



**Hitaveita Siglufjarðar - Jarðhitaleit:  
Staðsetning hitastigulshola**

**Helgi Torfason**

**Greinargerð HeTo-88-07**

HITAVEITA SIGLUFJARÐAR - JARÐHITALEIT: STAÐSETNING HITASIGULSHOLA

1. INNGANGUR

Hitaveita Siglufjarðar tók til starfa árið 1975, en fyrsta holan í Skútudal var boruð 1964. Alls hafa verið boraðar 11 holur, sú dýpsta er 1672 m (H-8), en sú sem mest vatn gefur er 870 m (H-11).

Hitaveitan hefur átt við það vandamál að stríða að vatn er af skornum skammti, en með tilkomu H-11 er nóg vatn til að sjá bænum fyrir upphitun (að meðaltali 25 l/s af 75°C og 110 m niðurdráttur). Í greinargerð Orkustofnunar (Ómar/AB-88/01) eru taldir upp 5 kostir til frekari orkuöflunar fyrir hitaveituna:

- Endurvirkjun holu 10, en í apríl 1988 féllu snjóflóð á hana. Komið hefur í ljós að H-10 skemmdist minna en talið var í fyrstu og er holubúnaðurinn að mestu óskemmdur. Verður því byggt nýtt timburhús yfir holuna á þessu ári og hún getur því áfram talist vera varahola fyrir hitaveituna.
- Orkusparnaður: Mælar verði settir í stað hemla.
- Endurborun holu 9: Hóla 9 skekkdist í borun og hitti ekki á góða vatnsleiðara.
- Borun nýrrar vinnsluholu.
- Leit að nýjum vinnslusvæðum.

Af þessum kostum mun sá síðasti óvissastur, en tiltölulega ódýr miðað við frumkönnun eins og er hér til umfjöllunar. Hitaveita Siglufjarðar hefur óskað eftir því við Orkustofnun að hún annist ráðgjöf við jarðhitaleitina og er þessi greinargerð liður í því verki.

Þær rannsóknir sem áður hafa verið gerðar á jarðfræði í nágrenni við borsvæðið

hafa leitt í ljós að nokkrir berggangar, sem sjá má í gili Skútuár, stefna innundir svæðið og hafa uppstreymisrásir heita vatnsins verið taldar tengdar þeim (Axel Björnsson o.fl. 1976; Jens Tómasson o.fl. 1979). Viðnámssniðsmælingar voru síðan gerðar 1981 og með þeim fannst vísbending um vatnsleiðandi sprungu í stefnu 010° er sker gangana, og hallar til austurs eins og þeim (Kristján Sæmundsson o.fl. 1983) Þetta breytti nokkuð myndinni af jarðfræði svæðisins og við holu H-11 var leitast við að skera bæði ganga og einnig þessa vatnsleiðandi sprungu sem viðnámssniðsmælingarnar gáfu til kynna. Stefnt var að skera vatnsleiðarann á 900-1000 m dýpi, og var þá miðað við að halli hans væri 5-6° til austurs. Við borun holu H-11 var komið í vatnsleiðara á minna dýpi og eru helstu vatnsæðarnar á 695-715 m (Ómar Sigurðsson o.fl. 1987). Bendir þetta til þess að annaðhvort halli vatnsleiðaranum meira en talið var í fyrstu, eða að vænta megi meira vatns neðar. Þessi atriði voru höfð í huga við rannsóknir þær sem nú eru hafnar og bendir ýmislegt til þess að eins líklegt sé að misgengi leiði vatnið, eins og nánar verður vikið að hér á eftir.

Alls hafa nú verið boraðar 11 holur í Skútudal fyrir Hitaveitu Siglufjarðar. Auk þessa voru boraðar 13 holur á eyrinni við Siglufjarðarbæ árið 1948 (7.3-27.9 m) fyrir Síldarverksmiðjur Ríkisins, en þær eru víst allar horfnar nú. Einnig voru boraðar 7 holur fyrir Vatnsveitu Siglufjarðar árið 1968 (9.5-15.8 m) og eru einhverjar þeirra enn opnar og verða hitamældar, ef verður af borun hitastigulshola í september 1988.

Hér á eftir verður fjallað um jarðfræði í Siglufirði, einkum byggingu jarðlagastflans



og staðsetningu 5-7 hitastigulshola fyrir hitaveituna. Í þeirri samantekt sem hér er fram sett eru allar hallatölur miðaðar við láréttan flöt (mælt hvassa hornið), og eru hallalaus jarðlög því 0° en lóðréttir gangar eru 90°.

## 2. JARÐFRÆÐI

Jarðlög í fjöllum umhverfis Siglufjörð eru gerð úr basalhraunlögum með fremur þunnum setlögum á milli. Hraunlögin eru yfirleitt 4-8 m þykk, og að auki með 1-2 m gjallkarga ofaná, en þynnra og stundum engu gjalli undir. Milli hraunlaganna eru oft setlög, eldrauð á litinn, yfirleitt fínkorna og stundum með förum eftir strá og mosa, en steingervingar trjáa o.þ.h. hafa ekki fundist að neinu marki ennþá, svo vitað sé. Setlögin eru frá 1-2 cm upp í 0.5-1 m á þykkt, vel samanlímd og orðin vel hörð. Berglagastafllinn var ekki kortlagður með tilliti til berggerðar, en sum hraunanna eru áberandi feldspatdílótt og því yrði slík kortlagning ekki mjög erfið, en fremur tímafrek. Ekki var talin ástæða til að gera slíkt kort af svæðinu á þessu stigi.

Aldur berglaga hefur verið vel kannaður á svæði frá Ólafsfirði suður í Austurdal í Skagafirði og því komin nokkuð góð mynd af aldri berglaga á miklum hluta af Tröllaskaga (Kristján Sæmundsson o.fl. 1980). Má styðjast við þær rannsóknir til að geta í aldur jarðlaga við Siglufjörð. Elst eru berglög í austanverðum Ólafsfjarðarmúla. Þar ofaná leggjast yngri berglög eftir því sem kemur sunnar og vestar, en jarðlagahalli er til suðvesturs og vesturs á norðanverðum Tröllaskaga (Kristján Sæmundsson o.fl. 1980). Aldursgreiningar (K-Ar) gefa til kynna að elstu jarðlög séu um 12 milljón ára gömul og koma þau fram neðst í Ólafsfjarðarmúla og fjöllum sem eru þar norðuraf. Samkvæmt jarðlagahalla ættu álfka gömul jarðlög að koma fram í utanverðum Siglufirði; jarðlög í Skútudal eru því trúlega um 10-11 milljón ára gömul.

Halli jarðlaga við Siglufjörð er til suðvesturs (140/6-10°SW) og er um 10° við

sjávarmál en minnkar er ofar dregur í fjöllin og er orðinn 2-4° í efstu fjallatoppum. Í Skútudal er halli jarðlaga um 8-10° í dalbotninum og 6-8° í efri hluta Hólshyrnu.

Berggangar eru margir og fremur þykkir. Í gili Skútuár má finna 12 ganga með meðalþykktina 3 m, og er stefna þeirra flestra NNE (algengast 005-030°) og hallar þeim öllum til austurs um 70-85°, algengastur er þó um 75-80° halli. Gangar voru eingöngu athugaðir nákvæmlega við Skútuá, en bæði þar og annarsstaðar virðast þeir stefna dálítið austar en brotin. Þar sem unnt var að skoða tengsl brota og ganga voru brotin yngri.

Misgengi eru mörg (mynd 1) og er stefna þeirra NNA með litlum frávikum. Gildir þetta bæði um misgengi sem rekja má 2-3 km, og 1-2 cm breiðar og 3-4 m langar smásprungur sem athugaðar hafa verið í farvegi Skútuár. Smásprungur í farvegi Skútuár eru fylltar útfellingum (mest kalsíti) og hafa greinilega verið leiðarar heits vatns. Þar sem ekkert heitt vatn rennur nú til yfirborðs er ekki lengur unnt að athuga tengsl þess við þessar sprungur, en trúlega eiga þær sinn þátt í rennsli heita vatnsins, því brotin virðast vera yngri en gangarnir. Þetta þýðir ekki að tengsl séu engin milli ganga og rennslis heita vatnsins, heldur er bent á að fleiri þættir ráða rennslinu en gangar eingöngu. Misgengi stefna yfirleitt 010-020° og halli þeirra er um 75° til austurs, og gildir þessi stefna einnig um smásprungurnar. Meginstefna misgengja og ganga er dálítið mismunandi en ef miðað er við að brot og misgengi hafi stefnuna 010/75°E og gangar 020/80°E er skurðlína þeirra nálægt 150/8-9°E (plunge).

Það er sérkennilegt að gangar og brotalínur á þessu svæði stefna ekki í samræmi við halla jarðlagastaflans. Venjulega eru gangar sem næst hornréttir á halla jarðlaganna og sama gildir oft um brotalínur. Það sem hér virðist hafa gerst er að jarðlagastafllinn hefur hallast til vesturs og gangarnir með, síðan hefur staflanum verið hallað til suðvesturs og brotalínur myndast um líkt leyti. Það sem veldur þessu er að öllum líkindum stórt þvergengi sem



kallað hefur verið Tjörnes-þverengið (Kristján Sæmundsson 1974) og liggur frá Húsavík til norð-vesturs, fyrir norðan Flateyjardal og vestur fyrir Grímsey, þar sem brot sveigja til norðurs (Kristján Sæmundsson 1974, 1979). Þverengi þetta verður til er stórir flekar í jarðskorpunni hreyfast lárétt í gagnstæðar áttir. Breiðar spildur beggja vegna við þverengið brotna upp og skekkjast. Þannig hefur undist upp á jarðlagastaflann og hann velst til suð-vesturs á Flateyjardal og þar í nánd (Young o.fl.1985). Líklega nær þessi sveigja einnig til norðurhluta Tröllaskaga. Þessum umbyltingum tengjast stórir jarðskjálftar sem hafa gert spjöll á Húsavík, Dalvík og víðar á Norðurlandi. Það þarf því ekki að vefjast fyrir að umbrot þessi eru enn í gangi og er líklegt að rennsli heits vatns um hinn gamla jarðlagastafla á Norðurlandi sé ein afleiðing þessara umbyltinga. Það er því æskilegt að hugað verði að brotakerfum Norðurlands í náninni framtíð og helst gerð nákvæmt kort af byggingarlagi norðurhluta Tröllaskaga, halla, berggöngum og brotalínum o.þ.h.

### 3. LEIT NÝRRRA VINNSLUSVÆÐA

Til að huga að nýjum virkjunarmöguleikum fyrir Hitaveitu Siglufjarðar hefur verið kortlögð bygging jarðlagastaflans við innanverðan Siglufjörð. Einkum var hugað að misgengjum og brotum er geta tengst jarðhitakerfum í efri hluta jarðskorpunnar, þó ekki sé heitt vatn á yfirborði. Hin norðlæga stefna brotalínanna hefur leitt hugann að dreifingu jarðhita á Norðurlandi, og þá einkum í Fljóttum. Í Fljóttum er talsverður jarðhiti og má trúlega tengja hann norðlægum brotum, eins og reyndin er á Reykjarhólunum báðum. Ekki er raunhæft að svo stöddu að tengja jarðhita í Fljóttum eða á Ólafsfirði við jarðhitann í Skútudal, til þess er of lítið vitað um jarðhitakerfin almennt. Það viðist þó í fljótu bragði að orsakir jarðhita í Fljóttum og Skútudal séu þær sömu, norðlæg brot er

líklega tengjast láréttum hreyfingum á Tjörnes-þverenginu.

Með þetta í huga voru staðsettar 5 hitastigulsholur (50 m djúpar) á Siglufirði (mynd 1) og er gert ráð fyrir 2 í viðbót er yrðu staðsettar að loknum þeim 5 fyrstu, ef einhver merki um jarðhita finnast. Með hitastigulsholunum er verið að þreifa eftir afbrigðilegum hita í jarðskorpunni er gæti tengst jarðhitakerfi þar undir niðri. Fari svo að finnist svæði þar sem merki virðist vera um jarðhitakerfi í skorpunni, má annað hvort halda áfram að leita með bornum og bora fleiri holur eða framkvæma viðnámsniðsmælingar, en kostnaður er líklega sambærilegur. Hvor kosturinn sem yrði valinn er þó mælt með að gert verði nákvæmt jarðfræðikort af því svæði sem þykir efnilegt, en það er fárra daga verk. Staðsetning og dýpi rannsóknarholu til endanlegrar staðfestingar og vonandi til virkjunar, myndi síðan verða ákveðið að fengnum upplýsingum úr þessum rannsóknum. Fremur fáar hitastigulsholur eru til á Tröllaskaga og nágrenni, en eru eftirfarandi:

Hofsós:	61°C/km
Hólar:	58°C/km
Akureyri:	66°C/km
Flatey á Skjálfanda:	47°C/km
Háls í Fnjóskadal:	68°C/km

Þær hitastigulsholur sem staðsettar voru eru allar í dalbotnum, og er miðað við að lítið þurfi að grafa ofanaf föstu bergi. Borar sem miðað er við að notaðir verði í þetta verk eiga erfitt með að bora í laus jarðlög og er því nauðsynlegt að hreinsa lausu jarðlögin ofanaf berginu, setja plaströr í og fylla að. Ekki þarf borplan né aðrar tilfæringar eins og nauðsynlegt er fyrir dýpri borholur. Miðað er við að við borun verði notað loft en ekki vatn til flutnings á borsvarfi til yfirborðs og að bortækið verði á beltum, en það er þó ekki nausynlegt fyrir þær 5 holur sem staðsettar hafa verið.

HOLA A: Staðsett tæpan 1 km norðan við Siglufjarðarbæ, rétt sunnan við trönur, neðan þjóðveggar, 65 m frá sjó. Laus jarðlög



hér eru líklega innanvið 4-5 m, að mestu jökulruðningur.

HOLA B: Staðsett við veginn upp í Siglufjarðarskarð, um 500 m frá vegamótunum þar sem hann skilst frá vegi inn í malarnámur. Miðað er við að holan verði 2-4 m frá veginum og grafa þarf 2-3 m af lausum jarðlögum til að komast ofaná fast.

HOLA C: Staðsett um það bil 10-15 m ofanvið eyðibýlið Neðri Skútu. Þar má gera ráð fyrir 2-3 m jökulruðningi ofaná klöpp, en klöpp er í farvegi Skútuár 50-100 m sunnar.

HOLA D: Staðsett í Skútudal, 700-800 m vestan við borholur Hitaveitunnar, og er miðað við að grunnt sé ofan á fasta klöpp, e.t.v. 1-2 m. Staðurinn sem mælt er með er fáeinum metrum neðan (vestan) við þar sem klöpp sést í Skútuá, en er vestar dregur þykkar framburðurinn úr ánni og meira verk verður að grafa ofan á fast, ef ákveðið verður að bora utar í dalnum.

HOLA E: Staðsett í Fjarðarbotni, í malarnámum austan Fjarðarár, eins langt og unnt er að keyra. Lækur rennur sunnan við ruðninga úr námunni og stendur þar klöpp uppúr. Ef farið er ca. 10 m norðar, er lægra niður að föstu bergi og má þó gera ráð fyrir 2-3 m af lausum jökulruðningi áður en komið er í klöpp.

Bormenn hafa hitamælirúllu og geta mælt fyrstu holunnar, en jarðfræðingur þarf að koma á staðinn er verkið er langt komið til að ráðleggja um framhald eða verklok. Að verkinu loknu verður gerð grein fyrir niðurstöðum borana og gerð áætlun um frekari rannsóknir, ef þurfa þykir. Að yísu er unnt að staðsetja dýpri holu á grundvelli hitastigulsholanna og jarðfræðirannsókna, en þá verður borað með mikilli óvissu um legu líklegra vatnsæða í efri hluta staflans. Viðnámssniðsmælingar hafa hins vegar reynst notadrjúgar við að staðsetja nákvæmlega legu vatnsæða í efsta hluta jarðskorpunnar (á 200-300 m dýpi).

## HEIMILDIR

Axel Björnsson, Ragna Karlsdóttir, Kristján Sæmundsson & Haukur Jóhannesson 1976: Jarðhitarannsóknir og boranir í Skútudal við Siglufjörð 1975. Orkustofnun OS-JHD 7603: 11 s & 7 myndir.

Jens Tómasson, Margrét Kjartansdóttir, Gísli Karel Halldórsson, Guðmundur Ingi Haraldsson, Ragna Karlsdóttir & Ásgrímur Guðmundsson 1979: Heitavatnsöflun fyrir Hitaveitu Siglufjarðar. Rannsóknir og boranir í Skútudal. Orkustofnun OS79034/JHD16: 75 s.

Kristján Sæmundsson 1974: Evolution of the axial rifting zone in northern Iceland and the Tjörnes Fracture Zone. Geol. Soc. Am. Bull. 88: 495-504.

Kristján Sæmundsson 1979: Outline of the geology of Iceland. Jökull 29: 7-28.

Kristján Sæmundsson, Leó Kristjánsson, I. McDougall og N.D. Watkins 1980: K-Ar dating, geological and palaeomagnetic study of a 5-km lava succession in northern Iceland. Journ. Geophys. Res. 85, B7: 3628-3646.

Kristján Sæmundsson, Ólafur G. Flóvenz, Axel Björnsson & Þorsteinn Thorsteinsson 1983: Öflun viðbótarvatns fyrir Hitaveitu Siglufjarðar. Orkustofnun, Greinargerð KS/ÓGF/AB/P.Th.-83/03: 4 s.

Ómar Sigurðsson, Ragna Karlsdóttir & Margrét Kjartansdóttir 1987: Hitaveita Siglufjarðar. Mat á jarðhitasvæðinu í Skútudal. Orkustofnun OS-87034/JHD-08: 71 s.

Ómar Sigurðsson & Axel Björnsson 1988: Hitaveita Siglufjarðar. Möguleikar til heitavatnsöflunar eftir snjóflóðaskemmdir á holu 10. Orkustofnun, Greinargerð Ómar/AB-88/01: 4 s.

Young, K.D., M. Jancin, B. Voight & N.I. Orkan 1985: Transform deformation of tertiary rocks along the Tjörnes Fracture Zone, north central Iceland. J.G.R. 90, B12: 9986-10.010.



ORKUSTOFNUN

SIGLUFJÖRÐUR: Brotalínur og staðsetning  
hitastigulsborhola A-E

HETO 1988

