

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

JARÐHITARANNSÓKNIR OG BORANIR Í SKÚTUDAL
VIÐ SIGLUFJÖRÐ 1975.

Axel Björnsson
Ragna Karlsdóttir
Kristján Sæmundsson
Haukur Jóhannesson

Efnisyfirlit.

0. Ágrip
1. Inngangur, fyrri rannsóknir
2. Viðnáms- og segulmælingar
3. Borun holu 7 í Skútudal
 - 3.1 Staðsetning, tilgangur
 - 3.2 Jarðlög, vatnsæðar, pökkun
 - 3.3 Hitamælingar
 - 3.4 Prufudæling
4. Niðurstöður og tillögur um áframhaldandi vatnsöflun.

Myndir og kort.

1. Staðsetning borhola	Fnr. 13879
2. Staðsetning viðnámsmælinga	" 13741
3. Viðnámsennið	" 13742
4. Hitaferlar í holum 2-6	" 13876
5. Hitaferlar í holu 7	" 13877
6. Gangur borunar holu 7	" 13878
7. Jarðlagasnið og borhraði í holu 7	" 13875

Viðauki.

Viðnámsmælingar.

0. ÁGRIP

Að ósk bæjarstjórnar Siglufjarðar framkvæmdi Jarðhita-deild Orkustofnunar jarðhitaleit í grennd við kaupstaðinn sumarið 1975. Benda niðurstöður hennar til, að vænlegast sé að bora áfram eftir heitu vatni í Skútudal. Boruð var ein hola (hola 7) niður á 1150 m dýpi bæði í þeim tilgangi að fá víða vinnsluholu fyrir afkastamikla dælu og til þess að reyna að fá aukið vatn á meira dýpi. Sjálfrennsli af svæðinu jókst verulega við borun holunnar. Telja verður sennilegt að fá megi nægjanlegt vatn fyrir Siglufjarðar-kaupstað úr jarðhitasvæðinu í Skútudal með fleiri djúpum borholum og dælingu úr þeim.

1. INNGANGUR, FYRRI RANNSÓKNIR

Í landi Efri-Skútu í Skútudal við Siglufjörð voru nokkrar volgrur. Kom heita vatnið upp með berggangi og var náttúrulegt rennsli um 2 l/s, en hitastig á bilinu frá 20-45°C. Var fyrst gerð úttekt á þessu jarðhitasvæði með hitaveitu til handa Siglufjarðarkaupstað árið 1954 (1).

Boranir hófust á svæðinu árið 1964 og voru boraðar 6 holur fram til ársins 1972. Á meðfylgjandi töflu (sjá einnig mynd 1, Fnr. 13879 af staðsetningu holanna) er gefið yfirlit um þessar holur. Rennsli og vatnsborðsmæling holanna 1-6 er mælt í ágúst 1975, þ.e. fyrir borun holu 7. Við rennslismælingu þeirra er aðeins ein hola opin í senn og rennsli mælt í henni. Rennsli úr holu 7 er miðað við, að holur 5 og 6 séu opnar. Borframkvæmdum og árangri þeirra er lýst í þremur skýrslum Orkustofnunar frá árunum 1971 og 1973, sjá (2), (3) og (4). Þar er áætlað að fá megi af jarðhitasvæðinu um 15-20 l/s af 67°C heitu vatni með dælingu úr holu 6, og þyrfti niðurdráttur í holunni að vera um 120 m. Þetta er ekki nema um þriðjungur af því vatnsmagni, sem þyrfti til að hita öll hús í kaupstaðnum. Þó var talið hagkvæmt að nýta þetta vatn og var hafist handa við hönnun hitaveitu og lagningu heitavatsleiðslu til bæjarins.

YFIRLIT UM BORHOLUR Í SKÚTUDAL.

Hola	Vídd holu	borun lokið	dýpi m	fóðring	verknr. JBR	rennsli l/s vatnsborðm. (sjá texta)	hitamæld Ath.
1	86-66mm	09.07.64	101	86mm 6m	658	0,5 l/s	Stífla í 10m ?
2	4 3/4" 4 3/4"	17.09.64 31.08.70 dýpkun	294 394	12" 3m 8" 40m	2208 2110	2-3 l/s	21.08.75
3	4 3/4"	04.11.69	350,6	10" 1,5m	2208	-3m	23.08.75 Stífla í 59m
4	5 1/8" í 305m 4 3/4" í botn	17.08.70	423,7	10" 5m 8" 28m	2110	-0,1m	23.08.75
5	5 1/8"	27.08.71	293,7	14" í 3m 10" í 4,5m	2115	4-5 l/s	21.08.75 Stífla í 7,5m
6	5 1/8" 7 3/8" í 140m	22.10.71 24.08.72	591,5	10" í 5,8m 8" 56m	2115 2119	8-10 l/s	22.08.75
7	6 3/4"	07.11.75	1150	10" 144m	2431	14 l/s	18.12.75

Vegna aukins kostnaðar við húshitun með hækkingu olíu-verði voru jarðhitamál Siglufjarðar tekin til endurskoðunar í ársbyrjun 1975. Bæjarstjórn Siglufjarðar hafði samband við Orkustofnun, sem gerði yfirlit um hugsanlegar vatnsöflunarleiðir og frekari rannsóknir í þeim tilgangi (5). Helstu möguleikar á frekari öflun heits vatns voru taldir vera tveir. Annars vegar frekari borun í Skútudal og borun í hugsanlegt jarðhitakerfi nálægt bænum Hóli við Hólshyrnu hinsvegar. Lagt var til að framkvæmdar yrðu viðnáms- og segulmælingar við Hól og í Skútudal til frekari könnunar jarðhitasvæðanna. Þessar mælingar fóru fram sumarið 1975 og er greint frá niðurstöðum þeirra í kafla 2 þessarar skýrslu. Í kafla 3 er skýrt frá staðsetningu nýrrar holu í Skútudal, holu 7, og árangri af borun hennar. Kafli 4 greinir síðan frá æskilegum framhaldsrannsóknum og borunum.

2. VIÐNÁMSMÆLINGAR OG SEGULMÆLINGAR 1975

Viðnámsmælingar voru gerðar í Siglufirði sumarið 1975. Var tilgangurinn einkum sá, að athuga hvort jarðhita gætti annars staðar en innst í Skútudal. Norð-vestan í Hólshyrnu er kísilútfelling í mel. Lék forvitni á að vita, hvort þar reyndist jarðhiti, sem mælanlegur væri með viðnámsmælingum.

Gerðar voru 8 viðnámsmælingar, þar af 4 í Skútudal. Staðsetningu þeirra má sjá á mynd 2 (Fnr. 13741). Niðurstöður mælinganna má sjá á viðnámsniði á mynd 3 (Fnr. 13742), sem nær innan úr fjarðarbotni og út fyrir mynni Skútudals (snið AB) og síðan inn Skútudal (snið BC).

Snið AB:

Á efstu 100-150 metrunum í þessum fjórum viðnámsmælingum kemur fram lag með ca. 300-600 Ω m viðnámi. Þar fyrir neðan lækkar viðnámið í ¹⁰⁰⁻²⁵⁰ 250-350 Ω m, sem virðist vera viðnám í köldu bergi á þessu svæði. Mælingin SI-4, sem hefur miðju

um 100 metra frá kísilútfellingunni í Hólshyrnu, sýnir viðnám í samræmi við hinar mælingarnar. Viðnámið bendir ekki til þess, að þar sé jarðhita að vænta í nokkru magni.

Snið BC:

Sniðið er lagt í stefnu dalsins. Innst í dalnum er jarðhitasvæði og hefur mæling SI-6 svo og eldri mæling D1, miðju rétt við jarðhitann. SI-6 sýnir 70 Ω m viðnám á efstu 100 metrunum, en síðan tekur við um 100 metra þykkt viðnámslag með háu viðnámi. Neðan við það er svo 70-80 Ω m lag. Er greinilegt að þetta viðnám þýðir jarðhita á þessu svæði. Mæling SI-7 stendur um 1 km utar í dalnum. Sú mæling er öll há og sýnir 110 Ω m viðnám í botnlagi. Þetta er að vísu heldur lægra botnviðnám en í öðrum mælingum utan jarðhitasvæðisins, og gæti verið velgja í útjaðri jarðhitans. Mæling SI-2, sem er um 1200 m utan við jarðhitann sýnir viðnámsfall í botni. Þrennt gæti komið til greina, sem orsök þessarar lækkunar: a) jarðhiti á meira dýpi en innar í dalnum; b) syðri straumarmur kominn út yfir jarðhitasvæðið; c) nyrðri straumarmur kominn út á eyrar, sem ganga út í sjó. Trúlegt er að slíkar eyrar innihaldi sjó í einhverjum mæli og viðnámslækkunin sé þá vegna seltunnar. Til þess að ganga úr skugga um þetta var lögð stutt mæling SI-8 utar í dalnum í stefnu SI-2. Þegar nyrðri straumarmur SI-8 náði út á sjávarreyrarnar féll viðnámið í samræmi við viðnámsfallið í SI-2. Þykir því sýnt að viðnámslækkunin sé vegna seltunnar og að jarðhitasvæðið sé aðeins bundið við vel afmarkað svæði innst í dalnum.

Með segulmælingum fundust gangar innst í Skútudal og er uppstreymi heita vatnsins greinilega tengt þeim. Lega þeirra var rakin með segulmælingum. Mælingar voru einnig gerðar við Hólshyrnu, til að athuga hvort gangakerfi fyndist, sem líklega stæði í sambandi við útfellingasvæðið. Niðurstöður mælinga gáfu ekki til kynna slíkt samband.

3. BORUN HOLU 7 Í SKÚTUDAL

3,1 Staðsetning, tilgangur.

Við mat á hinum ýmsu möguleikum til öflunar aukins vatns fyrir hitaveitu Siglufjarðar kom í ljós, að vænlegast til árangurs væri að bora nýja djúpa holu á jarðhitasvæðinu í Skútudal. Ómögulegt reyndist að fá nógu afkastamikla dælu í holu 6, svo einnig af þeirri ástæðu var nauðsynlegt að bora víðari holu, sem koma mætti í 8" dælu, ef ná ætti þeim 15-20 l/s, sem áætlað hafði verið að fá mætti af svæðinu. Í ágúst 1975 var ákveðið að bora allt að 1200 m djúpa borholu í Skútudal með jarðbor Orkustofnunar, Glaum (Wabco). Holan var staðsett dagana 23. og 24. ágúst. Við staðsetningu holunnar voru einkum eftirtalin atriði höfð í huga:

- 1) Bora holu, nógu víða fyrir 8" dælu, sem ná mætti úr öllu því vatni, er nú rennur úr holum á staðnum. Engin eldri holanna er þannig frágengin, að setja megí í hana afkastamikla dælu.
- 2) Reyna að fá meira og heitara vatn en nú rennur til yfirborðs, en til þess þyrfti að bora dýpra en áður, eða a.m.k. eins djúpt og Glaumur nær, þ.e. 1200 m.

Jarðlögum við Siglufjörð hallar líklega um 6° til vest-suð-vesturs. Ríkjandi gangastefna í Skútudal er um 12° til vesturs frá norðri réttvísandi, og er halli þeirra víðast austlægur frá 3-9° í árfarvegi í Skútudal. Þó er halli gangs þess, er vatnið virðist koma upp með, um 15°, þar sem sést í hann í gilinu vestan við holurnar. Séu vatnsæðarnar í holum 2, 5 og 6 á því dýpi, sem þær skera ganginn á, benda hitalínurit og skoltöp í borun til þess að halli gangsins sé um 10°. Til dæmis kólnar hola 6 í 300 m rétt neðan við vatnsæð, en sú hola er 57 m frá ganginum ($\arctg \frac{57}{300} \approx 11^\circ$), sjá mynd 4 (Fnr. 13876), er sýnir hitaferla í eldri holum og staðsetningu holanna á mynd 1 (Fnr. 13879). Með þetta í huga þótti rétt að staðsetja nýja holu lengra frá ganginum til

austurs og skera hann á meira dýpi. En þar sem enn er óljóst, hvort aðrennsli heita vatnsins að ganginum á miklu dýpi er frekar að austan eða vestan og einnig vegna óvissu í ákvörðun á halla hans þótti rétt að fara ekki of langt frá honum. Holan var því staðsett um 90-100 m frá ganginum og ætti að skera hann á um það bil 500 m dýpi. Líklegt þótti, að þannig mætti fá í eina holu megnið af vatni því, er nú rennur til yfirborðs úr eldri holum. Einnig fengist úr því skorið með 1200 m djúpri holu á þessum stað, hvort vatn leitar að ganginum úr vestri á miklu dýpi, en vissar líkur benda til þess. T.d. bendir hitastigull í holu 4 til 70° hita á 600 m dýpi.

Við segulmælingar kom fram annar gangur með veikari segulmögnun nálægt holum 5 og 6, en hann virðist ekki vera beint tengdur jarðhitnum eins og vestari gangurinn. Mikið er af berggöngum í Hólshyrnu austanverðri og má búast við því að á meira dýpi sé jarðhitinn tengdur heilu gangakerfi, þó heitt vatn virðist ekki koma upp á yfirborð nema meðfram einum einstökum gangi.

3.2 Jarðlög, vatnsæðar, þökkun.

Borun holu 7 í Skútudal hófst þann 11. september 1975 og lauk þann 7. nóvember. Alls tók borunin 49 verkdaga og var unnið á vöktum allan sólarhringinn. Borholan er 1150,7 m djúp og er gangur borunarinnar sýndur á mynd 6 (Fnr. 13878). Borað var með 381 mm (15") krónu í 6,4 m og fóðrað með 356 mm (14") fóðurröri. Þá var borað með 311 mm (12 1/4") krónu niður í 143,7 m og fóðrað með 254 mm (10") fóðurröri. Loks var borað með 171 mm (6 3/4") krónu í 1150,7 m.

Vatnsæðar fundust í borun í 170-175 m og í 184-189 m. Þessar æðar höfðu samgang við holu 5. Vatnsæð fannst í 516-518 m og hélt rennslið áfram að aukast niður í 537 m, og var þá rennsli úr holunni orðið 11 l/sek. Enn jókst rennslið í 560 m dýpi í 15-17 l/sek. Holan hafði samgang

við holur 5 og 6 og jókst rennsli úr þeim jafnframt. Hést rennsli úr holu 7 nokkuð stöðugt 13 l/sek, eftir að holur 5 og 6 voru opnaðar. Engar frekari æðar fundust í borun í holu 7, en á hitamælingum komu fram æðar í 830 m og 1070 m og e.t.v. fleiri smáæðar á bilinu 750-950 m. Alls mun sjálfrennsli af svæðinu hafa aukist úr 11 l/sek í um 20 l/sek við borun holu 7.

Í lok borunar var holan pökkuð í 268 m og 617 m. Fyrst var pakkað í 617 m dýpi. Þar var dælt 16-17 l/sek niður fyrir pakkarann undir 53-56 kg/cm² þrýsting í sex og hálf klukkustund án þess að þrýstingur lækkaði. Tilgangurinn var að þrýsta á æðar neðan við aðalæðina í 560 m.

Holan var hitamæld strax að pökkun lokinni. Smávægileg kæling kom í ljós og enginn áberandi kælipunktur. Virðist af því að nánast allt vatnið, sem dælt var niður í pökkuninni, hafi farið út í æðina á bilinu 750-950 m, en lítið sem ekkert út í 1070 m æðina. Þegar hitamælingin er gerð 6 klst eftir pökkun streymir vatn (e.t.v. 1 l/sek eða þar um bil) upp holuna úr 1070 m æðinni án þess að teljandi áhrif komi fram á bilinu 750-950 m þar sem pökkunarvatnið fór út úr holunni.

Aftur var pakkað í 268 m. Í byrjun lokaðist alveg fyrir rennslið upp holuna en eftir ca. 1/2 klst. var komið rennsli, sem var 6-6,5 l/sek af 20-22°C heitu vatni og hést það þar til pökkun lauk. Pakkað var í 3 klst. og dælt öllu, sem dælan afkastaði. Þrýstingur fór aðeins í 4 kg/cm².

Sjálfrennsli jókst ekki við pökkunina, en ljóst er af henni, að allsæmilegar æðar eru í holunni neðan við 617 m, sem gætu gefið aukið rennsli þegar dregið verður niður í holunni með djúpdælu.

Á mynd 7 (Fnr. 13878) er sýnt jarðlaga- og borhraðasnið af holunni. Jarðlögin, sem borað var í, eru hörð og borhraði þar af leiðandi lítill. Jarðlögin eru gerð úr basalhraunlögum, mismunandi mikið ummynduðum, með nokkuð jafndreifðum, þunnum, rauðum millilögum, sem borast mun hraðar. Þó finnast engin millilög milli 600 og 720 og 910 og 1080 m, en borhraði í síðarnefnda bilinu er óvenju lítill. Engin óbyggjandi merki eru um að borað hafi verið í gegnum ganginn eins og vonast var til í upphafi, enda oft erfitt að greina í sundur ganga og hraunlög á borsvarfinu einu saman.

Niðurstöður röntgengreininga á ummyndunarsteintegundum í holunni eru sýndar í meðfylgjandi töflu. Tomsonít, stilbít og heulandít eru ríkjandi í efri hluta holunnar. Laumontít finnst í 664 m og samfelld fyrir neðan 800 m. Smektít finnst í allri holunni og auk þess finnast blandlagssteintegundir af svellanlegu klóríti og smektíti í neðsta hluta hennar. Ekki verður vart aukinnar ummyndunar við vatnsæðar þar, sem eru í holunni.

Holufyllingar í blágrýtisstaflanum raða sér í lárétt belti og eykst magn og fjölbreytni holufyllinga niður á við. Holufyllingin og ummyndunin er frá þeim tíma, er hitastigull var hæstur og því ekki í samræmi við hitastig í berginu nú. Holufylling og ummyndun í holu 7 bendir til, að komið sé niður í svo kallað laumontít-belti á 650-800 m dýpi, en það er sjaldnast ofan sjávarmáls á blágrýtis-svæðunum nema í grennd við rofnar megineldstöðvar. Yfirleitt er það reynslan, að vaxandi ummyndun og holufylling dregur úr vatnsgengni bergsins. Hins vegar sýnir niðurstaða borana á Eyjafjarðarsvæðinu á s.l. ári, að á jarðhitasvæðunum þar er vatnsgengd sízt minni eftir að komið er í hátt stig ummyndunar.

Ummyndunarsteintegundir í Holu 7. -

Röntgen-greining

Dýpt í metrum	Zeolítar									Leirsteinar		Kvartz
	Tomsonít	Kabasít	Stilbít	Heulandít	Levyn	Mordenít	Skólesít/Mesólít	Laumontít	Tobermorít	Smektít	Bl.st.sv.kr. og sm. *	
40	x									x		
56	x	x										
82	x							(x)		x		
112	x		x									
180			x									
236	x		x							x		
280	x				x							
386	x		x	x						x		x
444	x											
560				x		x						
590			x				x			x		
664			x				x	x				
704				x			x					
798	x						x					
820	x						x					
850				x				x		x	x	
956			x				x	x				
998	x							x		x	x	

* Blandlagssteintegundir af svellanlegu klóríti og smektíti.

3.3 Hitamælingar.

Hola 7 var hitamæld þrisvar meðan á borun stóð og síðan einu sinni eftir það. Hitaferlarnir sjást á meðfylgjandi mynd 5 (Fnr. 13877). Greinilega má sjá áhrif vatnsæða í holunni á hitaferlana á 550 m dýpi, þar sem hún sennilega sker ganginn, svo og á 750 m og 1080 m dýpi. Athyglisvert er, að hitastig hækkar í holu 7 um 4°C á 550 m dýpi og má því ætla að gangurinn sé skil á milli tveggja misheitra vatnskerfa.

3.4 Prufudæling.

Hinn 15.11.1975 gerði bæjarverkfræðingur Siglufjarðar dæluprófanir á svæðinu. Dælt var með lofti úr holu 7 í 2 1/2 tíma og rennslið mælt svo og niðurdráttur í holu 6. Hinn 17.11. var dæling endurtekin og dælt á sama hátt í 6 1/2 tíma. Rennsli úr holu 7 var haldið stöðugu í 34,8 l/s með því að smáauka við loftrennslið, en þegar hámarksafkastagetu dælanna var náð minnkaði rennslið og var um 28,4 l/s í lok dælingar. Vatnsborð lækkaði jafnt og þétt í holu 6 meðan á dælingu stóð og var í 16,6 m, er henni lauk. Þessar dæluprófanir voru of skammvinnar til að geta gefið fullnægjandi upplýsingar um eðli holunnar og afkastagetu hennar við langtíma dælingu með djúpdælu. Hefði verið æskilegt að dæla samfelld í nokkra daga eða vikur með ca. 40 l/s dælu en slík dæla var ekki tiltæk á þeim tíma.

4. NIÐURSTÖÐUR OG TILLÖGUR UM ÁFRAMHALDANDI VATNSÖFLUN

Neikvæðar niðurstöður viðnámsmælinga við bæinn Hól svo og hinn ágæti árangur af borun holu 7 benda eindregið til þess, að vænlegasta leiðin til frekari vatnsöflunar fyrir hitaveitu Siglufjarðar sé sú, að bora áfram á jarðhitasvæðinu í Skútudal. Má benda á ýmsar leiðir til að auka vatnsrennsli af svæðinu og eru þessar helstar, nefndar í þeirri röð, sem vænlegast væri að vinna verkið:

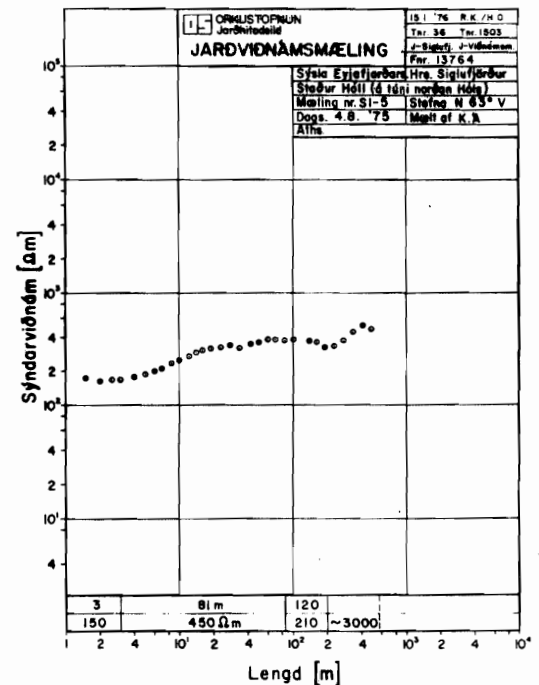
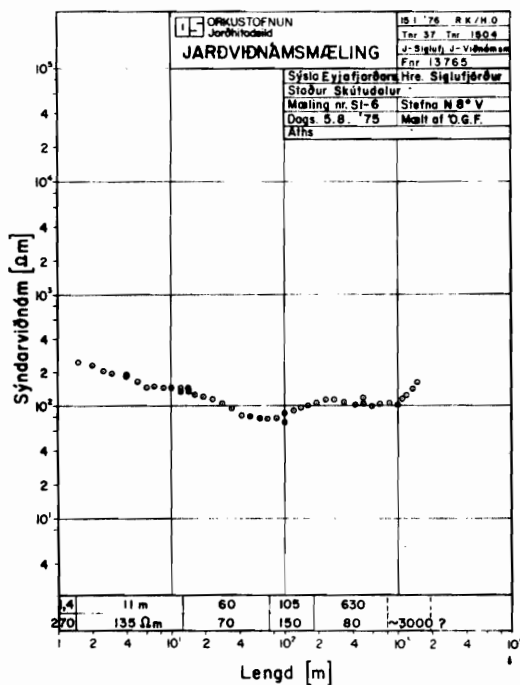
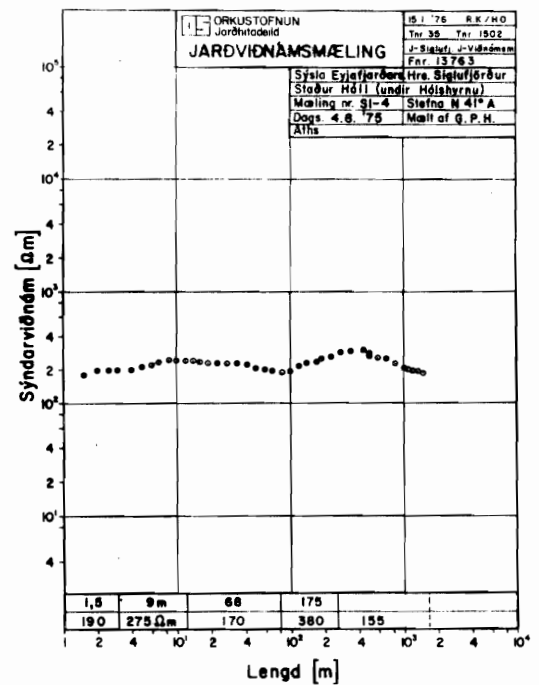
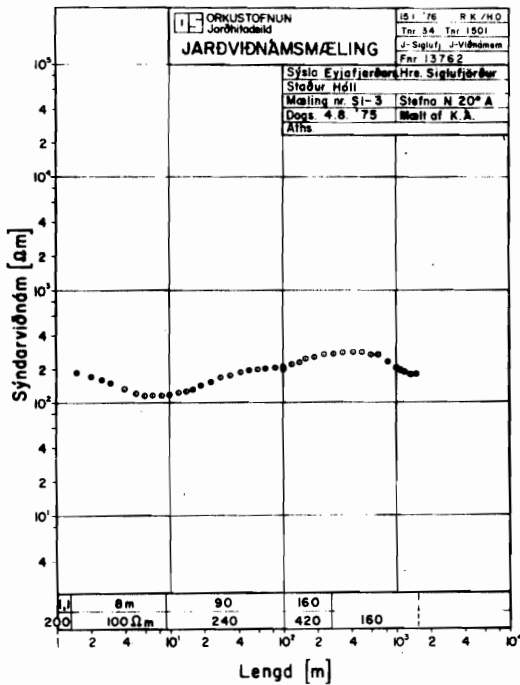
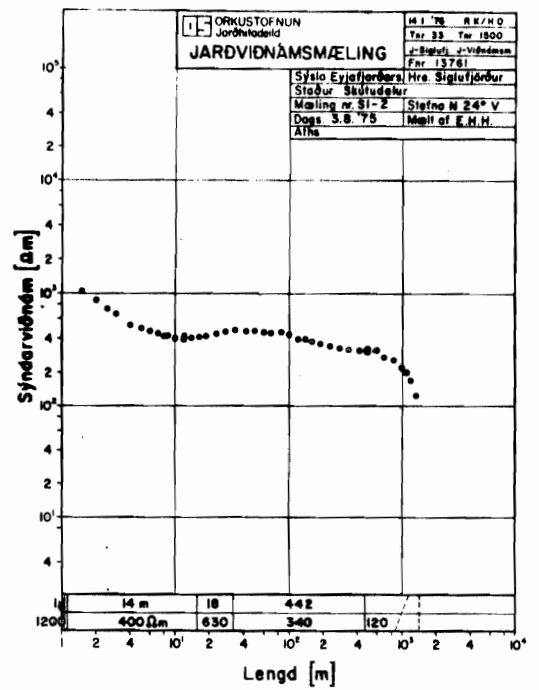
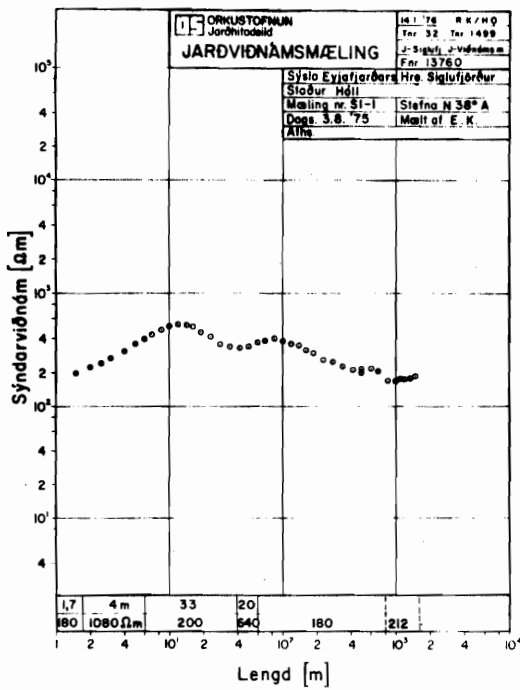
- 1) Setja dælur í holur 6 og 7. Dæluprófanir Jarðhita-deildar á holu 6 1973 sýna, að auka má vatnsrennsli með dælingu. Óvíst er enn hversu mikil aukningin gæti orðið við dælingu úr holu 7, en ætla má, að hún geti orðið töluverð. Meiri líkur eru til þess að heitari vatnsæðar (76-80°C) neðan við 550 m í holunni færu einnig að gefa vatn verði dælt úr henni og vatnsborð lækkað. Við sjálfrennsli virðist eingöngu koma vatn úr æðinni á 550 m dýpi, sem er um 68°C. Þökkun í holu 7 benti til vissrar vatnsgengni neðan 550 metra. Dæling er mun áhættuminni vatnsöflunarleið en borun nýrrar holu.
- 2) Bora nýja holu niður á að minnsta kosti 1500-2000 m dýpi. Álitlegasti staðurinn fyrir nýja holu er í grennd við holu 4. Hitastigull í henni er mjög hár, sjá mynd 4 (Fnr. 13876), og má telja líklegt að hitastig í holu staðsettri á þeim stöðum verði yfir 70°C á 600 m dýpi. Mundi sú hola vera öll vestan við ganginn, sem hola 7 sker á 550 m dýpi, og þar með væntanlega ná heitara vatni án þess að lenda í sömu vatnsæðum og hola 7 fær vatn úr. Auk þessa er hola 4 um 26 m neðar í landinu en hola 7 og gæti það haft veruleg áhrif á vatnsmagn úr þrýstingslitlum æðum neðan við 600 m dýpi.
- 3) Dýpka holu 7. Hitaferillinn í holu 7, sjá mynd 5 (Fnr. 13877) sýnir, að vatnsæðar eru í holunni neðan við 550 m þó ekki renni mikið úr þeim. Ferillinn bendir einnig til þess að holan sé í vatnskerfi, sem nái mun dýpra niður en 1200 m. Eru því góðar líkur til þess að hitta á frekari vatnsæðar með dýpkun þeirrar holu.

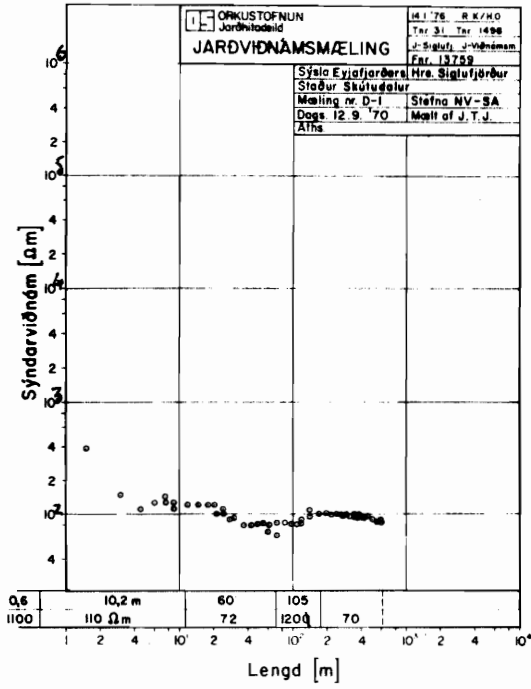
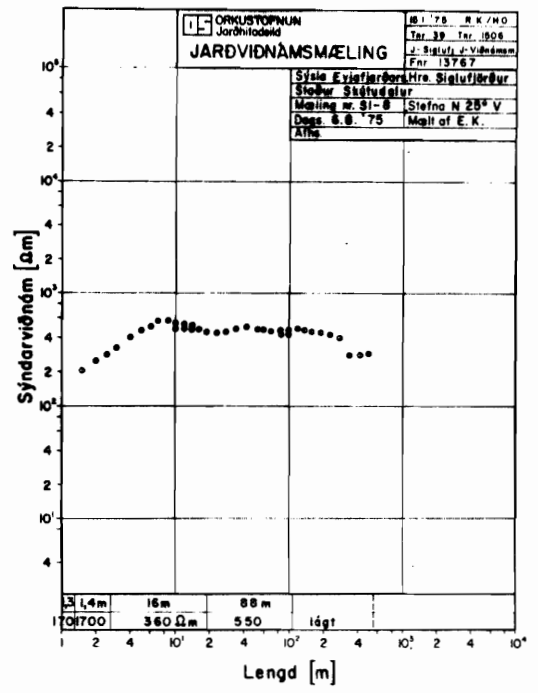
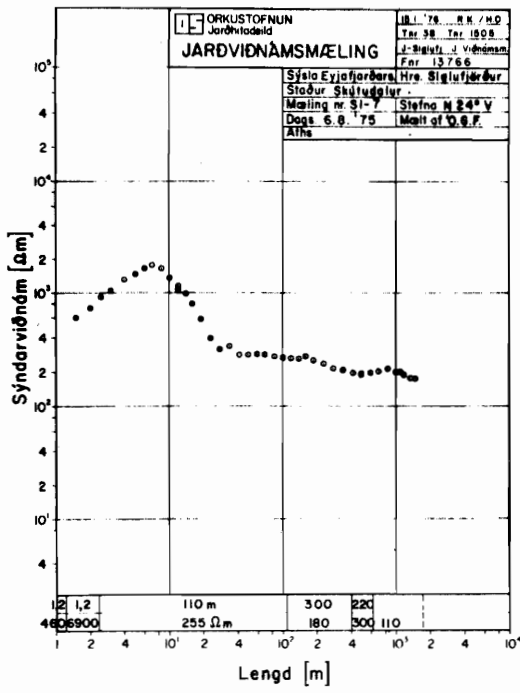
Auk þessara möguleika kæmi til greina að bora nýja holu ofar í hliðinni um 50-100 m austan við holu 7. Hola þar ætti að skera ganginn á enn meira dýpi og gæti því hitt á enn betri vatnsæðar en hola 7. Þó er hættu á að hola á þessum stað mundi hafa greiðan samgang við holu 7 og valda minnkun á vatnsrennsli úr henni.

TILVITNANIR

- (1) Gunnar Böðvarsson. Skýrsla um athugun á jarðhita í Skútudal við Siglufjörð. Ágúst 1954. (Greinargerð).
- (2) Stefán Arnórsson. Boranir og athuganir á jarðhita í Skútudal fyrir Siglufjarðarkaupstað. Jan. 1971. (Skýrsla).
- (3) Stefán Arnórsson. Jarðhiti í Skútudal. Boranir 1971 og dæluprófun á borholu 6. Nóv. 1971. (Skýrsla).
- (4) Stefán Sigurmundsson og Þorsteinn Thorsteinsson. Dæluprófun í Siglufirði 19.-27.09. 1973. OS JHD 73-19. Okt. 1973. (Skýrsla).
- (5) Stefán Arnórsson. Varðar öflun heits vatns handa Hitaveitu Siglufjarðar. 3.1.1975. (Greinargerð).

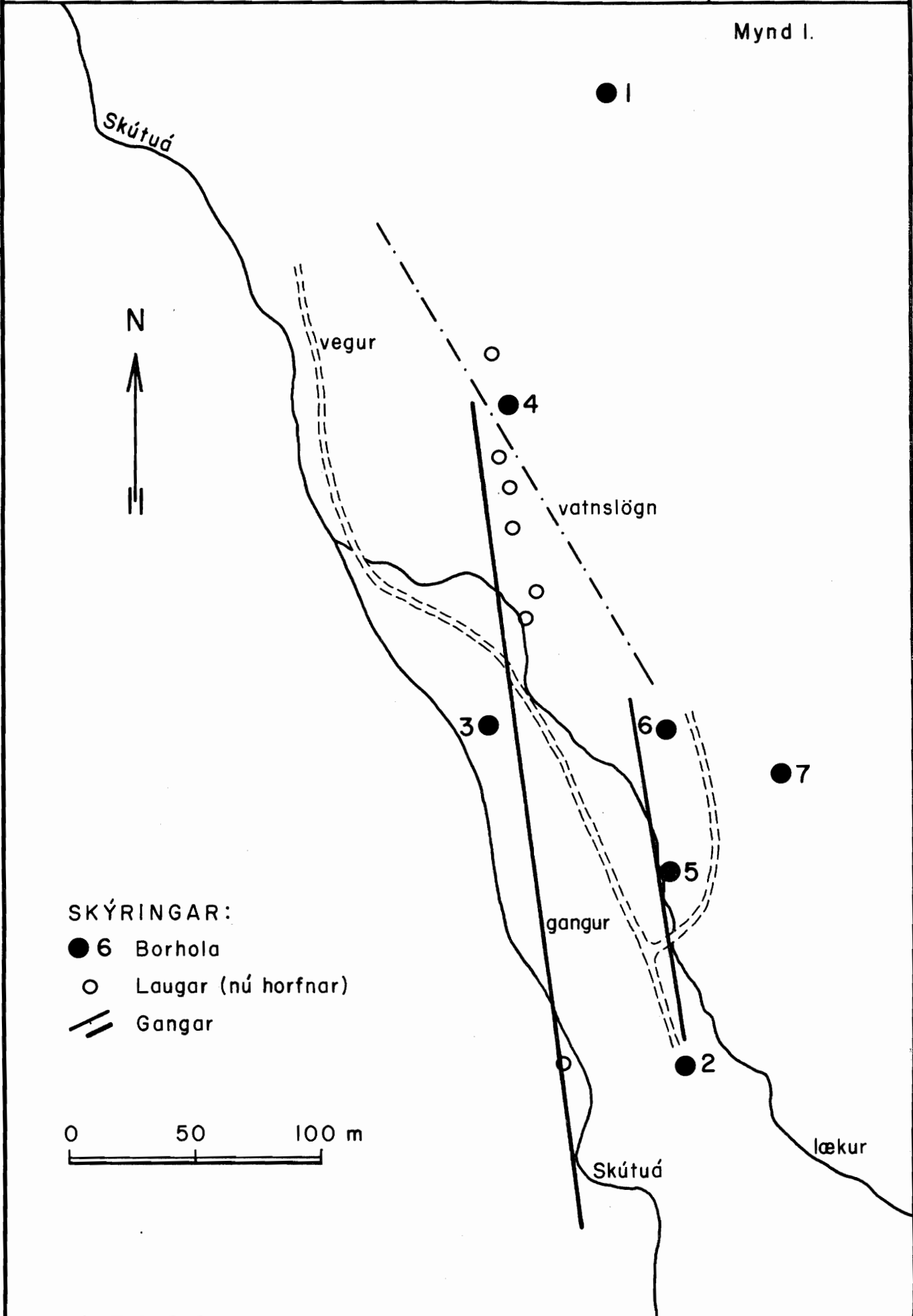
V I Ð A U K I







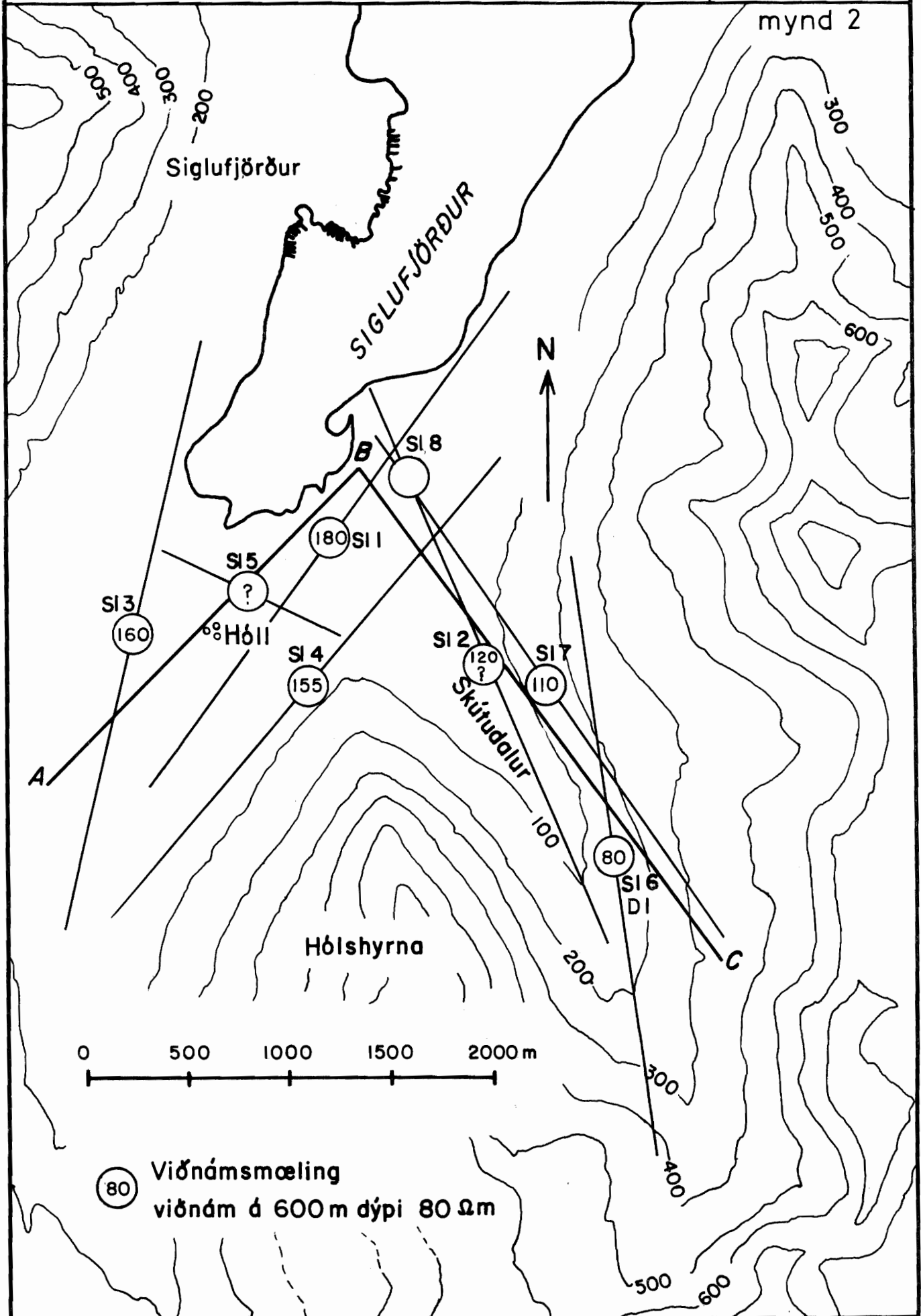
Mynd I.




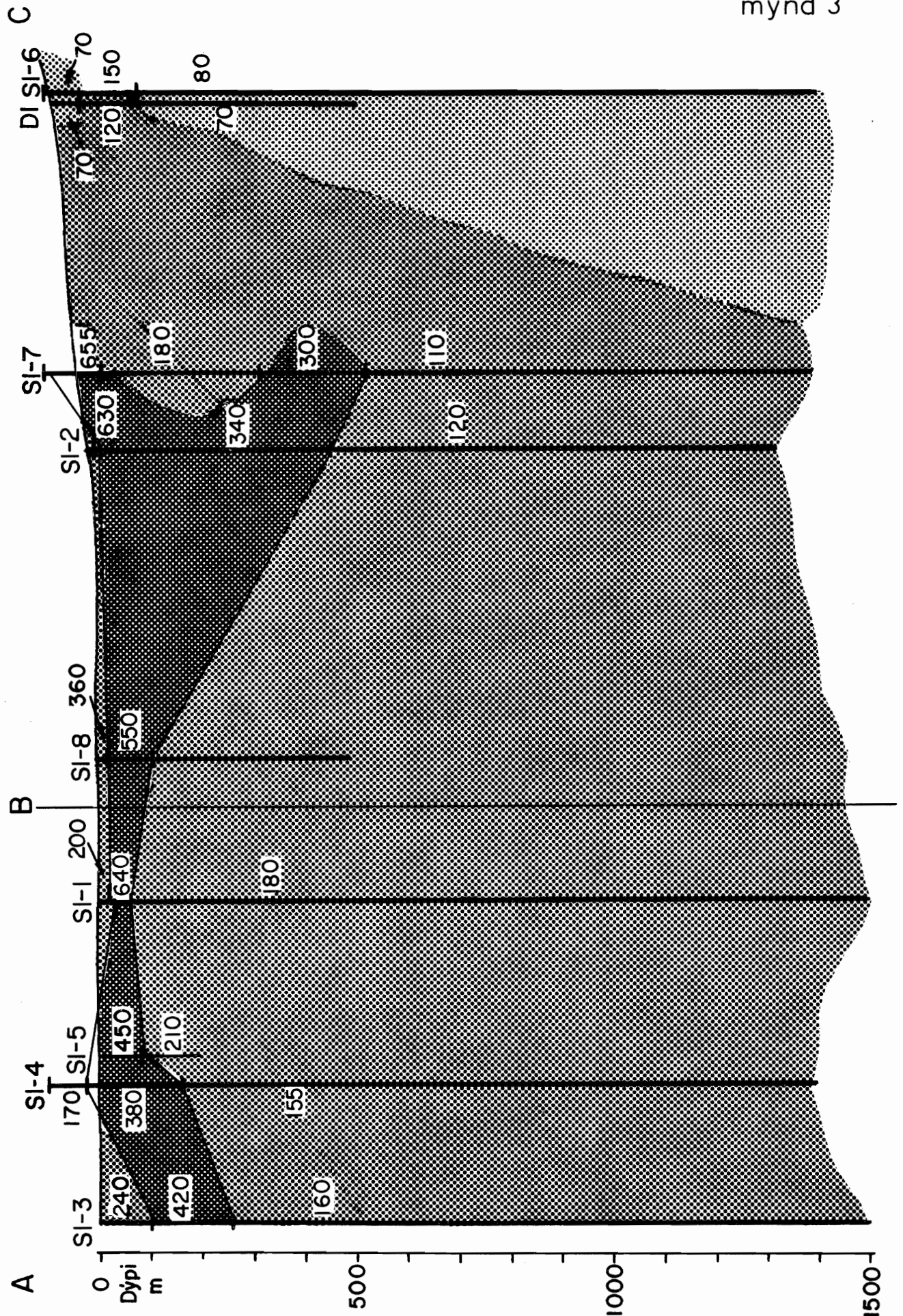


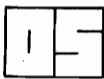
Staðsetning viðnámsmælinga

mynd 2

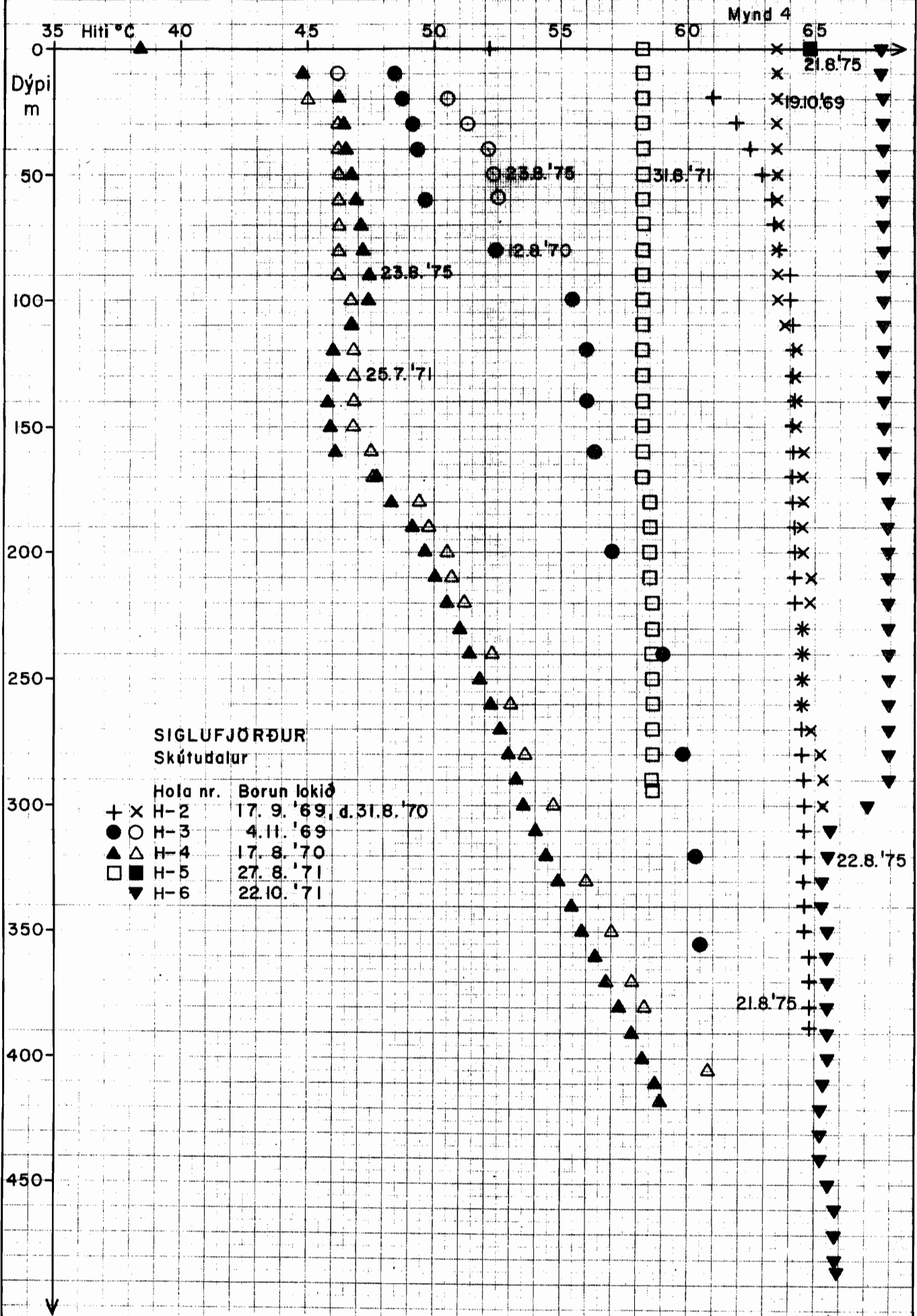



 Viðnámsmæling
 viðnám á 600 m dýpi 80 Ωm





Hitamælingar í borholum





ORKUSTOFNUN

Jarðhitadeild

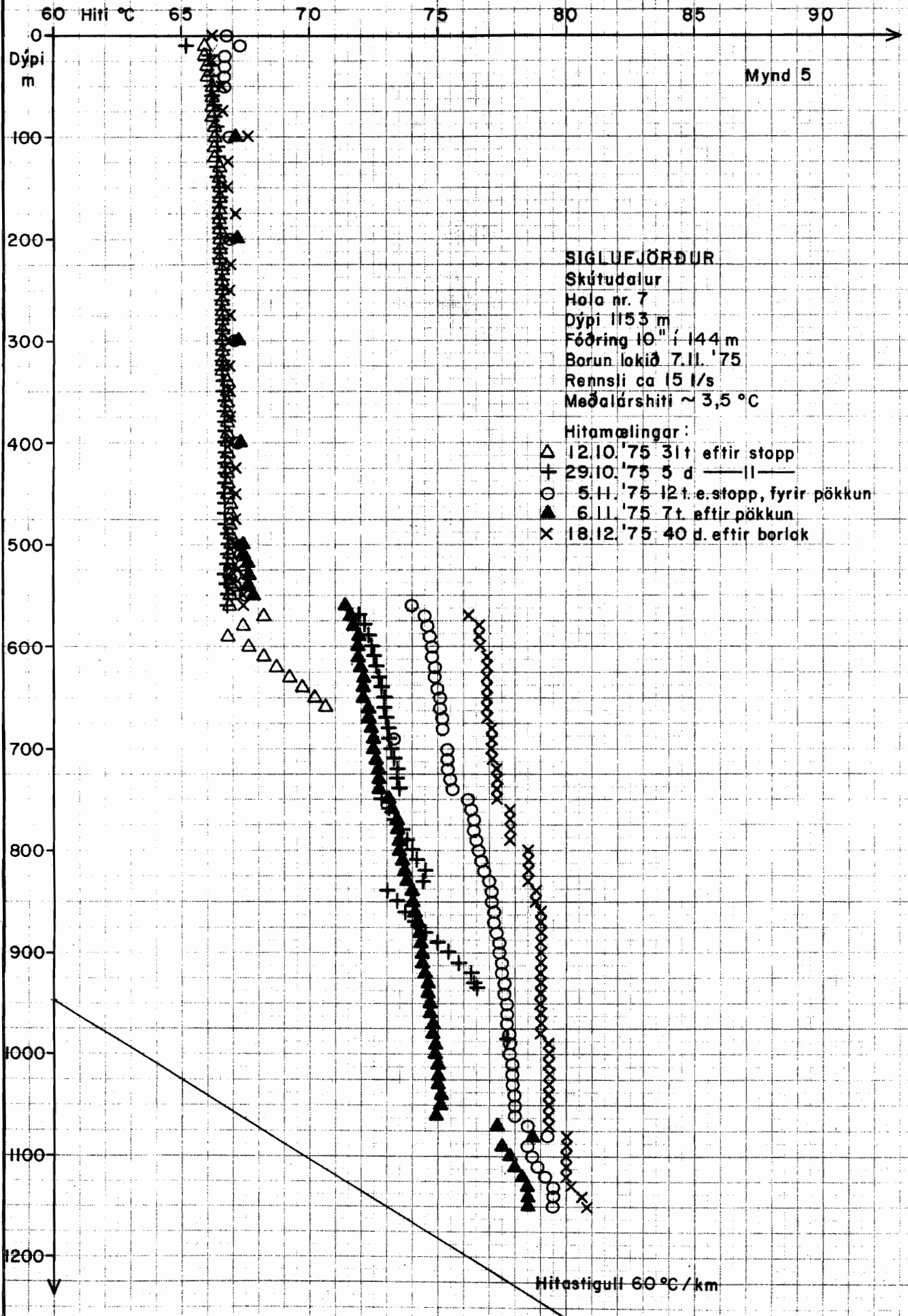
Hitamælingar í borholum

'76.02.04. A.B/H.O

Tnr. 42 Tnr. 1580

J-Siglufj. J-Hitamæl.

Fnr. 13877





ORKUSTOFNUN

SIGLUFJÖRÐUR, HOLA 7

Gangur borunar

'76.02.04. H.J/H.O

Tnr. 43

J-Siglufj.

Fnr. 13878

mynd 6

Verkdagar

