



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Grímur Björnsson
Ólafur G. Flóvenz

VINNSLUSVÆÐI HITAVEITU HRÍSEYJAR
Jarðeðlisfræðilegar rannsóknir 1984

OS-85001/JHD-01
Reykjavík, janúar 1985



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Grímur Björnsson
Ólafur G. Flóvenz

VINNSLUSVÆÐI HITAVEITU HRÍSEYJAR
Jarðeðlisfræðilegar rannsóknir 1984

OS-85001/JHD-01
Reykjavík, janúar 1985

AGRIP

Hitaveita Hríseyjar hóf rekstur 1973. Á árunum 1966 til 1982 voru boraðar 6 holur fyrir hitaveituna. Allar hittu þær vatnsmikla æð á 80 - 110 m dýpi, en aðrar góðar vatnsæðar hafa ekki fundist. Við vinnslu kólnaði vatn verulega í þeim holum sem dælt var úr. Auk þess jókst súrefni í vatninu og átti hitaveitan í töluverðum rekstrarerfiðleikum vegna útfellinga. Ljóst var að súrefnisríkt grunnvatn lak niður í aðalvatnsæðina og kældi hana verulega. Einnig var ljóst að eina leiðin til að bæta rekstrarstöðu hitaveitunnar væri að finna aðfærsluæð jarðhitasvæðisins og vinna vatn úr henni.

Sumarið 1984 voru gerðar viðnámssniðsmælingar í Hrísey. Niðurstöður þeirra benda til þess að lágviðnámssprungu með stefnu NA-SV liggi nokkru sunnan við þær holur sem boraðar hafa verið til þessa. Samhliða mælingunum fannst opin sprunga í brimklifinu neðan holu 5 og virðist hún stefna milli hola 2 og 5.

Í skýrslunni eru birtar niðurstöður flestra þeirra hitamælinga sem gerðar hafa verið í borholum í Hrísey. Þær benda til þess að sprungan sem fannst milli hola 2 og 5 veiti köldu vatni niður í æðina á um 100 m. Einnig sýna þær að líklegustu rennslisleiðir heits vatns um láréttu æðina á um 100 m dýpi, eru úr suðri eða austri að holu 5.

Mælingar úr holu 5 sýna að 70 - 75°C heitt vatn seytlar upp holuna úr æðum neðan 100 m dýpis, og að fóðring holunnar er skemmd á löngum kafla. Athugað var hvort hægt væri að gera við holuna, fóðra af æðar ofan 100 m dýpis og fá úr henni heitara vatn sem nægja myndi hitaveitunni. Niðurstöður þeirra athugana benda til þess að svo sé ekki.

Í skýrslunni er sett fram líkan af jarðhitasvæðinu. Með hliðsjón af því er lagt til að boraðar verði grunnar hitastigulsholur svo staðsetja megi aðfærsluæð jarðhitasvæðisins með sem mestri nákvæmni. Í framhaldi af því verði boruð vinnsluhola fyrir hitaveituna. Þá er lagt til að segulkort af jarðhitasvæðinu verði stækkað og kannað með því hvort einhver segulfrávik tengjast lágviðnámssprungunni.

EFNISYFIRLIT

	bls.
AGRIP	2
2 SAGA HITAVEITU HRÍSEYJAR - STUTT YFIRLIT	5
3 VIÐNÁMSSNIÐSMÆLINGAR	8
3.1 Framkvæmd og úrvinnsla	8
3.2 Niðurstöður	9
4 JARÐFRÆÐIPUNKTAR	11
5 HITAMÆLINGAR Í BORHOLUM Í HRÍSEY	12
5.1 Hóla 1	12
5.2 Hóla 2	13
5.3 Hóla 3	15
5.4 Hóla 4	15
5.5 Hóla 5	17
5.6 Hóla 6	19
5.7 Hitastig í "láréttu" æðinni	22
6 VINNSLA ÚR HOLU 5	24
7 LÍKAN AF JARÐHITAKERFINU	25
8 NIÐURSTÖÐUR	27
9 TILLÖGUR	28
HEIMILDIR	29
VIÐAUKI A: Um viðnámsmælingar	31
VIÐAUKI B: Viðnámslíkön og mældir og reiknaðir viðnámsferlar	33
VIÐAUKI C: Hitamælingar í holu 5 gerðar 1984.	43

MYNDASKRÁ

Mynd 1	Afstöðumynd af Hrísey	5
Mynd 2	Niðurstöður viðnámsniðsmælinga	10
Mynd 3	Hitamælingar í holu 1	12
Mynd 4	Hitamælingar í holu 2	14
Mynd 5	Hitamælingar í holu 3	16
Mynd 6	Hitamælingar í holu 4	16
Mynd 7	Hitamælingar í holu 5	18
Mynd 8	Hitamælingar í holu 5	18
Mynd 9	Dæluprófun á holu 5	19
Mynd 10	Hitamælingar í holu 6	20
Mynd 11	Hiti vatns úr holu 6 í dælingu.	21
Mynd 12	Hiti í láréttu æðinni í upphafi vinnslu.	23
Mynd 13	Líkan af jarðhitasvæðinu í Hrísey	26

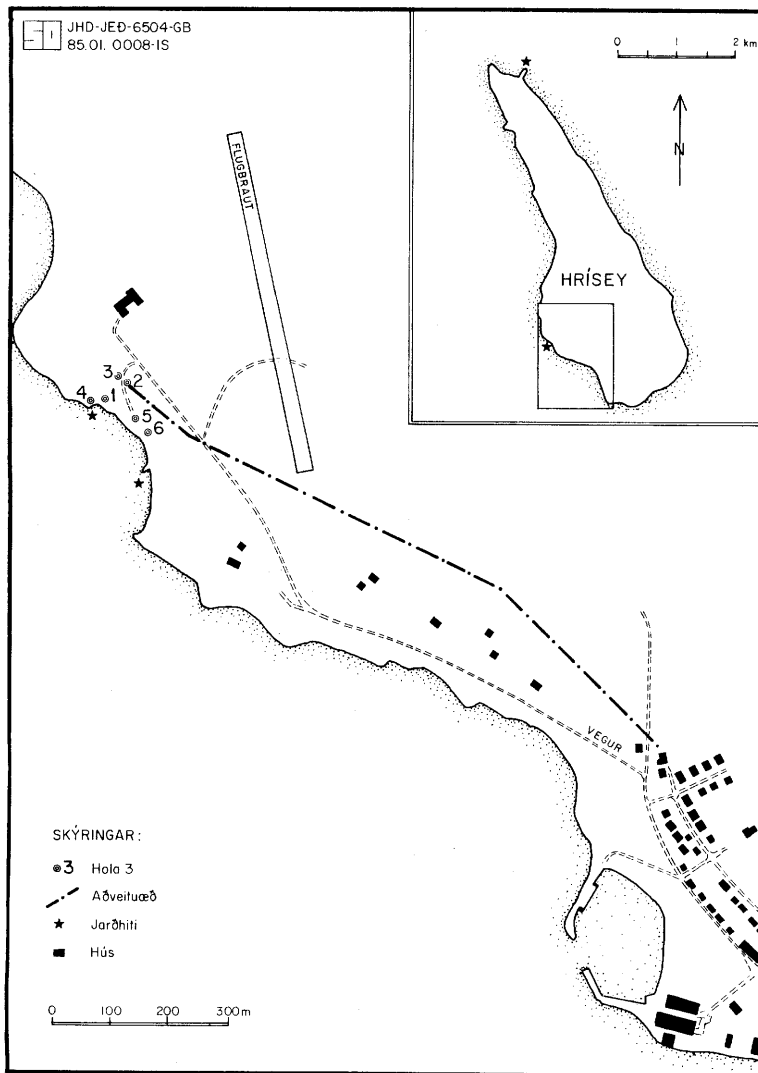
TÖFLUR

Tafla 1	Yfirlit um borholur í Hrísey	21
---------	------------------------------	----

2 SAGA HITAVEITU HRÍSEYJAR - STUTT YFIRLIT

Hitaveita Hríseyjar hóf rekstur árið 1973 með vatnsvinnslu af öðru tveggja jarðhitasvæða sem finnast á eyinni (mynd 1). Þá höfðu nokkrum árum áður verið boraðar tvær grunnar holur (1 og 2) í grennd lauga sem eru í fjöruborðinu vestan á eyinni, um 1 km frá þorpinu.

Á árunum 1973 til 1979 fékk hitaveitan vatn úr holu 2 með dælingu. Á því tímabili kólnaði vatnið í holunni úr um 64°C í 56°C jafnframt því sem klórinnihald minnkaði úr liðlega 440 ppm í um það bil 290 ppm. Var þetta túlkað á þann veg að blöndun við kalt ferskvatn ætti sér stað (Sigmundur Einarsson o.fl. 1979). Jafnframt var bent á að berggrunnurinn í Hrísey er tiltölulega þéttur og því ekki líklegt að yfirborðsvatn hripi í verulegum mæli niður í hann.



Mynd 1 Afstöðumynd af Hrísey

Vorið 1979 var vinnslusvæði hitaveitunnar segulmælt til þess að kortleggja þá bergganga sem eru á svæðinu. Segulkortið var birt í skýrslu sama sumar (Sigmundur Einarsson o.fl. 1979). Þar var gerð tillaga um staðsetningu borholu, holu 3, er skera skyldi berggang sem liggur rétt austan hola 1 og 2. Talið var að jarðhitinn í flæðarmálinu kæmi upp með þessum gangi og að holur 1 og 2 væru ekki nógu djúpar til að skera hann. Gert var ráð fyrir að ganginum hallaði um 3 - 4° til vesturs frá lóðréttu og var ætlunin að skera hann á um 400 m dýpi í holu 3. Vonast var til að heitara vatn og súrefnissnautt fengist á því dýpi.

Hola 3 var boruð með jarðbornum Ými niður á 637 m dýpi haustið 1979. Hún skilaði ekki árangri fyrir utan stóra æð á 86,5 m dýpi í holunni, líkt og í holum 1 og 2. Þar fyrir neðan var ekkert vatn að finna. Því var ráðist strax í borun holu 4. Vettvangskönnun, sem gerð var í Hrísey um það leyti sem borun holu 3 var að ljúka, leiddi í ljós misgengi í jarðlögum skammt vestan holanna og virtist það stefna á laugarnar í fjöruborðinu. Halli misgengisins var álitinn 3 - 4° til vesturs og holan því boruð lítið eitt vestan þess. Árangur varð heldur ekki af borun þessarar holu ef frá er talin vatnsæð á 77,5 m dýpi. Hætt var borun þegar holan var orðin 322 m djúp þar sem hitamælingar í holunni bentu ekki til háts hitastigs í berginu við hana.

Í beinu framhaldi af borun holu 4 var hola 5 boruð. Eftir að lausum jarðvegi var mokað burt af misgengisfletinum neðan við holu 4, var hægt að mæla halla misgengisins. Hann reyndist vera nálega 25° til austurs frá lóðréttu. Holu 5 var því valinn staður austan við misgengið þannig að hún skæri það á u.þ.b. 200 m dýpi. Jafnframt var haft í huga að æskilegt væri að bora nær berggangi þeim sem myndar Kríunesið, en í sjónum fram undan því er laug. Var áætlað að skera ganginn á um 600 m dýpi. Stór æð kom í holuna á 96 m dýpi og mældist þar yfir 70°C hiti. Einnig fannst smáæð á 310 m dýpi. Þar sem hitastig í æðinni á 96 m var þetta hátt var talið að sú æð myndi duga hitaveitunni um sinn og var borun hætt á 320 m dýpi.

Hola 5 hefur síðan í ársbyrjun 1980 verið notuð sem aðalvinnsluhola hitaveitunnar. Meginhluti vatnsins kemur úr æðinni á 96 m dýpi og er talið að þar sé um nær lárétta vatnsæð að ræða sem einnig finnst í öðrum holum. Þessi lárétta æð er tengd setlagi á sama dýpi.

Eftir að dæling hófst í holu 5 kólnaði vatnið og jafnframt jókst súrefnisinnihald þess úr 50 ppb sumarið 1980 í 600 ppb 1983 (Kristján Sæmundsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1983).

Í apríl 1982 bilaði djúpdælan í holu 5 eftir eins og hálfis árs notkun. Reyndist hún nær ónýt vegna slits. Eftir kostnaðarsama viðgerð var

dælan sett í holuna á ný og dugði þá í 2 - 3 vikur (Fjarhitun h/f 1982). Jafnframt þessu kom í ljós að holan hafði stíflast af leir 5 m neðan við æðina á 96 m. Leirinn var talinn koma úr setlagi því sem æðin fylgir. Dælan var á 80 m dýpi og voru skemmdirnar á henni raktar til leirsins sem kom inn í holuna. Holan var því orðin ónothæf til vinnslu. Ljóst var að hreinsa þyrfti holuna til að gera hana vinnsluhæfa á ný og til þess þyrfti jarðbor. Var mælt eindregið með því að holan yrði dýpkuð í beinu framhaldi af hreinsuninni eins til stöð í upphafi (Kristján Sæmundsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1982a). Það var gert og varð holan 1050 m djúp. Árangur af dýpkuninni varð lítil, einungis fannst smáæð á 450 m dýpi. Eftir borun var lagt til að æðin á 96 m dýpi yrði opnuð á ný, en hún var stífluð með heyi í borun, og að pakkað yrði á 450 m æðina til að reyna að örva hana. Einnig var lagt til að boruð yrði 110 m djúp hola (hola 6) skammt sunnan holu 5 sem yrði varahola (Kristján Sæmundsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1982b), og var svo gert.

Pakkað var á æðarnar í 310 m og 450 m og tóku þær við 15 l/s við 12 kg/cm² mótþrýsting í dælu (Kristján Sæmundsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1983). Hola 6 hitti stóra vatnsæð á 105 - 106 m dýpi. Sú æð er tengd sama setlaginu og aðrar meirháttaf vatnsæðar sem fram að þessu hafa fundist í öðrum holum í Hrísey.

Frá því dýpkun holu 5 lauk er talið að dælt hafi verið úr henni um 10 l/s af nálega 59°C heitu vatni. Nákvæmar upplýsingar um vatnsmagnið eru ekki til þar sem magnmæli vantar á lögnina frá borholunni. Vatnið úr holu 5 er súrefnisríkt og tærandi. Í greinargerð Kristjáns Sæmundssonar og Hrefnu Kristmannsdóttur (1983) er bent á að þótt enn sé nægjanlega orku að hafa úr holu 5 sé veruleg hættu á áframhaldandi kólnun vatnsins, vaxandi súrefnisinnihaldi og kalkútfellingum. Bent var á að eina frambúðarlausnin fyrir hitaveituna væri að bora holu sem hitti beint í aðfærsluæð heitavatnskerfisins, þ.e. sprunguna sem leiðir vatnið upp af miklu dýpi og inn í lárétta setlagið sem nú er unnið úr.

Þar sem ekki er vitað hvar umrædda sprungu er að finna hefur komið til tals að skáboru út úr holu 5 til suðurs. Talið er víst út frá vaxandi hita í lárétta laginu til S eða SA, að aðfærsluæðarinnar sé að leita þar. Hér er um mjög kostnaðarsama borun að ræða. Því þótti rétt að reyna fyrst hvort unnt reyndist að finna aðstreymisæðina með viðnámssniðsmælingum, en þær hafa gefið góða raun við leit að vatnsleiðandi sprungum á síðustu árum (viðauki A). Hins vegar eru aðstæður til viðnámssniðsmælinga mjög erfiðar í Hrísey því jarðhitasvæðið er nálægt sjó, en hann truflar mælingarnar. Forsenda árangurs af þessum mælingum er að aðfærsluæð jarðhitasvæðisins liggja að hluta uppi á eyggi sjálfri, og þá í nokkurri fjarlægð frá sjó.

3 VIÐNÁMSSNIÐSMÆLINGAR

3.1 Framkvæmd og úrvinnsla

Viðnámssniðsmælingar voru gerðar í Hrísey dagana 3. til 7. júlí 1984. Mældar voru 6 línur, sem bera númerin 1 - 6, og er lega þeirra sýnd á mynd 2. Mælingarnar gengu mjög vel, alls voru mældir 8775 m eða að meðaltali 1750 m/dag. Notaðar voru fimm straumarmslengdir, 112,5 m, 200 m, 300 m, 400 m og 500 m, en misjafnt er eftir línunum hvaða straumar voru notaðir. Fjarlægð milli mælistöðva á línunum var höfð 25 m.

Nálægð sjávar takmarkar nokkuð notagildi viðnámssniðsmælinga í Hrísey. Sjór truflar mæliferla og nota verður stutta straumarma svo kanna megi viðnám sem næst ströndu.

Túlkun viðnámssniðsmælinganna hófst í ágúst 1984. Í henni er gert ráð fyrir að viðnám geti breyst bæði með dýpi og eftir mælilínunum, en ekki þvert á þær. Þetta er kölluð tvívíð túlkun.

Túlkun hvernar mælilínu hófst á því að gert var ágískað upphafslíkan af viðnámi í jörðu og síðan voru reiknaðir í tölvu þeir viðnámsferlar sem mælast myndu ef jörðin væri í raun eins og líkanið. Þessir ferlar voru síðan bornir saman við mældu ferlana, ef verulegt ósamræmi varð þeirra á milli var líkaninu breytt og nýir viðnámsferlar reiknaðir. Þannig var haldið áfram uns viðunandi samræmi fékkst á milli reiknaðra og mældra ferla.

Þunnt lárétt lágviðnámslag á 100 m dýpi er haft í öllum viðnámslíkönunum. Forsenda þess er að í öllum borholum í Hrísey er vatnsað á um 100 m dýpi. Betra samræmi fæst milli mældra og reiknaðra ferla með því að hafa lag þetta með í viðnámslíkönunum en ef því er sleppt.

Hægt var að túlka allar mælilínurnar og samræmi milli reiknaðra og mældra ferla er gott. Rétt er að minna á að túlkunin er ekki einkvæm, þ.e. til er fleiri en ein gerð jarðlagalíkans sem fellur að hverjum mæliferli.

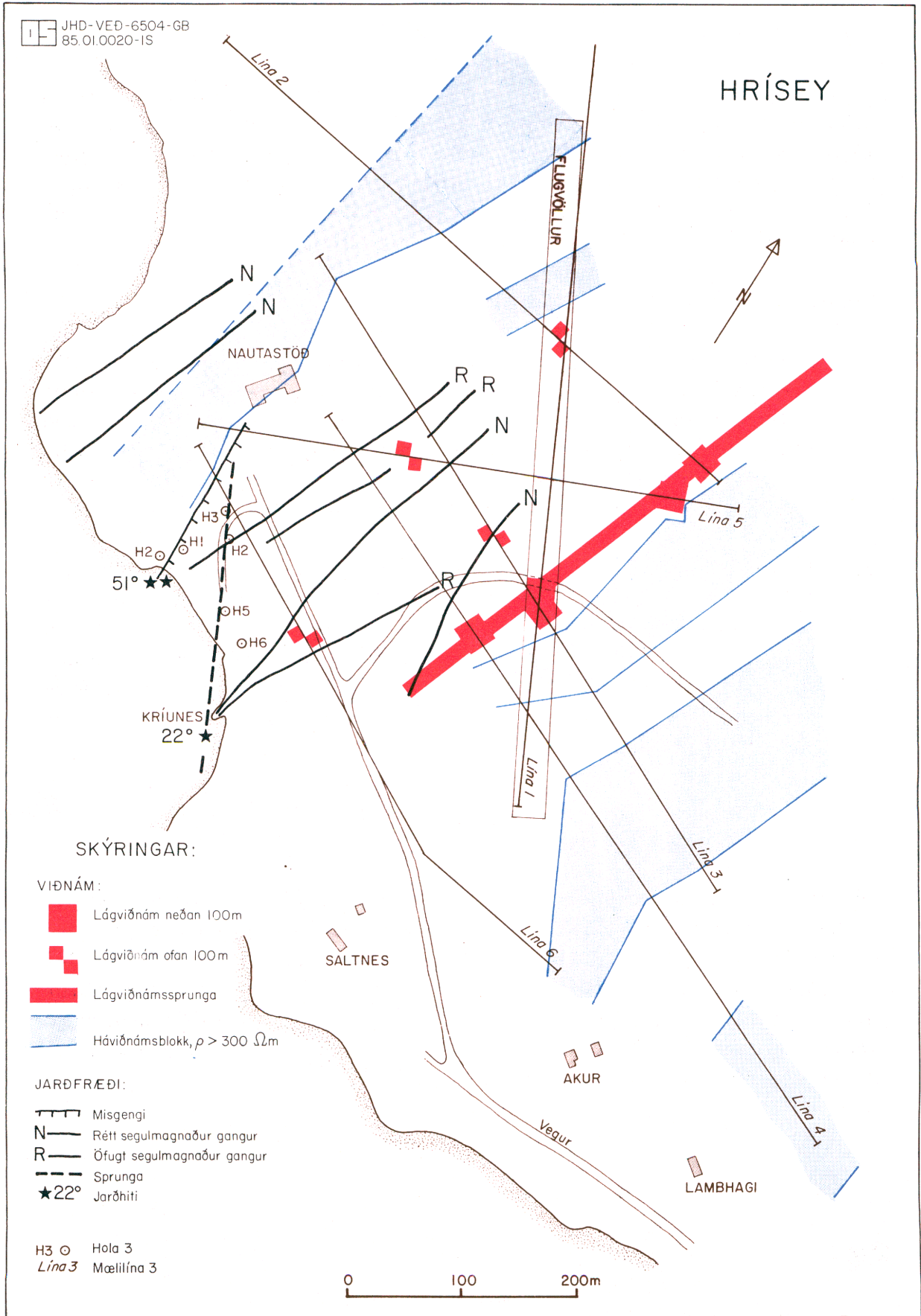
3.2 Niðurstöður

Í viðauka B eru sýndir allir mældir og reiknaðir viðnámsferlar og líkönin sem ferlarnir eru reiknaðir eftir. Mynd 2 sýnir helstu há- og lágviðnám sem koma fram í hverri línu, og tengingu þeirra milli lína. Einnig eru færðir inn á hana þeir gangar sem fundust í segulmælingum 1979 (Sigmundur Einarsson o.fl. 1979), misgengið við holu 4 og sprungan sem fannst sumarið 1984.

Niðurstöður viðnámsniðsmælinganna eru þessar :

1. Stór háviðnámsblokk liggur norðan nautastöðvar og stefnir NA. Líklega afmarkar hún jarðhitasvæðið til norðurs. Þrjár minni háviðnámsblokkir eru norðan Akurs og Lambhaga og austan flugbrautar. Þær eru væntanlega rennslíhindranir til suðurs og austurs. Fimmta háviðnámsblokkin er framhald af tveimur öfugt segulmögnum göngum sem eru við holur 1 til 4.
2. Í mællínum 1 - 5 koma fram nær lóðréttar lágviðnámsprungur neðan 100 m dýpis. Í línum 2 - 4 er nauðsynlegt að hafa lágviðnámsprungur til að gott samræmi fáiast milli mældra og reiknaðra ferla. Lína 6 er ekki mæld með nægjanlega löngum straumörmum til að hægt sé að skera úr um það hvort lágviðnámsprungan í henni nær niður fyrir 100 m dýpi. Línur 1 og 5 er hægt að túlka bæði með eða án lóðréttra lágviðnámsprungna.
3. Í línum 2, 3 og 5 ná stuttar lóðréttar lágviðnámsprungur eitthvað upp úr lárétta lágviðnámslaginu á 100 m dýpi.

Lóðréttu lágviðnámsprungurnar í línum 1 til 5 raðast allar á línu með SV-NA stefnu. Hún er túlkuð sem lóðrétt aðfærsluæð jarðhitasvæðisins. Lágviðnámsprungan í línu 6 er nokkru vestan þessarar aðal lágviðnámsprungu. Nálægð sjávar veldur því, að mæliaðferðin getur ekki skorið úr um það með vissu, hvort og hvert lágviðnámsprungan stefnir suðvestan línu 3. Því er hún látin enda við þá línu á mynd 2. Halli lágviðnámsprungunnar er óþekktur.



Mynd 2 Niðurstöður viðnámsniðsmælinga

4 JARÐFRÆÐIPUNKTAR

Í fyrri skýrslum um jarðhitann í Hrísey er gerð nokkur grein fyrir jarðfræði eyjarinnar (Sigmundur Einarsson o.fl. 1979). Þar kemur m.a. fram að jarðlögum á eyinni hallar um 3 til 4° til SA, og að bergið á jarðhitasvæðinu er mjög ummyndað og holufyllt svo að vart er um vatnsstreymi að ræða nema eftir ungum sprungum. Hér er ekki ætlunin að gera jarðfræði Hríseyjar nein ítarleg skil, aðeins benda á nokkur atriði sem ekki hafa komið fram áður.

Í fyrsta lagi má sjá opna sprungu í brimklifinu neðan holu 5. Sprungan gengur upp í gegnum tvö hraunlög og þunnt millilag sem greinir þau að. Ekki sjást í henni útfellingar sem benda til jarðhita. Engin misgengishreyfing hefur orðið um sprunguna. Líklega er hér um að ræða unga sprungu sem myndast hefur við jarðhræringar á nútíma. Stefna sprungunnar var sigtuð út og reynist hún stefna í átt að holu 2 og 3 annars vegar og í átt að volgrunni út af Kríunesi hins vegar. Sprungan er merkt inn á mynd 2.

Í öðru lagi viljum við minna á að lárétta æðin, sem talin er fylgja setlagi, kemur fram á mjög svipuðu dýpi í öllum holunum. Bendir það til þess að fall um misgengið sem liggur rétt við holu 4 sé lítið, vart meira en 10 m.

Í þriðja lagi má ráða af mælingu á nifteindadreifingu í holu 5 að farið sé í gegnum þéttan gang á 483 - 513 m dýpi og frá 975 m og niður á botn holunnar á 1055 m dýpi sé gangur með frekar háu vatnsinnihaldi. Hvorugum ganganna fylgja vatnsæðar. Líklega er hér um að ræða gangana tvo sem liggja skammt austan holu 5 og 6 og mynda Kríunesið. Til að unnt sé að meta halla ganganna þarf að þekkja hversu mikil hreyfing hefur orðið um misgengið sem kemur til yfirborðs við holu 4. Ástæðan er sú að gangarnir tveir koma fram í holu 5 neðan misgengisins. Ef gert er ráð fyrir að fallið á misgenginu sé um 10 m og halli þess nærri 25° fæst að halli ganganna er á bilinu 3 - 5° mælt frá lóðréttu. Við þessa reikninga er gert ráð fyrir að hola 5 sé lóðrétt.

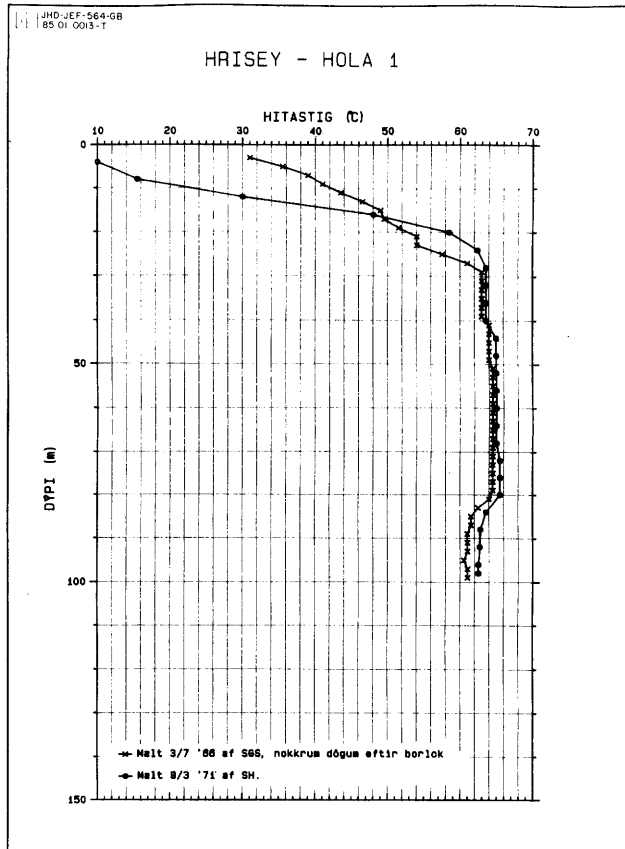
Nú er unnið að greiningu á borsvarfi úr holu 5. Með því á að freista þess að finna fall misgengisins við holu 4 og að finna hvort og þá hvar hola 5 sker berggangana tvo við Kríunes. Niðurstöður þeirra athugana gætu breytt þeirri mynd sem hér hefur verið dregin upp.

5 HITAMÆLINGAR Í BORHOLUM Í HRÍSEY

Hér á eftir verða birtar og fjallað um flestar þær hitamælingar sem gerðar hafa verið í borholum í Hrísey. Í töflu 1 (bls. 21) eru dregnar saman upplýsingar um borun og frágang allra holanna.

5.1 HOLA 1

Holan var boruð árið 1966. Á mynd 3 eru sýndar hitamælingar úr holunni. Ein þeirra er frá því skömmu eftir að borun lauk, hinar tvær eru mældar 1971, en þá hafði holan staðið óhreyfð í 5 ár. Mælingarnar sýna að æðar eru á þremur stöðum í holunni, á 23 m, á 42 m og á 80 m dýpi. Jafnframt sést að rennsli er milli æða í holunni en mælingarnar sýna ekki hvort rennslið er upp eða niður. Vatnsborð var á 2 - 3 m dýpi í holunni. Ljóst er af hitamælingunum að holan kólnar neðan æðarinnar á 80 m. Það ásamt því að vatnsæðin fylgir setlagi sem kemur fram á svipuðu dýpi í öðrum holum í Hrísey, bendir til þess að lárétt rennsli sé í æðinni. Jafnframt bendir það til þess að holan sé ekki nálægt aðstreymissprungu láréttu æðarinnar.



Mynd 3: Hitamælingar í holu 1

5.2 Hóla 2

Hóla 2 var boruð árið 1966. Aðalvatnsæðin í holunni kom fram sem algjört skoltap í borun á 84,5 m dýpi. Hólan var hitamæld árið 1971 (mynd 4) en hún hafði þá staðið óhreyfð í um 5 ár. Ekki verður séð af hitamælingunni frá 1971 að rennsli sé í holunni, hvorki upp né milli æða. Hins vegar kólnar hólan neðan æðarinnar í 84,5 m sem bendir ákveðið til lárétts rennslis í æðinni og að hólan sé ekki nærri uppstremmisrás heita vatnsins. Lögum hitamæliferilsins sýnir ennfremur að heitavatnsrennsli er í berginu ofan 100 m dýpis. Af þessari mælingu og mælingu í hólum má ráða að aðfærsluæð láréttu vatnsæðarinnar er ekki tengd berggöngunum tveimur sem liggja rétt austan þessara hóla (þeim hallar til vesturs og hvorug hólan sker þá).

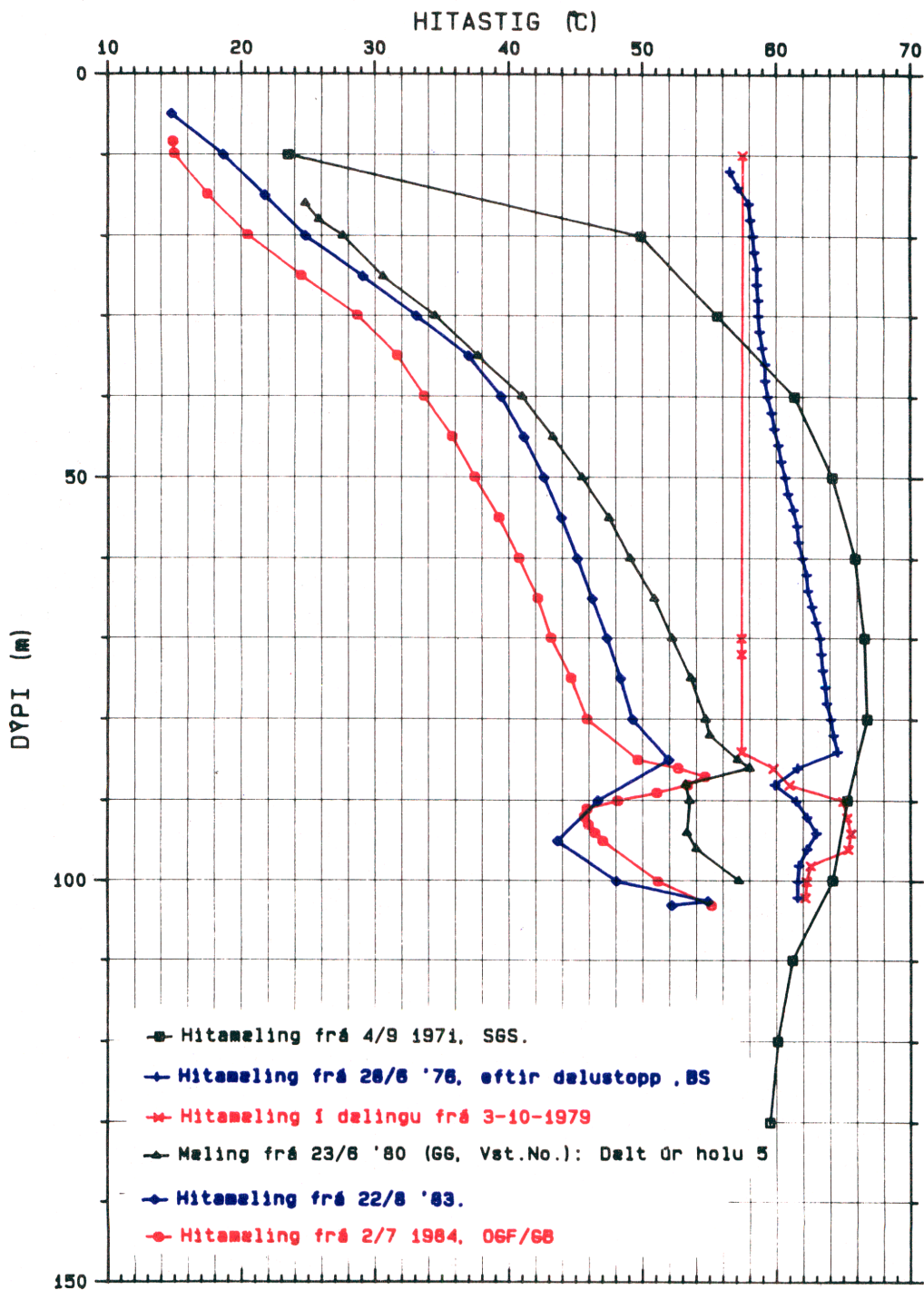
Hóla 2 var næst hitamæld árið 1976 eftir að dælt hafði verið úr henni í um það bil 3 ár (mynd 4). Ekki er ljóst hve langur tími leið frá því hætt var að dæla og þar til mælingin var gerð, en miðað við lögum mæliferilsins hefur sá tími verið a.m.k. nokkrir dagar. Aðalvatnsæð holunnar sést glögglega á 88 m dýpi og hefur hún kólnað um 7°C frá því dæling hófst. Æðin mælist hér 3,5 m dýpra í holunni en árið 1971. Skýring þess er að í millitíðinni var hólan rýmd og fóðruð og holutoppurinn lækkaður um h.u.b. 3 m. Vegna ónákvæmni í dýptarmælingu skeikar dýpi niður á láréttu æðina um 1 - 2 m milli mælinga. Því verður æðin eftirleiðis talin á 86 m dýpi. Samkvæmt þessari mælingu virðist smáæð vera í holunni á 96 m dýpi en hún hafði ekki sést í fyrri mælingum.

Í október 1979 var hóla 2 hitamæld í dælingu. Samkvæmt þeirri mælingu er meginæð holunnar á u.þ.b. 86 m dýpi og er hiti hennar kominn niður í um 57°C. Örlítið rennsli virðist vera úr æð á 96 m dýpi og líklega kemur eitthvað smávegis úr æðum enn dýpra. Hiti í æðinni á 96 m er eigi lægri en 65°C. Þar hefur því engin kólnun átt sér stað enda rennsli sennilega mjög lítið.

Í mars 1980 var hætt að dæla úr hólum 2 og jafnframt hafin dæling úr hólum 5. Þrem mánuðum síðar var hóla 2 hitamæld (mynd 4), nánar tiltekið 23. júní 1980. Kom þá í ljós að hólan hefur kólnað gífurlega á þessu þriggja mánaða tímabili nema í æðinni á 86 m sem nú er heitasti kaflinn holunnar. Sömu sögu er að segja um mælingar frá 1983 og 1984, sem sýna að hólan heldur áfram að kólna, minnst þó í æðinni á 86 m. Ekki er auðvelt að finna sannfærandi skýringu á þessu. Um niðurrennsli í holunni er vart að ræða enda hólan fóðruð niður á 53 m dýpi og lokuð inni í dæluskúr. Kælingar gætir einnig neðan æðarinnar á 86 m þannig að kalda vatnið yrði að komast í gegnum heitan kafla í holunni án þess að hitna, sem ekki telst líklegt.

JHD-JED-564-GB
85.01.0017-T

HRISEY - HOLA 2



Mynd 4 Hitamælingar í holu 2

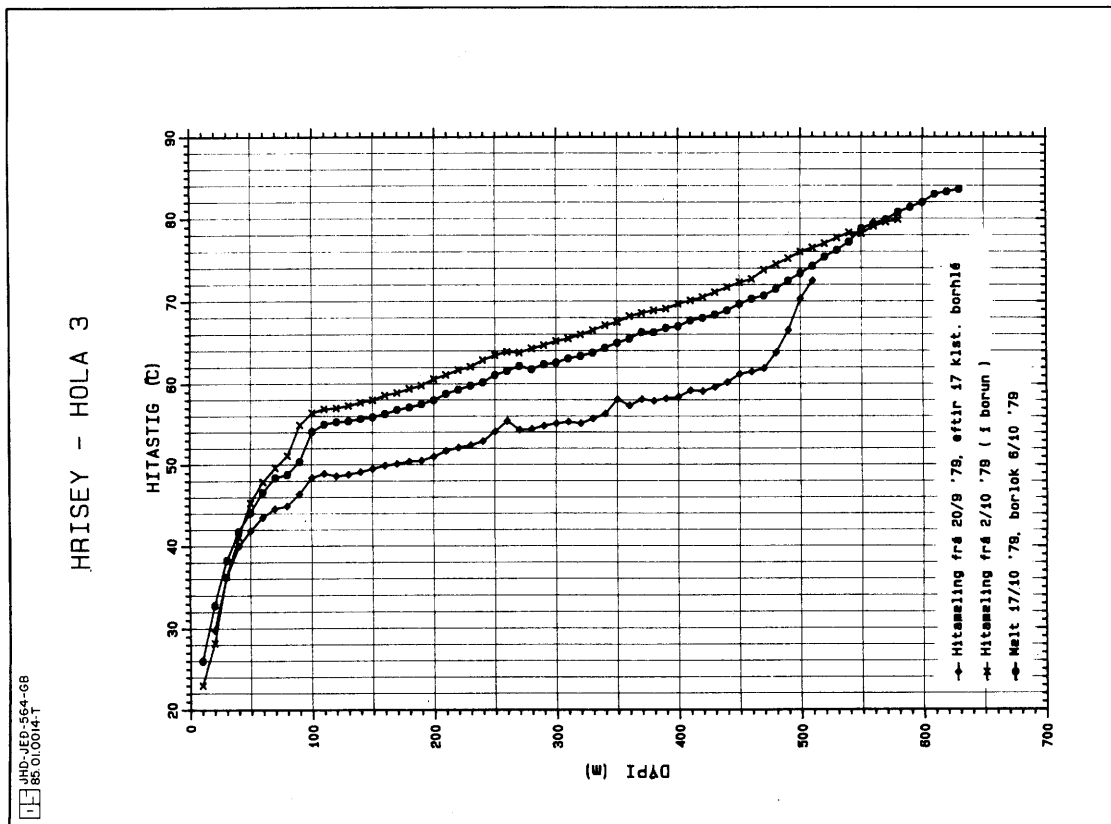
Sú skýring sem höfundum þessarar skýrslu finnst líklegust er að lóðrétt sprunga liggi frá yfirborði og niður fyrir láréttu æðina. Áður en dæling hófst úr jarðhitakerfinu hefur heitt vatn leitað úr láréttu æðinni og upp í sprunguna og hitað bergið umhverfis hana eins og hitamælingin frá 1971 sýnir. Við dælingu úr svæðinu snýst þetta við og nú rennur kalt yfirborðsvatn niður sprunguna mjög nærri holu 2 og veldur kælingu í holunni alls staðar nema í láréttu æðinni. Þar er enn lárétt rennsli af um 55°C heitu vatni. Ef þessi skýring er rétt er sprungan líklega milli holu 2 og 5 því ella myndi kælingin í lárétta laginu í holu 2 vera meiri en raun ber vitni. Í jarðfræðikaflanum hér á undan var bent á sprungu í jarðlögum sem stefnir mjög nærri holu 2. Er hún væntanlega umrædd niðurstreymissprungu og veitir nú köldu grunnvatni niður í lárétta lagið og kælir það, og bergið umhverfis holu 2.

5.3 Hóla 3

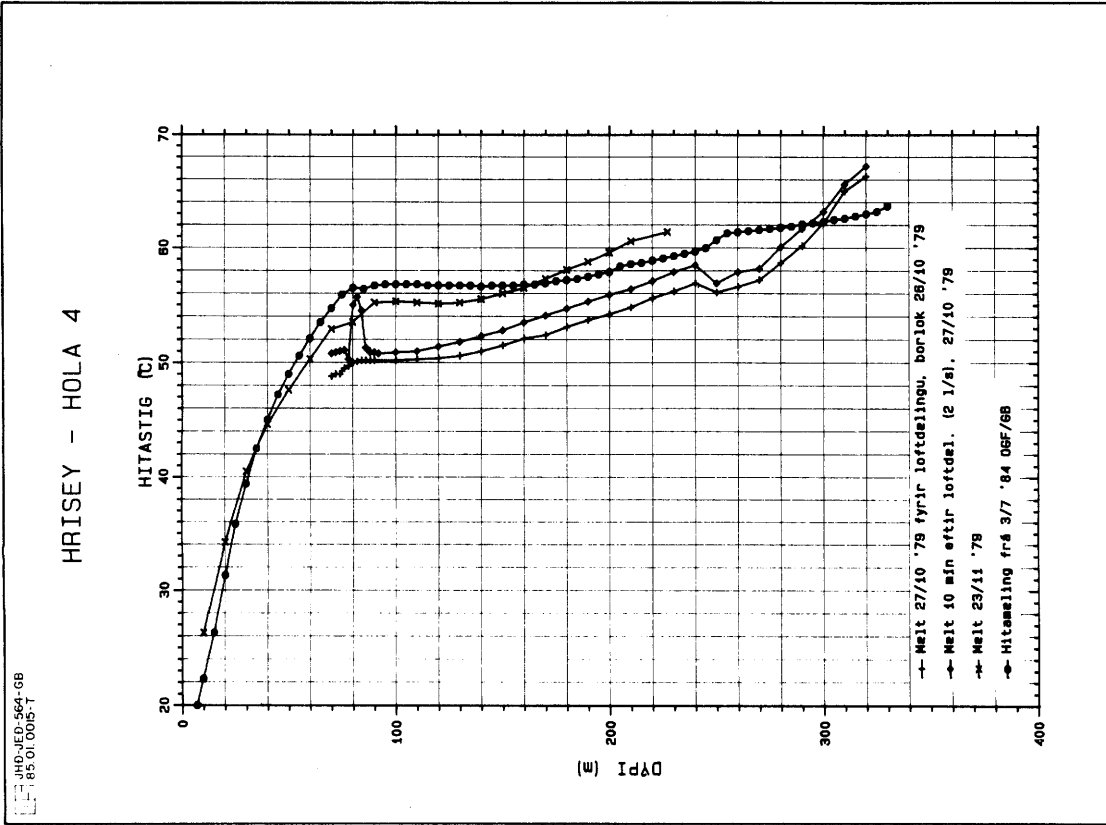
Einungis eru til þrjár hitamælingar úr holu 3, (mynd 5) allar mældar um það bil sem borun holunnar var að ljúka. Hitastigið í holunni er því ekki réttur mælikvarði á ótruflað hitastig bergsins. Þó má ráða að æðin á 86,5 m dýpi, sem var aðalæð holunnar, sé a.m.k. 55°C heit, að 80°C hita er náð milli 500 og 600 m dýpis, og að hitastig á botni holunnar er ekki lægra en 84°C. Ekki er ljóst hvort hitastig lækkar neðan æðarinnar í 86,5 m eins og í holum 1 og 2.

5.4 Hóla 4

Mynd 6 sýnir allar tiltækar mælingar úr holu 4. Þá sjást á tæplega 80 m dýpi, og á um 240 m dýpi. Sú fyrrnefnda kom fram sem stór æð í borun og var steipt í hana. Hitamælingarnar benda til þess að vatnið í æðinni á 80 m sé um 56 - 57°C heitt og hafi ekki kólnað frá því hola var boruð árið 1979 og fram til júlí mánaðar 1984. Þessi æð fylgir væntanlega sama lárétta setlaginu og æðar þar sem finnast á svipuðu dýpi í hinum holunum. Hins vegar virðist af mælingunni frá júlí 1984 að rennsli sé úr æðinni á um 80 m dýpi og niður í æðina á 240 m. Neðan síðarnefdu æðarinnar hefur hola kólnað frá því borun lauk um a.m.k. 4°C. Það verður best skýrt með því að æðin sem fram kemur í 240 m sé nærri lóðréttri sprungu sem liggur niður með holunni. Tiltölulega kalt vatn rennur niður þessa sprungu í lítilli fjarlægð frá holuveggnum og veldur kælingu í holunni neðan 240 m. Engin merki eru um sprungu þessa á yfirborði. Þetta niðurrennsli bendir til þess að þrýstingur í heitavatnskerfinu sé lágur við holuna. Af hitamælingunum má ráða að ótruflaður berghiti hefur verið um 57°C í æðinni á um 80 m, líklega hefur hitastig lækkað eitthvað þar fyrir neðan en á 200 m hafi 60°C verið náð. Hitastig á botni holunnar var að minnsta kosti 67°C.



Mynd 5 Hitamælingar í holu 3



Mynd 6 Hitamælingar í holu 4

5.5 Hóla 5

Hóla 5 var boruð 1979 í 320 m. Aðalvatnsæðin í holunni er á 96 m dýpi. Tvisvar var hitamælt í holunni meðan á borun stóð og einu sinni í dælingu árið 1980 (mynd 7). Mælingin frá 5 desember 1979 sýnir að hólan hefur verið heitust í æðinni á 96 m (73°C). Bergið kólnar neðan æðarinnar sem bendir til lárétts rennslis í æðinni. Mælingin frá 1980 sýnir að æðin á 96 m hefur kólnað í 63°C og að mjög lítið vatn kemur neðar úr holunni. Hólan er aðeins mæld niður á 160 m sem bendir til þess að hún hafi þá verið stífluð á því dýpi.

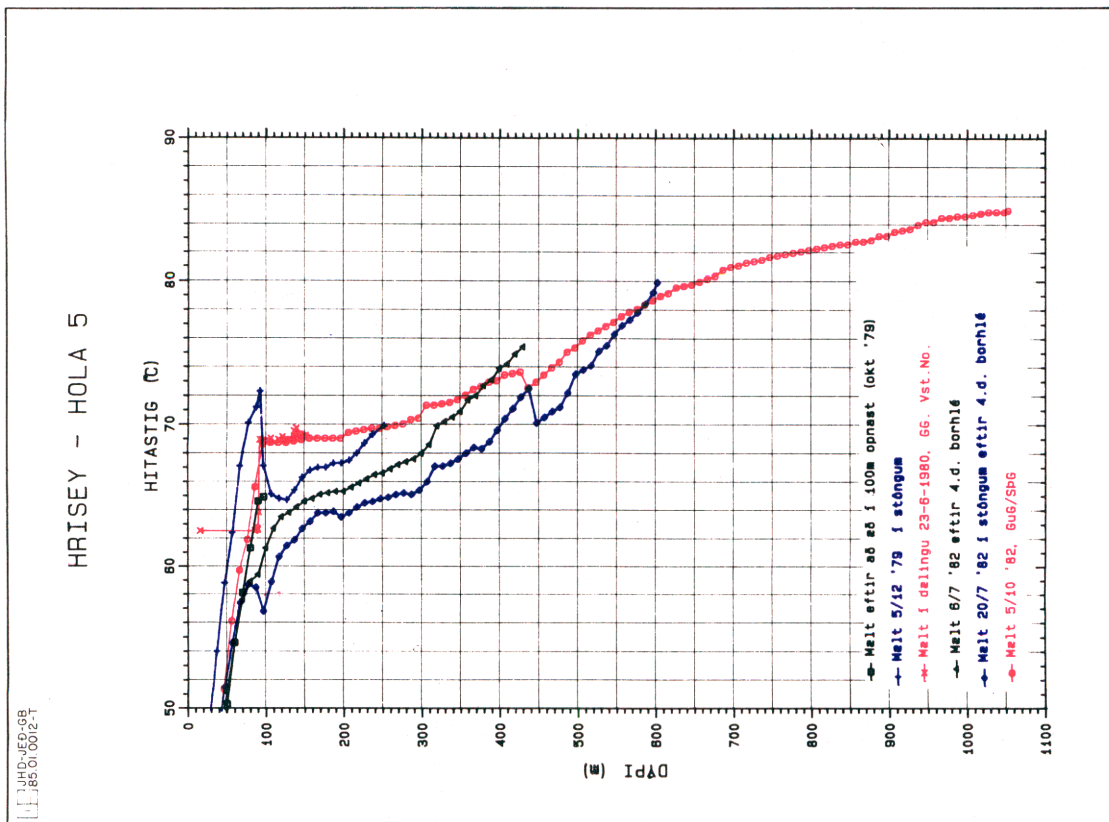
1982 varð ljóst að hólan hafði stíflast á um 100 m dýpi og var þá um haustið ráðist í að dýpka hana niður á 1050 m. Atta hitamælingar voru gerðar á þessu hausti í hólunni. Fjórar þeirra voru gerðar í stöngum meðan borað var, en 4 í prófunum á holunni að borun lokinni. Mælingarnar eru sýndar á myndum 7 og 8.

Lögun allra hitamæliferlanna er svipuð en hiti breytilegur milli mælinga. Stafar það af mismikilli kælingu af völdum skolvatns. Æð á 450 m dýpi er áberandi í mæliferlunum og líklega nær berghiti 80°C á rúmlega 500 m dýpi. Á botni holunnar virðist hiti vera 85-87°C. Ekki fundust neinar nýjar æðar við dýpkunina nema á 450 m dýpi. Eftir dýpkunina kemur æð á 310 m skýrar fram en í hitamælingum frá 1979.

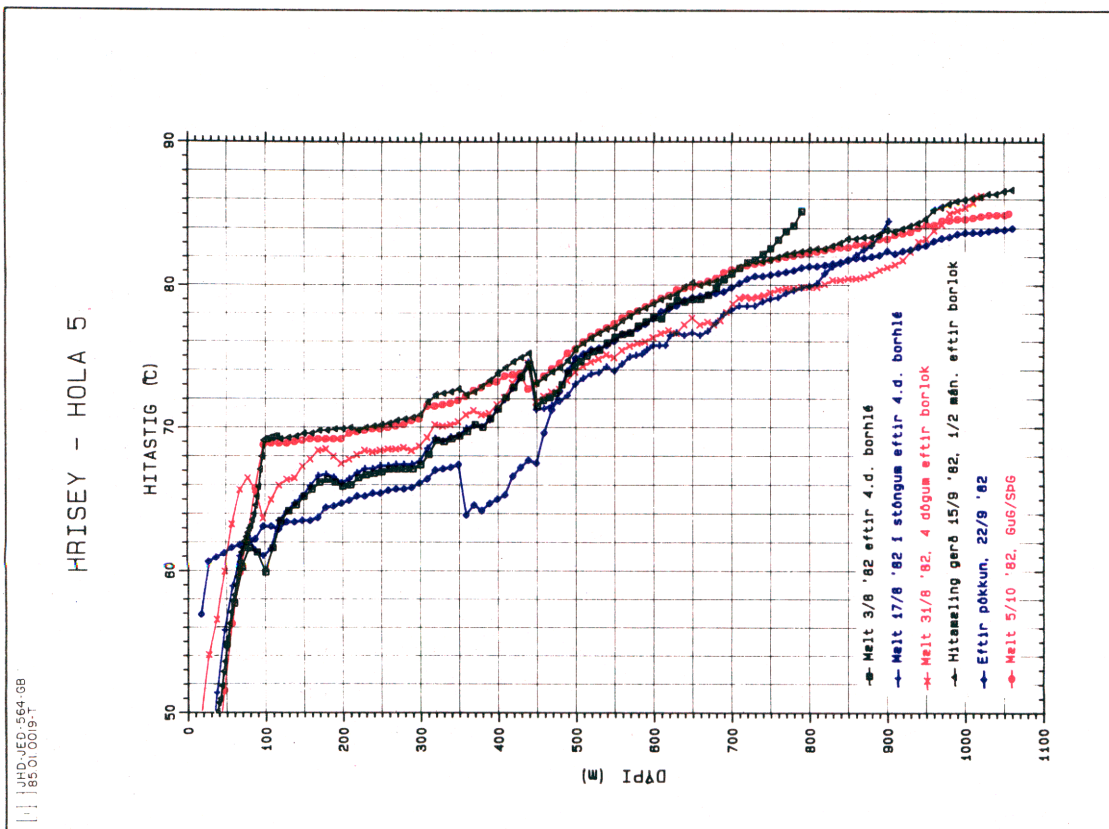
22. september 1982 var hólan hitamæld eftir pökkun og sást þá veruleg kólnun á 350-450 m. Á þessum kafla eru smáæðar í holunni og er líklegt að þær hafi tekið við mest öllu skolvatninu í pökkun (15 l/s). Afleiðingin er veruleg kólnun í berginu á þessu dýpi.

Í október 1982 var farið með borholumælingabíl út í Hrísey og gerðar allítarlegar mælingar á hólunni (hiti, mismunahiti, vídd, halli og stefna, og nifteindadreifing). Hitamælingin var gerð 5 október. Voru þá liðnar 6 vikur frá því borun lauk og 2 vikur frá pökkun holunnar. Þessi mæling og mælingin frá 15. september 1982 (gerð 1/2 mán. eftir borlok) eru einu mælingarnar sem hægt er að nota til að meta berghita í neðri helming holunnar. Aðrar hitamælingar eru of truflaðar af skolkælingu.

Síðan voru engar hitamælingar gerðar í hólunni fyrr en í nóvember 1984 að mælt var tvívegis í holunni. Önnur mælingin var gerð 4 tímum eftir að dælingu var hætt úr holunni, hin viku síðar í dælingu. Því miður eru þær báðar ónýtar neðan 200 m dýpis vegna bilunar í hitamæli, en gefa merkar upplýsingar ofan þess dýpis. Mælingarnar eru birtar í viðauka C. Þessar mælingar sýna að hitinn í æðinni á 96 m er 57°C eða minni, og að þar fyrir neðan seytlar upp hóluna um 70°C vatn.



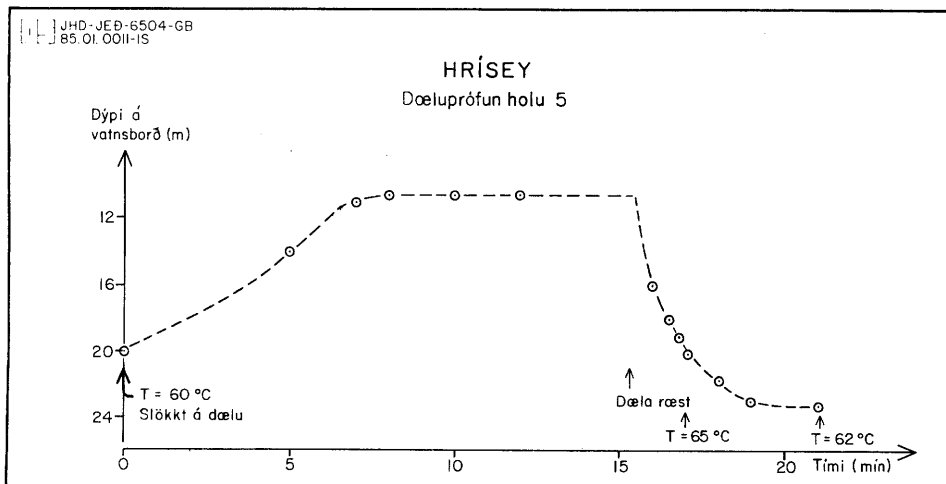
Mynd 7 Hitamælingar í hola 5



Mynd 8 Hitamælingar í hola 5

3. nóvember 1984 var holan dæluprófuð. Dælt var úr henni í 12 tíma, þá var slökkt á dælu og fylgst með vatnsborði í holunni (mynd 9). Vatnsborð var á um 20 m í dælingunni en hækkaði á 7 mínútum um 10 m og stóð þar kyrrt uns dæla var ræst á ný eftir 15 mínútur. Vatnsborð féll þá um 13 m á 5 mínútum. Mældur var hiti vatnsins sem kom úr holunni og hækkaði hann um 5°C í þessari 15 mín. hvíld. Það, ásamt hitamælingunni sem gerð var daginn áður, bendir til þess að um 70°C heitt vatn renni upp holuna og út í millilagið meðan vatnsborð er að jafna sig.

14. nóvember 1984 var mælt súrefni í holu 5, fyrir og eftir dælustopp. Eftir 3 tíma hvíld lækkaði súrefnisinnihald vatnsins úr 500-600 ppm í 200-300 ppm. Það styrkir þá ályktun að súrefnissnaðlara og þá heitara vatn renni upp holuna neðan 100 m dýpis.



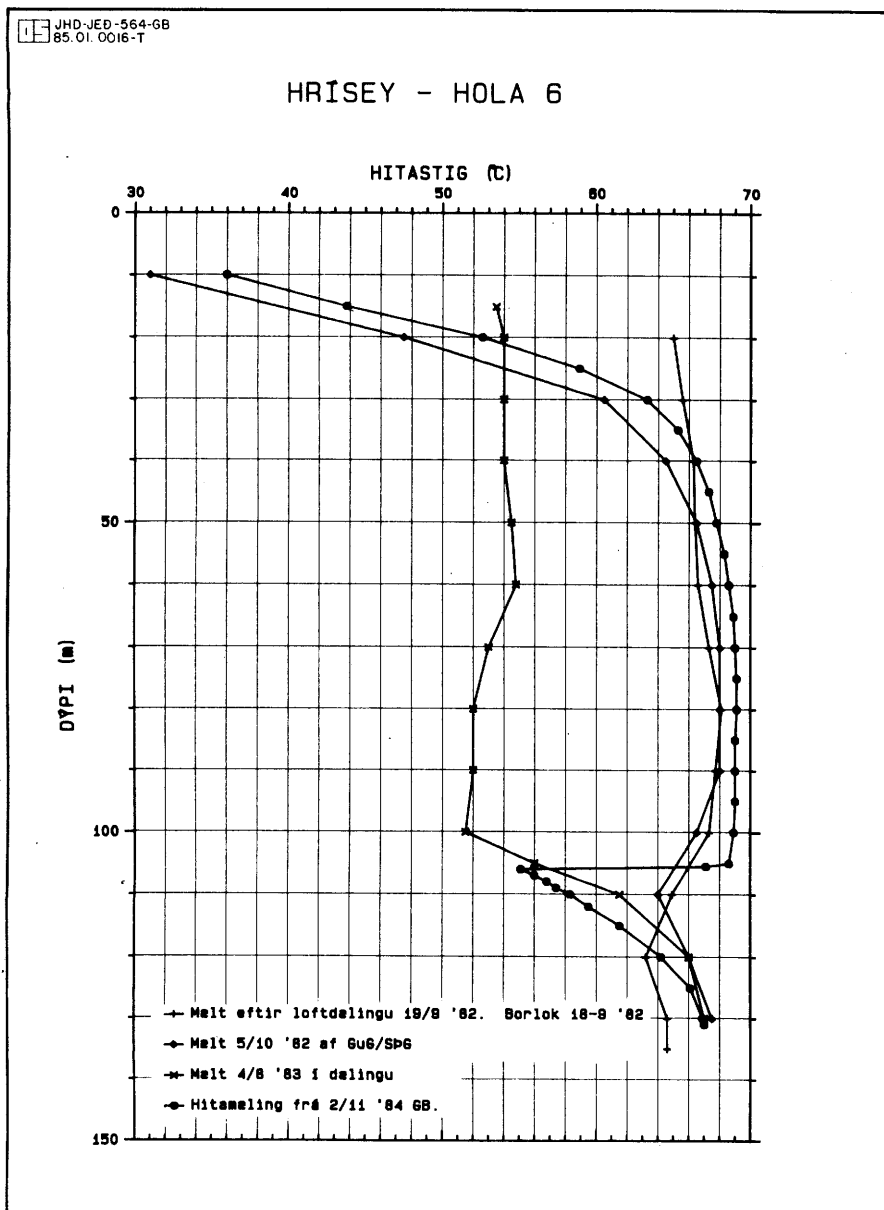
Mynd 9 Dæluprófun á holu 5

5.6 HOLA 6

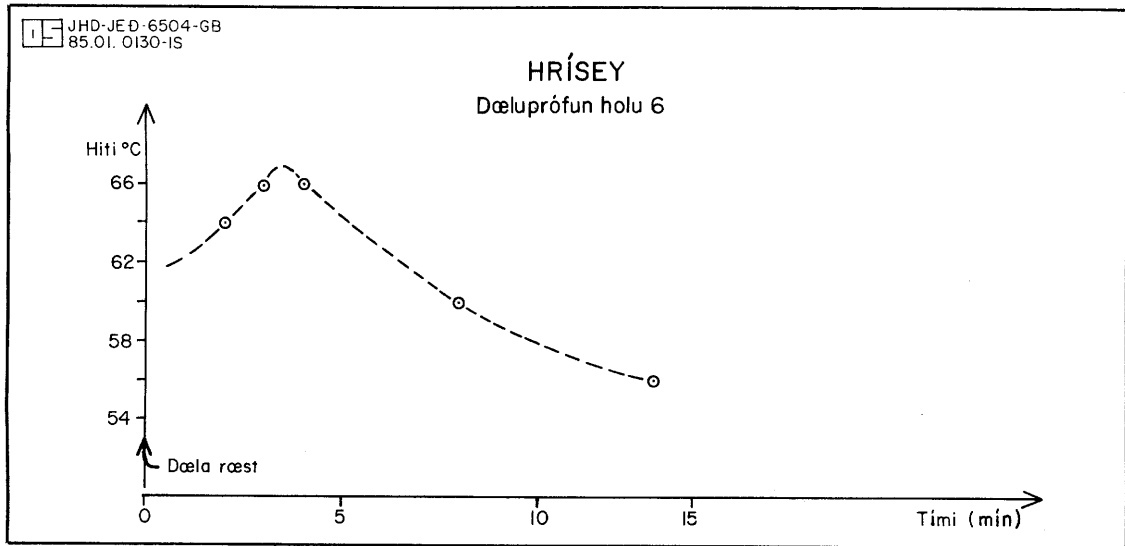
Hola 6 var boruð 1982, strax eftir dýpkun holu 5. Þrjár hitamælingar eru til úr holunni í borun og 3 eftir borun. Fjórar þeirra eru sýndar á mynd 10. Tvær æðar eru í holunni, smáæð á um 60 m og stór æð á 106 m. Með því að bera saman mælingar frá 5/10 1982 og 2/11 1984 sést að berghiti er óbreyttur umhverfis holuna nema við æðina á 106 m. Þar hefur orðið veruleg kæling (um 14°C). Þá kólnun má skýra með láréttu rennsli kaldara vatns um millilagið á 106 m dýpi, og þá að holu 5. Óbreytt hitastig ofar í holunni sýnir að hún er ekki nærri köldu niðurrennsli.

Þegar dæling hefst úr holu 6 kólnar á skömmum tíma það vatn sem kemur úr henni. Mynd 11 sýnir kælinguna með tíma. Hún sýnir að í raun er rangt að tala um að holan kólni við dælingu, heldur kemur óeðlilegur hitatoppur meðan 69°C heita vatnssúlan á 60-100 m dælist upp úr holunni. Á eftir fylgir um 55°C vatn úr æðinni á 106 m. Er sá vatnshiti holunni eðlilegur þar sem hún tekur mest af vatni sínu úr þeirri æð.

Fróðlegt er að bera saman ótruflaða hitaferla úr holum 2 og 6. Báðar holurnar eru eða voru mjög heitar á efsta 100 m kaflanum. Þó er hola 6 sýnu heitari og bendir það til þess að uppstreymi jarðhitasvæðisins sé nær holu 6 en holu 2.



Mynd 10 Hitamælingar í holu 6



Mynd 11 Hiti vatns úr holu 6 í dælingu

TAFLA 1 Yfirlit um borholur í Hrísey

	Hola 1	Hola 2	Hola 3	Hola 4	Hola 5	Hola 6
Verktími	1966	1966/1972	1979	1979	1979/1982	1982
Bor	Sullivan 3	Sullivan 3 /Franks	Ýmir	Ýmir	Ýmir/Glaumur	Glaumur
Dýpi	99 m	132 m	637 m	322 m	320/1055 m	145 m
Fóðring	5"	7 7/8"	10 3/4"	10 3/4"	8 5/8"	Laus fóðr.
Fóðringar- dýpi	2 m	53 m	4,4 m	2,7 m	92 m	1,8 m
Vídd neðan fóðringar	76 mm	5 7/8" í 67m 4 3/4" í 103m 3" í 132m	5 7/8"	5 7/8"	7 7/8"	6 1/2"
Aths.		Hola dýpkuð og fóðruð 1972	Stífluð af grjóti		Hola dýpkuð 1982 í 1055m	Vara- hola
Vinnsla		Dæling 1973 - 1980			Frá 1980	

5.7 Hitastig í "lárétu" æðinni

Af þeim upplýsingum sem fram koma í hitamælingunum hér að framan má draga ýmsan lærdóm um berghita áður en boranir röskuðu hita- og þrýstijafnvægi jarðhitakerfisins. Til dæmis má fá fram mat á upprunalegu hitastigi í "lárétu" æðinni sem kemur fram í öllum holum á 80 - 110 m dýpi. Er það sýnt á mynd 12.

Inn á hana er færður hæsti hiti sem mælst hefur í lárétu æðinni í hverri holu. Tvær aðferðir voru notaðar við að meta það hitastig. Annars vegar var skoðað hvort hitahámark væri í ótrufluðum hitamæliferlum við lárétu æðina. Ef sú var raunin var það hitastig metið sem hæsti hiti í æðinni í viðkomandi holu (holur 1, 2, 3, 4 og 5). Hinsvegar var skoðaður hæsti berghiti sem mælst hafði í hverri holu rétt við lárétu æðina. Ef hann var hærri en hæsti mældi hiti í æðinni var ályktað að kæling vegna dælingar væri hafin í æðinni. Berghiti við æðina væri hinsvegar enn ótruflaður og gæfi því rétt mat á upprunalegan vatnshita í æðinni (hola 6).

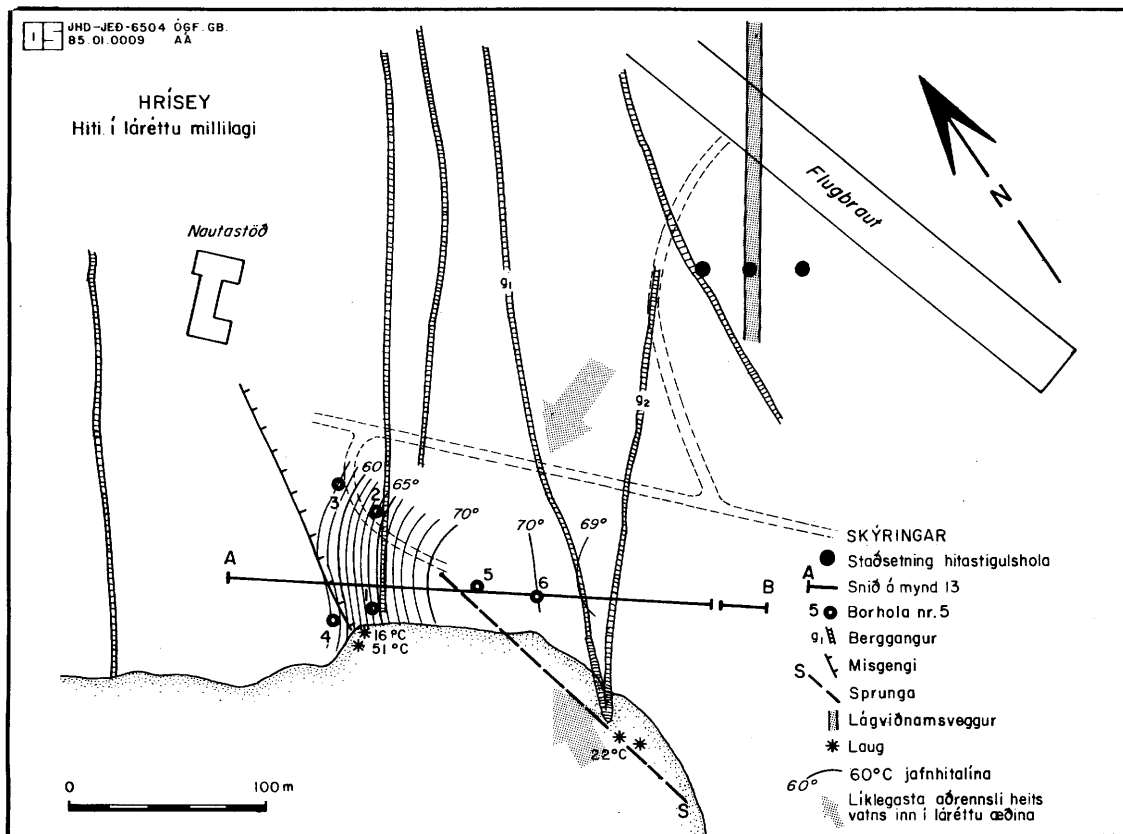
Jafnhitalínur sem dregnar eru inn á mynd 12 eru reiknaðar með þvíúðu teikniforriti Orkustofnunar, OSDDD. Þessar jafnhitalínur eru nokkuð óáreiðanlegar þar sem aðeins eru 6 punktar sem ákvarða lögun þeirra. Þó eru þær vel marktækar inn á milli holanna.

Af mynd 12 má draga tvær ályktanir studdar upplýsingum úr viðnáms-sniðsmælingum og hitamælingum í holu 6.

- i) Hitastig lækkar ört í átt að misgenginu við holu 4. Það sýnir að heitt vatn kemur ekki upp með því. Líklega er jarðhitasvæðið afmarkað til norðvesturs í eða við misgengið, því viðnám bergs hækkar verulega NV þess.
- ii) Myndin sýnir að hiti lækkar til SA frá holu 6. Forsenda er hitamælingin úr holunni. Eftir að dæling hófst úr holu 5 hefur hiti lækkað verulega í lárétu æðinni í holu 6. Sú kæling kemur að öllum líkindum suðaustan frá ef gert er ráð fyrir að hola 5 dragi vatn inn að sér úr öllum áttum eftir lárétu æðinni. Hér er því dregin sú ályktun að millilagið sé ekki fóðrað með heitu vatni úr suðaustri.

Með þessi tvö atriði í huga eru dregnar inn á mynd 12 tvær líklegustu rennslisstefnur heits vatns í lárétu æðinni. Önnur er úr suðri frá sjó, en hin ofan af eyju úr austri. Sú ör stefnir frá lágviðnáms-sprungunni sem finnst í viðnáms-sniðsmælingunum.

Á mynd 12 er ekki gert ráð fyrir að gangar hafi áhrif á rennslis-
stefnur í láréttu æðinni. Forsendur eru að þrýstisamband er á milli
hola 2 og 5 og að gangar eru lárétt stuðlaðir og hafa litlu herra
viðnám en grannbergið inn á miðju mælisvæðinu.



Mynd 12 Hiti í láréttu æðinni við upphaf vinnslu.

6 VINNSLA ÚR HOLU 5

Við dýpkun holu 5 urðu skemmdir á fódringu holunnar sem ekki var gert við. Í borskýrslum Glaums frá 21. ágúst 1982 segir um óhapp þetta:

"Tekið upp 60,0 m en þá festist, og eftir ummerkjum á borstöngum eru þær komnar út í gegnum fódringuna. Sóttum hnall til að setja í lengjuna og byrjar hann í 24 m, króna í botni".

Víddarmæling sem gerð var í holu 5 í október 1982 sýnir að skemmd er á fódringunni frá 23 m niður á 45 m. Ekki er ljóst hvort kalt vatn kemur inn um götin á fódurrörinu en hugsanlega kemur vatn inn við fódurrörsendann á 96 m.

Eftir hitamælingar í holu 5 haustið 1984 skaut sú hugmynd upp kollinum hvort ekki væri unnt að gera við skemmdirnar, fódra af stærstu æð holunnar í 96 m (sem tengist lárétta laginu) og vinna vatn eingöngu úr dýpri æðum hennar. Ef það væri hægt fengist heitara vatn (70 - 75°C) og örugglega betra vatn (súrefnissnautt). Var leitað til Ómars Sigurðssonar verkfræðings og gerði hann lauslega úttekt á gögnum um dæluprófanir á holunni. Hann benti á að einungis um 1 - 1,5 l/s af þeim 10 l/s sem nú er dælt úr holunni kæmu úr æðum neðan 100 m dýpis. Æðar neðan 450 m gefa nær ekkert. Ef vinna ætti eingöngu úr æðum neðan 100 m dýpis er ekki hægt að reikna með meiru en 4 - 7 l/s miðað við að draga vatnsborð niður á 90 m dýpi. Fyrirliggjandi gögn nægja ekki til að spá því hvernig vatnsborð myndi breytast með tíma.

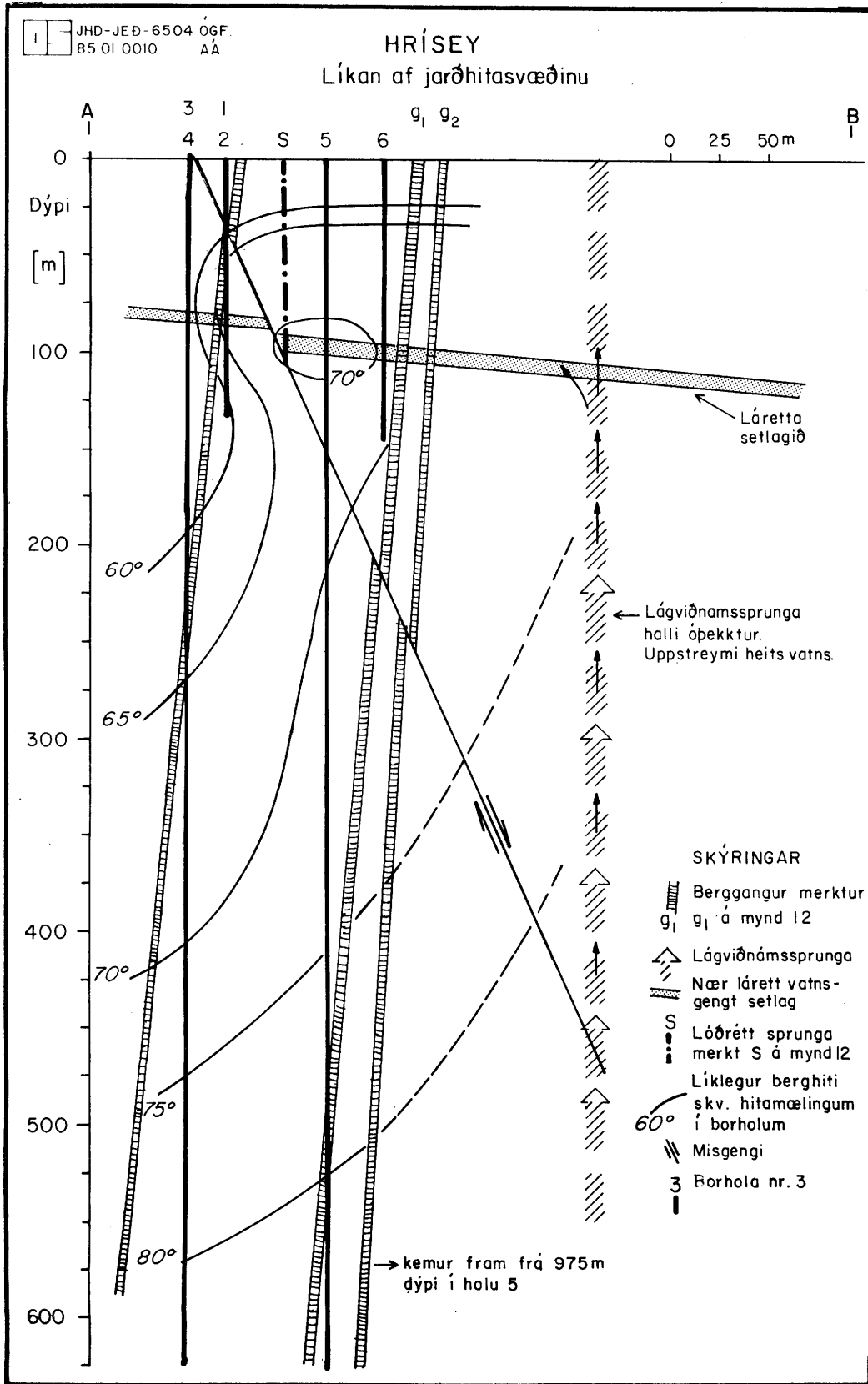
Af þessu mati Ómars má draga þá ályktun að hugmyndin um að vinna vatn eingöngu úr æðum neðan 100 m dýpis er óraunhæf.

7 LÍKAN AF JARÐHITAKERFINU

Hér að framan hefur verið fjallað allítarlega um nokkra rannsóknarþætti. Með því að leggja þá alla saman má draga upp allskýrt líkan af jarðhitakerfinu sem er í samræmi við niðurstöður einstakra rannsóknarþátta. Líkanið er sýnt í formi þversniðs gegnum jarðhitakerfið frá norðvestri til suðausturs (mynd 13). Heitt vatn kemur upp með sprungu, sem fram kom í viðnámssniðsmælingunum. Það er fremur þrýstingslítið og nær ekki til yfirborðs en leitar út í lárétta lagið og þaðan eitthvað lengra upp í opnar sprungur, til dæmis sprunguna sem sést í klettunum neðan holu 5. Þar sem efri hluti sprungunnar liggur lægst, í vikinni sunnan Kríuness, nær heita vatnið yfirborði. Eitthvað af heita vatninu nær einnig yfirborði með sprungum sem fylgja misgenginu. Þegar vinnsla hófst úr lárétta laginu lækkaði þrýstingur í því og sprungunum í kring með þeim afleiðingum að kalt, klórsnautt og súrefnisríkt grunnvatn leitaði niður í lárétta lagið. Það hefur orðið til þess að vatnið sem fékkst upp með dælingunni kólnaði og súrefnisinnihald þess jókst.

Jafnhitalínurnar sem dregnar eru á myndinni eru nokkuð skáldlegar þar sem vitneskja um berghitann er ekki alltof örugg. Þó er ljóst að bergið hitnar í átt að lágviðnámssprungunni.

Telja verður líklegt að vatnið úr holu 5 fari áfram kólnandi. Til að bæta úr verður að bora nýja vinnsluholu sem hittir á uppstreymisrás heita vatnsins. Þar má búast við heitu, súrefnissnaudu en e.t.v. klórríku vatni.



Mynd 13 Líkan af jarðhitasvæðinu í Hrísey. Sniðið AB er sýnt á mynd 12.

8 NIÐURSTÖÐUR

Niðurstöður þessarar úttektar á vinnslusvæði Hitaveitu Hríseyjar má draga saman á eftirfarandi hátt.

1. Viðnámsniðsmælingar sem gerðar voru í Hrísey 1984 benda til þess að vatnsleiðandi sprunga með stefnu NA-SV liggji um 100 - 200 m austan holu 5. Niðurstöður þessar eru einar sér ekki óbyggjandi.
2. Hitamælingar í borholum hitaveitunnar benda til þess að uppstreymisrásin sé talsvert austar en fram að þessu hefur verið talið. Það er í samræmi við niðurstöður viðnámsniðsmælinganna.
3. Halli aðstreymissprungunnar er óþekktur og sömuleiðis lega hennar er nær dregur ströndinni. Bora þarf grunnar rannsóknarholur til að ákvarða hallann áður en borun vinnsluholu getur farið fram.
4. Opin sprunga liggur skammt frá holu 2. Líkur benda til að niður um hana streymi kalt vatn inn í láréttu vatnsæðina á um 100 m dýpi.
5. Hitamælingar benda til niðurrennslis í holum 1 og 4 og gæti verið ástæða til að steypa í holurnar til að hindra það. Rétt þykir að koma fyrir mæliröri í leiðinni.
6. Ekki er hægt að fullnægja heitavatnspörf Hríseyinga með vatnsvinnslu úr holu 5 sem yrði takmörkuð við æðar neðan 100 m dýpis.

9 TILLÖGUR

Sett hefur verið fram líkan af jarðhitasvæðinu sem virðist samrýmast niðurstöðum allra rannsókna sem fram til þessa hafa farið þar fram. Ólokið er úrvinnslu borsvarfs úr holunum og er ekki óhugsandi að breyta þyrfti líkaninu eitthvað að þeirri athugun lokinni.

Mælt er með því að boraðar verði nokkrar 100 - 200 m djúpar rannsóknarholur til að ákvarða eins nákvæmlega og hægt er legu og halla aðfærsluæðarinnar. Það heldur áhættu af borun djúprar vinnsluholu í lágmarki. Fyrirfram er ekki hægt að segja til um hve margar rannsóknarholur þarf en ekki er fráleitt að reikna með 4 slíkum. Tillaga er gerð að staðsetningu þeirra á mynd 12. Sú fyrsta er sett beint yfir lágviðnámssprunguna en ein sitt hvoru megin við hana í sömu fjarlægð frá henni. Verð hverrar holu gæti verið nálægt 500 þúsund krónum eða samtals um 2 milljónir króna. Að því loknu kæmi til borun vinnsluholu eða dýpkun og fóðrun einnar rannsóknarholunnar. Reikna má með að holan verði allt að 600 m djúp og að fóðra þurfi hana niður á 200 m dýpi. Slík hola myndi kosta nálægt 4 milljónum króna. Alls gæti það kostað um 6 milljónir króna að afla nægjanlegs heits vatns fyrir hitaveituna. Reyndar er vel hugsanlegt að einhver grunnu holanna leiddi til nægjanlega góðs árangurs þannig að fresta mætti um sinn borun djúprar vinnsluholu. Sú von felst í því að einhver grunnu holanna hitti í uppstreymissprunguna neðan láréttu æðarinnar.

Segulkortið sem mælt var 1979 endar norðan lágviðnámssprungunnar. Mælt er með því að segulkortið verði framlengt til suðurs og kannað hvort einhver segulfrávik tengjast lágviðnámssprungunni. Jafnframt yrði athugað hvort sjá megi einhver ummerki í brimklifinu sunnan Kríuness sem rekja megi til lágviðnámssprungunnar. Þessar athuganir er auðvelt og fljótlegt að framkvæma.

Þar sem hitaveitan stendur ekki fjárhagslega sterkum fótum er ráðlegt að fresta frekari vatnsöflun og reyna að umbera ástandið eins og það er, þ.e.a.s. tæplega 60°C heitt súrefnisríkt og saltríkt vatn með tilheyrandi útfellingum. Þegar svigrúm gefst verði síðan ráðist í borun grunnu rannsóknarholanna, en það er næsta eðlilega skrefið í vatnsöflun Hitaveitu Hríseyjar.

HEIMILDIR

Fjarhitun hf., 1982: Hitaveita Hríseyjar. Ágúst 1982 / Nr.22 /1

Glaumur, borskýrslur 1982 - 83.

Kristján Sæmundsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1982a: Varðar borun eftir heitu vatni í Hrísey. Orkustofnun greinargerð KS/HK - 82/04

Kristján Sæmundsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1982b: Varðar vatnsöflun fyrir Hitaveitu Hríseyjar. Orkustofnun greinargerð KS/HK - 82/05

Kristján Sæmundsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1983: Vatnsöflun fyrir Hitaveitu Hríseyjar. Orkustofnun greinargerð KS/HK - 83/07

Sigmundur Einarsson, Guðmundur I Haraldsson og Einar Gunnlaugsson, 1979: Jarðhitaathugun í Hrísey í apríl 1979. Orkustofnun, OS79029/JHD13, 38 s.

Auk þess hefur Grétar Grímsson hjá Verkfræðistofu Norðurlands lagt til hitamælingar sem hann gerði í holum 2 og 5 árin 1980 og 1984.

VIÐAUKI A: Um viðnámsmælingar

Viðnámsmælingar eru samheiti yfir flokk mælinga sem beinast að því að mæla eðlisviðnám jarðar. Þær byggja allar á þeirri reglu að sendur er út gegnum jörðu, rafstraumur milli tveggja straumskauta og mæld sú spenna sem straumurinn skapar milli tveggja spennuskauta. Reiknað er út svonefnt sýndarviðnám sem ræðst af hlutfalli mældrar spennu og straums, og innbyrðis afstöðu straum- og spennuskauta. Sýndarviðnámið þarf síðan að túlka yfir í raunverulegt eðlisviðnám jarðar, en það getur verið mismunandi, bæði með dýpi og milli mælistaða.

Reynslan hefur sýnt að oft fer saman lágt eðlisviðnám í jörðu og vatnsleiðandi sprungur eða gangar. Tilgangur viðnámsmælinga er að finna og afmarka slík lágviðnámssvæði í berggrunninum.

Sumarið 1981 var fyrst reynd héraendis ný mæliaðferð sem kölluð er viðnámsenniðsmæling. Hún hefur reynst sérlega hentug til leitar að vatnsleiðandi sprungum þar sem þær koma fram sem lóðréttir lágviðnámsveggir. Í mælingunum eru notuð 3 straumskaut (A, B og C) og tvö spennuskaut (M og N). Straumskautunum A og B, og spennuskautunum er raðað á línu og straumskauti C er komið fyrir mjög langt í burtu. Mæld eru þrjú sýndarviðnámsgildi ρ_{AB} , ρ_{AC} og ρ_{BC} . Síðan er straumskautunum A og B, og spennuskautunum hliðrað eftir mælilínunni og ný sýndarviðnám mæld. Ef jörðin er einungis gerð úr láréttum viðnámslögum verða öll viðnámsgildin eins, en í grennd við lóðrétt viðnámskil raskast þetta. Ef teiknaðir eru tveir viðnámsferlar, $\rho_{AC} - \rho_{AB}$ og $\rho_{BC} - \rho_{AB}$ eftir mælilínu, þá skerast þeir, í einföldum tilvikum, beint yfir lóðréttu viðnámskilunum. Þannig má í einföldum tilvikum finna stefnu lágviðnámsprungu með nokkrum mælilínum, en slík lágviðnámssprunga er síðan túlkuð sem lóðrétt vatnsfyllt sprunga í berggrunninum.

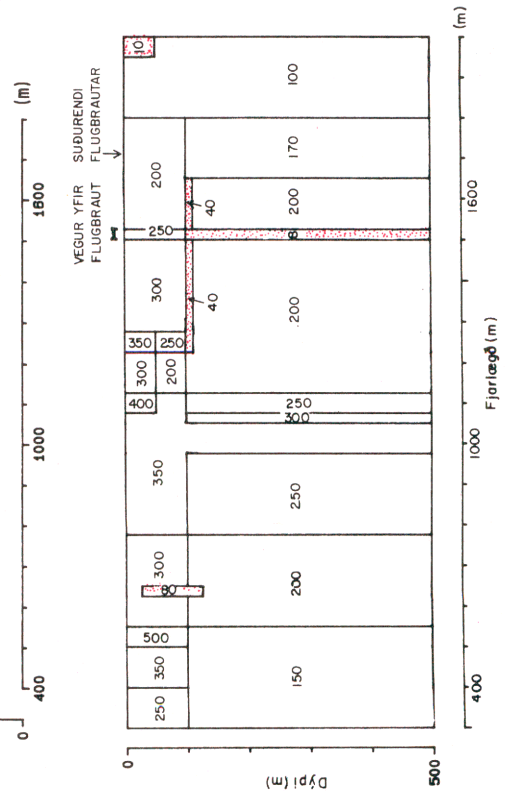
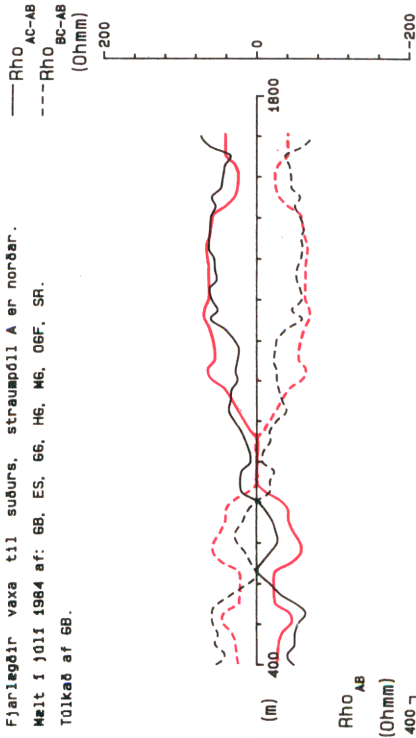
VIÐAUKI B : Viðnámslíkön og mældir og reiknaðir viðnámsferlar

JHD-JED-564-GB
85.01.0049 T

HRISEY, LINA 1

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 300m, MN/2= 25m

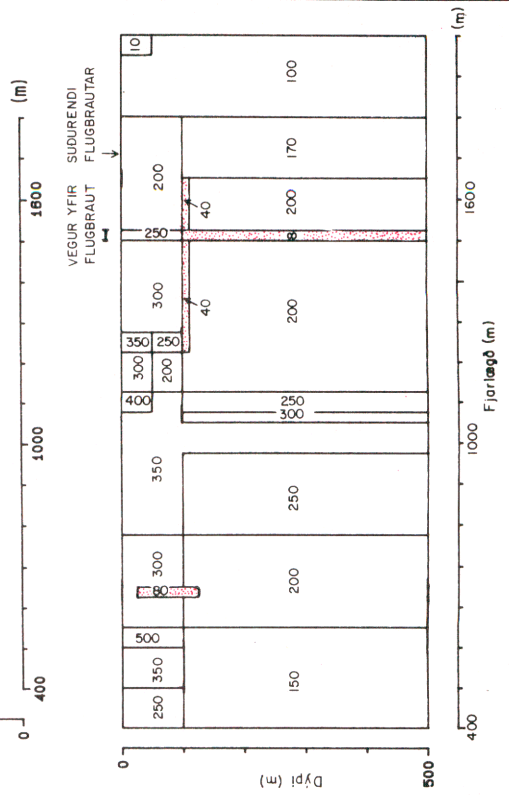
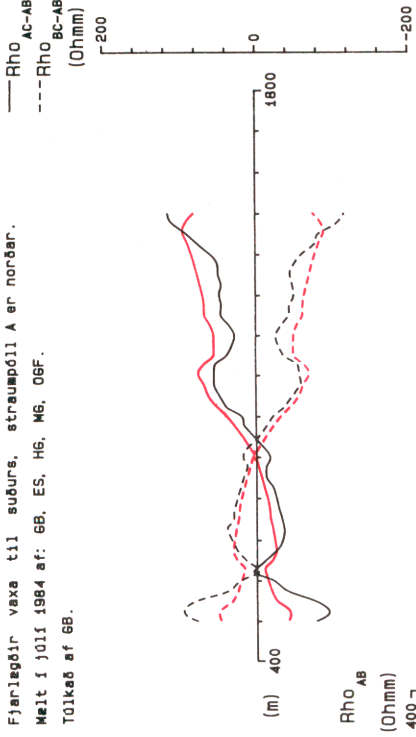
Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðurs, straumpóll A er norðar.
Mælt í júlí 1984 af: 6B, ES, 66, H6, M6, 06F, SR.
Tolkæð af 6B.



HRISEY, LINA 1

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 500m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðurs, straumpóll A er norðar.
Mælt í júlí 1984 af: 6B, ES, H6, M6, 06F.
Tolkæð af 6B.



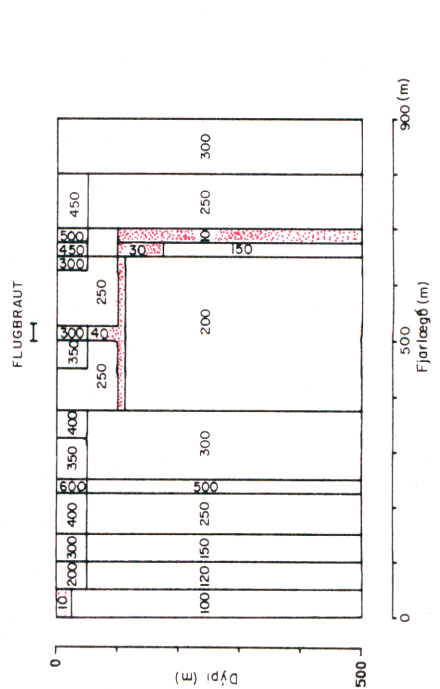
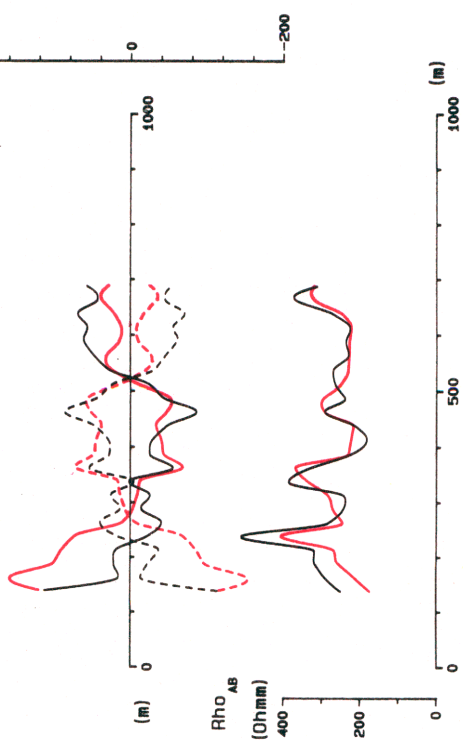
JHD-JFD-564-GB
85.01.0050 T

HRISEY, LINA 2

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 112.5m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til subeusturs, straumpóll A er austur
Mált í júlí 1984 af: 6B, 06F, ES, H6, M6
Tolkad af 6B.

— Rho AC-AB
--- Rho BC-AB
(Ohmm)

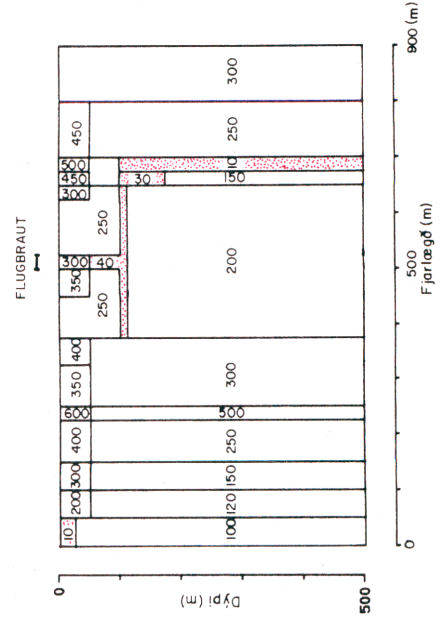
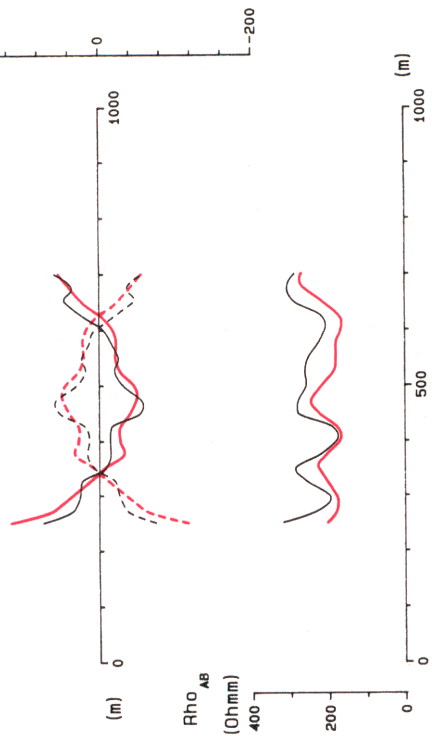


HRISEY, LINA 2

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 200m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til subeusturs, straumpóll A er austur
Mált í júlí 1984 af: 6B, 06F, ES, H6, M6
Tolkad af 6B.

— Rho AC-AB
--- Rho BC-AB
(Ohmm)



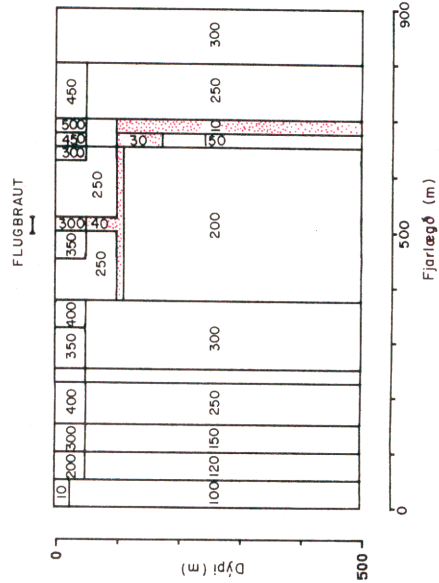
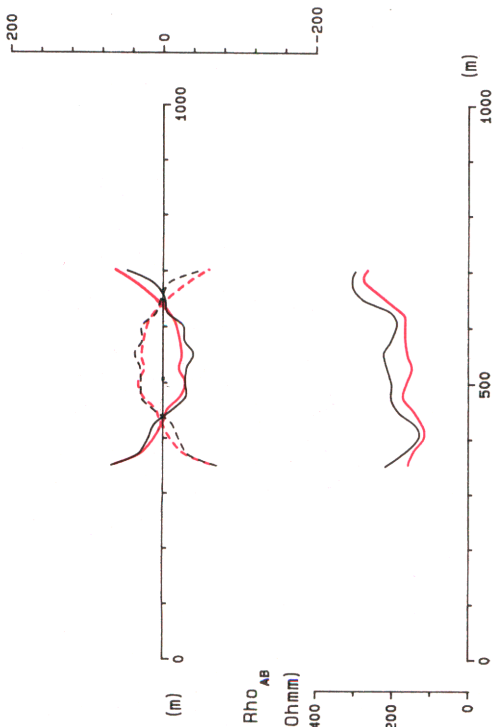
JHD-JED-564-GB
85.01.0051-T

HRISEY, LINA 2

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 300m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðausturs, straupóll A er austar.
Mælt í júlí 1984 af: 6B, 06F, ES, H6, H6, 66, SR.
Tolkad af 6B.

— Rho AC-AB
--- Rho BC-AB
(Ohmm)

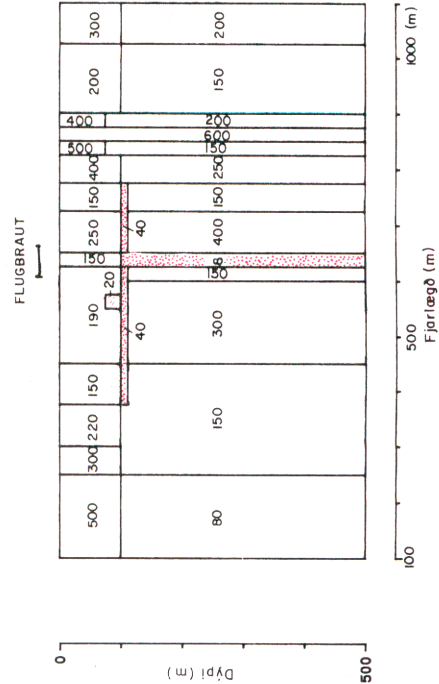
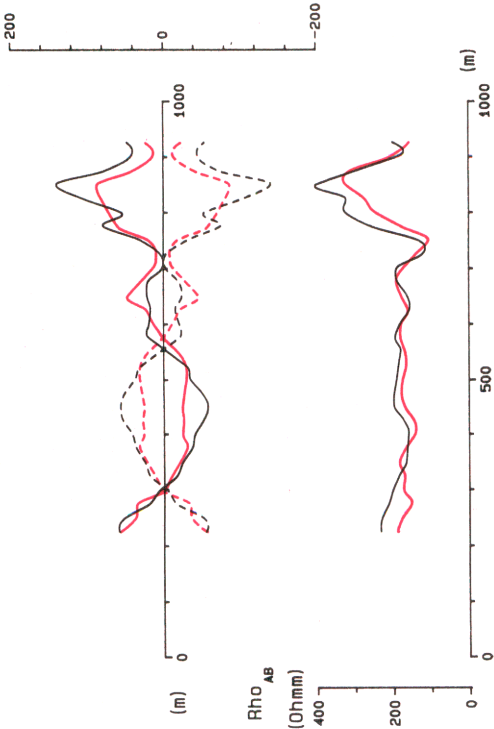


HRISEY, LINA 3

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 200m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðausturs, straupóll A er austar.
Mælt í júlí 1984 af: 6B, ES, 66, H6, H6, SR.
Tolkad af 6B.

— Rho AC-AB
--- Rho BC-AB
(Ohmm)

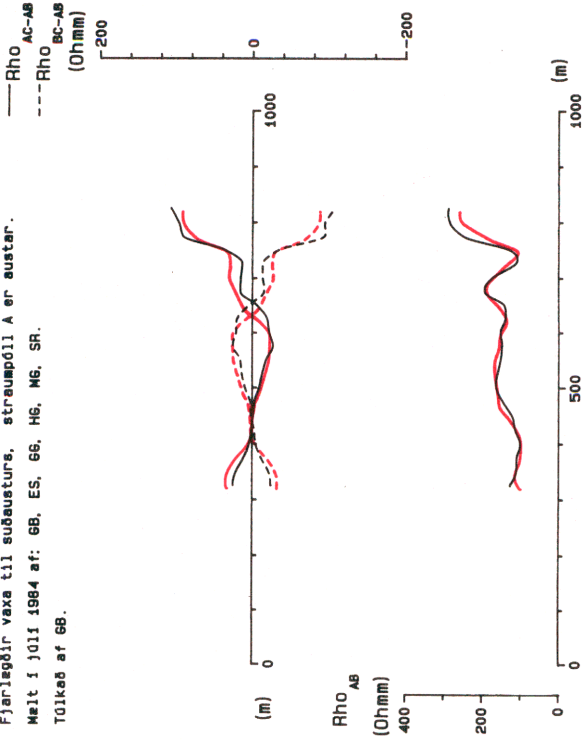


JHD-JED-564-GB
85.01.0052-T

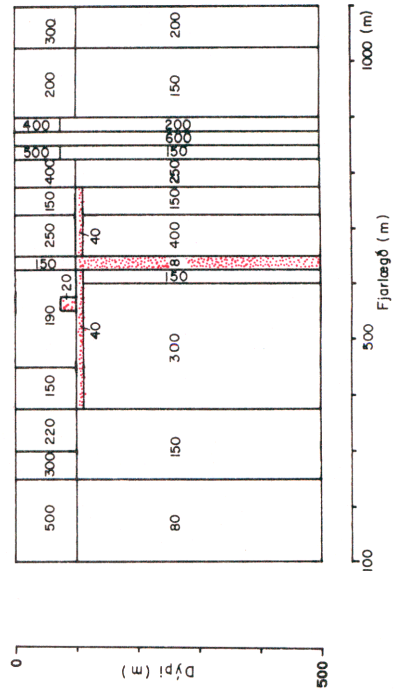
HRISEY, LÍNA 3

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLÍKAN
AB/2= 300m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðausturs, straumpóll A er austar.
Mælt í júlí 1984 af: GB, ES, HG, MG, SR.
Tolkað af GB.



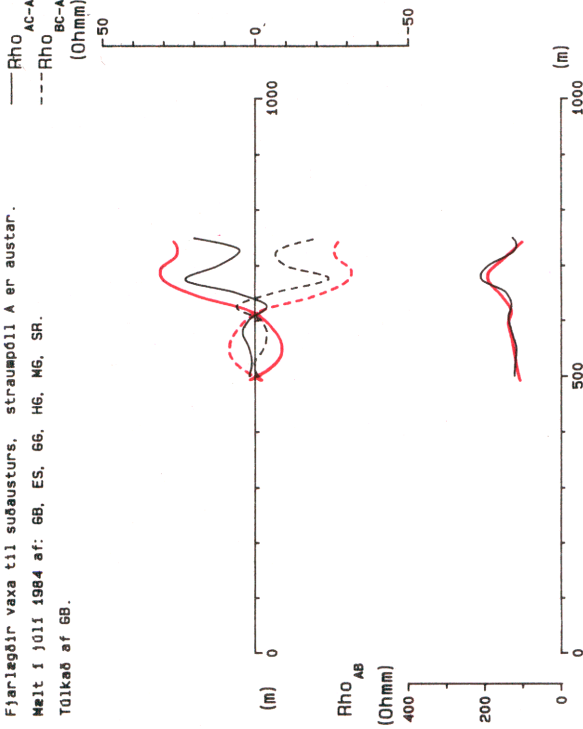
FLUGBR.



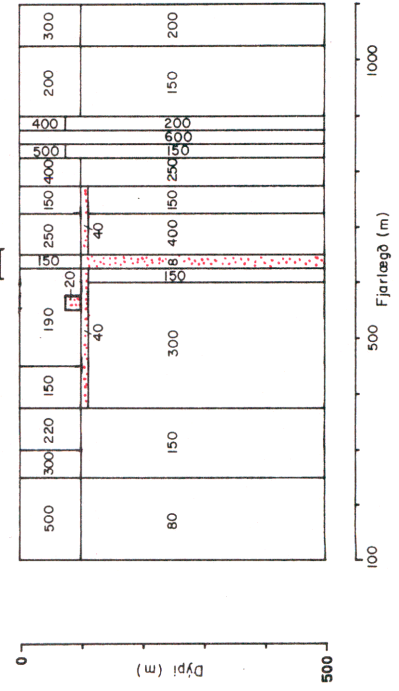
HRISEY, LÍNA 3

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLÍKAN
AB/2= 400m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðausturs, straumpóll A er austar.
Mælt í júlí 1984 af: GB, ES, HG, MG, SR.
Tolkað af GB.



FLUGBR.

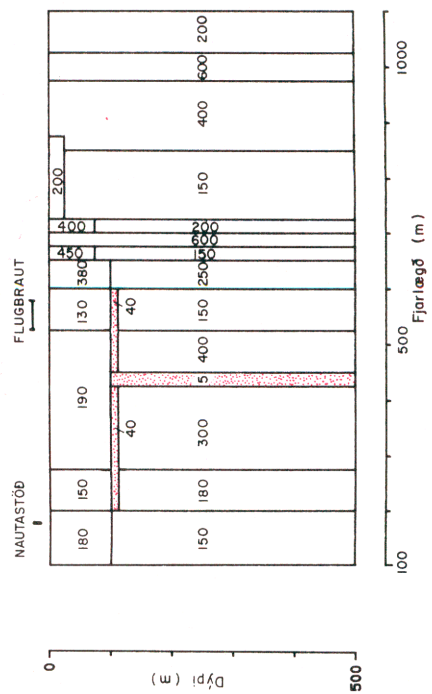
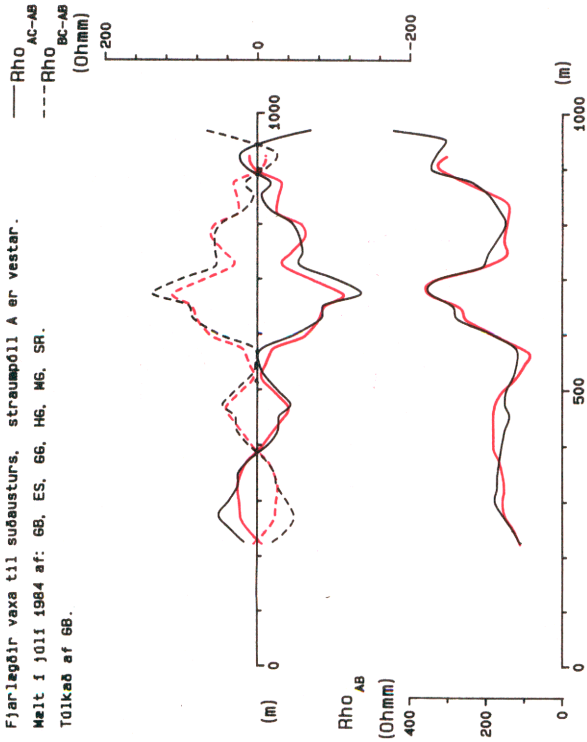


JHD-JED-564-GB
85.01.0053-T

HRISEY, LINA 4

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 200m, MN/2= 25m

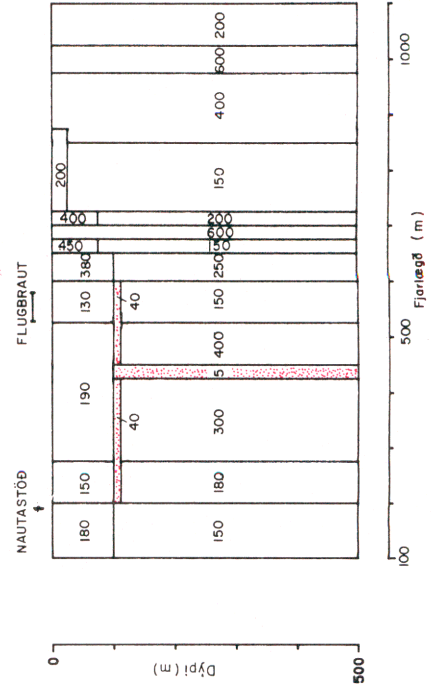
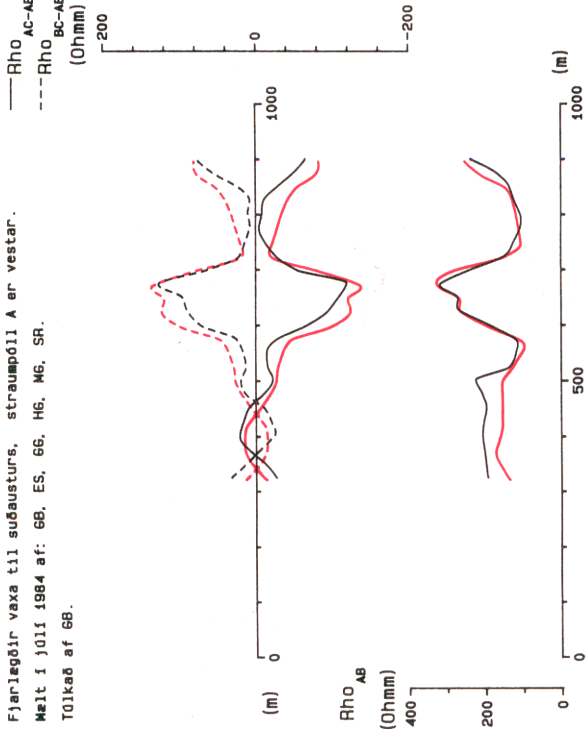
Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðausturs, straumpóll A er vestar.
Mælt í júlí 1984 af: 6B, ES, 66, H6, M6, SR.
Tólknað af 6B.



HRISEY, LINA 4

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 300m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðausturs, straumpóll A er vestar.
Mælt í júlí 1984 af: 6B, ES, 66, H6, M6, SR.
Tólknað af 6B.



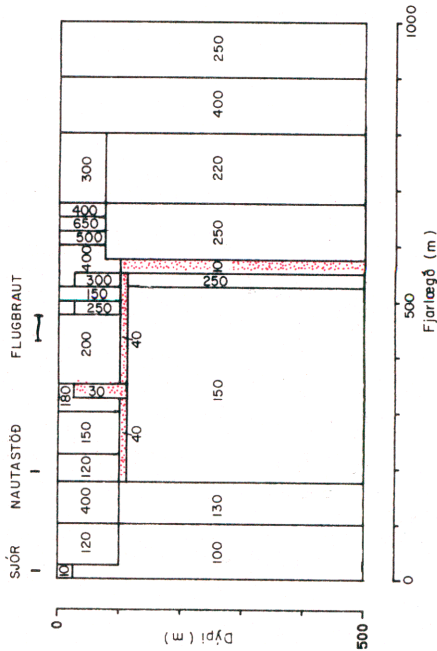
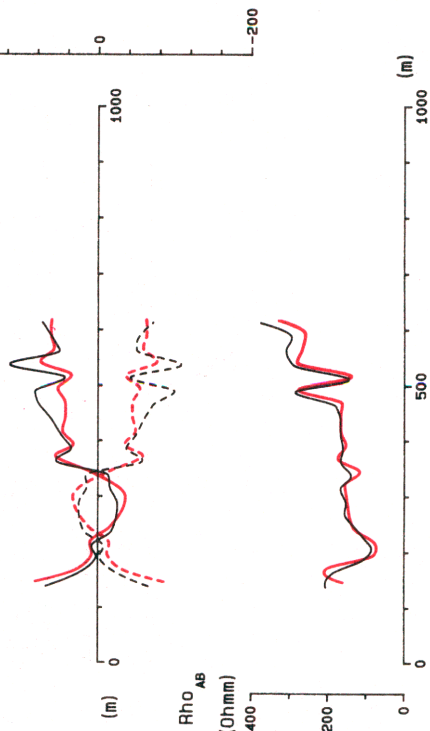
JHD-JED-564-GB
85.01.0054-T

HRISEY, LINA 5

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 112.5m, MN/2= 12.5m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til austurs, straupdóll A er austar.
Melt í júlí 1984 af: 6B, ES, 66, H6, M6, SR.
Tolkæð af 6B.

— Rho
AC-AB
--- Rho
BC-AB
(Ohmm)

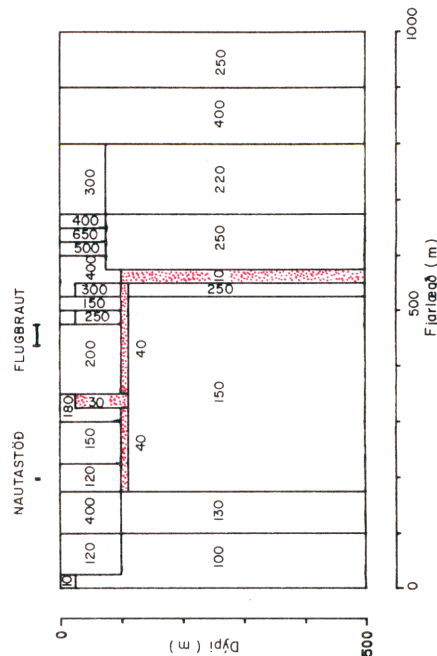
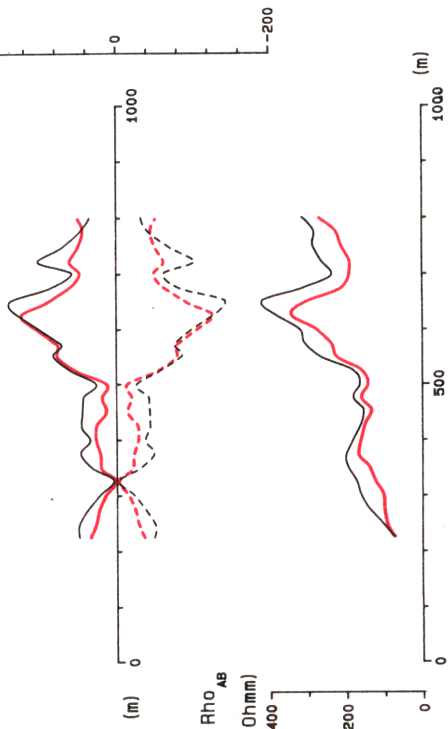


HRISEY, LINA 5

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2= 200m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til austurs, straupdóll A er austar.
Melt í júlí 1984 af: 6B, ES, 66, H6, M6, SR.
Tolkæð af 6B.

— Rho
AC-AB
--- Rho
BC-AB
(Ohmm)



JHD-JED-564-GB
85.01.0055-T

HRISEY, LINA 5

VIDNÁMSFERLAR OG VIDNÁMSLIKAN
AB/2 = 400m, MN/2 = 25m

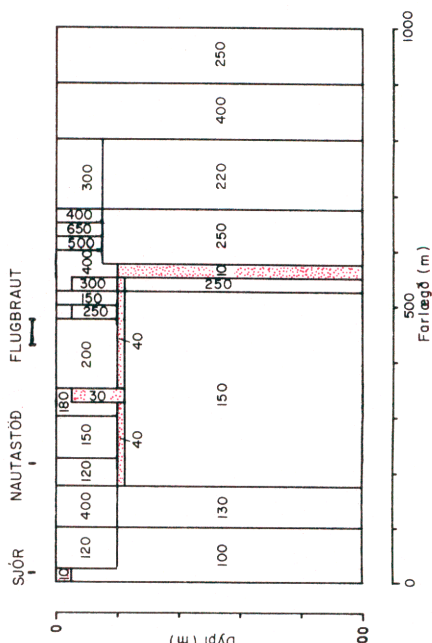
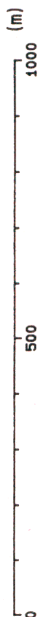
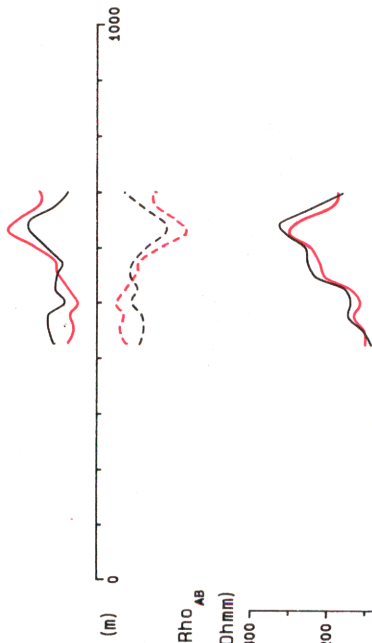
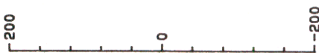
Mældir viðnámsferlar eru svartir, reiknæðir eru rauðir.

Fjarlægðir vaxa til austurs, straupóll A er austar.

Mælt í júlí 1984 af: 6B, ES, 66, H6, M6, SR.

Tolkað af 6B.

— Rho
--- Rho
(Ohmm)

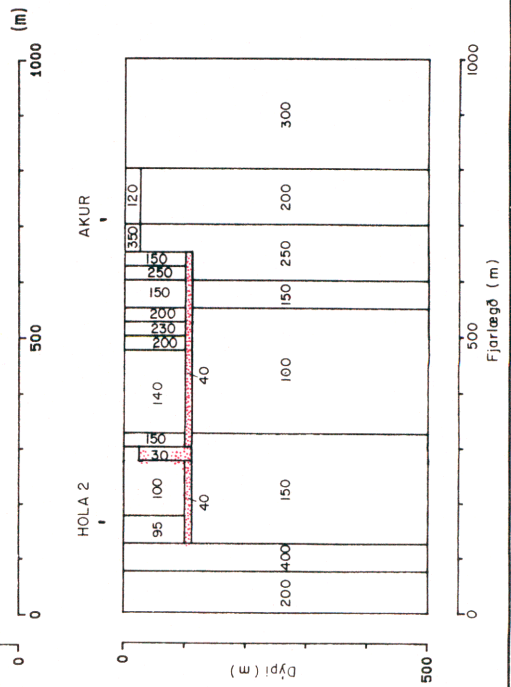
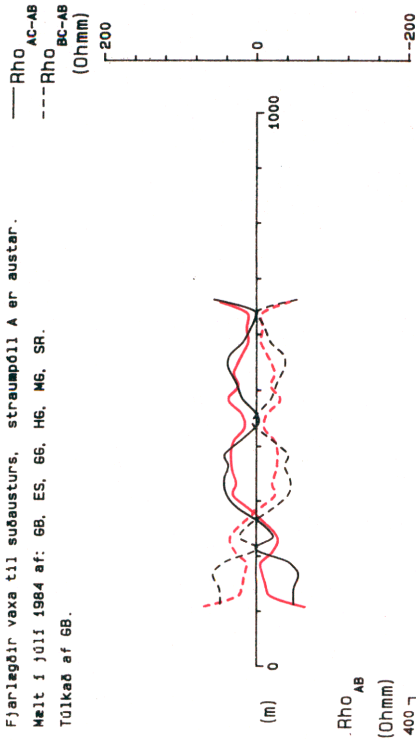


JHD-JED-564-GB
85.01.0056-1S

HRITSEY, LINA 6

VIÐNÁMSFERLAR OG VIÐNÁMSLIKAN
AB/2= 112.5m, MN/2= 12.5m

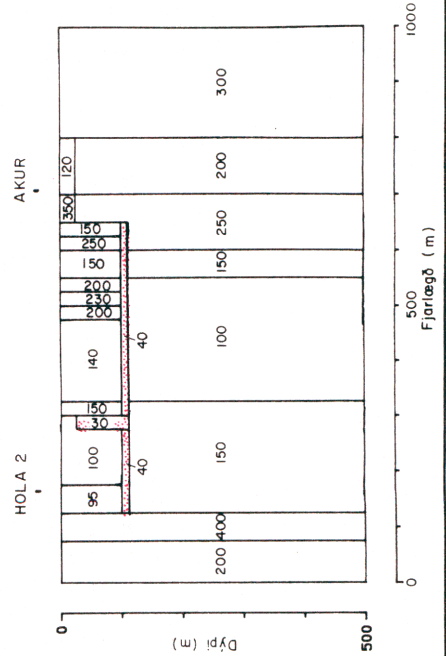
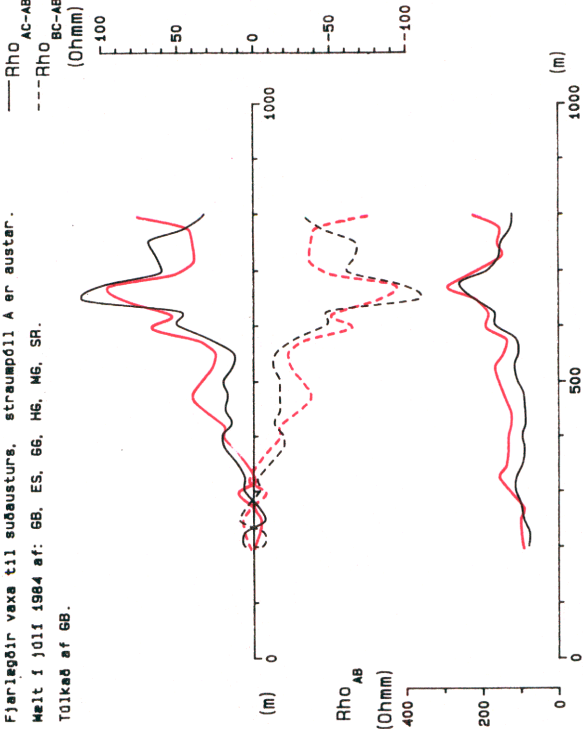
Mældir viðnámsferlar eru sværtir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðausturs, straupóll A er austar.
Melt í júlí 1984 af: 6B, ES, 66, H6, M6, SR.
Tolkæð af 6B.



HRITSEY, LINA 6

VIÐNÁMSFERLAR OG VIÐNÁMSLIKAN
AB/2= 200m, MN/2= 25m

Mældir viðnámsferlar eru sværtir, reiknaðir eru rauðir.
Fjarlægðir vaxa til suðausturs, straupóll A er austar.
Melt í júlí 1984 af: 6B, ES, 66, H6, M6, SR.
Tolkæð af 6B.



VIÐAUKI C: Hitamælingar í holu 5 gerðar 1984.

