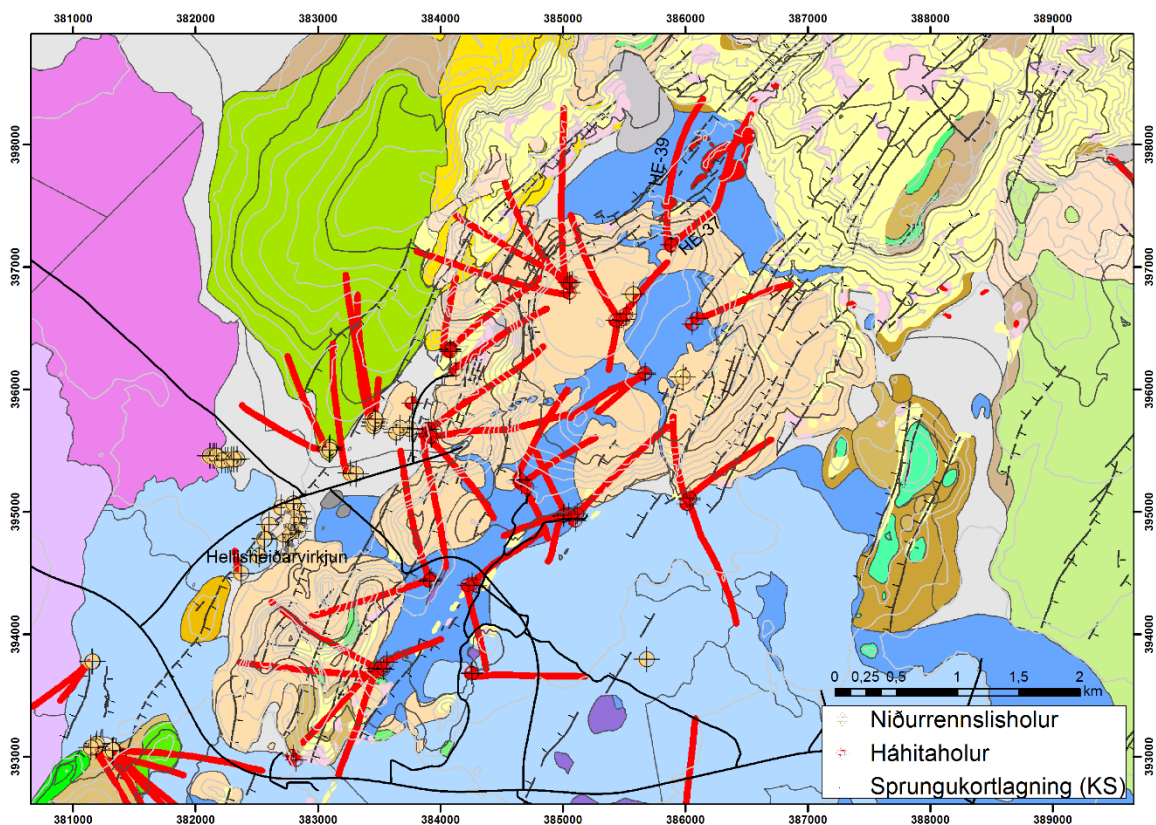


Frummat á niðurdælingu á Skarðsmýrarfjalli – HE-37 og HE-39

Inngangur

Fyrirhugað er að hefja niðurdælingu skiljuvatns á Skarðsmýrarfjalli niður holur HE-37 og HE-39. Holurnar eru staðsettar á nyrst Skarðsmýrarfjalli á svokölluðum SN-teig. Tilgangur holanna var sá að kanna jarðhitakerfið undir Innstadal sem lítið er vitað um. Vonast er eftir því að holurnar skeri gamla gossprungu. Viðnámsmælingar gefa til kynna að ekki sé um mikinn hita að ræða á svæðinu en það er umdeilt og sumir telja að þarna sé að finna meginuppstreymi jarðhitakerfisins (Hjalti Franzson, 2007). Samkvæmt nýjum reglum þarf að kynna fyrir Orkustofnun, Almannaöryrnum og viðkomandi Sveitarfélagi frummat á því hvort líkur séu á örvaðri jarðskjálftavirkni í kjölfarið á nýjum niðurdælingaverkefnum og þá hvort líklegt sé að slík virkni muni hafa áhrif í byggð eða að skjálftar geti orðið það stórir að hætta eða veruleg óþægindi skapist.

Greinargerð þessi fjallar um frummat á hugsanlegt niðurdælingarsvæði á Skarðsmýrarfjalli. Fyrirhugað er að hefja niðurdælingu á skiljuvatni í holur HE-37 og HE-39 sem eru staðsettar nyrst á Skarðsmýrarfjalli (Mynd 1).

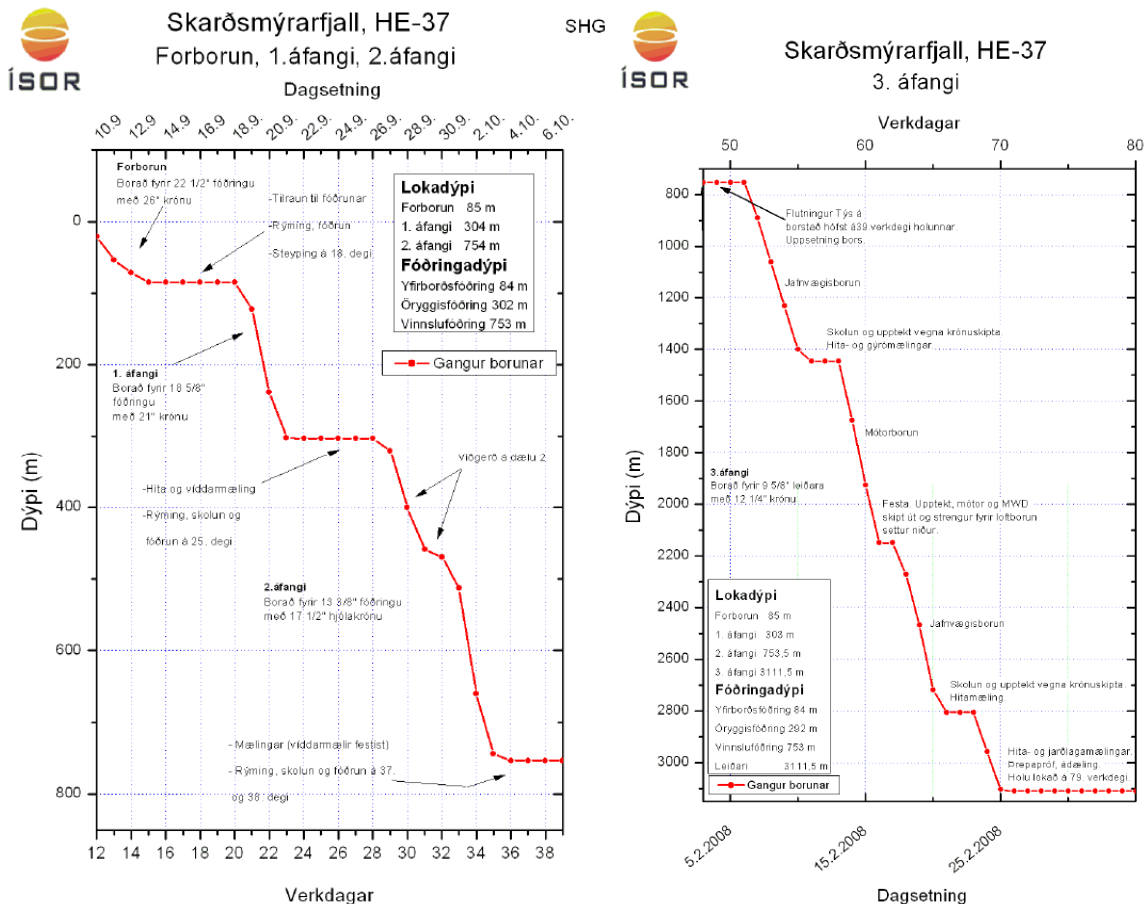


Mynd 1: Staðsetning fyrirhugaðra borholna á Skarðsmýrarfjalli HE-37 og HE-39.

Niðurdælingarholur

HE-37

Hola HE-37 er staðsett á SN-teig nyrst á Skarðsmýrarfjalli. Hnit holunnar eru $x=385870,37$ $y=397166,39$ $z=361$ m. Holan er 3111,5 m djúp og er stefnuboruð með það að markmiði að kanna jarðhitakerfið undir Innstadal og í þeirri von að holan skeri gamla gossprungu sem talin er liggja á svæðinu. Holan er af víðari gerðinni og var hún boruð í þrem áföngum ásamt forborun. Forborun nær niður á 85 m dýpi og við lok borunar var sást ekkert skoltap. 1. áfangi nær niður á 303,8 m dýpi og var skoltapið algjört. Í 2. áfanga var borað niður á 753,5 m dýpi og á 640 m dýpi var hallinn kominn í 19° í stefnu 35°N . Ekki náðist að byggja upp fyrirfram ákveðinn halla í 2. áfanga en markmiðið var 30° halli í 30°N stefnu. Ekkert skoltap var í öðrum áfanga (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008). Í þriðja áfanga á 1446 m dýpi stefndi holan 20° austar en lagt var til með í upphafi. Endurskoða þurfti hönnun holunnar og ákveðið var að taka krappa beygju til norðurs þar til holan væri komin inn á þann feril sem lá til grundvallar í byrjun. Á 2116 m dýpi var stefnan 18° og halli hennar 31° . Í þriðja áfanga var notaður jafnvægisbor með vatni og lofti sem gerir það að verkum að erfitt er að fylgjast með skoltapi. Mynd 2 sýnir framgang borunar á HE-37.

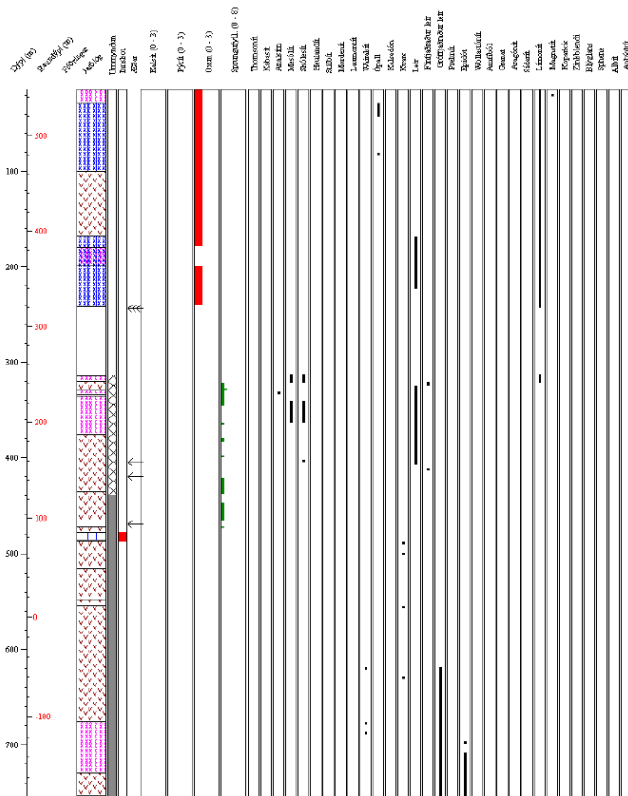


Mynd 2: Framgangur borunar HE-37 (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008; Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2010).

Jarðlög í holunni sýndu Skarðsmýrarfjallsmyndunin niður á 242 m dýpi en þar taka við móbergsmýndanir niður á 735,5 m dýpi bæði túff og breksía.

Skarðsmýrarfjallsmyndunin er bólstrabergsbreiða sem hefur líklega myndast í einu gosi en myndunin er vel þekkt úr öðrum holum á Skarðsmýrarfjalli. Innskot eru ekki áberandi í HE-37 en á 478-486 m dýpi er að finna fínkorna, fersklegt basalt sem einnig finnst á 466-500 m dýpi í HE-39. Kaldavatnsummyndun er að finna frá yfirborði og niður á 244 m dýpi. Á 314 m dýpi er jarðhitaummyndun orðin töluverð en á 710 m dýpi sést vel kristallað epídót sem bendir til ummyndunarhita upp á 240°C. Mynd 3 sýnir jarðlagasnið 1. og 2. áfanga HE-37 (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008). Frá upphafi 3. áfangi (~753,5 m dýpi) og niður á 1910 m dýpi er eingöngu að finna móbergslög (túff, breksía og glerjað basalt) skorin af innskotum en þar eftir tekur við þykk kristölluð jarðlagasyrpa úr þéttu basalti. Þetta er sennilegast hraunlög sem gætu þó verið skorin af innskotum af og til. Frá 2900 m dýpi er svarfið orðið mjög fínt og erfitt til greiningar og því erfitt að sjá nokkrar breytingar þaðan og niður á botn holunnar og er því talið vera fín-meðalkorna basalt. Ummyndun í þriðja áfanga hélst ekki í hendur úr 2. áfanga en epídót var ekki sjáanlegt aftur fyrr en á 698 m dýpi sem bendir til þess að ummyndunin í 2. áfanga hafi aðeins verið staðbundið hærri. Á 1000 m dýpi minnkar kalsít sem er merki um aukna ummyndun en það eykst síðan aftur á 1030 – 1180 m dýpi en aðalvatnsæðin er að finna á 1200 m dýpi. Hugsanlegt er að hiti hennar sé eitthvað lægri en 280°C. Kalsít minnkar aftur neðan 1250 m dýpis. Aktínólít kemur fyrir á 1000 m dýpi en ummyndunarhiti þess er 270°C. Mynd 4 sýnir jarðlagasnið 3. áfanga HE-37 (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2010).

Við borun á 1. áfanga var komið niður á sprungu á 244 m dýpi og frá því og að lokum áfangans var skoltapið algjört og þar því talin vera stór vatnsæð. Í öðrum áfanga sást lítil æð á 550 m dýpi og önnur á 615 m dýpi (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008). Vatsæðar í holunni voru einungis staðsettar með aðstoð hitamælinga þar sem holan neðan 1200 m var boruð með jafnvægisbor og þá er erfitt að mæla skoltap. Helstu æðarnar eru að finna á 1215, 2150, 2625 og 2800 m dýpi en einnig var að finna smávægilegar æðar þar á milli. Þrepapróf var framkvæmt á holuna. Þrjú þrep voru gerð 40, 60 og 25 l/s ádælingu. Þetta gaf ádælingarstuðlana 4,17, 5,36 og 5,00 (l/s)/bar. Samband þrýstings og dælingar var línulegt og var opnasta æð holunnar á 2800 m dýpi (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2010).



Skýringar við jarðlagasnið og ummyndun

Bergerðir

- Basalttúff
- Basaltbreksia
- Glerjæð basalt
- Fin-meðalkorna basalt
- Meðal-gröfkorna basalt
- Gröfkorna basalt
- Eðjusteinn
- Sandsteinn
- Svarf'vantar

Vatnsæðar

- Sym. nr. 7 Lítil æð
- 8 Meðal æð
- 9 Stór æð

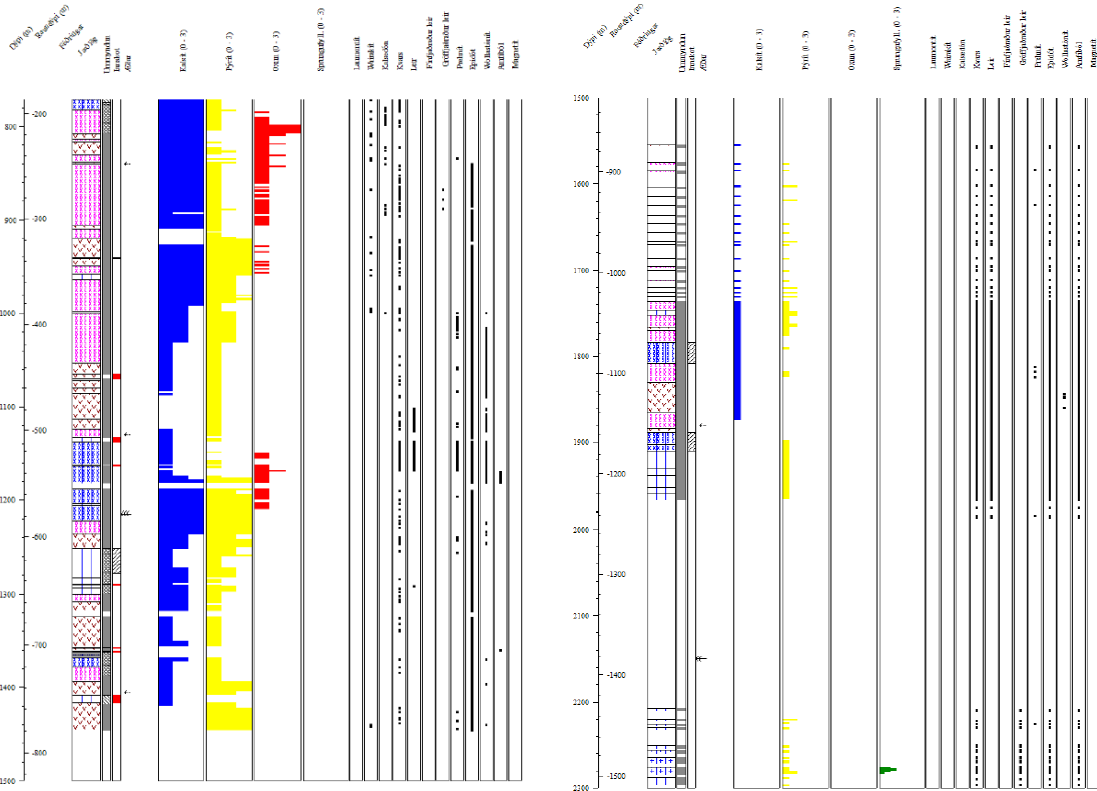
Greining ummyndunarsteinda

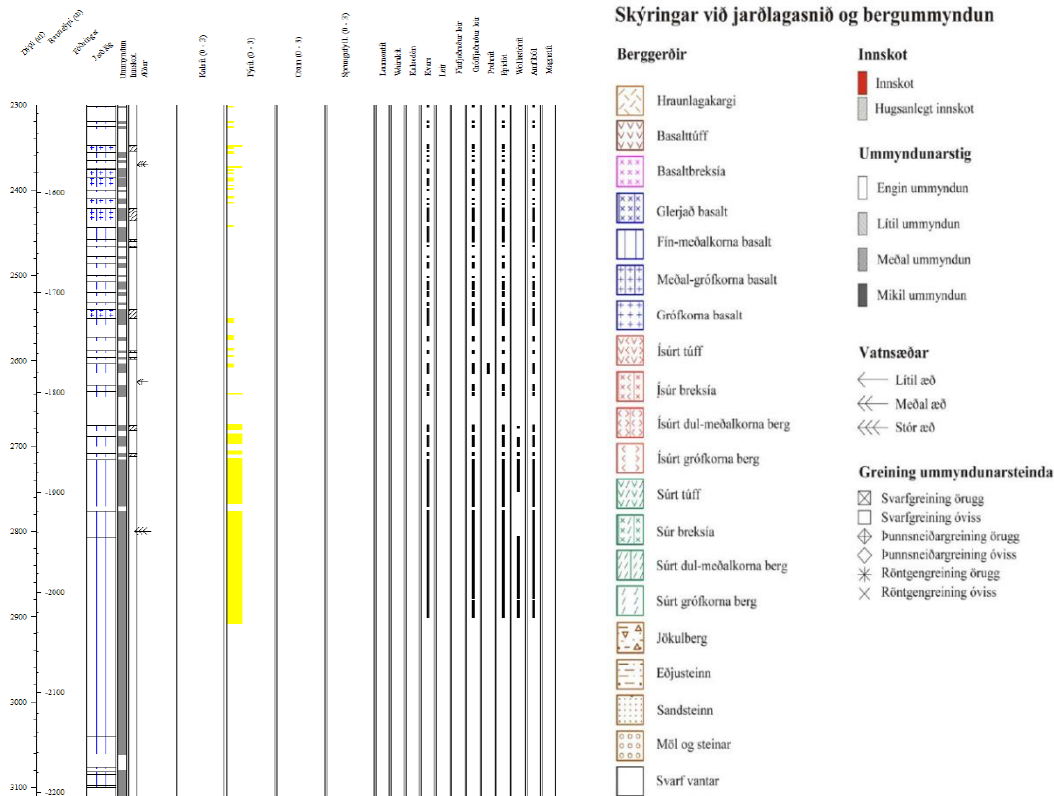
- Sym. nr. 1 Svarfgreining örugg
- 2 Svarfgreining óviss

Innskot

- Innskot
- Hugsanlegt innskot

Mynd 3: Jarðlagasnið HE-37 1. og 2. áfangi (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008).

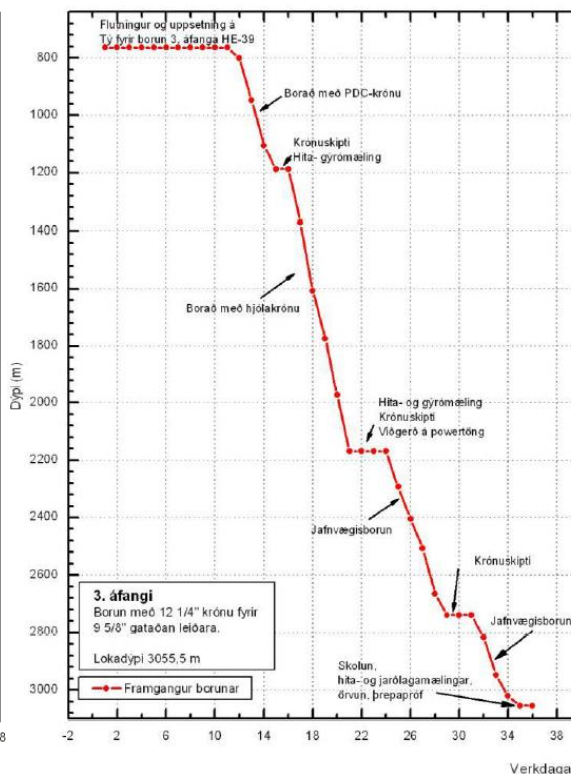
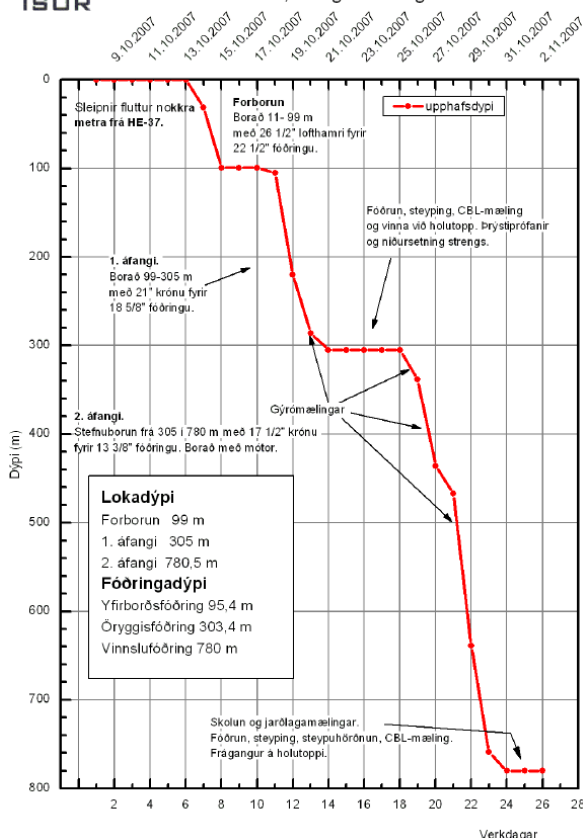




Mynd 4: Jarðlagasnið HE-37 3. áfangi (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2010).

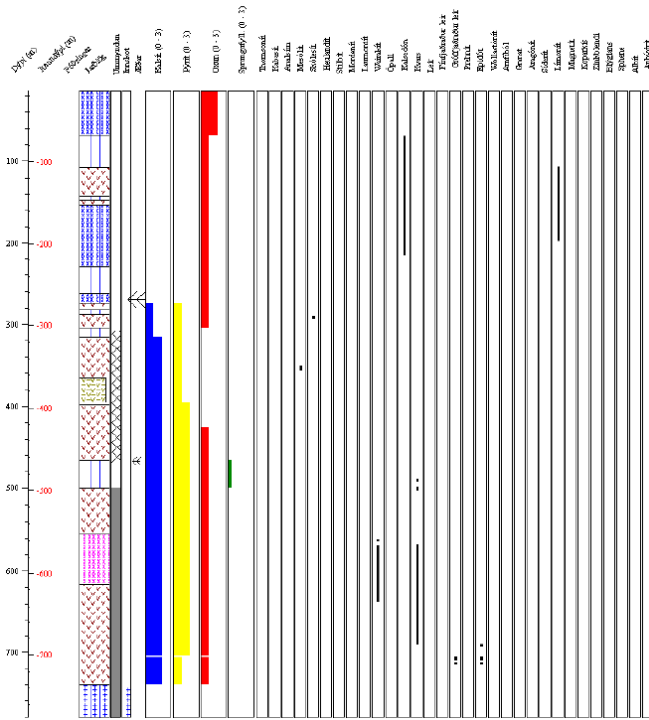
HE-39

Hola HE-39 er staðsett á SN-plani á norðanverðu Skarðsmýrarfjalli líkt og HE-37 (mynd 1). Hnit holunnar eru $x=385863,359$ $y=397175,338$ $z=563$ m. Markmiðið var að hola hefði 30 +/- 3° halla og stefnu 0° +/- 10°N. Borun er skipt í forborun og 3. áfanga. Forborun nær niður á 99 m dýpi, 1. áfangi niður á 305 m dýpi og 2. áfangi niður á 780,5 m dýpi (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008). Þriðji áfangi nær niður á 3055,5 m dýpi og halli holunnar á 2670 m dýpi er 29,5° og stefnan 30,5°. Þegar komið er á botn holunnar þá er halli og stefna komin út fyrir þau víkmörk sem sett voru í upphafi verks. Erfitt er að segja til um skoltapið þar sem borað var með jafnvægisborun. Framgangur borunar HE-39 er sýnt á mynd 5 (Theódóra Matthíasdóttir o.fl., 2010).



Mynd 5: Framgangur borunar HE-39 (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008; Theódóra Matthíasdóttir o.fl., 2010).

Skarðsmýrarfjallsmýndunin nær niður á 250 m dýpi en þá taka við móbergsmýndanir niður á 780 m dýpi sem líklega eru skornar af innskotum á þremur stöðum. Í efstu 250 m er bergið ferkst með kaldvatnsummyndun en síðan fara zeólítar að koma inn. Epídót finnst fyrst á 692 m dýpi sem er áþekkanlegt og kom fyrir í holu HE-37.). Í þriðja áfanga frá 788 m dýpi og niður á 1220 m er móberg ráðandi (túff og breksía) en síðan tekur við hraunlagasyrpur sem ná niður á botn holunnar. Tvö innskot skera bæði móbergið og hraunlagasýrurnar einnig skera fersk innskot hraunlagasýrpu og benda nifteindamælingar til þess að tíðni þeirra aukist neðan við 1950 m dýpi. Á 2420 m dýpi koma fram nokkur þunn ísúr eða súr innskot. Í vinnsluhluta HE-39 er berg almennt mikið ummyndað en er minna ummyndað við innskot. Epídót sést fyrst á 850 m dýpi og er viðloðandi niður alla holuna (Theódóra Matthíasdóttir o.fl., 2010). Stór æð er að finna á 255-260 m dýpi en þar koma inn kælipunktur auk þess að þar kom inn skoltap en einnig eru litlar æðar að finna á 165-250 m dýpi. Í öðrum áfanga var mikið um vafasamar æðar fyrir utan eina á 460 m dýpi en einnig var skoltap mest á 467 m dýpi (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008). Stærstu æðarnar í 3. áfanga er að finna á 1270-1350 m dýpi en millirennslí er þaðan í æð á 1460 m dýpi. Önnur fremur lítil æð tekur við áðælingunni á 2160 m dýpi. Einnig koma fram nokkrar smáæðar bæði fyrir ofan og neðan í holunni. Í þrepaprófi HE-39 voru þrjú þrep eða 25-40, 40-55 og 55-25 l/s. Þetta gaf áðælingarstuðlana 30, 15 og 20 (l/s)/bar. Mynd 6 sýnir jarðlagasnið allra áfanga í holu HE-39 (Theódóra Matthíasdóttir o.fl., 2010).



Skýringar við jarðlagasnið og bergumyndun

Bergerðir

- Hraunlagakargi
- Basalttúff
- Basaltbreksía
- Glerjað basalt
- Fin-meðalkorna basalt
- Meðal-grófkorna basalt
- Grófkorna basalt
- Ísúrt túff
- Ísúr breksía
- Ísúrt dul-meðalkorna berg
- Ísúrt grófkorna berg
- Súrt túff
- Súr breksía
- Súrt dul-meðalkorna berg
- Súrt grófkorna berg
- Jökulberg
- Eðjusteinn
- Sandsteinn
- Mól og steinar
- Svarf vantar

Innskot

- Innskot
- Hugsanlegt innskot

Ummyndunarstig

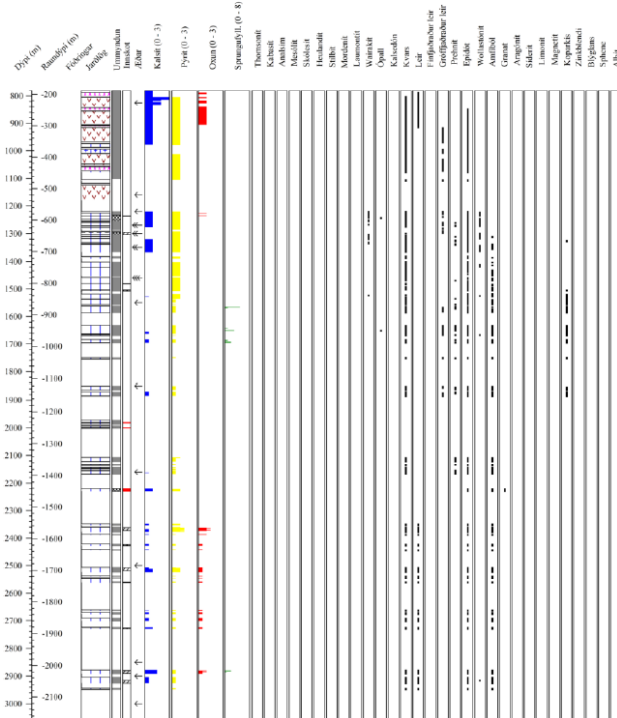
- Engin ummyndun
- Lítil ummyndun
- Meðal ummyndun
- Mikil ummyndun

Vatnsæðar

- Lítil æð
- Meðal æð
- Stór æð

Greining ummyndunarsteinda

- Svarfgreining örugg
- Svarfgreining óviss
- Þunnarneiðargreining örugg
- Þunnarneiðargreining óviss
- Röntngreining örugg
- Röntngreining óviss



Bergerðir

- Hraunlagakargi
- Basalttúff
- Basaltbreksía
- Glerjað basalt
- Fin-meðalkorna basalt
- Meðal-grófkorna basalt
- Grófkorna basalt
- Ísúrt túff
- Ísúr breksía
- Ísúrt dul-meðalkorna berg
- Ísúrt grófkorna berg
- Súrt túff
- Súr breksía
- Súrt dul-meðalkorna berg
- Súrt grófkorna berg
- Jökulberg
- Eðjusteinn
- Sandsteinn
- Mól og steinar
- Svarf vantar

Innskot

- Innskot
- Hugsanlegt innskot

Ummyndunarstig

- Engin ummyndun
- Lítil ummyndun
- Meðal ummyndun
- Mikil ummyndun

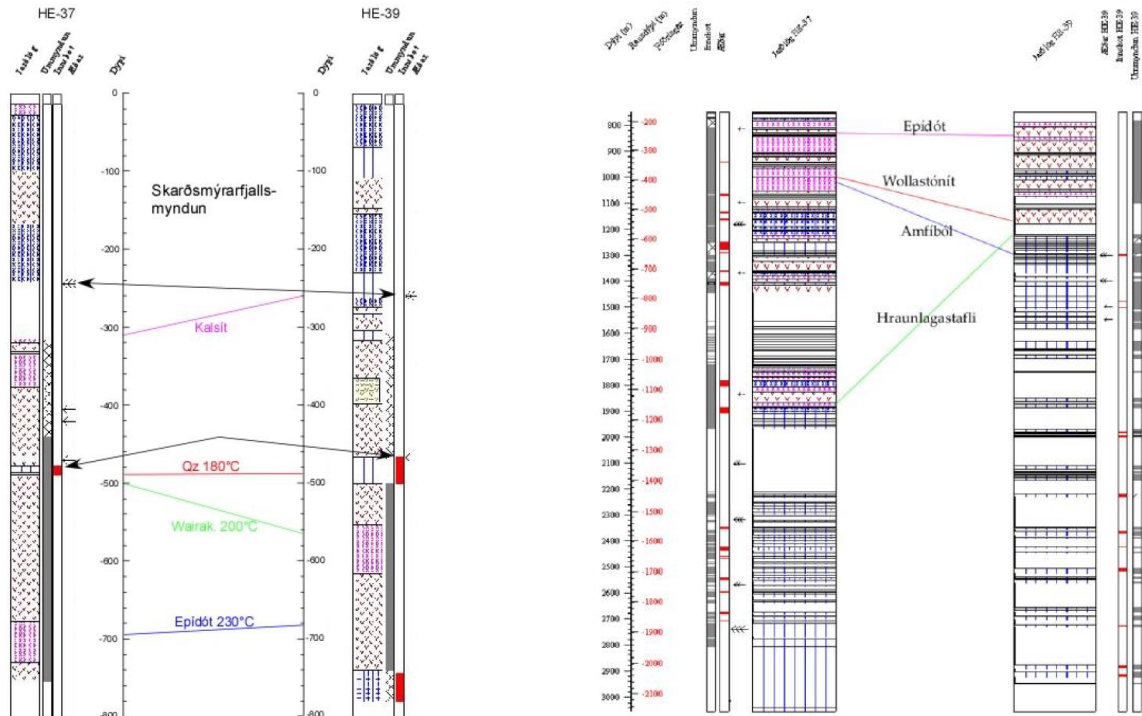
Vatnsæðar

- Lítil æð
- Meðal æð
- Stór æð

Mynd 6: Jarðlagasnið HE-39 (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008).

Samanburður á HE-37 og HE-39

Holur HE-37 og HE-39 eru staðsettar á sama borteig og mátti því búast við svipuðum jarðlögum en einnig er ummyndun, innskot og skoltöpsvæði áþekkt í holunni (mynd 7).



Mynd 7: Samanburður á jarðlögum í holum HE-37 og HE-39 (Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir o.fl., 2008; 2010).

Niðurstöður

Holur HE-37 og HE-39 hafa mjög háan ádælingarstuðul og gætu tekið við öllu vatni sem í boði er á Skarðsmýrarfjalli og sennilega töluvert meira. Jarðlög í þeim eru mjög lek og í talsverðri fjarlægð frá öðrum vinnsluholum. Gróft mat á viðtökurensli er 400-800 kg/s sem takmarkast af holuvídd en ekki lekt jarðlaga. Mikilvægt er að huga að mettnarmörkum kísils þegar skiljuvatni er fargað svo að kísill fari ekki að falla út. Ef skiljuvatnið sýður við þrýstifall í niðurrenslisholum getur kísill hinsvegar fallið út vegna hitastigslækkunar, því er mikilvægt að halda sem mestum þrýstingi á niðurdælingarholurnar. Kísilmettunarhitastig og þrýstingur fyrir vinnsluholur á Skarðsmýrarfjalli er 145°C við 3,3 bar (Gunnar Gunnarsson o.fl., 2016). Hitastig skiljuvatnsins sem dælt verður í holur HE-37 og HE-39 verður 170°C og þrýstingurinn verður að vera yfir 3,3 bar til að koma í veg fyrir að kísill útfellingar. Þar sem að holurnar eru vel lekar er erfitt að segja til um hvort rennslinu verður haldið stöðugu en fyrst þarf að sjá hversu mikið holurnar geta tekið. Ef holurnar taka vel og eru vel lekar gæti verið erfitt að halda þrýstingi yfir 3,3 bar og þá gæti kísill hugsanlega farið að falla út. Ádælingastuðull holanna er hár en HE-37 mældist 4 og HE-39 mældist 26. Prófunin var gerð með köldu vatni en þá skreppur berg saman og vatn á auðveldara með leið sína í gegnum æðar og glufur. Áætlað er að með 170°C heitu vatni verði ádælingarstuðullinn 20-50 % af heildarstuðlinum (Tafla 1). Samkvæmt því gæti viðtakan fyrir HE-37 verið 57-114 kg/s og fyrir HE-39 341-683 kg/s.

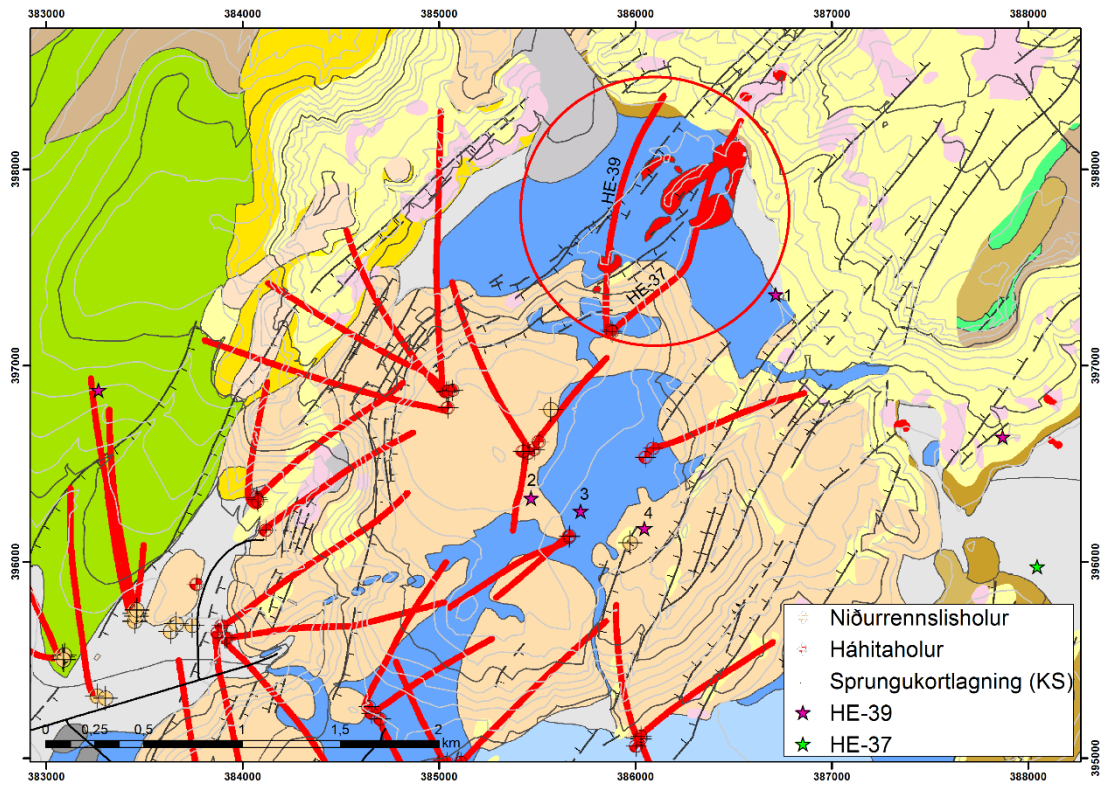
Tafla 1:

Holur	HE-37	HE-39
Ádælingarstuðull	4	26
ÁDST. 50%	2	13
ÁDST. 25%	1	6.5
Vatnsborð	630	570
Mælt ár	2014	2013
P 170°C vatnssúla	49	45
Veituprýstingur P0	8	8
Heildarprýstingsviðbót	57	53
Viðtaka 100%	229	1365
Viðtaka 50%	114	683
Viðtaka 25%	57	341

Engar niðurdælingarprófanir hafa farið fram í holum HE-37 og HE-39 frá því þær voru boraðar. En ádælingarstuðullinn sem fannst við prófanir við borun holanna segir til um að holurnar taki vel af vatni og því ekki þörf á örvun né frekari prófunum þó svo að hugsanlegt sé að eitthverjar prófanir muni verða gerðar áður en niðurdæling hefst. T.d. er mikilvægt að hita og prýstingsmæla til þess að vita til um vatnsborð holanna.

Mynd 8 sýnir jarðskjálfta sem mældust á sama tíma og HE-37 og HE-39 voru boraðar. Niðurdælingarsvæðið á Skarðsmýrarfjalli er sýnt með rauðum hring. Einn skjálfti er sjáanlegur á mynd 8 sem átti sér stað á sama tíma og borun á HE-37. Skjálftinn er í 2,5 km fjarlægð frá holutopp HE-37 og því mjög ólíklegt af þar sé eitthver orsakasamhengi á milli.

Fjórir skjálftar áttu sér stað á sama tíma og 3. áfangi borunar holu HE-39 en þeir eru merktir 1-4 á mynd 8. Skjálftarnir eru allir í ~1 km fjarlægð frá holutoppi holanna. Skjálfti 1 átti sér stað 31. mars 2008 og var 0,28 stig og átti upptök sín á 6 km dýpi. Skjálfti 2 átti sér einnig stað 31. mars og var af svipaðri stærð eða 0,24 stig og átti upptök á 9,35 km dýpi. Skjálfti 3 átti sér stað 30. mars og var 1,66 stig og átti upptök á 5,89 km dýpi. Skjálfti 4 átti sér stað 31. mars og var 0,58 stig og átti upptök á 6,05 km dýpi. Þessa daga 30-31. mars var verið að bora 3. áfanga HE-39 en þá gekk borun mjög vel og var borað frá 29. mars – 2. apríl slitrulaust (Theódóra Matthíasdóttir o.fl., 2010).



Mynd 8: Jarðskjálftar sem komu fram við borun HE-39 (bleikt) og HE-37 (grænt).

Heimildir

- Gunnar Gunnarsson, Anette K. Mortensen, Bjarni Reyr Kristjánsson og Ingvi Gunnarson. 2016. *Staða niðurdælingarmála á Hellisheiði*. Orkuveita Reykjavíkur.
- Hjalti Franzson. 2007. *Tillaga að hönnun holu SN-2 nyrst á Skarsðmýrarfjalli*. Íslenskar Orkurannsóknir.
- Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir og Hörður Tryggvason. 2010. *Skarðsmýrarfjall – Hóla HE-37. 3. áfangi: Borun frá 755 m í 3111 m dýpi fyrir 9 5/8“ leiðara*. Íslenskar Orkurannsóknir.
- Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir. 2008. *Skarðsmýrarfjall – Hóla HE-37. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 85 m, öryggisfóðringu í 304 m og vinnslufóðringu í 754 m*. Íslenskar Orkurannsóknir.
- Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir. 2008. *Skarðsmýrarfjall – Hóla HE-39. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 99 m, öryggisfóðringu í 305 m og vinnslufóðringu í 781 m*. Íslenskar Orkurannsóknir.
- Theódóra Matthíasdóttir, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Hörður Tryggvason, Svanbjörg Helga Haraldsdóttir og Magnús Á. Sigurgeirsson. 2010. *Skarðsmýrarfjall – Hóla HE-39. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta fyrir 9 5/8“ leiðara frá 782 m í 3056 m dýpi*. Íslenskar Orkurannsóknir.