

**Staðsetning holu HJ-19 á Arnarnesi við  
Eyjafjörð**

**Ólafur G. Flóvenz,  
Bjarni Gautason,  
Þorsteinn Egilsson**

**Greinargerð ÓGF-BG-ÞE-2002-02**



11-04-2002

## Staðsetning holu HJ-19 á Arnarnesi við Eyjafjörð

### 1 INNGANGUR

Þessi greinargerð lýsir í örstuttu máli þeim rannsóknum og mælingum sem gerðar hafa verið vegna jarðhitaleitar á Arnarnesi. Undanfarnar vikur hefur verið unnið að úrvinnslu og samtálfun þeirra gagna sem aflað hefur verið með þessum rannsóknum með það fyrir augum að staðsetja djúpa rannsóknarholu sem hefði það að markmiði að hitta í meginuppstreymisæð jarðhitakerfisins á Arnarnesi. Þessi vinna er langt komin og liggja allar meginniðurstöður fyrir þótt eftir sé að finnpússa þær og koma þeim í skýslu. Vegna þess að aðstæður á bormakaði eru hagstæðar til borunar nú í vor hefur verið afraðið að bora nú.

Jarðhitaleit á Arnarnesi á sér talsverðan aðdraganda. Við rannsóknir og jarðhitaleit á Árskógsströnd snemma á níunda áratugnum komu í ljós afgerandi vísbendingar um sprungubelti með norðvestlæga stefnu sem liggur frá jarðhitasvæðinu suðvestan í Hrísey, um utanverða Árskógsströnd í stefnu á Arnarnes (Ólafur G. Flóvenz og Ómar B. Smárason, 1996). Upphaflega var þetta sprungubelti ákvarðað út frá dreifingu örsmárra jarðskjálfta, síðan fundust þessar sprungur í fjörunni við Litla-Árskógssand og loks kom í ljós að jarðhitasvæðið sem Hitaveita Hríseyjar nýtir, jarðhitasvæðið á Brimnesborgum, jarðhitasvæðið í Ytri-Vík og meint jarðhitauppstreymi undan Arnarnesnöfum liggja á þessu sprungubelti.

Fyrir nokkrum árum boraði Alvarr um 60m djúpa holu á Hjalteyri fyrir Fiskeldi Eyjafjarðar. Tilgangur borunarinnar var að vinna jarðsjó sem síast hefur í gegnum efstu setlöginn undir Hjalteyri. Sú hola skilaði ekki tilætluðum árangri en hitastigull í holunni reyndist rúmlega 100°C/km, sem er nokkuð hærra en eðlilegt getur talist utan jarðhitasvæða. Þess ber þó að gæta að holan náði ekki niður úr lausu jarðlögum sem þarna eru. Í framhaldinu boraði Alvarr aðra holu við bryggjuna syðst í þorpinu. Sú hola var um 120m djúp og náði vel ofan í fast berg. Hitastigull í henni var svipaður og í fyrri holunni.

Árið 1999 hófst Arnarneshreppur handa við skipulega jarðhitaleit á svæðinu. Verkefnið var stutt af átaki ríkisstjórnarinnar til jarðhitaleitar á köldum svæðum. Rannsóknasvið Orkustofnunar (ROS) annaðist hinn jarðvísindalega hluta leitarinnar. Var fyrst í stað beitt hitastigulsborunum og annaðist Alvarr boranirnar. Fyrstu 7 holunum, sem voru 50-120m djúpar, var raðað á ströndina frá Arnarnesnöfum að Hjalteyri. Ástæðan var sú að sjálft Arnarnesið er allt hulið þykkum setlögum sem dýrt er að bora í gegnum. Því var reynt að finna hitahámarkið í fjörunni og leita síðan inn til landsins út frá því. Kom fljótlega í ljós að þarna var jarðhitasvæði á ferðinni og fékkst svolítið volgt vatn upp úr sumum holnanna. Í kjölfarið voru síðan boraðar 7 holur uppi á nesinu sjálfu og leiddu þær til þess að unnt var af afmarka jarðhitasvæðið og sýna fram á að hiti neðan 500m dýpis er um eða yfir 80°C.

Eftir því sem í meiri jarðhiti fannst við vestanverðan Eyjafjörð varð ljóst að þarna gæti verið á ferðinni vænlegur framtíðarkostur í orkuöflun fyrir Norðurorku. Það leiddi til þess að Norðurorka samdi við landeigendur á jarðhitasvæðinu á Arnarnesi um jarðhitaréttindin þar. Auk þessara svæða, sem þegar hafa fundist, hefur komið í ljós að von er til að jarðhiti kunni að leynast nærri Skipalóni og áformar Norðurorka nú að leita að jarðhita á öllu svæðinu milli Hörgár og Hjalteyrar.

## 2 JARÐFRÆÐILEGAR FORSENDUR

Í þessum kafla er fjallað stuttlega um þær jarðfræðilegu aðstæður sem eru á Arnarnesi, gerð grein fyrir helstu rannsóknum og bráðabirgðaniðurstöðum þeirra.

### 2.1 Jarðlagaskipan

Arnarnesið er um 80m hátt aflöng hæð og er Hjalteyri vestan í því. Nesið nær upp í um 85m hæð þar sem það er hæst beint vestur af þorpinu á Hjalteyri. Nesið er byggt upp sem hæð í berggrunni sem klædd er þykkum setlögum. Þykktin er allt að 70m þar sem þau eru þykkust en uppi á holtinu. Nærri fyrirhuguðum borstað HJ-19 er þykktin um 45-50m. Hvergi sér í berggrunn nema í fjörunni nyrst á Arnarnesi og síðan í fjallinu vestan við. Neðan setlaganna tekur við hefðbundinn eyfirskur jarðlagastafli úr teríeru basalti með millilögum.

Kristján Sæmundsson jarðfræðingur hefur kortlagt hluta af jarðlagastaflanum við Eyjafjörð þótt þær niðurstöður hafi ekki verið birtar á jarðfræðikorti. Í fjöllum milli Eyjafjarðar og Þorvaldsdals er halli jarðlaganna um 4° rétt austan við suður. Ef gert er ráð fyrir sama jarðlagahalla á Arnarnesi má búast við að þau jarðlög sem eru á 500 – 1500m dýpi komi til yfirborðs á strönd Eyjafjarðar 7-20km norðar. Ef jarðlaga halli er svipaður á öllu þessu svæði gætu jarðlögin í holu ÁRS-28 á Árskógsströnd verið hliðstæð því sem vænta má á 700-1100m dýpi undir Arnarnesi og þau sem eru neðan 1200m gætu verið svipuð efsta hluta jarðlaga í borholunum í Hrísey. Borun í þessi jarðlög hefur verið vandræðalítill.

### 2.2 Brotalínur

Helstu brotalínur sem vitað er um á Arnarnesi eða nágrenni eru eftirfarandi:

- Gangur eða gangasyrpa með stefnu um N10°A sem liggur um jarðhitasvæðið.
- Norðvestur brotalína með stefnu N30°V sem öll jarðhitasvæðin frá Hjalteyri að Árskógsströnd liggja á. Hugsanlega eru sprungur sem fram koma í mælingum með borholuskanna í holu HJ-13, og stefnir N38°V, tengdar þessu kerfi.
- Líklegt brot eða gangur undir hitafrávikinu í borholunum á Arnarnesi. Stefna líklega N35°A. Til samanburðar má geta þess að stefna hitafráviksins við Brimnesborgir er svipuð eða um N40°A.
- Jarðskjálftasprungur með stefnu N15°A koma fram í dreifingu jarðskjálfta í Eyjafirði og stefna inn að Hjalteyri.

### 2.3 Hiti í jörðu

Alls hafa verið boraðar 18 grannar rannsóknarholur við Arnarnes og Hjalteyri. Af þessum 18 holum eru 2 sem mislukkuðust og eru ónýtar (HJ-02 og HJ-08). Allar hinar heppnuðust og eru þær sýndar á mynd 1. Þær eru misdjúpar, þær grynntu, sem eru boraðar beint í berg, eru 50-60m en sú dýpsta, HJ-18 er 463m djúp. Allar holurnar hafa verið hitamældar a.m.k. tvisvar, sumar mun oftar. Þegar dregin er upp mynd af hitanum á ákveðnu dýpi kemur fram afmarkað svæði með háum hita. Ef litið er á hitann á 150m dýpi sést þröngt ílangt svæði umhverfis holur HJ-9, 13, 17 og 18 þar sem hitinn er hærri en 45°C (mynd 1) og verður heitastur um 60°C í holu HJ-18. Þetta hitafrávik stafar væntanlega af undirliggjandi vatnsleiðandi sprungu með sömu stefnu og hitafrávik, þ.e. N35°A og er hola HJ-18 næst sprungunni.

Á myndinni er einnig sýnt svæði þar sem hiti á 150m dýpi er yfir 30°C. Allt þetta svæði er undir umtalsverðum áhrifum jarðhita. Áberandi er hversu ósamhverft þetta svæði er, það er mun breiðara til vesturs en austurs. Breiddin til austurs er ekki ósvipuð því sem búast má við umhverfis jarðhitasprungu en breiddin til vesturs er mun meiri. Það verður vart skýrt með öðru en því að annað hvort er rennsli lárétt út frá sprungunni til vesturs, og þá neðan 320m dýpis, eða að þarna liggja um sprungur sem flytja heitt vatn. Í síðara tilvikinu mætti bæði hugsa tvo möguleika. Annars vegar að gæti slík sprunga legið milli holu HJ-15 og HJ-07 og með svipaða stefnu og hitafrávik við holu HJ-18, hins vegar gæti vatn leitað út frá jarðhitasprungunni við HJ-18 og eftir norðvestur brotum.

Hitamælingarnar í holu HJ-18 eru sýndar á mynd 2. Þær sýna flestar rennsli í holunni þ.a. það er einungis í botni hveftrar mælingar sem hitamælingarnar sýna hita sem er nærri raunverulegum berghita. Berghitinn, þ.e. áætlaður hiti í berginu sem holan fer í gegnum út frá hitamælingunum er einnig færður inn á myndina. Berghitamælingin sýnir að hiti á botni holunnar á um 460m dýpi er rétt tæpar 80°C. Jafnframt sést að hitinn fer vaxandi í neðri hluta holunnar og má áætla að hann muni ná um 85°C hita á 700m dýpi. Berghitaferilinn má túlka þannig að holan nálgist með dýpi vatnsæð með 80-90°C hita en muni varla hitta á hana fyrr en niður fyrir 700m kemur.

Hitamælingar í holu HJ-17 sýna háan hita grunnt en í neðri hluta hennar er hitastigull lágur sem bendir til þess að hola sé nærri útkanti kerfisins. Hola HJ-13 er einnig snarpheit en neðst í henni er stór vatnsæð og neðan hennar vottar fyrir kólnun, sem bendir til lárétts rennslis í æðinni. Það gefur einnig til kynna að hola HJ-13 sé nærri útkanti svæðisins. Hola HJ-12 sýnir merkilegt fyrirbrigði. Úr henni rennur talsvert vatn. Þar er æð neðarlega í holunni sem hefur hitnað með tímanum. Þarna er um að ræða rennsli í láréttri hæð sem hófst þegar holan opnaði rennslisleið upp úr jarðlaginu.

#### **2.4 Segulmælingar**

Til að leita að hugsanlegum berggöngum var segulsvið mælt eftir þremur línum þvert á hitafrávikni. Í ljós kom afgerandi neikvætt segulfrávik sem stafar af öfugt segulmögnum gangi eða gangaþyrpingu. Miðja þessa gangs eða gangaþyrpingar myndar beina línu með stefnu N10°A og liggur hún um holu HJ-17. Vegna þess hve djúpt er á fast berg þarna er ekki unnt að greina hvort þarna eru margir gangar á ferðinni né heldur hve breiður gangurinn undir holu HJ-17 er. Miðja gangisins er færð inn á mynd 1.

#### **2.5 Jarðlagagreining**

Allt borsvarf sem barst frá boruninni hefur verið greint með tilliti til jarðlagagerðar. Jafnframt voru gerðar jarðlagamælingar í nokkrum holnanna til að auðvelda jarðlagagreininguna. Þar kemur m.a. í ljós að hola HJ-17 er að mestu boruð í berggangi, berggangur sést í holu HJ-18 en holur HJ-13 og HJ-15 eru í dæmigerðum lagskiptum basaltstafla. Ekki hefur tekist að tengja jarðlög milli hola HJ-15 og HJ-13.

#### **2.6 Mælingar með borholuskanna**

Vegna skorts á upplýsingum um jarðlagahalla var ákveðið að beita nýju tæki, borholuskanna, sem ROS hefur nýlega eignast. Þarna er um að ræða tæki sem notar hátíðnihljóðbylgjur til að búa til háupplausnar mynd af veggjum holunnar. Má greina lagmót og sprungur sem eru bara nokkurra millimetra grannar og reikna halla þeirra og stefnu. Þessum mæli var rennt í holur HJ-13, HJ-17, HJ-18 og HJ-15. Úrvinnslu er ekki að fullu lokið. Þó kemur tvennt athyglisvert fram í holu 13. Í fyrsta lagi mælast lagmót milli laga að meðaltali hafa um 3° halla með stefnu 10° austan við suður. Er það mjög í samræmi við hallann í fjallendinu vestan Hjalteyrar. Í örðu lagi sést syrpa af sprungum neðarlega í holunni, nálægt aðalæðum hennar. Þessar sprungur eru hafa meðalstefnu um N38°A.

#### **2.7 Útreikningar á hitadreifingu**

Sett var upp tvívítt reiknilíkan af hitadreifingu í jörðu kringum sprunguna. Það liggur gegnum holur HJ-01, 10, 12, 18, 15 og 4. Það gerir ráð fyrir sprungu með vægum vesturhalla frá lóðréttu undir miðju hitafrávikinu og svolitlu rennsli eftir láréttu millilagi út frá sprungunni á um 100m dýpi undir sjávarmáli. Hitinn í sprungunni er áætlaður um 85°C á 500m dýpi, hitnandi í 100°C á 1km dýpi. Líkanið skýrir ágætlega hitamælingarnar í holum HJ-18, 12, 10 og 01 en nær alls ekki að skýra tiltölulega háan hita í holum HJ-15 og HJ-04. Nægir ekki einu sinni að grípa til lárétts rennslis frá sprungunni til vesturs til að skýra hitann í HJ-15 heldur verður að gera ráð fyrir sprungum með heitu vatni þar í grennd.

## 2.8 Halli bergganga og brota

Nær engar upplýsingar hafa fengist um halla bergganga og brota í eða við hitafráviknið. Þó virðist meðalhalli NV-sprungnanna í holu vera um 7° til vesturs frá lóðréttu samkvæmt borholuskannanum. Almennt virðist gilda að sprungur og brot eru nálægt því að vera hornrétt á jarðlagastaflann. Það þýðir að sé halli jarðlaga austlægur er halli brotanna vestlægur að því tilskildu að brotin liggja í stríkstefnu jarðlaga (þ.e. þvert á jarðlagahallann). Halli jarðlaga undir Arnarnesi er líkleg 3-4° í stefnu 10-20° austan við suður. Gangurinn og sprungan sem liggur undir hitafrávikinu liggja ekki í stríkstefnu jarðlaga heldur undir talsvert stóru horni. Það þýðir að búast má við að halli sprungnanna kunni að vera vestlægur en mun minni en halli jarðlaganna. Það leiðir aftur til þess að erfitt er að hitta í svona brot með lóðréttri borholu og hættan á að missa marks er nokkur.

## 2.9 Hugmyndalíkan að svæðinu

Út frá fyrirbyggjandi rannsóknum má gera sér eftirfarandi hugmyndalíkan að svæðinu. Í grennd við holu HJ-18 skerast tvö eða þrjú brotakerfi sem skapa skilyrði fyrir upprennsli jarðhita. Um er að ræða gang eða ganga með stefnu N10°A, einhvers konar sprungu (gæti líka verið gangur eða misgegni) með stefnu N35°A og e.t.v vill brota með stefnu N38°V. Uppstreymið virðist fylgja sprungunni. Halli hennar er óviss og skurðlína hennar við yfirborð er illa ákvörðuð svo skeikað getur tugum metra. Líklegt er að halli allra þessara brota sé vestlægur en lítill. Hóla HJ-18 virðist vera nærri miðju hitafráviksins en hún er um 60m frá ganginum sem liggur um holu HJ-17. Hitinn í jarðhitkerfinu er a.m.k. 80°C en er trúlega nokkru hærri. Vatnið er ferskvatn og ekki sjávarblandað. Vegna nálægðar við sjó og þess að sprungubeltið stefnir út í sjó er þó alltaf hættan á sjávarmengun við mikinn niðurdrátt. Út frá uppstreyminu rennur svo vatn lárétt eftir millilögum og sprungum.

## 3 STAÐSETNING HOLU HJ-19

Upphafleg hugmynd að staðsetningu holunnar var að hafa hana heldur vestar en holu HJ-18 og ívið norðar. Hugmyndin með því að fara norðar var að vera ekki of nærri suðurmörkum svæðisins. Með því að fara heldur vestar var nokkuð tryggt að ekki yrði farið of grunnt í meginsprunguna. Hugsunin var sú að bora lóðrétt niður á um 1000m dýpi en beygja síðan til austurs með 20° halla niður á 1500m ef ekki hafði hist á sprungunna ofan 1000m dýpis. Með því móti gerði lítið til þótt nákvæm staðsetning og halli sprungunnar væri illa ákvörðuð. Eftir að verðhugmyndir komu frá Jarðborunum hf var ljóst að skáborun var mjög dýr kostur, líklega um 50% hærri en fyrir beina holu ef aðeins er reiknað af borkostnaðinum sjálfum. Liggur við að bora megi 2 beinar 1000m holur fyrir andvirði einnar 1500m skáholu. Í ljósi þessa er nú mælt með að reynt verði að bora 1000m holu, í ámóta fjarlægð frá miðju hitafráviksins en heldur nær ganginum og reyna að hitta í sprunguna með því móti. Takist það sparast líklega um 20 milljónir króna. Þegar þeirri borun ljúki verði metið hvernig haldið verður áfram. Þá eru einkum eftirfarandi kostir fyrir hendi:

- 1) Að hætta ef árangur er orðinn nægur,
- 2) að halda áfram í 1500 m með beinni holu,
- 3) að halda áfram með skáborun
- 4) að hætta og bora aðra beina,
- 5) að hætta og leita betur að sprungunni með grunnum holum.

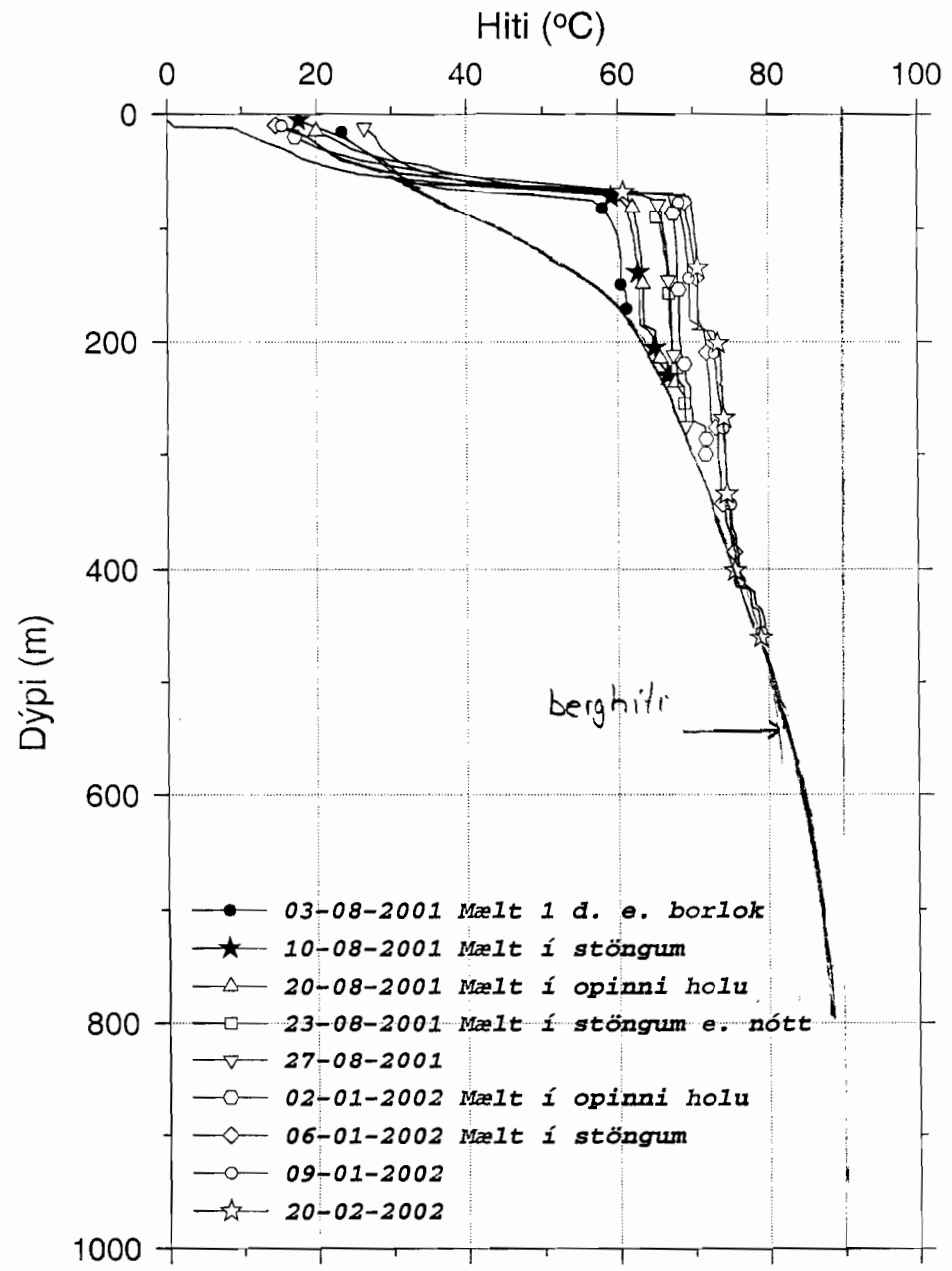
Það ræðst af framvindu borverksins og þeim upplýsingum sem fáast við borunina hvaða kostur verður valinn eftir að 1000m er náð. Spyrja má hver vegna ekki er farið í það fyrst að ákvarða legu sprungunnar nákvæmar. Því er til að svara að það kostar mikið, einkum í grunnum borunum og ekki víst að niðurstöðurnar verði til að auka nægjanlega mikið nákvæmni í staðsetningu á beinni holu að það réttlæti kostnaðinn við rannsóknirnar.

Akureyri 11. apríl 2002

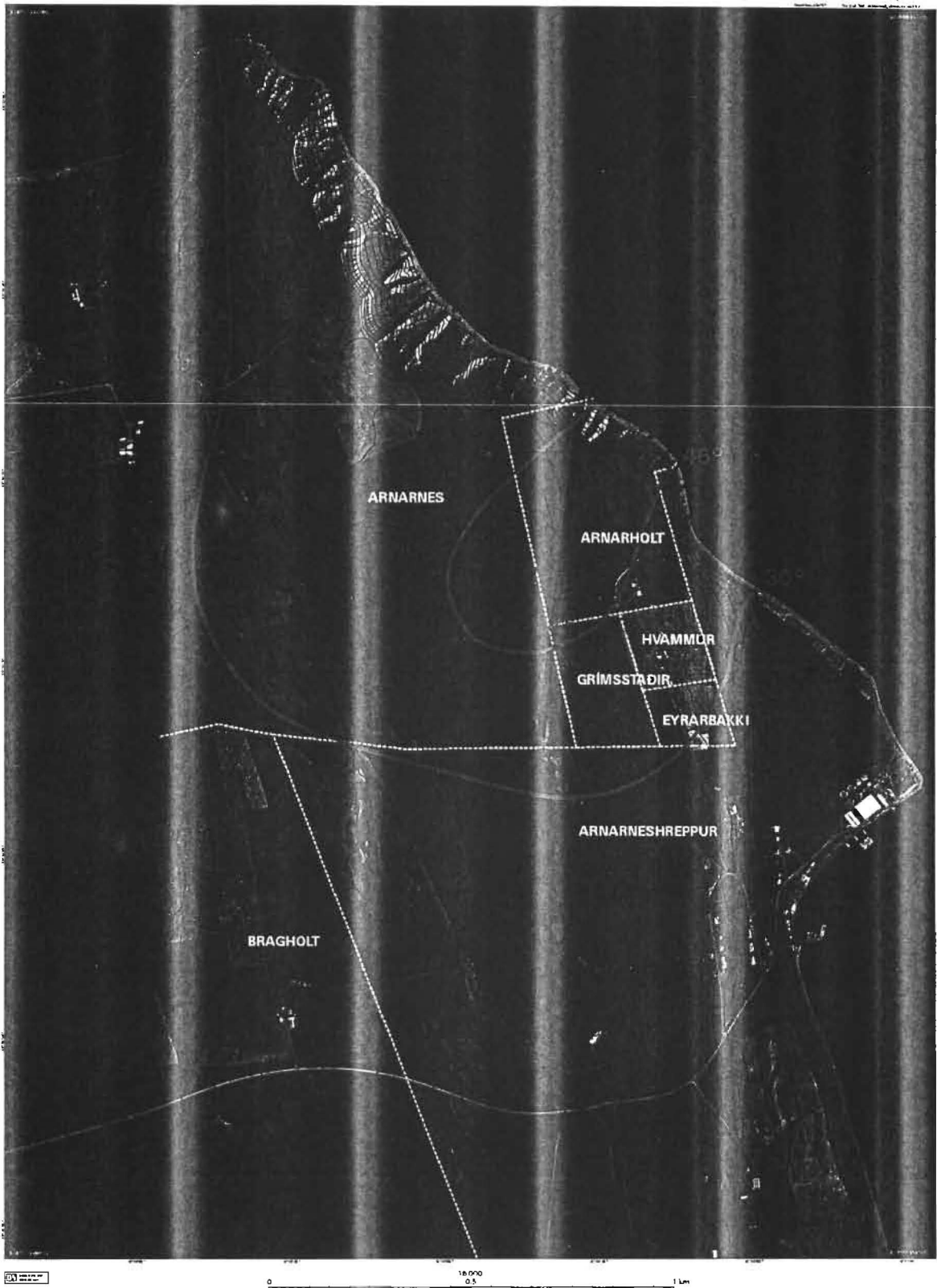
Ólafur G. Flóvenz  
Bjarni Gautason  
Þorsteinn Egilson

10-apr-2002  
ogf s=53568

### Arnarnes HJ-18 Eyjafjarðarsýsla



Mynd 2



**Mynd 1.** Jarðhiti við Hjalteyri, Arnarneshreppi. Berggangur er sýndur sem svört lína, rauðar heilar línur eru jafnhitalínur á 150 m dýpi og hvítar brotalínur sýna landamerki.