



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

HITAVEITA SAUÐÁRKRÓKS
Aukning vatnsvinnslu við Áshildarholtsvatn

Þorsteinn Thorsteinsson
Ragna Karlsdóttir

OS-86072/JHD-32 B

Nóvember 1986



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer : 651-001

HITAVEITA SAUÐÁRKRÓKS
Aukning vatnsvinnslu við Áshildarholtsvatn

Þorsteinn Thorsteinsson
Ragna Karlsdóttir

OS-86072/JHD-32 B

Nóvember 1986

EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 ÁGRIP OG NIÐURSTÖÐUR	4
2 INNGANGUR	5
3 BORHOLUR	5
4 VATNSVINNSLA	6
5 HITI	7
6 EFNASÝNI	8
7 ÞRÝSTINGUR	8
8 VATNSLEIÐNI	9
9 AUKNING VATNSVINNSLUNNAR	10
10 VINNSLUEFTIRLIT	12
11 VIÐNÁMS- OG SEGULMÆLINGAR 1981	13
HEIMILDIR	16
VIÐAUKI A: Efnasamsetning hitaveituvatns á Sauðárkróki	33
VIÐAUKI B: Um viðnámsmælingar, mæliferlar	37

TÖFLUR

1 Holur SK-9, SK-10, SK-11, SK-12 og SK-13. Dýpi og þvermál, vatnsmagn og iðustreymisstuðlar í ágúst 1984 ..	6
2 Efnasamsetning vatns	35
3 Reiknaður þrýstingur 1965 - 1984	9
4 Áætluð vatnsvinnsla með djúpdælum	11
5 Þvermál rennslismæla	12
6 Borholur á Borgarmýrum við Áshildarholtsvatn	15

MYNDASKRÁ

	Bls
1 Staðsetning borhola	17
2 Holur SK-9 til SK-13. Þvermál, vatnsæðar	18
3 Vatnsmagn úr borholum 1953 - 1984	19
4 Borholur við Áshildarholtsvatn. Vatnsmagn og þrýstingur 14.-24. ágúst, 1984	20
5 Hitamælingar í holum SK-9 - SK-13	21
6 Hitamælingar í holu SK-9	22
7 Hitamælingar í holu SK-10	23
8 Hitamælingar í holu SK-11	24
9 Hitamælingar í holu SK-12	25
10 Hitamælingar í holu SK-13	26
11 Hóla SK-12 hækkun þrýstings 23. ágúst 1984	27
12 Hóla SK-13 hækkun þrýstings 22. ágúst 1984	28
13 Viðnámssniðsmælingar	29
14 Lína 1, Líkan, reiknaðir og mældir ferlar	30
15 Segulkort	31

1 ÁGRIP OG NIÐURSTÖÐUR

Kannaðar eru leiðir til aukningar hámarksvinnslu á vinnslusvæði Hita-veitu Sauðárkróks við Áshildarholtsvatn úr 90 l/s í 190-220 l/s af 69° - 70°C heitu vatni. Vinnsluholur á svæðinu eru 5 talsins, SK-9, SK-10, SK-11, SK-12 og SK-13, 379-667 m djúpar. Átta eldri holur, 120-157 m djúpum, hefur verið lokað með steypu. Rennsli af svæðinu mældist 148 l/s þann 22. ágúst 1984 og hafði þá minnkað um 13 l/s á átta dögum frá því holurnar voru fullopnaðar til prófunar 14. ágúst. Heildarrennsli af svæðinu frá upphafi, 1948, er áætlað 55 Gl (Gl=1 mill. m³), þar af 35 Gl frá 1972, 85 l/s að meðaltali. Hita-mælingar og vatnsæðar í holunum benda til þriggja, að einhverju leyti afmarkaðra láréttra vatnsleiðara á vinnslusvæðinu:

Vatnsleiðari	Dýptarbil(m)	Hiti°C
A	120-470	72
B	470-570	71
C	570-665	67

Lokunarþrýstingur hola SK-2 og SK-4 (120 og 135 m) mældist 1,5-1,7 bar í des. 1948. Hærri lokunarþrýstingur, 4,4-6,0 bar, var reiknaður í dýpri holunum, SK-10 og SK-11, við lok borunar 1972.

Meðalrennsli 1972-1981 er áætlað 80-90 l/s og þrýstingslækkun 2,9 bar, 0,32 bar/ári. Minni lækkun þrýstings, innan við 0,1 bar/ári, hefur orðið frá því 1981 er hola SK-13 var boruð niður í leiðara C. Orsakir hægari þrýstingslækkunar eftir 1981 gætu verið þessar:

- 1) Tilkoma nýrra óháðra vatnsæða í SK 13 (leiðari C).
- 2) Eðlileg minnkandi þrýstingslækkun með tíma.
- 3) Minna heildarrennsli úr holunum vegna betri samræmingar milli rennslis og álags hitaveitunnar.

Iðustreymisstuðlar holanna, einkum SK-13, eru sambærilegir við stuðla reiknaðrar rennslismótstöðu upp eftir holunum. Lækkun rennslismótstöðunnar með borun nýrrar holu og með víkkun og dýpkun eldri hola niður í C leiðarann myndi því auka rennsli af svæðinu. Varanleiki aukningarinnar ræðst af þrýstingslækkun í C leiðaranum með tíma.

Talið er líklegt að auka megi vinnslu af svæðinu að því marki sem rætt er um, 190-220 l/s, með dælingu úr nýrri víðri holu og tveimur eða fleiri eldri holum. Þrýstingslækkun vegna aukinnar vinnslu sem að einhverju leyti yrði árstíðabundin, er lauslega áætluð 3-5 bar og er þá miðað við reiknaða lækkun á árabílinu 1972-1981. Jafnframt er áhersla lögð á nauðsyn reglubundins vinnslueftirlits á svæðinu til þess að öruggara mat megi fást á afkastagetu þess.

2 INNGANGUR

Með bréfi dags. 26. apríl 1984 óskaði veitustjóri Sauðárkrókskaupstaðar eftir því að Jarðhitadeild léti fara fram nákvæmar rannsóknir á afkastagetu vinnslusvæðis Hitaveitu Sauðárkróks í Borgarmýrum norðan Áshildarholtsvatns. Tilfni rannsóknarinnar eru framkomnar óskir um kaup á 50 l/s af heitu vatni til fiskeldis, 30-50 l/s til upphitunar flugbrautar og 20-30 l/s til ylræktar. Samtals eru þetta 100-130 l/s umfram hámarksnotkun Sauðárkróksbæjar, sem er í dag um 90 l/s af um 70° heitu vatni.

Jarðhitadeild hefur orðið við þessari beiðni og hafa verið gerðar hitamælingar í vinnsluholum á svæðinu og sýni tekin af vatni þeirra til efnagreininga. Tíu daga rennslisprófun var gerð á holunum í ágúst, 1984 og tekin hafa verið saman eldri gögn Jarðborana ríkisins (JBR) um boranir ásamt eldri rennslismælingum Hitaveitu Sauðárkróks. Þá hefur verið unnið úr segul- og viðnámssniðsmælingum sem gerðar voru við Áshildarholtsvatn sumarið 1981.

3 BORHOLUR

Á árabílinu 1948-1981 voru alls boraðar 14 holur til heitavatnsvinnslu á vinnslusvæði Hitaveitu Sauðárkróks í Borgarmýrum við Áshildarholtsvatn (sjá mynd 1). Fyrstu átta holurnar, 120-250 m djúpar, voru boraðar með meitilborum og haglabor Jarðborunardeildar Raforkumálaskrifstofunnar og meitilbor Jóns Nikodemussonar 1948-1964. Síðari holur, 378-667 m djúpar, voru boraðar með snúningsborum Jarðborunardeildar Orkustofnunar. Átta elstu og grynustu holunum hefur nú verið lokað með steypu. Steypt var í holur SK-1, SK-2, SK-3, SK-6 og SK-8 í mars 1981 en í holur SK-4, SK-5 og SK-7 í ársbyrjun 1984. Þá var hola SK-9 endurfóðruð í nóember 1984 og jafnframt dýpkuð í 384 m.

Tafla 1 er yfirlit yfir dýpi og þvermál þeirra hola sem nú eru opnar, SK-9, SK-10, SK-11, SK-12 og SK-13 og fóðringa þeirra. Helstu vatnswæðar holanna, samkvæmt dagbókum JBR og hitamælingum frá því í júní 1984, eru sýndar á mynd 2, en helstu upplýsingar um allar holur á svæðinu eru í töflu 6.

Tafla 1 Holur SK-9, SK-10, SK-11, SK-12 og SK-13
Dýpi og þvermál, vatnsmagn og iðustreymi-
stuðlar í ágúst 1984

Hola	Dýpi m	Þverm. m	Fóðring m mm	Vatnsmagn ág.1984 1/s	Iðustreymi $m/(1/s)^2$	Iðustr.f $m/(1/s)^2$	
SK-9	378	0,121	25,3	203	10,6	0,098	0,040
SK-9*	384		181,9	114			
SK-10	577	0,130	24,0	203	10,5	0,100	0,026
SK-11	554	0,130	33,3	203	19,5	0,028	0,030
SK-12	524	0,200	118,0	254	42,0	0,0060	0,0035
SK-13	669	0,241	222,6	283	72,0	0,0015	0,0013

* endurfóðruð og dýpkuð í nóv. 1984.

4 VATNSVINNSLA

Sjálfrænnisli hefur verið á vinnslusvæðinu frá upphafi og sýnir mynd 3 rennsli úr borholunum á árunum 1952-1984 samkvæmt mælingum hitaveitunnar og niðurstöðum rennslisprófana í ágúst 1984. Mælipunktur tákna mælt eða áætlað hámarksrennsli hverju sinni en það er oft meira en daglegt rennsli a.m.k. að nokkru leyti síðan 1976 eftir að borun SK-12 lauk og henni lokað eftir þörfum með handvirkum loka, en sérstaklega frá ársbyrjun 1984, er farið var að stjórna rennslinu með álagsstýrðum spjaldloka á SK-13 ásamt handvirka lokanum á SK-12. Stjórnun rennslis með lokum á SK-9, SK-10 og SK-11 hefur verið talin varhugaverð vegna stuttra fóðringa (24,0-33,3 m) holanna. Hámarksnotkun Sauðárkróksbæjar á vetrarmánuðum er nú talin 90 l/s, en notkun í ágúst, 1984 var um 60 l/s. Sambærilegar tölur frá 1980 eru 80 l/s og 50 l/s og hefur vatnspörf hitaveitunnar þannig aukist um 2-3% á ári síðan 1980. Heildarvatnsmagn sem runnið hefur af vinnslusvæðinu síðan 1948 er áætlað, samkvæmt ofangreindum mælingum 55 millj. m³ (Gl), þar af 35 Gl síðan 1972 eða 85 l/s að meðaltali. Sjálfrænnisli úr eldri holum SK-1 - SK-8, áður en þeim var lokað með steypu 1981 og 1984, var um 16 l/s.

Samanlagt vatnsmagn hola SK-9, SK-10, SK-11, SK-12 og SK-13 mældist 148 l/s 22. ágúst s.l. og hafði það þá minnkað um 13 l/s á 8 dögum frá því SK-12 og SK-13 voru fullopnaðar 14. ágúst 1984 (sjá mynd 4). Við rennslispröfunina í ágúst var ekki unnt að mæla vatnsmagn SK-10, SK-11, SK-12 og SK-13, hværrar fyrir sig, heldur var heildarvatnsmagn

þeirra mælt með rennslismælum á aðveituæð í dælustöð og í yfirfalli frá safnþró. Breyting heildarmagnsins við lokun SK-13 og síðan SK-12 (mynd 4) sýndi því vatnsmagn holana hvorrar fyrir sig og samanlagt vatnsmagn SK-10 og SK-11. Hlutfallslegt magn SK-10 og SK-11 var síðan reiknað samkvæmt mælingum á vatnsmagni þeirra frá 1980. Vatnsmagn SK-9 var mælt með 50 l mælistampi og skeiðklukku.

Í töflu 1 er skrá yfir afköst holanna eins og það var mælt og reiknað 22. ágúst, 1984. Út frá vatnsmagni einstakra hola og lokunarþrýstingi SK-12 og SK-13 voru síðan reiknaðir iðustreymisstuðlar, C, $m/(l/s)^2$ fyrir hverja holu. Gert var ráð fyrir sama lokunarþrýstingi í SK-9, SK-10 og SK-11 og mældist í SK-12 og SK-13.

5 HITI

Myndir 5-10 sýna hitamælingar sem gerðar voru í holunum þann 7. júní 1984. Mælingar gerðar í SK-9, SK-10 og SK-11, 16. október 1975, eru ennfremur sýndar á myndum 6-8 til samanburðar. Hitinn er hæstur í SK-9, sem er grynnt (378 m), en lægstur í SK-13, en mikill meirihluti vatnsmagns hennar er úr kaldari æðum neðan 570 m dýpis. Lítilsháttar kæling kemur fram á hitaferlum SK-9, SK-10 og SK-11 miðað við ferlana frá 1975. Mismunur milli mælinganna er þó varla marktækur nema e.t.v. í SK-11 þar sem hann er rúmlega 1°C. Kælingu í SK-11 mætti skýra með blöndun kaldara vatns frá SK-13.

Af hitamælingunum og yfirliti yfir vatnsæðar holanna á mynd 2 má ráða þrjá misheita, því sem næst lárétta vatnsleiðara, A, B og C.

Vatnsleiðari	Dýptarbil(m)	Hiti °C
A	120-470	72,0
B	470-570	71,0
C	570-665	67,4

Hola SK-13 sker alla leiðarana. SK-10, SK-11 og SK-12 skera leiðara A og B en SK-9 er eingöngu í leiðara A.

6 EFNASÝNI

Sýni til efnagreininga voru tekin úr borholum á jarðhitasvæðinu í júlí og október 1984 og í febrúar 1985. Niðurstöður efnagreininga má sjá í töflu 1 í greinargerð Hrefnu Kristmannsdóttur, Efnasamsetning hitaveituvatns á Sauðárkróki, í viðauka. Greinargerðin er jafnframt umsögn um nýtingarhæfni jarðhitavatnsins. Vatnið er talið gott með tilliti til útfellinga og tæringarhættu í lögnum en vafasamt til neyslu vegna þess að styrkur brennisteinsvetnis, H_2S , er ofan leyfilegra marka, auk þess sem sýrustig og ~~flúor~~styrkur eru í hærra lagi. Lítið magn súrefnis, um 30 ppb, sem mældist við sýnatökuna er talið upprunnið í yfirborðslögnum og er ekki talið líklegur tæringarvaldur vegna H_2S styrks vatnsins.

7 ÞRÝSTINGUR

Vegna stuttra fóðringa í holunum, að SK-12 og SK-13 undanskildum, hefur ekki verið mögulegt að fylgjast með þrýstiástandi vinnslusvæðisins frá upphafi með þrýstimælingum á lokuðum holum. Unnt er þó að reikna líklegan þrýsting á svæðinu aftur í tímann út frá eldri rennslismælingum og iðustreymisstuðlum holanna, sem voru ákvarðaðir með mælingunum í ágúst, 1984. Tafla 3 sýnir reiknaðan þrýsting í holum SK-9, SK-10, SK-11, SK-12 og SK-13 á árunum 1965-1984, en einnig mælt vatnsmagn og iðustreymisstuðlana, sem ákvarðaðir voru í ágúst 1984 og sem gert er ráð fyrir að séu lítið sem ekki breyttir frá því holurnar voru boraðar.

Þrýstingur er reiknaður 3,6 bar í holu SK-9 1965 en 4,4-6,0 bar 1972 í holum SK-10 og SK-11, sem eru dýpri en SK-9. Þrýstingur SK-11 hafði lækkað í 3,2 bar 1976 og í 1,7 bar 1980. Lokunarþrýstingur holu SK-13 mældist 1,3 bar í ágúst 1984, og er þrýstingslækkun þannig mun hægari eftir 1980 en hún var milli 1972 og 1980.

Tafla 3 Reiknaður þrýstingur 1965 - 1984

Ár	Hola	Rennsli l/s	Iðustreymisst. m/(l/s)	Reiknaður þrýst. bar
1965	9	20,0 x)	0,098	3,6
1972	10	24,5 x)	0,100	6,0
1972	11	40,0 x)	0,028	4,4
1976	11	33,9	0,028	3,2
1976	12	75,0 x)	0,006	3,4
1980	11	25,0	0,028	1,7
1981	13	100 x)	0,0013	1,5
1984	13	72,0	0,0013	1,3

x) mælt við lok borunar

Vera má að upphafsþrýstingurinn 6,0 bar, sem reiknaður er fyrir SK-10, 1972, sé of hár og að þrýstingurinn 4,4 bar, sem reiknaður er fyrir SK-11 um sama leyti sé nær réttu lagi. Þrýstingsfall á vinnslusvæðinu vegna 80-90 l/s vatnsvinnslu frá 1972 til 1981 hefur samkvæmt því orðið 2,9 bar (30,3 m V.S.) eða um 0,3 bar/ári.

Ekki er ljóst hvort hægari þrýstingslækkun eftir 1981 sé vegna tilkomu dýpri vatnsæðanna, neðan 570 m, í SK-13 1), vegna hægari lækkunar með tíma 2), eða vegna minni heildar vatnsvinnslu með meiri stjórnun á rennslinu í samræmi við álag hitaveitunnar og með lokun fyrir rennsli eldri hola með steypu 3).

8 VATNSLEIÐNI

Vatnsleiðni jarðmyndana umhverfis holur SK-12 og SK-13 var ákvörðuð út frá þrýstingshækkun, eftir að lokað hafði verið fyrir rennsli holanna (mynd 4). Lokað var fyrst fyrir SK-13 22. ágúst og sólarhring seinna var lokað fyrir SK-12. Hola SK-13 var síðan opnuð aftur 4 klukkustundum eftir að lokað hafði verið fyrir holu SK-12.

Þrýstingshækkun holanna eftir lokun er sýnd á myndum 11 og 12 ásamt leiðnistuðlum sem reiknaðir eru út frá þrýstingsferlunum. Til grundvallar túlkunar var lagt líkan af víðáttumiklum vatnsleiðara og tregðu við holuveggi. Vatnsleiðni umhverfis holu SK-13 reiknaðist 2.02×10^{-6} m³/PaS (1.94×10^{-2} m²/s) en 1.06×10^{-6} m³/PaS (1.02×10^{-2} m²/s) við holu SK-12.

Gildi þessi eru skammtímagildi sem takmarkast við vatnsleiðni í næsta nágrenni holanna. Gildi langtímaleiðnisstuðla, sem endurspegla vatnsleiðni og rennslismynstur í aðfærsluæðum að svæðinu og sem reiknaðir eru út frá þrýstingslökkun og vatnsmagnsaukningu t.d. milli árána 1972 og 1981 (sjá mynd 2) gætu verið allt að 10 sinnum lægri, miðað við ofangreint líkan.

Engu að síður er hér um verulega vatnsleiðni að ræða, sem er sambærileg við vatnsleiðni sem ákvörðuð hefur verið fyrir afkastamikil lág-hitasvæði suðvestanlands, t.d. hluta Mosfellssveitarsvæðis Hitaveitu Reykjavíkur. Þess ber þó að gæta að langtíma vatnsleiðnigildi jarð-hitasvæðisins við Áshildarholtsvatn eru byggð á strjálum og grófum vatnsmagnsmælingum og þrýstingsgildum, sem reiknuð eru út frá iðu-streymisstuðlum vinnsluholanna. Til nánari ákvarðana á langtíma vatnsleiðni svæðisins og eðli aðfærsluæða þess er nauðsynlegt að gerðar verði reglubundnar mælingar á rennsli, þrýstingi og vatnshita einstakra hola.

9 AUKNING VATNSVINNSLUNNAR

9.1 Sjálfrennsli

Sé litið á iðustreymisstuðla SK-11, SK-12 og SK-13 í töflu 1 kemur í ljós að gildi stuðlanna, sérstaklega í SK-13, eru sambærileg við stuðla sem reikna má fyrir rennslisviðnám í pípum með þvermáli og lengd holanna:

$$h = \left(F \frac{L}{d^5} \right) q^2$$

þar sem h = rennslismótstaða, m V.S.

F = fasti, sek^2/m

L = lengd pípu, m

d = þvermál pípu, m

q = vatnsmagn, m^3/s

Afköst holanna, einkum SK-13, takmarkast af flutningsgetu þeirra og ríkjandi þrýstingi í jarðhitakerfinu. Það er því líklegt að ný hola, SK-14, staðsett í námunda við SK-11, SK-12 og SK-13 með 13 3/8" fóðringu, 12 1/4" í þvermál, sem boruð væri niður í C leiðarann í 700-800 m dýpi, gæti skilað miklu vatnsmagni a.m.k. fyrst í stað. Varanleiki rennslisins myndi þó ráðast af vatnsgæfni og þrýstings-

lækkun C leiðarans með tíma. Þessi atriði eru lítið þekkt, en eins og tekið er fram hér að framan, er óljóst hvort tiltölulega lítil þrýstingslækkun á vinnslusvæðinu eftir 1981 sé vegna hagstæðra rennslisstuðla C leiðarans eða af öðrum ástæðum. Langtíma rennslisprófun (mánaða) með fullum afköstum og reglubundnu eftirliti gefur væntanlega vísbendingar um þá þrýstingslækkun sem gera má ráð fyrir vegna aukinnar vinnslu. Rétt er þó að taka fram, að vegna breytinga, sem orðið geta á rennslismynstri í leiðaranum við aukna vinnslu, getur slík prófun ekki komið í staðinn fyrir raunverulega langtíma prófun, a.m.k. ekki með því vatnsmagni sem fyrirhugað er að vinna.

Auka mætti vatnsmagn, í minna mæli þó, með öðrum hætti en með borun víðrar holu, þ.e. með víkkun og e.t.v. dýpkun hola SK-10 og SK-11 með 7 7/8" borkrónu og SK-12 með 9 5/8" krónu.

9.2 Djúpdælur

Miðað við þá tiltölulega litlu þrýstingslækkun, sem orðið hefur á vinnslusvæðinu við Áshildarholtsvatn frá upphafi, og reynslu af öðrum sambærilegum jarðhitasvæðum hérlendis verður að telja nokkurnveginn öruggt að auka megi vinnsluna af svæðinu með dælingu úr holunum. Miðað við þrýstingslækkunina 1972-1981 má búast við að tvöföldun núverandi vinnslu (80-90 l/s), geti valdið 3-5 bar þrýstingslækkun á 10-12 árum og yrði dýpi á vatnsborð holanna þá 20-40 m.

Í töflu 4 hefur verið gerð lausleg áætlun um vinnslu með djúpdælum og er þar miðað við venjulegar öxuldælur sem notaðar eru á jarðhitasvæðum hérlendis. Gert er ráð fyrir 12" 1450 sn/mín dælu í SK-14 (ný hola), 10" 2900 sn/mín í SK-13, 8" 2900 sn/mín í SK-12 og 6" 2900 sn/mín dælum í SK-10 og SK-11. Gert er ráð fyrir að víkka þurfi og endurfóðra tvær síðasttöldu holurnar.

Tafla 4 Áætluð vatnsvinnsla með djúpdælum

Vinnsluholur	Vatnsmagn l/s
SK-12, SK-13	130
SK-10, SK-11, SK-12, SK-13	165
SK-12, SK-13, SK-14 (ný hola)	230
SK-10, SK-11, SK-12, SK-13, SK-14	265

10 VINNSLUEFTIRLIT

Áætlanir þær um vatnsmagn og þrýsting jarðhitasvæðisins, sem fram koma hér að framan, eru byggðar á stuttri rennslisprófun í ágúst 1984 og strjálum mælingum og útreikningum á vatnsmagni og þrýstingi frá upphafi vinnslunnar 1952. Til þess að öruggara mat fáiast á afkastagetu svæðisins og rennslismynstri aðfærsluæða þess er brýnt að gerðar verði reglubundnar mælingar á vatnsmagni, þrýstingi og hita einstakra hola auk þess sem sýni til efnagreininga verði tekin öðru hvoru. Mikilvægt er að mælingarnar séu traustar og áreiðanlegar og að þær séu gerðar reglulega. Til mælinga á rennsli einstakra hola hafa hitaveitur notað snúningsmæla með teljara (Voltmann mæla) sem t.d. er lesið af vikulega og augnabliksrennsli jafnframt mælt. Þrýsting má mæla á sama tíma með nákvæmum Bourdon þrýstimælum en hita með góðum kvikasilfursmælum, sem stungið er í vökvafyllta vasa á frárennslisrörum holanna.

Rennslismæla þarf að velja með tilliti til rennslis fyrir hverja holu fyrir sig. Tafla 5 sýnir vatnsmagn vinnsluholanna, eins og það var ákvarðað í ágúst 1984, ásamt þvermáli rennslismæla og vatnsmagni sem framleiðendur mæla með. Í töflunni er miðað við langvarandi óslitið rennsli, en skammtíma rennsli er talið mega vera um helmingi meira.

Tafla 5 Þvermál rennslismæla

Hola	Rennsli í ágúst 1984 l/s	Þvermál mælis mm	Vatnsmagn l/s
Sk-9	10,6	100	17,5
Sk-10	10,5	100	17,5
Sk-11	19,5	125	25,0
Sk-12	42,0	200	66,2
Sk-13	72,0	250	97,2

11 VIÐNÁMS- OG SEGULMÆLINGAR VIÐ ÁSHILDARHOLTSVATN 1981

11.1 Viðnámsmælingar

Dagana 23.-25. júní 1981 voru gerðar viðnámsmælingar á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn. Viðnámsmælingar þessar eru svonefndar viðnáms-sniðsmælingar sem sýna viðnám á föstu dýpi eftir mælilínu svo og hvar lóðréttir lágviðnámsveggir (vatnsrásir) skera línuna. Mælingar þessar hafa verið notaðar allmikið sl. 5 ár og þykja gefast vel, einkum til þess að finna uppstreymi á lághitasvæðum. Árið 1981 var mæliaðferð þessi nánast á tilraunastigi hér á Íslandi og því ákveðið að reyna mælingarnar á svæðum þar sem aðstæður voru þekktar. Á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn hefur fundist stallur eða misgengi með segulmælingum. Talið er að þetta misgengi veiti heita vatninu upp og tekið hefur verið mið af því við staðsetningu borhola síðari ár eða H9 - H13. Helstu upplýsingar um allar holur á svæðinu eru í töflu 6. Mældar voru 3 línur við Áshildarholtsvatn, eru þær sýndar á yfirlitskorti á mynd 13. Lína 1 liggur A-V um það bil 50 metrum norðan við dælustöð. Lína 2 liggur NV-SA norðan við Áshildarholtsvatn. Lína 3 liggur NV-SA um það bil 200 metrum norðan dælustöðvar

11.2 Niðurstöður

Tvennt er það sem gerir mælingar við Áshildarholtsvatn erfiðar; annars vegar fjöldi lagna og leiðslna á svæðinu og sú staðreind að salt set með lágu viðnámi er skammt austan við jarðhitasvæðið og hefur áhrif á mælingarnar. Vel leiðandi leiðsla gefur samskonar svörun og vatnsrás en er oft sterkari og getur þannig yfirgnæft merki frá vatnsrás. Viðnámsdýptarmælingar sem gerðar voru í Skagafirði 1975 (Ragna Karlsdóttir 1975) gefa til kynna að viðnám í berggrunni sé 200-300 ohm. Þetta kemur heim og saman við viðnáms-sniðsmælingarnar, sem skynja 100-150 metra dýpt. Á borholusvæðinu er gróft set um 40-50 metra þykkt og viðnám á að giska 100 ohm. Neðan við tekur berggrunnur. Mælingarnar eru mjög truflaðar af leiðslum en hér eftir eru raktar niðurstöður úr einstökum línum:

Lína 1: Lágviðnámssvörun er í:

- 175 metrum; Lögn (skv korti). Frá gömlu holunum við vatnið.
- + 10 metrum; Lögn
- + 210 metrum; Misgengi.

Lína 2: Lágviðnámssvörun er í:

- 72 metrum; Háspennukapall
- 0 ; Lögn frá gömlu holunum
- + 130 metrum; Misgengi
- + 300 metrum; Háspennukapall

Lína 3; Lágviðnámssvörun er í:

- 0 ; Háspennukapall
- + 200 metrum; Misgengi

Lína 1 var túlkuð tvívítt, sem þýðir að í túlkun getur viðnám breyst eftir línunni og með dýpi, en ekki þvert á línuna. Túlkunin fer þannig fram að gizkað er á líkan fyrir línuna. Síðan eru reiknaðir út viðnámsferlar fyrir það líkan og bornir saman við raunverulega melda ferla. Ef þeir falla ekki saman er líkaninu breytt, nýir viðnámsferlar reiknaðir og bornir saman við mældu ferlana. Þannig eru niðurstöður líkansins smám saman felldar að mældum niðurstöðum. Þess má geta að túlkunin er ekki einhlít þ.e. fleiri en ein lausn getur gilt fyrir hvern mæliferil. Um viðnámsmælingar, sjá Viðauka B.

Líkanið fyrir línu 1 svo og reiknaðir - og mældir ferlar eru sýnt á mynd 14. Í líkaninu er gert ráð fyrir lágu viðnámi í yfirborði á tveimur stöðum (lögnum) og lágviðnámsvegg (misgengi).

Á yfirlitskortu (mynd 13) er sýnd lega mælilína svo og helstu niðurstöður. Misgengið er sýnt með skyggðri línu. Einnig er sýnd lega þess samkvæmt segulmælingum. Niðurstöður viðnáms- og segulmælinga falla allvel saman; lega misgengisins er allmiklu hlykkjóttari skv. segulmælingunum enda eru þær nákvæmari. Það er því staðfest með viðnámsenniðsmælingunum að misgengið er einnig vatnsrás.

11.3 Segulmælingar

Í marz 1981 var gert nákvæmt segulkort af borholusvæðinu við Áshildarholtvatn. Tilgangurinn var sá, að kortleggja nákvæmlega legu misgengisins, sem talið er veita heitu vatni upp í jarðhitasvæðið. Mælt var eftir línunum með 20 metra milli lína og 5 metra milli mælipunkta í línu.

Segulkortið er sýnt á mynd 15. Það sýnir mælilínurnar og þversnið af mælingunum eftir mælilínunni. Þar sem mælilínurnar skera misgengið hækkar segulsviðið. Á kortinu sést að misgengið er nokkuð hlykkjótt en hefur höfuðstefnu nálægt N10°A. Lega þess fellur vel saman við lágviðnámsvegg úr viðnámsenniðsmælingunum.

TAFLA 6 Borholur á Borgarmýrum við Áshildarholtsvatn.

Holur	Boruð ár	Verknr.	Bortæki	Dýpi m	Fóðrun	Holu- vídd	Rennsli l/s	mælt	Aths.
0	1948	31-0097	Höggbor 1	17,5		7"			Ónýt
1	1948	31-0097	-	29,5					
-	1953	70-0138	Haglabor	250 D					Steypt 1981
2	1948	31-0097	Höggbor 1	120	6" í 25,3 m	6"	0,79	1975	Steypt 1981
3	1948	31-0097	-	34					Færð um 1 m
3	1948	31-0097	-	135		6"	1,92	1975	Steypt 1981
4	1958	38-1025	Höggbor JN	125			3,85	1975	Steypt 1984
5	1960	38-1025	Höggbor JN	157			2,63	1975	Steypt 1984
6	1960	38-1025	-	154					Steypt 1981
7	1961	38-1025	-	146,5			2,78	1975	Steypt 1984
8	1964	38-1025	-	158					Steypt 1981
9	1965	21-0737	Ýmir	384	8" í 25,3 m	7 7/8" í 35,5	10,6	1984	
10	1965	21-0737	-	489,5					
-	1972	21-0017	-	557,5 D	8" í 24 m	5 1/8" í 421			
						4 3/4 í botn	10,5	1984	
11	1971	21-0017	-	554,3	8" í 33,3 m	5 1/8" í 510			
						4 3/4 í botn	19,5	1984	
12	1976	33-0078	Höggbor 3	34					
-	1976	20-0003	Narfi	524,4 D	10 " í 118 m	7 7/8" í botn	42	1984	
13	1981	33-0137	Höggbor 3	32					
-	1981	24-0074	Glaumur	666,8	11 3/4" í 222,6 m	8 1/2" í botn	72	1984	

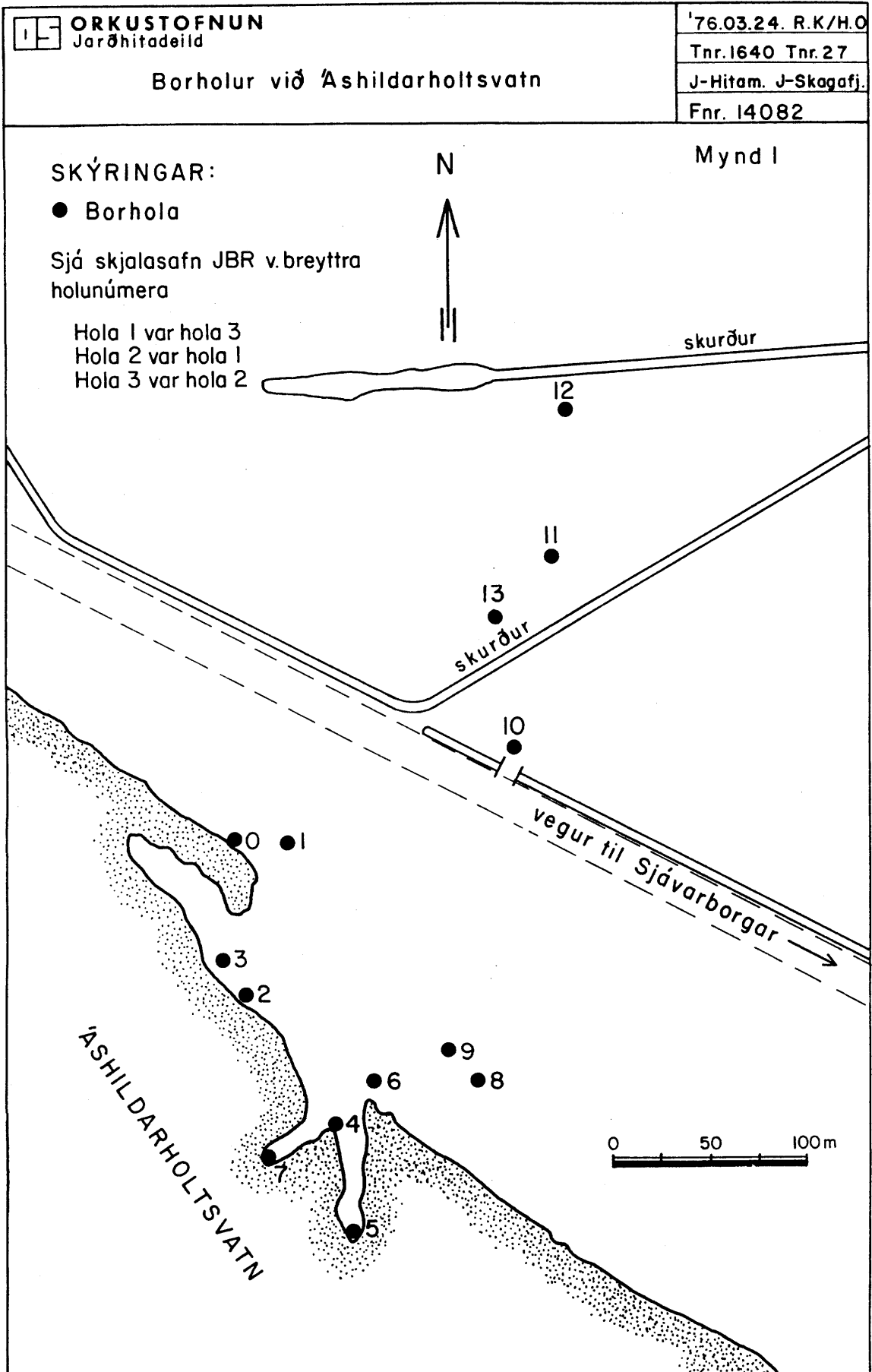
HEIMILDIR

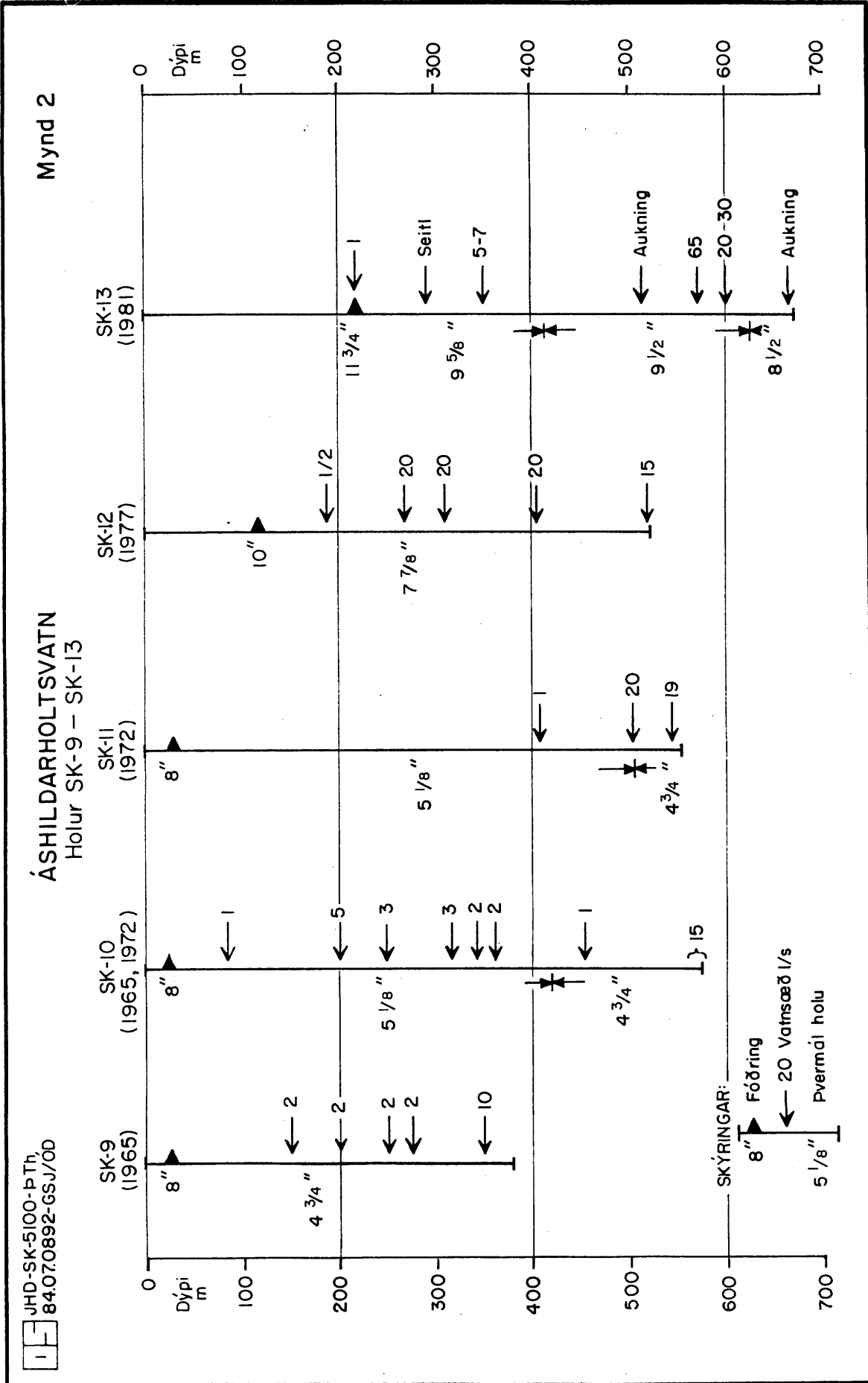
Gunnar Böðvarsson, 1953: Skýrsla um borunarframkvæmdir við Áshildarholtsvatn í Skagafirði. Raforkumálaskrifstofan, Jarðhitadeild.

Páll Pálsson, 1984: Munnlegar upplýsingar.

Ragna Karlsdóttir, 1976: Stutt greinargerð um staðsetningu holu 12 við Áshildarholtsvatn fyrir hitaveitu Sauðárkróks. Orkustofnun, Jarðhitadeild.

Ragna Karlsdóttir, 1975: Jarðhitarannsókn í Skagafirði 1975. Orkustofnun, OSJHD 7633.





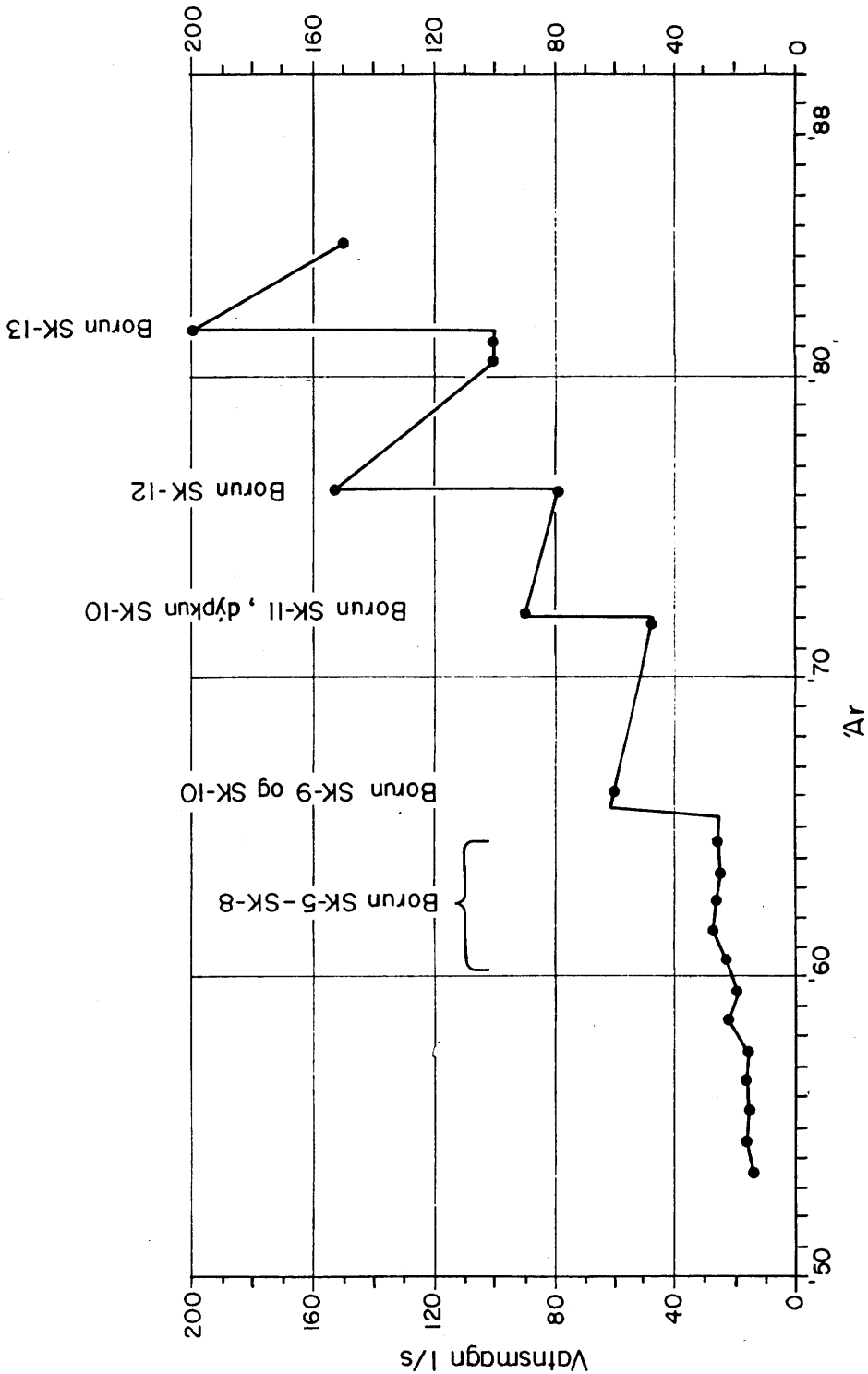
JHD-SK-5100-Þ.Th.
84.07.0892-GSJ/OD

JHD-SK-5100-P.Th
84.07.0891-GSJ/OD

Mynd 3

ÁSHILDARHOLT SVATN

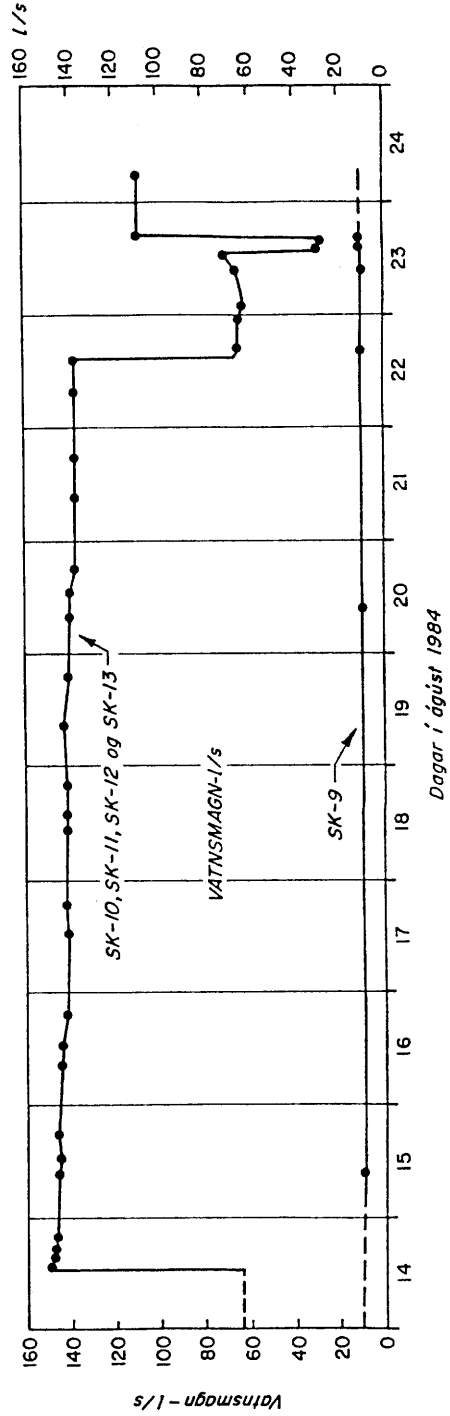
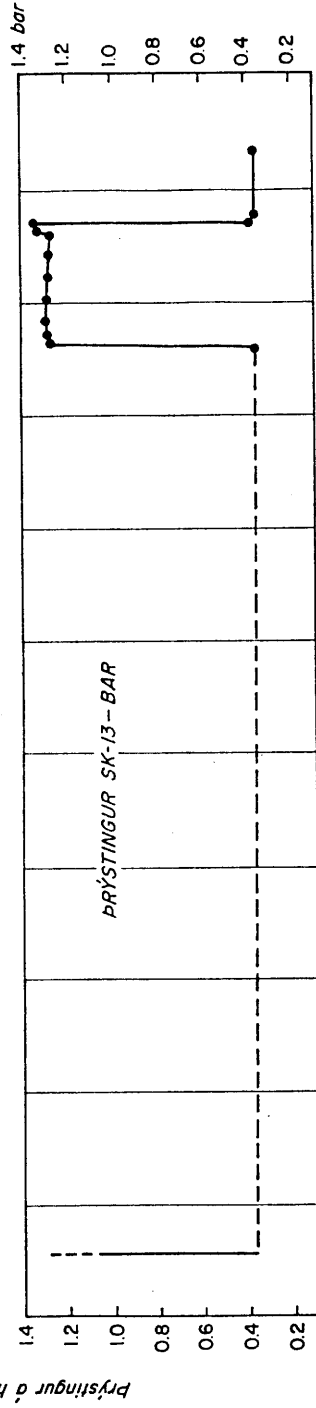
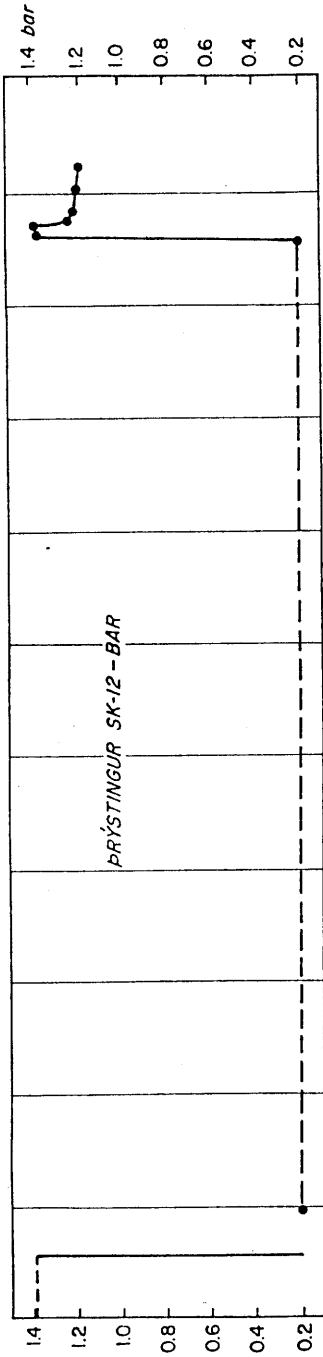
Vatnsmagn úr borholum 1953-1984



JHD-SK-5100-P.Th.
84.09.1011-6SJ

Mynd 4

BORHOLUR VIÐ ÁSHILDARHOLT SVATN. VATNSMAGN OG ÞRÝSTINGUR 14-24 ÁG. 1984

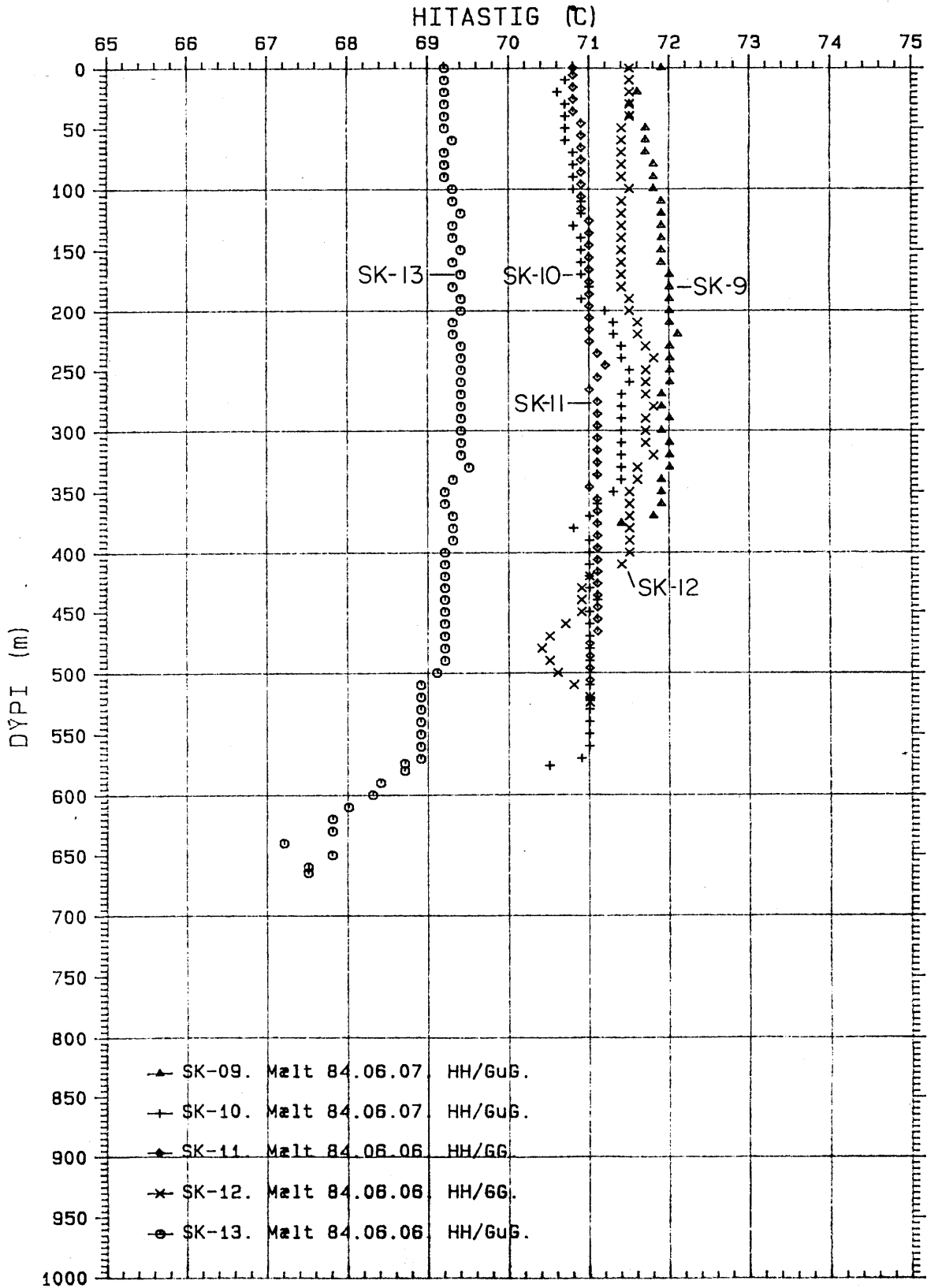


Þrýstingur á holtoppi - BAR

JHD-SK-5100-PTh
84-08-0902

Mynd 5

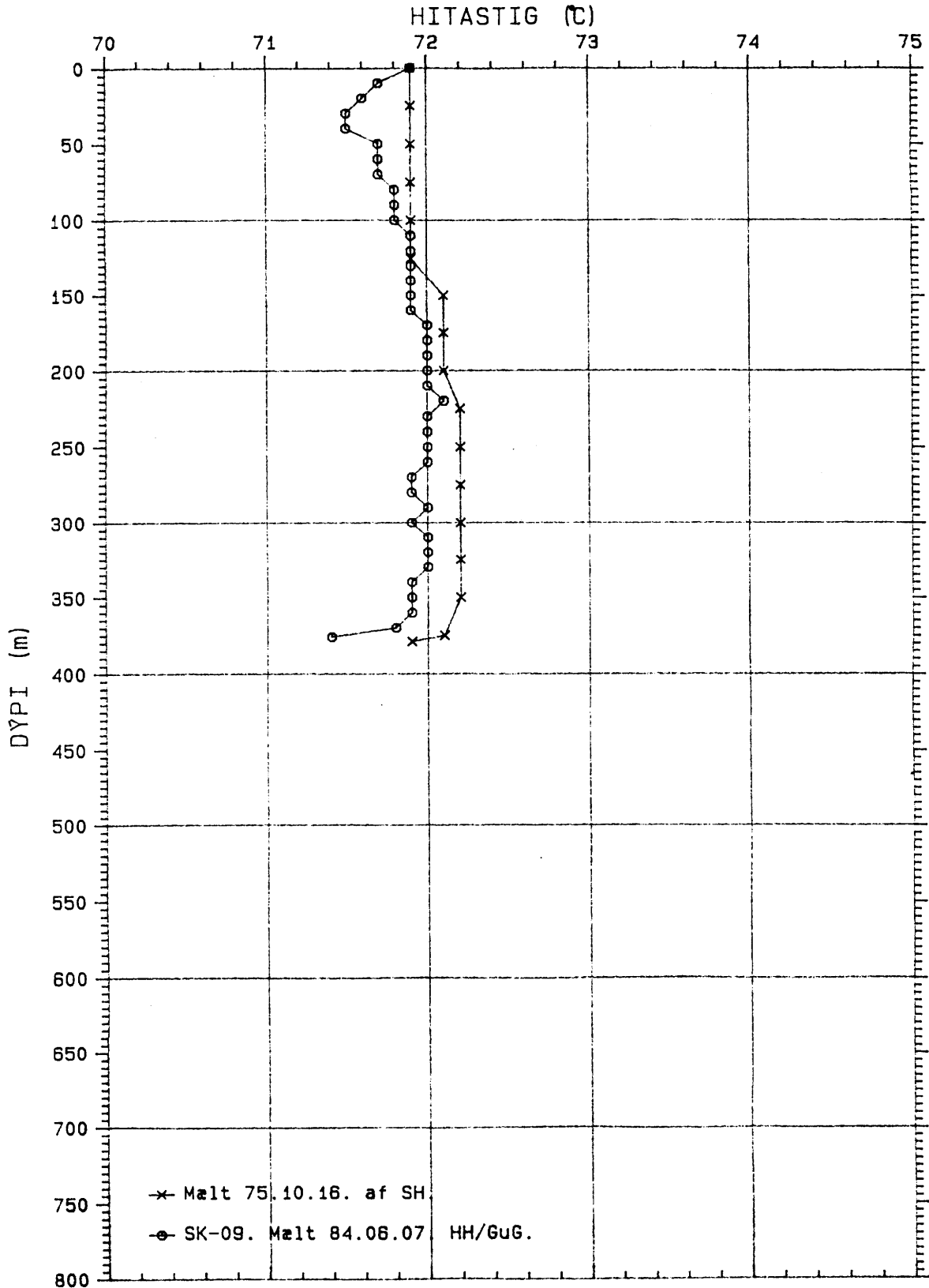
SAUÐÁRKRÓKUR HOLUR: 9-13 HITAMÆLINGAR



JHD-SK-5100-PTh
84 08-0901

Mynd 6

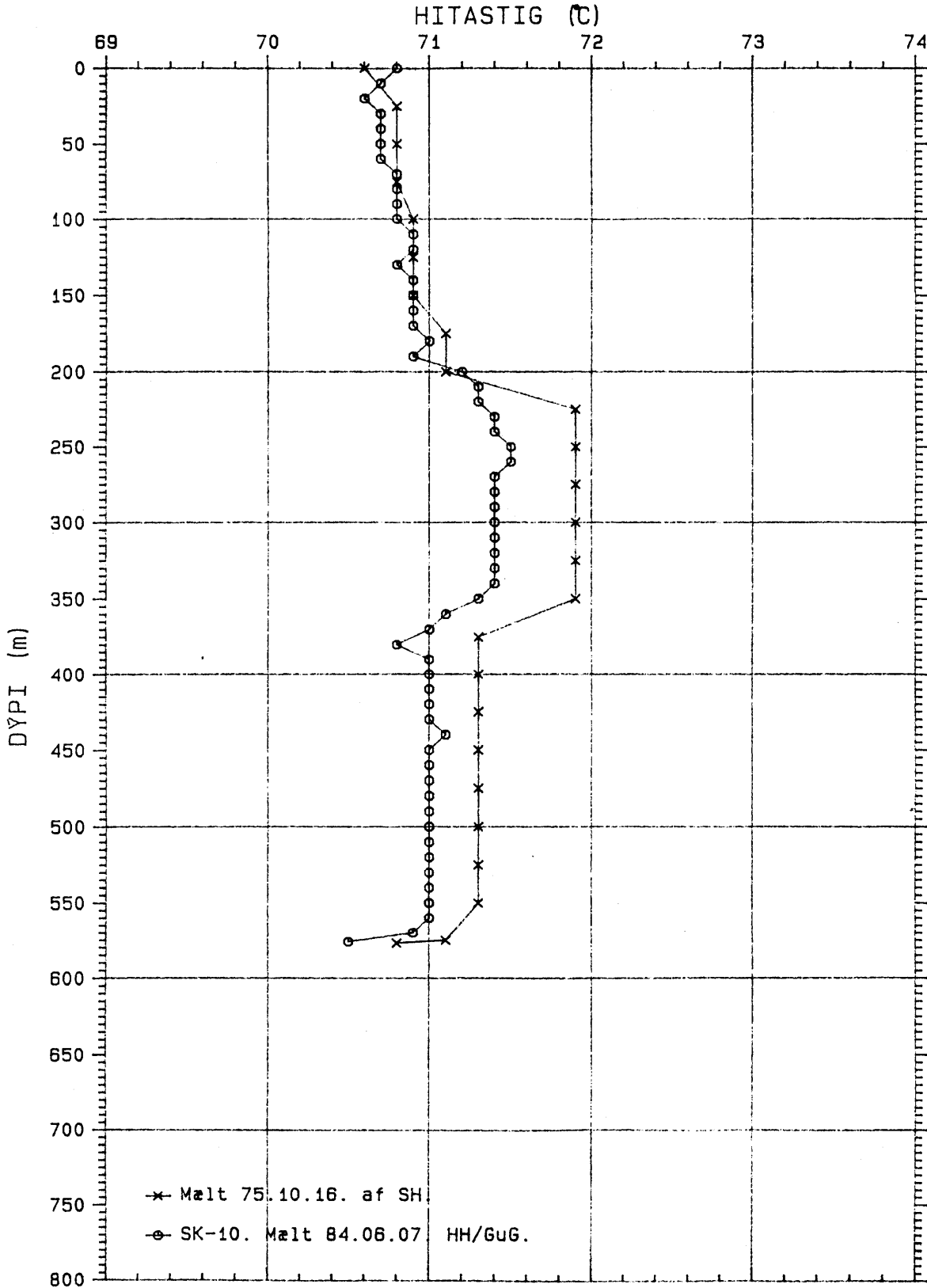
SAUÐÁRKRÓKUR HOLA 9 ÁSHILDARHOLT SVATN HITAMÆLINGAR



JHD-SK-5100-Pth
84-08 902 A T

Mynd 7

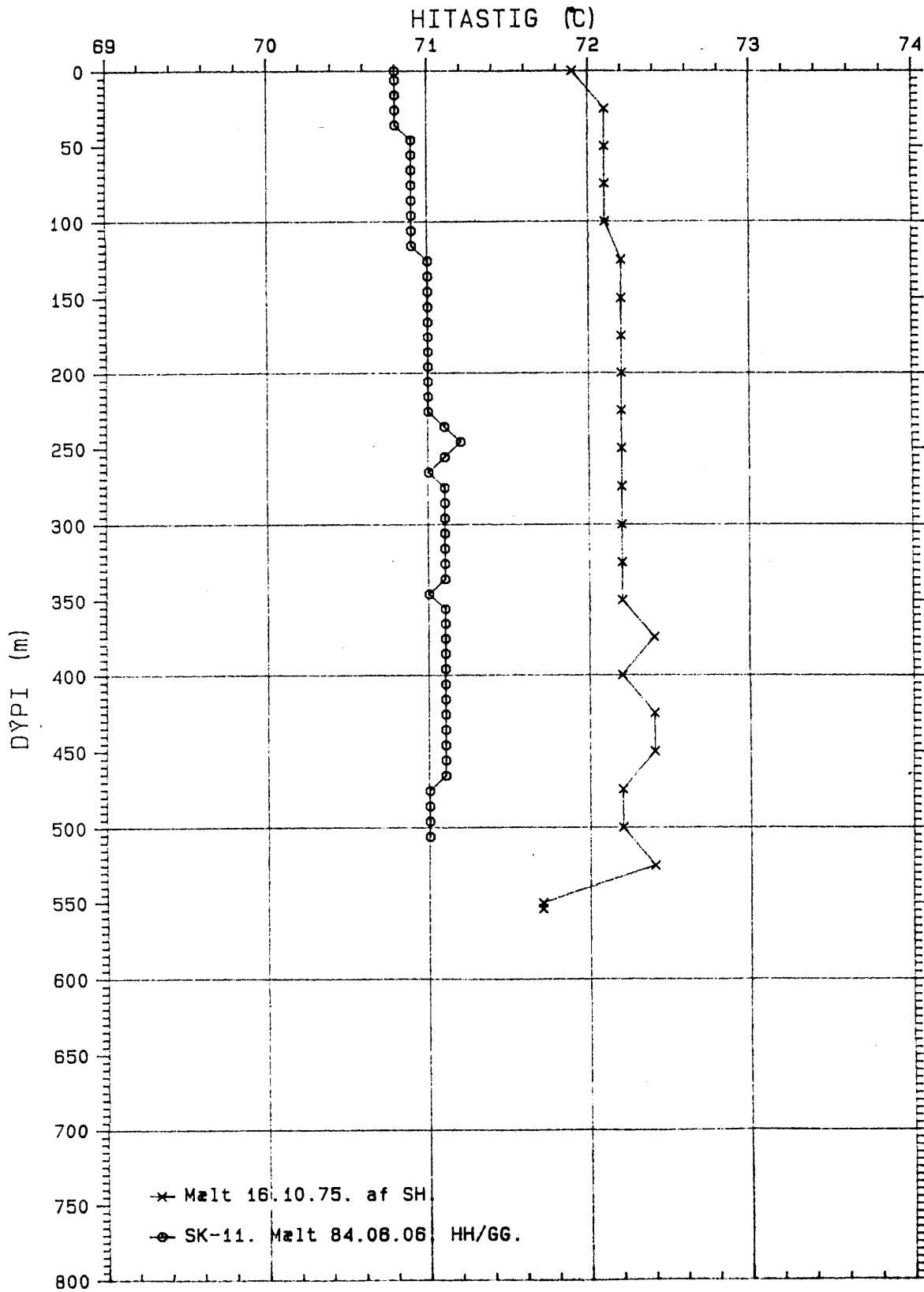
SAUDÁRKROKUR HOLA 10 ÁSHILDARHOLT SVATN HITAMÆLINGAR



JHD-SK-5100-PTh
84-08-0903 T

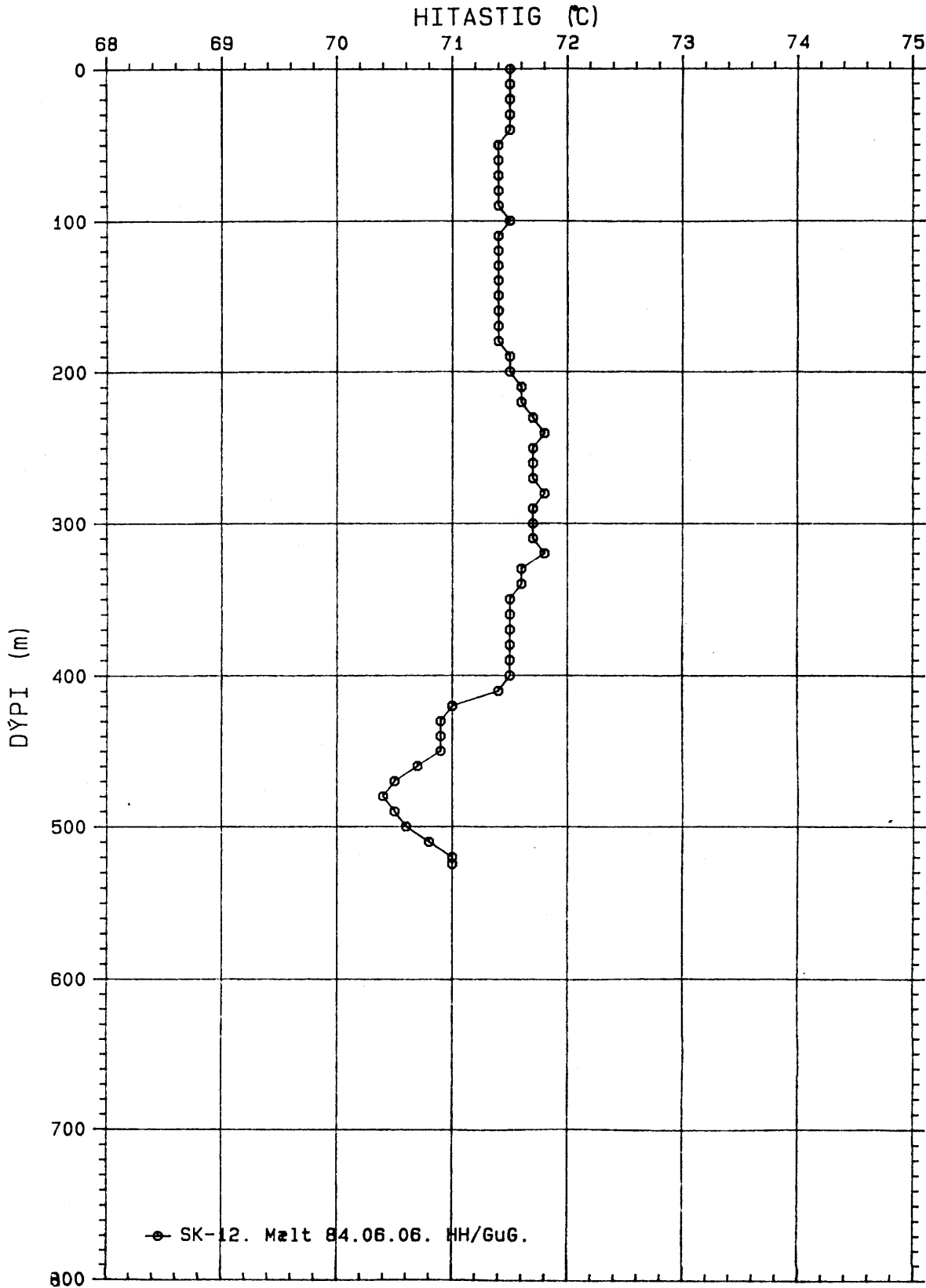
Mynd 8

SAUÐÁRKRÖKUR HOLA 11 ÁSHILDARHOLT SVATN HITAMÆLINGAR



JHD-SK-5100-pTh
84.08.0905 T

SAUÐÁRKRÖKUR HOLA 12 HITAMÆLING

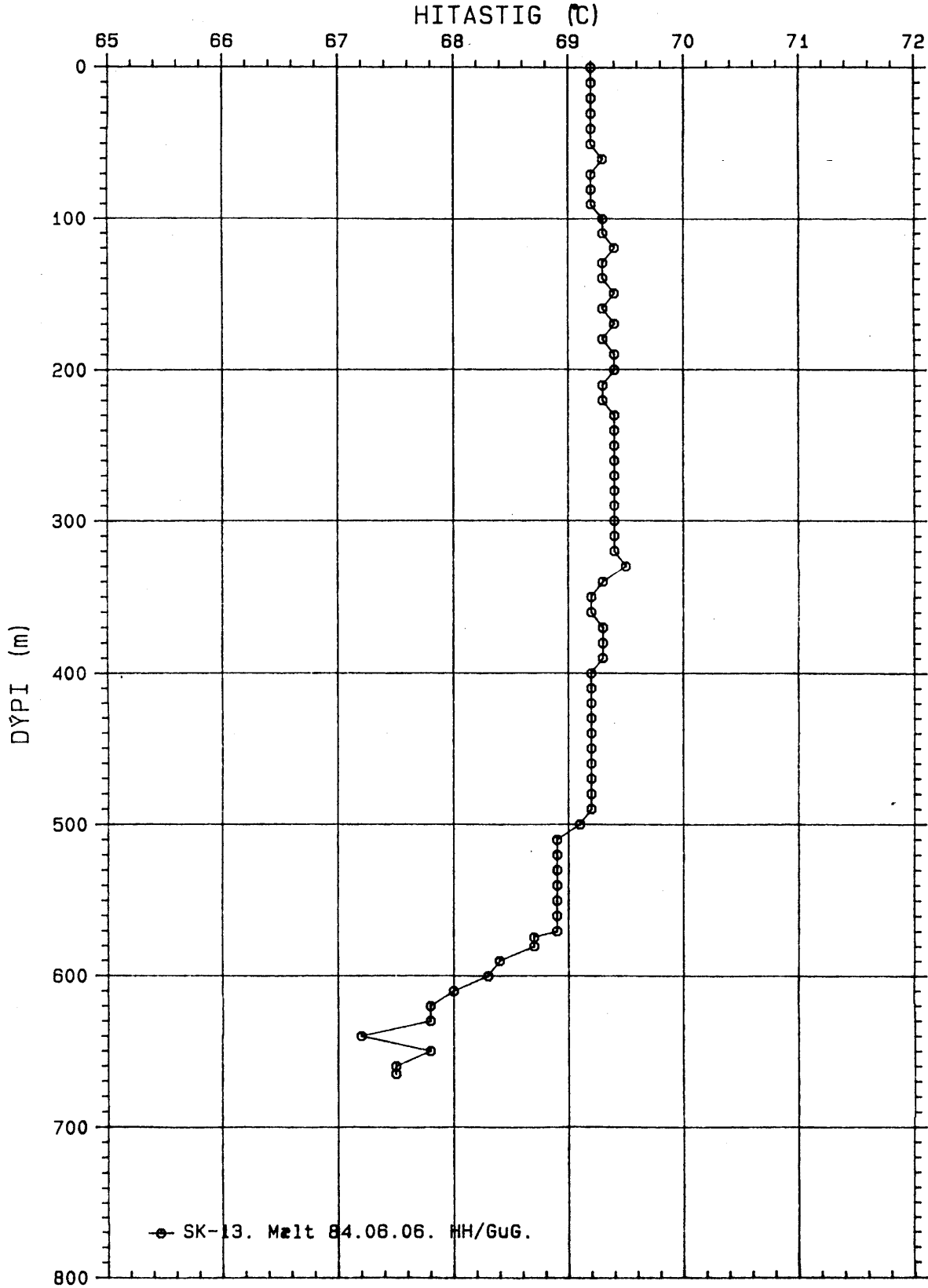




JHD-SK-5100-ÞTh
84.08.0906 T

Mynd 10

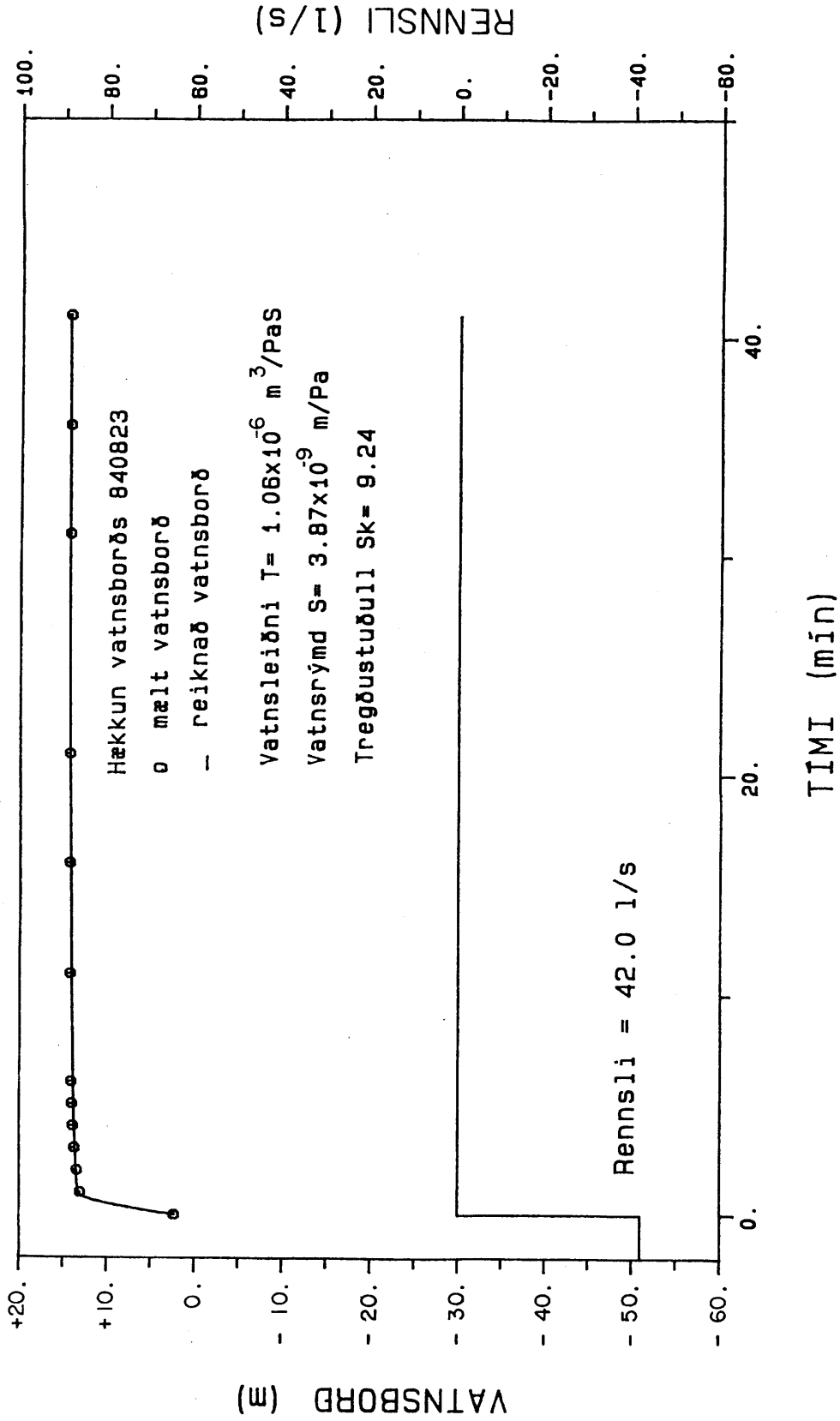
SAUÐÁRKRÓKUR HOLA 13 HITAMÆLING



Mynd II

JHD-SK-5100-PTh
84.10.1269-T

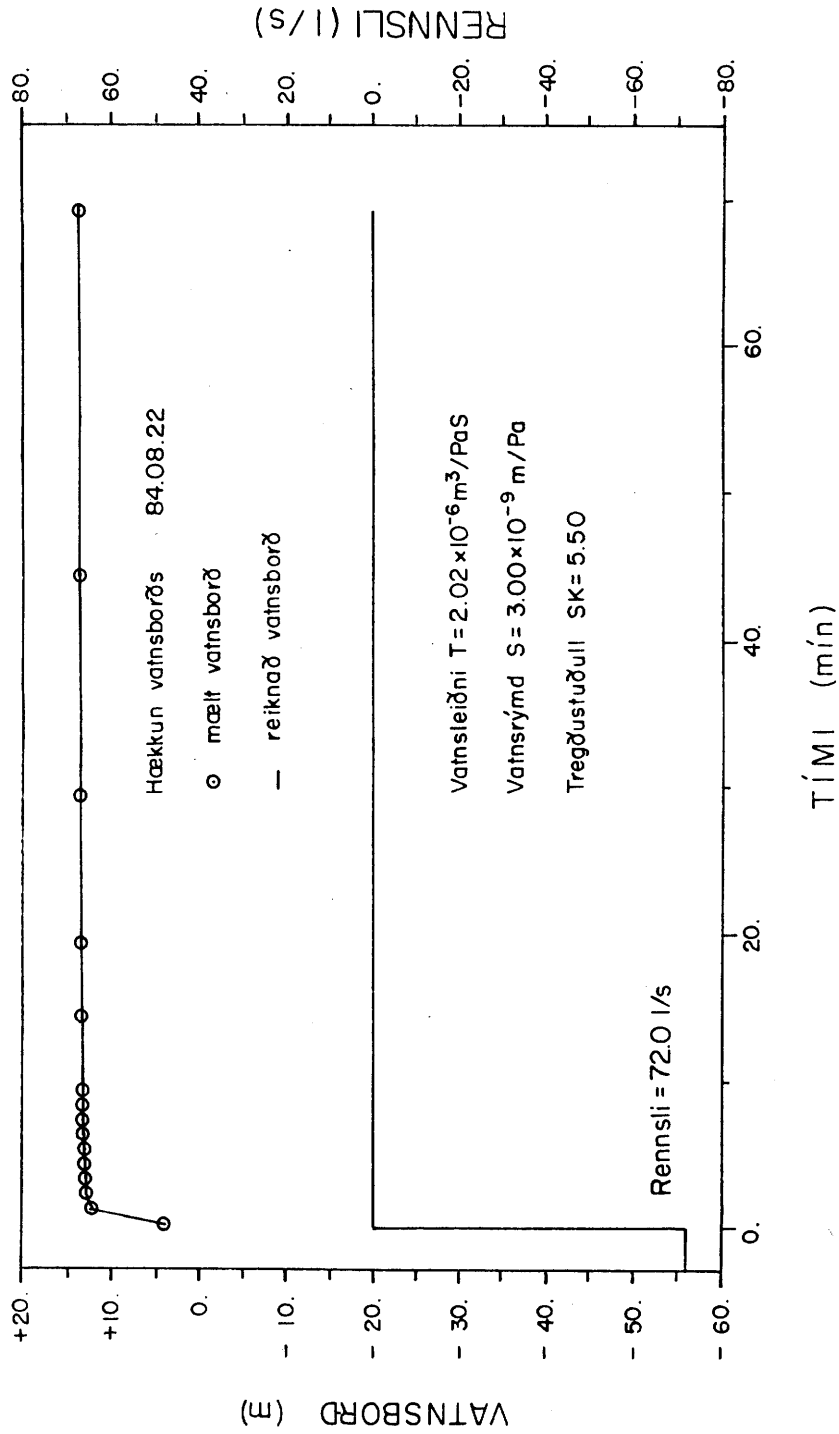
HOLA SK12



Mynd 12

HOLA SK-13

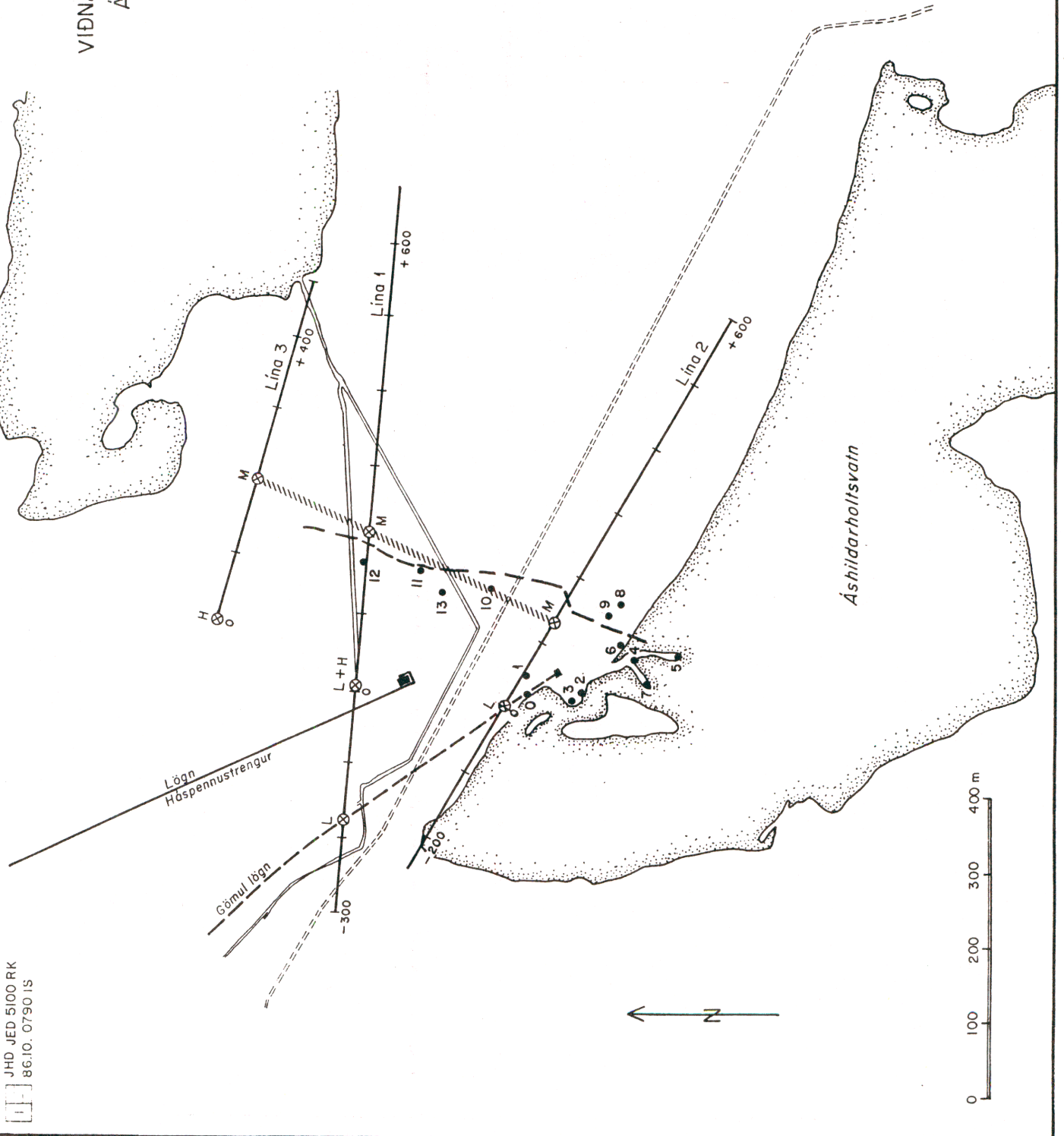
JHD-SK-5100-PTh
84.10.1270-T



Mynd 13

VIÐNÁMSSNIÐSMELINGAR VIÐ ÁSHILDARHOLTSVATN

- SKÝRINGAR:
- 12 Borhola
 - Viðnámssniðsmæling
 - ⊗ Merki um lögviðnám í mælingu
 - L Lögn
 - H Háspennustrengur
 - M Misgengi
 - - - Lega misgengis s. k. v. segulmælingum

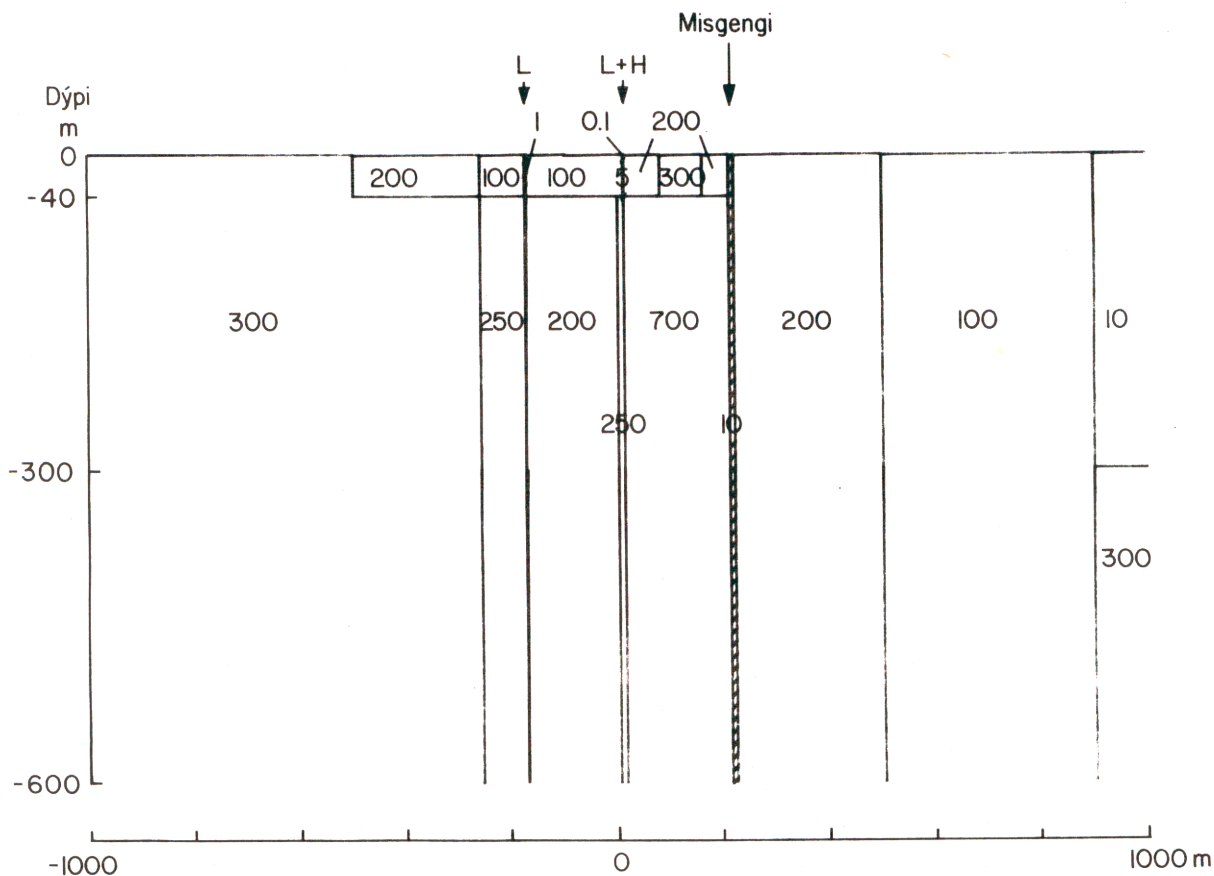
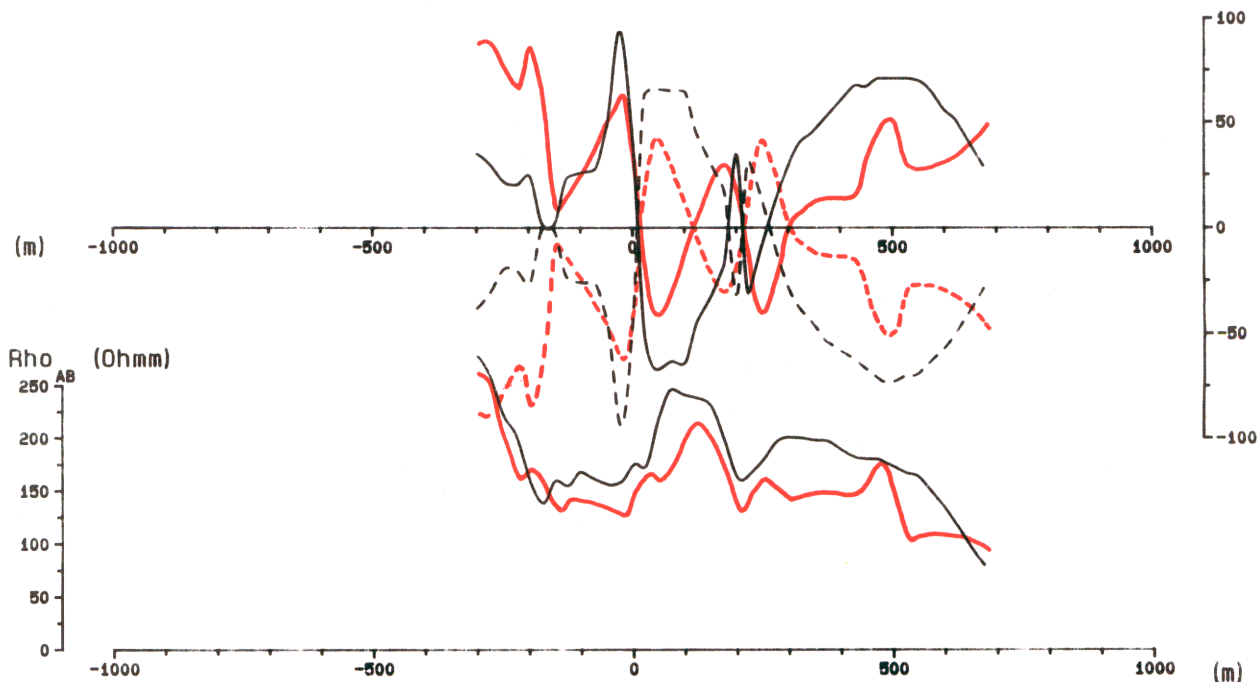


JHD, JED 5100 RK
86.10. 0790 IS

SAUDARKROKUR LINA 1

AB/2 = 200 M

— Rho_{AC-AB}
- - - Rho_{BC-AB}
(Ohmm)

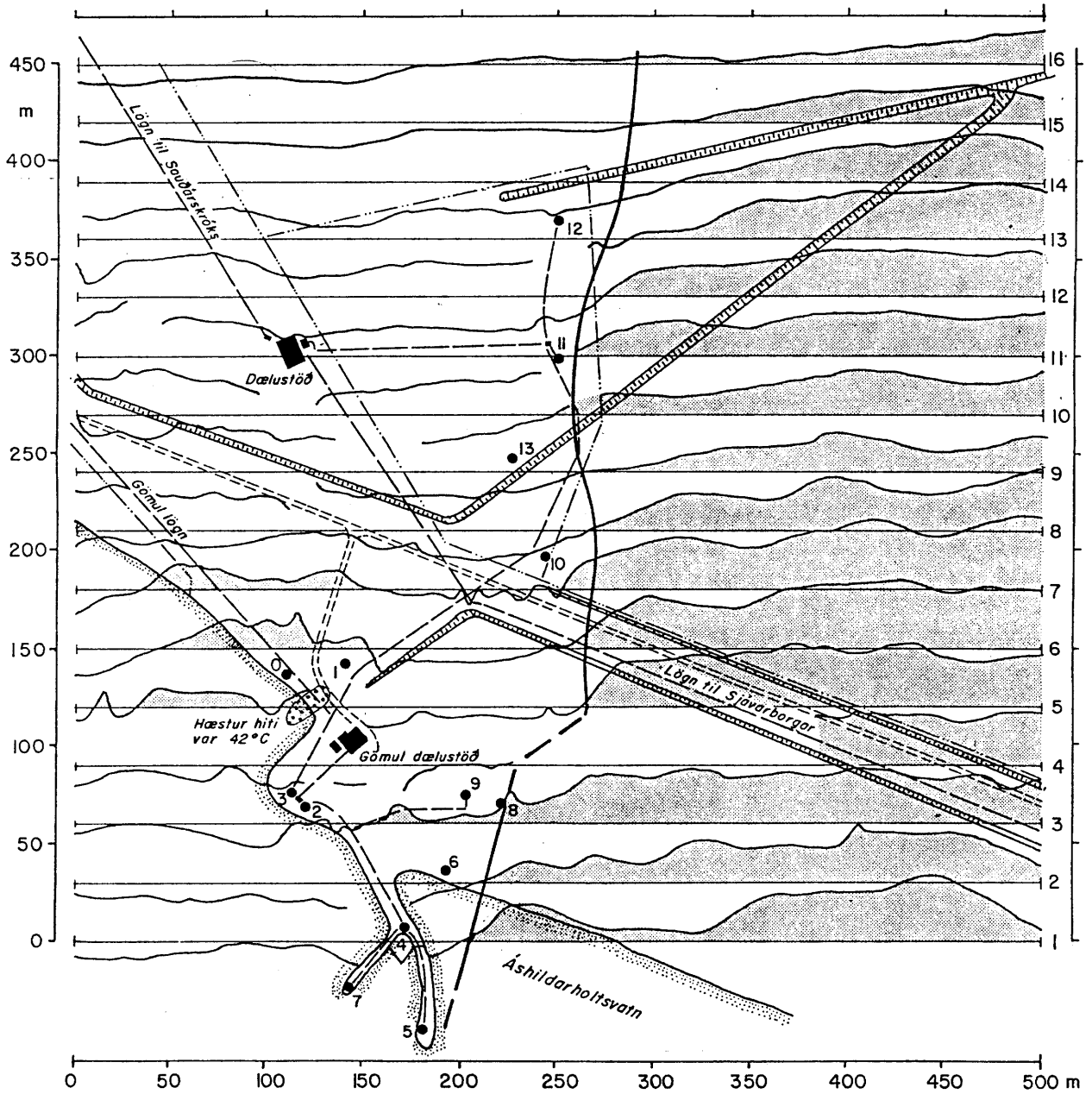


JHD-JK-5100 GIH.
84.03.0403 AA

Mynd 15

SAUÐÁRKRÓKUR

ÁSHILDARHOLTSVATN SEGULMÆLIFERLAR



SKÝRINGAR

— 9 Mællína

- - - Hitaveitulögn

- - - Girðing

— Skurður

- - - Misgengi skv. segulmælingu

• Svæði sem hiti var á
ath. þetta er ónákvæmt

•₈ Borhola

kγ

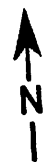
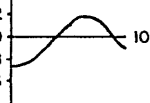
52.4

52.2

52.0

51.8

51.6



VIÐAUKI A

EFNASAMSETNING HITAVEITUVATNS Á SAUÐÁRKRÓKI

eftir

Hrefnu Kristmannsdóttur

EFNASAMSETNING HITAVEITUVATNS Á SAUÐÁRKRÓKI

Tekin voru sýni af jarðhitavatni úr borholum 9, 10, 11, 12 og 13 á jarðhitasvæðinu við Áshildarholtsvatn, sem Hitaveita Sauðárkróks nýtir

Sýnin voru tekin í júlí og október 1984 og í febrúar 1985. Heildargreining var gerð á sýnunum frá í febrúar, en í hin vantar mælingu á sýrustigi og rokgjörnum efnum.

Niðurstöður efnagreininga eru í meðfylgjandi töflu. Til samanburðar eru tvær efnagreiningar á vatni úr holu 10 frá 1969 og 1979. Ekki hefur verið fylgst reglulega með efnasamsetningu jarðhitavatns á þessu svæði og er mjög lítið til af slíkum gögnum. Eldri greiningarnar eru ekki beint sambærilegar, hvorki innbyrðis né við nýju greiningarnar vegna mismunandi greiningaraðferða á flestum efnum. Ljóst er þó af samanburði gagna að engar stórvægilegar breytingar hafa orðið á efnasamsetningu vatnsins í holu 10 sl. 16 ár. Vatnið er samkvæmt greiningum á hlutfalli stöðugra ísotópa upprunnið af hálendinu sunnan Skagafjarðar og ber mælingum nú vel saman við niðurstöður Braga Árnasonar sem mældi ísotópahlutfall í vatninu fyrir sextán árum. Vatnið virðist vera í jafnvægi við hitastig nálægt 70°C og ber ekki nein merki jafnvægis við herra hitastig. Það er dæmigert fyrir lághitavatn á íslenskum basaltsvæðum, þ.e. hefur hátt sýrustig, lágt heildarefnainnihald og er kalkmettað. Það er að flestu leyti ágætt til nýtingar og ekki hætta á útfellingum eða tæringu við nýtingu þess. Sem neysluvatn dæmist vatnið ekki nothæft til drykkjar þar sem bæði flúórstyrkur og sýrustig er heldur hátt og H₂S styrkur er langt ofan leyfilegra marka. Við afloftun fer hluti af H₂S úr vatninu og það er heppilegt að því leyti að það eyðir súrefni sem kemst í vatnið í tönkum og á leið þess um dreifikerfið. Ekki er heldur um drykkjarvatn að ræða og vatn með hærri H₂S og flúórstyrk er notað í margar hitaveitur á Íslandi.

Hola 13, sem er köldust, ber þess nokkur merki í efnasamsetningu og er vatnið úr henni efnasnauðast og útreiknaður efnahiti tilsvarendi lægri en í hinum holunum. Hitastigsmunur hinna holanna innbyrðis endurspeglast þó ekki í efnainnihaldinu. Hola 9 hefur þannig hæst efnainnihald og útreiknaðan efnahita. Munur á milli hola er þó mjög lítil og ekki marktækur nema fyrir örfá efni á milli hola 13 og 9 annars vegar og 10, 11, og 12 hins vegar.

Þar sem nýting vatnsins fer vaxandi væri æskilegt að fylgjast betur með efnainnihaldi vatnsins í framtíðinni. Taka ætti sýni úr helstu vinnsluholunum a.m.k. árlega héðan í frá.

Tafla 2 Efnasamsetning hitaveituvatns á Sauðárkróki (mg/kg)

Hola	Númer	Hiti sýnis	Ohmm °C	pH/°C	SiO2	Na	K	Ca	Mg	CO2	SO4	H2S	Cl	F	Uppl. efni
H-10	690145	70,0		9,92/23	74,0	51,0	1,1	3,0	0,03	16,5	37,7	0,4	19,7	1,40	232,0
H-10	793039		40,0	9,76/23	80,5	53,2	0,9	2,9	0,02	14,0	42,2	0,4	20,7	1,55	226,0
H-9	840126		35,7		73,2	57,8	0,9	3,4	0,00		44,0	0,4	21,9	1,39	244,3
H-10	840125		35,7		73,4	58,7	1,0	3,3	0,00		44,1	0,4	21,8	1,43	235,5
H-11	840123		36,4		69,3	57,6	1,0	3,3	0,01		43,2	0,4	21,3	1,43	231,9
H-12	840124		34,5		66,9	57,9	1,1	3,5	0,00		46,2	0,3	23,5	1,47	241,0
H-13	840122		38,5		68,1	54,4	1,3	3,1	0,01		39,2	0,3	19,6	1,49	224,7
H-9	840247		37,7		75,6	57,0	0,9	3,3	0,00		43,3		21,6	1,44	229,5
H-10	840246		38,5		72,0	56,2	0,9	3,3	0,00		42,4		21,3	1,47	228,5
H-11	840245		40,0		69,6	53,9	1,0	3,3	0,00		41,2		20,7	1,50	220,0
H-12	840244		37,7		70,4	56,5	1,0	3,5	0,00		44,8		22,6	1,49	226,0
H-13	840243		41,7		69,6	52,7	1,0	3,1	0,00		38,7		19,0	1,54	214,0
H-9	850103	70,4	32,3	9,96/20	76,2	58,6	1,0	3,4	0,00	13,8	46,0	0,4	23,1	1,48	242,3
H-10	850102	70,0	33,7	9,98/20	73,7	55,5	1,0	3,2	0,01	14,3	42,7	0,4	21,0	1,51	225,7
H-11	850100	70,6	34,5	9,98/20	70,4	54,7	0,9	3,3	0,00	13,9	41,4	0,4	20,3	1,53	218,6
H-12	850101	71,0	33,3	9,97/20	71,6	56,9	1,0	3,4	0,00	14,8	44,1	0,3	22,0	1,51	226,5
H-13	850099	69,1	36,2	9,99/20	70,3	52,9	0,9	3,2	0,00	14,7	38,2	0,4	18,3	1,57	211,9

VIÐAUKI B

UM VIÐNÁMSMÆLINGAR, MÆLIFERLAR

VIÐAUKI B: Um viðnámsmælingar, mæliferlar

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

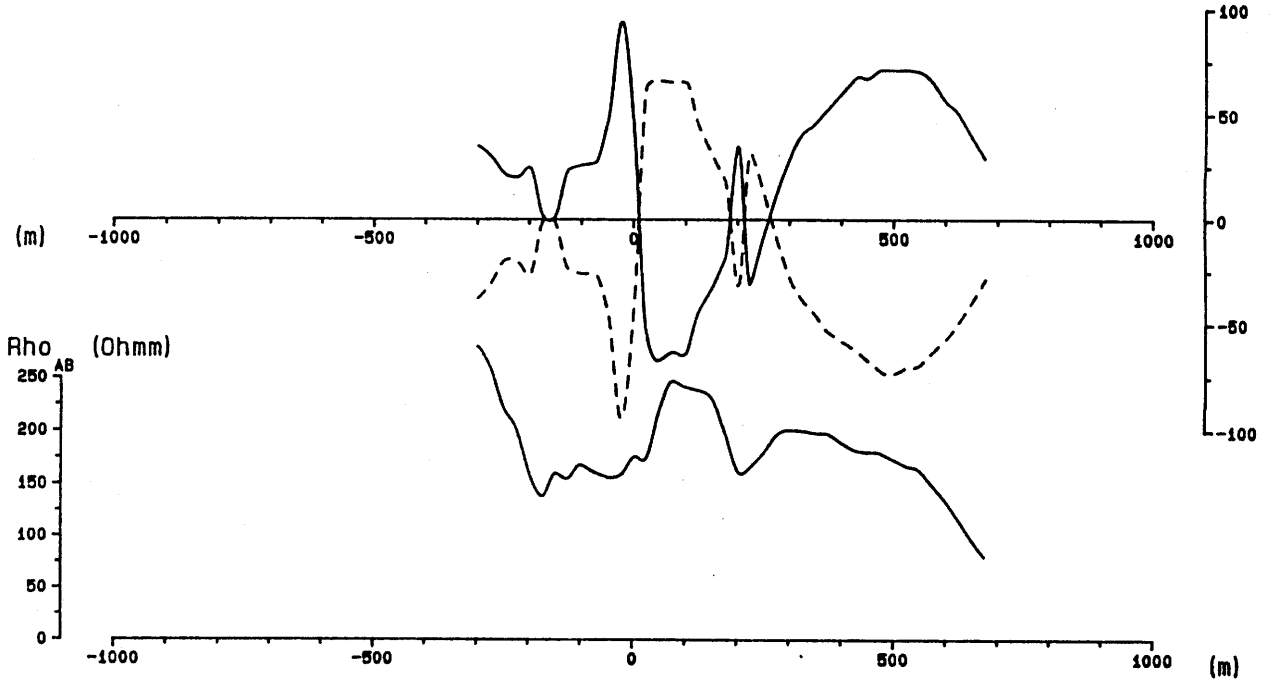
Reynslan hefur sýnt að oft fer saman lágt eðlisviðnám í jörðu og vatnsleiðandi sprungur eða gangar. Tilgangur viðnámsmælinga er að finna og afmarka slík lágviðnámssvæði í berggrunninum.

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

JHD-JED-5100-RK
86.11.0926-T

SAUDARKROKUR LINA 1
AB/2 = 200 M
FRUMGÖGN

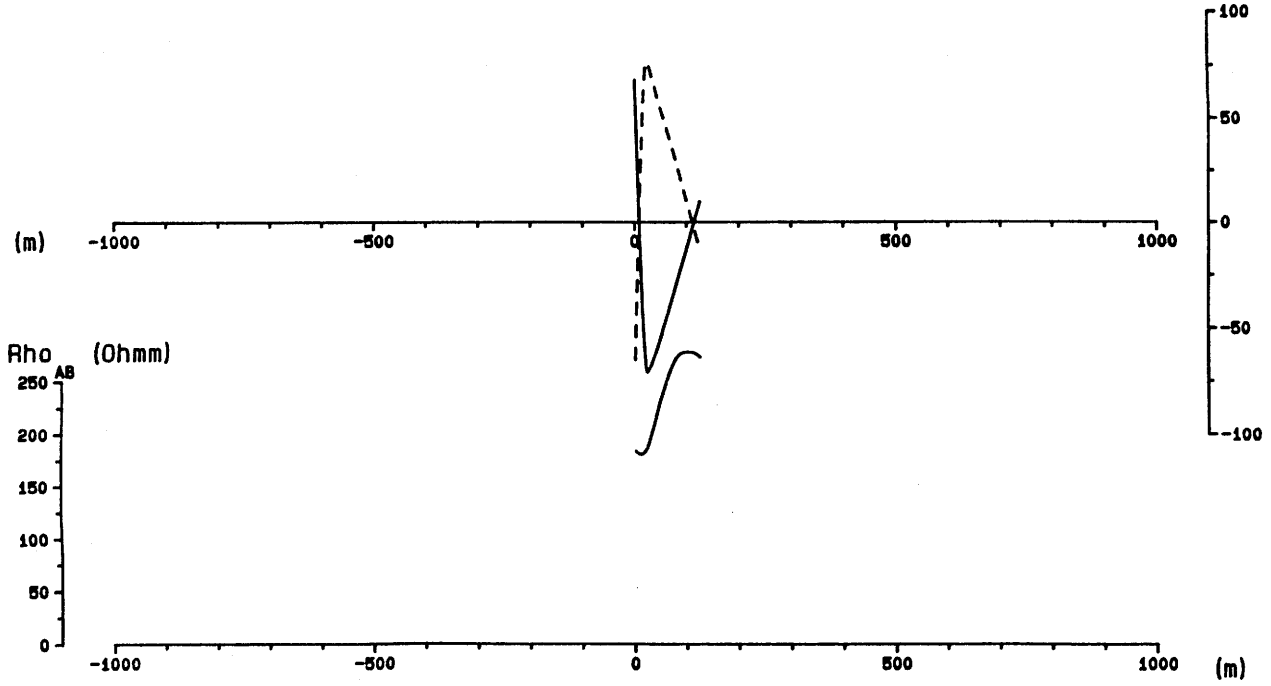
— Rho_{AC-AB}
- - - Rho_{BC-AB}
(Ohmm)



JHD-JED-5100-RK
86.II.0927-T

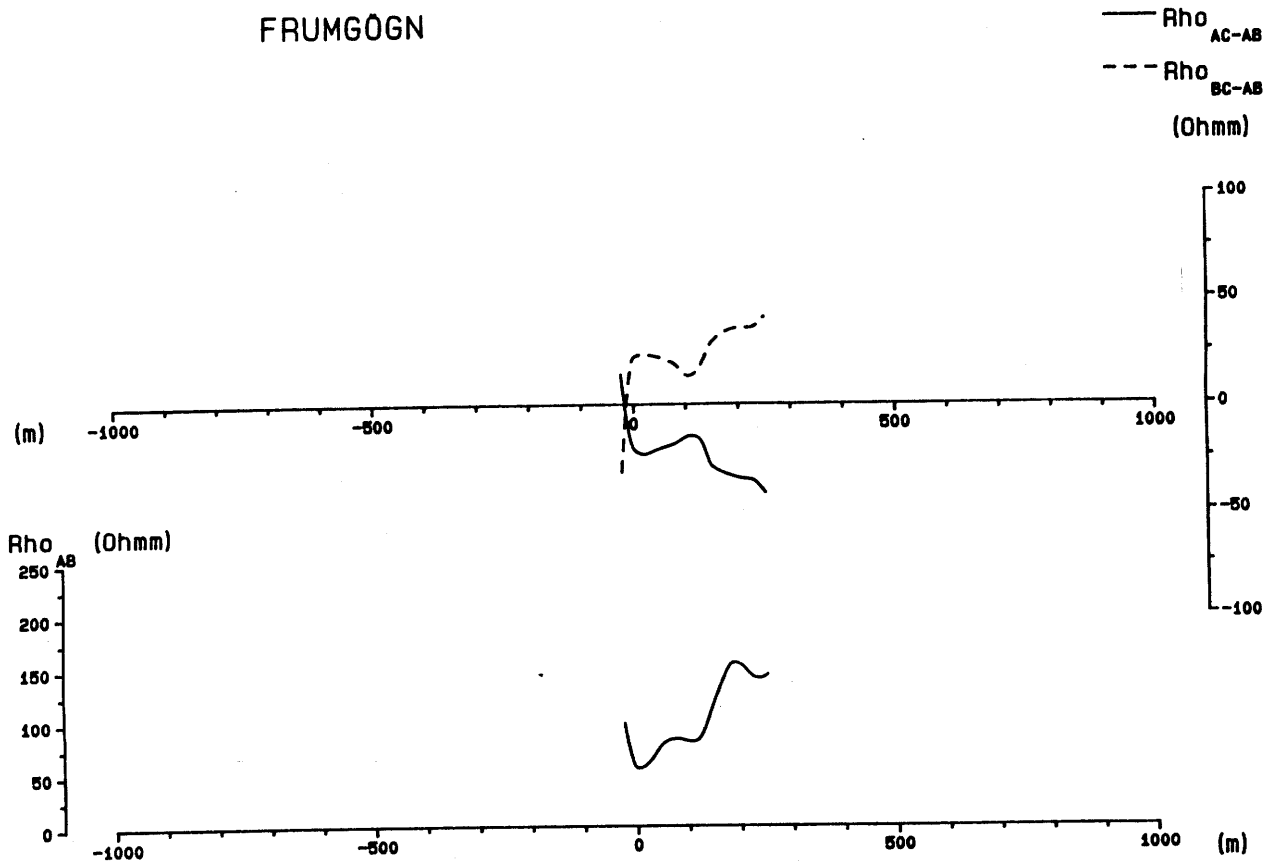
SAUDARKROKUR LINA 1
AB/2 = 400 M (B..MN..A)
FRUMGÖGN

— Rho_{AC-AB}
- - - Rho_{BC-AB}
(Ohmm)



JHD-JED-5100-RK
86.II.0928-T

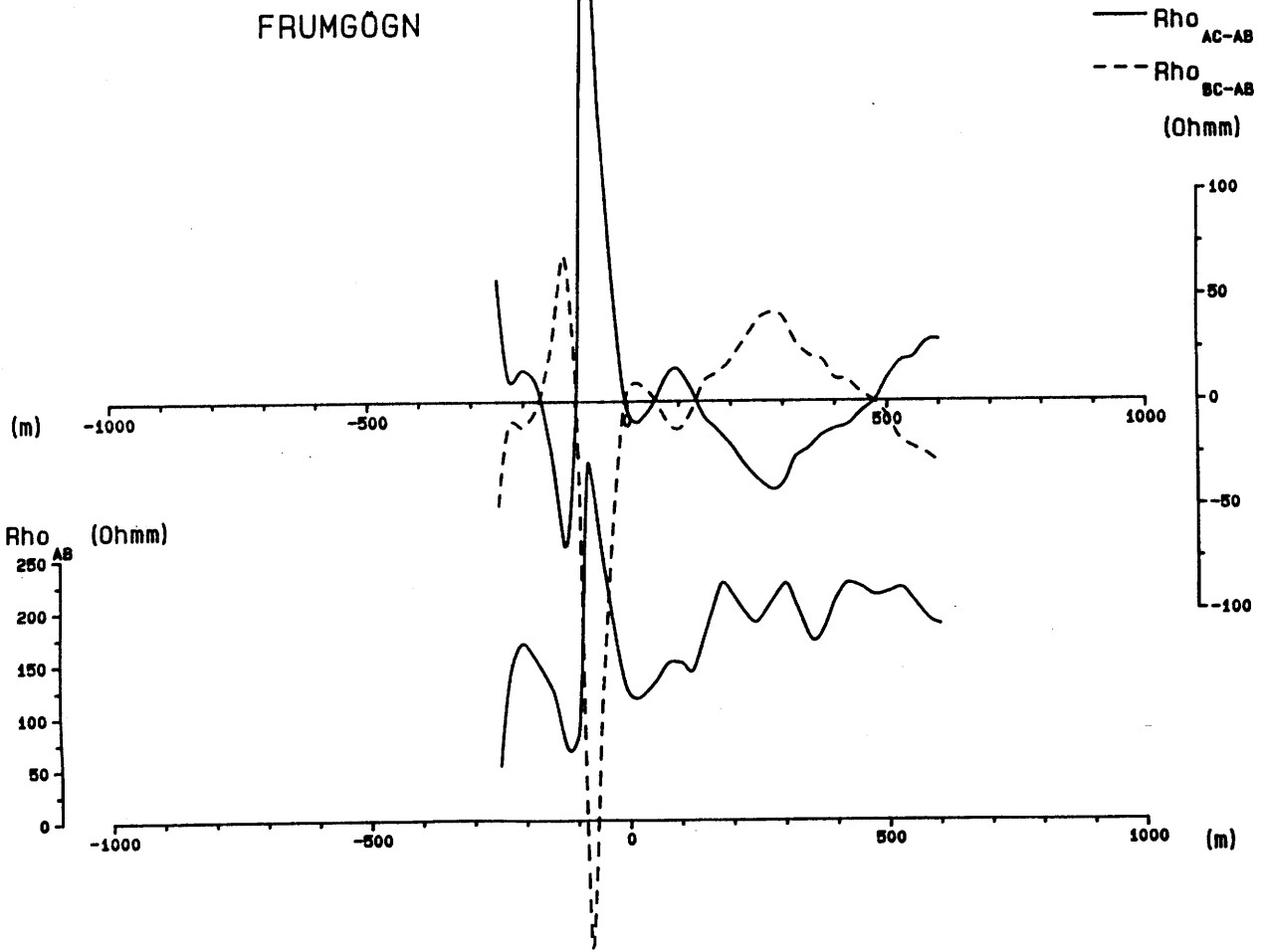
SAUDARKKUR LINA 2
AB/2 = 100 M (B..MN..A)
FRUMGÖGN



JHD - JED - 5100 - RK
86.11.0929 - T

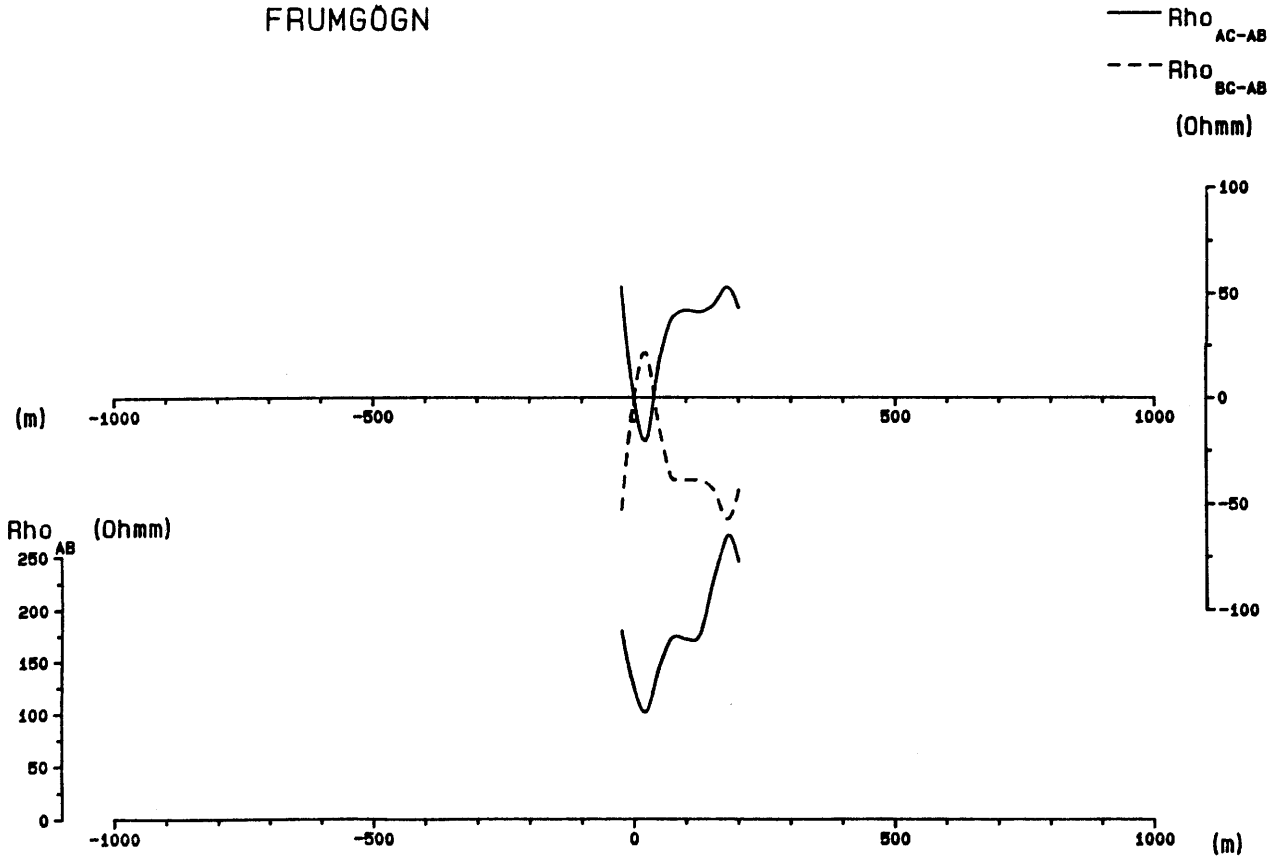
SAUDARKROKUR
AB/2 = 200 M
FRUMGÖGN

LINA 2
(B..MN..A)



JHD-JED-5100-RK
86.II.0930-T

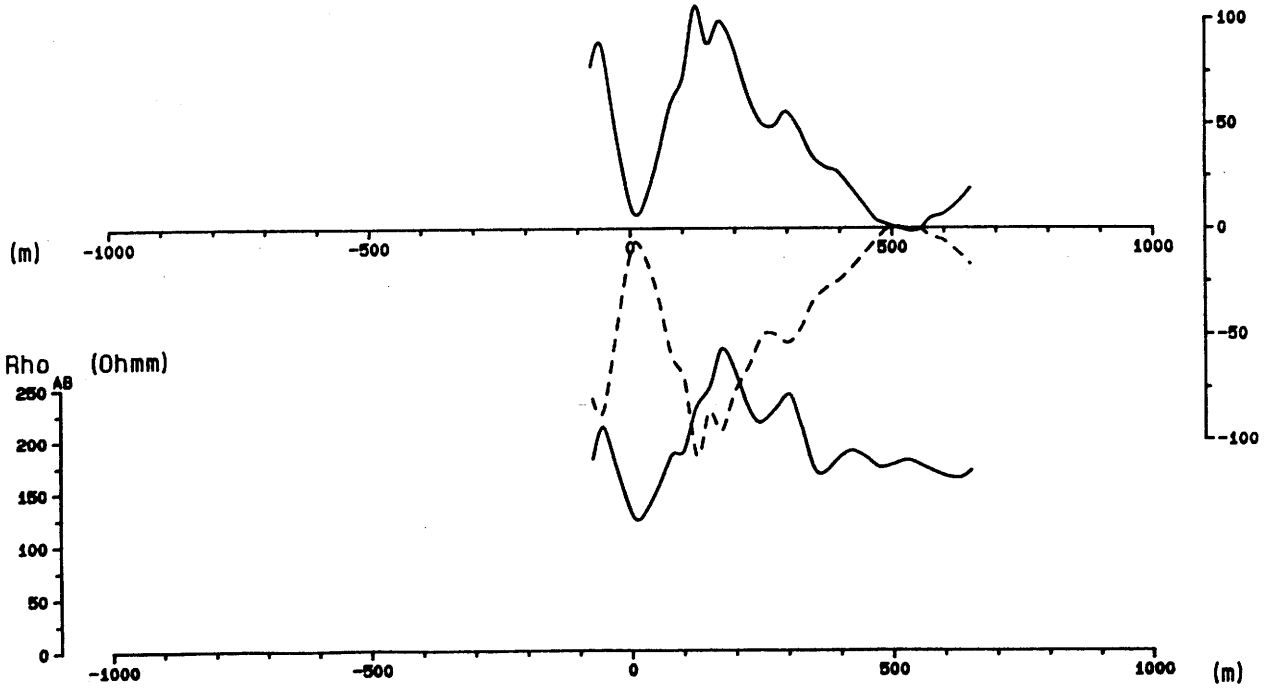
SAUDARKROKUR LINA 2
AB/2 = 300 M (B..MN..A)
FRUMGÖGN



JHD-JED-5100-RK
86.11.0931-T

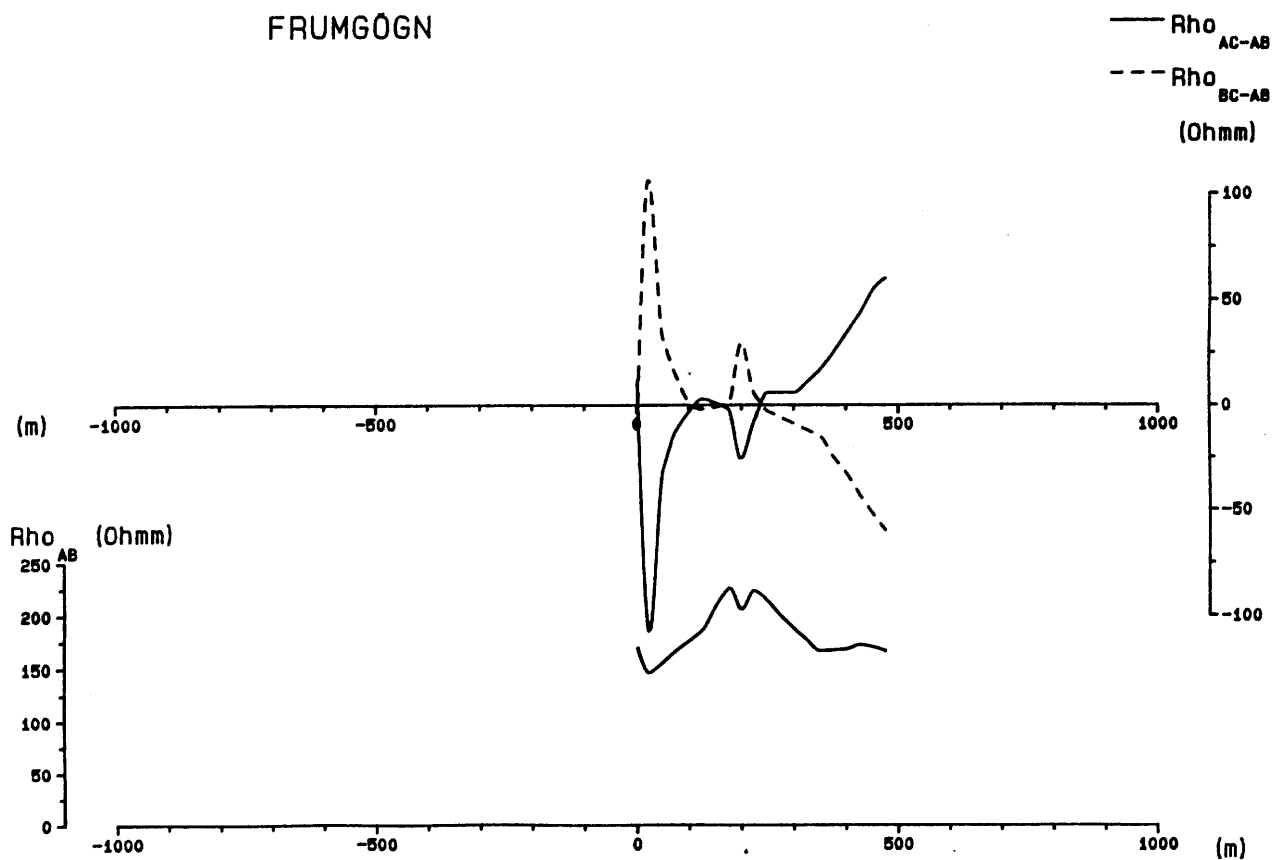
SAUDARKROKUR LINA 2
AB/2 = 400 M (B..MN..A)
FRUMGÖGN

— Rho_{AC-AB}
- - - Rho_{BC-AB}
(Ohmm)



JHD-JED-5100-RK
86.II.0932-T

SAUDARKKROKUR LINA 3
AB/2 = 200 M (B..MN..A)
FRUMGÖGN



JHD-JED-5100-RK
86.II.0933-T

SAUDARKROKUR LINA 3
AB/2 = 400 M (B..MN..A)
FRUMGÖGN

— Rho_{AC-AB}
- - - Rho_{BC-AB}
(Ohmm)

