



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**HITAVEITA SIGLUFJARÐAR**

Borun hitastigulshola í október 1988

Helgi Torfason

OS-89019/JHD-07 B

Júní 1989



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Verknr.: 611501

## **HITAVEITA SIGLUFJARÐAR**

Borun hitastigulshola í október 1988

Helgi Torfason

OS-89019/JHD-07 B

Júní 1989

## ÁGRIP

Eftir jarðfræðiathuganir í innri hluta Siglufjarðar sumarið 1988 voru staðsettar þar fimm hitastigulsholur, áætlaðar 50-60 m á dýpt. Þær voru síðan boraðar í október sama ár. Á grundvelli niðurstaðna skildi síðan bæta við tveimur holum, á álitlegum stöðum. Tilgangurinn með borun hitastigulsholanna var að kanna til hlítar hvort unnt væri að vinna jarðhita á öðrum stöðum en á vinnslusvæði hitaveitunnar í Skútudal. Niðurstöður boranna urðu þær að sjöunda holan (S-7), sem boruð var í Skarðdal, sýndi hitastigul um 240°C/km. Þessi hái hitastiglull kom á óvart og til að kanna þetta betur voru boraðar fjórar holur til viðbótar. Allar holurnar sem boraðar voru umhverfis holu S-7 sýndu háan stigul og þykir það benda til jarðhita í berggrunni, þótt ekki sé unnt að gera sér grein fyrir magni hans né hitastigi að svo komnu máli. Lagt er til að áfram verði haldið að kanna Skarðdal árið 1989, fyrst með jarðfræði- og jarðeðlisfræðilegum athugunum á yfirborði og síðan með borun 300-500 m djúprar rannsóknarholu. Ekki er víst að náist að bora þessa holu fyrr en árið 1990.

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
	2
	3
1.	4
2.	5
3.	6
4.	7
5.	8
	9
	17
	23

## MYNDASKRÁ

	Bls.
1.	11
2.	12
3.	13
4.	14
5.	15
6.	23
7.	24
8.	25
9.	26
10.	27
11.	28
12.	29
13.	30
14.	31
15.	32
16.	33
17.	34
18.	35
19.	36
20.	37

## TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1	4
2	5
3	7

## 1. INNGANGUR

Sumarið 1988 var gerð lausleg athugun á jarðfræði innri hluta Siglufjarðar með það fyrir augum að staðsetja 7 hitastigulsholur og var niðurstöðum af þeim rannsóknum skilað í greinargerð til Hitaveitu Siglufjarðar (Helgi Torfason 1988: Greinargerð HeTo-88/07). Tilgangurinn með borun hitastigulshola var að kanna hitaástand berggrunnins og leita þannig að jarðhita sem ekki sést á yfirborði en gæti nýst Hitaveitu Siglufjarðar. Jarðhiti er ekki þekktur í Siglufirði annarstaðar en í Skútudal, en það svæði er talið fullnýtt, auk þess sem vinnlúsvæðið þar er erfitt að vetri til vegna snjóflóðahættu og fjarlægðar frá bænum (5 km). Nokkrar lindir voru athugaðar samkvæmt ábendingum heimamanna, en þær reyndust allar vera kaldavermsl með hitastig 3,5 - 4,0°C. Að auki voru nokkrir lækir og augu mæld með hærri hita norðan við Hólshyrnu, en aðallega var þar um að ræða árstíðabundna upphitun vegna áhrifa lofthita sumarsins (mynd 1) og staðfestist það með borun hitastigulsholu S-6.

Jarðfræðirannsóknir í ágúst beindust einkum að legu bergganga og brotalína í berggrunni. Í ljós kom að brotastefna á svæðinu er NNA-SSV og hafa berggangar svipaða stefnu. Halli jarðlaga er til suð-vesturs, um 8-10° við sjávarmál en minnkar í 2-3° í fjallatoppum í 800-900 m hæð (mynd 2). Gert var brotalínukort af því svæði sem þótti raunhæft til frekari leitar með grunnum borunum og voru staðsettar fimm hitastigulsholur (Helgi Torfason 1988: Greinargerð HeTo-88/07).

Hitastigulsholurnar voru staðsettar nokkuð dreift um fjörðinn til að fá mynd af hitaástandi berggrunnins sem víðast og skyldu þær vera 60 m djúpar (mynd 2). Eftir að fimm holur væri lokið, skyldi staðsetja tvær holur til viðbótar á þeim stöðum sem einhver merki fyndust um afbrigðilega háan hitastigul. Hitastigulsholurnar voru nefndar bókstöfum fyrir borun, en með tölu-

stöfum eftir borun, eins og kemur fram í töflu 1 hér að neðan og á mynd 2.

Borverkið var boðið út í ágúst. Hagstæðasta tilboðið kom frá Ræktunarsambandi Flóa og Skeiða, en auk þess hentaði bor þeirra mjög vel til að framkvæma verkið, því hann er á beltum og þarf hvorki vegagerð né gerð borplans til að hann geti afhafnað sig. Samningar voru undirritaðir um miðjan september 1988 og hófust boranir 14. október og lauk 26. október 1988. Frumniðurstöðum úr fyrstu holunum var lýst í stuttri greinargerð (Helgi Torfason: Greinargerð HeTo-88/09) og er textinn hér á eftir að hluta til byggður á henni. Í viðauka með þessarri skýrslu eru allar hitamælingar sem gerðar voru í borholunum (Viðauki I), auk þess sem hitaferlar eru teiknaðir upp á myndum 6-20 (Viðauki II). Auk þess eru teiknaðir upp hitaferlar í grunnri kalda vatnsholu í Fjarðarbotni (mynd 18), efsti hluti jarðhitahola í Skútudal (mynd 19) og hitamæling í 30 m djúpri holu við Skeiðsfossvirkjun (mynd 20).

TAFLA 1: Hitastigulsholur í Siglufirði

Staður	fyrir borun	eftir borun	dýpi m
Norðan bæjar	A	S-1	58
Fjarðarbotn	E	S-2	60
Skútudalur	D	S-3	61
Ráeyri	C	S-4	63
Skarðdalur	B	S-5	62
Skútudalur	F	S-6	63
Skarðdalur	G	S-7	61
Skarðdalur	H	S-8	63
Skarðdalur	J	S-9	54
Skarðdalur	K	S-10	59
Skarðdalur	L	S-11	57

Hér eftir verða holur nefndar S-1 til S-11 og er staðsetning þeirra sýnd á mynd 2.

TAFLA 2: Hitastigull í borholur í Siglufirði.				
Hola	Staður	Bordýpi m	Hitastigull °C/km	Athugasemdir
S-1	Norðan bæjar	58	34	fremur lágt
S-2	Fjarðarbotn	60	102	fremur hátt
S-3	Skútudalur	61	110	nálægt vinnslusvæðinu og því fremur hátt
S-4	Ráeyri	63	62	nálægt meðalstigli
S-5	Skarðdalur	62	80	neðst í dalnum
S-6	Skútudalur	63	86	norðanundir Hólshyrnu
S-7	Skarðdalur	61	240	afbrigðilega hátt
S-8	Skarðdalur	63	170	fremur hátt
S-9	Skarðdalur	54	138	fremur hátt
S-10	Skarðdalur	59	226	afbrigðilega hátt
S-11	Skarðdalur	57	220	afbrigðilega hátt

## 2. JARÐFRÆÐI

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

Aldur berglaga hefur verið vel kannaður á svæði frá Ólafsfirði suður í Austurdal í Skagafirði og því komin nokkuð góð mynd af aldri berglaga á miklum hluta af Tröllaskaga (Kristján Sæmundsson o.fl. 1980). Má styðjast við þær rannsóknir til að geta í aldur jarðlaga við Siglufjörð. Elst eru berglög í austanverðum Ólafsfjarðarmúla.

Þar ofaná leggjast yngri berglög eftir því sem kemur sunnar og vestar, en jarðlagahalli er til suðvesturs og vesturs á norðanverðum Tröllaskaga (Kristján Sæmundsson o.fl. 1980). Aldursgreiningar (K-Ar) gefa til kynna að elstu jarðlög séu um 12 milljón ára gömul og koma þau fram neðst í Ólafsfjarðarmúla og fjöllunum sem eru þar norðuraf. Samkvæmt jarðlagahalla ættu álíka gömul jarðlög að koma fram í utanverðum Siglufirði; jarðlög í Skútudal eru því trúlega um 10-11 milljón ára gömul.

Halli jarðlaga við Siglufjörð er til suðvesturs (140/6-10°SV) og er um 10° við sjávarmál en minnkar er ofar dregur í fjöllin og er orðinn 2-4° í efstu fjallatoppum. Í Skútudal er halli jarðlaga um 8-10° í dalbotninum og 6-8° í efri hluta Hólshyrnu.

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

Misgengi eru mörg (mynd 2) og er stefna þeirra NNA með litlum frávikum.

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

Það er sérkennilegt að gangar og brotalínur á þessu svæði stefna ekki í samræmi við halla jarðlagastaflans. Venjulega eru gangar sem næst hornréttir á halla jarðlaganna og sama gildir oft um brotalínur. Það sem hér virðist hafa gerst er að jarðlagastaflinn hefur hallast til vesturs og gangarnir með, síðan hefur staflanum verið hallað til suð-vesturs og brotalínur myndast um líkt leyti. Það sem veldur þessu er að öllum líkindum stórt þvergengi sem kallað hefur verið Tjörnes-þvergengið (Kristján Sæmundsson 1974) og liggur frá Húsavík til norð-vesturs, fyrir norðan Flateyjardal og vestur fyrir Grímsey, þar sem brot sveigja til norðurs (Kristján Sæmundsson 1974, 1979). Þvergengi þetta verður til er stórir flekar í jarðskorpunni hreyfast lárétt í gagnstæðar áttir. Breiðar spildur beggja vegna við þvergengið brotna upp og skekkjast. Þannig hefur undist upp á jarðlagastaflann og hann velst til suð-vesturs á Flateyjardal og þar í nánd (Young o.fl.1985). Líklega nær þessi sveigja einnig til norðurhluta Tröllaskaga.

Þessum umbyltingum tengjast stórir jarðskjálftar sem hafa gert spjöll á Húsavík, Dalvík og víðar á Norðurlandi. Það þarf því ekki að vefjast fyrir að umbrot þessi eru enn í gangi og er líklegt að rennsli heits vatns um hinn gamla jarðlagastafla á Norðurlandi sé ein afleiðing þessara umbyltinga. Það er því æskilegt að hugað verði að brotakerfum Norðurlands í náninni framtíð og helst gerð nákvæm kort af byggingarlagi norðurhluta Tröllaskaga, halla, berggöngum og brotalínunum o.þ.h.

Þegar verið er að rannsaka einstök jarðhitasvæði er mikilvægt að þekkja vel stefnu og stærð brota og bergganga yfir stórt svæði, miklu stærra en jarðhitasvæðið sjálft. Ástæða þess er sú að óreglur í berglagastaflanum eins og aukinn fjöldi misgengja eða ganga myndar rásir þær sem heitt vatn nýtir sér á leið sinni um berglögin. Því mun verða unnið að því að gera nákvæmt kort yfir þessi atriði áður en hafist verður handa við að bora djúpar borholur í Skarðdal.

### 3. BORANIR

Boranir hófust 16. október og lauk 27. október 1988. Engin vandræði komu upp meðan á borun stóð og gekk verkið mjög vel. Bergið reyndist standa vel í holunum, en yfirborðslög voru fódruð af. Eftir að borun var lokið var sett gatað plaströr í allar holurnar til að halda þeim opnum fyrir mælingar síðar meir. Í Skarðdal reyndist tafsamnt að bora gegnum 5-10 m þykkar jökulurðir sem þekja dalbotninn, en reynt var að sneiða hjá verstu stöðunum.

Efstu metrarnir í holunum voru boraðir með 4" eða 5" krónu og efstu lögin fódruð af, en þar fyrir neðan var holan boruð með 3" krónu. Til að varðveita holurnar til mælinga var sett í þær gatað 63 mm plaströr sem nær frá holutoppi niður á botn. Holunum var síðan lokað með hettu.

#### 4. HITASTIGULL

Hitastigull í bergi segir til um hvernig hiti vex með dýpi og er gefinn upp í °C/km eða °C/100 m, hér í °C/km. Hitastigullinn þarf að vera þekktur yfir stórt svæði til að unnt sé að finna staði þar sem hann er afbrigðilegur. Í töflu 3 hér að neðan og á mynd 3 er sýndur hitastigull á nokkrum stöðum á Norðurlandi, en því miður eru slíkar holur fremur fáar.

Hofsós:	61°C/km
Hólar:	58°C/km
Akureyri:	66°C/km
Flatey á Skjálfanda:	47°C/km
Háls í Fnjóskadal:	68°C/km
Grímsey	95°C/km

Í Siglufirði er hitastigull hæstur í Skútudal nálægt vinnslusvæði hitaveitunnar og í Skarðdal. Þessi stigull er talsvert hærri en fram kemur víða á Norðurlandi skv. töflu 3. Hinn hái hitastigull í Skarðdal kom á óvart og gefur tilefni til nokkurrar bjartsýni um að heitt vatn finnist í nágrenni bæjarins. Það skal þó tekið fram að ekkert er hægt að segja til um hitastig út frá þeim gögnum sem fengust úr þessum holum. Hæstur hiti í holunum mældist 19°C á um 60 m dýpi í holum S-7 og S-10. Hitastigull í holunum er sýndur í töflu 2, en nákvæmari skýringar eru eftirfarandi:

S-1 34°C/km: Neðan þjóðvegur um 1 km norðan bæjarins, sunnan við fiskhjala; þetta er afbrigðilega lágt og er ekki ólíklegt að hér sé um staðbundna kælingu að ræða. Dálítið vætlar upp úr holunni af um 4°C heitu vatni.

S-2 102°C/km: Hóla í Fjarðarbotni, á austurbakka Fjarðarár og í suðurenda malarnáms. Þetta er talsvert yfir áætluðum meðalstigli og gæti bent til nær-

veru jarðhita, en ekki þótti ástæða til að kanna þetta betur í þetta sinn. Til þess þyrfti að bora nokkrar holur í viðbót og líklega fara innar í dalinn, en slíkt útheimtir vegagerð o.þ.h.

S-3 110°C/km: Þessi hola er um 800 m NV af vinnslusvæði hitaveitunnar í Skútudal, rétt ofan við veginn. Líklega er það nálægð við jarðhitasvæðið í Skútudal sem gefur fremur háan hitastigull hér. Raunar var það ein af ástæðunum til staðsetningar þessarar holu, þ.e. að kanna áhrif frá jarðhitasvæði til hliðanna. Hóla S-6 var boruð til að kanna hvort hitastigull hækkar til vesturs.

S-4 62°C/km: Ráeyri er við austanverðan fjörðinn, nokkuð fjarri þekktum hitasvæðum og er þessi stigull líklega nærri meðalhitastigli svæðisins í heild (sjá mynd 2). Holan er staðsett á hól nokkrum metrum ofan við bæjarhúsin (nú í eyði).

S-5 80°C/km: Þessi hola er fremst (neðst) í Skarðdal rétt við veginn upp í Siglufjarðarskarð. Stigull í henni bendir ekki til afbrigðilega hás hita, þótt hún sé yfir meðalstigli.

S-6 86°C/km: Þessi hola var staðsett norðan við Hólshyrnu til að kanna hvort hitastigull færi hækkandi til vesturs frá holu S-3. Svo reyndist ekki vera, sem bendir til þess að áhrif jarðhitasvæðisins í Skútudal minnki til vesturs, og sé líklega á lengdina til N-S samhliða brotum og göngum, fremur en þvert á.

#### HOLUR S-7-11 ERU ALLAR Í SKARÐDAL:

S-7 240°C/km: Þessi hola er staðsett í Skarðdal til að kanna þétt sprungusvæði sem liggur hér þvert á dalinn. Hinn hái stigull sem þarna fannst kom á óvart og var þá ákveðið að bora



fleiri holur og kanna svæðið betur.

- S-8 170°C/km: Hér var borað lengra til vesturs, og er holan sunnan við veginn upp skarðið, á norðurbarmi gilsins við Leyningsá. Hitastigull er hér lægri en í holu S-7 sem bendir til þess að áhrif "jarðhita" minnki til vesturs upp Skarðdal.
- S-9 138°C/km: Boruð niður við Leyningsá, við stíflu sem gerð var vegna vatnsveitu. Vatn vætjar upp með fóðringu sem er efst í holunni. Þessi hola er um 600 m austan við S-7 og er komið í lægri stigul hér og því líklega austurfyrir mögulegt "jarðhitasvæði". Þessi hola er um 800-900 m suð-vestan við holu S-5, sem gaf stigul 80°C/km.
- S-10 226°C/km: Þessi hola er rétt neðan (norðan) við veginn, milli S-7 og S-8, en miklu nær S-7. Hitastigull bendir til að áhugaverðari staðir séu austar.
- S-11 220°C/km: Síðasta holan var boruð um 100 m austan við S-7, á bakka lækjar sem rennur norðan vegarins, stutt neðanvið stíflu frá vatnsveitu Siglufjarðar. Símakapall liggur nálægt þessari holu. Mjög hár stigull er í þessari holu eins og í S-7 og er líklegt að áhugaverðasti staðurinn sé þarna nærri.

Hinn hái hitastigull í Skarðdal er talinn benda til jarðhita í berggrunni en ekki skal fullyrt að svo komnu máli hve háan hita má vinna úr berginu. Til þess að kanna það þarf frekari rannsóknir í Skarðdal, en mynd 4 sýnir hitastigulinn og mögleg tengsl á milli hitastiguls í holunum. Á mynd 4 eru sýndar tvær leiðir til að tengja jafnhitlínur milli holanna, samsíða og þvert á dalinn. Meiri líkur eru á að vatnsleiðandi brot liggi samhliða þeim brotum sem sjá má með athugunum á staðnum og loftmyndum, þ.e.a.s. að slíkir

leiðarar hafi norðlæga stefnu og halli til austurs. Hvor leiðin sem farin er til að teikna upp hitaástand bergsins í Skarðdal leiðir til þess að áhugaverðasti bletturinn er nálægt holum S-7, S-10 og S-11. Ef til vill hefði verið rétt að bora eina holu sunnan við S-7 til að kanna dreifingu hita samhliða brotunum, en þar sem slíkt má oft sjá í viðnámsmælingum þótti ekki rétt að kosta slíka holu í bili. Viðnáms- og segulmælingar munu styrkja þessa mynd og athugun á legu brota og bergganga mun auðvelda staðsetningu rannsóknarholu.

Til samanburðar voru holur H-5, H-8 og H-9 á vinnslusvæði Hitaveitunnar í Skútudal hitamældar (mynd 19). Í holu H-8 hækkar hitinn ört niður í 30 m, en þar fyrir neðan er um 106°C/km stigull í jarðhita-kerfinu.

Á mynd 20 er sýndur hitastigull í holu SF-3 við Skeiðsfossvirkun í Fljótum. Sú hola er um 30 m djúp og er hitastigull þar um 105°C/km, sem vafalítið er yfir venjulegum hitastigli, enda ekki langt í jarðhita á yfirborði.

## 5. FRAMHALD RANNSÓKNA

Þessi hái hitastigull í Skarðdal er talinn benda til þess að afbrigðilega heitt berg sé þar að finna og er tæpast öðrum möguleikum til að dreifa en streymi heits vatns eftir sprungum. Ekki heldur vitum við hve heitt vatnið er, hversu djúpt það liggur, né hve mikið magn er þar á ferðinni. Verið getur að hér sé talsvert magn af 20-30°C heitu vatni, eða minna magn af heitara vatni. Bergið á þessu svæði er þétt og ekki að vænta mikillar lektar í jarðlögum og því líklegast að rennsli vatnsins tengist sprungum eða göngum. Til þess að kanna slíkt þarf dýpri borholu. Rétt er að gera meiri athuganir á yfirborði áður en djúp (300-500 m) rannsóknarborhola er staðsett, því boranir eru dýrar og því miklu til kostandi að finna

sem réttasta staðsetningu. Því er lagt til að framhald rannsókna í Skarðdal verði eitt-hvað á þessa leið.

• ÁFANGI 1

- Ítarleg könnun á brotakerfinu í suður og norður af Skarðdal. Kortlögð lega brota og stærð, og athugaðir berggangar. Þetta eru líklegustu vatnsleiðarar á svæðinu.
- Viðnáms- (kínámælingar) og segulmælingar á svæðinu umhverfis hinn háa hitastigul. Viðnámsmælingar þessar sýna legu lágviðnámsflata (vatnsleiðandi sprungna) niður á 300-400 m dýpi. Vegna legu jarðsíma og háspennukapla gætu þessar mælingar reynst erfiðar, á stöku stað. Segulmælingar eru notaðar til að kanna legu bergganga og brota á svæðum þar sem berggrunnur er hulinn lausum jarðlögum.
- Staðsetning rannsóknarborholu á grundvelli hitastigulshola, jarðfræðirannsókna og viðnámsmælinga.
- ÁFANGI 2
- Borun 300-500 m djúprar rannsóknarholu (e.t.v. má hana holuna þannig að nýta megi hana sem vinnsluholu síðar).
- Rannsókn holunnar, svarfgreining, hitamæling og tekið sýni til efnagreininga, en útfra efnagreiningum er oft hægt að geta í djúphitastig vatnsins.

Hitasvæðið í Skarðdal er áhugavert vegna nálægðar þess við bæinn (um 3,5 km), en auk þess liggur vegur inná svæðið og háspennulínur, sem gæti sparað einhvern kostnað, ef virkjanlegur jarðhiti er þar fyrir hendi.

Framhald rannsókna getur farið fram 1989 og er unnt að framkvæma alla ofangreinda rannsóknarliði í áfanga 1 á sama sumrinu, en trúlega verður að bíða með boranir fram til 1990.

Kostnaður við rannsóknarholuna yrði dýrasti hluti verksins og því mikils virði að áfangi 1 verði unninn af nákvæmni. Þegar viðnámsmælingar eru hálfnaðar má yfirleitt sjá hvort þær gefi raunhæfa mynd af svæðinu og hætta geri þær það ekki. Hvað varðar borun rannsóknarholu er vafalaust hagskvæmast að bjóða verkið út eins og gert var í þeirri vinnu sem hér er fjallað um, en Orkustofnun sá um það útboð.

Ekki er ósennilegt að hin norðlægu brot sem gefa til kynna hita í berggrunni í Skarðdal séu af sömu rót runnin og brot þau er leiða jarðhita til yfirborðs í Fljótum (mynd 5). Þar sem Siglufjarðarbær á talsverðra hagsmuna að gæta í Fljótum er ekki fráleitt að láta Orkustofnun gera frumkönnun á jarðfræði þess svæðis, einkum brota, bergganga og legu berglaga. Því má bæta við að hitamæling í 30 m djúpri holu á austur bakka Fljótaár, gegnt neðri virkjuninni sýndi hitastigul um 105°C/km, sem vafalítið er yfir venjulegum hitastigli í Fljótum.

## HEIMILDIR

Helgi Torfason: HeTo - 88/07 1988: Hita-veita Siglufjarðar - Jarðhitaleit: Staðsetning hitastigulshola. - Greinargerð Orkustofnunar, 5 s.

Helgi Torfason: HeTo -88/09 1988: Hita-veita Siglufjarðar - Staða rannsókna í október 1988. - Greinargerð Orkustofnunar, 5 s.

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

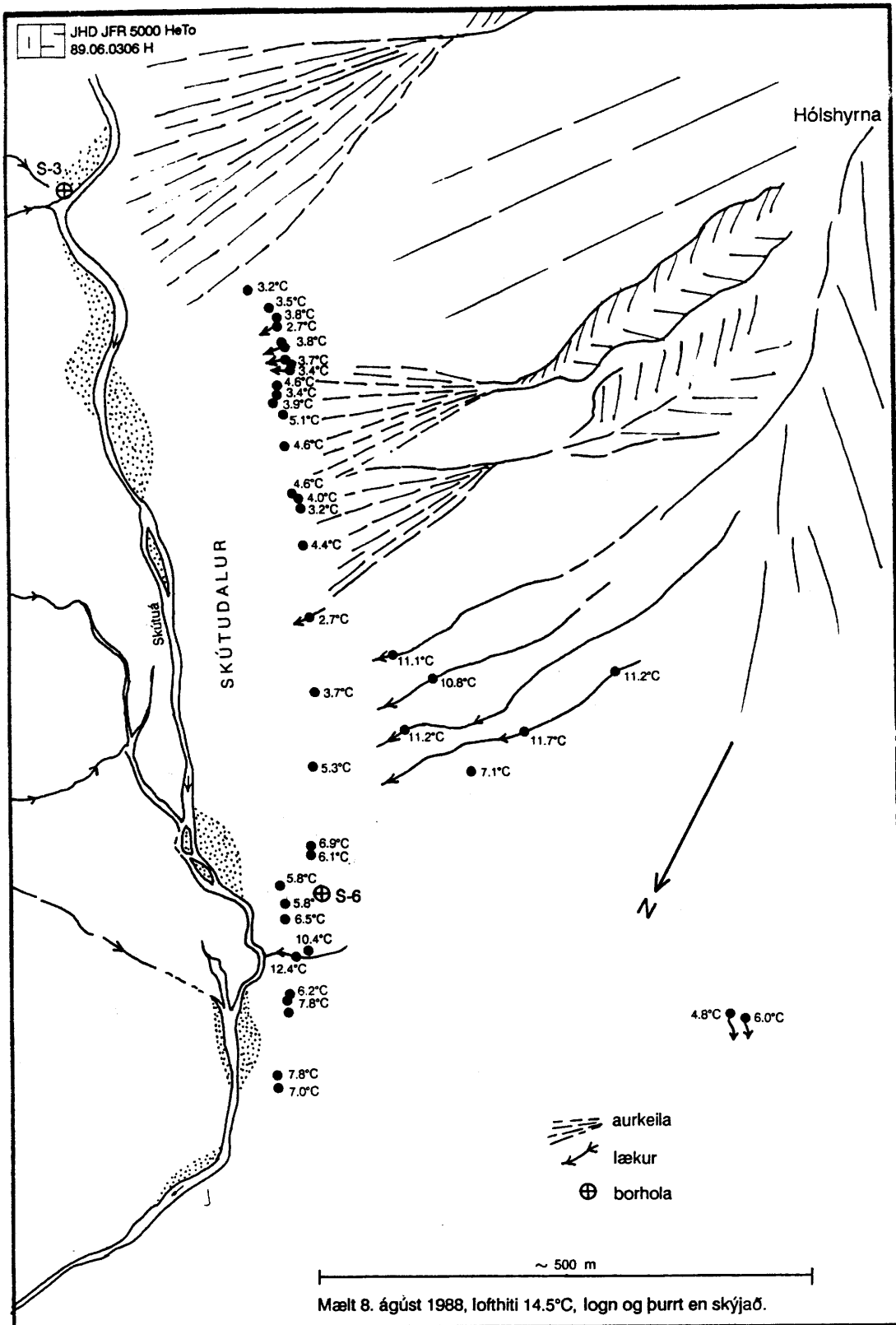
Kristján Sæmundsson 1979: Outline of the geology of Iceland. Jökull 29: 7-28.

Kristján Sæmundsson, Leó Kristjánsson, I. McDougall og N.D. Watkins 1980: K-Ar dating, geological and palaeomagnetic study of a 5-km lava

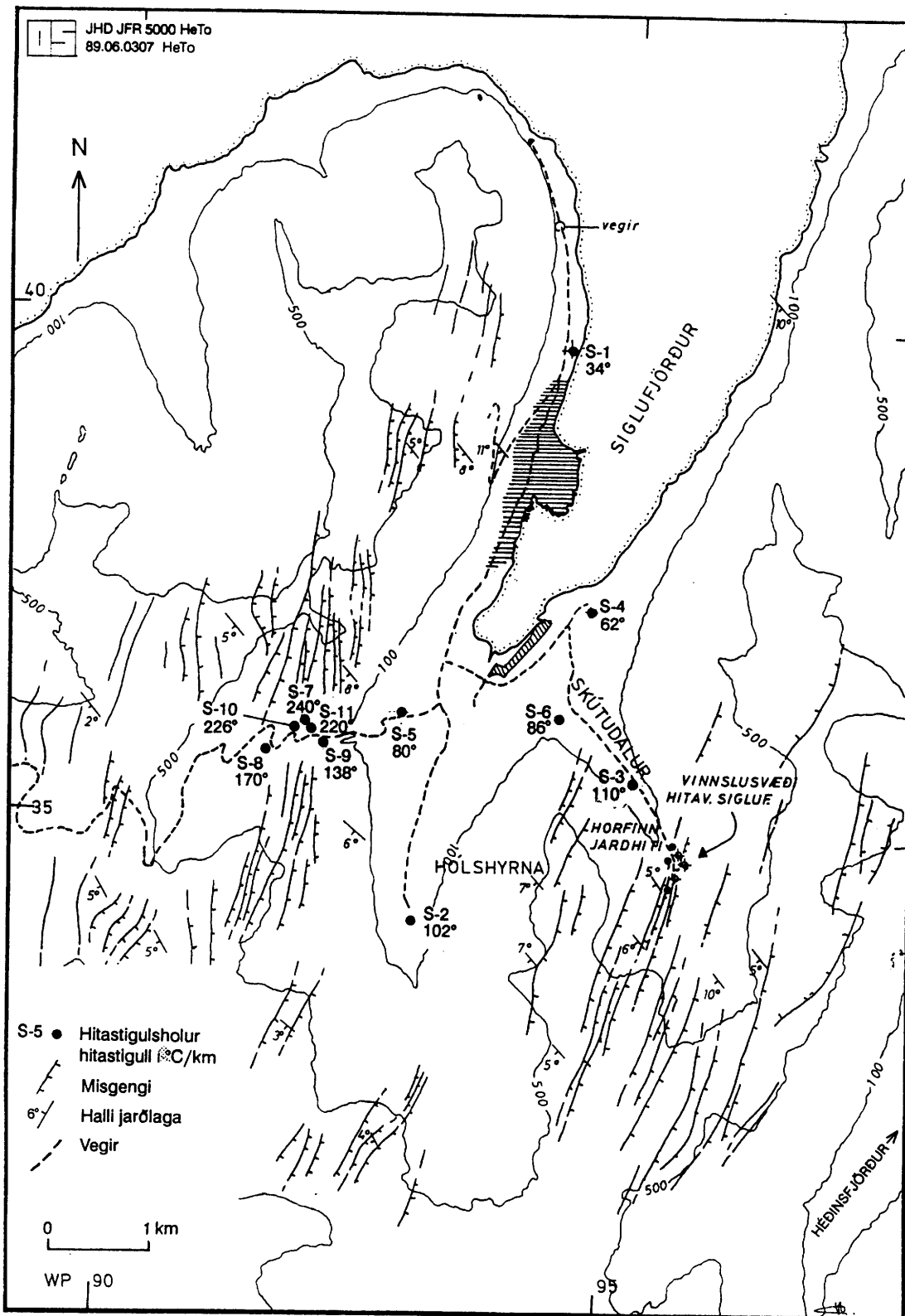
succession in northern Iceland.  
Journ. Geophys. Res. 85, B7: 3628-  
3646.

Ómar/AB - 88/01 1988: Hitaveita Siglu-  
fjarðar: Möguleikar til heitavatnsöfl-  
unar eftir snjóflóðaskemmdir á holu  
10 - Greinargerð Orkustofnunar, 4 s.

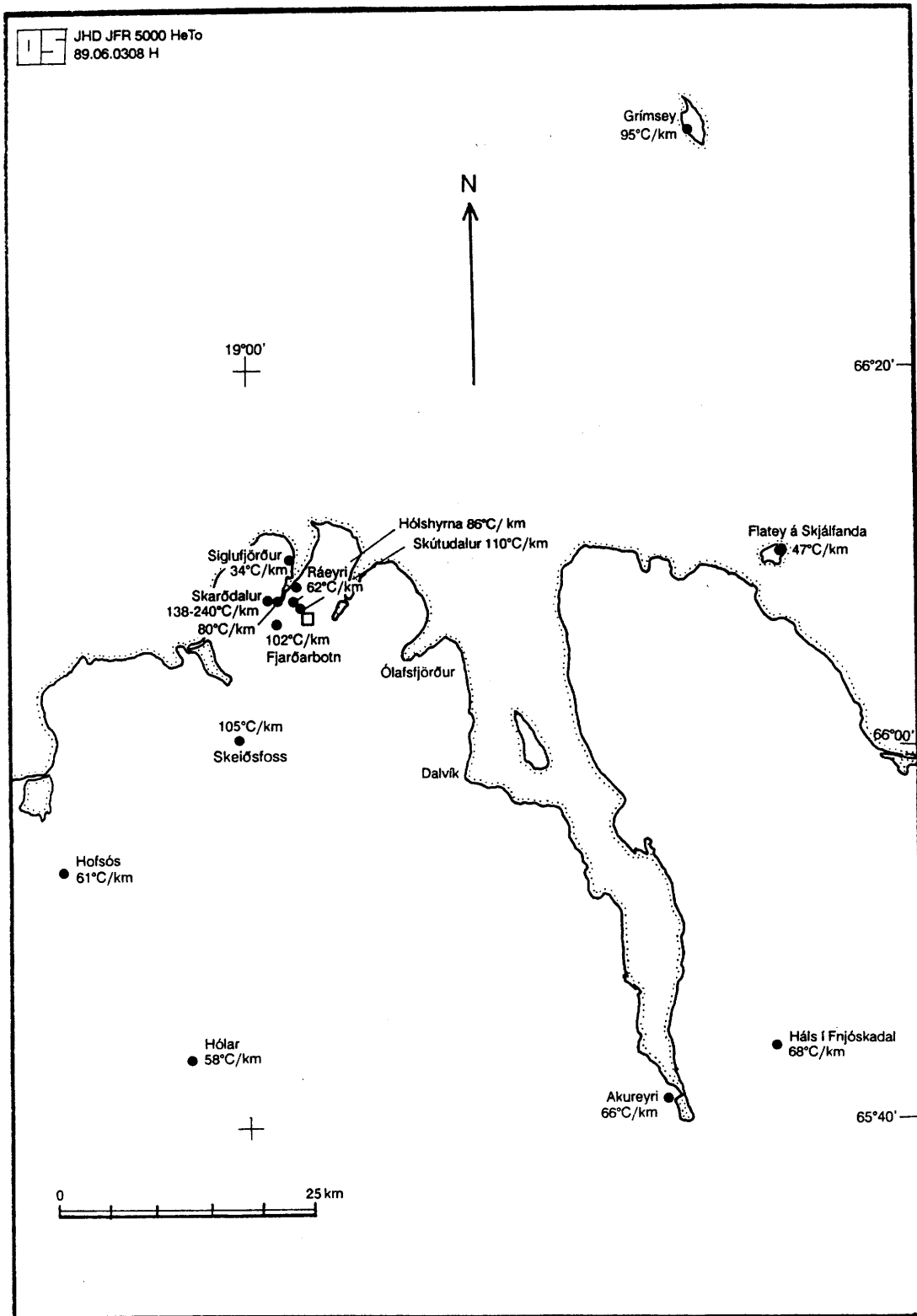
Young, K.D., M. Jancin, B. Voight & N.I.  
Orkan 1985: Transform deformation  
of tertiary rocks along the Tjornes  
Fracture Zone, north central Iceland.  
J.G.R. 90, B12: 9986-10.010.



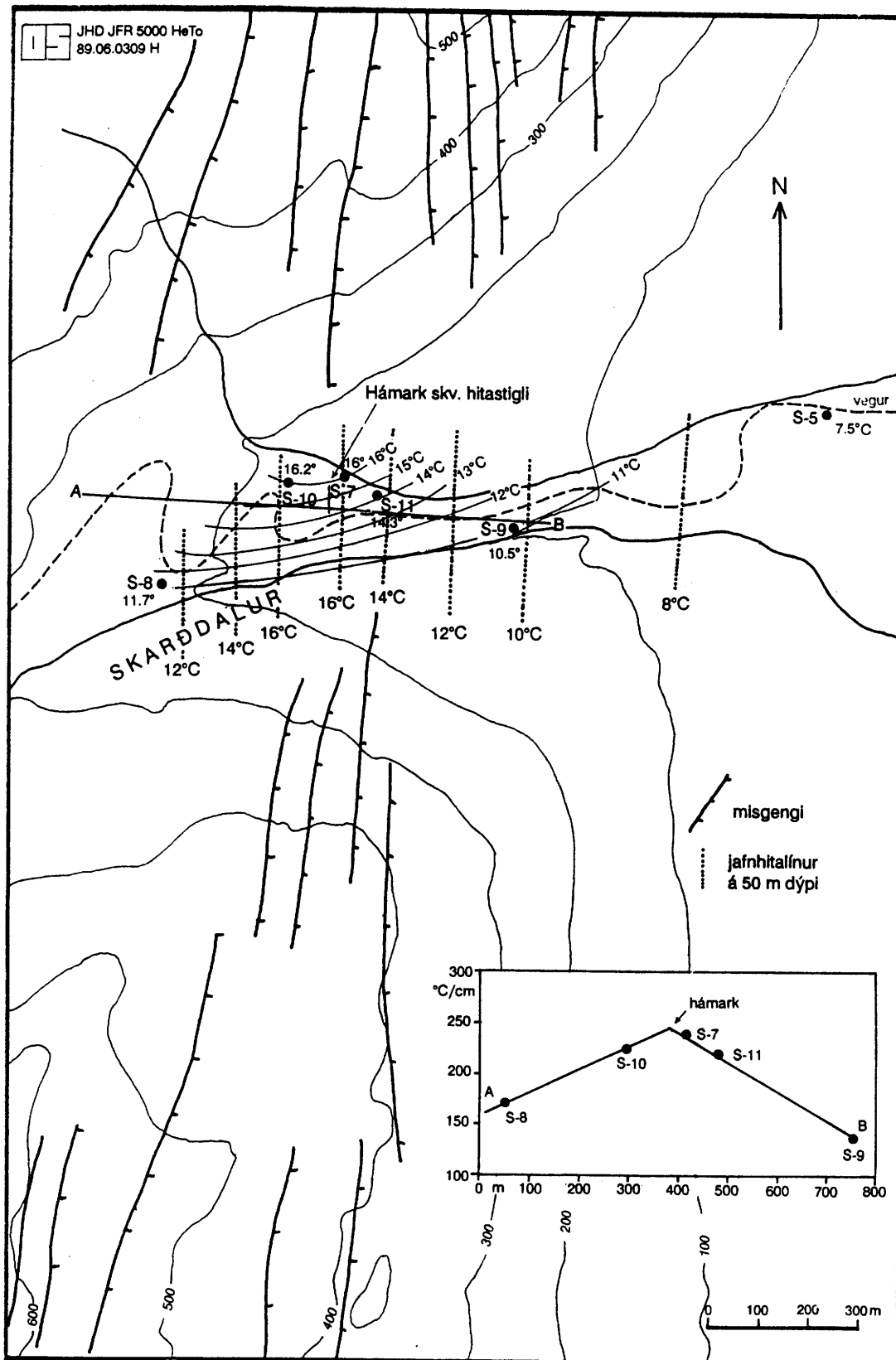
Mynd 1 Hiti í lindum norðan við Hólshyrnu í Siglufirði



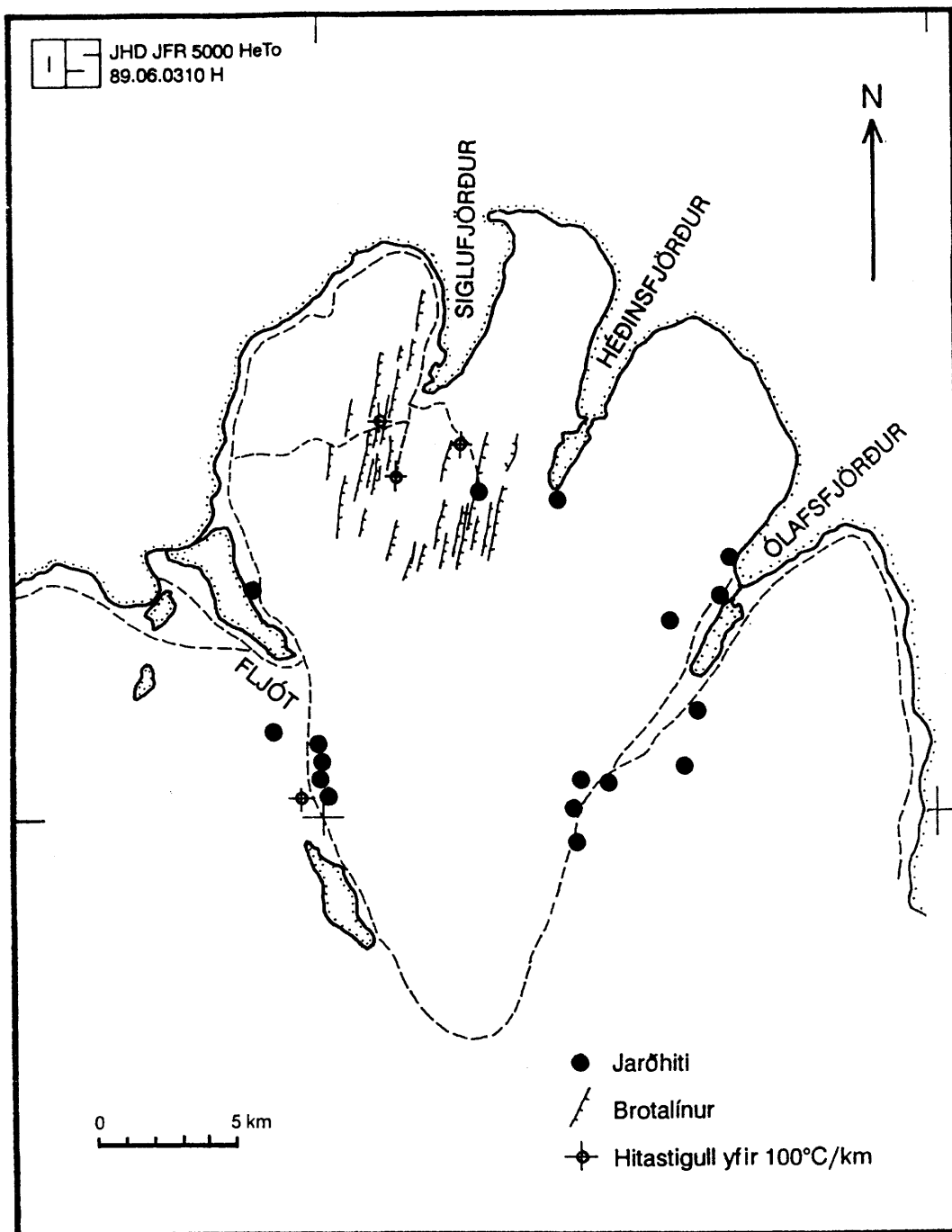
Mynd 2 Staðsetning hitastigulshola í Siglufirói



Mynd 3 Hitastigull á Tröllaskaga og nágrenni



Mynd 4 Hitastigull í Skarðdal. Tvær leiðir til að teikna jafnhitalínur á 50 m dýpi.



Mynd 5 Tröllaskagi, möguleg tengsl brota í Siglufirði og jarðhita í Fljótum.





**VIÐAUKI I**  
**HITAMÆLINGAR Í BORHOLUM**

Siglufjörður, S-4, vatnsborð 4.8-4.9 m			
Dýpi	Mælt 16. okt.	Mælt 19. okt.	°C
m	°C	°C	
4.8	- vatnsb.	- vatnsb.	
4.9	-	-	4.7
6	5.0		4.2
8	4.9		4.2
10	4.9		4.2
12	4.9		4.2
14	5.0		4.3
16	5.1		4.5
18	5.1		4.6
20	5.2		4.7
22	5.3		4.9
24	5.4		5.0
26	5.6		5.1
28	5.7		5.2
30	5.8		5.3
32	5.9		5.5
34	6.0		5.6
36	6.2		5.7
38	6.2		5.8
40	6.4		5.9
42	6.6		6.1
44	6.7		6.2
46	6.7		6.3
48	6.9		6.4
50	7.0		6.5
52	7.0		6.6
54	7.2		6.7
56	7.3		6.9
58	7.3		7.0
60	7.4		7.1
62	7.6		7.3
64	7.7		7.4
64.3	7.8		7.5

Siglufjörður, S-3, vatnsborð 0 m			
Dýpi	Mælt 16. okt.	Mælt 19. okt.	°C
m	°C	°C	
0	- vatnsb.	6.8 vatnsb.	
2	6.5	6.6	
4	6.9	6.3	
6	8.3	7.0	
8	8.5	7.6	
10	8.7	7.5	
12	8.8	7.7	
14	9.1	8.1	
16	9.3	8.6	
18	9.5	8.5	
20	9.7	8.6	
22	9.9	8.8	
24	10.1	9.1	
26	10.2	9.7	
28	10.4	9.8	
30	10.6	9.9	
32	10.7	10.2	
34	11.0	10.4	
36	11.1	10.6	
38	11.2	10.8	
40	11.3	10.9	
42	11.5	11.2	
44	11.7	11.4	
46	11.8	11.6	
48	12.0	11.8	
50	12.1	11.9	
52	12.2	12.1	
54	12.4	12.2	
56	12.5	12.5	
58	12.6	12.5	
60	13.0	13.0	
62	13.3	13.3	
64	13.6	13.6	
64.7	13.7	13.7	

Siglufjörður, S-2, vatnsborð 7.5 m			
Dýpi	Mælt 16. okt.	Mælt 19. okt.	°C
m	°C	°C	
7.5	-	3.0 vatnsb.	
8	-	3.9	
10	3.9	3.9	
12	4.0	4.0	
14	4.0	4.0	
16	4.0	4.0	
18	4.1	4.0	
18.5	5.6	5.9	
19	5.9	6.0	
20	5.9	6.0	
22	6.0	6.0	
24	6.0	6.0	
26	6.0	6.0	
28	6.0	6.0	
30	6.0	6.0	
32	6.0	6.0	
34	6.0	6.0	
36	6.3	6.2	
38	6.6	6.6	
40	6.7	6.8	
42	7.0	7.0	
44	7.2	7.2	
46	7.4	7.4	
48	7.6	7.6	
50	7.7	7.7	
52	8.0	7.9	
54	8.1	8.1	
56	8.3	8.3	
58	8.5	8.5	
60	8.7	8.6	
61.2	8.8	8.8	

Siglufjörður, S-1, aðeins vætlar úr holunni		
Dýpi	Mælt 16. okt.	Mælt 18. okt.
m	°C	°C
0	4.7	7.9
2	4.6	4.8
4	4.6	4.7
6	4.6	4.6
8	4.7	4.5
10	4.7	4.5
12	4.8	4.6
14	4.8	4.7
16	4.8	4.8
18	5.0	4.8
20	5.1	4.9
22	5.1	5.0
24	5.1	5.1
26	5.1	5.1
28	5.2	5.2
30	5.3	5.2
32	5.3	5.3
34	5.4	5.4
36	5.4	5.4
38	5.4	5.4
40	5.5	5.5
42	5.7	5.6
44	5.7	5.6
46	5.8	5.7
48	5.8	5.8
50	5.9	5.9
52	6.0	5.9
54	6.0	6.0
56	6.1	6.1
58	6.2	6.2
60	6.2	-

Siglufjörður, S-8, vatnsborð 9.7 m		
Dýpi m	Mælt 20. okt. °C	Mælt 20. okt. °C
9.7	- vatnsb.	- vatnsb.
10	5.2	5.2
12	4.9	4.9
14	5.2	5.2
16	5.4	5.4
18	5.5	5.5
20	5.8	5.8
22	6.2	6.2
24	6.6	6.6
26	7.1	7.1
28	7.4	7.4
30	7.8	7.8
32	8.2	8.2
34	8.8	8.8
36	9.1	9.1
38	9.5	9.5
40	9.9	9.9
42	10.3	10.3
44	10.7	10.7
46	11.0	11.0
48	11.4	11.4
50	11.7	11.7
52	12.0	12.0
54	12.3	12.3
56	12.7	12.7
58	13.2	13.2
60	13.7	13.7
62	13.9	13.9
64	14.4	14.4

Siglufjörður, S-7, vatnsborð 6.7 m		
Dýpi m	Mælt 19. okt. °C	Mælt 20. okt. °C
6.7	- vatnsb.	- vatnsb.
8	8.2	8.3
10	8.5	8.5
12	8.6	8.6
14	8.9	8.7
16	8.9	9.1
18	9.0	9.3
20	9.2	9.9
22	9.7	9.8
24	9.8	10.2
26	10.0	10.3
28	10.4	10.6
30	10.8	11.2
32	11.3	11.6
34	12.0	12.1
36	12.2	12.4
38	12.8	12.7
40	13.3	13.3
42	13.7	13.7
44	14.0	13.9
46	14.2	14.3
48	15.6	15.3
50	16.2	16.0
52	16.7	16.5
54	17.2	17.0
56	17.7	17.4
58	18.1	17.9
60	18.5	18.4
61.7	19.0	18.8

Siglufjörður, S-6, vatnsborð 2 m		
Dýpi m	Mælt 18. okt. °C	Mælt 20. okt. °C
2	- vatnsb.	5.3 vatnsb.
4	5.7	5.2
6	4.9	4.6
8	4.7	4.5
10	4.9	4.6
12	5.1	4.8
14	5.3	5.0
16	5.4	5.1
18	5.6	5.3
20	5.7	5.4
22	5.9	5.6
24	6.0	5.8
26	6.1	5.9
28	6.2	6.0
30	6.3	6.2
32	6.4	6.4
34	6.6	6.6
36	6.9	6.7
38	7.2	6.9
40	7.5	7.1
42	7.6	7.3
44	7.8	7.5
46	7.9	7.7
48	8.2	7.9
50	8.5	8.1
52	8.6	8.2
54	8.8	8.4
56	8.9	8.5
58	9.0	8.7
60	9.2	8.9
62	9.3	9.1
64	9.4	9.2
64.4	9.4	9.2

Siglufjörður, S-5, vatnsborð 7.9-23.5 m		
Dýpi m	Mælt 17 okt. °C	Mælt 18. okt. °C
7.9	-	- vatnsb.
8.0	-	4.2
9.7	-	- vatnsb.
10	4.7	4.5
12	4.6	4.6
14	4.7	4.7
16	4.8	4.8
18	5.0	5.0
20	5.2	5.1
22	5.3	5.2
23.5	- vatnsb.	-
24	5.4	5.4
26	5.6	5.6
28	5.7	5.7
30	5.8	5.8
32	5.9	5.9
34	6.2	6.2
36	6.6	6.3
38	6.8	6.5
40	6.9	6.7
42	7.0	6.8
44	7.3	7.0
46	7.3	7.2
48	7.5	7.3
50	7.6	7.5
52	7.7	7.7
54	7.8	7.8
55	8.1	-
56	8.2	8.0
58	8.4	8.1
60	8.5	8.3
62	8.5	8.4
63	8.6	-
63.1	-	8.5
63.2	8.5	-
63.8	8.7	-

Siglufjörður, S-9, vatnsborð 0 m		
Dýpi	Mælt 25. okt. kl.08:30 °C	Mælt 25. okt. kl.14:00 °C
0	- vatnsb.	4.3 vatnsb.
2	4.4	4.3
4	4.4	4.5
6	4.7	4.6
8	5.4	5.1
10	5.2	5.1
12	5.7	5.5
14	5.7	5.7
16	5.9	5.9
18	6.0	5.9
20	6.5	6.3
22	6.7	6.6
24	6.9	6.8
26	7.0	7.1
28	7.2	7.4
30	7.6	7.7
32	8.0	8.0
34	8.3	8.2
36	8.6	8.5
38	8.9	8.8
40	9.1	9.0
42	9.4	9.3
44	9.7	9.7
46	10.0	9.9
48	10.3	10.3
50	10.5	-
52	10.8	-
54	11.1	-

Siglufjörður, S-10, vatnsborð 20.5-34.7 m			
Dýpi	Mælt 26. okt. kl.08:30 °C	Mælt 26. okt. kl.14:00 °C	Mælt 27. okt. °C
20.5	-	-	8.7 vatnsb.
22	-	-	8.9
24	-	-	9.3
26	-	-	9.9
28	-	-	10.9
28.4	-	10.7 vatnsb.	-
30	-	11.2	11.4
32	-	12.1	11.9
34	-	12.6	12.5
34.7	12.5 vatnsb.	-	-
36	13.3	13.1	12.99
38	13.9	13.6	13.4
40	14.5	14.1	13.8
42	15.3	14.6	14.4
44	15.5	15.1	14.8
46	15.7	15.4	15.1
48	16.0	15.6	15.4
50	16.3	16.2	16.2
52	16.7	16.6	16.7
54	17.2	17.2	17.3
56	18.0	17.9	17.8
58	18.3	18.3	18.4
59.9	-	-	18.9
60	18.8	18.8	-
60.3	-	18.9	-
60.6	18.9	-	-

Siglufjörður, S-11, vatnsborð 2.5 m		
Dýpi	Mælt 27. okt. °C	
2.5	1.9 vatnsb.	
4	3.1	
6	5.3	
8	5.5	
10	5.6	
12	5.7	
14	6.2	
16	6.9	
18	7.2	
20	7.8	
22	8.4	
24	8.7	
26	9.0	
28	9.4	
30	9.8	
32	10.0	
34	10.3	
36	11.1	
38	11.7	
40	12.1	
42	12.5	
44	12.9	
46	13.4	
48	14.0	
50	14.3	
52	14.6	
54	15.0	
56	15.4	
58	15.9	
58.2	15.9	

Siglufjörður, H2 gömul vatnsbola, vatnsb. 3.8 m		
Dýpi	Mælt 19. okt. °C	
3.8	5.0 vatnsborð	
4	4.9	
6	4.2	
8	3.7	
10	3.6	
12	3.6	
14	3.6	
15.1	3.7	

Siglufjörður, Skútudalur H-5, vatnsborð 2 m		
Dýpi	Mælt 24. okt. °C	
2	8.1 vatnsb.	
4	8.5	
6	9.0	
8	9.6	
10	10.0	
10.7	10.6	

Siglufjörður, Skútudalur H-9, vatnsb. 81.6 m		
Dýpi	Mælt 24. okt. °C	
81.6	- vatnsb.	
82	58.9	
84	59.0	
86	59.1	
88	59.2	
90	59.3	
92	59.5	
94	59.6	
96	59.7	
98	59.8	

Siglufj., Skútudalur H-8, vatnsborð 2.75 m	
Dýpi m	Mælt 24. okt. °C
2.75	7.8 vatnsborð
4	25.2
6	25.6
8	26.6
10	28.5
12	30.5
14	32.6
16	34.4
18	36.8
20	40.0
22	42.6
24	45.2
26	47.8
28	50.0
30	51.0
32	51.3
34	51.5
36	51.7
38	51.8
40	52.0
42	52.2
44	52.4
46	52.7
48	52.4
50	53.0
52	53.3
54	53.5
56	53.7
58	53.4
60	54.2
62	54.3
64	54.6
66	54.7
68	55.0
70	55.2
72	55.4
74	55.7
76	55.8
78	56.1
80	56.3
82	56.5
84	56.6
86	56.7
88	56.4
90	57.1
92	57.3
94	57.5
96	57.7
98	57.4

Skeiðsfossvirkjun ST-3, vatnsborð 2.9 m	
Dýpi m	Mælt 20. okt. °C
2.9	4.5 vatnsborð
4	5.6
6	5.3
8	5.3
10	5.5
12	5.7
14	5.9
16	6.1
18	6.3
20	6.6
22	6.8
24	7.0
26	7.2
28	7.4
30	7.6
30.2	7.6

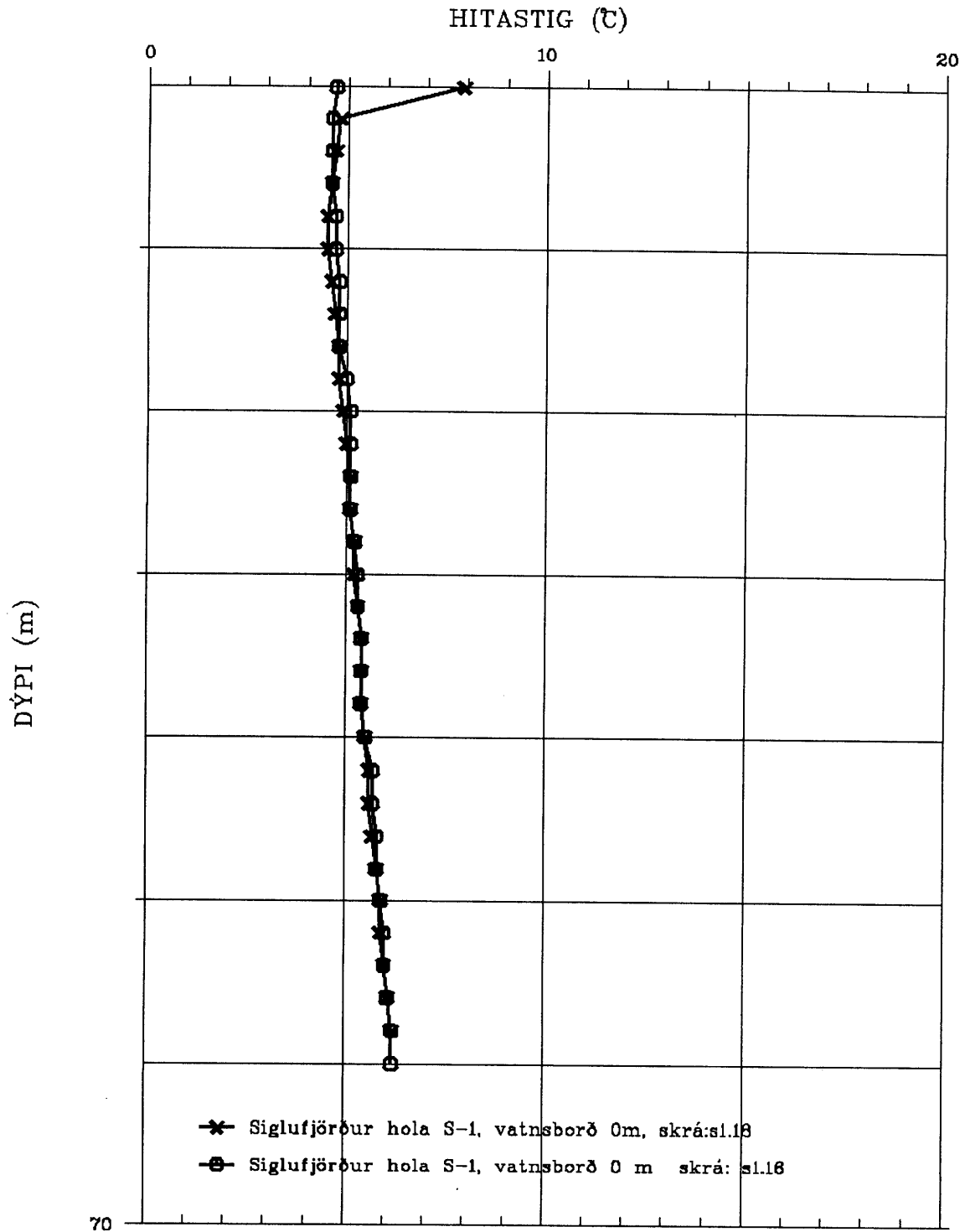


**VIÐAUKI II**  
**HITAFERLAR Í BORHOLUM Á SIGLUFIRÐI**



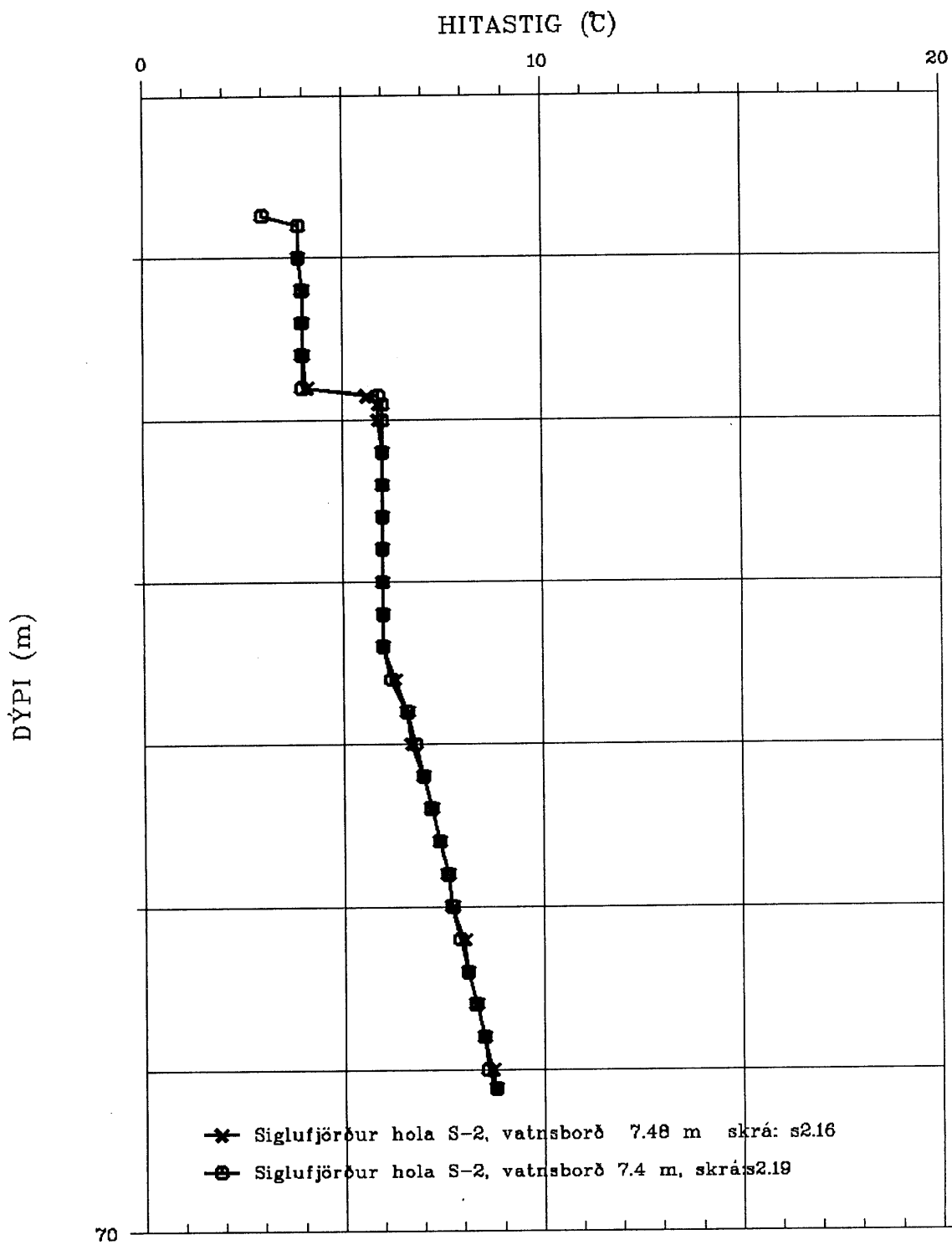
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0291 T

### Mynd 6: Hóla S-1, Siglufirði Mælingar 16. og 18. okt 1988



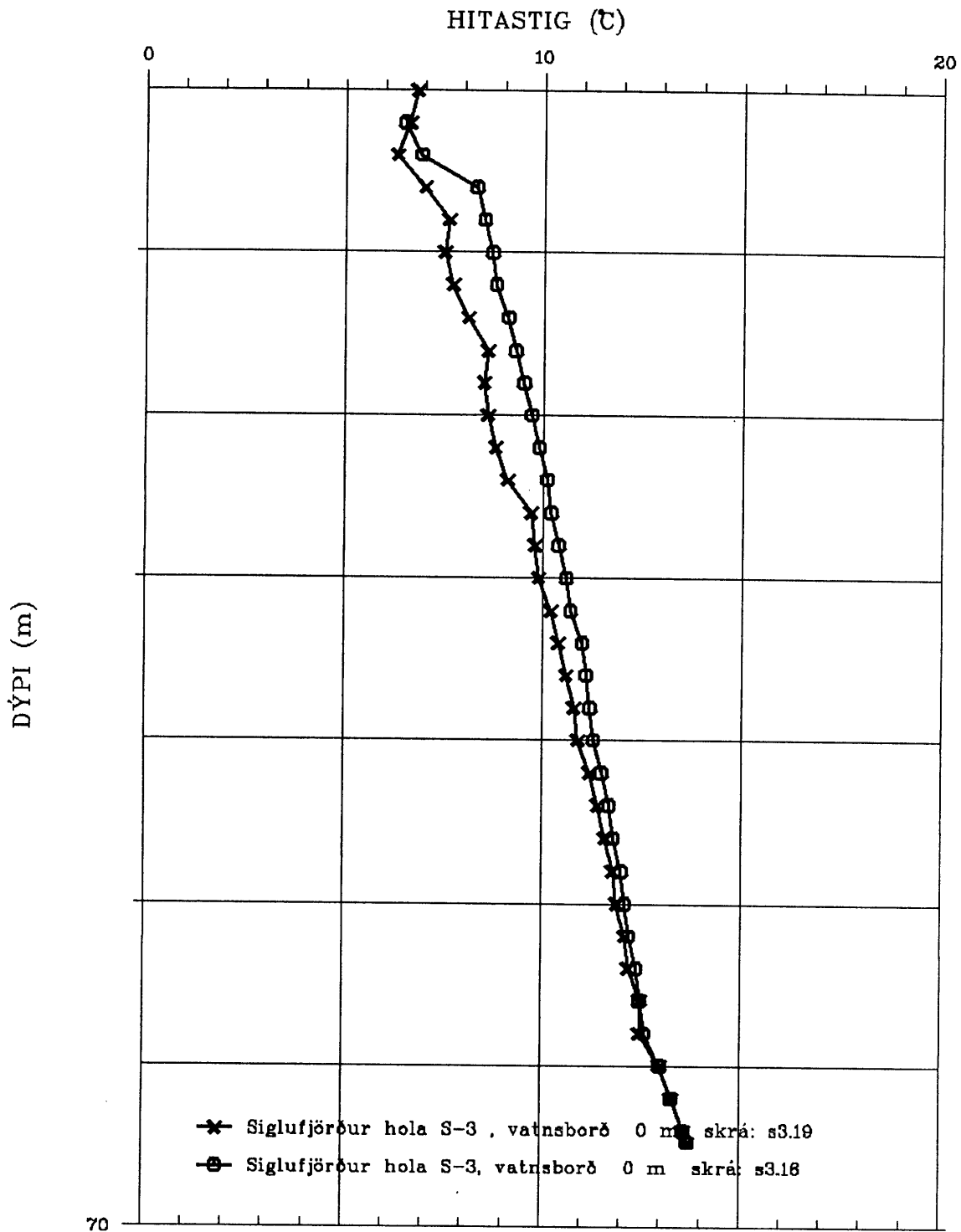
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0292 T

### Mynd 7: Hóla S-2, Siglufirði Mælingar 16. og 18. okt. 1988



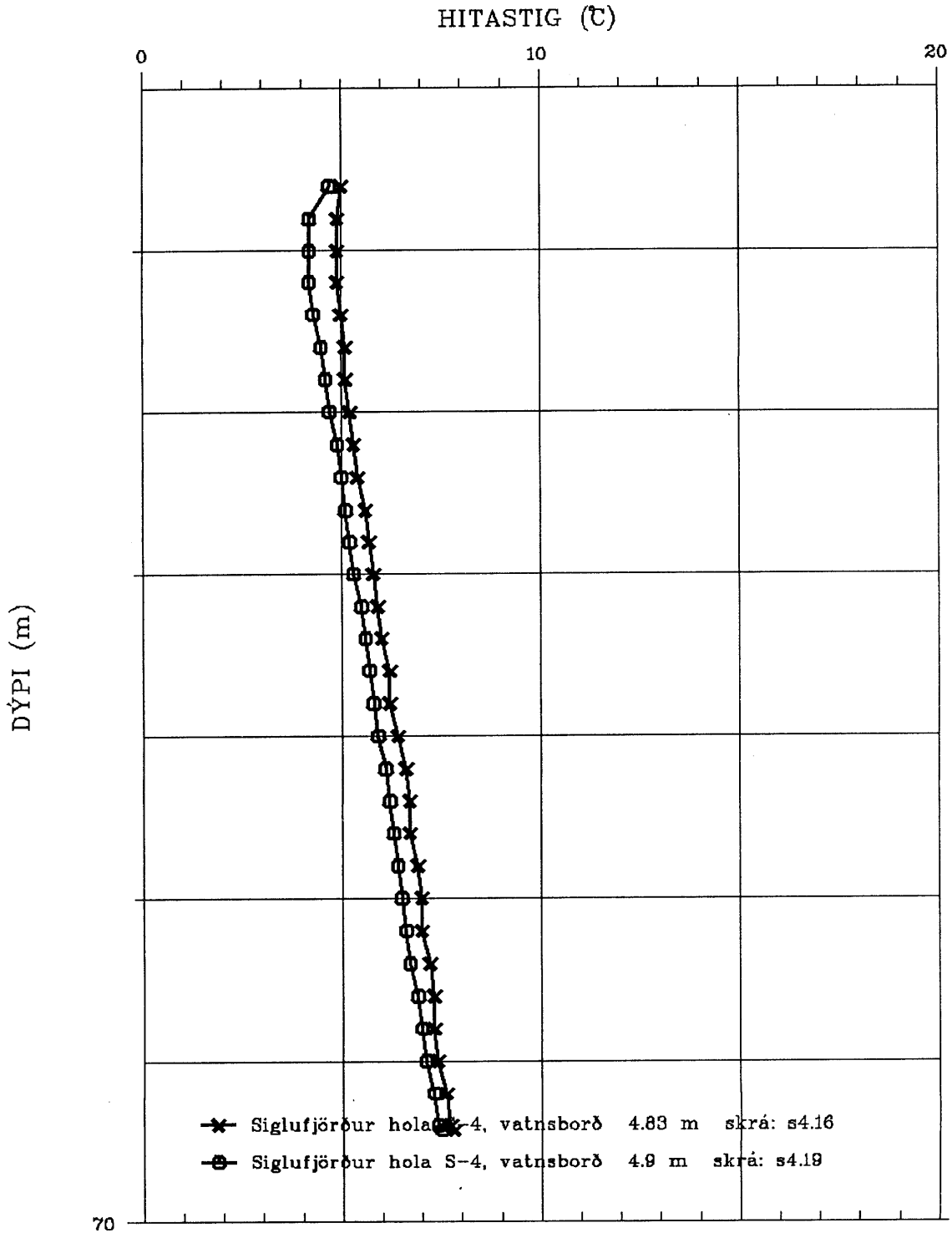
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0293 T

### MYND 8 HOLA S-3 á Siglufirði Mælingar 16. og 19. okt. 1988



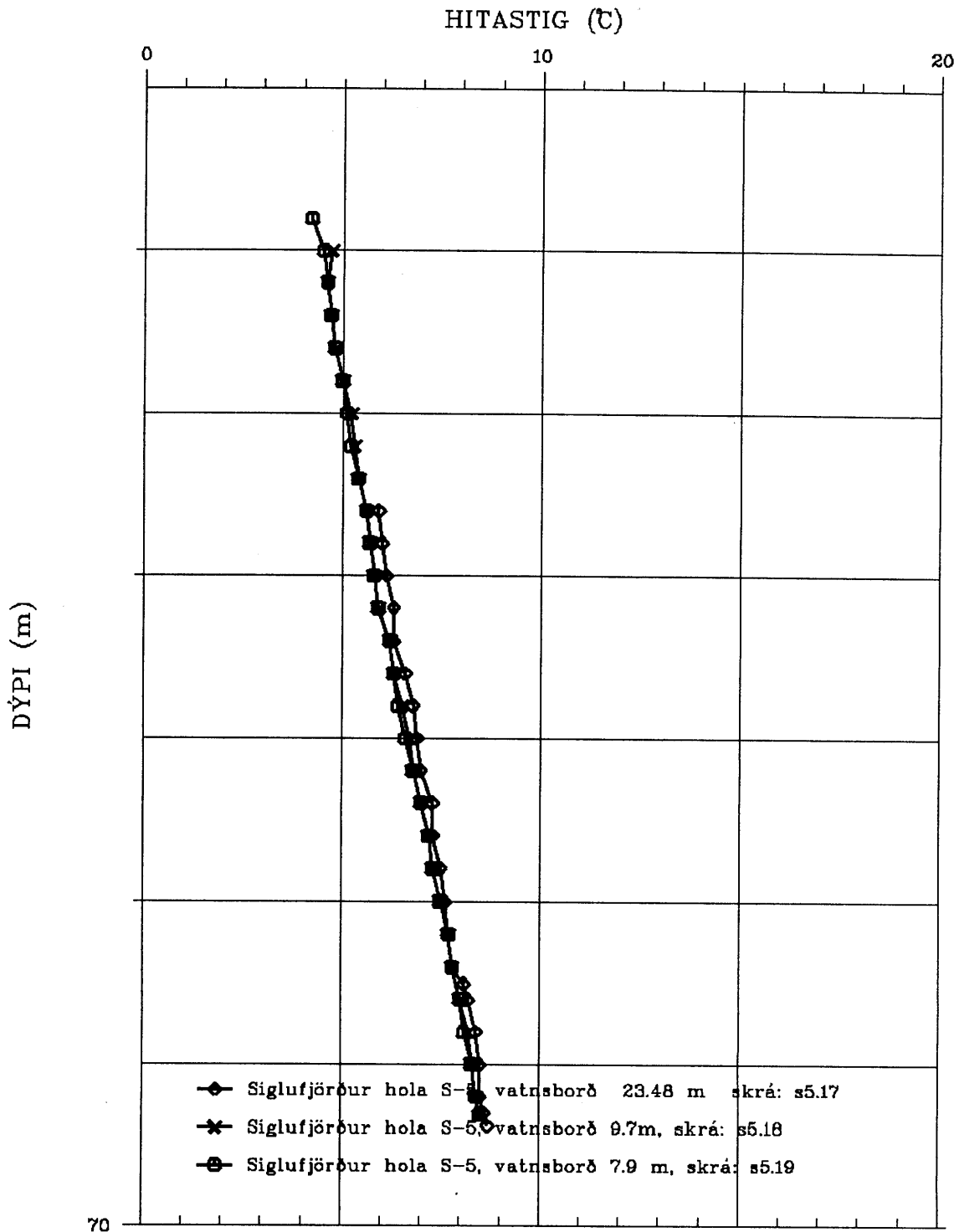
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0294 T

### Mynd 9: Hóla S-4, Siglufirði Mælingar 18. og 19. okt. 1988



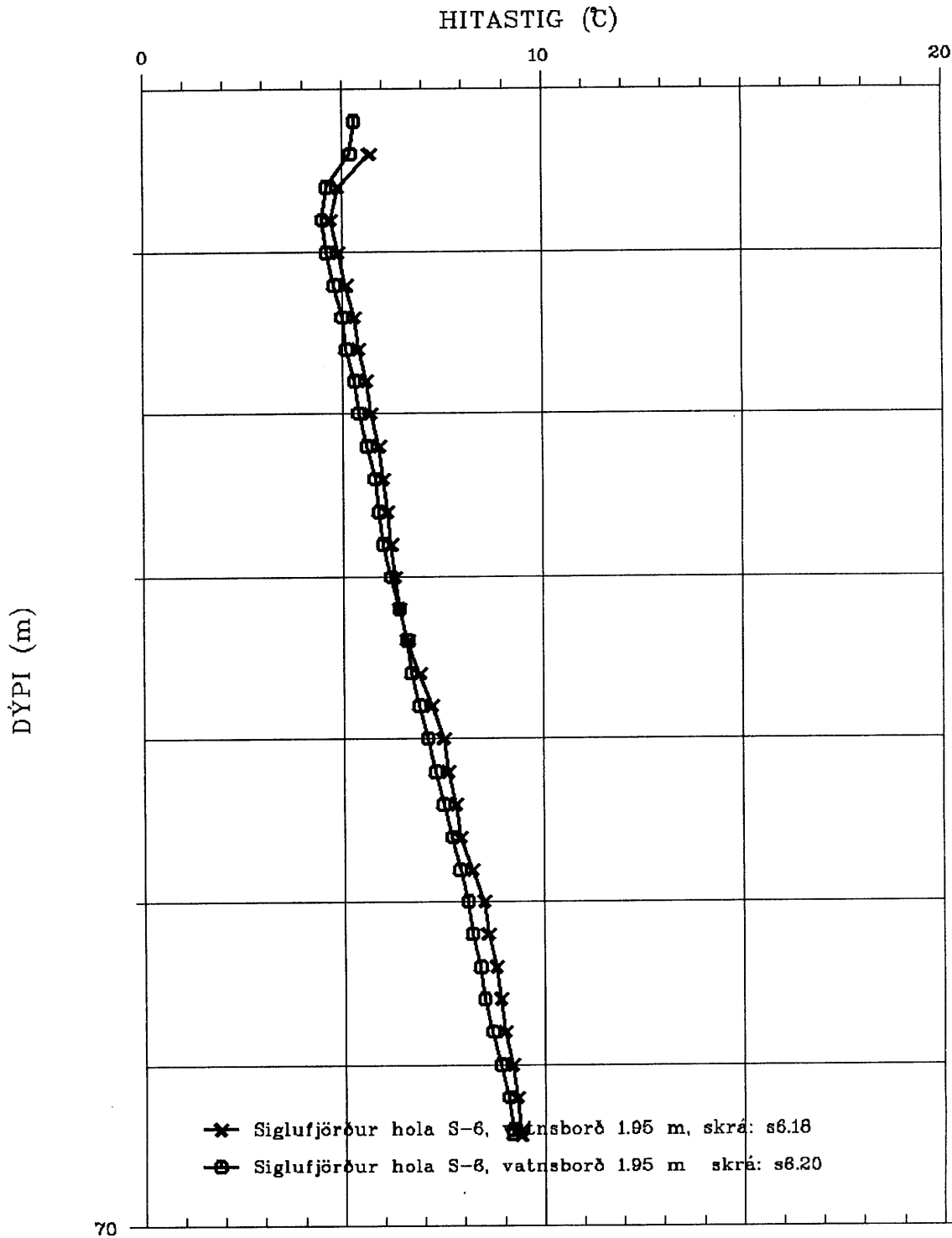
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0295 T

### Mynd 10: Hola S-5, Siglufirði Mæl. 17. 18. og 19. okt. 1988



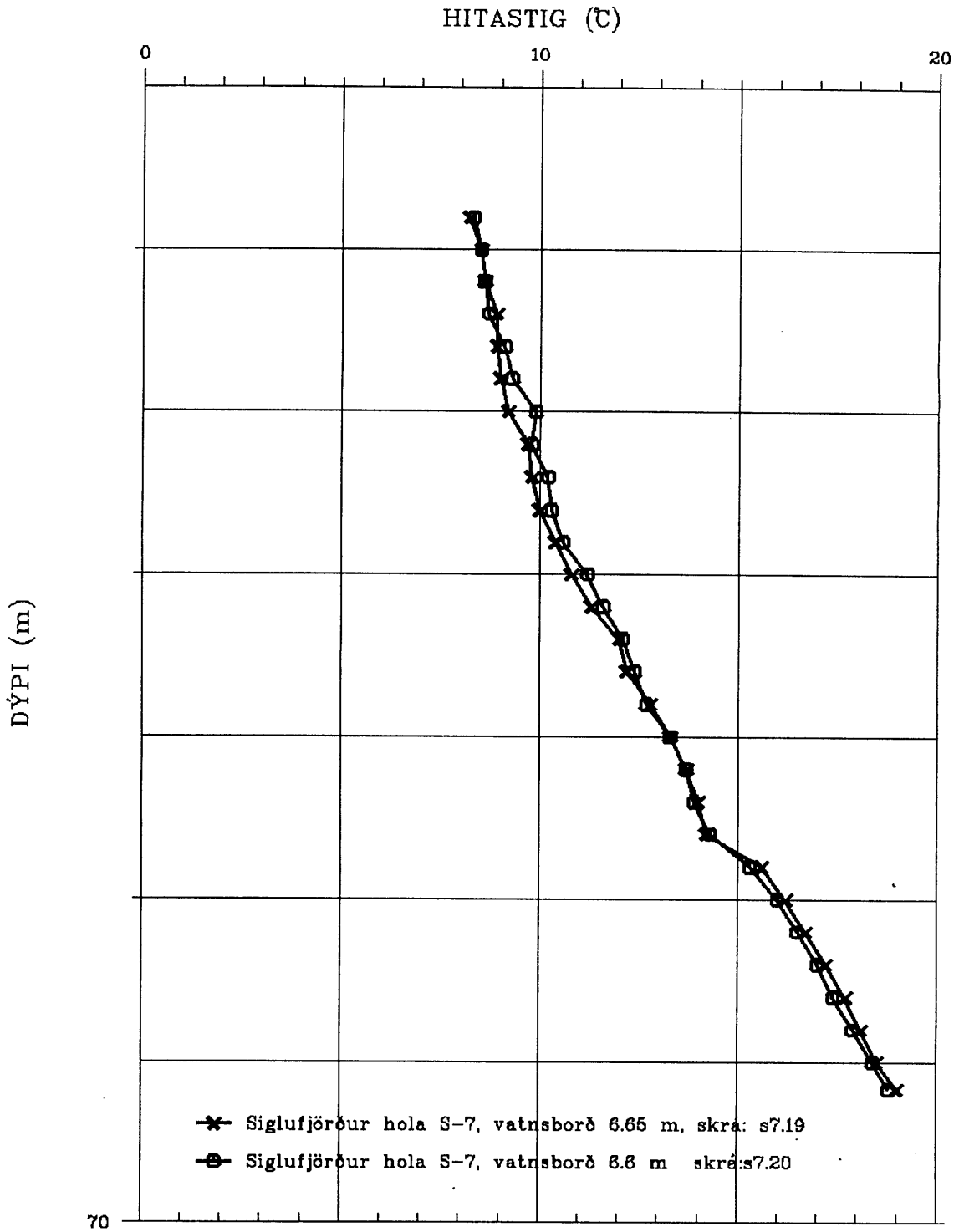
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0296 T

# Mynd 11: Hóla S-6, Síglufirði Mælingar 18. og 20. okt. 1988



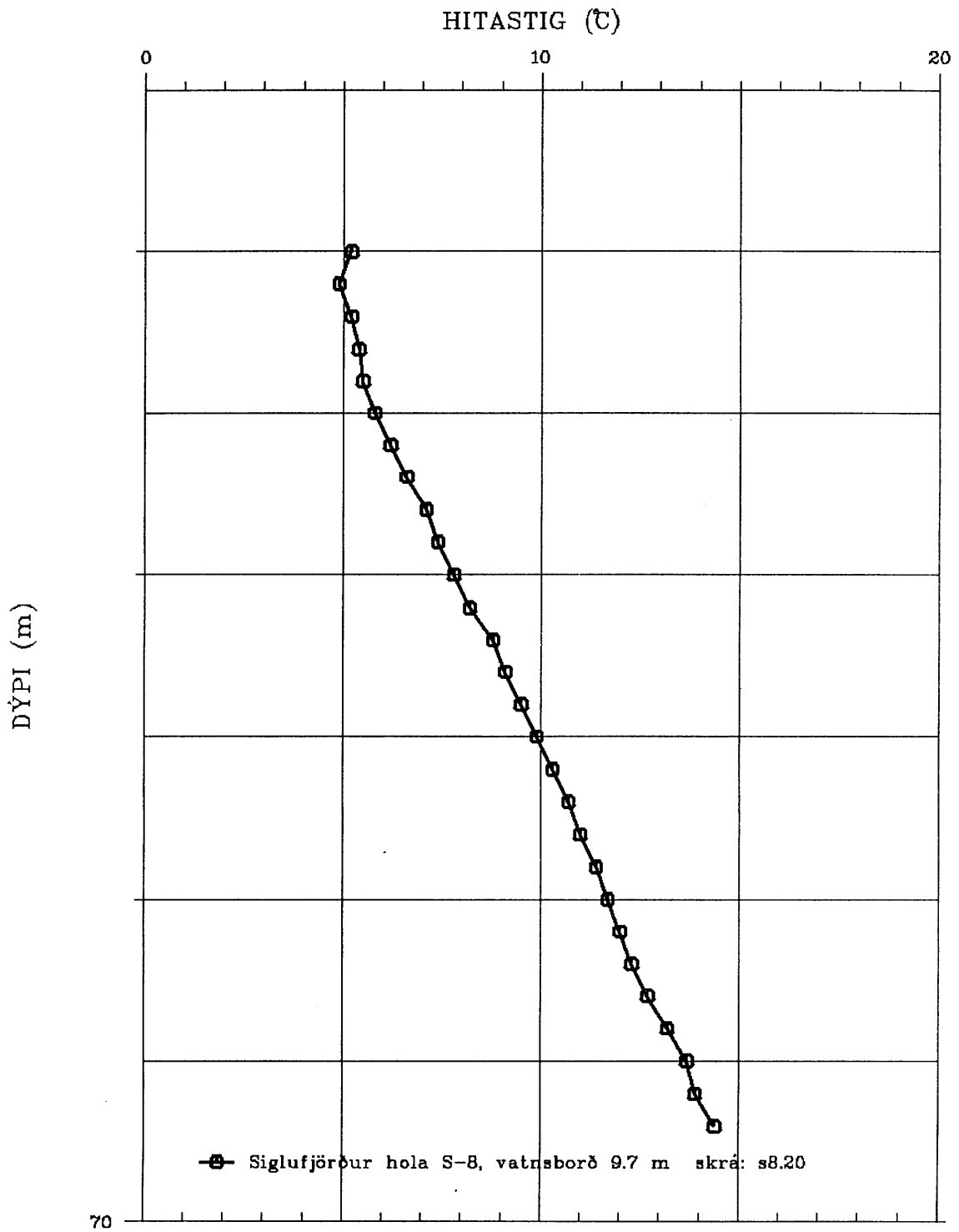
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0297 T

### Mynd 12: Hola S-7, Siglufirði Mælingar 19. og 20. okt. 1988



JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0298 T

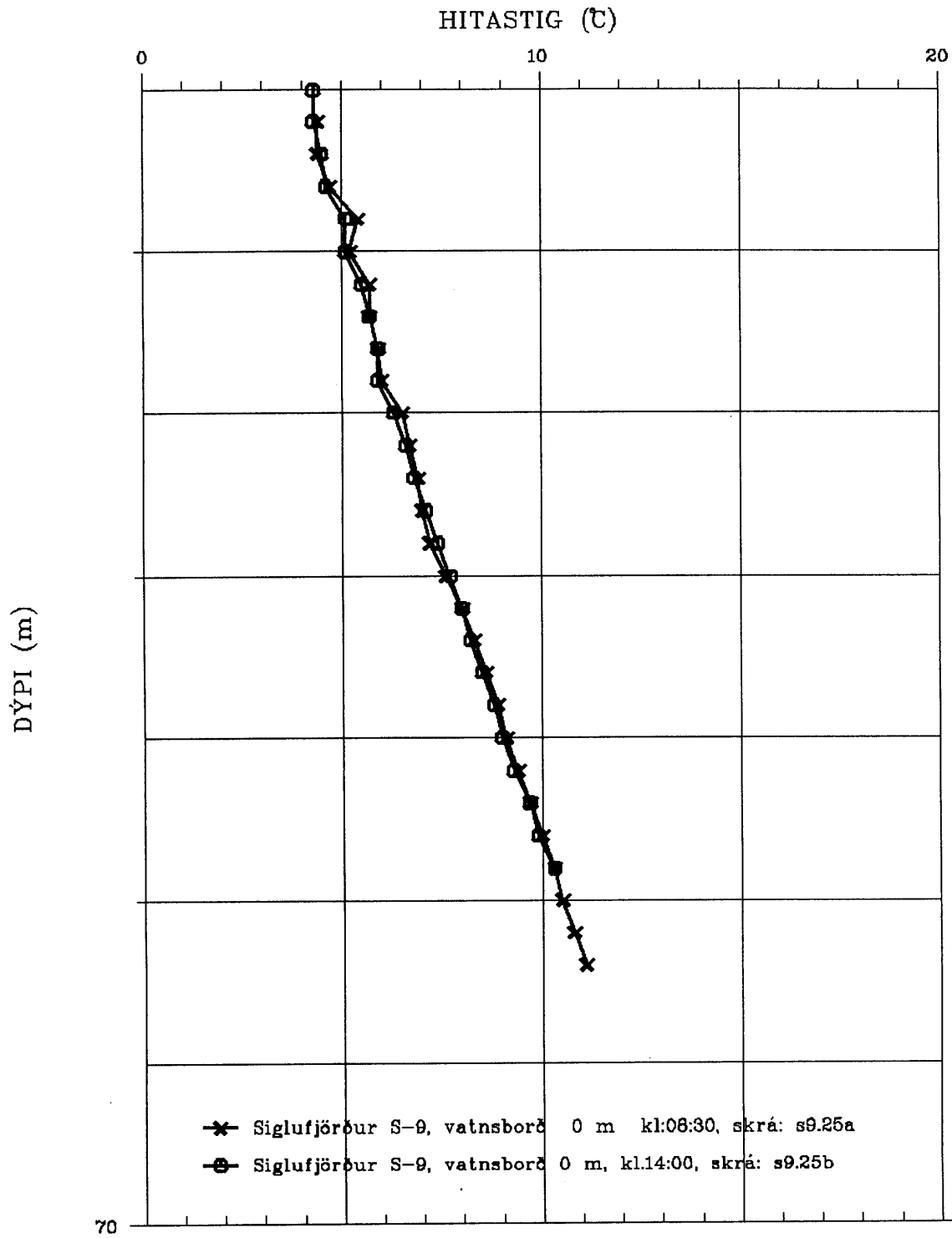
### Mynd 13: Hóla S-8, Síglufirði Mæling 20. okt 1988





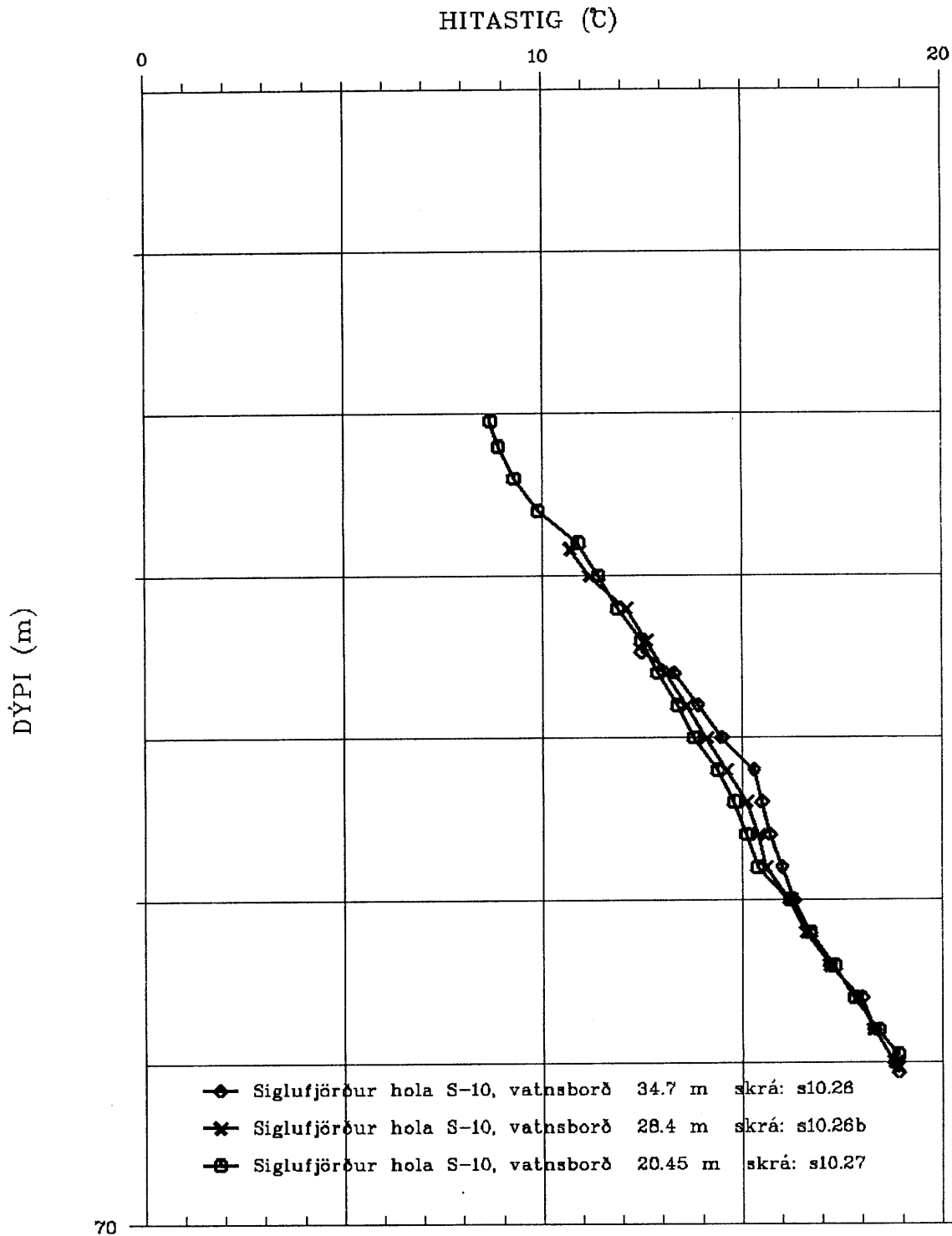
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0299 T

### Mynd 14: Hóla S-9, Siglufirði Mæld 25. okt. 1988



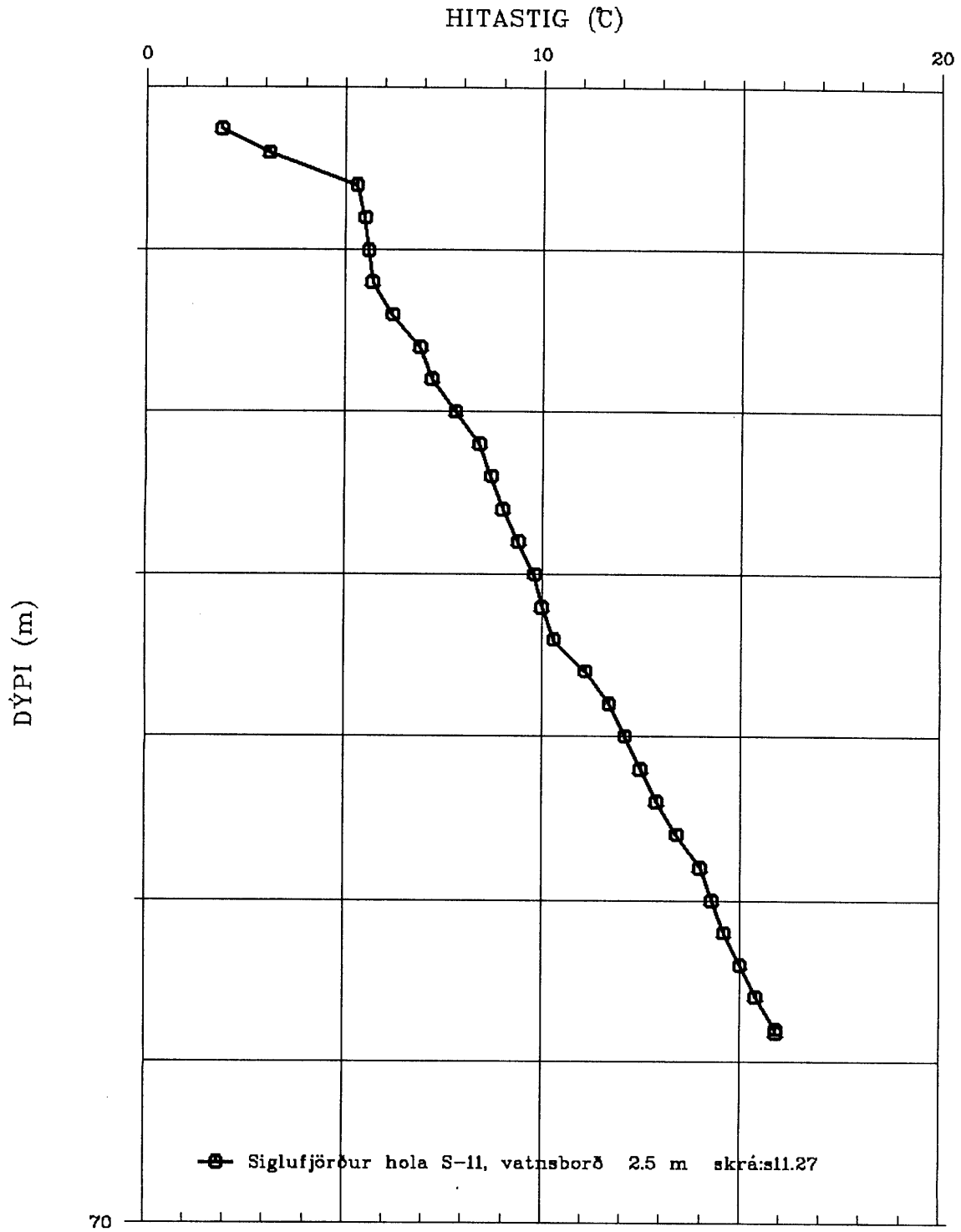
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0300 T

### Mynd 15: Hóla S-10, Síglufirði Mælingar 26. og 27. okt. 1988



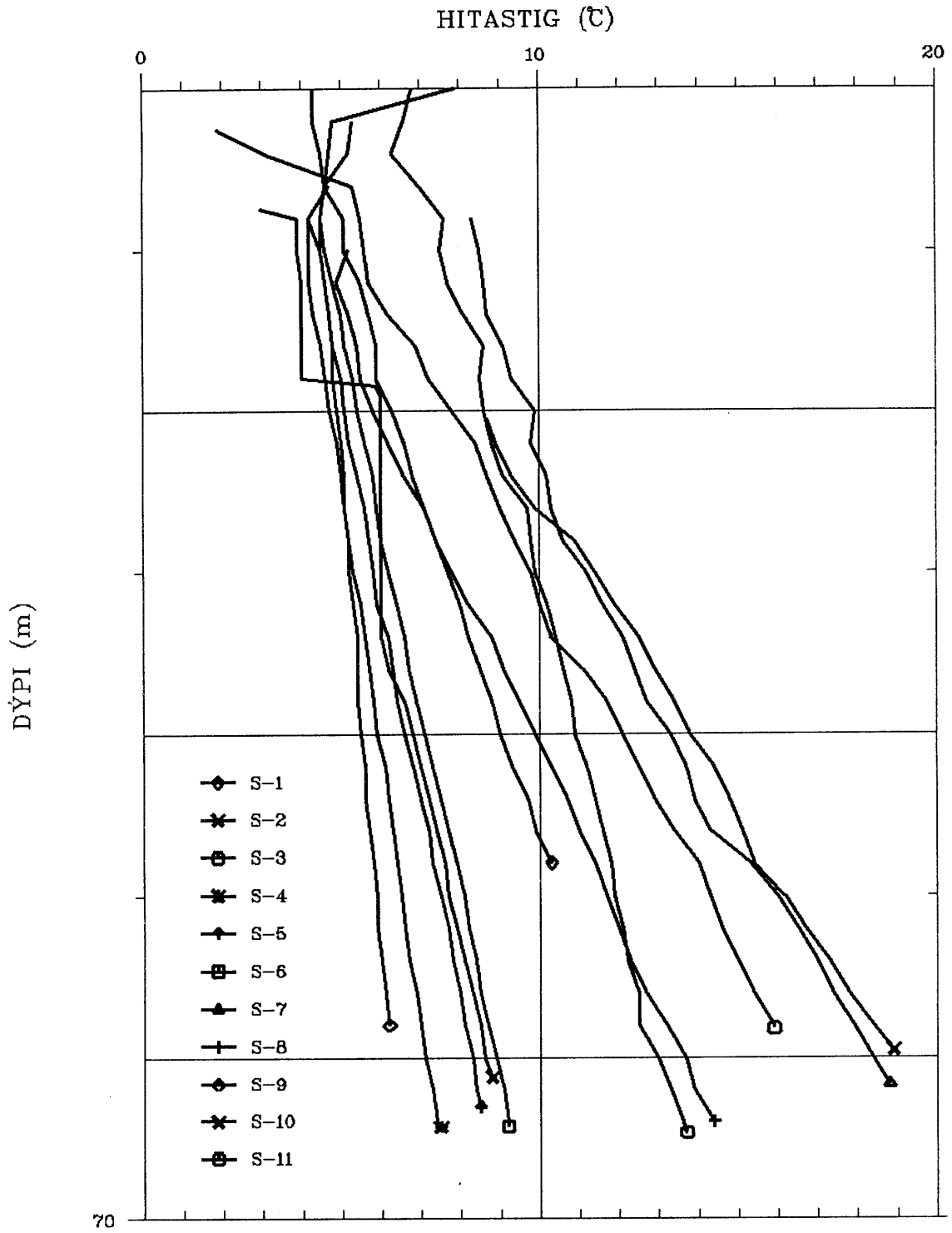
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0301 T

### Mynd 16: Hóla S-11, Síglufirði Mæling 27. okt. 1988



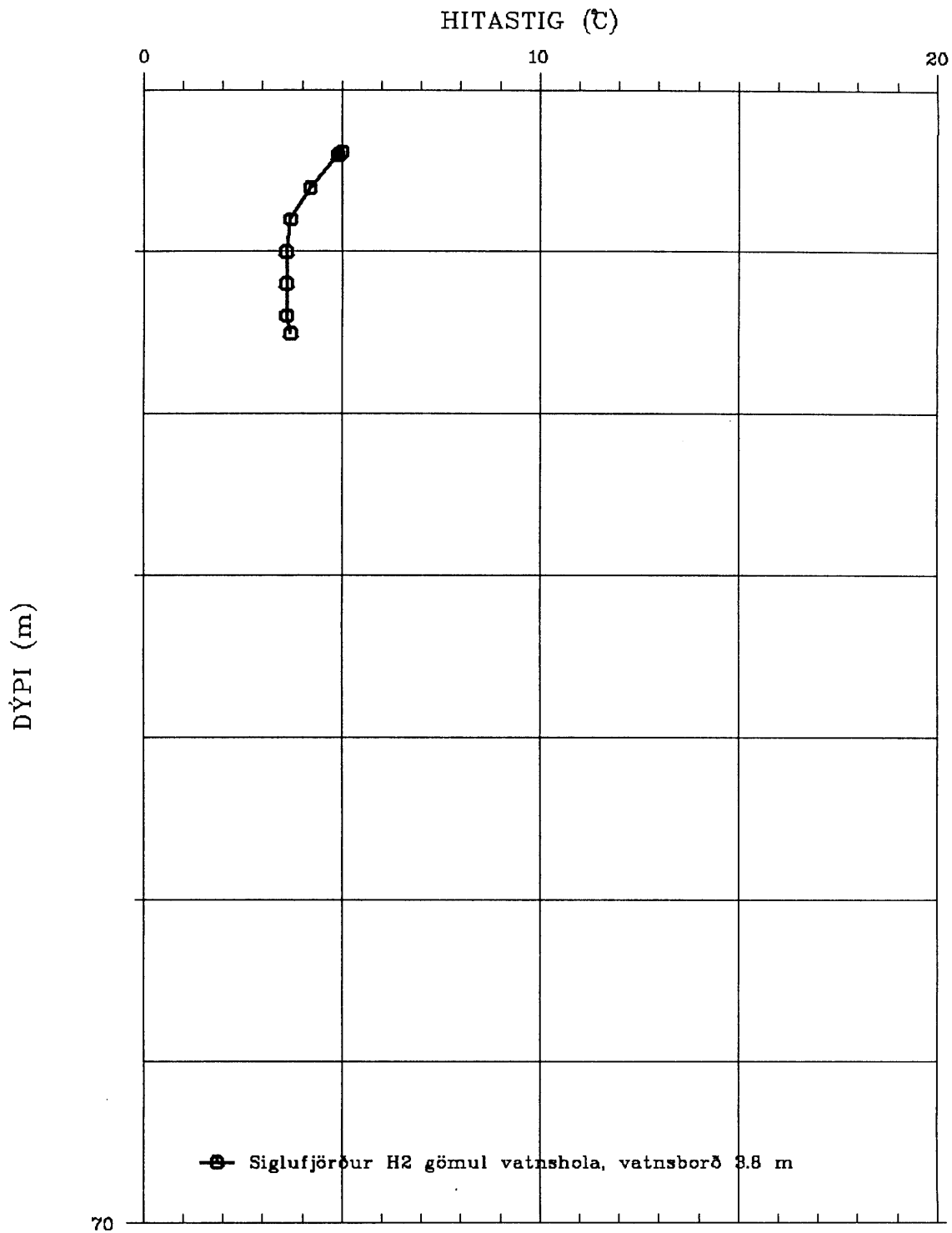
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0302 T

# Mynd 17: Holur S-1 til S-11 Siglufirði Mældar í okt. 1988



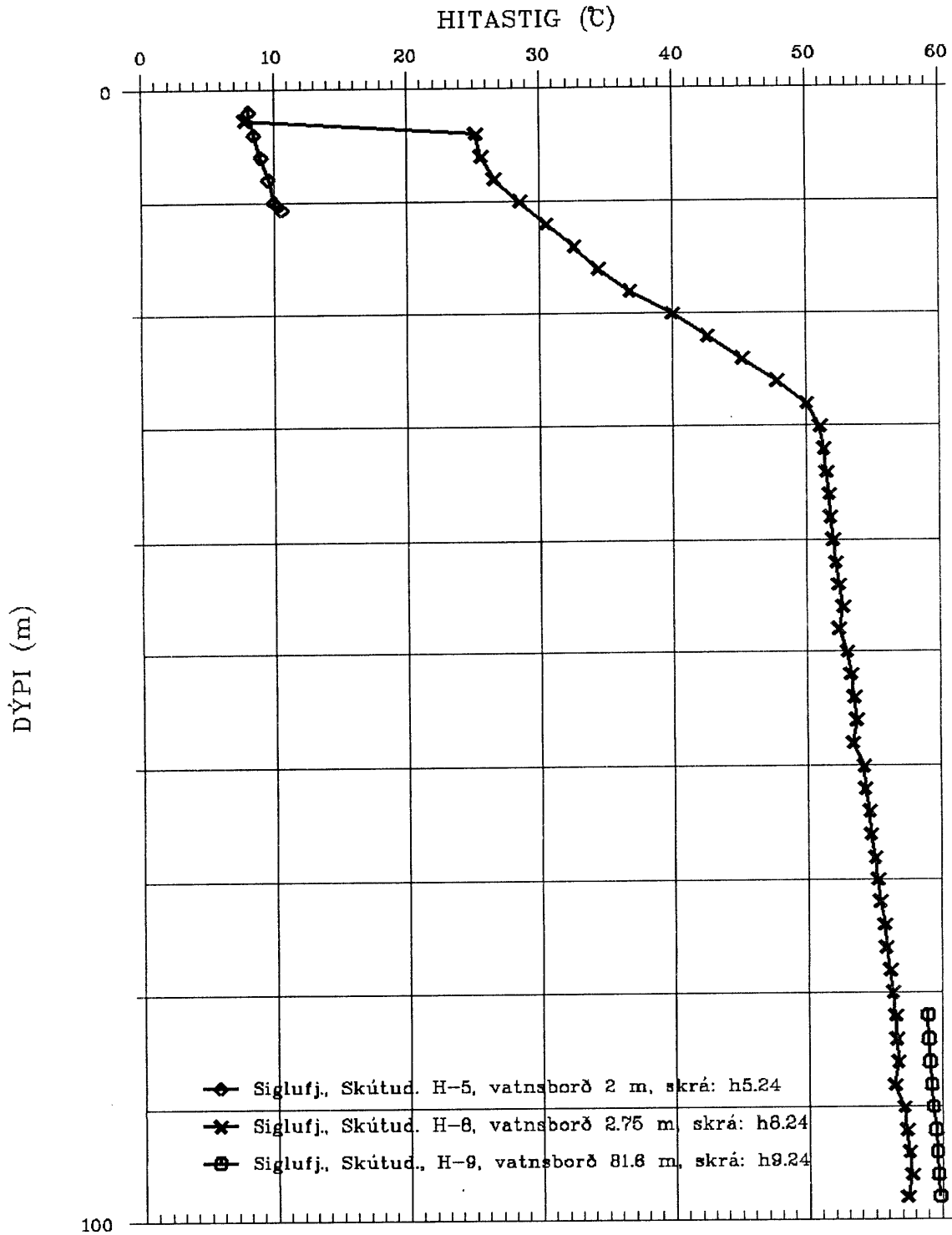
JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0303 T

### Mynd 18: H2, Siglufirði Kaldavatnshola Mæld 19. okt. 1988



JHD-JFR-5000-HeTo  
89.06.0304 T

# Mynd 19: Holur H-5, H-8 og H-9 Vinnslusvæði HS í Skútudal Mældar 24. okt. 1988



JHD-JFR-5715-HeTo  
89.06.0305 T

### Mynd 20: Hola SF-3, Fljótum Neðri Skeiðsfossvirkjun Mæld 20. okt. 1988

