

**Jarðhitaleit á Austfjörðum. Umsögn til  
Sambands Austfirskra Sveitarfélaga**

**Ólafur G. Flóvenz**

28-12-1993

## JARÐHITALEIT Á AUSTFJÖRÐUM

### Umsögn til Sambands Austfirskra Sveitarfélaga

#### 1. INNGANGUR

Í bréfi dagsettu 4.8.1993 óskar Þorvaldur Jóhannsson eftir því fyrir hönd Orku- og stóriðju-nefndar Sambands Austfirskra Sveitarfélaga að Orkustofnun veiti umsögn um eftirfarandi at-riði:

1. Möguleika þess að finna svæði á Austurlandi þar sem vænta megi jarðhita með nýtanlegu vatni
2. Hvar þau svæði sé helst að finna
3. Hvernig skuli staðið að því að finna þessi svæði og skilgreina getu þeirra.

#### 2. JARÐFRÆÐI OG JARÐHITI Á AUSTURLANDI

Ef litið er á meðfylgjandi mynd 1, sem sýnir útbreiðslu jarðhita á Íslandi, er mjög áberandi hve sjaldgæfar laugar og volgrur eru á Austurlandi miðað við aðra hluta landsins. Um ástæður þessa er ekki vitað en líklegt er að mun virkari jarðskorpuhreyfingar vestan gosbeltisins ásamt hliðrunum á gosbeltum þar eigi drjúgan þátt í myndun jarðhitasvæðanna. Jarðlög á Austfjörðum eru í engu frábrugðin því sem gengur og gerist annars staðar á landinu, dæmigerður hraunlagastaflí úr basalhraunlögum, fornar megineldstöðvar á víð og dreif með tilheyrandi misgengja og berggangabeltum. Helst má benda á að jarðskorpan er rofin dýpra víða á Austfjörðum en víða annars staðar, einkum sunnan til. Það þýðir að jarðlög eru þar almennt þéttari en á sambærilegu dýpi annars staðar, t.d. á Vestfjörðum. Það eitt útilokar hins vegar ekki jarðhita en bendir fremur til þess að þau svæði sem kynnu að finnast muni hafa fremur lága lekt. Það sem skiptir máli og skapar skilyrði fyrir jarðhita eru því ekki jarðlögin sjálf heldur sprungumyndun í þeim; hún er forsenda þess að nýtanlegt jarðhitasvæði myndist.

Ef við lítum nú aftur á mynd 1 þá sjáum við að jarðhita er hvergi að finna á yfirborði nærri þéttbylisstöðum nema í Urriðavatni í Fellum og í Vopnafirði. Heita vatnið frá Urriðavatni er nýtt til hitaveitu á Egilsstöðum og í Fellabæ, en hiti lítur ekki út fyrir að vera nógu hár við laugarnar í Selárdal í Vopnafirði til halda þar áfram rannsóknum. Auk þessara tveggja staða eru munnmælasagnir um jarðhita við Þuríðarstaði á Eyvindarárdal en sá jarðhiti er sagður hafa horfið undir ána. Þessu til viðbótar er talsverður jarðhiti á framanverðum Jökuldal og Hrafnkelsdal og við rætur Vatnajökuls í grennd Hornafjarðar og Skaftafells.

#### 3. ALMENNT UM JARÐHITALEIT

Við leit að jarðhita er beitt mismunandi aðferðum eftir aðstæðum hverju sinni. Í megindráttum getum við skipt jarðhitaleit í tvö stig, svæðisbundna leit og staðbundna leit. Svæðisbundin leit felur í sér leit að jarðhita á stóru landsvæði. Hún miðast við að finna staði þar sem líkur eru á að nýtanlegur hiti sé í jörðu. Þegar slíkur staður hefur fundist hefst hin staðbundna leit. Hún felur í sér leit að vatnsleiðandi sprungum á litlu svæði og borun djúpra rannsóknahola í

þessar sprungur. Þar sem nær engir jarðhitastaðir eru þekktir nærri þéttbýli á Austfjörðum þarf fyrst að framkvæma svæðisbundna leit.

Grundvöllur jarðhitaleitar er almenn þekking á jarðfræði þess svæðis sem kanna á. Þessi almenna þekking felur í sér kortlagningu lauga eða volgra, efnagreiningu vatns úr þeim, kortlagningu sprungu- og misgengjasvæða og tengsl þeirra við jarðhita. Þar sem sprungur, gangar og misgengi liggja eru meiri líkur á að finna jarðhita en annars staðar, einkanlega ef um er að ræða ung fyrirbæri af þessu tagi. Síðan er venjulega beitt viðnámsmælingum og/eða hitastigulsborunum til að leita að afbrigðilega heitum svæðum og meta stærð þeirra. Lengi vel var það almenn skoðun að nýtanlegan jarðhita væri aðeins að finna þar sem laugar eða volgrur væru nálægt. Reynsla síðari ára hefur hins vegar sýnt að jarðhitakerfi er að finna mun víðar og er þá hitastigulsborunum og viðnámsmælingum beitt til leitar.

Viðnámsmælingar felast í því að mælt er viðnám jarðar gegn rafstraumi, þ.e.a.s. rafleiðni jarðarinnar. Þar sem hiti er hár í jörðu mælist lægra viðnám (hærri rafleiðni) en umhverfis. Jarðhitaleit með viðnámsmælingum felst því í því að mæla viðnám jarðar vítt og breitt um leitarsvæðið og finna bletti þar sem viðnám er afbrigðilega lágt miðað við aðstæður. Þessu næst eru boraðar rannsóknarholur í lágviðnámsblettina ef einhverjir finnast. Það eru hins vegar fleiri þættir en hiti sem valdið geta lágu viðnámi í jörðu og því alls ekki öruggt að lágviðnámsblettir sem í ljós koma með viðnámsmælingum stafi af jarðhita. Þannig getur t.d. selta í jarðlögum, hærra vatnsinnihald jarðlaga og setlög í jörðu valdið lágu viðnámi án þess að hiti þurfi að koma til. Einnig getur mælt hátt viðnám þótt jarðhiti sé til staðar ef mikið er af innskotsbergi í jörðu eins og í gömlum rofnum megineldstöðvum. Þá er oft erfitt að nota viðnámsmælingar mjög nærri sjó því sjórinn hefur truflandi áhrif á mælingarnar. Þannig eru viðnámsmælingar ekki heppilegar til jarðhitaleitar meðfram fjörðum þar sem undirlendi er lítið en henta vel inn til dala og fjarri sjó eins og t.d. uppi á Héraði.

Hérlendis er beitt tvenns konar viðnámsmælingum í jarðhitaleit. Þær kallast TEM-mælingar og Schlumbergermælingar. Þær fyrrnefndu eru auðveldari í framkvæmd, má gera hvenær árs sem er og eru nokkuð ódýrari. Þær hafa hins vegar þann ókost að truflast talsvert af girðingum og eru því ekki heppilegar þar sem mjög mikið er um girðingar eins og t.d. í sumarbústaðalöndum. Schlumbergermælingarnar er hins vegar aðeins hægt að gera á sumrin. Áætlaður kostnaður við hverja TEM-mælingu ásamt úrvinnslu er um 90.000 kr en við hverja Schlumbergermælingu um 110.000 kr.

Hitastigulsboranir fela í sér borun grunnra hola, gjarnan á bilinu 30-100 m eftir aðstæðum. Síðan er mældur hiti í holunum og hitastigull ákvarðaður, en hann segir til um hve ört hiti vex með dýpi. Hitastigull er oftast gefinn upp í °C/km. Á Íslandi er hitastigull utan jarðhitasvæða venjulega á bilinu 50-150°C/km og vex hitastigullinn eftir því sem nær dregur gosbeltunum. Þessu veldur mismunandi dýpi á bráðið berg undir landinu, því nær sem við erum gosbeltinu því grynna er á bráð og því hærri hitastigull mælist þar þótt engin heitavatnskerfi komi þar til. Hitastigul, sem einungis stafar af varmaleiðni frá bráðnu bergi undir jarðskorpunni, köllum við ótruflaðan hitastigul, þ.e.a.s. hitastigullinn er ekki truflaður af vatnsrennsli í berginu. Þar sem heitavatnskerfi eru í jörðu rennur heitt vatn um bergið og truflar hitastigulinn og þar mælist því hærri hitastigull en vænta má miðað við fjarlægð frá gosbelti. Á Austurlandi má búast við að ótruflaður hitastigull sé frá 50°C/km við ströndina og vaxi upp fyrir 80°C/km innst í dölum þeim sem teygja sig næst gosbeltinu. Ef hitastigull mælist talsvert hærri en ótruflaður hitastigull getur það bent til nærliggjandi jarðhitakerfis.

Þegar beitt er hitastigulsborunum í jarðhitaleit eru oftast boraðar allmargar holur á því svæði sem leitinn tekur til og gert kort yfir hitastigulinn. Síðan er leitað að blettum þar sem hitastigull er hærri en eðlilegt má teljast og það svæði rannsakað nánar með borunum. Afbrigði-

lega hár hitastigull þarf ekki endilega að þýða jarðhitakerfi, hann getur t.d. stafað af breytileika í varmaleiðni bergsins, af ungu jökulrofi eða mikilli varmaframleiðslu í kísilríku bergi. Þá er rétt að taka fram að þótt hitastigull í 100 m djúpri holu kunni að mælast  $200^{\circ}\text{C}/\text{km}$  þýðir það ekki að hitinn verði  $200^{\circ}\text{C}$  á 1 km dýpi heldur er nær öruggt að hitastigullinn muni lækka ef borað yrði dýpra. Þannig getur t.d. hitastigull upp á  $200^{\circ}\text{C}/\text{km}$  skýrst af rennsli  $20^{\circ}\text{C}$  heits vatns á 100 m dýpi eða af rennsli  $40^{\circ}\text{C}$  vatns á 200 m dýpi.

Á sama hátt og ýmislegt getur truflað viðnámsmælingar getur vatnsrennsli í jarðlögum nálægt hitastigulsholum ruglað hitastigulsmælingar. Þetta er þó reynt að forðast með því að bora ekki of nálægt sprungum í jarðlögum.

Kostnaður við hitastigulsboranir getur verið nokkuð breytilegur og ræðst af markaðsaðstæðum hverju sinni. Nokkur verktakafyrirtæki annast slíkar boranir og ræðst verðið af því hversu góðum samningum ná má við eitthvert þeirra. Miðað við niðurstöður í verkum sem boðin voru út á árinu 1993 er óvarlegt að reikna með lægra verði en 2000 kr/m sem þýðir að hver 40 m hola kostar um 80.000 kr. Við þá tölu þarf að bæta kostnaði vegna staðsetningar holanna, hitamælinga í þeim og úrvinnslu gagna. Sá kostnaður gæti vel numið 30.000 kr/holu, þannig að heildarverð á hverja 40 m holu gæti þá orðið 110.000 kr.

#### 4. JARÐHITARANNSÓKNIR Á AUSTURLANDI

Allnokkrar jarðhitarannsóknir hafa verið gerðar á Austfjörðum, einkum á síðari hluta áttunda áratugarins. Orkusjóður og Orkustofnun hafa kostað meginhluta þessara rannsókna. Þær hafa einkum falist í almennri jarðfræðikortlagningu, viðnámsmælingum og hitastigulsborunum. Niðurstöður þessara rannsókna hafa birtst í ýmsum skýrslum og greinargerðum. Niðurstöður viðnámsmælinga á Austurlandi árið 1976 voru birtar í skýrslu eftir Gylfa Pál Hersi og Ólaf G. Flóvenz (1978), niðurstöður hitastigulsborana í skýrslu eftir Kristján Sæmundsson (1977) og í grein í Náttúrufræðingnum árið 1980 eftir Kristján Sæmundsson og Ingvar B. Friðleifsson, niðurstöður jarðhitarannsóknar á Hrafnkeldal í skýrslu eftir Helga Torfason (1989), niðurstöður rannsókna á jarðhitunum í Selárdal í Vopnafirði í skýrslu eftir Rögnu Karlsdóttur (1991) og niðurstöður jarðhitarannsóknar í A-Skaftafellssýslu í skýrslum eftir Jón Jónsson árið 1981 og Jarðfræðistofunnar Stapa (1993). Þá eru ótaldir fjölmargar skýrslur um jarðhitasvæðið í Urriðavatni sem flestar hafa verið unnar fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

Viðnámsmælingarnar sem gerðar voru 1976 náðu aðeins frá Egilsstöðum um Eyvindarárdal, niður í Mjóafjörð, meðfram Reyðarfirði norðanverðum og út fyrir Eskifjörð auk einnar mælingar við Norðfjörð. Mælingarnar sýndu lágt við nám ofarlega í Eyvindarárdal, í Mjóafirði og á Eskifirði. Það gæti bent til jarðhita á þessum stöðum. Áhugaverðar niðurstöður komu einnig fram í hitastigulsmælingunum. Á mynd 2 er sýnt hitastigulskort af Íslandi. Þar sést að um miðbik Austurlands er að finna nokkra staði þar sem hitastigull er afbrigðilega hár miðað við það sem vænta má miðað við fjarlægð frá gosbeltunum. Þannig sýna hitastigulsholur á Reyðarfirði, Eskifirði og Fáskrúðsfirði hitastigul upp á ríflega  $80^{\circ}\text{C}/\text{km}$  þar sem eðlilegt hefði verið að búast við  $50\text{-}60^{\circ}\text{C}/\text{km}$  og hola við Seyðisfjörð sýnir  $70^{\circ}\text{C}/\text{km}$  hitastigul sem er talsvert hærra en búast má við miðað við ótruflaðan hitastigul. Þessi há hitastigull hefur verið skýrður með rennsli vatns, þ.e. með jarðhita. Árið 1980 var boruð um 2000 m djúp hola við Áreyjar í Reyðarfirði. Holan var boruð af alþjóðlegum samstarfshópi um jarðskorpurannsóknir og var tilgangur hennar að fá alhliða upplýsingar um gerð jarðskorpunnar á Íslandi. Hitamælingar úr þessari holu sýndu að hinn há hitastigull í Reyðarfirði stafar af jarðhitakerfi þar. Hitinn vex þar jafnt og þétt niður á liðlega 600 m dýpi þar sem hann var orðinn um  $50^{\circ}\text{C}$ . Þar fyrir neðan óx hiti mun hægar og var um  $60^{\circ}\text{C}$  á 1000 m dýpi og um  $80^{\circ}\text{C}$  á 1800 m dýpi. Þessi hitaferill bendir eindregið til nálægðar við jarðhitakerfi með  $60\text{-}80^{\circ}\text{C}$  hita. Þótt lítið vatn hafi komið í

Reyðarfjarðarholuna útilokar það ekki að finna megi 60-80°C heitar vatnsæðar á 1000 - 2000 m dýpi einhvers staðar í grenndinni.

Niðurstöður hitastigulsborana í A-Skaftafellssýslu árið 1992 eru einkar athyglisverðar. Þar voru boraðaðar fjölmargar hitastigulsholur á svæðinu frá Hornafirði að Skaftafelli. Áður en lagt var út í þessar boranir höfðu verið boraðar tvær hitastigulaholur á þessu svæði, önnur við Nesjaskóla í Hornafirði og hin í Lóni. Holan við Nesjaskóla sýndi lágan hitastigul, um 50°C/km. Holan í Nesjum gaf því engar vonir um jarðhita þar í grennd. Hin holan, í Lóni, sýndi ríflega 80°C/km hitastigul og varð þess valdandi að hugsað var til framhalds á jarðhitaleit á þessum slóðum (Ólafur G. Flóvenz, 1986, Guðmundur Ómar Friðleifsson og Ólafur G. Flóvenz, 1989, Ólafur G. Flóvenz og fleiri 1992). Niðurstöður hitastigulsborananna árið 1992 sýndu háan hitastigul á allmörgum stöðum í A-Skaftafellssýslu sem varla verða túlkaðar öðruvísi en sem ábending um jarðhitasvæði (Jarðfræðistofan Stapi, 1993).

Ástæðulaust er afskrifa möguleika á jarðhita á stóru svæði þótt fáar og dreifðar holur sýni lágan hitastigul. Hvert jarðhitasvæði er varla nemar fáeinir ferkílómetrar að stærð þannig að bora þarf eða mæla viðnám býsna þétt til að fá örugglega úr því skorið hvort jarðhita sé þar að finna.

## 5. TILLÖGUR UM JARÐHITALEIT

Ef leita á að jarðhita með það fyrir augum að fá vatn til húshitunar er eðlilegt að miða leitina við nágrenni þéttbýlisstaðanna. Hæpið er að hagkvæmt geti verið að leiða vatn lengra en um 20 km leið frá jarðhitastað til notenda þannig að rétt er að takmarka leitarsvæðið við þá fjarlægð. Þá þarf einnig að hafa í huga að því lengra sem leiða þarf vatnið því heitara vatn verður að finnast ef nýting á að borga sig.

Lagt er til að leitað verði ítarlega með hitastigulsborunum á fjörðunum en viðnámsmælingum uppi á Héraði ef á annað borð verður hafist handa. Ástæða þess að mælt er með hitastigulsborunum fremur en viðnámsmælingum niðri á fjörðunum er sú að talið er að niðurstöður hitastigulsboranana nálægt sjó séu áreiðanlegri. Til að byrja með er mælt með því að bora að meðaltali 10 holur í grennd við hvern þéttbýlisstað og mæla 20 viðnámsmælingar í kringum Egilsstaði. Tilgangur mælinga umhverfis Egilsstaði væri að leita að framtíðarsvæði fyrir hitaveitu Egilsstaða og Fella því að því kemur einhvern tíma að vinnsla frá Urriðavatni nægir ekki. Við borun þessara hola er rétt að undanskilja ekki Mjóafjörð. Þar eru vísbendingar um lágt viðnám sem gæti þýtt jarðhita og hugsanlega verður Mjóifjörður einhvern tíma tengdur nærliggjandi þéttbýlisstöðum með jarðgöngum. Ekki ástæða til frekari hitastigulsborana við Hornafjörð af því að boranir þar hafa þegar skilað þeim árangri að unnt er að hefjast handa við staðbundna leit.

Komi í ljós blettir með háum hitastigli þarf að afmarka þá nánar með fleiri hitastigulsholum eða viðnámsmælingum. Á þessu stigi lyki hinni svæðisbundnu leit og við tekur næsti áfangi, staðbundin leit. Það er háð aðstæðum á hverjum stað hvernig að henni yrði staðið. Fyrsti áfangi hennar yrði síðan einhvers konar sambland af jarðeðlisfræðilegum mælingum og borun grunnra hola, því næst tæki við borun einnar eða fleiri meðaldjúpra rannsóknarhola og loks má gera ráð fyrir 2-3 djúpum vinnsluholum áður en fullnægjandi árangur fengist.

## 6. HVÆÐ KOSTAR ORKA FRÁ HUGSANLEGU JARÐHITASVÆÐI

Áður en hafist er handa við jarðhitaleit er vert að skoða hvort og þá hve mikill ávinningur gæti orðið af því að finna heitt vatn til húshitunar á einhverjum þéttbýlisstaðanna á Austfjörðum. Hér á eftir er tekið dæmi um þann framgangsmáta og kostnað sem þéttbýlisstaðirnir gætu

staðið frammi fyrir við leit að jarðhita. Dæmið er búið til með hliðsjón af raunverulegum niðurstöðum jarðhitaleitar og virkjunar á stöðum sem eru jarðfræðilega hliðstæðir Austfjörðum. Þetta er hvorki svartsýnt né bjartsýnt tilfelli en hafa ber í huga að kostnaður við vatnsöflun getur orðið verulega frábrugðinn því sem hér er sett fram. Í besta falli nægir t.d. ein djúp vinnsluhola og 1-2 200-400 m rannsóknarholur, í versta falli þarf nokkru fleiri holur en hér er reiknað með.

#### Svæðisbundin leit:

Borun 10 hitastigulshola	800.000
Staðsetning, mælingar, úrvinnsla	300.000
<b>SAMTALS SVÆÐISBUNDIN RANNSÓKN</b>	<b>1.100.000</b>

Verði árangur neikvæður er frekari leit hætt, annars er lagt upp í næsta áfanga sem er staðbundin leit.

#### Staðbundin leit, 1. áfangi:

Jarðeðlisfræðimælingar og/eða hitastigulsboranir	3.000.000
Borun 400 m rannsóknarholu	3.000.000
<b>SAMTALS</b>	<b>6.000.000</b>

Að þessum I. áfanga loknum kemur í ljós hvort hiti í jarðhitakerfinu er nógu hárt til þess að réttlæta virkjun. Ef svo er ekki er frekari rannsókn hætt annars haldi áfram.

#### Staðbundin leit, 2. áfangi

Borun 4 200-400 m rannsóknarhola	8.000.000
Borun 2 1000m vinnsluhola	30.000.000
Mælingar í holum, úrvinnsla gagna	6.000.000
<b>SAMTALS</b>	<b>44.000.000</b>

Reiknað er með að þegar þessum áfanga ljúki hafi fundist nóg vatn til að leiða til notenda á viðkomandi stað. Ef við gefum okkur að fjarlægðin frá jarðhitasvæðinu til notenda sé 15 km, orkuþörfin 25 GWst á ári (jafngildir um 22 l/s af 70°C vatni) má áætla að kostnaður við virkjun holunnar og aðveitu verði um 80.000.000 kr. Þessi orka ætti að nægja um 1500 manna byggðarlagi miðað við eðlilega notkun.

Samtals hefur því kostnaður við jarðhitaleit, vinnsluboranir, virkjun og aðveitulögn numið um 132 Mkr. Ef við miðum við af afskrifa stofnkostnað á 25 árum með 6% vöxtum og gerum ráð fyrir að dæla þurfi vatninu af 240 m dýpi fæst að orkuverð heita vatnsins við bæjarmörk yrði 0,56 kr/kWst. Orkuverðið er að sjálfsögðu næmt fyrir fjarlægðinni að jarðhitastaðnum og orkuþörfinni. Því styttra sem leggja þyrfti aðveitu og því fleiri sem notendur væru þeim mun lægra yrði orkuverðið.

Þótt þetta orkuverð kunnir að vera lágt samanborið við raf- eða olíuhitun skiptir mestu máli hvort viðkomandi bæjarfélag getur notað heitt vatn til upphitunar án þess að leggja í verulegan stofnkostnað. Þarna skiptir að sjálfsögðu mestu máli hvort dreifkerfi fyrir heitt vatn er til staðar eða ekki. Ef það er til staðar gæti hitunarkostnaður lækkað talsvert með því að nota jarðhita en ef bærinn er t.d. hitaður með rafmagni í þilofnum þarf að reikna með kostnaði við dreifikerfi um bæinn og kostnaði við að breyta hitakerfum

einstakra húsa áður en unnt er að meta hagkvæmni jarðhitavirkjunar.

## 7. SAMANTEKT

Helstu niðurstöður þessarar greinargerðar má draga saman á eftirfarandi hátt:

- Rannsóknir sem fram til þessa hafa farið fram á jarðhita á Austfjörðum gefa nokkrar vonir um að finna megi jarðhita í grennd við suma þéttbýlisstaðina.
- Þeir þéttbýlisstaðir þar sem þegar hafa fundist allsterkar vísbendingar um nálæg jarðhita-kerfi eru Egilsstaðir, Reyðarfjörður, Eskifjörður, Hornafjörður, Fáskrúðsfjörður og Vopnafjörður. Jarðhitinn við Egilsstaði er þegar virkjaður en hiti í Vopnafirði er talinn of lágur til að réttlæta virkjun til húshitunar. Að auki hafa fundist veikari vísbendingar í Seyðisfirði og Mjóafirði. Engar vísbendingar hafa fundist við aðra þéttbýlisstaði á Austfjörðum. Þó ber að hafa hugfast að því fer fjarri að jarðhitaleit á þessum stöðum hafi verið nógu ítarleg til að útiloka að jarðhiti kunni að leynast þar.
- Ef vilji er til að hefja jarðhitaleit að nýju á Ausfjörðum er lagt til að leitað verði með hitastigulsborunum niðri á fjörðunum en uppi á Héraði verði beitt viðnámsmælingum.
- Tekið er dæmi um hvað hin mismunandi stig jarðhitaleitar gætu falið í sér og kostað. Ef jarðhitaleitin heppnast gæti orkuverð heita vatnsins orðið 0,56 kr/kWst, komið að bæjar-mörkum. Við þá tölu þarf að bæta dreifngarkostnaði innan bæjarins. Ef fjarvarmaveita er fyrir hendi verður hann óverulegur annars þar að meta hann áður en lagt er í umfangsmikla jarðhitaleit.
- Leggja ber aðaláherslu á jarðhitaleit í grennd við staði þar sem fjarvarmaveita er þegar fyrir hendi.

## 8. HEIMILDIR

Gylfi Páll Hersir og Ólafur G. Flóvenz, 1978: Viðnámsmælingar á Austurlandi. Orkustofnun, OS-JHD-7843, 29s.

Guðmundur Ómar Friðleifsson og Ólafur G. Flóvenz, 1989: Jarðhitaleit í Hornafirði. Orkustofnun, greinargerð, GÓF-ÓGF-89/03, 4s.

Helgi Torfason, 1898: Jarðhitarannsóknir á Hrafnkelsdal og innanverðum Jökuldal. Orkustofnun, OS-89057/JHD-29 B, 37s.

Jarðfræðistofan Stapi, 1993: Jarðhitaleit í Austur-Skaftafellssýslu árið 1992. 88s.

Jón Jónsson, 1981: Jarðhiti og Ölkeldur í Skaftafellssýngi. Yfirlit. Orkustofnun, OS-81011/JHD07, 27s.

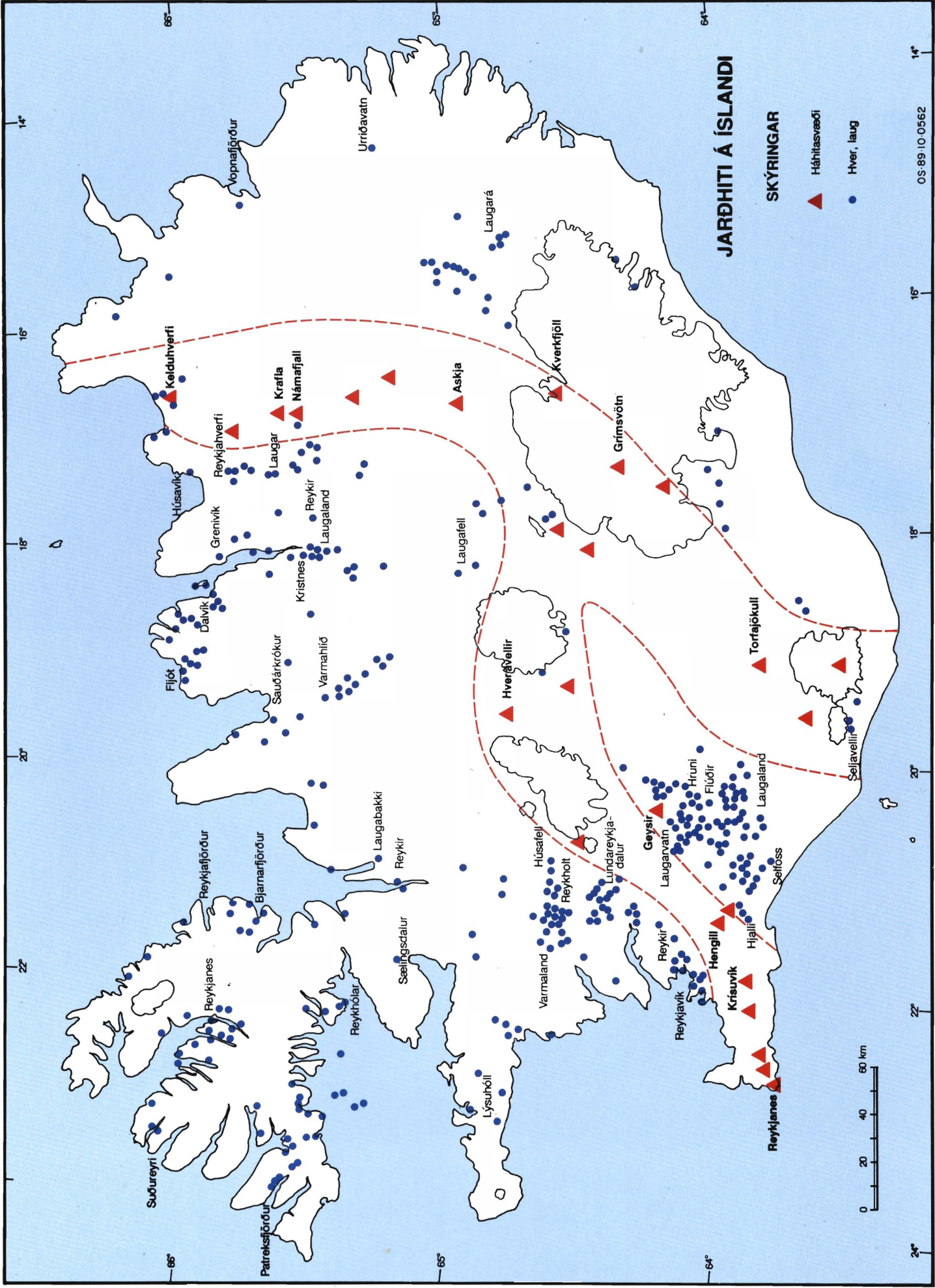
Kristján Sæmundsson, 1977: Skýrsla um hitastigulsboranir á árinu 1976. Orkustofnun, OS-JHD-7731, 38s.

Kristján Sæmundsson og Ingvar Birgir Friðleifsson, 1980: Jarðhiti og jarðfræðirannsóknir. Náttúrufræðingurinn, 50, 3-4, bls. 157-188.

Ólafur G. Flóvenz, 1986: Áætlun um rannsókn jarðhita í Austur-Skaftafellssýslu. Orkustofnun, greinargerð, ÓGF-86/06, 4s.

Ólafur G. Flóvenz, Guðmundur Ómar Friðleifsson og Kristján Sæmundsson, 1992: Jarðhitaleit í Austur-Skaftafellssýslu. Umsögn til Orkuráðs. Orkustofnun, greinargerð, ÓGF-GÓF-KS-92/01, 2s.

Ragna Karlsdóttir, 1991: Jarðhitarannsóknir í Selárdal í Vopnafirði. Orkustofnun, OS-91024/JHD-11 B, 19s.



OS-89-10 0562

16°

18°

20°

22°

24°

14°

16°

18°

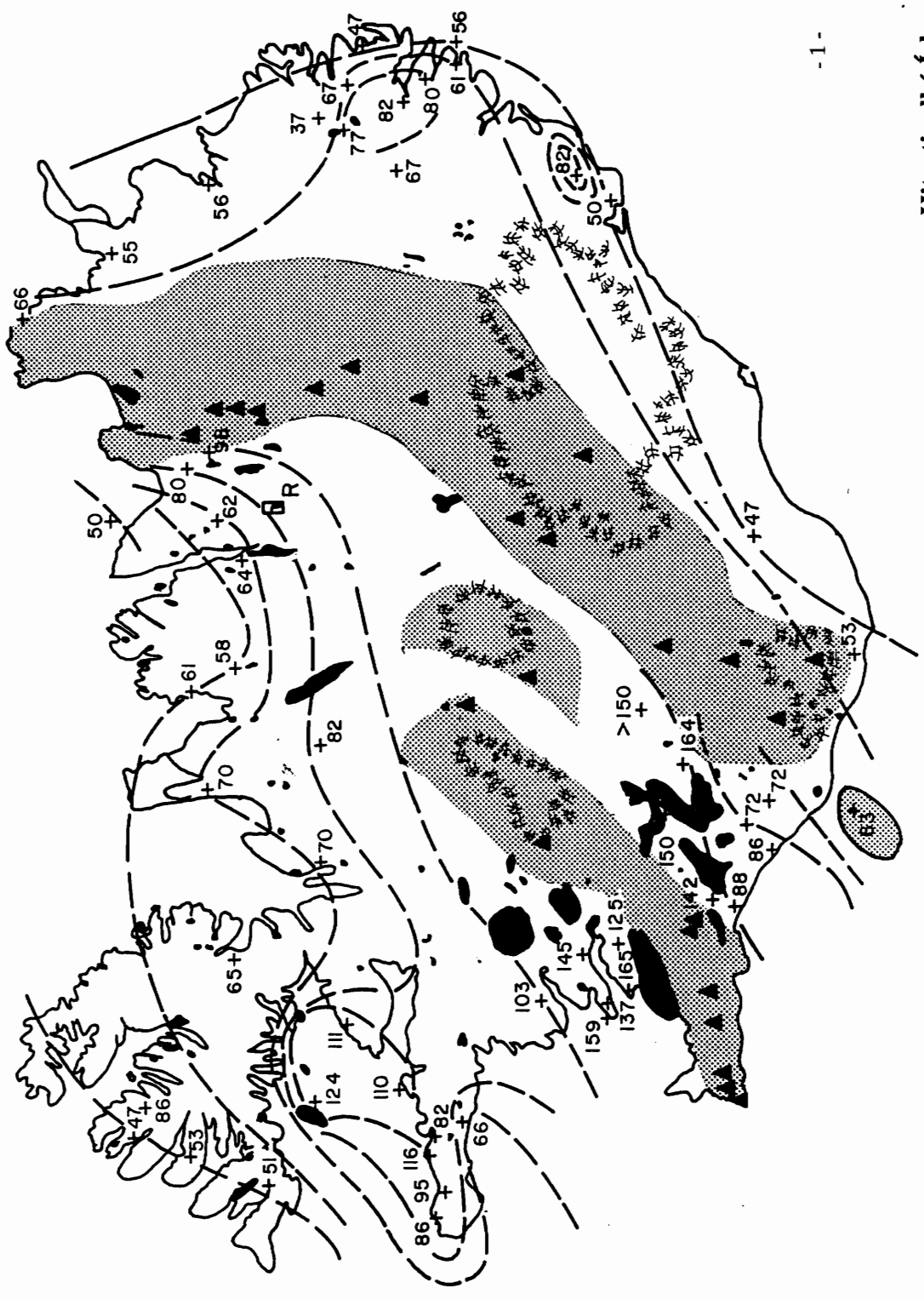
20°

22°

24°



JHD-JED -9000 ÖGF  
83.07.0795  
AA



- 1 -

Hitastigull á Íslandi í °C/km

