

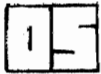
ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

JARÐHITI VIÐ HÚSAVÍK

Eftir

Jens Tómasson, Guðmund Pálmason,
Jón Jónsson og Sveinbjörn Björnsson

Marz 1969



JARÐHITI VIÐ HÚSAVÍK

Eftir

Jens Tómasson, Guðmund Pálmason,
Jón Jónsson og Sveinbjörn Björnsson

Marz 1969

O. AGRIP AF NIÐURSTÖÐUM

Jarðhitasvæðið

Jarðhiti á Húsavík er nátengdur miklu misgengi með stefnu NV-SA. Þetta misgengi liggur um sunnanvert Húsavíkurfjall rétt norðan við bæinn (sjá myndir Fnr. 7149 og 8732). Eru jarðlög norðan misgengisins mun eldri en sunnan þess og virðist jarðhitinn bundinn við eldri lögin. Ekki er vitað, hve langt jarðhitasvæðið nær til norðurs. Sunnan misgengisins er hiti vatnsins mun lægri vegna blöndunar við kalt grunnvatn í yngri jarðlögum.

Rennsli úr borholum

Boraðar hafa verið 4 borholur dýpri en 500 m. Með dælingu fást úr tveimur þeirra (I og IV) um 13 l/sek af 88°C heitu vatni og úr holu III, sem er sunnan misgengisins hefur verið dælt um 16 l/sek af 42°C heitu vatni. Sennilega má auka vatnsrennsli inn í heitari holurnar, ef dælt er í þær vatni undir háum þrýstingi, sem sprengir út nýjar vatnsaðar í heitt bergið. Ennfremur mætti með sterkari dælu ná mun meira magni úr holu III.

Eiginleikar heita vatnsins.

Greina má vatnið úr holunni í þrjá flokka eftir hita og efnainnihaldi. Í fyrsta flokki er vatnið úr holu I, sem er yfir 90°C heitt og með klórmagn yfir 1700 ppm. Líklegt er, að þetta vatn megi fá á svæðinu frá holu I niður að sjó við Laugardal. Efnagreiningar (bls. 43) og jarðfræðilegar athuganir (bls. 5) benda jafnvel til þess, að vatn í borholum niðri við sjó í Laugardal yrði mun heitara en í holu I.

Í öðrum flokki er vatn úr holum IV og V, sem er um 70-80°C heitt og með klórmagn 600-1100 ppm. Mætti líklega fá meira af þessu vatni, ef borað yrði á misgenginu austan holu IV. Gæti það orðið um 80°C og með minna klórmagni en 700 ppm.

Í þriðja flokki er vatnið í holu III, sem er 40-50°C heitt og með klórmagni 300-400 ppm.

Nýting heita vatnsins og frekari boranir

Vatn, sem hefur klórmagn yfir 1000 ppm er óhæft til neyzlu og mikil hætta er á tæringu, ef það er notað beint á hitunar-kerfi. Vatnið úr fyrsta flokki yrði því að nota óbeint til þess að hita annað vatn í forhitara hitaveitu. Kæmi þar mjög til greina að hita upp vatnið úr holu III (þriðja flokki), sem óhætt væri að nota beint inn á bæjarkerfið.

Vatn úr öðrum flokki mætti einnig mæla beint inn á bæjarkerfi, en æskilegra væri að nota forhitara í húsum til þess að forðast tæringu.

Talið er víst, að með frekari borunum megi ná verulega auknu vatnsmagni. Yrði þá af tæknilegum ástæðum um tvo kosti að velja:

- a) Bora eftir sem heitustu vatni úr fyrsta flokki og nota það til þess að hita upp vatn úr þriðja flokki.
- b) Bora eftir vatni úr öðrum flokki, sem notað yrði beint á bæjarkerfið.

Boráætlun.

Áætlað er að um 50 l/sek af 80°C heitu vatni þurfi til að leggja hitaveitu í allan bæinn. Er því komið nægilegt vatnsmagn til að leggja hitaveitu í 30% af bænum. Hér á eftir fer lausleg áætlun um kostnað við þær viðbótarboranir, sem gert er ráð fyrir að þurfi. Áætlunin er í tvennu lagi. Annars vegar svartsýnisáætlun og hins vegar bjartsýnisáætlun. Raunveruleikinn er sennilega á milli þessara tveggja.

1. (Svartsýnisáætlun)

Boranir (10 holur, 600 m)	Mkr. 10,0
Prófanir	" 2,0
	<u>Mkr. 12,0</u>

2. (Bjartsýnisáætlun)

Boranir (6 holur, 600 m)	Mkr. 6,0
Prófanir	" 1,0
	<u>Mkr. 7,0</u>

Rétt er að taka skýrt fram, að þessi áætlun er mjög lausleg, en þó byggð á þeirri reynslu, sem fyrir hendi er af borunum á Húsavík.

Þessi áætlun er miðuð við fyrri valkostinn en hinn síðari er óvissari.

EFNISYFIRLIT

	<u>Bls.</u>
1. Inngangur (G.P. og J.T.)	1
2. Almenn jarðfræði Húsavíkursvæðisins	2
2.1 Jarðlagaskipan í nágrenni Húsavíkur (J.T.)	2
2.2 Jarðhiti og brotlínur við Húsavík (J.J.)	3
3. Jarðhitarannsóknir til 1961 (J.T.)	5
3.1 Boranir (J.T.)	5
3.2 Dæluprófanir og athugun á heitum lindum í nágrenni Húsavíkur (J.T.)	5
3.3 Efnagreiningar (J.T.)	6
3.4 Viðnámsmælingar (G.P. og Sv.B.)	9
4. Jarðhitarannsóknir eftir 1961	10
4.1 Borsaga (J.T.)	11
4.2 Yfirlit um jarðfræði holanna (J.T.)	15
4.3 Vatnsæðar og hitamælingar í holum (J.T. og Sv.B.)	18
4.4 Mælingar á eðlisviðnámi bergs í borholum á Húsavík (Sv.B.)	21
4.5 Dæluprófanir í holum (J.T.)	23
4.6 Efnasamsetning vatnsins (J.T.)	31
4.7 Uppruni vatnsins (J.T.)	34
4.8 Niðurstöður (G.P. og J.T.)	47
Ritskrá	50

Töflur

<u>Kafl</u>	<u>Tafla</u>		
3.3	Tafla 1	Efnagreiningar	8
4.1	Tafla 2	Yfirlit yfir boranir á Húsavík	14
4.5	Tafla 3	Dæling 1.4.-2.4. 1966, hola I	25
"	Tafla 4	Dæling 16.8.-17.8. 1966, hola IV	27
"	Tafla "	Dæling 18.8.-19.8. 1966, hola V	27
"	Tafla 5	Dæling 11.11.-13.11. 1966, hola III	28
"	Tafla 6	Dæling 22.11.-24.11. 1966, hola III	30
4.6	Tafla 7	Efnagreiningar	33
4.7	Tafla 8	Klóngreining af djúpsýnum frá Húsavík	44
"	Tafla 9	Niðurstöður af ísótópamælingum af vatni frá Húsavík ásamt Cl-innihaldi vatnsins og hita	45
"	Tafla 10	pH, Cl og SiO ₂ úr 5 sýnum frá dælingunni 3.7. 1963, hola I	46

Myndir

<u>Kafli</u>	<u>Mynd</u>	<u>Fnr.</u>
2	Jarðfræðkort af Tjörnesi	8707
3.1 og 4	Staðsetning borhola	7149
3.4	Staðsetning viðnámsmælinga	4394
"	Niðurstöður dýptarmælinga	4395
"	" "	4397
"	Staðsetning viðnámsmælinga	4759
"	Niðurstöður viðnámsmælinga á Húsavík 7.-10. sept. 1959	8621
"	Niðurstöður viðnámsmælinga á Húsavík 7.-10. sept. 1959	8622
4.2	Sneið af jarðfræði holanna á Húsavík	8732
"	Jarðlagasnið af holu I	7156
"	" " " III	7158
"	" " " IV	7159
"	" " " V	7160
4.3	Hitamæling í holu I frá 18.8.'62	5845
"	" " " " " 11.11.'63	8624
"	" " " " " 27.8.'64	6813
"	" " " " " 30.3.'66	7343
"	" " " " " 30.6.'66	7521
"	" " " II " 5.2.'69	8766
"	" " " III " 26.8.'64	6814
"	" " " III " 29.4.'67	8131
"	" " " IV " 27.8.'64	6812
"	" " " IV " 17.8.'66	7553
4.3 og 4.4	Hita-, viðnáms- og jarðspennumæling í holu I, 8.11.-10.11. 1964	6935
4.3 og 4.4	Hita-, viðnáms- og jarðspennumæling í holum III og V, 6.11.-9.11. 1964	6936
4.4	Mæling á eðlisviðnámi bergs í borholu með tveimur rafskautum	6900
4.5	Dæling 1.4.-2.4. 1966, hola I	8516
"	Dæling 16.8.-17.8. 1966, hola IV	8517
"	Dæling 18.8.-19.8. 1966, hola V	8518
4.7	Dreyfing Na, Ca og Mg í íslenzku setvatni	7857
"	Skematísk mynd af grunnvatnsstreymi á Húsavíkursvæðinu	8257
"	Línurit, sem sýnir samband á milli klórs og δ-gildis	8663
"	Línurit, sem sýnir hvernig klórmagníð og δ-gildið eru háð hita	8519

<u>Kafla</u>	<u>Mynd</u>	<u>Fnr.</u>
4.7	Línurit, sem sýnir samband á milli Cl og SO ₄ , HCO ₃ , Na, Ca og Mg.	7883
"	Línurit, sem sýnir samband á milli kísilmagns í vatni og hita	8664

1. INNGANGUR

Jarðhitarannsóknir á Húsavík eiga sér allanga sögu og eru elztu hlutar þeirrar sögu ekki fullþekktir. Um sumarið 1943 voru boraðar tvær holur á Húsavík. Nær ekkert er vitað um þessar holur, nema staðsetningu. Árið 1947 voru gerðar allviðtækar viðnámsmælingar í kringum Húsavík. Árið 1952 var dælt úr lindum í kringum Húsavíkurhöfðann. Árið 1959 voru gerðar viðnámsmælingar aftur og á árunum 1961-1966 voru boraðar 4 holur yfir 500 m djúpar og ein 50 m djúp hola.

Skýrsla sú, sem hér fer á eftir, fjallar um þessar rannsóknir. Er henni skipt í nokkra hluta. Fyrst er jarðfræðilegt yfirlit um Húsavíkursvæðið og nágrenni. Í öðru lagi, jarðhitarannsóknir fyrir boranir 1961 og í þriðja lagi jarðhitarannsóknir eftir 1961. Fjallað er um sögu borananna, jarðfræði holanna, dæluþraunir, hita og viðnámsmælingar í borholunum, efnasamsetningu vatnsins og í kaflanum um uppruna vatnsins er fjallað um isotópa og efnasamsetningu þess og reynt að skýra fylgni á seltu vatnsins og isotópasamsetningu. Að lokum eru dregnar saman helztu niðurstöður skýrslunnar og hagnýtar ráðleggingar. Viðbætir er svo lýsing á jarðlagasniðum holanna, sem ekki er fjölritaður með hinni almennu skýrslu, en er til vélritaður í sex eintökum, 43 bls.

2. ALMENN JARÐFRÆÐI HÚSAVÍKURSVÆÐISINS

2.1 Jarðlagaskipan í nágrenni Húsavíkur

Allmikið hefur verið skrifað um jarðfræði Tjörness fyrir norðan Húsavík. Þar eru Tjörneslögin. Af íslenskum jarðfræðingum, sem hafa skrifað um þetta efni, má nefna Guðmund Bárðarson (1925), Trausta Einarsson (1958 og 1965) og Þorleif Einarsson (1967). Hefur verið höfð hliðsjón af ritum framangreindra í því, sem hér fer á eftir. Yfirlit yfir jarðfræði og tektonik Tjörnessvæðisins er sýnt á teikningu Fnr. 8707.

Húsavíkurkaupstaður stendur á sand- og malarjarðlögum, sem eru mynduð á og eftir ísöld og ná þessi jarðlög meðfram ströndinni suður til Þorvaldarstaðaá, en þar tekur við tuffbreksía með basaltlögum inn á milli. Þessi tuffbreksía liggur sennilega einnig undir malarlögum, því að sunnan undir Húsavíkurhöfðanum er samskonar breksía og fyrir sunnan Þorvaldarstaðaá. Þessar breksiur eru lítið eða ekkert myndbreyttar og zeolítar fáséðir. Í báðum breksíum eru sömu minerölin. Magnesíumríkir pyroxenar og olivinar, basiskur plagioklas og glerið í báðum hefur sama ljósbrot. Er þetta sennilega sama myndun, mjög basisk bergtegund, og því auðþekkt. Fyrir norðan Húsavík er Húsavíkurhöfði. Hann er byggður upp af setbergi, sem mun vera jökulberg að uppruna. Það er nokkuð misjafnt að gerð frá einum stað til annars í höfðanum. Mest ber á lagskiptu seti, misgrófu. Mun það vera myndað við framburð jökulfljóts. Einnig eru kaflar í höfðanum með massivu konglomerati. Jökulbergið er mjög lítið myndbreytt, einstaka glerkorn í millimassanum er palagonitiserað. Í setinu er mikið af minerölum og gleri, sem gæti verið komið úr breksíunni sunnan undir höfðanum. Líklega eru skyldar bergtegundir útbreiddar innar á Tjörnesi. Fyrir norðan Húsavíkurhöfðann taka við elztu jarðlög þessa svæðis, grunnbasaltið, allmyndbreytt basalt með zeolítafyllingu, sem mest ber á syðst í grunnbasaltinu. Allmikið er af millilögum, flest rauð að lit, mjög zeolítiseruð og með

skriðrákum. Rákirnar virðast vera hematít, en grunnmassinn er mest zeolítar. Slík brotkorn eru einnig algeng í holunum, einkum í holu I og V. Halli jarðlaganna er um 20-30° til norðurs, en halli sprungna er yfirleitt til suðurs. Þessi myndun nær svo norður að Kaldárósum, en þar fyrir norðan taka við setlög, mest sjávarset með dýraleifum. Þessi lög hafa oftast verið kölluð Tjörneslög og taldi Guðmundur Bárðarson þau vera 450 m þykk. Út frá dýraleifunum hefur verið hægt að áætla nokkuð um aldur Tjörneslaganna, sem munu vera frá því seinast á Tertier tímanum og snemma á Kvarter.

Grunnbasaltið liggur undir Tjörneslögunum og er því eldra, en skoðanir eru skiptar, hve miklu eldra það sé. Eldri höfundar, eins og Guðmundur Bárðarson héldu, að það væri miklu eldra, en Trausti Einarsson telur, að það sé frá sama jarðsögulega tímanum og Tjörneslögin. Strauch (1963) segir efsta hluta grunnbasaltsins tilheyrja Tjörneslögunum, annars séu basaltlögin sundurbrotin og myndi enga samfellda lagseríu. Grunnbasaltið og Tjörneslögin ná lengst austur á mitt Tjörnes, en þar fyrir austan eru miklu yngri myndanir líkt og fyrir sunnan Húsavík.

2.2 Jarðhiti og brotlínur við Húsavík

Jarðhiti

Jarðhiti við Húsavík: Vestan við Laugardal kemur heitt vatn upp á nokkrum stöðum við sjóinn, en aðallega úr sprungu rétt sunnan við Laugardalssprunguna (sjá Fnr. 7149). Sunnan Húsavíkurhöfða kemur einnig heitt vatn, aðallega úr tveim sprungum (Fnr. 7149). Einnig kemur þarna víða heitt vatn í fjörunni (28°C). Lækur, sem kemur úr vestri sprungunni við Traoargerði, hefur mælt um 14°C. Þess má geta, að í jarðskjálftunum 1872 kom víða heitt vatn upp úr sprungunni í Laugardal.

Fyrir utan þann jarðhita, sem finnst á Húsavík sjálfri, og þar með er að sjálfsögðu talinn hitinn í Laugardal, úti við sjó, er ekki vitað um jarðhita nær bænum en í

Reykjahverfi, en þar er mesta vatnshverasvæði Norðurlands. Þangað eru um 18 km frá Húsavík. Þar austur af er svo háhitasvæðið á Þeistarreykjum, en nokkurs hita verður vart í hraununum þar norður af. Að Þeistarreykjum er um 25 km leið frá Húsavík.

Jarðhiti er og norðaustan í Tjörnesi undir hömrum út við sjó, nálægt sýslumörkum og eins í Lóninu og víðar í Kelduhverfi, en allir eru þessi staðir á megin sprungu-svæðinu, sem áður er getið.

Brotlínur

Oft hefur verið bent á þá staðreynd, að jarðhitinn á Húsavík standi í nánú sambandi við tektonik svæðisins og sér í lagi við misgengissprungu þá, sem myndar Laugar-dal. Þetta misgengi, vestast eru þau raunar tvö, má rekja utan frá sjó, austur um suðurhlíð Húsavíkurfjalls um Botnsvatn og Höskuldsvatn austur yfir heiðina. Þar kemur sprungan inn á megin sprungusvæðið, sem liggur um Tjörnes austanvert, Kelduhverfi, suður yfir Þeistarreykja-bungu og Mývatnssveit allar götur suður í jökla og allt austur á Melrakkasléttu og með stefnu nærri því beint í norður og suður. Sprungustefnan við Húsavík er því önnur en megin sprungustefnan á þessu svæði. Hins vegar má benda á, að hún er ekki alveg einstök í sinni röð, því næstum sömu stefnu má finna áberandi í fjallgarðinum milli Eyjafjarðar og Skjálfanda - Bárðardals.

Hvað viðvíkur svæðinu suður og austur af Húsavík, má benda á, að ekki er með öllu ólíklegt að meiri háttar misgengi sé austanvert við Laxárdal eftir vesturhlíðum Reykjafjalls um Langavatn og Kringluvatn enda þótt ekki verði færðar sönnur á það, enn sem komið er. Þetta gæti skýrt tilveru hveranna í Reykjahverfi að einhverju leyti.

Ekki virðist mér ólíklegt, að Aðaldalur og Skjálfandi séu tektónisk myndun að verulegu leyti. Gæti þá jarðhitinn á Húsavík allt eins verið tengdur brotlinum með stefnu N-S eins og norðvestur-suðaustur stefnunni. Þriðji möguleikinn

er svo, að hann komi fram þar sem þessar línur skerast, en það mundi vera úti í flóanum út af Laugardal.

Jarðskjálftar hafa oft orðið við Skjálfanda og gæti jafnvel nafnið sjálft verið dregið af því. Getið er um snarpa jarðskjálfta á Húsavík og Tjörnesi 1755 og 1872. Þeir sýna að ennþá eru tektóniskar hreyfingar í gangi á þessum slóðum. Um aldurshlutföll mismunandi sprungukerfa á þessu svæði er ennþá lítið vitað, en svo virðist, sem misgengin um austanvert Tjörnes séu yngri en misgengin við Húsavík með stefnu norðvestur-suðaustur. Gera verður hins vegar ráð fyrir, að brotlínukerfin þarna, eins og raunar annars staðar á landinu, séu að uppruna til ævagömul.

3. JARÐHITARANNSÓKNIR TIL 1961

3.1 Boranir

Boraðar voru tvær holur af Rannsóknarráði ríkisins árið 1943. Engar upplýsingar eru til um þessar holur utan staðsetningar (Fnr. 7149). Auk þess er til ein efnagreining af vatni úr annarri holunni. Þessar holur eru nú fallnar saman. Árið 1959 vætlaði þó upp úr efri holunni, að sögn Jóns Jónssonar.

3.2 Dæluprófanir og athugun á heitum lindum í nágrenni

Húsavíkur

Eins og sagt var frá í kaflanum um almenna jarðfræði, eru heitar uppsprettur norðan og sunnan undir Húsavíkurhöfða. Árið 1952 voru gerðar nokkrar dæluprófanir á þessum uppsprettum. Skal hér fyrst getið dæluprófunar á lind norðan höfðans. Dælt var úr sprungu í fjörunni, sem hafði verið hreinsuð af grjóti áður en dæluprófun hófst. Mældur var hiti áður en dæling hófst (ekki getið hversu oft), en þessi rannsókn fór fram á tímabilinu 18.11.-1.12. 1952 og má ætla að hitinn hafi verið mældur nokkrum sinnum á þessu tímabili. Hitinn mældist í tvö skipti 66°C en oftast 60°C - 62°C nærri yfirborði, en í botni

sprungunnar 54°C (30-40 cm undir vatnsborði). Vatni var dælt í 4 klst. Þegar byrjað var að dæla var, fjara, og við háfjöru fengust um 20 l/sek af 60°C heitu vatni. Við háflæði var vatnsmagnið um 25 l/sek og hiti um 40°C . Dælingu var hagað þannig, að hitinn á vatninu hélzt stöðugur. Væri hins vegar of hratt dælt, kólnaði vatnið. Alitið var, að sjór kæmist inn í sprunguna við mikla dælingu. Sprungan er opin út í sjó, og á því sjórinn mjög greiðan gang, ef vatnsborð sprungunnar er lækkað, svo nokkru nemi. Þessi dæling virtist ekki hafa áhrif á vatnið í öðrum sprungum á svæðinu.

Dagana 3.12. og 4.12. 1952 var dælt úr tveim sprungum sunnan höfðans, þessar sprungur höfðu áður verið hreinsaðar af öllum lausum jarðefnum, mól og sandi vegna athugunar á heitu vatni til sundlaugar (staðsetning Fnr. 7149 og 4769). Úr syðri sprungunni fengust 5 l/sek af 36°C heitu vatni. Úr nyrðri sprungunni fengust 17 l/sek af 32°C heitu vatni, og væri líklegt að dæla mætti meira magni með sterkari dælu. Ekki varð vart við neina kólnun við dælingu, og bendir þetta til, að ekki sé um neinn beinan samgang við sjó að ræða. Sagt er, að hiti hafi verið mældur í syðri sprungunni 40°C , en er dæling hófst var hitinn mældur 36°C og hefur ævinlega síðan mælt $35.0-36.0^{\circ}\text{C}$. Vatnið í Sundlaug Húsavíkur er tekið úr syðri sprungunni.

Á þessum tveimur stöðum hefur verið um töluvert vatnsmagn að ræða. Má segja að seinni boranirnar hafi gefið minna vatnsmagn en vanta mátti miðað við þessar dæluprófanir.

3.3 Efnagreiningar

Í töflu 1 eru efnagreiningar sýnishorna úr heitum uppsprettum í kringum Húsavíkurhöfða. Auk þess efnagreiningar af vatni því, sem notað er í Sundlaug Húsavíkur svo og efnagreining af vatni úr holu, sem boruð var árið 1943. Þetta eru efnagreiningar af vatni, sem tilgengilegt var, áður en seinni boranir byrjuðu árið 1961, en sum sýnin eru tekin miklu seinna. Elzta efnagreiningin

er frá 1944 úr lind niðri við sjávarborð. Nánari staðsetning á lindinni er ekki kunn, en ef litið er á hitann, $64,0^{\circ}\text{C}$, þá er líklegt að þetta sé norðan við höfðann, því að í rannsóknunum 1952 mældist þar þessi hiti, en hiti í lindunum sunnan við höfðann hefur aldrei mælt meiri en 40°C . Þetta vatn er ríkast af uppleystum efnum á svæðinu og er þar aðallega um klór að ræða, en einnig var mældur kísill og súlfat. Kísilinnihaldið er einnig það hæsta, sem mælt hefur á svæðinu. Þessi lind gæti vel verið nálægt hitahámarki á svæðinu, því uppleysanleiki SiO_2 er háður hita (sjá bls. 42). Einnig gæti klórmagnið verið háð hita (sjá bls. 36). Efnagreiningarnar í 2. og 3. dálki eru sennilega af vatni frá sömu lind, því að það er vart nema um eina lind að ræða svo heita sunnan undir höfðanum. Mun fyrri efnagreiningin einmitt vera gerð þegar hafinn var undirbúningur að byggingu sundlaugarinnar. Vatnið í þessum sýnum virðist vera af sama uppruna og vatnið frá holunum.

Tafla 1

EFNAGREININGAR

	Lind sem kemur upp í urð niðri við sjávarborð. Vatnsmagn 0,2 l/sek	Tekið í tjörn um 3 m frá lóðréttum sjávarhamri.	Sundlaug	Laugardalslind, sem rennur vestur úr Húsavíkurböfða.	Vatn úr bor- holu við Húsavík
Hiti °C	63	36	36		
Dagsetning	1944	30.5.1959	5.3.1964	13.3.1964	1947 ?
pH	6,5 ? 9,3	8,3	7,85	6,2	6,8
Viðnám ohm cm v/25°C		585,0	587,0		800
Harka p.p.m CaCO ₃		115,0	123,0		
P-alkal. p.p.m CaCO ₃					
S-alkal. " "	4085	32,2	35,2	48,0	
Steinefni p.p.m		959	973,5	12753	595
SiO ₂	124	38,4	34,5		
Cl ⁻	2000	486,0	503,0		320
SO ₄ ⁻	420	23,7	22,4		
F		0,5	0,15		
Ca		46,9			30
Mg		4,2			7,5
Na		300			
K		3,0			
Fe					0,6

3.4 Viðnámsmælingar

Í júlí 1947 voru gerðar nokkrar viðnámsmælingar á Húsavíkurhöfða og í Laugardal. Er staðsetning mælinga sýnd á teikningu Fnr. 4394 og niðurstöður dýptarmælinga á Fnr. 4395-4397. Í september 1959 voru mælingar endurteknar á þessu svæði með fullkomnari tækjum. Staðfestu þær fyrri niðurstöður, en voru auk þess mun ýtarlegri og er því ekki ástæða til að túlka hér eldri mælingar.

Viðnámsmælingar 1959

Dagana 7.-10. sept. 1959 voru gerðar viðnámsmælingar norðan við Húsavíkurkaupstað, þar sem merki eru um jarðhita. Staðsetning þessara mælinga er sýnd á meðfylgjandi uppdrætti af svæðinu (Fnr. 4769). Athuguninni var einkum beint að brotlínu, sem merkt er með B_1 á uppdrættinum, og liggur um 500 m norðaustan við bæinn og stefnir í NV-SA. Önnur brotlína, B_2 , liggur nokkurn veginn samsíða hinni fyrri um 500 m fyrir norðaustan hana og var einnig gerð viðnámsmæling við hana. Mælingunum var þannig hagað, að fyrst voru gerðar 4 djúpmælingar á mismunandi stöðum við B_1 , byrjað næst sjónum í Laugardalnum og haldið til suðausturs eftir línunni. Fjórða mælingin var gerð sunnan við Húsavíkurfjall, um 100 m frá Botnsvatni, og sést hún ekki á uppdrættinum. Síðan var gerð ein mæling, nr. 5, við brotlínuna B_2 . Þá voru gerðar 2 mælingar nr. 6 og 7 á Húsavíkurhöfðanum, suðvestan við B_1 . Til samanburðar við þessar mælingar voru svo gerðar 2 mælingar utan við jarðhitasvæðið, önnur nr. 8, um 500 m sunnan við kaupstaðinn og hin nr. 9 á Bakkahöfða norðan við Húsavík. Tíunda og síðasta mælingin var gerð við B_1 , skammt vestan við veginn út á Tjörnes.

Af samanburðarmælingunum utan við jarðhitasvæðið, þ.e. mæl. nr. 4, 8 og 9, má draga þá ályktun, að eðlisviðnám bergs á þessu svæði sé hærra en $100\Omega\text{m}$, þar sem heitt jarðvatn rennur ekki um bergið. Á Bakkahöfða norðan við Húsavík mældist viðnám bergsins um $350\Omega\text{m}$, en hann er samkv. Trausta Einarssyni úr síðtærtieru basalti. Við Botnsvatn

mældist viðnámið mun herra, um 1000-2000 Ω m nokkra tugi metra niður, en lækkaði síðan niður í 100-300 Ω m þar fyrir neðan. Um 500 m sunnan við Húsavíkurkaupstað, þar sem mæling nr. 8 var gerð, var viðnámið hátt efst, um 1000-2000 Ω m, en lækkaði síðan niður í nokkur hundruð ohmmetra.

Mælingar, sem gerðar voru á brotlínunum og á Húsavíkurhöfða gáfu mun lægra viðnám. Efstu setlög höfðans, sem heitt vatn rennur ekki um, hafa 4-500 Ω m viðnám. Þar fyrir neðan lækkar viðnámið verulega niður fyrir 100 Ω m. Lægst fer það í mælistöð nr. 1 í Laugardalnum og nr. 6 á höfðanum, skammt frá brotlínunni B_1 , en þar fer það niður fyrir 20 Ω m. Í mælistöð nr. 10, sem er skammt frá þessum tveim, fer viðnámið niður í 30-40 Ω m. Í mælistöð nr. 5, sem er á nyrðri brotlínunni B_2 , er viðnámið nokkru herra, 60-70 Ω m. (Sjá nánar í Fnr. 8621 og 8622).

Viðnámstölurnar eru í góðu samræmi við þau jarðhitamerki, sem sjáanleg eru á þessu svæði. Mestur virðist hitinn vera í Laugardalnum á brotlínunni B_1 og í höfðanum rétt sunnan við hana. Þaðan fer hann minnkandi austur eftir brotlínunni og suður á höfðann. Við brotlínu B_2 benda mælingarnar ekki til verulegs hita. Þess er þó að geta, að mælingarnar ná fremur grunnt, oftast má gróft reikna með að þær nái niður á 100 m dýpi og gefa þær því ekki verulegar upplýsingar um ástandið neðan 100 m.

4. JARÐHITARANNSÓKNIR EFTIR 1961

Boranir hófust á ný haustið 1961, er boraðar voru tvær hitastigulsholur, önnur við sunnanverða brotlínu B_1 fyrir miðjum Laugardal, en hin norðan við brotlínu B_2 (sjá Fnr. 7149). Holan sunnan við brotlínu B_1 var síðan dýpkuð og einnig voru boraðar þrjár aðrar holur: Hola III, inn í bænum við prestssetrið, hola IV niðri í Laugardal vestan við þjóðveginn og hola V, á Húsavíkurhöfða niðri við sjó (sjá staðsetningu holanna á Fnr. 7149). Við staðsetningu allra þessara hola

var höfð hliðsjón af viðnámsmælingum og tektónik og hitastigli í þeim holum, sem búið var að bora á hverjum tíma.

4.1 Borsaga

Tvær fyrstu holurnar voru boraðar með höggbor á tímabilinu 3.10.-8.11. 1961. Hóla I varð 60 m (Fnr. 7149), en hola II 50 m að dýpt. Hóla I var hitamæld 18.8. 1962. Var þá vatnsborð 40 m og hitinn í botni $22,6^{\circ}\text{C}$ (Fnr. 5845). Hin hólun (þ.e. hola II) virðist ekki hafa verið mæld við þetta tækifæri, en vatnsborðið í henni var í 8 m að borun lokinni. - Ákveðið var síðan að bora eina ca. 1000 m djúpa holu með Norðurlandsbornum svokallaða, og var ákveðið að dýpka holu I. Byrjað var að setja upp Norðurlandsborinn á Húsavík 10.12. 1961, og var því verki lokið 25.1. 1962 og var þá steyppt í höggborsholuna. Lokið var að bora steypuna 27.1. og byrjaði þá regluleg borun (58 m) og var síðan borað niður í 100 m með $9\frac{7}{8}$ " krónu. Gekk borun mjög vel eða 3,3 m/klst. Hinn 29.1. var farið að undirbúa fóðrun holunnar og var hún rýmd með $12\frac{1}{4}$ " krónu niður í botn. Síðan var hólun fóðruð niður í 100 m dýpi með 8" fóðurrörum og steyppt utan með. Þá var borun fram haldið með $6\frac{1}{4}$ " krónu og að jafnaði 3,0-3,5 tonna álagi á borkrónu. Borun gekk mjög vel, 5,7 m/klst niður á 350 m dýpi. Þar eftir virðist borhraðinn lækka með dýpinu og í um 950 m dýpi er borhraðinn 1,0-1,5 m/klst., en hækkar síðan nokkuð aftur, 2,0-2,5 m/klst. Þann 8.3. 1963 var hólun 1154 m og var þá borun hætt. Hinn 23.2. var tekinn kjarni, 2,5 m langur úr 953 m dýpi og 2. 3. kjarni 5,5 m langur úr 1047 m dýpi. Þegar dregið var upp eftir að borun lauk, kom festa í 274 m dýpi og þurfti að beita allmiklu aflri til að losa borkrónuna.

Þann 11.11. 1963, var hólun hitamæld og reyndist þá vera hitahámark í holunni á 280 m dýpi, 94°C , og fer hitinn síðan lakkandi niður í 700 m dýpi, þar sem hann mælist 88°C , en hækkar síðan á ný og er í 1000 m dýpi 108°C (Sjá Fnr. 8624). Ekki var komiðt dýpra og hefur sennilega

hrunið í holuna við festuna, sem að framan er getið.

Með hliðsjón af þessari hitamælingu var ákveðið að dýpka holuna, og var bormastur reist þann 18.11. 1963. Holan var síðan fódruð niður í 173,6 m með 5 1/4" fódurröri (laus fódoring). Borun hófst síðan í annarri viku janúar-mánaðar 1964. Og hinn 24.1. var holan orðin 1505,5 m djúp og var þá borun hætt.

Eftir að borun á holu I var lokið, varð nokkurt hlé á borunum á Húsavík. Byrjað var að bora á ný með Mayhew-bor 2.6. 1964. Voru þá boraðar þrjár holur með þeim bor, holur III-V.

Byrjaði borun á holu III, 4.6. Fyrst var fódrað með 10" röri 4 m niður. Eftir það var borað með 9 5/8" krónu. 7.6. var holan fódruð með 8" röri niður í 21 m og það steipt fast. Eftir það var borað með 4 1/2" krónu niður í 320 m og var síðan borun hætt 22.7. '64. Borun gekk misjafnt eins og sjá má á Fnr. 7158 og stjórnast borhraðinn af jarðlögunum. Árið 1966 var holan dýpkuð með Cardwellbor og hófst það verk 21.10. sama ár. Fyrst var holan rýmd með 7 7/8" krónu niður í botn og var því lokið 29.10. Hófst þá venjuleg borun og var borað áfram með 7 7/8" krónu. 11.11. var holan orðin 581 m að dýpt. Var þá borun stöðvuð í nokkra daga og dælt úr holunni (sjá bls. 24 og töflu 5), en vatnið þótti of kalt (7 l/sek, 41°C) og var ákveðið að steypa í holuna. 15.11. var steipt upp í 533 m. Vatnsæðin þéttist ekki, en holan var hrunlaus. En 16.11. var holan þétt með spónum og tókst að koma tapinu niður í 1 l/sek. 21.11. var holan orðin 637 1/2 m á dýpt og var þá borun hætt.

Mayhew-borinn var fluttur að holu IV þann 24.7. '64 og byrjað var að bora 27.7. Borað var með 9 5/8" krónu. Þann 29.7. var holan fódruð með 8" röri niður í 24,5 m dýpi. Fyrir ofan þetta hafði verið allmikið hrun í holunni, sandur að sögn. Þann 6.8. var holan fódruð með 5" röri niður í 153 m og síðan borað áfram með 4 1/4" krónu.

Dagana 8.8.-12.8. var bætt við 5" fódningu þannig, að hún næði niður í 223 m dýpi. Þann 20.8.'64 var borun lokið, var holan þá 503,6 m djúp. Borinn var fluttur frá holunni þann 22.8.

Þann 28.8.'64 var flutt að holu V og var byrjað að bora 29.8. Borað var með 9 3/4" borkrónu. Þann 4.9. var holan fódruð niður í 22 m dýpi með 8" röri, síðan var borað með 4 3/4" krónu og 13.9.'64 var holan orðin 427,3 m djúp og var þá borun hætt. Þann 22.9. var holan rýmd með 6 1/4" krónu niður í 54 m og var hún jafnframt dýpkuð niður í 430 m með 4 3/4" krónu.

Árið 1966 var holan fódruð og dýpkuð með Mayhew-bornum. Þann 25.8. var byrjað að rýma holuna niður í 80,5 m dýpi. Var því lokið 29.8. og dagana 30. og 31.8. var holan fódruð með 6" röri niður í 80,5 m dýpi. Síðan urðu nokkrar tafir á framkvæmdunum vegna þess, að beðið var eftir varahlutum í borinn. Byrjað var að dýpka þann 14.9. og 17.9. var borun lokið. Var holan þá 549,9 m djúp. 18.9. fór borinn frá holunni. Við þessa borun var ekki vart við neitt vatnstap.

TAFLA 2

YFIRLIT YFIR BORANIR Á HÚSAVÍK

Hola nr.	Hvenær boruð	Dýpt holu	Vídd á fóðringu	Dýpi á fóðringu	Vatnsborð	Hitastig (max)	Bor notaður
I	30/10-8/11'61	60 m	12 1/2"	2,5 m	40 m	22,6°C	Höggbor III
I A 1)	10/12'62-24/1'64	1506 m	8"	100 m	25,2 m	105,6°C	Norðurl.bor
II	3/10-29/10'61	50 m	12 5/8"	4,5 m	8,0 m		Höggbor III
III	4/6-22/7'64	320 m	7 7/8"	21,0 m	17,0 m	31,5°C x	Mayhew
III A 2)	21/10-6/11'61	637,5 m	7 7/8"	21,0 m		46,0°C x	Cardwell
IV	27/7-21/8'64	503,6 m	5"	223 m	17,2 m	81°C x	Mayhew
V	28/8-13/9'64	430,0 m	8"	22 m	40,0 m	74°C x	Mayhew
V A	25/8-17/9'66	550,0 m	6"	80,5 m			Mayhew

1) Vatnstap: 505 m 0,7 l/sek A: Hóla boruð upp og dýpkuð
 1220 m 0,8 "
 1388 m 5,0 "

x: Mælt eftir að borun lauk

2) Vatnstap: 38,5 m 4,5 l/sek
 450,0 m 3,5 l/sek
 517,0 m 4,5 l/sek
 620,0 m 5,5 l/sek

4.2 Yfirlit um jarðfræði holanna

Vitneskjunnir um jarðlögin í hinum einstöku holum er ábótavant, því að í byrjun voru aðeins geymd sýni af svarfi úr einni holu, holu I. Síðar var tekið nokkuð svarf úr holu III og V, þegar þessar holur voru dýpkaðar 1966. Þótt svarfsýnishorn séu aðeins til af hluta þess bergs, sem borað var í gegnum í Húsavík er hægt að gera sér nokkra grein fyrir jarðlögunum út frá borhraða og lit á skoli. Síðan má bera þessa þætti saman við holu I, þar sem jarðlögin eru bezt þekkt.

Allar holurnar eru boraðar ofan í jökulbergið, sem myndar Húsavíkurhöfðann, nema hola II, sem er boruð ofan í jökulberg frá síðustu ísöld. Jökulbergið er nokkuð misþykkt í holunum, dýpst í holu I (110 m), sjá Fnr. 8732. Undir jökulberginu tekur við berg, sem tilheyrir grunnbasaltinu í holum I, IV og V, en í holu III tekur við berg, sem er miklu unglegra og svarar til jarðlaganna fyrir sunnan Húsavík. Rök fyrir því, að þetta sé svo, eru: Bergið, sem finnst í holunum er mjög líkt grunnbasaltinu, einkum eru brotkornin úr sandsteininum í holunum lík millilögum í grunnbasaltinu. Neðst í grunnbasaltinu er nokkuð af þykkum millilögum, einnig er bergið mjög sundurbrotið, svo að ef þar yrði borað, mundi svarfið virka mjög ósamstætt, líkt og í holunum. Millilögin (sandsteinslögin) eru nokkuð þykkri í holunum en í grunnbasaltinu og virðast setin þykkna á móti suðri og í holu I er komið í þykk, samfelld set. Í Fnr. 8732 er sýnt, hvernig grunnbasaltið er tengt jarðlögum í holunum. Jarðlögin, sem taka við undir jökulberginu í holu III, eru mjög lík berginu fyrir sunnan Húsavík, breksíur og basískar bergtegundir, og er á milli holu IV og III um mikið misgengi að ræða, sem er meira en dýpið á holu III (sjá Fnr. 8732).

Jarðmyndanir í holu I (sjá Fnr. 7156)

Dýpi 0 - 110 m

Lög Húsavíkurhöfðans virðast ná niður á 110 m dýpi. Hér er um að ræða lagskipt set með talsverðu af blágrýtishnullungum og þunnum, hvítum leirlögum. Lítið sem ekkert

af zeolítum er í þessari myndun og virðist hún því ekki mjög gömul.

Dýpi 110 - 214 m

Setin fyrir neðan 110 m og niður í 214 m dýpi eru frábrugðin setunum fyrir ofan. Miklu meira er af zeolítum (zeolítar á milli 10-20%, en aðeins vottur ofar). Þessi munur á zeolítamagni gæti þýtt, að hér væri um talsverðan aldursmun að ræða á jarðmyndunum fyrir ofan og neðan 110 m dýpi. Setið, sem aðallega er sandsteinn, mun vera frá tertier, enda mjög líkt millilögum í grunnbasaltinu, sem lýst var hér á undan. Til dæmis finnast brotkorn með skriðrákum úr zeolítum og hematíti, en nákvæman samanburð er ekki hægt að gera vegna þess, að hvert svarfkorn er aðeins um 2 mm í þvermál og lítið er hægt að segja um gerð bergsins. Þetta set er mest í linsum eða lögum. Einstaka basaltmolar eru í þessum setum og þrjú þunn, fínkristölluð basaltlög.

Dýpi 216 - 312 m

Skiptast á tektonisk breksía, konglómeratlög og sandsteinslög með leirlinsum.

Dýpi 312 - 440 m

Mest basaltlög með millilögum, millilögin oft rauður sandsteinn. Zeolítar < 65%.

Dýpi 440 - 620 m

Mest fremur gróft set, konglomerat og sandsteinn með talsverðu af basaltmolum. Allmikið af zeolítum er í þessari myndun, 10-20%.

Dýpi 620 - 820 m

Set, sandsteinslög (mest) með einstaka konglómeratlögum. Allmikið af zeolítum og mest, þar sem setið er grófast (10%-30%). Neðst í mynduninni eru tvö basaltlög.

Dýpi 820 - 980 m

Mest fremur fínt set, mjög zeolítiserað (um og yfir 50% zeolítar) með nokkrum grófari sandsteinslögum, sem eru minna zeolítiseruð.

Dýpi 980 - 1070 m

Skiptast á konglomerat og rauð sandsteinslög með allmiklu af zeolítum.

Dýpi 1070 - 1154 m

Rauður sandsteinn með hvítum leirsteinslögum.

Dýpi 1154 - 1505 m

Basaltlög með fremur litlum millilögum (grágrýti mest). Mikið af zeolítum.

Jarðlög í holu II

Jökulbergið nær niður í 46 m, síðan tekur grunnbasaltið við niður í botn (54 m).

Jarðlög í holu III (sjá Fnr. 7158)

Jökulbergið nær niður í 67 m dýpi, síðan tekur við basallag og síðan breksía niður í 107 m dýpi. Þessi breksía minnir mjög á breksíuna sunnan undir Húsavíkurhöfðanum og gæti verið sama breksían. Að minnsta kosti er líklegt, að þetta sé af líkum aldri og bólstrabergið sunnan Húsavíkur. Öll virðast jarðlögin unglegri í þessari holu en hinum og minni ummyndun. Auk þess er miklu meira af basalti hér, eða um 50%. Annað er konglomerat eða breksíur. Líklegt er, að jarðlögin í þessari holu séu af svipuðum aldri og jarðlögin fyrir sunnan Húsavík og þá miklu yngri en í hinum holunum (sem eru af svipuðum aldri og grunnbasaltið).

Jarðlög í holu IV (sjá Fnr. 7159)

Jarðlög í holunni, sem liggur ofan í dalsprungunni, eru að mestu rauður sandsteinn eða sandur mjög laus í sér, enda var allmikið krun í holunni. Hugsanlegt er, að eitthvað af

hrundu efni ráði skollitnum, en borhraðinn er mikill niður í botn þrátt fyrir hrunið. Líklegt er, að það séu heldur fínkornótt set, sem náir niður í botn á holunni, þó getur það verið basalt frá 320 m, en þar eru einhver jarðlagaskil.

Jarðlög í holu V (sjá Fnr. 7160)

Jökulbergið nær niður í 43 m. Þar fyrir neðan taka við setlög svipuð og í holu I, en ekki virðast þau nákvæmlega hin sömu, en munu sennilega vera af svipuðum aldri. Vegna þess að sýnishorn vantar, er ekki hægt að gera samanburð við jarðlög í öðrum holum.

4.3 Vatnsæðar og hitamælingar í holum

Hola I

Allmargar hitamælingar eru til frá holu I og einnig frá mismunandi dýpi holunnar, sú elzta frá Höggborsholunni Fnr. 5845. Hitamælingar, eftir að holan varð 1100 m djúp og dýpri, sýna tvö hita hámrök í holunni. Annað er í 275-300 m dýpi, hitt um 1150 m dýpi (sjá Fnr. 6935 og 7521), sennilega á mörkum setlaganna og basaltsins. Á þessum stöðum mun vera vatn á ferðinni í berginu en engar sannanir eru fyrir því, að vatn komi inn í holuna á þessum stöðum. Að vísu er getið um það, að við borun hafi verið bætt í kar í 306 m dýpi og einnig í 1150 m og gæti það bent til að eitthvert vatnstap hefði verið á þessum stöðum, en ekki hefur það verið neitt verulegt, úr því að það var ekki mælt. Hins vegar varð vart við tap í 501 m dýpi, sem mældist 0,7 l/sek. Hitamælingar sýna kaldan punkt (Fnr. 8624, 6813 og 7521) í holunni á þessu dýpi, svo að sennilega er þarna opin vatnsæð. Vatnsæðin kemur fram fyrir neðan hart basaltlag eða innskotslag (sjá Fnr. 7156). Getið er um tap í 729 m dýpi, sem hvarf strax aftur. Í öllum hitamælingum nema þeirri síðustu er kælipunktur í um 700 m dýpi og mun tapið hafa orðið þar, þó að ekki sé getið um það fyrr en í 729 m dýpi. Þessi kæling er vegna þess að, kalt vatn hefur tapast inn í vatnsæðina, meðan á borun stóð og kælt bergið í kring. Í síðustu hitamælingum (Fnr. 7521) sést engin kæling, í kringum 700 m dýpi hefur dæling

úr holunni hjálpað til að hita upp bergið. Vatnsæðin í 700 m dýpi gefur sennilega ekki vatn nema við ákveðna vatnsborðslökkun. Í 1220 m dýpi tapast 0.8 l/sek. Ekki sjást nein merki um vatnsæð á þessu dýpi á hitaferlunum (Fnr. 6935) og er þessi vatnsæð sennilega teppt nú. Í 1220 m dýpi eru lagamót basaltlaga. Í 1386 - 1388 m dýpi varð 5 l/sek tap í holunni, sem virðist að verulegu leyti hafa hætt aftur, en ekki er þess getið, hvenær tapið hættir eða hvort það hætti alveg, hitamælingar ná ekki svo langt niður og er því ekkert hægt að segja um, hvort þessi vatnsæð er að einhverju leyti opin ennþá. Þessi vatnsæð er á lagamótum basalt- og konglómeratlags eða efst í konglómeratlaginu (sjá Fnr. 7156). Frá 1475 m dýpi er getið öðru hvoru um tap frá 1,1-1,5 l/sek. Ekki er þess getið hvort tapið hafi hætt aftur, eða hvort það hefur varað og smáaukizt á þessu bili. Á þessu bili skiptast á basaltlög og þykk millilög.

Hola II

Þessi hola er í jökulbergi frá síðustu ísöld, sem er miklu grofnara en jökulberg í Húsavíkurhöfða. Hitinn er nokkuð jafn niður í botn, og bendir það til vatnsrennslis í jökulberginu og gefur þessi hola því engar upplýsingar um hitastigulinn í berginu fyrir neðan jökulbergið. Verður að bora þarna dýpri holu til að fá hitastigulsmælingu á þessu svæði (sjá Fnr. 8766).

Hola III

Vatnstap: Í 338 m dýpi kom 4 1/2 l/sek tap. Steypt var í þessa æð, en samt sem áður tapaðist um 1/2 l/sek. Í 450 m dýpi eykst vatnstapið upp í 3 1/2 l/sek, í 517 m upp í 4 1/2 l/sek og í 554 m var vatnstapið 7 1/2 l/sek. Þessar vatnsæðar var reynt að þétta, þegar holan var 580 m djúp, og tókst að koma tapinu niður í 1 l/sek. Skolvatnstap smá jókst frá 611 m og í 620 m dýpi var það orðið 5 1/2 l/sek. Einnig var hrun í holunni á sama bili. Í 630 m dýpi jókst tapið og í 635 m dýpi var tapið algert. (Neðstu 3 m í holunni hrynja alltaf saman. Holan er 637 1/2 m á dypt). Vatnsinnrennsli í holuna er mest á mótum basaltlaga og millilaga, sem eru úr sandsteini og konglómerati, (sjá

Fnr. 7158). Þó er það á tveimur stöðum, sem vatnstapið kemur í miðjum basaltlögum, í 338 m og 611 m dýpi, en í báðum tilfellum gæti tapið hafa byrjað nokkru áður en bormenn veita því athygli og tapið væri raunverulega við millilögin næst fyrir ofan basaltlögin

Til eru tvær hitamælingar frá holu III, önnur fyrir dýpkunina, mæld 26.8. '64 (Fnr. 6814). Hitamælingin bendir til þess, að nokkurt vatn sé í berginu. Á milli 100-300 m er lítil hitaaukning, en í botni verður hitaaukning, sem bendir til heitara vatns neðar, og var holan dýpkuð meðal annars þess vegna. Hin hitamælingin er frá 29.4. '67, um hálfu ári, eftir að holan var dýpkuð. Það sést á hitamælingunni, að vatnsæðin í 338 m er að einhverju leyti opin, og rennur vatn frá þeirri æð upp eftir holunni. Hins vegar eru sennilega engar vatnsæðar opnar á milli 340-500 m dýpis. Hafa æðar á því bili þétzt við steypinguna. Milli 500 m og botns er sennilega vatnsrennsli á milli vatnsæða.

Hola IV

Um skolvatnstap í holu IV er þetta vitað:

Í 316 m dýpi hvarf skolvatnið ca. 4-5 mín, en kom þá öðru hvoru aftur niður í 322 m, en þá hrundi svo á borinn, að hann festist og var ekki laus fyrr en búíð var að hífa 100 m. Það var mjög mikið um hrun niður í 327 m.

Það eru til tvær hitamælingar frá holunni. Önnur var gerð tveimur dögum eftir að borun lauk (Fnr. 6812) og hin gerð daginn eftir að holan var þrúfudæld (Fnr. 7553). Fyrri hitamælingin (Fnr. 6812) ber það með sér, að kæling hefur orðið í holunni vegna borunarinnar. Kælingin verður mest þar sem mest vatn fer út í bergið, á 180-204 m og 304-360 m dýpi. Neðri kælingastaðurinn gæti vel staðið í sambandi við hrundið, þannig að opnast hefur vatnsæð, þegar hrundi á borinn, sem ekki er búíð að teppa alveg þrátt fyrir steypinguna. Seinni hitamælingin (Fnr. 7553) sýnir að mest af vatninu, sem dælt var úr holunni kemur úr vatnsæðum fyrir

neðan 300 m dýpi, það er hitaferillinn er nærri jafnt hækandi niður í 300 m dýpi. Þó eru smá truflanir á hitaferlinum í kringum 220 m og 160 m dýpi, sem gæti bent á smá vatnsæðar á þessum stöðum. Ekki er vitað hvort að vatnsæðarnar standa í neinu sambandi við jarðlagamót í þessari holu, því að jarðlögin eru lítið þekkt. Borhraði er minni fyrir neðan 360 m dýpi. Það gæti bent til þess, að þar væru einhver jarðlagaskil, en það væru þá lagamót á misjafnlega gömlum setum.

Hola V

Í holu V er aðeins getið um tap á einum stað, í 413 m dýpi. Var dælt inn í þá æð 9-10 l/sek, en síðar virðist þessi vatnsæð hafa nærri alveg þétzt (sjá síðu 13).

Ein hitamæling er til úr holunni (Fnr. 6936). Hámarks-hiti í henni er á milli 110-135 m dýpis, um 72,5°C, en lágmarkshiti er í kringum 400 m dýpi, 68°C. Vatnsæðin í kringum 120 m dýpi er í basaltlögum með millilögum og lítið opin inn í holuna, þó kom sýnilega nokkurt vatns-magn úr þessari æð, þegar dælt var, fyrst og fremst til að byrja með (sjá bls. 35). Vatnsæðin á 413 m dýpi er á mótum basaltlaga og seia. Hún er að mestu lokuð nú, eins og áður var sagt.

4.4 Mælingar á eðlisviðnámi bergs í borholum á Húsavík

Eðlisviðnám getur gefið mikilvægar upplýsingar um ástand bergs og rennsli vatns í því. Til viðbótar yfirborðsmælingum á eðlisviðnámi, sem gerðar voru á Húsavíkursvæði í sept. 1959 (sjá Fnr. 6936, 6935) voru gerðar mælingar í borholum I, III og V dagana 6. - 9. nóv. 1964.

Fyrirkomulag mælitækja er sýnt á mynd Fnr. 6900. Mæliaðferð þessi var fyrst notuð hér á landi í Vestmannaeyjum í okt. 1964, og er henni lýst í skýrslu um djúpborun í Vestmannaeyjum (1965). Niðurstöður mælinga eru sýndar á myndum Fnr. 6935 og 6936. Jafnframt eru þar teiknaðar niðurstöður jarðspennumælinga, sem gerðar voru um sama

leyti. Jarðspenna var mæld milli skautanna C_2 og P_1 (sjá Fnr. 6900). Breytingar á þessari spennu eru háðar vatni í berglögum og efnum í upplausn. Gefa þær ásamt eðlisviðnámi vitneskju um breytingar á gerð og ástandi bergs í holunni.

Í holu 3 er eðlisviðnámið í efstu 280 m um $300-500\Omega m$. Basaltlög á 70 m, 110 m, 145 m og 220-268 m dýpi hafa hátt eðlisviðnám en milli þeirra eru sandsteinslög, móbergsbreksía og konglómerat með heldur lægra eðlisviðnámi, (sjá Fnr. 7158). Á 295-305 m dýpi er mjög hátt eðlisviðnám, um $900\Omega m$. Þar eru tvö basaltlög með þunnu millilagi og er neðra lagið úr mjög fersku basalti. Breyting á hita er mjög ör á þessu bili. Bendir hvort tveggja til þess, að um þétt innskot sé að ræða.

Jarðspenna virðist ekki gefa miklar upplýsingar, en þó fellur spennan snögglega á 300 m dýpi við fyrrgreint innskotslag.

Toppar í eðlisviðnámi virðast svara vel til lágmarks í borhraða og bendir það til þess, að þétt basaltlög hafi hátt eðlisviðnám.

Þegar þessi mæling var gerð, var holan aðeins 320 m djúp.

Í holu V er eðlisviðnám lægra en í holu III. Allt niður á 400 m dýpi er viðnámið jafnt lakkandi frá $200\Omega m$ niður í $170\Omega m$. Á þessum kafla er myndbreytt berg, sandsteinslög og brotin basaltlög.

Þegar þessi mæling var gerð, var holan 424 m djúp en var síðar dýpkuð í 550 m. Neðan 410 m er bergið mjög ummyndað sandsteinskonglómerat. Er líklegt, að eðlisviðnám þess sé lægra og gætir þess e.t.v. í síðasta mælipunkti.

Breytingar á jarðspennu svara til basaltlaga á 350-400 m dýpi, og vex spennan snögglega á mörkum basaltlaga og sandsteins í 410 m dýpi.

Í holu I hófst mæling á eðlisviðnámi neðan við fóðringu, sem náði þá niður á 174 m dýpi. Mælingar virðast truflaðar niður á 300 m. Á 300-450 m dýpi er myndbreytt basalt með millilögum, og er eðlisviðnám þess um 200 Ωm. Innskotslag í 490 m kemur ekki fram í viðnámsmælingu en sést hins vegar sem snögg lökkun í jarðspennu. Verið getur, að mælipunktur hafi ekki verið nægilega þéttir til þess að greina breytingu í viðnámi. Frá 450 m niður í 800 m er bergið að mestu sandsteinn með basaltívafi, og er eðlisviðnám þess um 140-150 Ωm. Í 800 m er þétt, fínkornótt basaltlag með um 240 Ωm viðnámi og lágum borhraða. Neðan 860 m er mjög zeolítiserað berg, mest fínkornótt set, og virðist eðlisviðnám þess vera um 240 Ωm. Mælingu á eðlisviðnámi var hætt í 990 m dýpi, þar sem rafskaut rakst þar á þrengingu í holunni.

Breytingar á jarðspennu virðast svara vel til breytinga á eðlisviðnámi og verður yfirleitt lökkun á jarðspennu, þar sem eðlisviðnám hækkar snögglega í þéttum berglögum.

4.5 Dæluþrófanir í holum

Þann 1.4.-2.4. 1966 var dælt úr holu I á Húsavík. Dælan var sett niður á 60 m dýpi og vatnsborð var í 21 m dýpi. Á töflu 3 og Fnr 8516 eru sýndar niðurstöður dælingar, dæluafköst, vatnsborð og hiti vatnsins. Jafnvægi virðist náð við 5,3 l/sek, vatnsborð í 48,7 m og hita 94°C. Vatnsborðið fór niður í 53,7 m, en það var, áður en vatnið hafði náð fullum hita, svo hæðarmismunurinn gæti stafað að nokkru af hitaútpenslu vatnssúlunnar, en mjög líklega er opnun nýs innstreymis í holuna meginvaldur vatnsborðsbreytingarinnar.

Dælt var aftur úr holu I þann 3.7. 1968 með mun stærri dælu. Reyndist mjög erfitt að stilla dæluna en þó náðist um tveggja tíma dæling. Dæluafköst urðu 8 1/2 l/sek með 74 m vatnsborði og 94°C hita.

Næst var dælt úr holu IV og V dagana 16.8.-19.8. (sjá töflur 4 og 8 og Fnr. 8517 og 8518). Úr holu IV fengust

5,5 l/sek af 79°C heitu vatni með 21 m niðurdrætti á vatnsborði. Úr holu V fékkst 1 l/sek af 75°C heitu vatni, með 24,5 m niðurdrætti á vatnsborði. Samtals komu því úr dæluprófununum í holu I, holu IV og V um 12 l/sek af um 87°C heitu vatni.

Þetta má auka með meiri niðurdrætti vatnsborðs. En það urðu mikil vonbrigði, að ekki kom meira vatn úr holu V. Virðist vatnsæðin, sem opnaðist í 430 m hafa stíflaðt aftur.

Ekki var fylgzt með, hvort samband væri milli holanna, meðan á dælingu stóð. En telja verður beinan samgang milli holanna ákaflega ólíklegan vegna séreinkenna vatnsins í hverri holu um sig hvað snertir efnasamsetningu og ísótópahlutfall. Virðist hver hola hafa sjálfstætt vatnskerfi, og eru engin merkjanleg tengsl milli kerfanna. Vikið mun nánar að þessu síðar.

Dælt var úr holu III er Cardwell-borinn var kominn niður í 581 m dýpi (11.11.-14.11.'66), sjá töflu 5. Vatnsmagn var um 7 l/sek, hitastig 43°C og vatnsborðið dregið niður í aðeins 7 m. Ein efnagreining var gerð á sýni, sem tekið var við þessa dælingu. Síðan var á ný dælt úr holunni að borun lokinni (22.11.-24.11.'66), sjá töflu 6. Við þessa dælingu var vatnsmagn ívið minna en við fyrri dælinguna og hitastig lægra, 5 l/sek af 38,5°C heitu vatni. Vatnsborðið var dregið niður um 8 m. Er ekki ólíklegt, að æð sú, sem gefur 43°C heitt vatn, hafi að nokkru leyti lokast, en önnur æð opnast inn í holuna neðar. Styðja seinni mælingar þessa tilgátu, sbr. hitamælingu Fnr. 8131

TAFLA 3

DÆLING HÚSAVÍK (1.4.-2.4. 1966)

- Hóla_I -

Við byrjun var vatnsborð í 21 m.

Kl	T°C	l/sek	Vatns- borð m	Ath.
10 ⁴⁰	56		40 1/2	Vatn hreint
10 ⁴⁵	60,5			" "
11 ⁰⁰	70,0			" "
11 ¹⁵	76,5	3,4	43	" "
11 ³⁰	80,0	3,4	43,5	" "
11 ⁴⁵	82,0	3,7	45	" "
12 ⁰⁰	85,0	5,3	53	Aukið við aflvél
	A f l v é l	b i l a r		
16 ³⁰	59		24	
16 ³⁵	70		44	Vatn mjög óhreint
16 ⁴⁵	80	5,3	53	" " "
16 ⁵⁰	82,0	5,3	53	" " "
17 ⁰⁵	86,0	5,3	53,7	" " "
17 ²⁰	87,5	5,3	53,5	" " "
18 ⁰⁰	89,5	5,3	53,7	" " "
18 ⁴⁵	90,5	5,3	53,3	" " "
20 ⁰⁰	92,0	5,3	52,5	" " "
21 ⁰⁰	93,0	5,3	52,3	" " "
22 ⁰⁰	93,2	5,3	51,0	" " "
23 ⁰⁰	93,5	5,3	49,5	Aðeins farið að lýsast
24 ⁰⁰	93,8	5,3	49,0	Lýsist enn
01 ⁰⁰	93,8	5,3	48,7	Vatn hreinkast stöðugt
02 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
03 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	Vatnið orðið hreint,
04 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	virðist vera með
05 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	töluverðu gasi
06 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
07 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
08 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
09 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
10 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	

TAFLA 3

framhald

Kl	T°C	l/sek	Vatns- borð m	Ath.
11 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
12 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
13 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
14 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
15 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	
16 ⁰⁰	94,0	5,3	48,7	

TAFLA 4

DÆLING Á HÚSAVÍK

HOLA IV				HOLA V			
Tími	Vatnsb.	Hiti ^{°C}	Klór p.p.m	Tími	Vatnsb.	Hiti ^{°C}	Klór p.p.m
17.45	33.0 m	64.0	575	21.00	54.2 m	67.5	1022
18.00	33.0 "			21.15	50.8 "	76.5	965
18.15	33.0 "			21.30	50.2 "	74.0	965
18.30	33.0 "			21.45	49.2 "	75.0	965
18.45	33.0 "		745	22.00	48.6 "	75.2	965
19.00	34.3 "		745	22.30	48.6 "	76.0	961
20.00	35.2 "		745	23.00	48.0 "	76.0	958
23.00	37.6 "	76.5	745	08.00	47.5 "	76.0	930
01.00			748	10.05	47.5 "	75.5	937
08.00	39.3 "	79.0	743	13.00	47.5 "	75.5	924
10.00	39.3 "	79.0	746				

Niðurdráttur: 22.1 m
 Vatnsb.t.dæl.: 17.2 m
 Dags.: 16.8.-17.8. 1966
 Rennsli: Ca. 5.5 l/sek

24.5 m
 23.0 m
 18.8.-19.8. 1966
 Ca. 1.0 l/sek

TAFLA 5

BORHOLA H-IV HÚSAVÍK

Dags.	Kl.	Hiti O C	Vatnsb. m	l/sek
11. nóv.	21	8	6	3
" "	22	11	6	3
" "	23	15	6	3
" "	24	20	6	3
12. nóv.	01	24	6	3
" "	02	25	5,70	3
" "	03	26	5,50	3
" "	04	27	5,20	3
" "	05	28	5,20	3
" "	06	29	5,10	3
" "	07	30	5,10	3
" "	08	30	5,10	3
" "	09	31	5,10	3
" "	10	31	5,10	3
" "	11	31	5,10	3
13. nóv.	1	38	7	7
" "	2	38	7	7
" "	3	38	7	7
" "	4	38	6	5
" "	5	38	6	5
" "	6	38	6	5
" "	7	38	6	5
" "	8	38	6	5
" "	9	38	6	5
" "	10	38 $\frac{1}{2}$	7	7
" "	11	40	6,7	7
" "	12	40	6,5	7
" "	13	40	7	7 $\frac{1}{2}$
" "	14	39	7	"
" "	15	40	6,85	"
" "	16	40	6,80	"
" "	17	40	6,80	"
" "	18	40	6,45	"
" "	19	40	6,90	"

TAFLA 5
framhald

<u>Dags.</u>	<u>Kl.</u>	<u>Hiti</u>	<u>Vatnsb.</u>	<u>l/sek</u>
13. nóv.	20	40	6,85	7 $\frac{1}{2}$
" "	21	40	6,85	"
" "	22	41	6,75	"
" "	23	41	6,85	"
" "	24	41	6,85	"

TAFLA 6

DÆLING, HOLA III HÚSAVÍK

Dags.	Klst.	Hiti °C	Vatn	l/sek
22. nóv.	5- 6	12	8,60	2
" "	6- 7	18	8,60	2
" "	7- 8	21,5	8,55	4
" "	8- 9	24	8,40	4
" "	9-10	26	8,35	4
" "	10-11	27	8,30	4
" "	11-12	28	8,20	4
" "	12-13	29	8,00	4
" "	13-14	30	7,85	4
" "	14-15	30 1/2	7,70	4
" "	15-16	31	7,60	4
" "	16-17	31	7,55	4
23. nóv.	9-10	31 1/3	8,30	5
" "	10-11	32	8,20	5
" "	11-12	33	8,20	5
" "	12-13	34	8,10	5
" "	13-14	34 1/2	8,05	5
" "	14-15	34 1/2	8,05	5
" "	15-16	34 1/2	8,05	5
" "	16-17	35	8,05	5
" "	17-18	35	8,10	5
" "	18-19	35 1/2	8,15	5
" "	19-20	36	8,10	5
" "	20-21	36 1/2	8,10	5
" "	21-22	36 1/2	8,10	5
" "	22-23	36 1/2	8,05	5
" "	23-24	36 1/2	8,05	5
24. nóv.	1	37	8	5
" "	4	37 1/2	8	5
" "	17	38	8	5
" "	23	38 1/2	8	5

4.6 Efnasamsetning vatnsins

Magnið af uppleystum efnum er mismunandi eins og sést í töflu 1 og 7, það er frá 500-4000 p.p.m. Mest er af klóri frá 300-2000 p.p.m. Aðalkatjon er natrium, ásamt nokkru af kalsium, svo aðalefnin eru NaCl og CaCl₂. Jafnvel þar, sem minnst er af uppleystum efnum, er magn þeirra mun meira en venjulegt er í jarðhitavatni annars staðar á Íslandi. Vatnið, sem hitaveitur hérlendis nota, er klórsnautt (um 50 p.p.m klór), nema vatnið, sem Hitaveita Selfoss notar. Þar er mesta klórmagn um 800 p.p.m (sjá töflu 7). Klór virkar tærandi á járnleiðslur og ofna, ef súrefni kemst að, og er reynslan sú, að leiðslur eru ekki það þéttar, að súrefni komist ekki að. Má almennt reikna með því, að klórríkt vatn virki tærandi á járn. Tæringarhættan af klóri er háð þremur atriðum, það er klórmagninu, hitanum og sýrustigi (pH) vatnsins^x. Eykst tæringarhættan mjög mikið, þegar pH fer niður fyrir 8. Er því augljóst, að tæringarhættan af vatninu úr holu I er mjög mikil; hár hiti, hátt klórmagn og lágt pH (7,4 í fyrri dælingu og djúpsýninu, en mun herra í seinni dælingu, eða 8,2-8,8). Þetta vatn mun því vera miklu meira tærandi en klórríkasta vatnið, sem nú er notað af hitaveitu. Reynslan á Selfossi er sú, að vatnið, sem fyrst var notað til hitaveitunnar hafði lágt pH eða 7,5, en síðar hækkaði pH yfir 8. Meðan lága pH-ið var, urðu miklar tæringarskemmdir, en eftir að pH-ið hækkaði yfir 8, hefur ekki verið kvartað um slíkar skemmdir. Þess má geta, að nú eru allar höfuðleiðslur úr asbesti og forhitarar í flestum húsum. Á Húsavík verður að taka tillit til tæringarhættu við hönnun hitaveitu þar.

Neyzluhæfni vatnsins: Þau efni, sem uppleyst eru, eru ekki hættuleg til neyzlu, en talsvert saltbragð yrði af vatninu og yrði því væntanlega lítið notað til neyzlu. Eina efnið, sem fer yfir mörkin á neyzluhæfni, er sulfat í tveimur sýnum, en þau eru bæði tekin úr kyrrstæðu vatni og virðist sulfatmagníð minnka, þegar farið er að

^x Skýring á pH: pH er eins konar mælikvarði fyrir sýrustig vatnsins, þannig að $\text{pH} = \log \text{H}^+$ (H^+ =magníð af vetnisjónum í upplausn.)

dæla. Ekki er því ástæða til að ætla, að þetta skipti neinu máli varðandi neyzluhæfni vatnsins, en sulfat veldur niðurgangi, þegar það er yfir 250 p.p.m. Vatnið er ekki hart, nema í holu I, en þar er harkan 420 p.p.m, og er það langt yfir æskilegt magn. Má því segja, að vatn frá holu I sé vart hæft til að leiða í hús. Í fyrsta lagi er það mjög tærandi, ef súrefni kemst í það. Í öðru lagi er það óhæft til þvotta vegna hörku og í þriðja lagi er saltmagn of mikið, til að hægt sé að nota það til neyzlu vegna saltbragðs. Vatnið frá hinum holunum er hægt að leiða inn í hús, ef forhitarar eru notaðir. Það er hægt að nota til þvotta, og klórmagnið er ekki svo mikið, að verulegt saltbragð finnist af vatninu.

Í kaflanum um uppruna vatnsins er sýnt, hvernig uppleysanleiki sumra efna er háður hita. Það eru einkum SiO_2 og SO_4 , sem eru vel þekkt af að hafa þessa eiginleika. Vex SiO_2 með vaxandi hita, en SO_4 minnkar með vaxandi hita.

TAFLA 7

	ÞORLEIFSKOT		HÚSAVIK				Hóla V Dæling	Hóla I Dæling
	Hóla I Dæling	Hóla I 120 m	Hóla III Dæling	Hóla III 310 m	Hóla IV Dæling	Hóla IV 270 m		
Dagsetning	2.4.'66	16.8.'66	14.11.'66	18.8.'66	17.8.'66	18.8.'66	19.8.'66	8.7.'68
Hiti °C	94	65	45	35	79	82	72	94
Viðnám	648	250	611	817	378	324	333	211
Leiðni Ohm	$1.55 \cdot 10^{-3}$	$4.0 \cdot 10^{-3}$		$1.22 \cdot 10^{-3}$	$2.65 \cdot 10^{-3}$	3.09	$3.0 \cdot 10^{-3}$	
pH	7.8	7.4	8.5	7.4	7.9	7.7	8.0	8.80
S. Alkalitet	140	7.0	18.9	18.0	15.0	20.0	15.0	14.0
P. Alkalitet	0	6.0		0	0	0		
Total harka	95.0	480.0		56.0	120.0	140.0	200.0	630.0
Total uppl efni	34500	3600.0	973.6	520.0	1412.0	1489.0	2000.0	3243.0
SiO ₂	100.0	80.0	33.6	40.0	62.0	70.0	50.0	86.4
SO ₄	80.0	82.0	17.0	37.2	24.7	32.0	41.0	80.2
Cl	520.0	1633.0	482.0	285.0	704.0	720.0	872.0	1735.0
F	0.3	0.2	0.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
Ca	400	176.0	44.8	20.0	45.0	50.0	76.0	252.0
Mg	1272	10.6	0.1	1.5	1.5	3.0	2.4	0.3
Na	10556	840.0	300.0	182.0	412.0	419.0	492.0	1110.0
K	380	18.7	8.9	4.3	10.3	12.0	11.4	31.4
SO ₄ /Cl	0.139	0.050	0.035	0.132	0.035	0.044	0.047	0.047
Ca/Cl	0.025	0.108	0.092	0.070	0.064	0.069	0.087	0.146
Mg/Cl	0.067	0.006	0.0002	0.005	0.002	0.004	0.003	0.0002
Ca/Mg	0.314	16.7	448.0	13.0	30.0	16.6	32.0	840.0
Na/Cl	0.557	0.514	0.620	0.675	0.585	0.583	0.565	0.640
N/K	28.0	44.6	33.7	42.4	40.4	35.4	43.0	43.0

4.7 Uppruni vatnsins

Efnafræði og ísótópahlutfall borholuvatnsins

Allmargar efnagreiningar hafa verið gerðar á vatninu, og er hin elzta frá 1944, (sjá töflu 1). Árið 1966 var greint klór í 3 sýnum (sjá töflur 7-9). Ísótópahlutfall D/H var ákvarðað í 13 sýnum (sjá töflu 10). Viðtækari greining var gerð á 7 sýnum (sjá töflu 2), voru þar greind 8 efni og auk þess ákvarðað pH, leiðni, viðnám, harka og heildarmagn uppleystra efna í vatninu. Árið 1968 voru greind klór, kísill, pH og δ -gildi ákvarðað í 5 sýnum úr holu I (sjá töflur 1 og 9). Auk þess var gerð heildarefnagreining á einu sýni og δ -gildi ákvarðað. Alls eru því til klórgreiningar af 40 sýnum og greining á δ -gildi í 19 sýnum.

Í öllu borholuvatni frá Húsavík er mikið af uppleystum efnum og þá einkum klóri. Uppruni þessa klórs er sjór, sem hefur lokast inni í jarðlögum, einkum sjávarsetum, og er slíkt vatn kallað setvatn. Setvatnið þarf ekki endilega að vera jafn gamalt setinu sjálfu, en hefur fylgt setinu um langan tíma. Af jarðlagasniðum sést einnig, að borað er í gegnum þykk setlög, og eitthvað af þeim mun vera sjávarset (Fnr. 7156). Hóla I nær dýpst niður í setlög, en þar eru að mestu set niður í 1150 m dýpi. Vatnið úr þessari holu inniheldur mest af klóri eða frá 1550-1750 p.p.m, en minnst klór er í vatninu úr holu III, um 400-500 p.p.m, en þar eru engar samfelldar setmyndanir.

Lítum nánar á klórdreifinguna. Greint hefur verið klór í 8 sýnum frá holu I. Minnst klór er í djúpsýninu frá 125m dýpi, 1550 p.p.m og mest klór úr síðustu dælingunni, 1760 p.p.m, en við þá dælingu var vatnsborðslækkunin mest í holunni. Úr holu III hefur verið greint klór í sjö sýnum. Þrjú sýnanna eru djúpsýni, tekin áður en holan var dýpkuð með Cardwell-bornum. Er þá klórið um 280 p.p.m. Hin fjögur eru frá dælingunni 11.11.-14.11.'66. Klórið vex eftir því sem líður á dælinguna og vatnið hitnar. Eru fyrstu sýnin blönduð skolvatni. Klórið nær þarna 480 p.p.m, svo þarna er sýnilega um annað vatn að ræða en það, sem var í holunni fyrir dýpkunina.

Eins og áður var sagt, var greindur klór, meðan dælt var úr holum IV og V. Einnig voru tekin djúpsýni úr holu IV eftir dælingu, en úr holu V fyrir dælingu. Niðurstöður af þessum klórgreiningum eru á töflu 8.

Í holu IV reyndist klórmagnið eins og í dælingarsýnunum, 740-750 p.p.m, nema í því fyrsta, þar sem það var lægra vegna blöndunar við skolvatn. Klórið virðist vera heldur hærri í djúpsýnunum, og virðist klórið vaxa með dýpi og er hæst í 270 m dýpi, 788 p.p.m.

Í holu V var klórið mest í fyrsta dælingarsýninu, 1022 p.p.m og minnkaði síðan niður í 924 p.p.m. Sams konar mismunur kom fram í greiningu á djúpsýnum frá 130 m og 403 m dýpi. Er því líklegast, að um tvær vatnsæðar sé að ræða. Önnur í um 130 m dýpi, en hin í um 400 m dýpi. Vatnið kom mest úr efri vatnsæðinni til að byrja með, en síðar kom meiri hluti vatnsins úr þeirri neðri. Einnig í þessari holu hafa djúpsýnishornin hlutfallslega hærri klórinnihald en vatnið, sem dælt er upp úr holunni.

Ísótópahlutfall D/H var mælt í 18 sýnum eins og áður er sagt. Í töflu 9 eru niðurstöðurnar í δ % ásamt klórinnihaldi sömu sýnanna. Fyrir utan borholuvatn voru mæld vatnssýni úr vatnsveitu Húsavíkur og vatn úr læk. Þetta var gert til að fá hugmynd um D/H hlutfall regnvatns á staðnum, en auk þessara tveggja sýna var mælt vatn úr holu II, sem er staðbundið grunnvatn.

Tilgangur þessara mælinga var sá, að finna út, hvaðan jarðhita vatnið væri komið og hvort um mörg vatnskerfi væri að ræða. Það hefur verið almenn skoðun þeirra manna, sem við þessar mælingar fást (Braga Arnasonar o.fl.) að ísótópahlutfallið D/H í vatni breyttist ekki eftir að það hefur fallið sem regnvatn, enda þótt það síaðist í gegnum jarðlög. Hins vegar er ísótópahlutfallið í regnvatni háð vissum lögmálum, þannig að það er hæst við suðurströndina, $\delta = -5\%$, lækkar svo eftir því sem innar kemur í landið og nærri Langjökli er $\delta = -8\%$ en við norðurströndina er $\delta = -70\%$, (Bragi Arnason og Þorbjörn Sigurgeirsson, 1967).

Vatnið frá Húsavík hefur mjög mismunandi δ -gildi. Hæsta gildið er frá vatnsbóli Húsvíkinga, $\delta = 6.84\%$, en lægsta gildið er dælingarsýni frá holu I, tekið þann 3.7. 1968, $\delta = 13.0$. Lægra gildið er lægra en nokkuð staðbundið vatn, sem hingað til hefur verið mælt hér á landi. En þess má geta, að lítið hefur verið mælt á Norðausturlandi nema niðri við ströndina og einnig nokkrar mælingar frá Vatnajökli. Staðbundna vatnið hefur meðalgildið $\delta = -7.18$, sem er svipað og annars staðar við ströndina norðan landsins. Vatnið í holunum hefur mismunandi δ -gildi á sama hátt og klór þess er breytilegt. Hátt klórinnihald og lágt δ -gildi fylgjast að. Í Fnr. 8663 má sjá, hvernig beint samband virðist vera milli klórinnihalds vatnsins og δ -gildis, með hækkandi klóri lækkar δ . Má því ætla, með nokkrum rökum, að hátt klórhlutfall og lágt δ -gildi megi rekja til sömu orsaka. Í Fnr. 8519 er sýnt hvernig klór og δ -gildi hafa fylgni með hita. Þessi fylgni er ekki nærri eins regluleg og fylgnin milli δ -gildis og klórs. Tvær skýringar gætu verið á því, að klór og hiti hafa fylgni. Önnur skýringin gæti verið eðlisfræðileg, þannig að með auknum hita losni meira klór úr setunum. Í öðru lagi gæti hugsast, að mestur hiti væri þar, sem setin eru þykkust, vatnið hefur þeim mun meiri möguleika til að taka upp klór, eftir því sem setin eru þykkri. Samkvæmt því væri það aðeins tilviljun, að hækkandi klórmagn fylgdi hita, en megin orsök aukins klórs væri þykkt setsins. Líklegast er, að báðar skýringarnar séu réttar, og má ef til vill leggja þær að jöfnu. Er þá skýring fundin á hinu óreglulega sambandi klórs og hita, þ.e. að klórmagn-ið ákvarðist ekki eingöngu af hitanum, heldur komi einnig til staðsetning holanna gagnvart setunum. Setin þykkna á móti sjónum, einnig virðist hitinn vaxa, eftir því sem nær dregur sjó. Þó er ein undantekning á þessu, það er meiri hiti í holu IV en í holu V, en hins vegar er meira klór í vatninu í holu V. Þetta má skýra með því að setin séu þykkri þar sem hola V er, en þar sem hola IV er.

D/H hlutfallið: Eins og áður var sagt mun selta vatnsins vera komin frá sjó, sem lokaðist inni í sjávarsetum. Nú

hefur sjór δ -gildið núll eða miklu hærri gildi en rigningarvatn. Hefði því mátt búast við því, að öðru jöfnu, að slík íblöndun mundi hækka δ -gildi vatnsins. En það er reynsla, bæði hérlandis og annars staðar, að setvatn fær sama δ -gildi og nærliggjandi grunnvatn og gildir einu hvaða saltinnihald vatnið hefur. Þetta má skýra á þann veg, að vatnsmólikúl í nærliggjandi grunnvatni síast í gegnum setin og koma í staðinn fyrir vatnsmólikúl í setvatninu, sem flæða út. Eru þannig höfð skipti á vatnsmólikúlum, en söltin verða eftir. Samhliða slíkri útskiptingu á vatninu getur farið fram viss þynning á setvatninu. En þessi skýring nægir ekki hér, því að vatnið með sterkustu setvatnseinkennin (frá holu I) er með lægra δ -gildi en nærliggjandi grunnvatn.

Í holu IV er δ -gildi vatnsins um -9.7 , það má líta á það sem δ -gildi grunnvatnsins umhverfis setin. Skal nú reynt að skýra eftirfarandi atriði: Misjöfn δ -gildi, fylgni klórinnihalds og δ -gildis, fylgni klórinnihalds, δ -gildis og hita og lægsta δ -gildið, sem er lægra en mælt hefur verið í regnvatni. Jafn mikill munur á δ -gildi í heitu vatni frá sama svæði og hér, á sér enga hliðstæðu á öðrum jarðhitasvæðum. Yfirleitt er δ -gildi vatnsins á hverju jarðhitasvæði mjög lítið breytilegt. Til dæmis virðist í Reykjavík vera vatn með sama δ -gildi, hvort sem það kemur af 700 m eða 2200 m dýpi og á þeim svæðum, þar sem δ -gildið er misjafnt, er mismunurinn oftast lítill, um 1% eða minni. Þessi mismunur á δ -gildi hefur verið skýrður þannig, að allt heita vatnið tilheyri sama vatnskerfinu og sé lægsta δ -gildið einkennandi fyrir það, en hin hærri δ -gildin stafi af blöndun á staðbundnu yfirborðsvatni við djúpvatnið. Lækkar þá δ -gildið, og er hiti vatnsins í samræmi við það, að slík blöndun hafi átt sér stað (Selfoss). Blöndun á yfirborðsvatni við djúpvatn, sem skýrt gæti hin breytilegu δ -gildi vatnsins kemur ekki til greina hér, því að ekki er hægt að skýra hvoru tveggja í senn með slíkri blöndun, hita vatnsins og δ -gildið. Ef þessi mismunur á δ -gildinu á sér jarðfræðilega skýringu, þá hlýtur hún að vera fólgin í setunum, sem einkenna Húsvíkursvæðið jarðfræðilega. Sambandið milli klórs og

δ -gildis sést í töflu 9 og Fnr. 8663. Klórinnihald vatnsins mun aðallega vera háð tveimur þáttum:

a) vegalengdinni, sem vatnið hefur farið í gegnum setin, vegalengdin verður þeim mun meiri, sem setin eru þykkri og stærri; b) tímanum, sem vatnið hefur legið í setunum. Klórmagnið er háð hita, en hitinn mun stytta tímann og einnig vegalengdina, sem vatnið þyrfti að fara, svo hitinn hefur sömu áhrif á báða þætti og ætti því ekki að breyta svo mjög rökfærslunni, sem á eftir kemur. Þessa rökleiðslu má setja upp í eftirfarandi stærðfræðilega formúlu: klórinnihaldið = $f(s,t)$, t = tíminn, sem vatnið hefur verið í setunum, s = vegalengdin, sem vatnið hefur farið í gegnum setin. Úr því að klórinnihaldið er háð funksjóninni $f(s,t)$ ætti δ -gildið einnig að vera háð sömu funksjón vegna þess, að þessi gildi hafa fylgni eins og sést í Fnr. 8663. Það er δ -gildið lækkar eftir því sem vatnið hefur farið lengra í gegnum setin og/eða staðið þar lengur. Mismuninn, sem var á klórinnihaldi og δ -gildi á djúpsýnunum frá holu V og δ -gildum í dælingarvatninu, sjá töflu 9, mætti skýra þannig, að tíminn (t) væri orsök þessa mismunar, þannig að í kyrrstæðu vatni hækkar klórinnihaldið og δ -gildið lækkar. En þegar farið verður að dæla, verður meiri ferð á vatninu, vatnið er styttri tíma í setinu.

Til að skýra frekar áður nefnd fjögur atriði, það er mismunandi δ -gildi, o.s.frv. og samband þessara atriða við setin, skulum við athuga þrjú mól.

Módel I: Gert er ráð fyrir vatni á lítilli hreyfingu, stöðnu vatni, og getur því vatnið verið mjög gamalt. (Fnr. 8257)

Módel II: Gert er ráð fyrir vatnsstraumum með mismunandi δ -gildi (vegna þess að þeir væru mislangt aðkomnir, sá sem væri lengst aðkominn hefði jafnframt farið dýpst) (Fnr. 8257)

Módel III: Að setunum streymir vatn með sama δ -gildi (9.7), en frá setunum streymir vatn með lægri δ -gildum. Lægri gildin eru sköpuð í setunum sjálfum.

Módel I. Í slíku módeli er hægt að láta vatnið vera hvað gamalt sem vera skal og vatnið með lögsta δ -gildið yrði þá skýrt sem mjög gamalt regnvatn, frá þeim tíma er regnvatnið hafði annað δ -gildi en nú (ísöld?). Mismunandi δ -gildi myndi verða skýrt út frá mismunandi aldri vatnsins. Elzta vatnið (neðst) væri með lögsta δ -gildið. Það er almenn reynsla, að klór í setvatni vex með dýpi, en hæsta klórmagnið kom úr dýpstu holunni. En sambandið á milli klórinnihalds, δ -gildis og hita yrði erfitt að skýra með þessu módeli, því erfitt er að fá jafn háan hitastigul og er á þessu svæði, ef um kyrrstætt vatn væri að ræða. Hitastigull svæðisins er langt fyrir ofan meðallag og það hlýtur að vera rennandi vatn, sem skapar þennan aukna hita á svæðinu. Auk þess mætti ætla, að hitinn myndi fara jafnt vaxandi með dýpinu, ef um mjög kyrrstætt vatn væri að ræða, en það gerir hann ekki. Hitatopparnir í holunum benda til misheitra vatnsæða. Er því næsta ólíklegt að þetta módel sé hið rétta.

Módel II. Með þessu módeli er mjög gott að skýra mismunandi δ -gildi vatnsins. Það yrði skýrt þannig, að vatnsæðarnar með lögsta δ -gildið væru komnar lengst að og hefðu farið dýpst. Síðan hækkaði δ -gildið eftir því sem vatnsæðarnar væru styttra að komnar og hefðu farið grynna. Sambandið á milli klórinnihalds og δ -gildis yrði skýrt þannig, að dýpsta og lengst að komna vatnsæðin, sem farið hefði lengst í gegnum setin, yrði klóríkust og með lögsta δ -gildið. Einnig væri enginn vandi að skýra sambandið á milli klórinnihalds, δ -gildis og hita. Dýpsta og lengst að komna æðin væri jafnframt heitasta æðin (hefði náð mestum hita úr berginu) og hinar vatnsæðarnar væru kaldari vegna þess, að þær hefðu farið styttra. Hins vegar er erfiðleikum bundið að rekja lögsta δ -gildið til rennandi vatns. Vatnið yrði þá að koma frá mjög takmörkuðu svæði landsins, ef úrkoma með slíku δ -gildi er yfirleitt til. Helzt mætti vænta slíkrar úrkomu á norðanverðum Vatnajökli.

Módel III. Í þessu módeli er gert ráð fyrir því, að δ -gildin á setvatninu skapist í setinu. Eins og áður hefur verið sagt, er erfitt að finna hliðstæðu frá öðrum jarðhitasvæðum um jafn breytilegt δ -gildi, og er Húsavíkursvæðið ólíkt öðrum svæðum vegna hinna þykku setlaga. Eru því sterkar líkur til að orsakasamband sé á milli setlaganna og δ -gildisins. Sambandið milli klórs og δ -gildisins yrði skýrt eins og gert var hér á undan, eftir því sem klór vex, lækkar δ -gildið. Með öðrum orðum, eftir því sem vatnið hefði farið lengra í gegnum setin og verið þar lengur, þá lækkar δ -gildi þess. Þá eru engin lægri mörk á δ -gildinu og í setunum getur vel skapast vatn með lægra δ -gildi en í nokkru regnvatni. Hvernig breytist δ -gildið í setunum? Á öðrum setvatnssvæðum hefur ekki fundizt neitt samband á milli klórinnihalds og δ -gildis. En þar er lítið af zeolítum og öðrum minerölum, sem innihalda vatn, svo þar eru litlir möguleikar á skiptum á vetnisatómum milli vatns og bergs. Hér, aftur á móti, þar sem 60-80% af berginu eru zeolítar eru miklir möguleikar á slíkum skiptum. Ef zeolítarnir eru valvísir (selective) á vatnsmólikúl, geta þeir verið forðabúr af vatni með ákveðnu δ -gildi og einnig breytt samsetningu holrúmvatnsins. Fyrirhugað er, að rannsaka samsetningu vatnsins í zeolítum og mun þetta þá skýrast betur.

Það er nokkuð ljóst, að þriðja módelið kemur bezt heim við Húsavíkursvæðið og hafa síðustu mælingar á sýnunum frá dælingu á holu I, þann 3.7. 1968, rennt mjög stöðum undir þá ályktun. Þessi skýrsla var að mestu skrifuð áður en niðurstöður af mælingum af áður nefndum sýnum lágu fyrir, og voru hlutirnir því ekki eins ljósir þá eins og nú, en þessar rökræður um mismunandi módel gætu verið gagnlegar til að átta sig á hvaða möguleikar koma til greina.

Væri hægt að reyna þessi módel? Þegar langvarandi dæling hefst í holum, mun efnasamsetning og δ -gildi vatnsins breytast eftir ákveðnum lögmálum, smám saman. Ef módel I er rétt, mun klórinnihald aukast með aukinni dælingu og δ -gildið sennilega lækka. Ef módel II gildir, mun

klórinnihald vatns sennilega minnka, þegar farið verður að dæla, hins vegar mun δ -gildi vatnsins ekki breytast, ef ekki er gert ráð fyrir neinni breytingu á δ -gildinu í setunum. Ef hins vegar er gert ráð fyrir því, að einhver breyting eigi sér stað í setunum og að aðkomnar vatnsæðar hafi mismunandi δ -gildi, mun δ -gildið stefna að nokkrum ákveðnum gildum, til dæmis -9.7, -10 og -11. Ef módel III er rétt, mun klórinnihald vatnsins sennilega minnka við dælingu og δ -gildið hækka og stefna á eitt ákveðið gildi -9.7, en ekki er hægt að segja, hve hratt þetta gerist. Það er því mjög nauðsynlegt að taka reglulega vatns-sýni þegar farið verður að dæla úr öllum holunum. Væri jafnvel æskilegt, að áður en til virkjunarframkvæmda kæmi, yrði dælt úr öllum holunum í langan tíma, hálfan mánuð til mánuð, til að fullvissa sig um, að módel I gildi ekki. Ef það módel væri hið rétta, myndi vatnsmagn og varmamagn svæðisins vera mjög takmarkað. Aftur á móti er sama, hvort hinna módelanna gilti, og væri engin ástæða til að óttast um varmamagn svæðisins. Það er að vísu langlíklegast, að annað hvort seinni módelanna sé rétt, og því ekki ástæða til að halda að vatnsmagnið muni minnka með tímanum, en vegna þess að þetta jarðhitasvæði er í mörgu mjög frábrugðið öðrum svæðum, er ástæða til meiri tilraunastarfsemi en venja er til fyrir virkjanir á jarðhita.

Efnafræðileg einkenni setvatns eru ekki aðeins hátt klórinnihald heldur eru einnig ýmis efnahlutföll háð ákveðnum lögmálum. Na/Cl breytist lítið frá því, sem það er í sjó, (um 0.6) og er yfirleitt á milli 0.4 og 0.9. Borholuvatnið frá Húsavík er allt innan þessara marka og flest sýnishorn mjög nálægt 0.6. Fnr. 7883 sýnir samband á milli klórs og natríum, og sést þar, að það er alveg línulegt samband. Eina grunnvatnið, sem hefur hátt klórinnihald og lágt Na/Cl-hlutfall, fyrir utan setvatn, er háhitavatn, sem getur haft Na/Cl-hlutfall minna en einn, en það er auðþekkt frá setvatni á því, að það inniheldur mikið SiO_2 og mjög lítið kalsíum. Það sem er einna mest einkennandi fyrir setvatn er, að magnesíum hverfur og kalsíum kemur í staðinn og stundum skiptist út hluti af natríum og kalsíum kemur í staðinn. Með auknum aldri verður því vatnið ríkara af kalsíum klóri. Þetta sést á efnahlutföllum í töflu 7 og Fnr. 7883. Ca/Cl-hlutfallið, sem hækkar miðað við sjó,

Mg/Cl lækkar mjög og Ca/Mg-hlutfallið hækkar mikið, um eða yfir hundrafalt. Mg er orðið af sömu stærðargráðu og í venjulegu heitu grunnvatni. Þessi þróun sést vel í þríhyrningalínuritinu Fnr. 7857 með Na, Ca og Mg. Þar er auk vatnsins frá Húsavík vatn frá Vestmannaeyjum, Selfossi, Seltjarnarnesi, Hlíðardal og svo Hveragerði, sem er háhitavatn. Punktarnir frá borholuvatninu á Húsavík lenda allir nærri Na-Ca línunni í þríhyrningalínuritinu, en hins vegar er setvatnið frá Vestmannaeyjum mun fjær Na-Ca línunni (yngra set og þróunin ekki komin eins langt?).

Uppleysanleiki CaSO_4 er háður hita þannig, að uppleysanleikinn eykst við lækkandi hita. Hæsta sulfatið er í sýni úr holu I, þar er hitinn 65°C

Uppleysanleiki SiO_2 (kísils) er háður hita. Það hefur bæði verið fundið út með tilraunum og athugunum á jarðhitavatni. Með tilraunum hefur verið ákvarðaður uppleysanleiki kvarts og glers við mismunandi hita, og er uppleysanleiki glers miklu meiri en kvarts. Gunnar Böðvarsson og Guðmundur Pálmason (1961) settu fram líkingu (1) um samband milli hita og SiO_2 , sem byggð er á tölfræðilegum athugunum á hita og SiO_2 magni í íslenzku jarðhitavatni.

$$\begin{aligned} T &= \text{hiti } ^\circ\text{C} ; \text{SiO}_2 = \text{p.p.m (mg/l)} \\ T &= \text{SiO}_2 - 25 \end{aligned} \quad (1)$$

Þessi líking passar mjög oft, en oft fæst betra samræmi ef notuð er sín hver linera líkingin fyrir hvert jarðhitasvæði. Gagnið af slíkum líkingum byggist á því, að þegar kísill er einu sinni kominn í upplausn, fellur hann mjög treglega út aftur. Er því hægt, út frá kísilmagninu í vatninu, að geta sér til um hæsta hita, sem vatnið hefur náð.

Í Fnr. 8664 er sýnt samband milli SiO_2 og hita fyrir vatns-sýnishorn frá jarðhitasvæðinu frá Húsavík. Eitt sýni (x) sker sig alveg úr, það er með miklu hærri kísilmagn, miðað við hita, en hin, og hæsta kísilmagnið á svæðinu. Sýnið er úr lind norðan við Húsavíkurhöfða. Út frá því sem áður hefur verið sagt, má líta á sýni x sem kælt vatn og SiO_2 -magnið gefi þann hita, sem það hefur einu sinni haft og í

Þessu tilfelli mundi jafnframt gefa hámarks hita svæðisins. Ef reiknað er út, hvert er sambandið milli hita og SiO_2 fyrir vatnssýni frá Húsavík og reiknað með öllum sýnum, þar sem þessar upplýsingar eru til nema sýni x, fæst líking (2).

$$T = 1.329 \text{ SiO}_2 - 8.7 \quad (2)$$

Samkvæmt þessari líkingu hefur sýni x verið 156.6°C heitt. Þetta er nokkuð hátt og miklu herra en mælt hefur í borholunum. En ef ekki er reiknað með þremur köldustu sýnunum fæst líking (3), sem byggist á því, að línulega sambandið milli SiO_2 og hita er bezt á ákveðnu hitabili. Einnig hefur verið mælt hæsta klórmagn í sýni x og eins og sést í Fnr. 8519 hefur klór fylgni með hita, þó að það séu einnig aðrir þættir en hitinn, sem ákvarði klórmagnið, getur klórmagnið ásamt kísilmagninu gefið bendingu um, hvar eigi að leita að hámarks hitanum á jarðhitasvæðinu. Það er því full þörf á að athuga lindirnar fyrir norðan Húsavíkurhöfðann til könnunar, hvar megi vænta hámarks hita á svæðinu.

$$T = 0.7905 \text{ SiO}_2 + 28.6 \quad (3)$$

Líking (3) gefur 126°C á sýni x og þetta er mun líklegri hiti en fæst með líkingu (2), en hæsti hitinn, sem mælt hefur í borholunum er 110°C í holu I.

TAFLA 8

DJÚPSÝNI FRÁ HÚSAVÍK

	<u>Dýpi m</u>	<u>Cl, p.p.m</u>	<u>Dags.</u>
Hola I	120	1740	18.8.'66
Hola II	30	35	18.8.'66
Hola III	15	270	18.8.'66
	160	284	"
	310	291	"
Hola IV	120	760	18.8.'66
	230	773	"
	270	788	"
Hola V	130	1080	18.8.'66
	403	944	"

TAFLA 9

NIDURSTÖÐUR AF ÍSÓTÓPAMÆLINGUM Á VATNI FRÁ HÚSAVÍK ÁSAMT CL-INNIHALDI
VATNSINS

		δ -gildi	Cl p.p.m	Hiti °C
Hola I	120 m dýpi	-12.18	1550	65
Hola II	30 m dýpi	-7.26	35	4
Hola III	310 m dýpi	-7.96	291	35
Hola III	dæling kl. 15	-9.17	482	38
Hola IV	dæling kl. 17 ⁴⁵	-9.15	575	65
Hola IV	dæling kl. 10	-9.64	745	78
Hola IV	270 m	-9.72	788	82
Hola V	dæling kl. 10	-10.3	1045	65
Hola V	dæling kl. 13	-10.33	924	72
Hola V	130 m	-10.70	1080	75
Hola V	403 m	-10.91	944	68
Kranavatn		-7.35	30	4
Lækur		-6.86	35	4
Hola I	dæling 3.7.'68 nr. 1	-12.93	1760	
"	" " 2	-12.94	1755	
"	" " 3	-13.08	1735	
"	" " 4	-12.93	1725	
"	" " 5	-13.02	1750	94
"	" " 6	-13.04	1735 = 10,45% sjá	94

NaCl í sjó 27,2‰
 Cl — 16,5 — $\frac{1,75}{16,5} = 0,1045$
 $\frac{35,7}{58,5}$

TAFLA 10

SÝNI TEKIN VIÐ DÆLINGU Á HOLU I, HÚSAVÍK, 3.7.1968

Dælt var $8\frac{1}{2}$ l/sek í tvo tíma, vatnsborð í 74 m. Sýnin tekin með jöfnu bili meðan á dælingu stóð.

		1	2	3	4	5
Sýrustig	(pH)	8.20	8.60	8.75	8.80	8.85
Klór	(Cl)	1760mg/1	1755mg/1	1735mg/1	1725mg/1	1750mg/1
Kísilsýra	(SiO ₂)	58.4 -	64.8 -	73.6 -	85.6 -	80.8 -

4.8 Niðurstöður

Þegar holurnar voru staðsettar, var álitid, að uppstreymisstaður heita vatnsins væri við sprungu B_1 (sjá Fnr. 7149). Allar fjórar jarðhitaholurnar eru staðsettar fyrir sunnan þessa sprungu og í nokkuð misjafnri fjarlægð frá henni. Fjærst er hola III, kaldasta holan. Boranirnar hafa sýnt, að líklegt er, að sprunga B_1 sé uppstreymisæð fyrir heitt vatn um jarðhitasvæðið, því vatnið virðist kólna þegar farið er í suður frá þessari sprungu (holur III og V). En boranirnar hafa einnig sýnt, að ekki er líklegt, að þessi sprunga sé eina uppstreymisæð heits vatns, því mikið er af vatnsæðum í holunum eftir að borað hefur verið í gegnum B_1 , og er líklegt, að einnig við B_2 -sprunguna streymi heitt vatn. Vatnsinnstreymi inn í holurnar kemur mest á lagamótum. Er því líklegt, að vatnið leiti upp með sprungum, en renni síðan meira og minna lárétt út frá þeim og verði vatnið þeim mun kaldara, eftir því sem það hefur runnið lengur lárétt út frá uppfærsluæð. Eins og áður hefur verið sagt, er heitast vatnið úr holu I, dýpstu holunni, en hitinn er orðinn 94°C í 280 m dýpi, sem er hæsti hitinn á þessu dýpi á svæðinu. Hlýtur þetta að vera nálægt uppstreymi heits vatns, og er líklegt, að holan skeri sprungu B_1 á þessu dýpi. Úr þessari holu ætti að vera hægt að dæla um 12 l/sek af 94°C heitu vatni með 90-100 m niðurdrætti á vatnsborði. Úr holu III er hægt að dæla mjög miklu magni af vatni, en það er ekki nema um 40°C heitt. Úr holu IV er hægt að dæla að minnsta kosti 5,5 l/sek af um 80°C heitu vatni, en úr holu V er aðeins hægt að dæla um 1-2 l/sek eins og er. Vatnsmagnið í holunum má örugglega auka með því að hafa holurnar ákveðinn tíma undir þrýstingi. Vatnsþrýstingurinn víkkar út vatnsæðar, sem fyrir eru og getur sprengt út nýjar. Sérstaklega á þetta við um holu V, þar sem vitað er um stóra vatnsæð, sem var opin undir borun, en er teppt núna, en þrýstingur gæti opnað hana aftur og hreinsað vatnsæðina. Bergið í holu V er mjög þétt fyrir neðan fóðringu, svo hægt er að dæla beint inn á holutopp. Einnig er ástæða til að auka innrennsli bæði í holu I og IV, því vatnsæðar, sem voru opnar undir borun í þessum

holum eru meira og minna lokaðar nú. Einnig gæti þrýstitilraun opnað æðar, sem ekki voru opnar þegar holurnar voru boraðar. Einkum er þess að vænta, þar sem hita hámark er í holunum, þar sem vatnsæðar eru í berginu, en virðast vera lítið sem ekkert opnar inn í holurnar.

Hinar sérstöku jarðfræðilegu aðstæður, hin þykku set, valda sérstakri efnasamsetningu jarðhitavatnsins, sem verður að taka tillit til við hönnun hitaveitu á Húsavík. Það sem veldur erfiðleikum er hið háa klórmagn, einkum í holu I, en klórið er tærandi, ef súrefni kemst að, og hefur reynzt erfitt að gera hitaveitukerfi held fyrir súrefni. Hugsanlegt er, að nota vatnið úr öðrum holum en holu I beint inn á hitaveitukerfið, og væri þá athugandi, hvort ekki væri hagkvæmt að nota vatn frá holu III, sem væri hitað upp af vatni frá holu I.

Stærð jarðhitasvæðisins

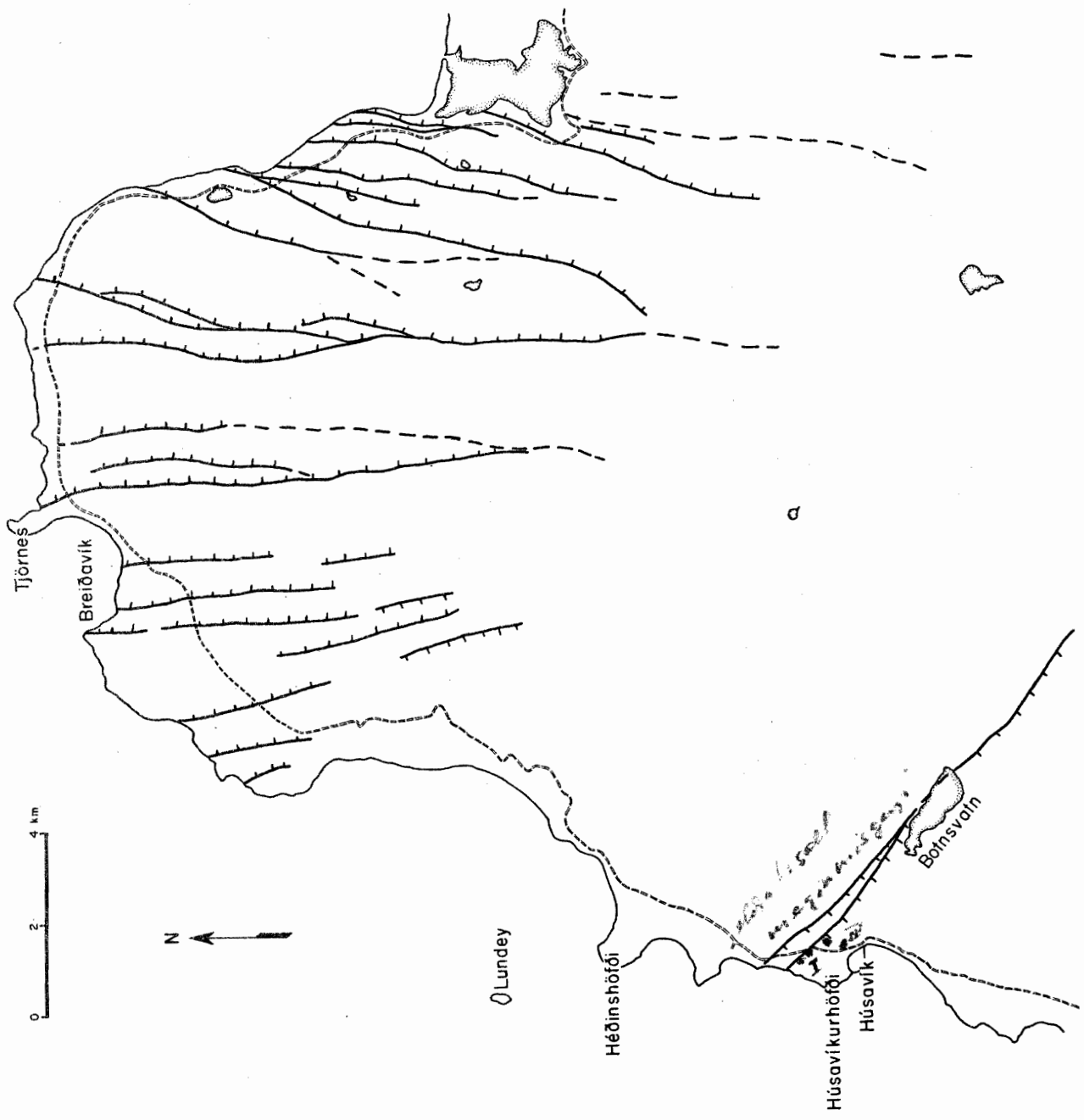
Vitað er, að jarðhiti er bundinn við sprungu B_1 og þverr út í suður frá henni en suðaustur frá þeirri sprungu eru yngri jarðlög, mjög opin og innihalda mikið vatn. Virðist jarðhitinn þar hverfa, sennilega vegna blöndunar við til-
tölulega kalt grunnvatn. Hins vegar er ekki vitað hve langt norður jarðhitinn nær og þarf að dýpka holu II til að ganga úr skugga um það. Þó er mjög líklegt, að jarðhitinn nái lengra til norðurs en suðurs, því í norðurátt eru eldri bergtegundir og uppstreymi frá sprungunum ætti að geta komizt lengra í þá átt án þess að blandast köldu grunnvatni. Ekki er ólíklegt, að jarðhitasvæðið nái að minnsta kosti á milli sprungna B_1 og B_2 .

Við áframhaldandi borun verður að taka tillit til tveggja atriða, það að fá sem mest og heitast vatn og fá sem minnst af uppleystum efnum í vatninu. Mestar líkur til að fá mestan hita og mest vatn eru á Laugardalnum sjálfum niður við sjó. Væri rétt að athuga lindirnar norðan megin við Húsavíkurhöfðann, áður en borað væri þar. En ef borað væri niður við sjó, er líklegt, að vatnið yrði mjög salt,

vegna þess að setin munu þykkna, eftir því sem nær dregur sjó, en það er ekkert, sem bendir til þess, að sjór gangi um undir land. Hins vegar er vitað, að eftir því sem fjær er farið frá sjó, þá mun seltan minnka en hitinn lækka.

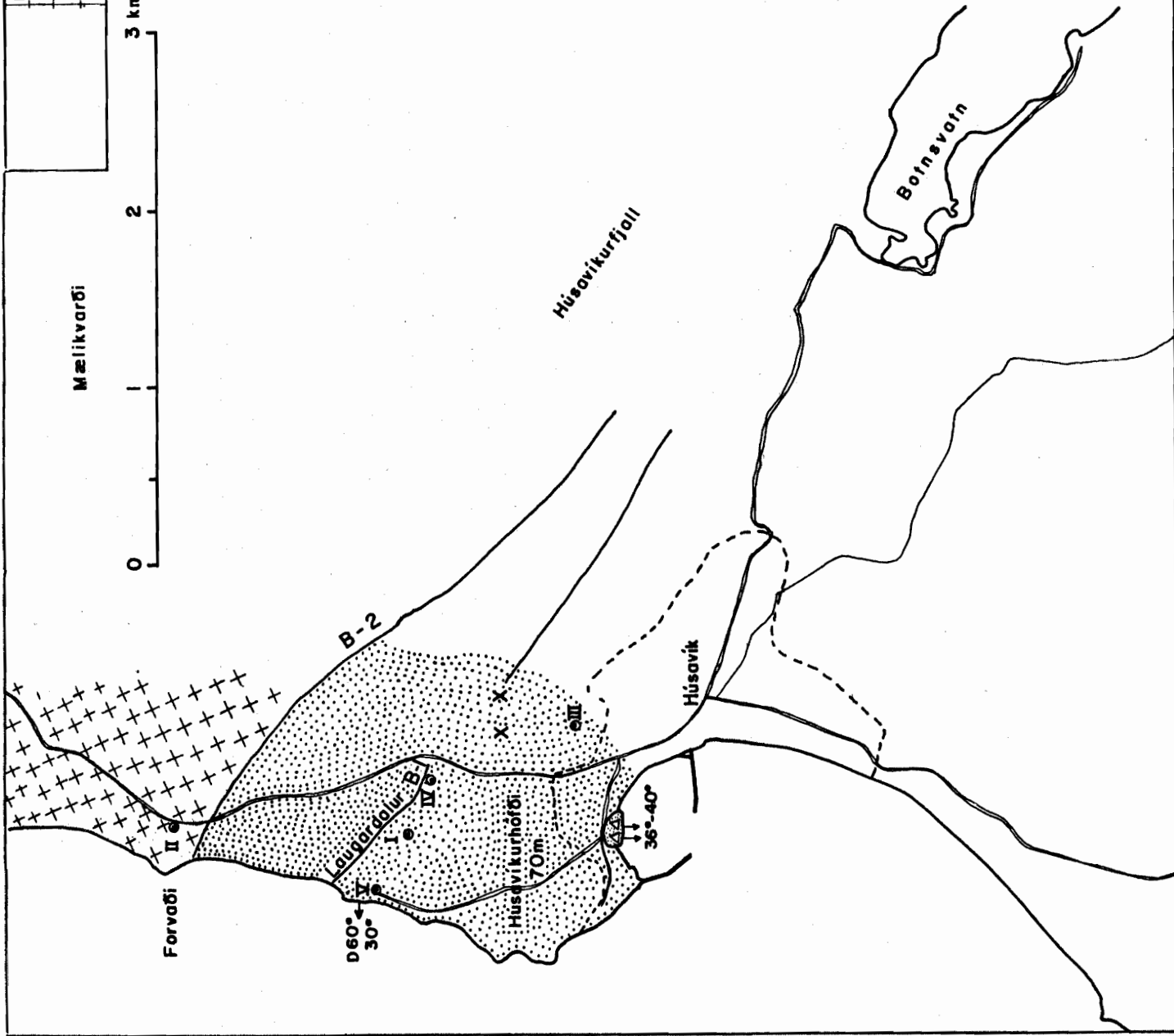
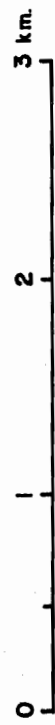
RITSKRÁ

- Bragi Arnason og Þorbjörn Sigurgeirsson, 1967: Hydrogen isotopes in hydrology in Iceland. Isotopes in Hydrology, 35-47, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Friedrich Strauch, 1963: Zür Geologie von Tjörnes (Nord-Island). Sonderveröffentlichungen des Geologischen Instituts der Universität Köln, no. 8, 129.
- Guðmundur Bárðarson, 1925: A stratigraphical survey of the Pliocene deposits at Tjörnes in Northern Iceland. Kong. Danske Vidensk. Selskab skr. Medd Biol. 4 no. 5, 118.
- Guðmundur Pálmason og Gunnar Böðvarsson, 1961: Exploration of Subsurface Temperature in Iceland. Jökull, vol. 11.
- Trausti Einarsson, 1958: A survey of the geology of the area Tjörnes - Bárðardalur. Soc. Sci. Isl. Rit. 32, 79 s.
- Trausti Einarsson, 1965: Submarine volcanic breccia in the area south of Tjörnes. Soc. Sci. Isl., Greinar IV,1., 27-47.
- Þorleifur Einarsson, David M. Hopkins og Richard R. Doell, 1967: The Bering Land Bridge. Stanford University Press, Stanford, California, 312-325.



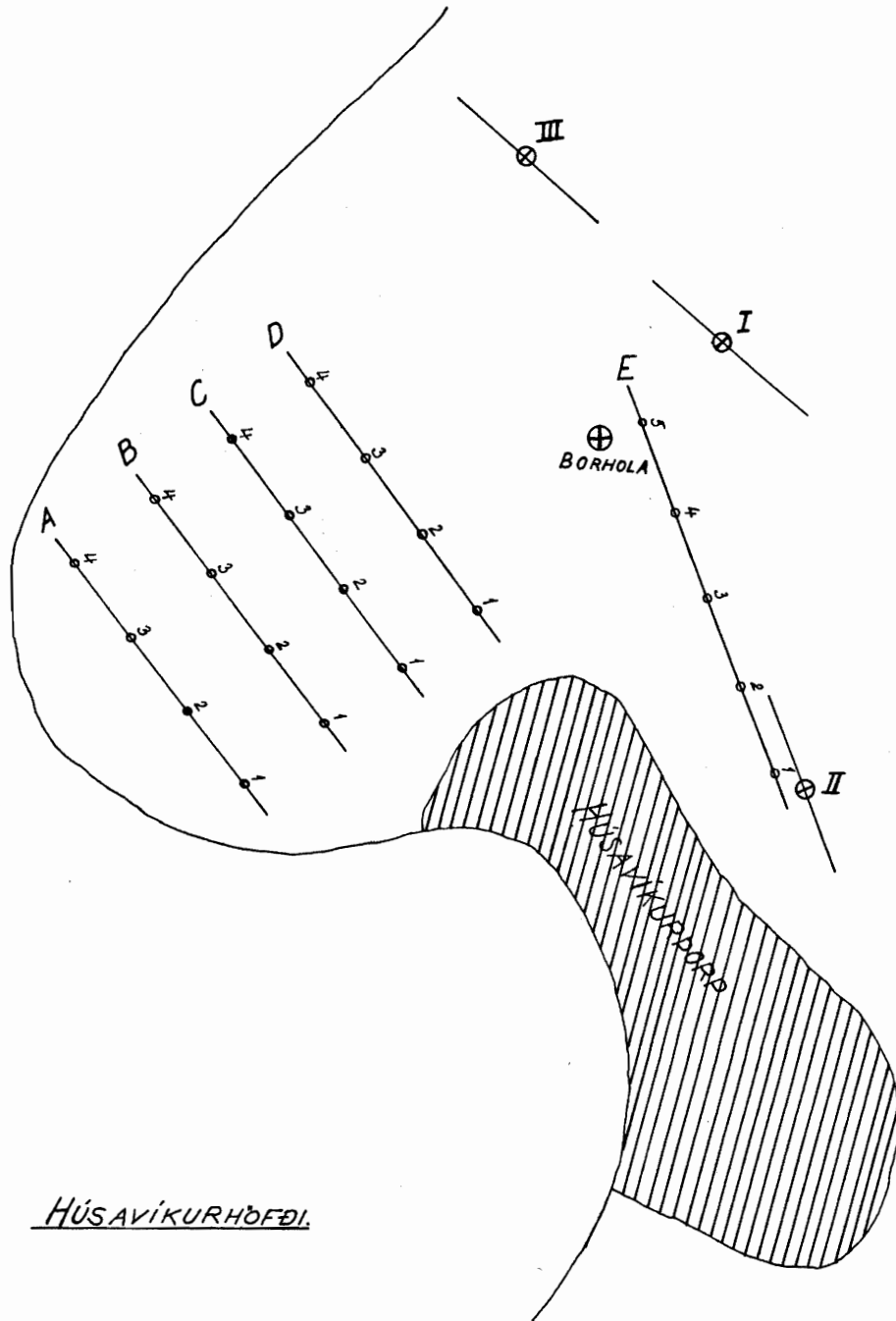
*Það hefur verið fundið niður
 undir basalt Tjörnes-sallaga, en ekki
 vanlaga stíflaga. Hada III var ekki
 breyttur á höfði á 640m djúpi.*

Mælikvarði



Skýringar:

- Bygð Húsavíkurkaupstaðar
- Tillit
- Grunnbasalt
- Breksia
- Holur borðar eftir 1961
- Holur borðar 1943
- Sprunga
- Volgra
- 36° Hitastig
- 60° Hitastig fengið við dælingu
- Vegur



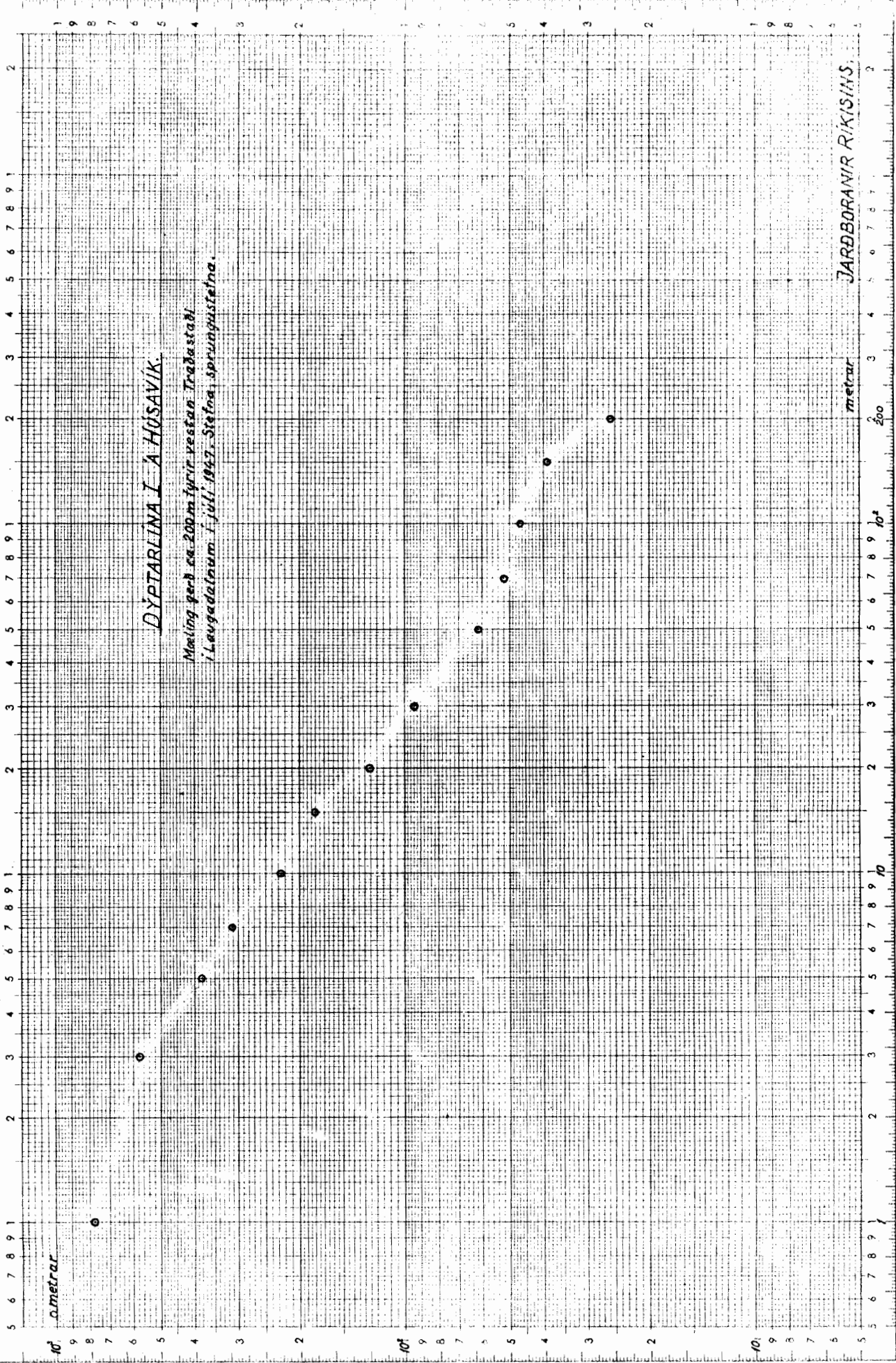
HÚSAVIKURHÖFÐI.

BLAÐ I.

JARÐBORANIR RÍKISINS

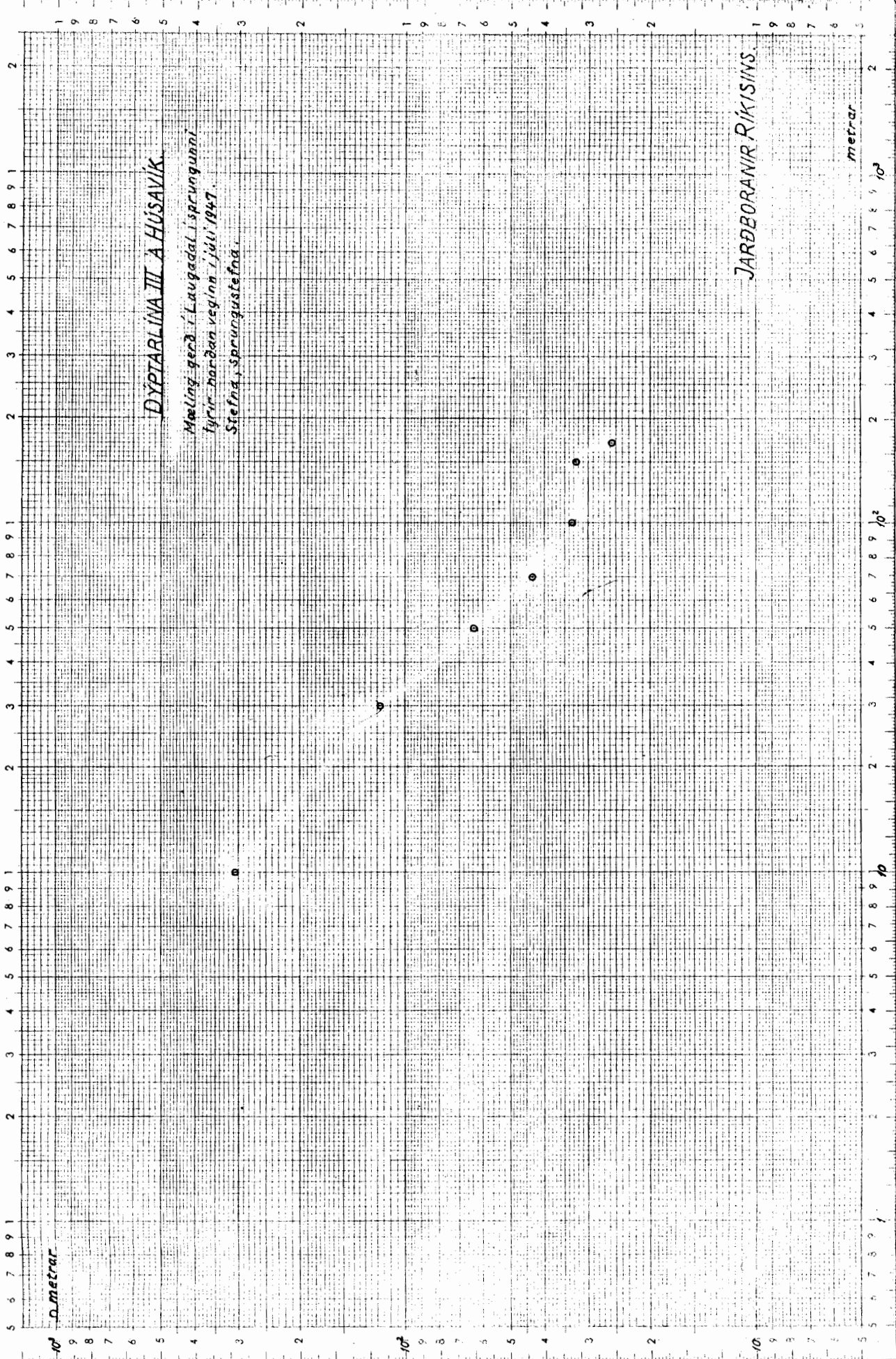
Jún. 59 60 / N.
 Tár. 56 - Tár. 2
 J. Ólaf. J. Halsson
 Fmr. 4394

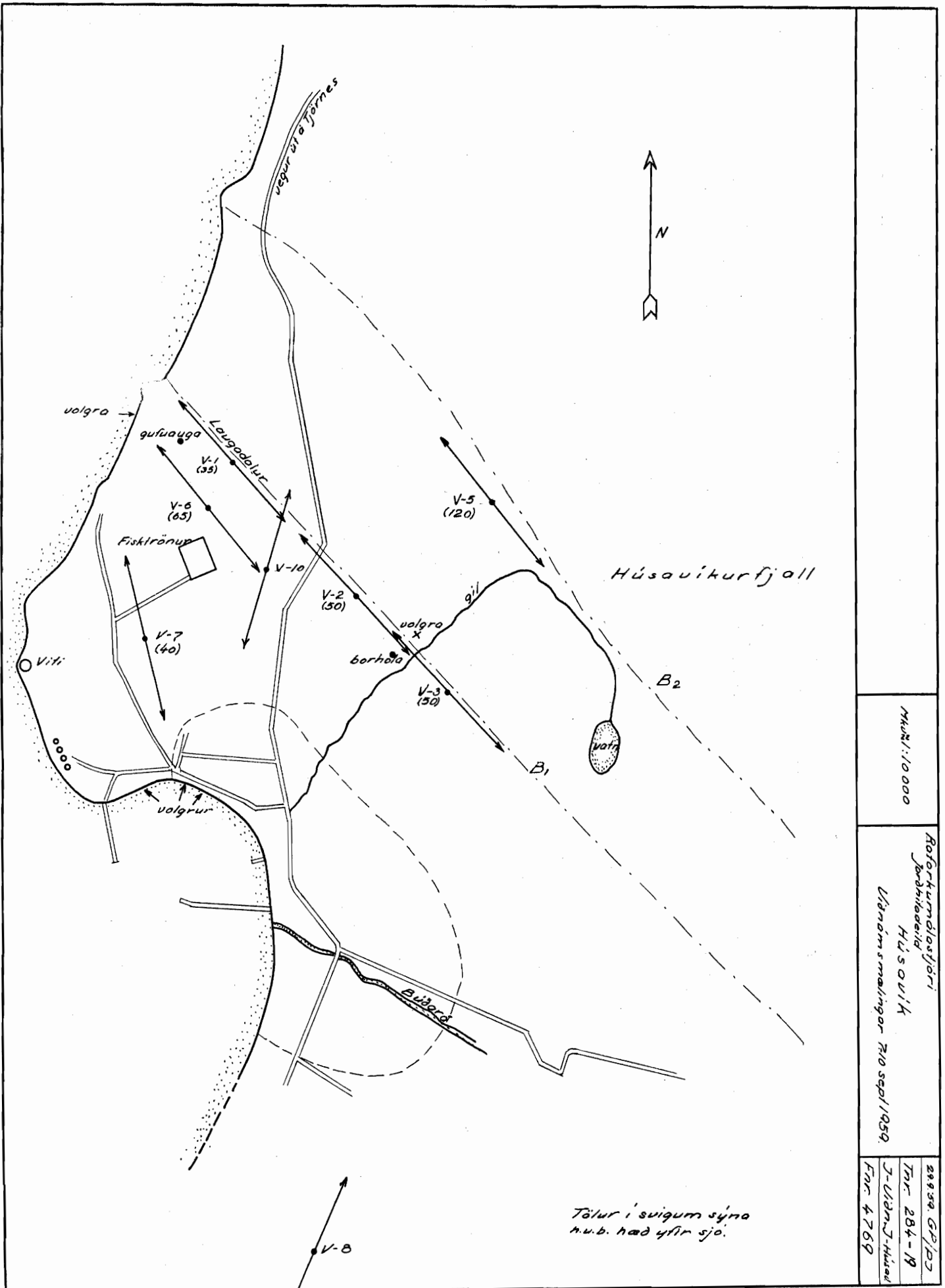
Jún. 5968/11
 Tnr. 37 - Tnr. 3
 J-Viðn.-J-Hvöð.
 Fnr. 4-395



JARÐBORANIR RÍKISINS.

Jún. 59 GP/Pl
Tóm 398 Tm 8
F. Hósi, F. Hósi
Fr. 4397



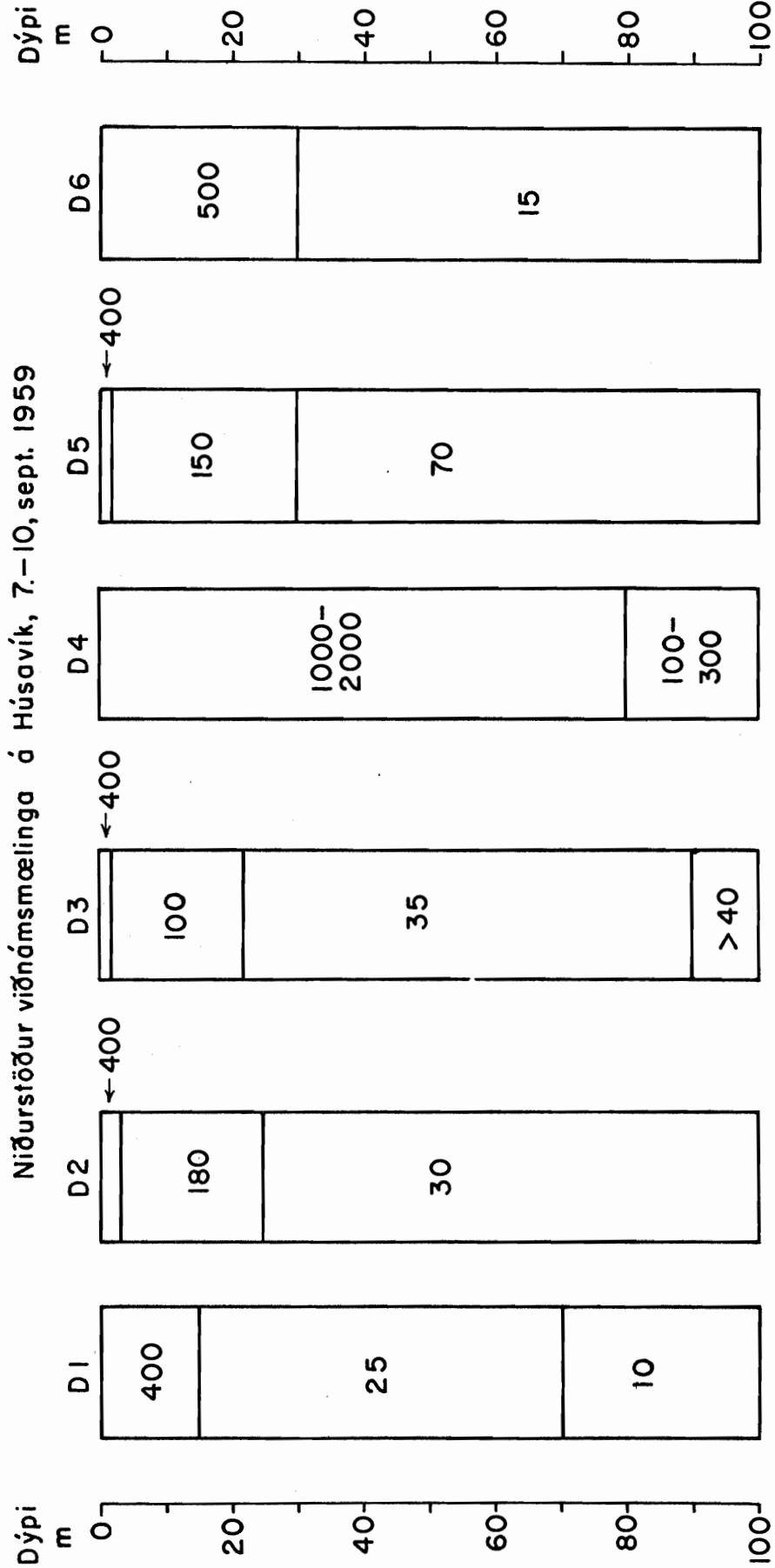


MÁST: 1:10 000

Raforkunardisjóni
 Jarðskiladeild
 HÚSAVÍK
 Vísindisráðgjafi 710 sep/1959

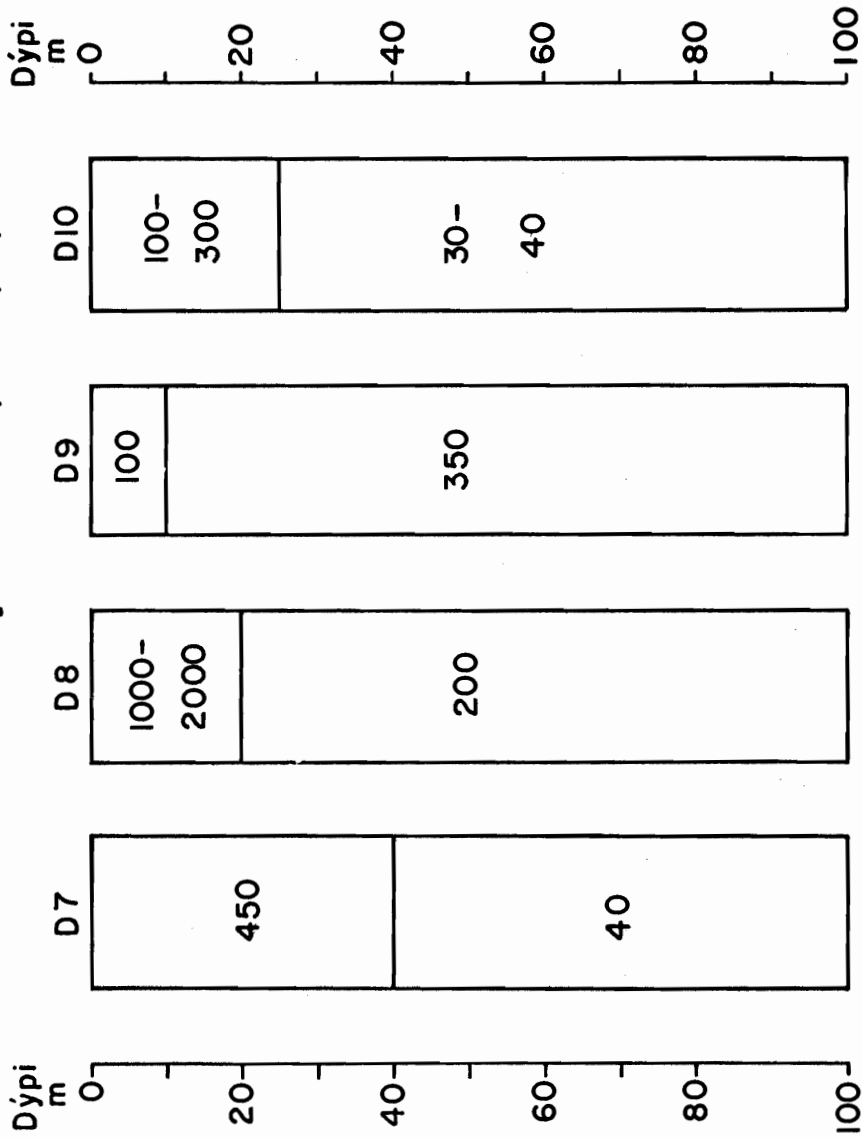
28839 GP/DJ
 Tnr. 284-19
 J-Liðn.J-Húsv
 Fnr 4769

Tölur í svigum sýna
 n.v.b. hæg yfir sjó.



Tölur í súlum tákna eðlisviðnám í Ω m

Niðurstöður viðnámsmælinga á Húsavík, 7.-10, sept. 1959



Tölur í súlum tákna eðlisviðnám í Ωm

20.2.69 JT/e

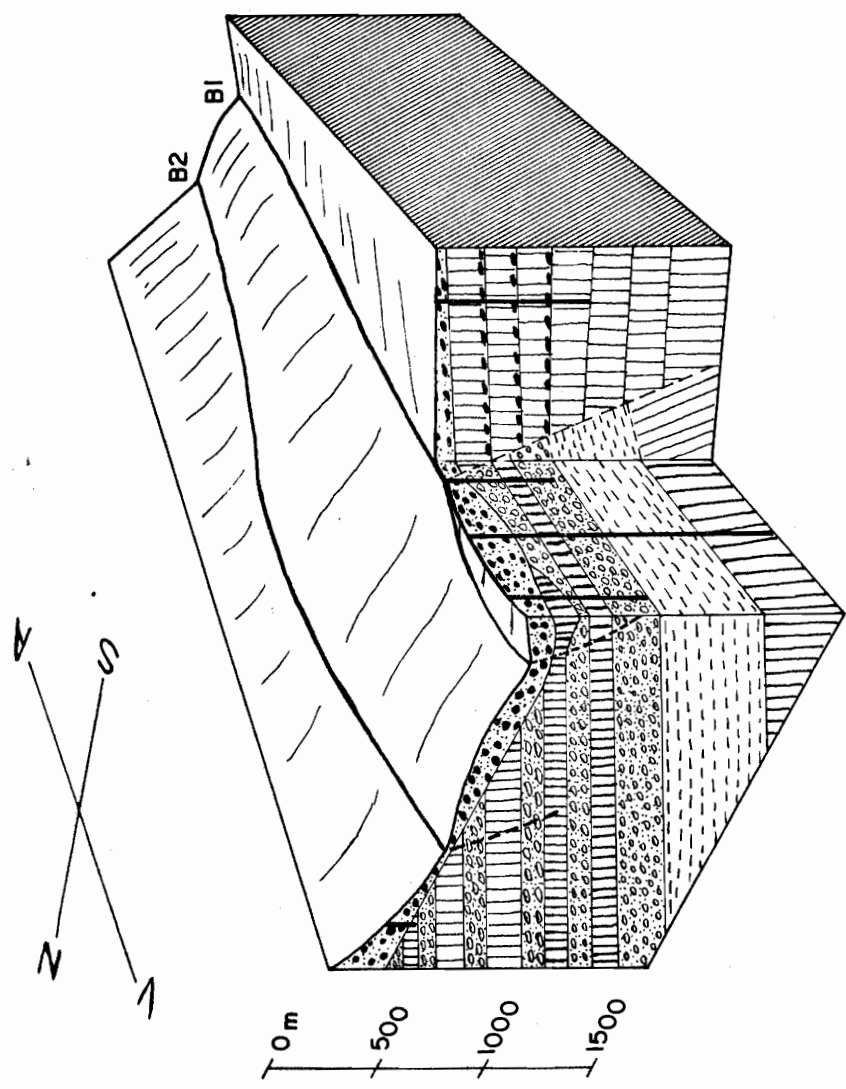
Thr. 25





J-Húsvík

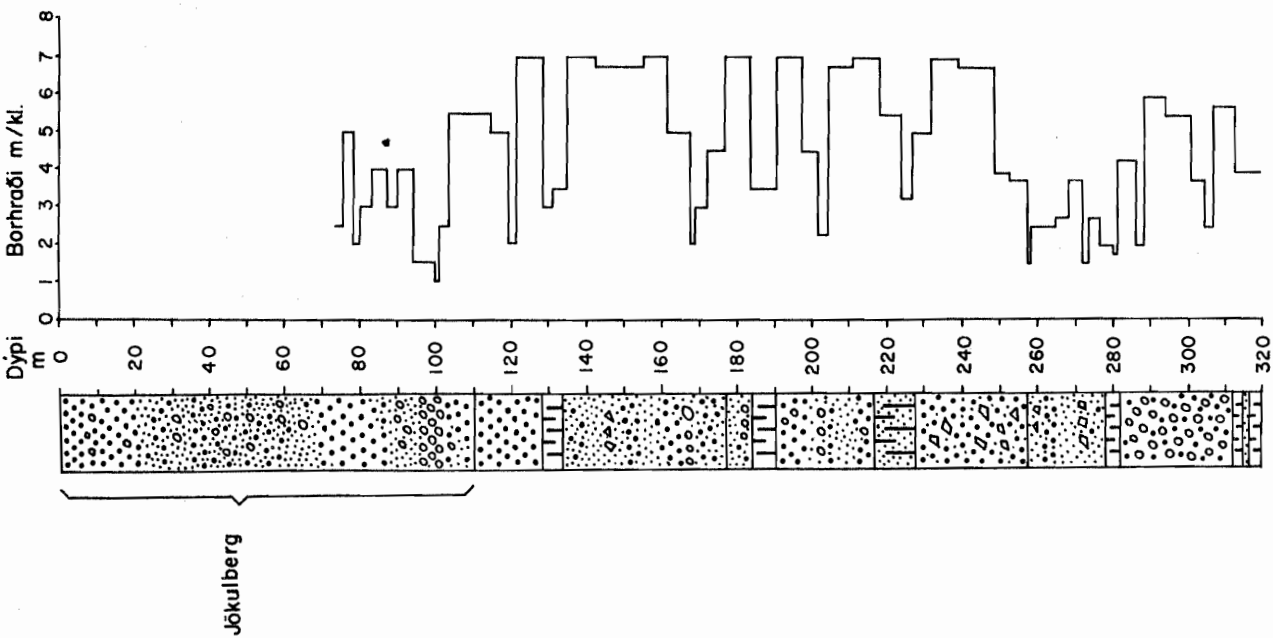
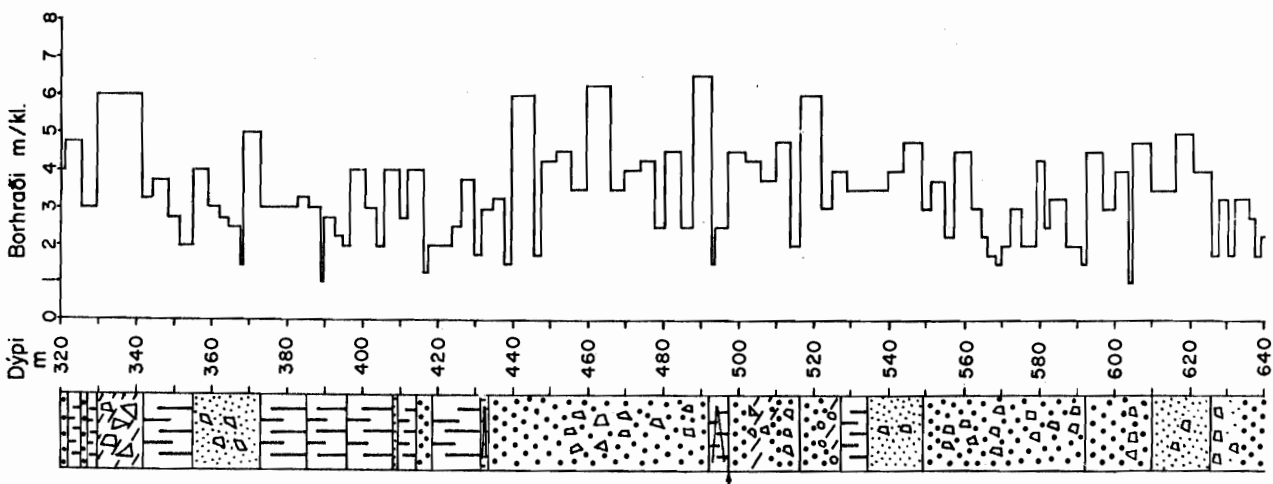
Fnr. 8732

ORKUSTOFNUN Jarðhitadeild

Sneið af jarðfræði holanna á Húsvík



-  Basalt
-  Lítill myndbreytt landset (jökulberg)
-  Myndbreytt landset
-  Fínkornótt, myndbreytt set (sjávarset?)

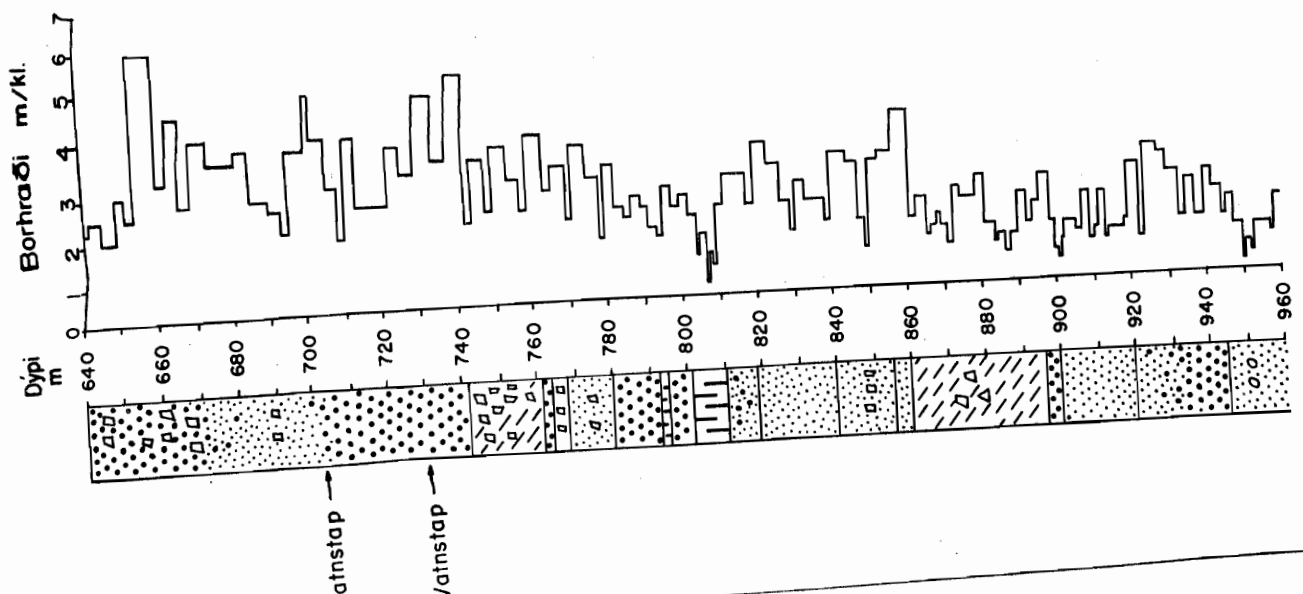
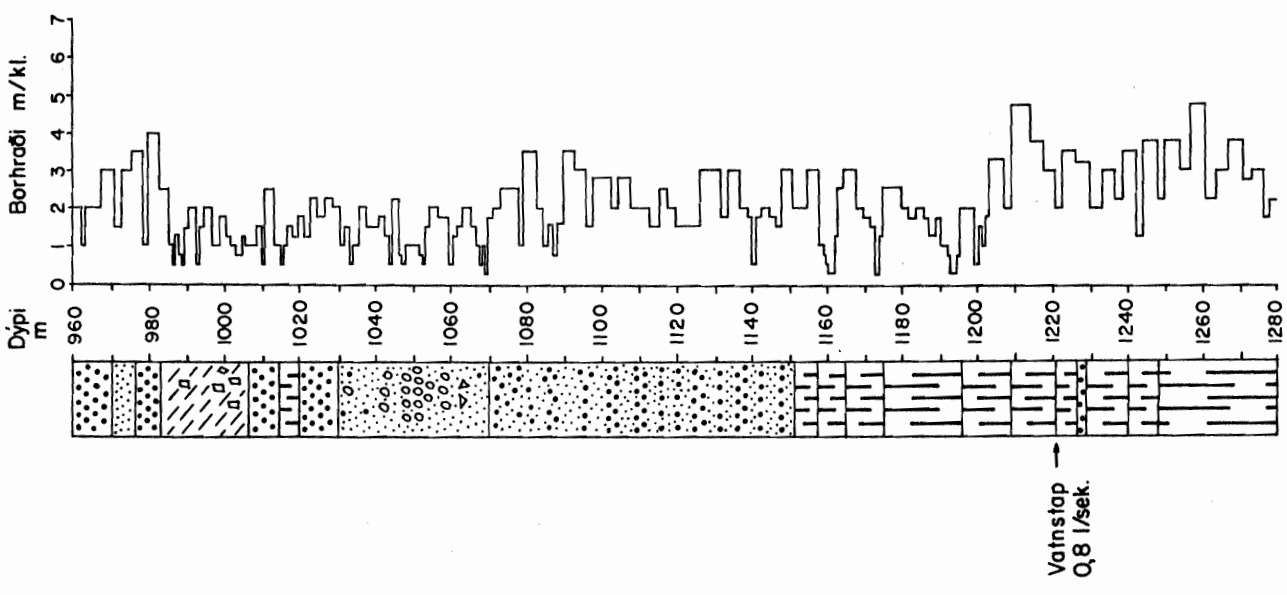
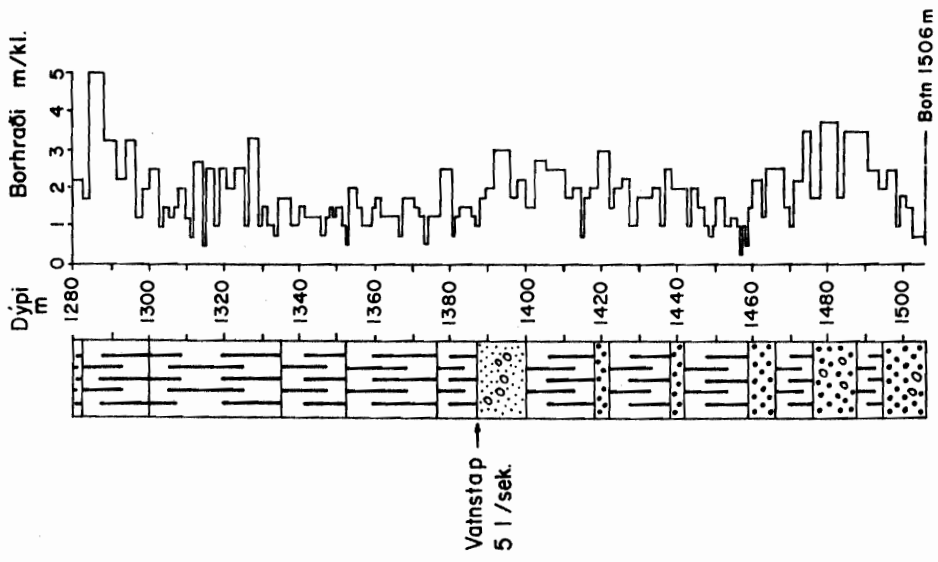


SKÝRINGAR:

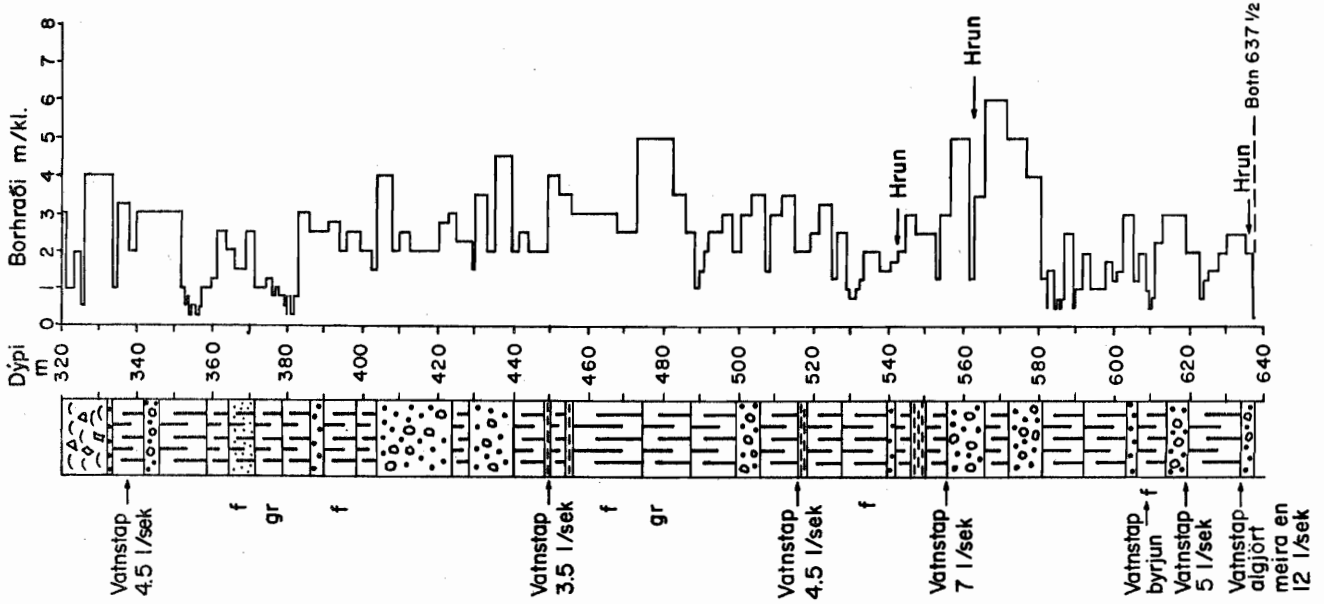
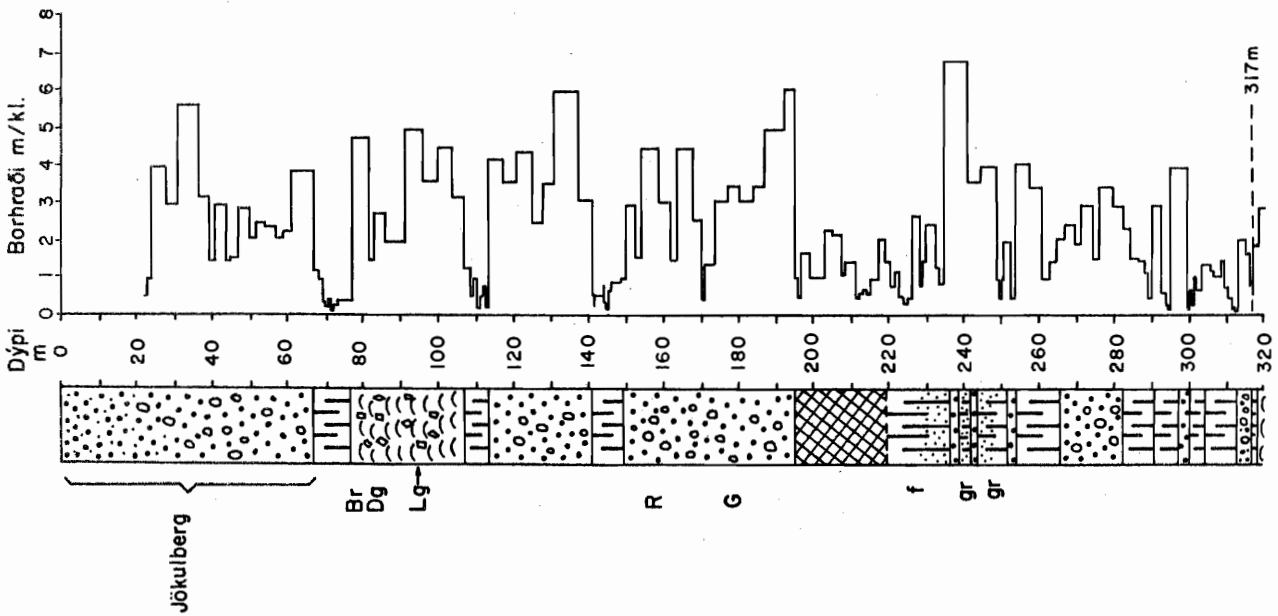
- Innskot
- Basalt
- Myndbreytt basalt
- Brotin basaltflög
- Breksía
- Konglomerat
- Sandsteinn
- Leirsteinn
- Zeolítiserað berg (set)

Millistig eru táknað með tveimur eða fleiri táknum

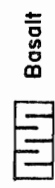
▢ Basaltívat, án frekari skilgreiningar.



ORKUSTOFNUN	
Borhola I - Húsavík	
Borað 10.12.62 - 27.1.64 Jarðlagasnið	
Bl. 2 af 2	J - Húsavík
Sept. 67 JT / Gyðal Tr. 27	Fnr. 7156



SKÝRINGAR:



Basalt



Myndbreytt basalt og/eda leirfyllt



Bólstraberg eða breksía með yfir

80 % basalt brotkornum



Móbergbreksía



Konglomerat



Sandsteinn



Rautt millilag

SKAMMSTAFANIR: (Litur á skali o.fl.)

R = rautt

Br = brúnt

Lg = ljósgrátt

f = fínkristallað

gr = grófkristallað

Dg = dökkgrátt

G = grátt

Holan boruð með Mayhew-bor 1.7.-23.7.1964

niður í 317 m dýpi og dýpkuð með Cardwell -

bor 24.10.-20.11.1966 niður í 637 1/2m dýpi.

ORKUSTOFNUN

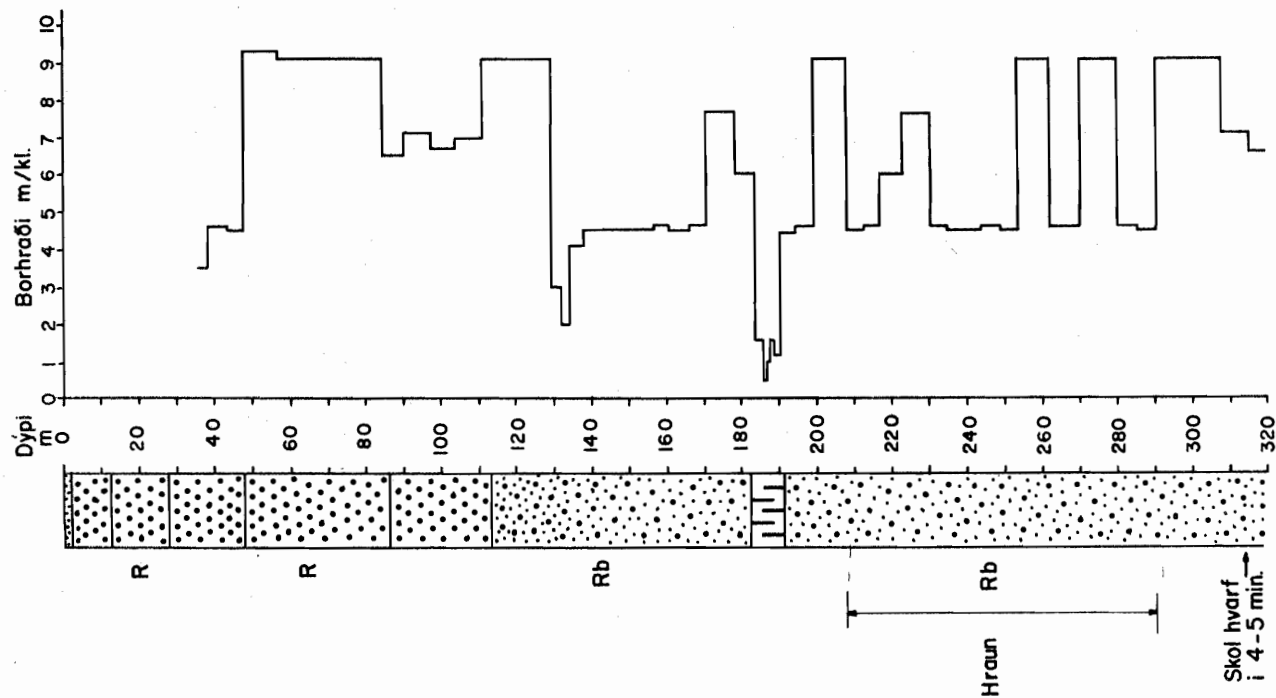
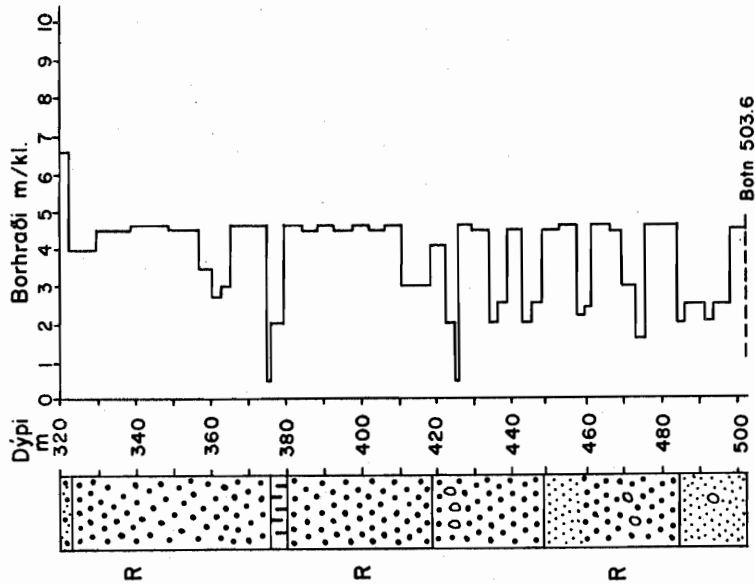
Borhola III - Húsavík

Borað 17.-23.7.64 og 24.10.-20.11.66

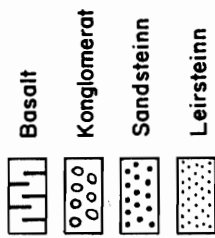
Tnr. 27

Sep. 167/J/Gyðj.-Húsavík

Fnr. 7158



SKÝRINGAR:



SKAMMSTAFANIR: (litur á skoli)

R = rautt
Rb = rauðbrúnt

Skol hvarf
i 4-5 min.

ORKUSTOFNUN

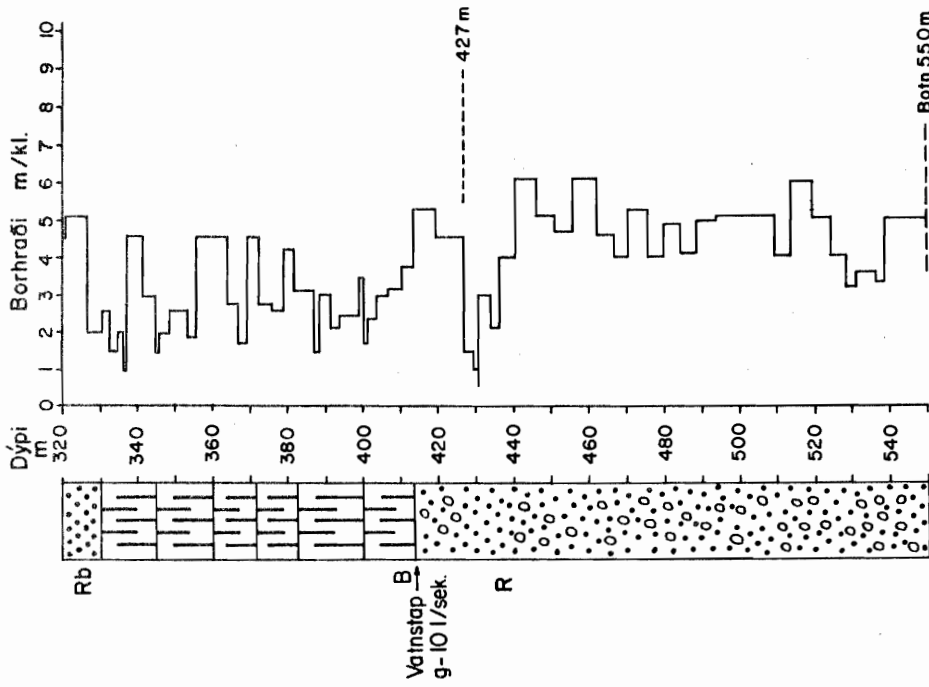
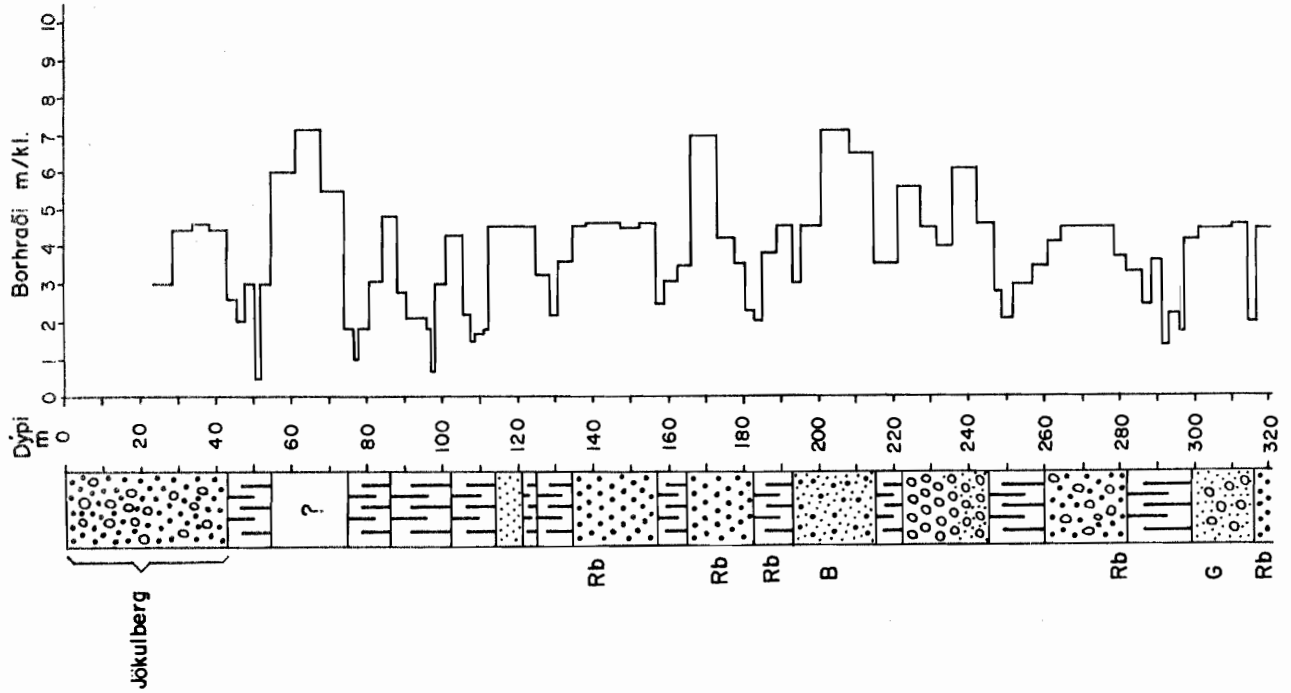
Borhola IV - Húsavík

Borað 24.7.-21.8.64

Tnr. 29

Sept. 67 JT/Gyða J. - Húsavík

Fnr. 7159



SKÝRINGAR:

- Basalt
- Konglomerat
- Sandsteinn
- Leirsteinn

SKAMMSTAFANIR: (Litur á skoli)

- R = rautt
- Rb = rauðbrúnt
- G = grátt
- B = brúnt

Holan var boruð með Mayhew-bor

28.8.-13.9.1964 niður í 427 m dýpi

og dýpkuð með sama bor 14.9.-17.9.1966

ORKUSTOFNUN

Borhola V - Húsavík

Boruð 28.8.-13.9.64 og 14.9.-17.9.66

Tnr. 30

Fnr. 7160

Sept. 67 JT/Gyðd. J. - Húsavík

RAFORKUMÁLASTJÓRI Jarðhitadeild
Hitamæling á Húsavík (syðri hola)

Termistor ?

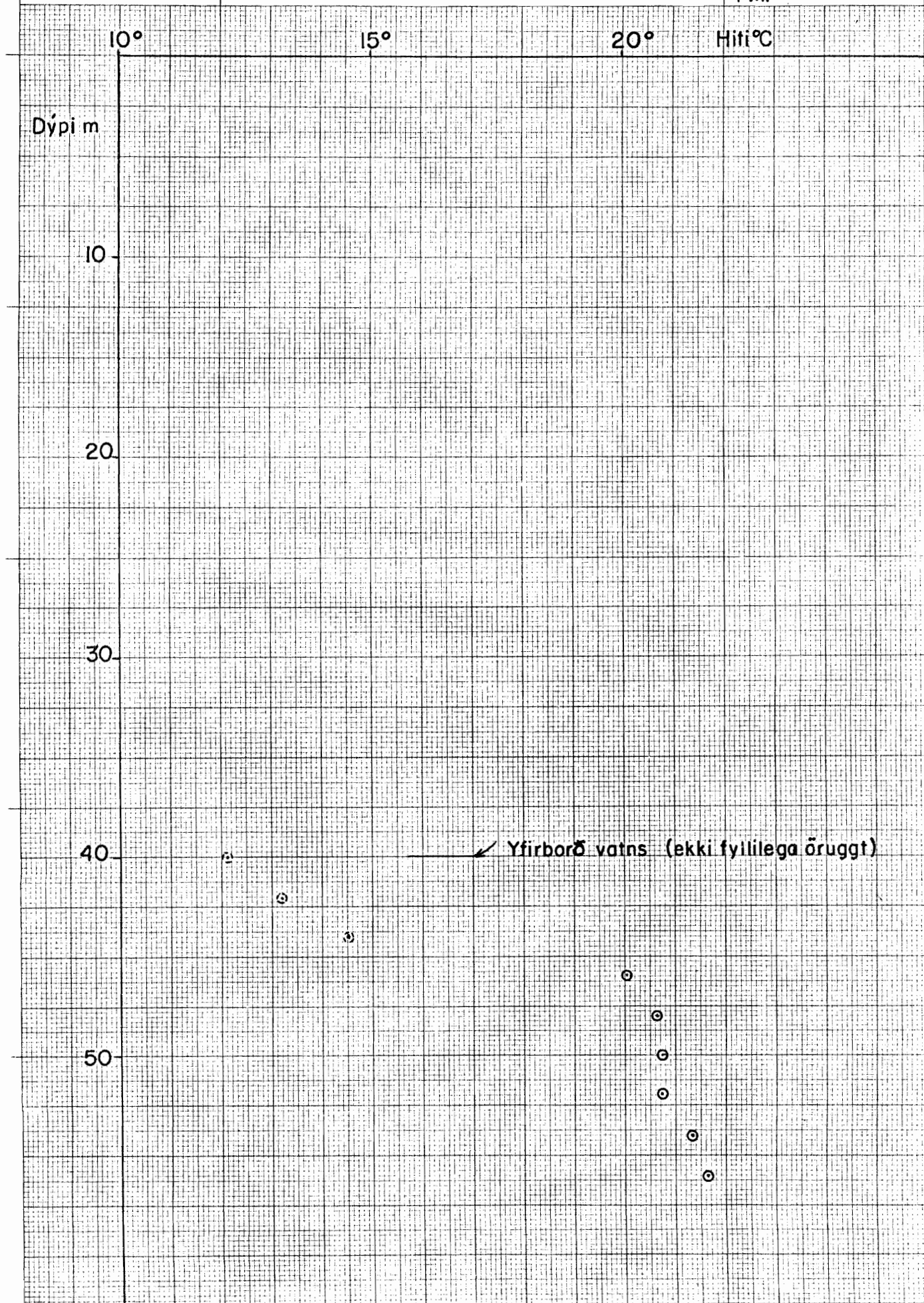
Mælt 18.8. '62 Þ.V.

Sept. '62 ÞV/Gyða

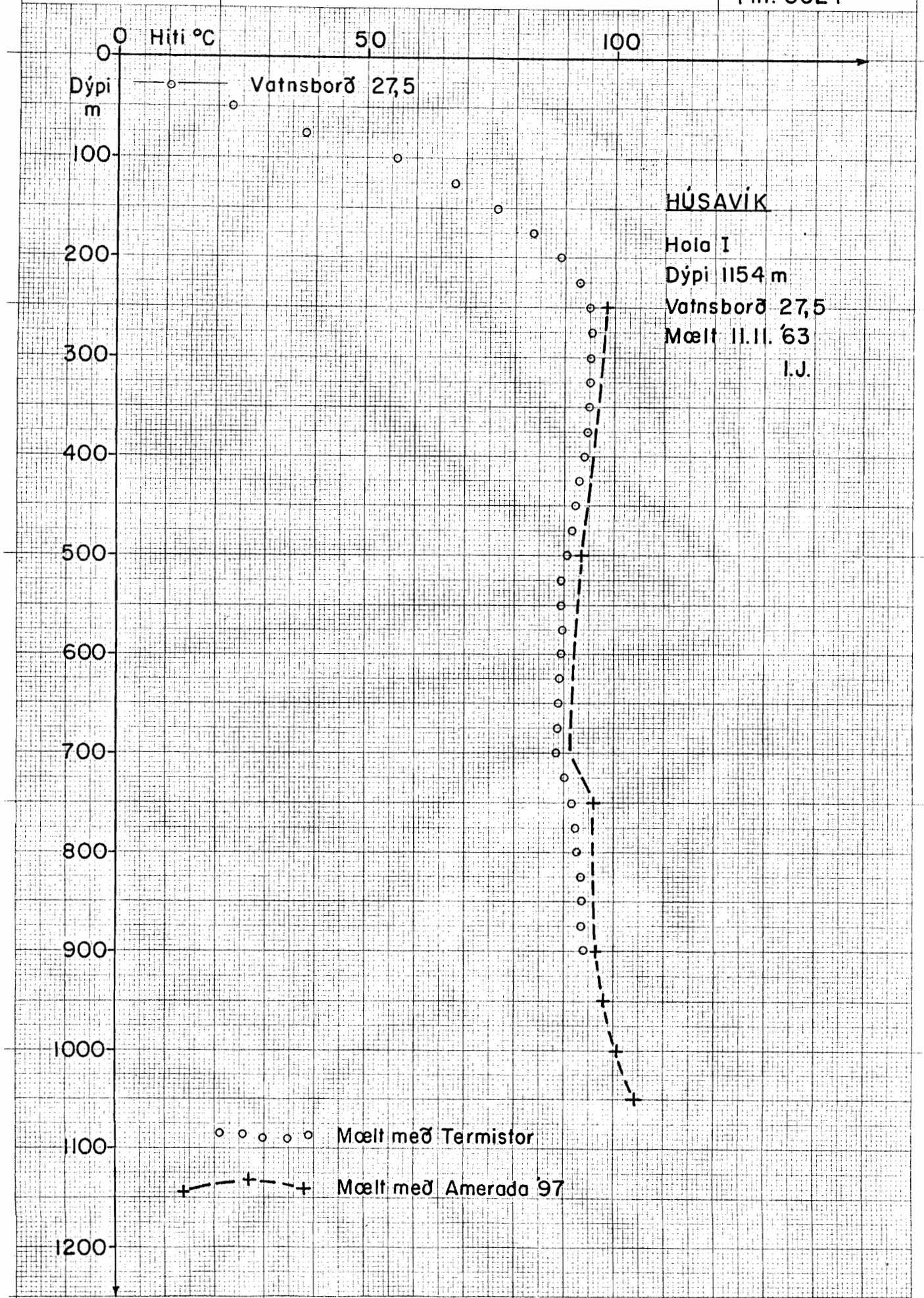
Tnr. 20 Tnr. 305

J. Húsavík J. Hitam.

Fnr. 5845

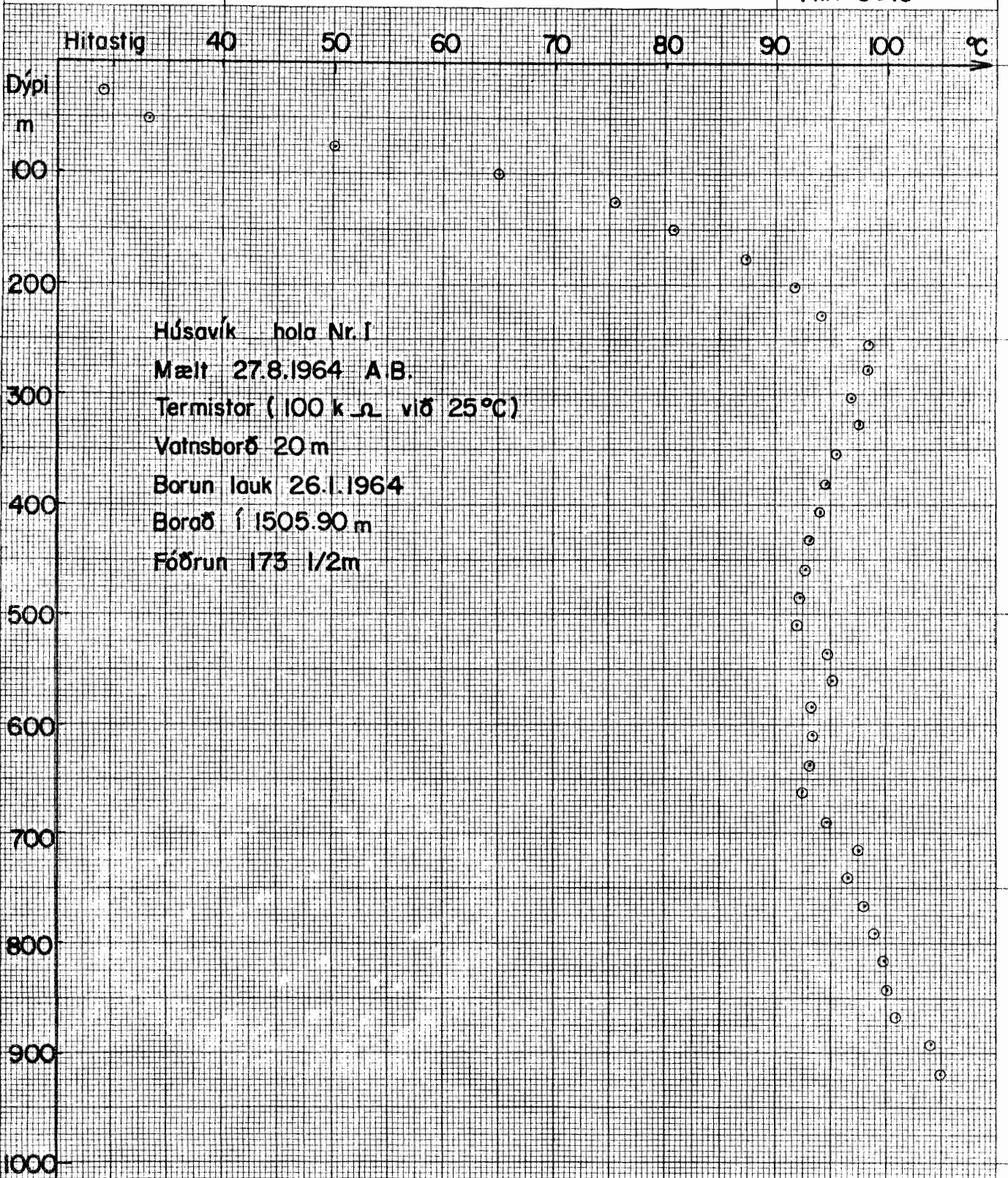


Hitamælingar í borholum



RAFORKUMÁLASTJÓRI
 Jarðhitadeild
 Hitamælingar í borholum

9.9.'64. V.S
 Tnr. 382 Tnr. 22
 J-Hitam J-Húsav.
 Fnr. 6813



RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

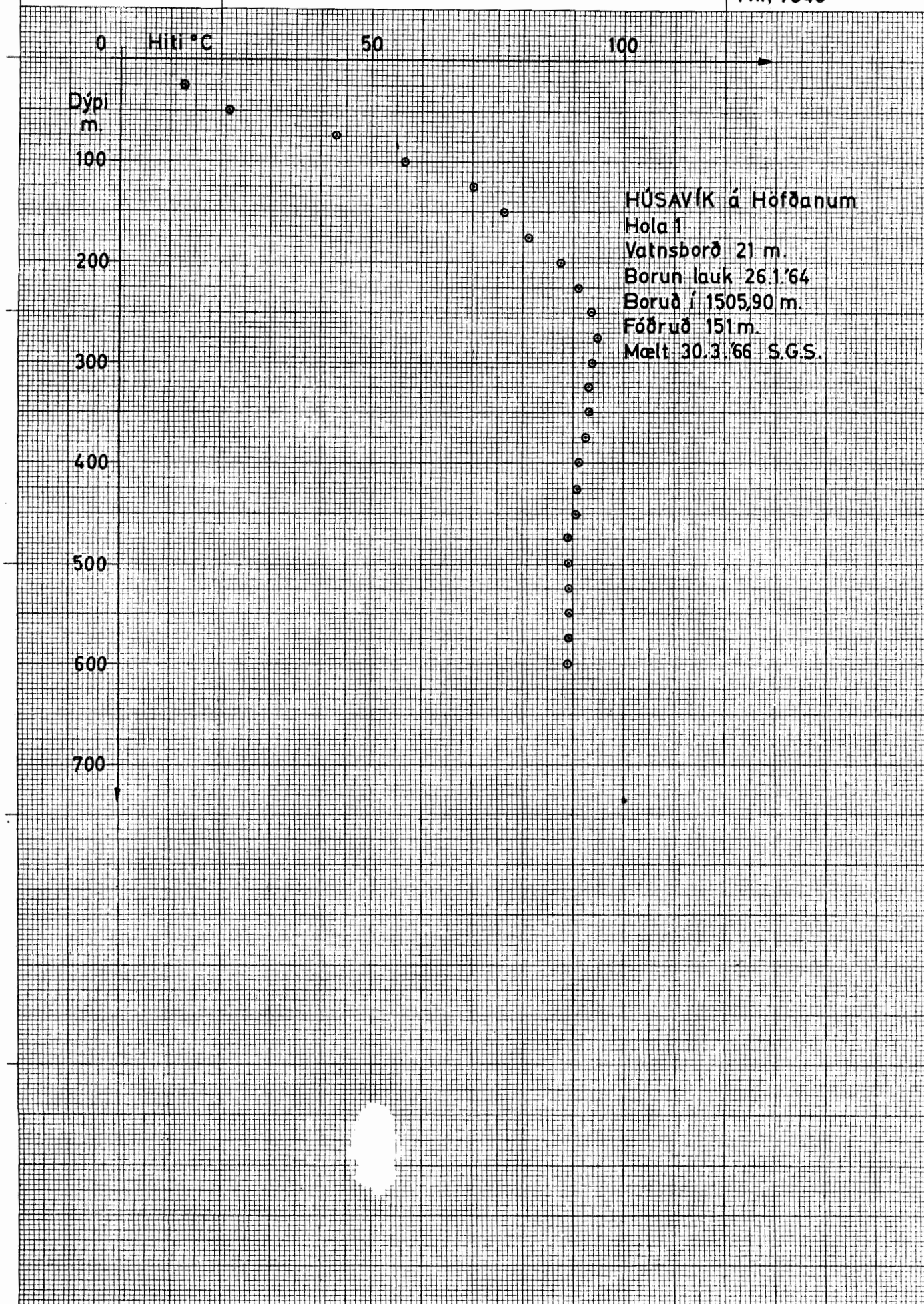
Hitamælingar í borholum

10.5.66 SGS / HF

J-Hitam. J-Húsavík

Tnr.461 Tnr. 35

Fnr, 7343



HÚSAVÍK á Höfðanum
Hala 1
Vatnsborð 21 m.
Borun lauk 26.1.64
Boruð í 1505,90 m.
Fóðruð 151 m.
Mælt 30.3.66 S.G.S.

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

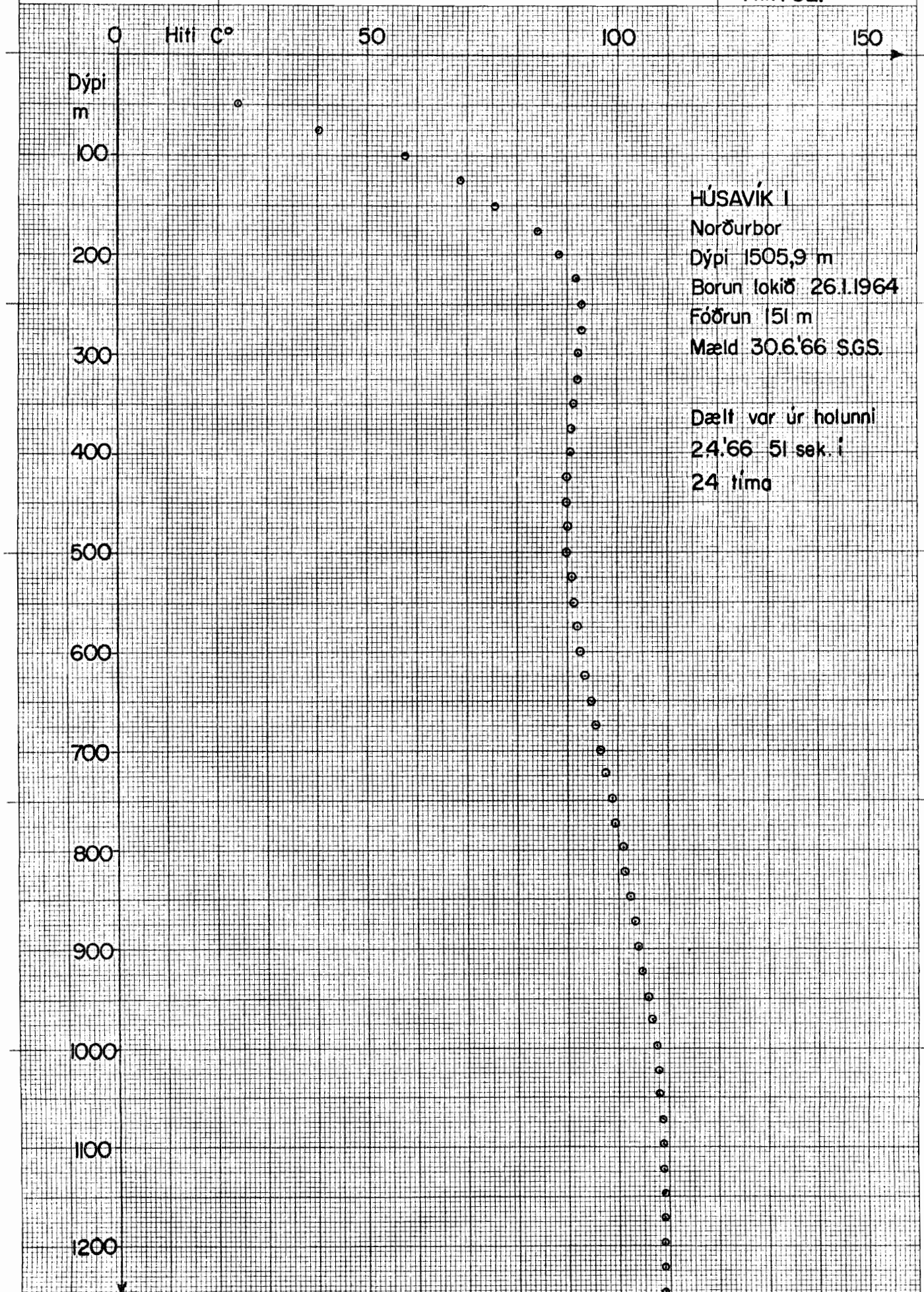
Hitamælingar í borholum

18.7.'66 SGS./E.Ó.

Tnr.31 Tnr.469

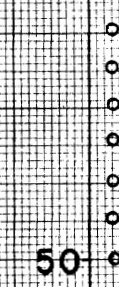
J-Húsavík J-Hítam.

Fnr.752I



Hitamæling í borholum

0 Hití °C 50 100
Dýpi m



HÚSAVÍK

Hola 2

Dýpi 50 m

Fóðring 8"

Borun lokið 29.10'61

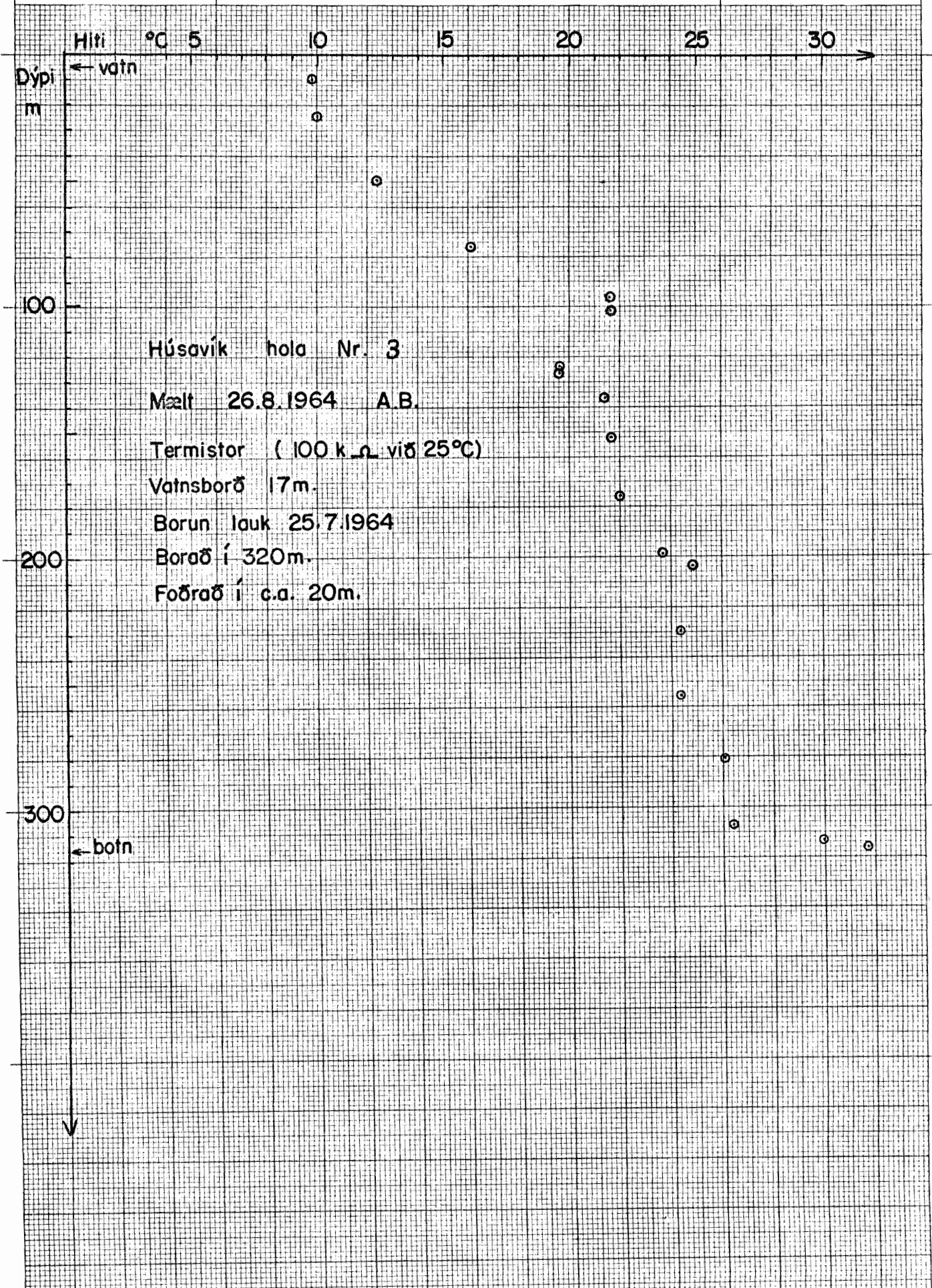
Mælt 5.2'69 S.G.S.

100

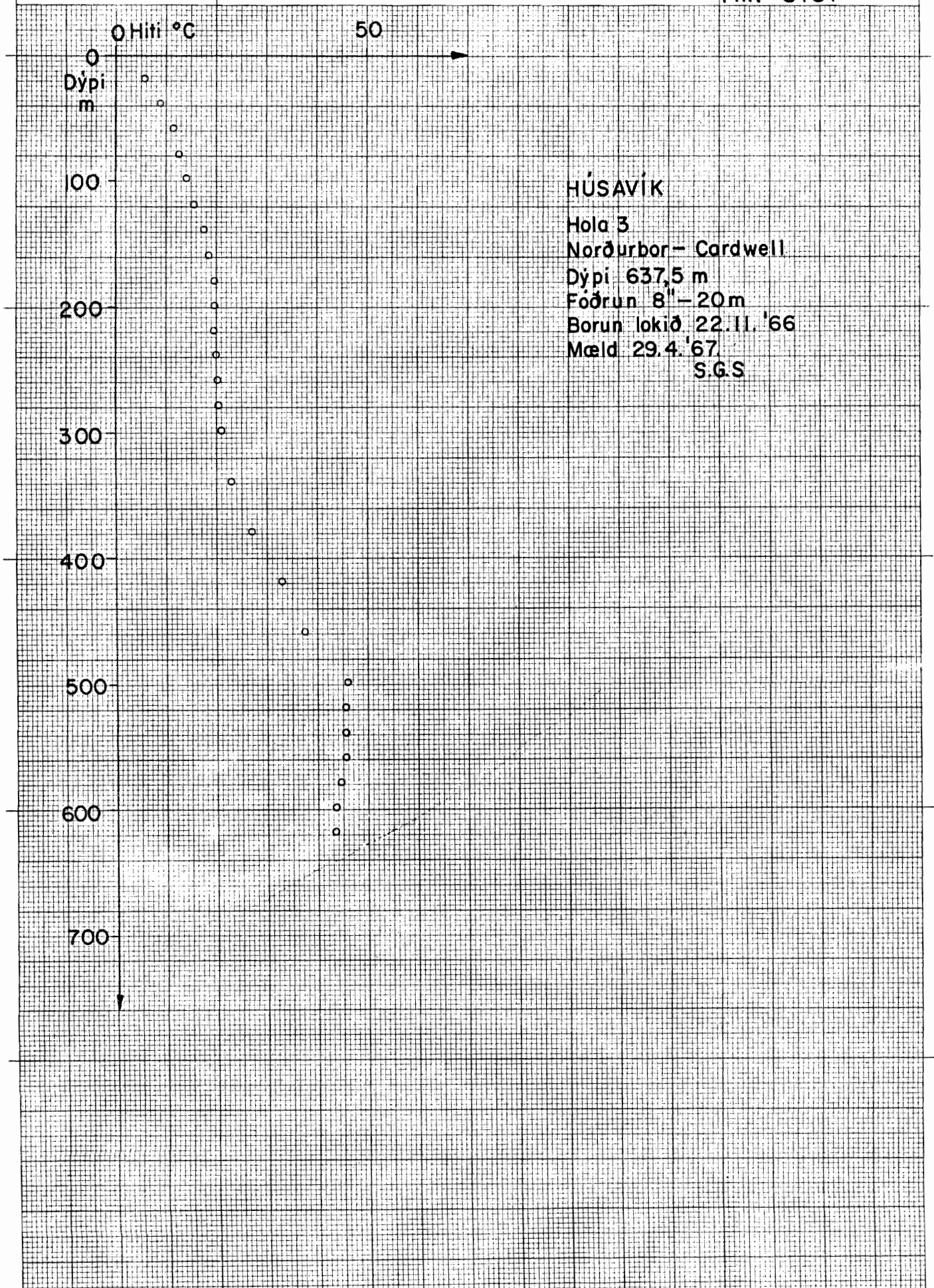
MI

RAFORKUMÁLASTJÓRI
 Jarðhitadeild.
 Hitamælingar í borholum.

4.9.'64 VS.
 Tnr. 383 Tnr. 23
 J-Hitam. J-Húsav.
 Fnr. 6814



Hitamælingar í borholum.



RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

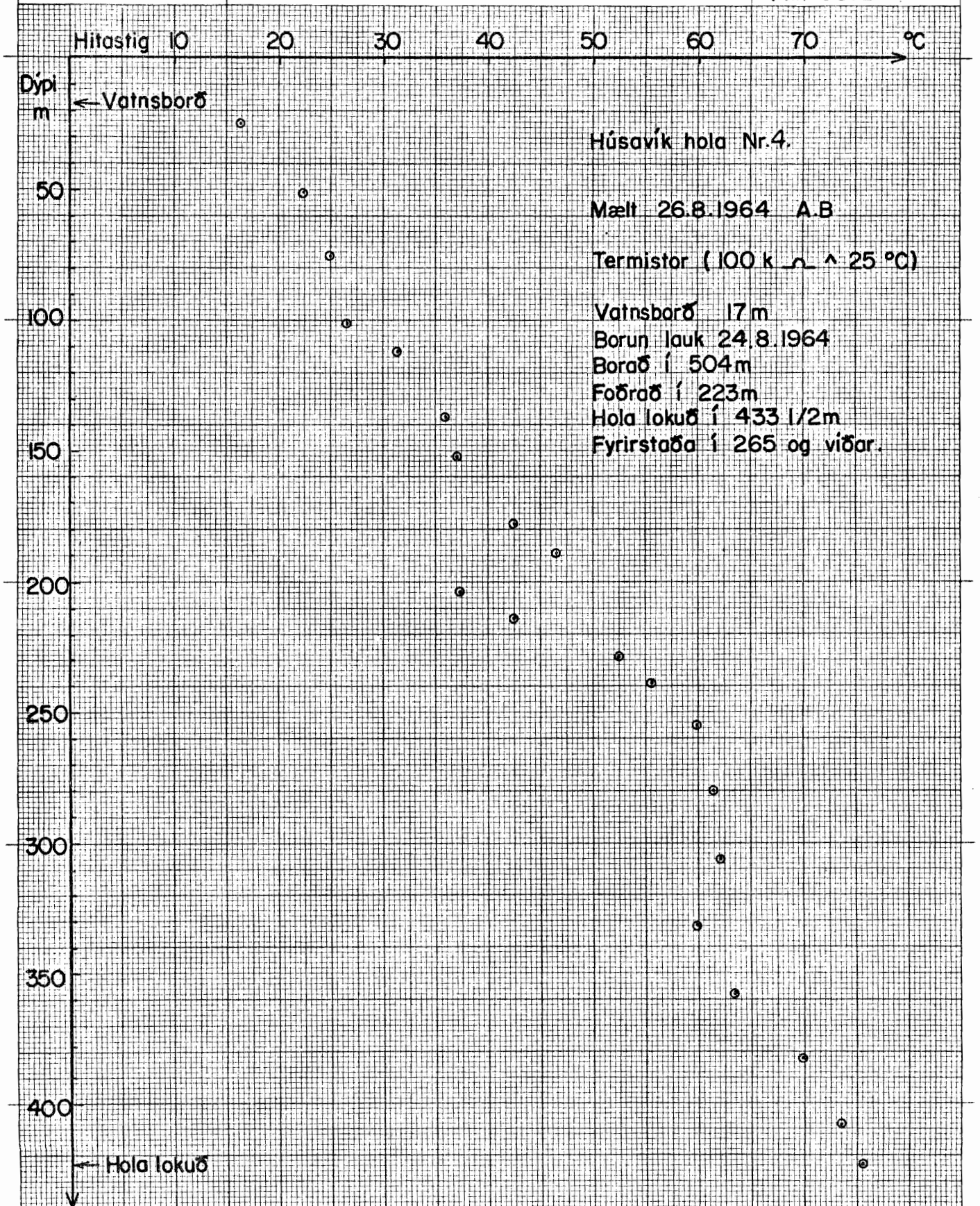
Hitamælingar í borholum.

4.9.'64 /VS

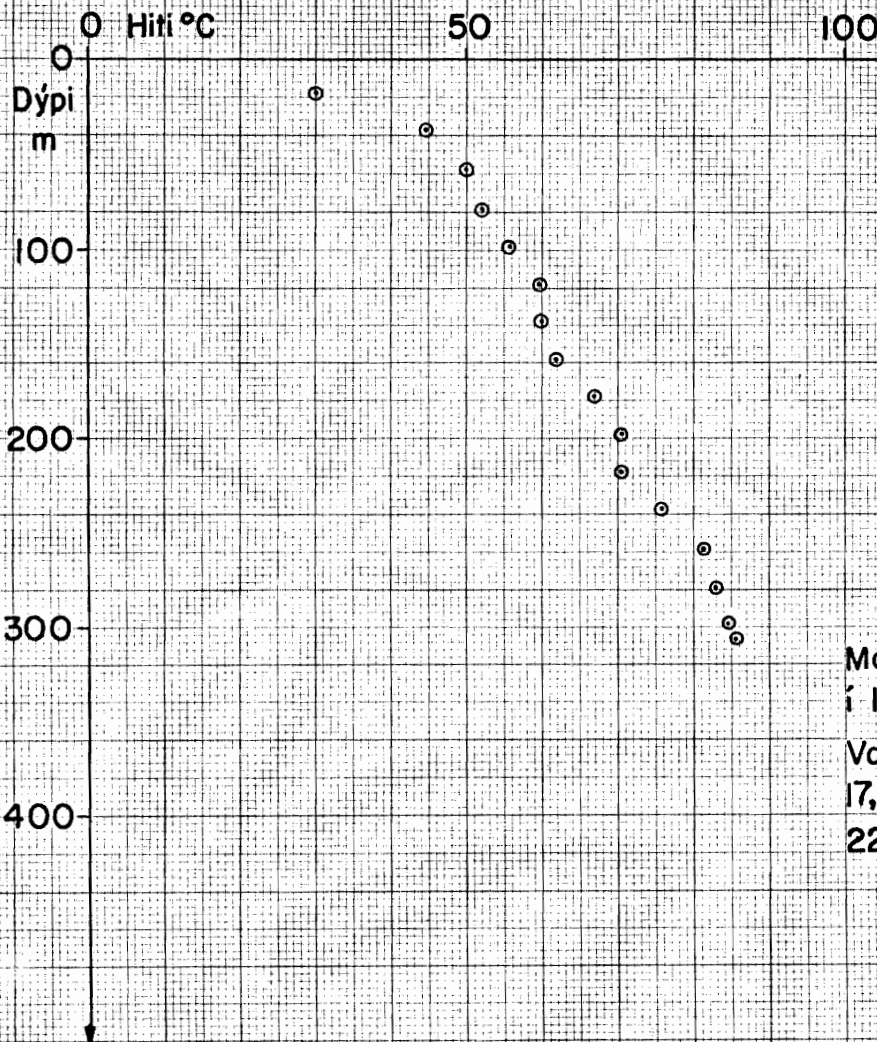
Tnr. 381 Tnr. 21

J-Hitam. J-Husav.

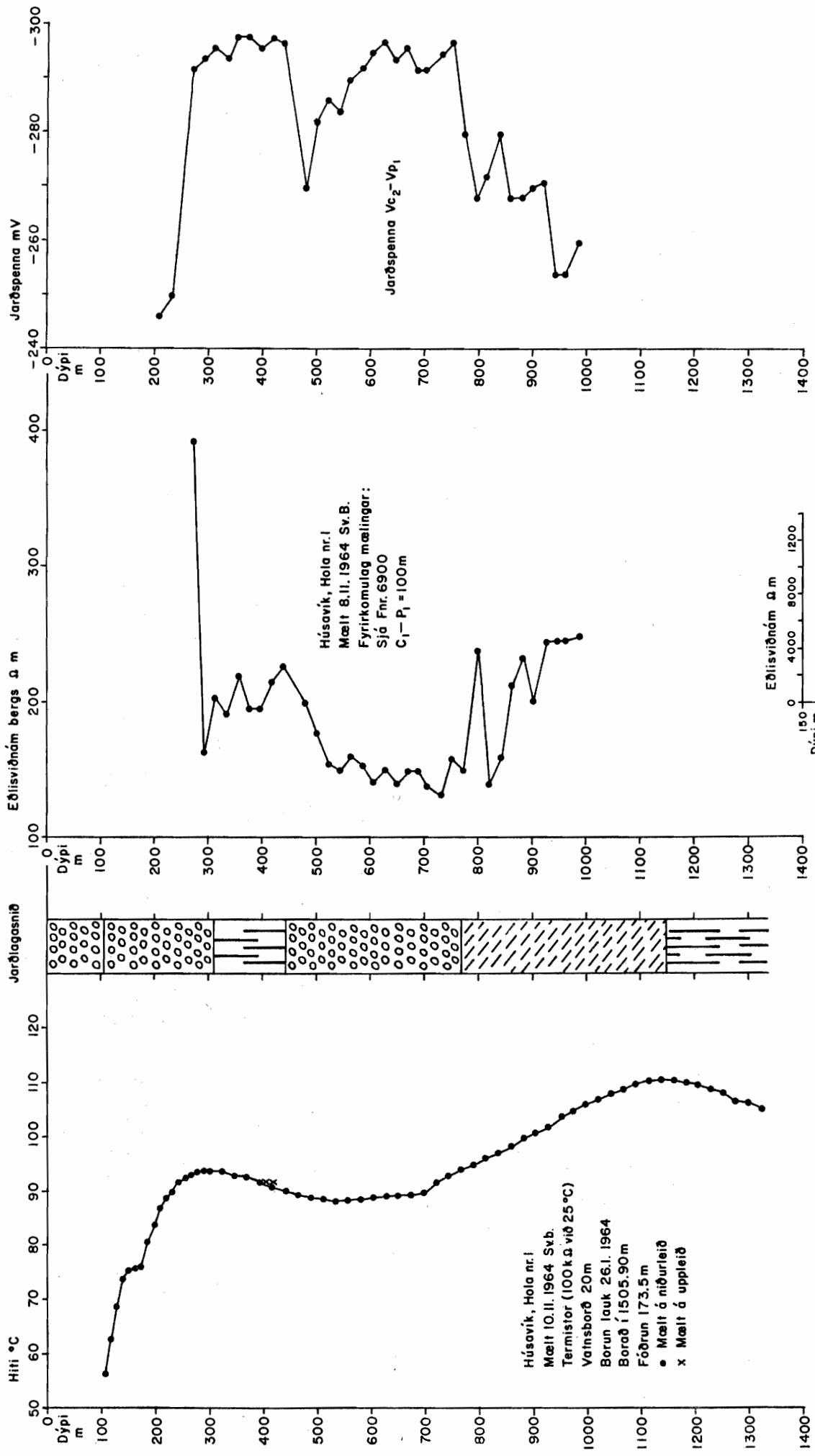
Fnr. 6812



Hitamælingar í borholum

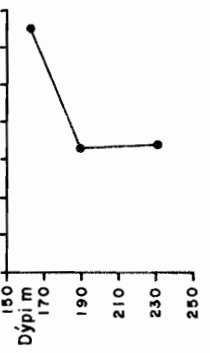


HÚSAVÍK
Hóla 4
Dýpi 504
Fóðrun 24 m
Borun lokið 21.8.64
Vatnsborð 12 m
Mæld sólahring eftir dælingu
í 18 tíma 5,5 l/sek.
Vatnsborð fyrir dælingu
17,2 m. Mesti niðurdráttur
22 m. 17.8. '66. S.G.S.

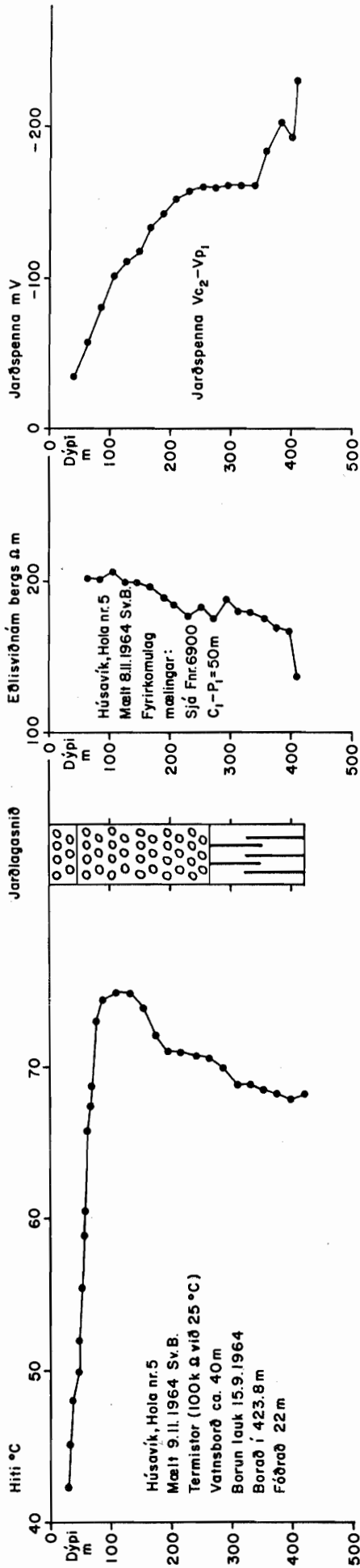
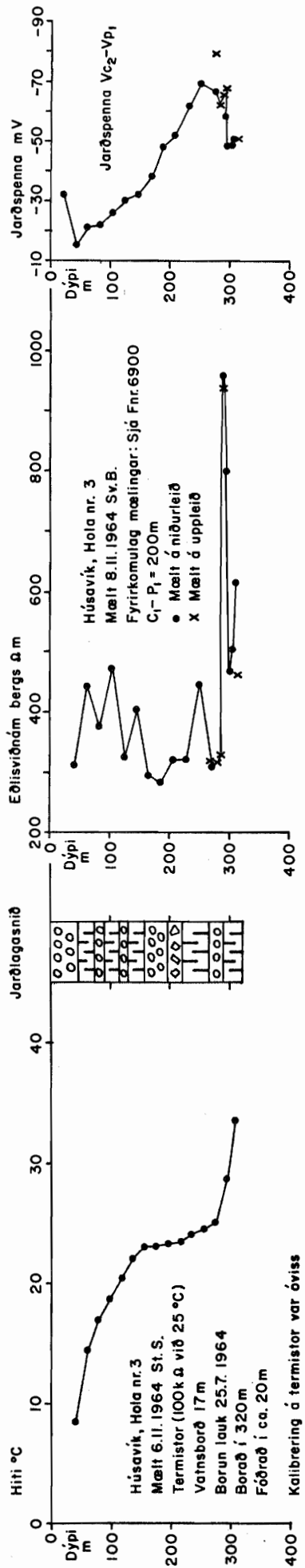


Skýringar á jarðfræðitáknum

- Basalt
- Set (Konglomerat)
- Zeolitiserað set



ORKUSTOFNUN Jarðhitadeild	
Húsavík - Hóla nr. I	
Hiti - Eðlisviðnám - Jarðspenna	
Nr. 24	Fnr. 6935
Merz 69 Sv. B / G. J. - Húsavík	



C ₁ -P ₁	ȳ
1.40	25.4
7.0	25.4
3.9	25.4
2.0	25.4
1.8	21.8
7.5	21.8

Á 126 m dýpi voru áhrif fjarlægðarinnar C - P á mæliniðurstöður athuguð.

Skýringar á jarðfræðitáknum

- Basalt
- Se
- Breksía

Mynd 8.5

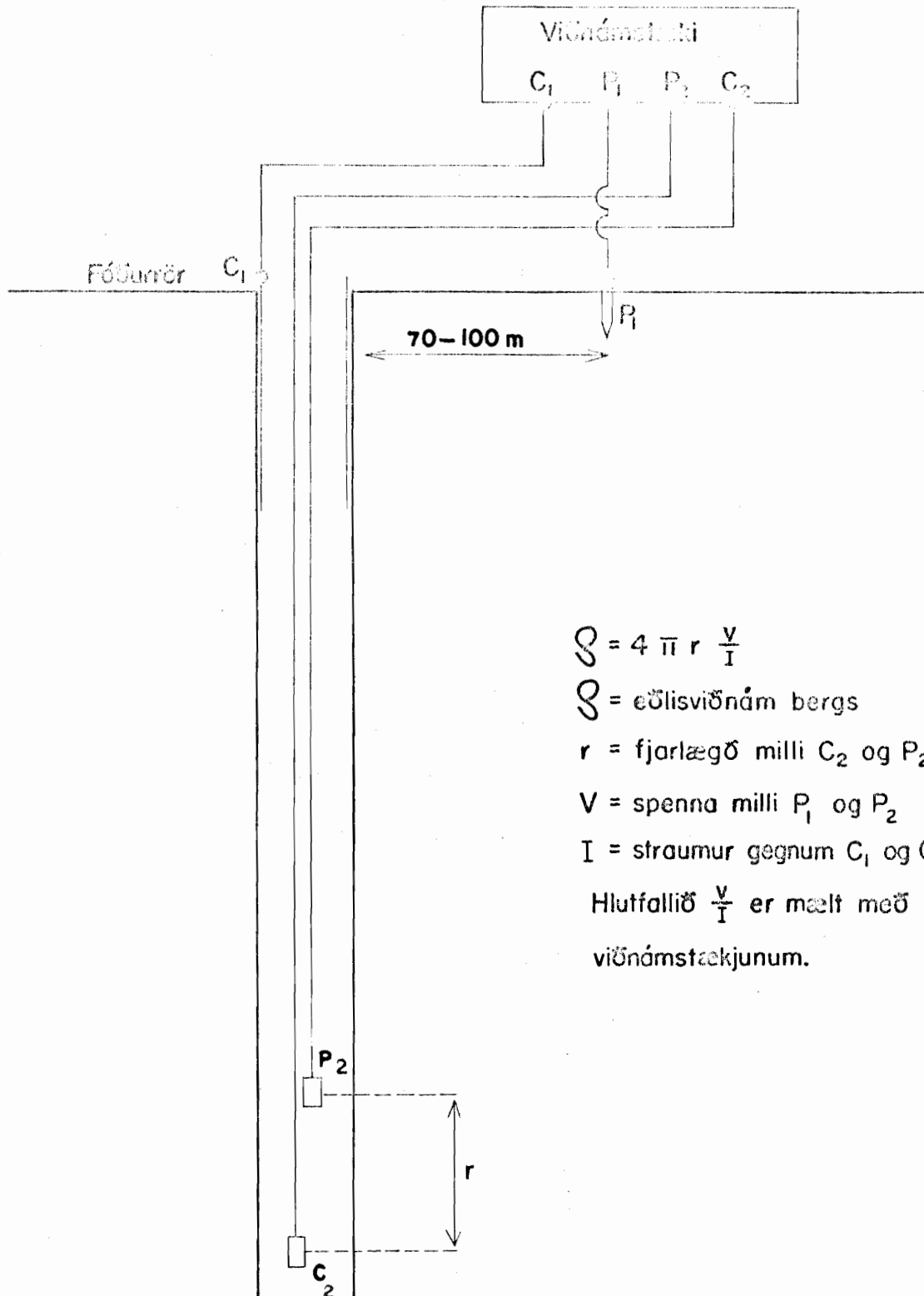
RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitædeild.
MÁLING Á EDLISVIÐNÁMI BERGS Í BORHOLU
MED TVEIMUR RAFSKAUTUM.

21.II. '64 G.P./erla

Tr. 516

J-Viðm.

Fnr. 6800



$$\mathcal{S} = 4 \pi r \frac{V}{I}$$

\mathcal{S} = eðlisviðnám bergs

r = fjarlægð milli C_2 og P_2

V = spenna milli P_1 og P_2

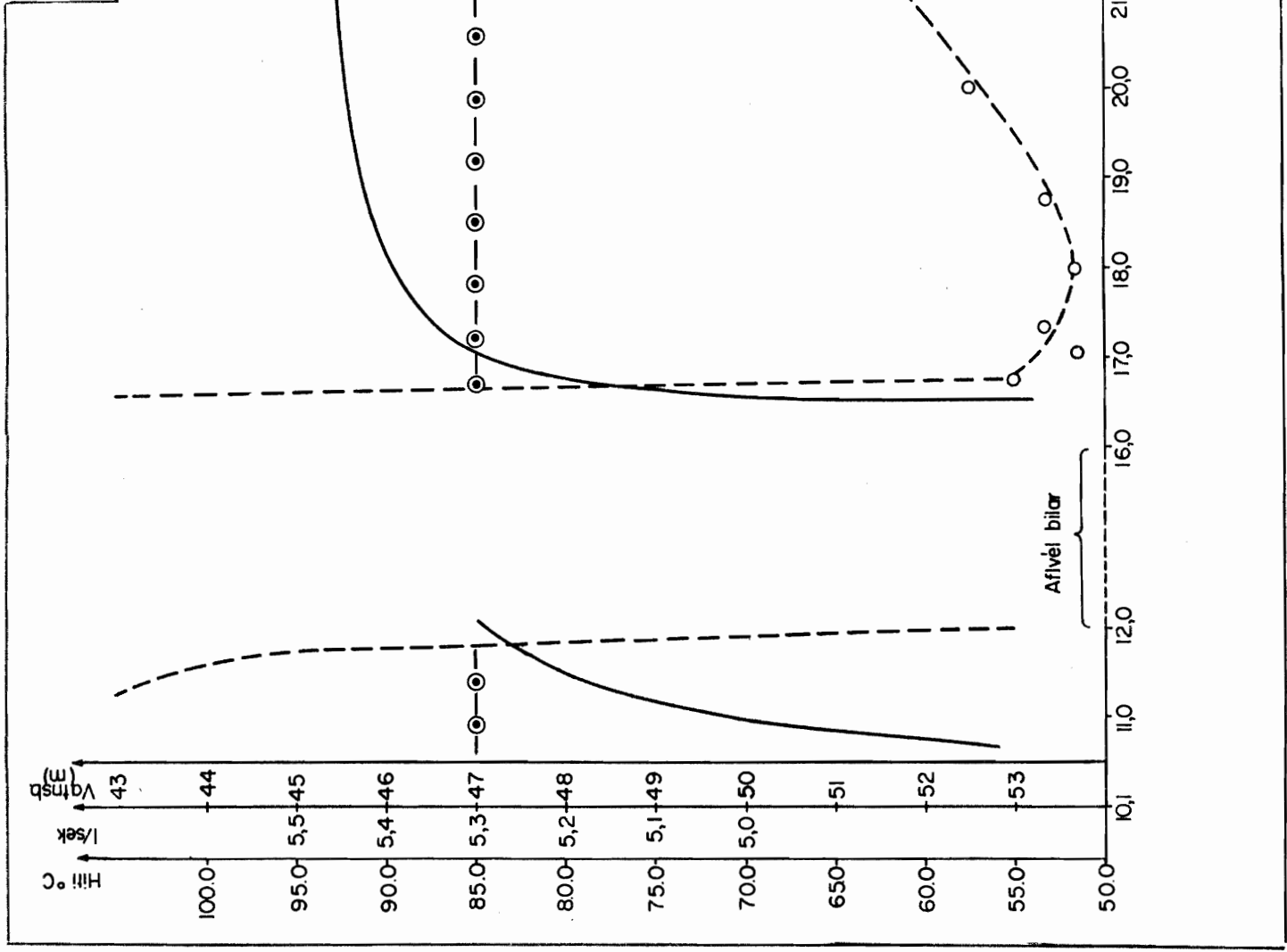
I = straumur gegnum C_1 og C_2

Hlutfallið $\frac{V}{I}$ er mælt með

viðnámstækjunum.

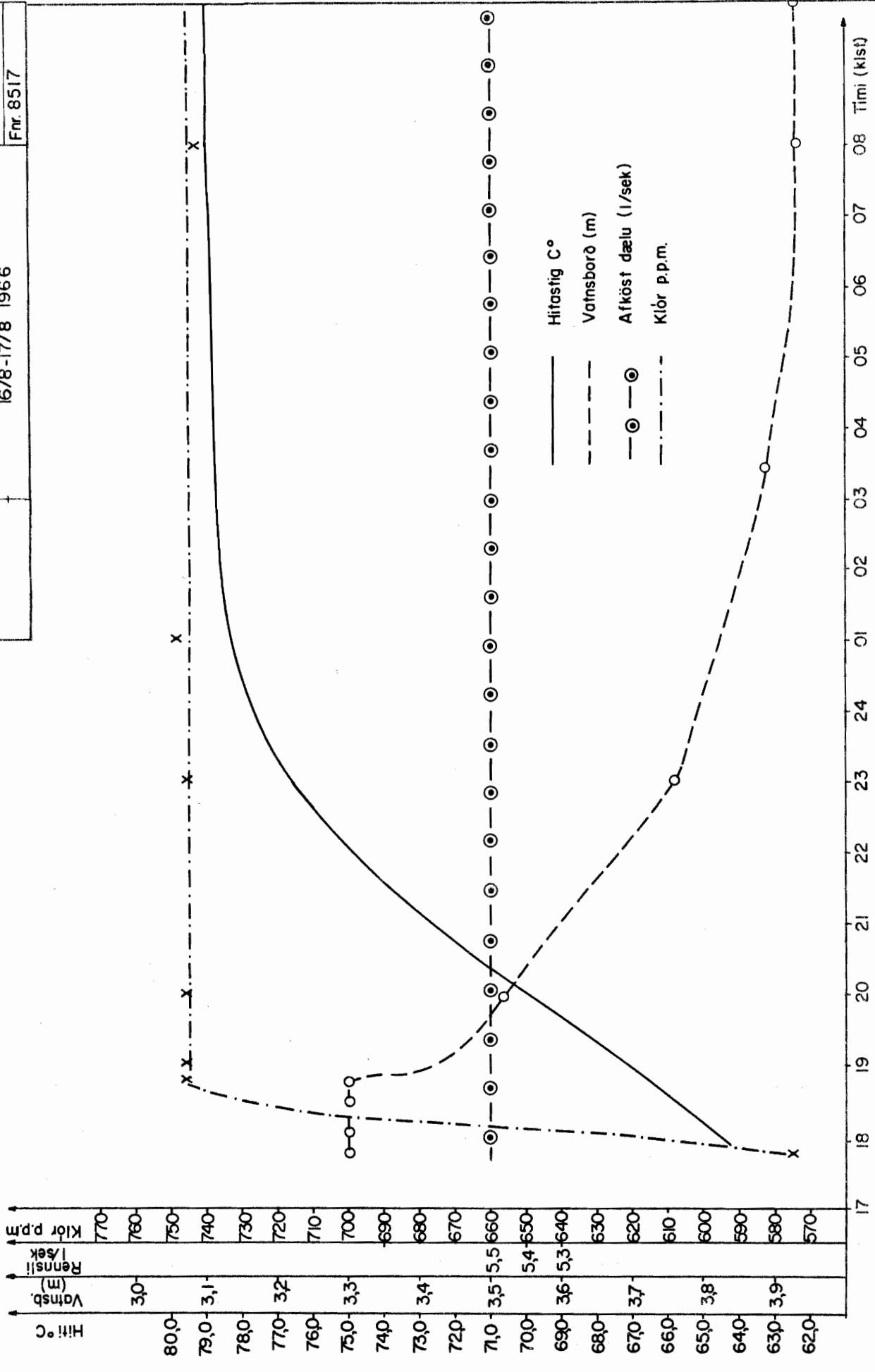
26.7'68 JT/IBF/OML
 Tnr. 38
 J-Húsavík
 Fnr. 8516

ORKUSTOFNUN
 Dæling á Húsavík, hola I
 1/4 - 2/4 1966



IS.8168 JT/IBF/OM
 Tnr. 39
 J- Húsavík
 Fnr. 8517

ORKUSTOFNUN
 Dæling á Húsavík, hola IV
 16/8-17/8 1966



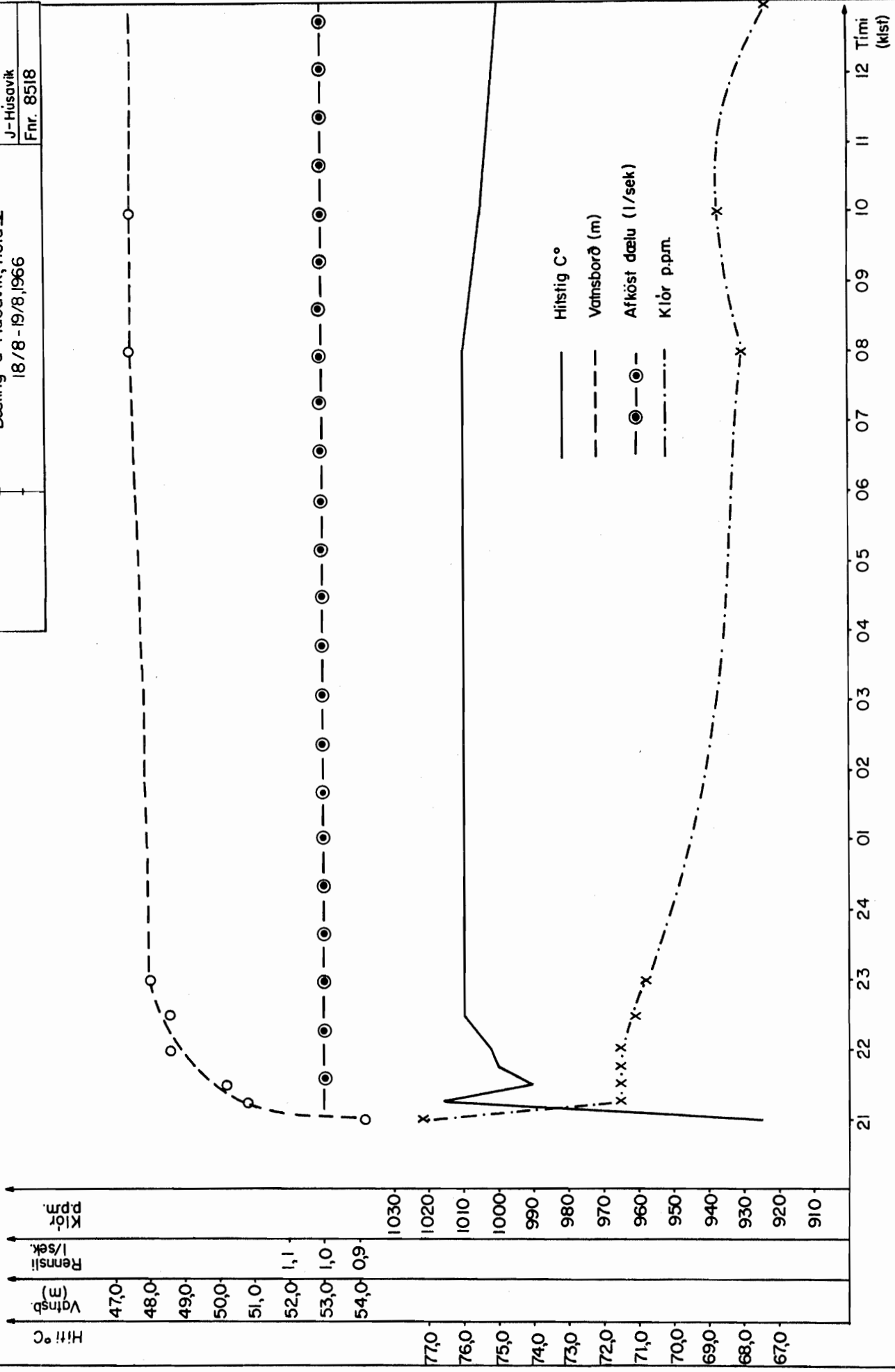
Hitastig C°
 Vatnsb. (m)
 Rennsl. (l/sek)
 Klór p.p.m.

Hitastig C°
 Vatnsborð (m)
 Afköst dælu (l/sek)
 Klór p.p.m.

17 18 19 20 21 22 23 24 01 02 03 04 05 06 07 08 Tími (klist)

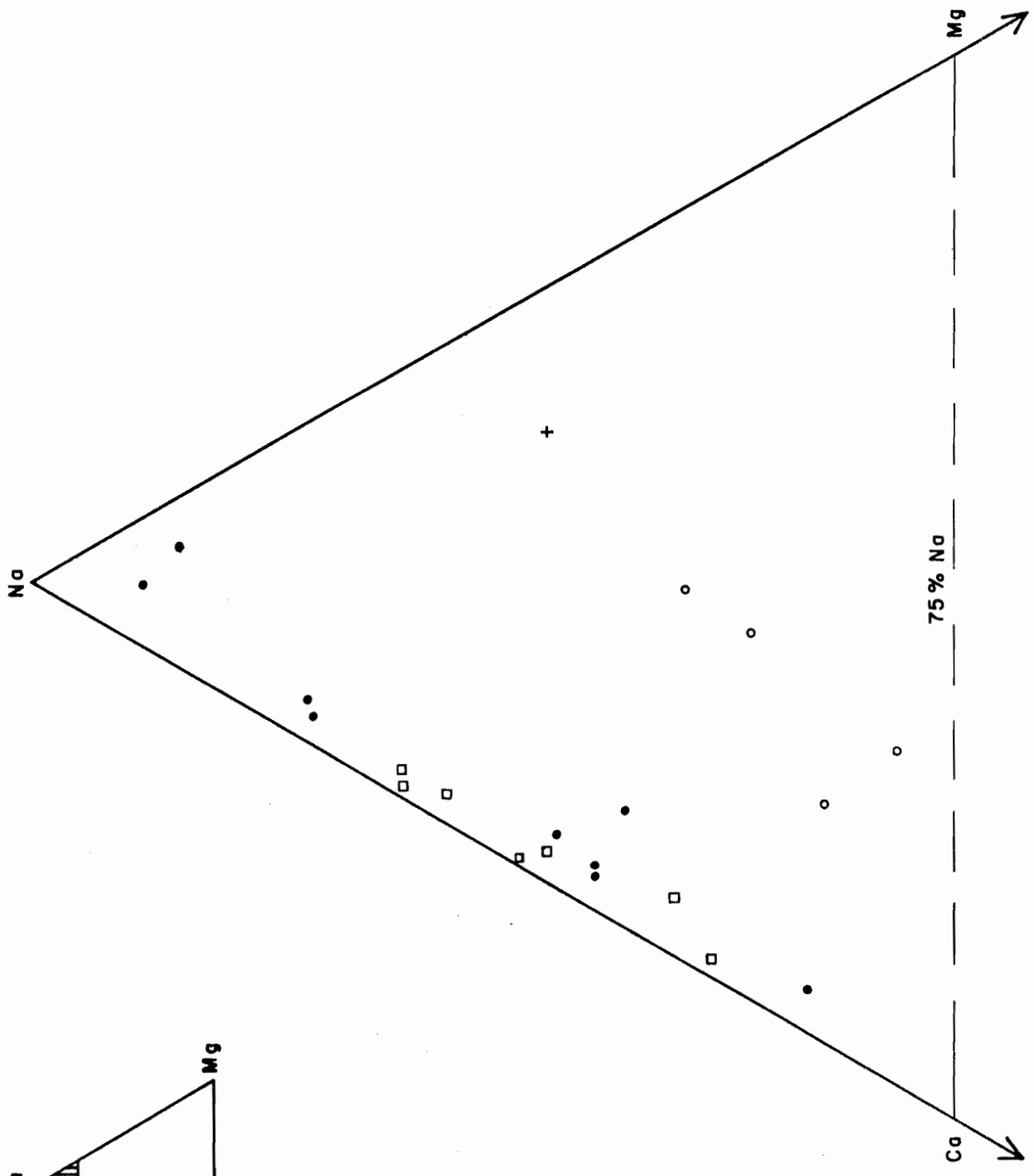
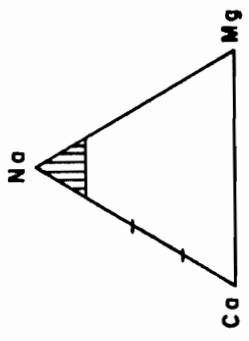
19. 8'68 J.T./I.B.F.O.M.
 Tnr. 40
 J-Húsavík
 Fnr. 8518

ORKUSTOFNUN
 Dæling á Húsavík, hola V
 18/8 - 19/8, 1966



20.3. 67 J.T. / I.S.
 Tnr. 155 Tnr. II
 J-Ym. J-Vestm.
 Fnr. 7857

RAFORKUMÁLASTJÓRI
 Jarðhitadeild
 Dreifing Na, Ca og Mg í íslensku setvatni

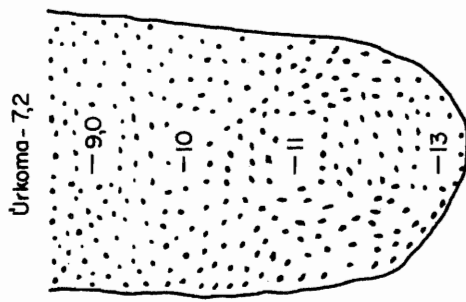
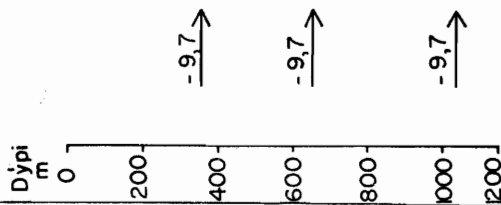


SKÝRINGAR:

- + Sjóir
- Húsovík
- Vestmannaeyjar
- Aðrir staðir

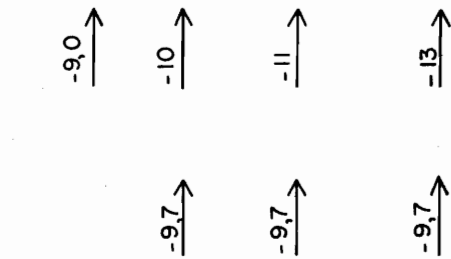
Skematisk mynd af grunnvatnsstreymi á Húsavíkursvæðinu

Model I



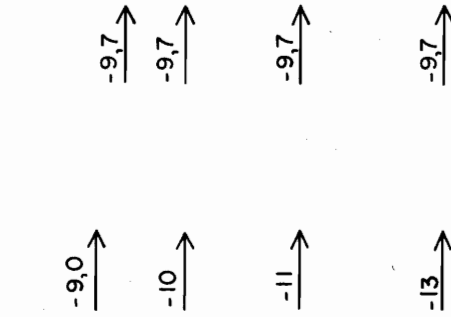
I setunum er staðnað vatn með mismunandi aldri og mismunandi δ -gildi en fyrir utan setin er grunnvatn með δ -gildi -9,7

Model II



Að setunum sitreymir vatn með mismunandi δ -gildi vegna þess að vatnstraumarnir eru mislangt að kornir og þeir breytast ekkert í setunum

Model III



Að setunum streymir vatn með sama δ -gildi -9,7 en δ -gildið lækkar í setunum svo að frá streymir vatn með mismunandi δ -gildi.



Set



S

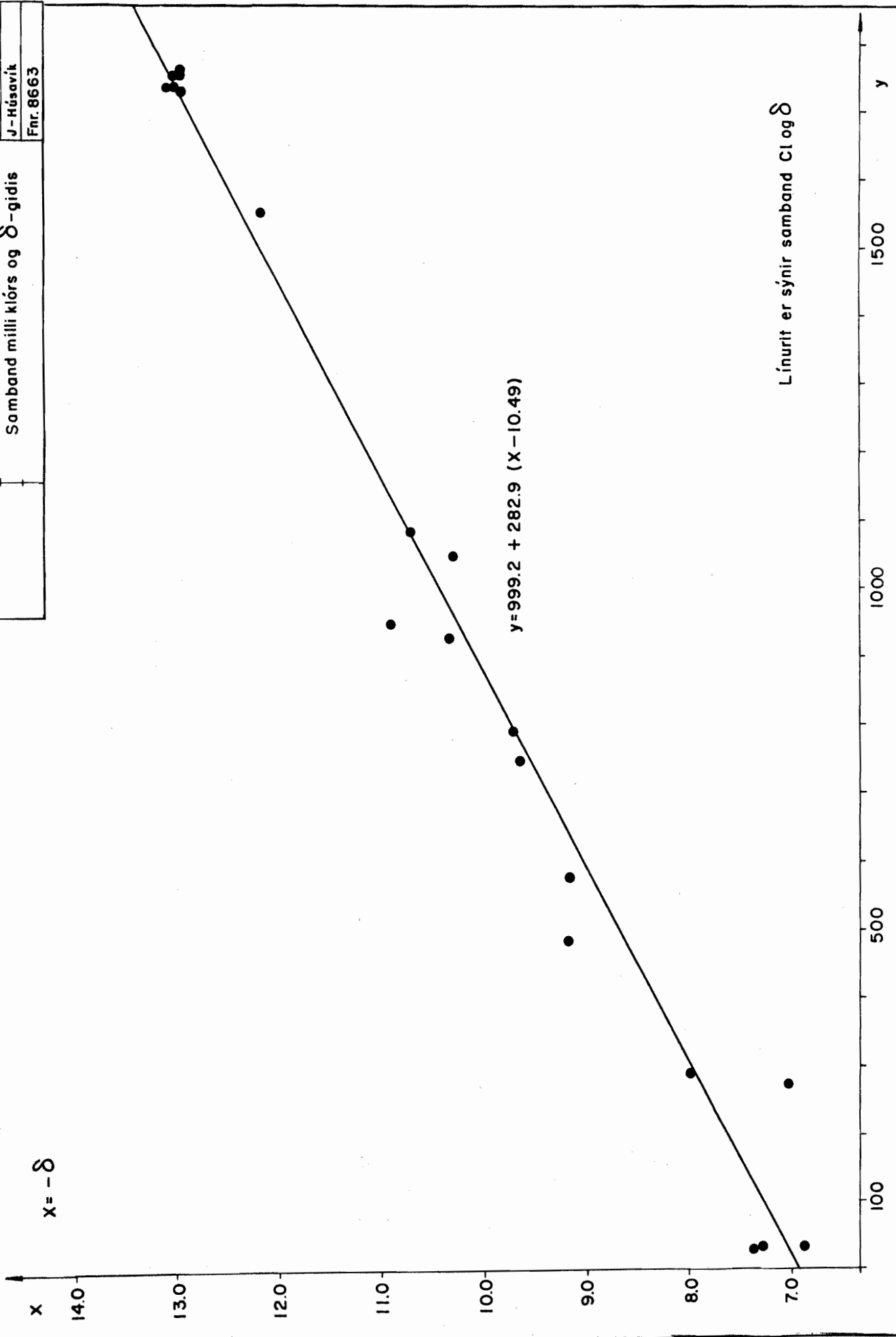
N Vatnsæð

(-9) sýnir δ -gildi viðkomandi vatnsæðar

ORKUSTOFNUN	
JÁRFRITADEILB	
SKEMATISK MYND AF GRUNNVATNSSTREYMI	
KRÍNGUM HÚSAVIK	
5.1'68	J.T./O.M. Tr. 36
J. Húsavík	Fnr. 8257

ORKUSTOFNUN
 Jarðhitadeild
 Samband milli klórs og δ -gildis

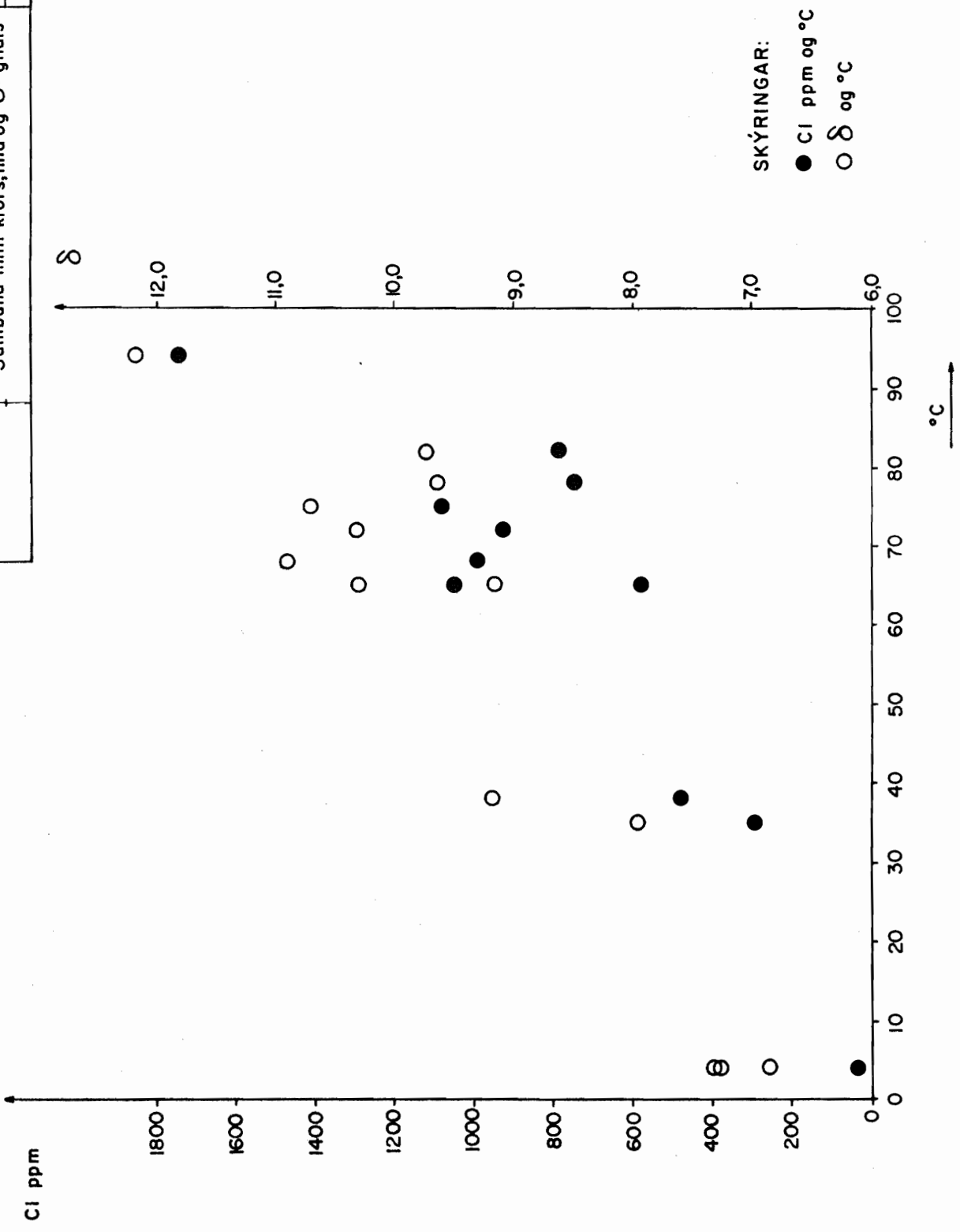
22.1.'69 JT/Gyða
 Tnr. 23
 J-Húsavík
 Fnr. 8663



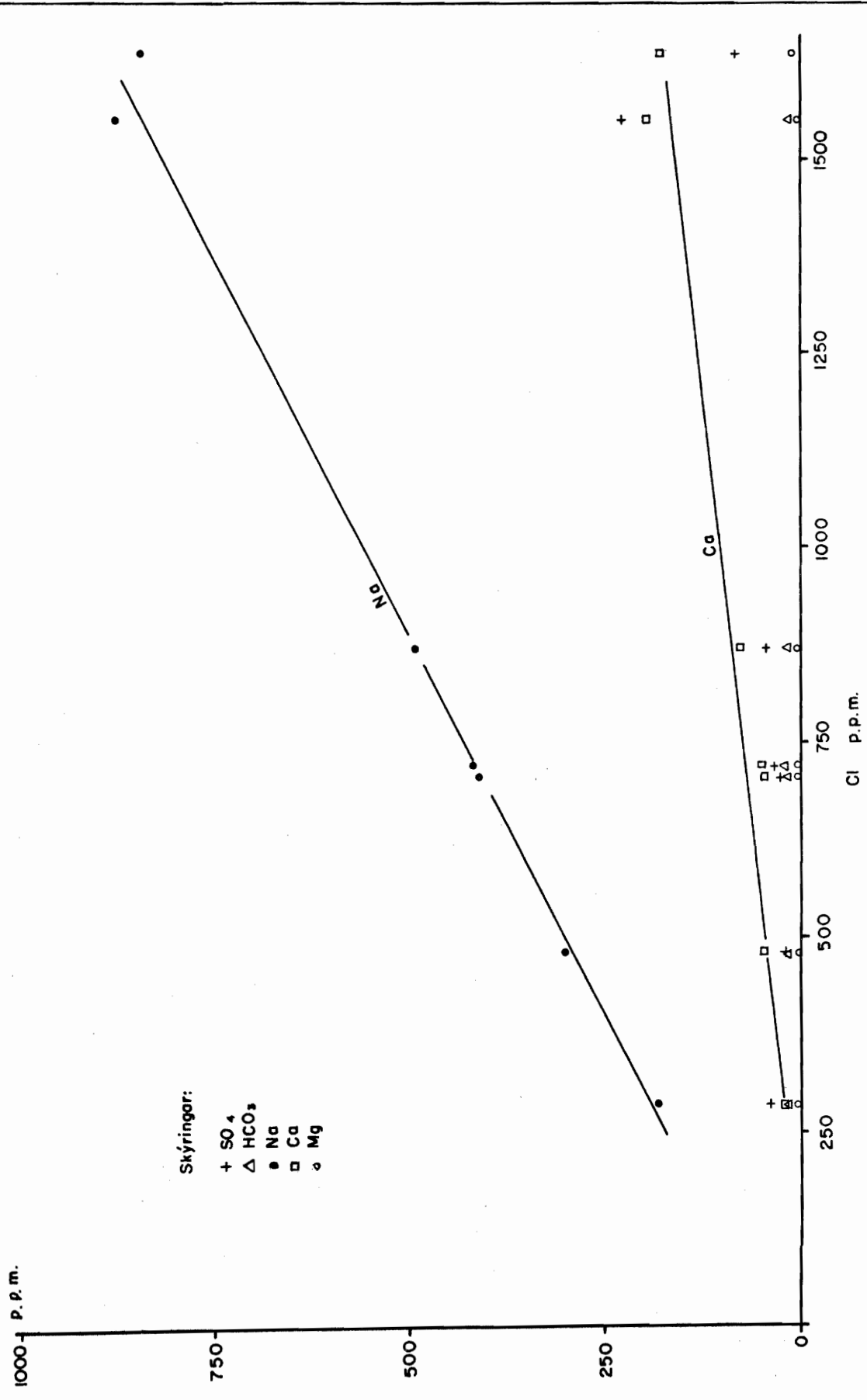
26.7'68 J.T./L.B.F./O.M.
 Tnr. 41
 J.-Húsvík
 Fnr 8519

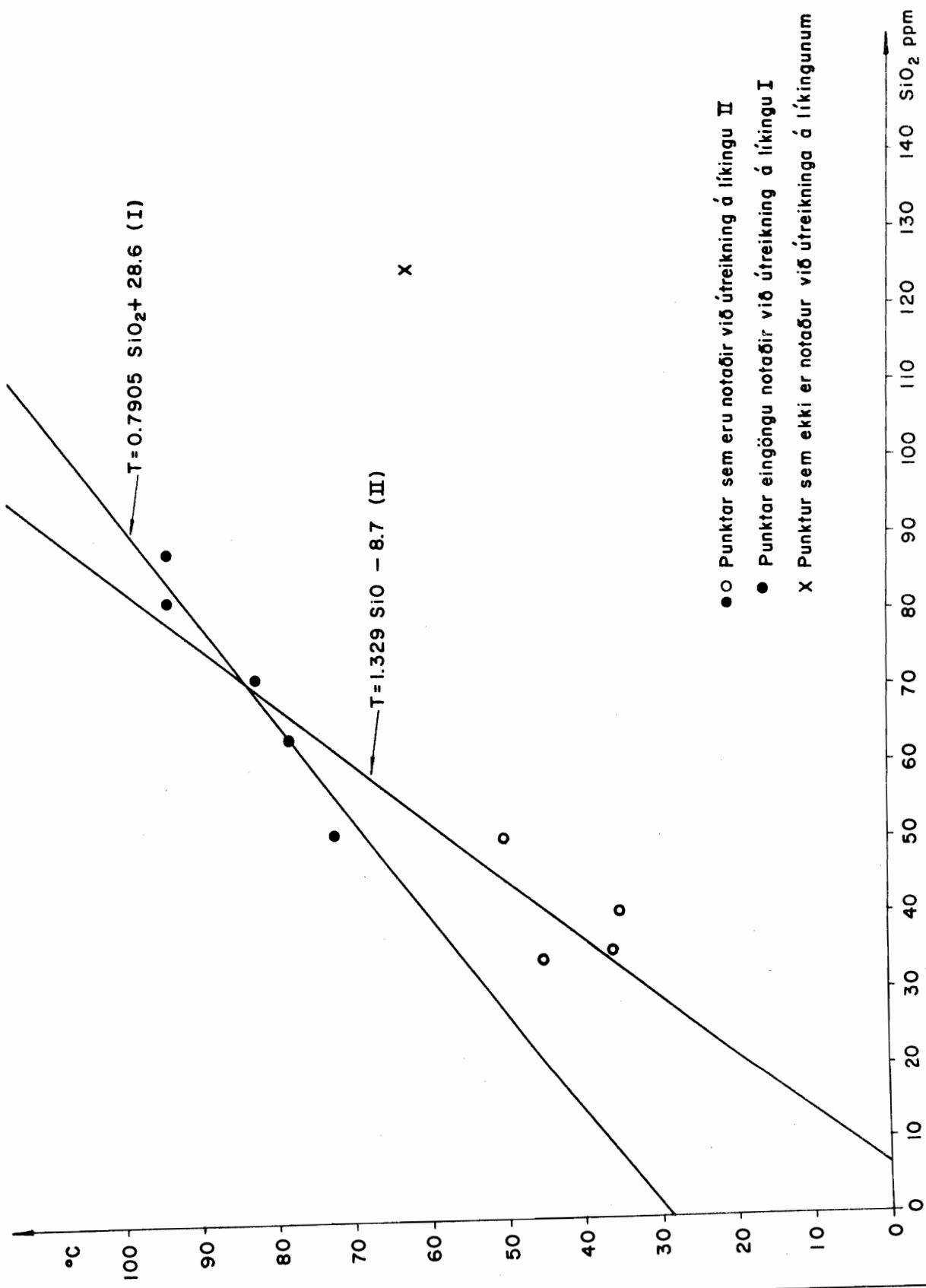
ORKUSTOFNUN
 Jarðhitadælic

Samband milli klórs, hita og δ -gildis



ORKUSTFNUN
 Jarðhitadeild
 Sambnd milli Cl og SO₄
 HCO₃, Na, Ca og Mg
 3.4.67 J.T./ P.
 Tnr. 34 Tnr. 163
 J-Húsov. J-Ým
 Fnr. 7883





- Punktur sem eru notaðir við útreikning á líkingu II
- Punktur eingöngu notaðir við útreikning á líkingu I
- X Punktur sem ekki er notaður við útreikninga á líkingunum