slíkt.

HS Orka rekur víðtækt eftirlit með vinnslunni í Svartsengi. Þessi atburðarás sýnir mjög afgerandi fram á nauðsyn þess að fylgst sé nákvæmlega með allri vinnslu og niðurdælingu Svartsengisvirkjunar og áhrifum hennar á jarðskorpuna í kring, bæði með áreiðanlegum mælingum í borholum og jarðvísindalegum mælingum á þeim ferlum sem eru að verki á og við háhitasvæðið.

Loks er þessi atburðarás alvarleg áminning um það sem gæti gerst ef eldgos brytist út á þessum slóðum. Hún kallar á viðbrögð til þess að tryggja orkuöryggi Suðurnesja ef Svartsengisvirkjun yrði óstarfhæf um lengri eða skemmri tíma og til þess að reisa viðeigandi mannvirki til að verja byggðina í Grindavík fyrir hraunstraumi. Til slíkra ráðstafana ætti að grípa fyrir en síðar.

Ýmsir af kollegum mínum hafa lesið þetta minnisblað yfir og komið með gagnlegar ábendingar. Kann ég þeim bestu þakkir fyrir.

Ólafur G. Flóvenz