



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Hilmar

KRAFLA, HOLA KJ-23
Borun vinnsluhluta holunnar

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson,
Guðjón Guðmundsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson,
Hilmar Sigvaldason, Hjörtur Tryggvason og
Ómar Sigurðsson

OS-83082/JHD-27 B

Október 1983



ORKUSTOFNUN

GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

KRAFLA, HOLA KJ-23
Borun vinnsluhluta holunnar

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson,
Guðjón Guðmundsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson,
Hilmar Sigvaldason, Hjörtur Tryggvason og
Ómar Sigurðsson

OS-83082/JHD-27 B

Október 1983

EFNISYFIRLIT

Els.

1	BORSAGA	4
2	SKOLTAP Í BORUN	5
3	ÖRVUNARAÐGERÐIR	5
4	JARÐLÜG	7
5	UMMYNDUN	8
6	MÆLINGAR	9
7	DELUPRÓFANIR	9

TÖFLUR

1	Mælingar í holu KJ-23, Kröflu	11
---	-------------------------------------	----

MYNDIR

	Bls.
1 Einfaldað jarðlagasnið	12
2 Skoltap eftir borun	13
3 Hitamælingar í borun	14
4 Hitamælingar í borun	15
5 Hitamælingar við borlok	16
6 Upphitun á 1948 m dýpi	17
7 Upphitun milli mælinga	18
8 Hitamælingar við borlok	19
9 Upphitun á 1948 m dýpi	20
10 Hitamæling fyrir mælingasyrpu	21
11 Dæluprófun	22
12 Dæluprófun	22
13 Dæluprófun	23

1 BORSAGA (G.O.F.)

Borun vinnsluhluta holunnar hófst kl 09:00 hinn 1. september, 1983 á 539 m dýpi, og lauk á 1968 m dýpi hinn 17. september, kl. 16:35.

Fyrst var notast við 216 mm (8 1/2") krónu af gerðinni FP-62-J. Gekk borun tafalaust þar til kl 02:00 hinn 6. september á 1326 m dýpi, en þá brotnaði álagsstöng. Tókst fiskun í fyrstu atrennu. Að lokinni hitamælingu var sett niður ný króna af sömu gerð og áður. Álagsstangir voru sprungumældar áður en þær fóru niður, og síðan kælt á undan krónu öðru hvoru neðan 900 m dýpis. Ekkert botnfall reyndist í holunni. Borun hófst að nýju milli kl 15 og 16 hinn 7. september. Borun gekk tafalaust þar til á 1788 m dýpi kl 18:05 hinn 12. sept., að ráðist var í krónuskipti. Hafði krónan þá verið notuð í 114 klst. Er upp kom, reyndist eitt krónuhjólið gjóktandi og nær allir karbitar brotnir af því. Eitthvað af karbitum höfðu einnig brotnað af hinum hjólunum. Að lokinni hitamælingu var sett niður ný króna af sömu gerð og áður og kælt á undan neðan 1500 m dýpis. Borun hófst á ný kl. 08:45, 13. september. Hinn 15. september kl 09:00 festist svo á 1926 m dýpi. Hafði þessi króna þá verið notuð í 46 1/2 klst. Að lokinni upptekt sást að krónan var gjörónýt og urðu öll hjólin eftir á botni. Fyrst var fiskikörfu rennt niður og kom hún upp með ysta hring af einu hjóli og annað ekki. Þá var rennt niður fiskara með segli innanstokks og boraðir 70 cm. Reyndist ferðin sú aflarýr og var talið hugsanlegt að hjólin hefðu þrýstst út í bergvegg sem atlaður var linur. Þar sem einungis stóð til að bora tæplega 100 m til viðbótar, (m.a. sökum skorts á borstöngum) var fiskunum hætt. Nýrri tannhjólakrónu af gerðinni S-31-G var rennt niður og reynt að bora áfram. Kl 16:35, 17. september, var svo gefist upp á 1968 m dýpi, en gangur borunar var þá orðinn óeðlilega hægur og einsýnt að krónan væri ónýt. Er strengur var tekinn upp hinn 21. september kom í ljós að tvö hjól voru dottin af krónunni, en eitt tannlaust eftir. Töpuðust því alls 4 1/2 krónuhjól í holunni ásamt karbitum.

Meðan á borun stóð var hallamælt öðru hverju. Niðurstöður hallamælinga eru sýndar á mynd 1. Á 1470 m dýpi var halli kominn í 3,9°. Sú hugmynd kom fram um þetta leyti, að rétt væri sökum lítils skoltaps, að leyfa holunni að

skekkiast, en slík skekking á holunni gæti hugsanlega leitt til þess að hún skæri fleiri vatnsleiðara en ella. Ekki var þó brugðið til þess ráðs og borað áfram í samræmi við verkáætlunina, og reynt að minnka halla holunnar. Halli mældist $3,5^\circ$ á 1680 m dýpi og $3,7^\circ$ í síðustu mælingu á 1850 m dýpi. Holan er því nærri bein svo sem fyrirhugað var í upphafi, en frávik frá lóðlínu gæti þó numið 50 til 100 m í botni.

2 SKOLTAP Í BORUN (G.Ó.F.)

Skoltapsmælingar voru gerðar reglulega meðan á borun stóð, svo sem venja er. Á mynd 1 má sjá niðurstöður þessara mælinga ásamt dælingu og dæluprýstingi. Skoltap í borun fór aldrei yfir 9 l/s svo sem sést á mynd 1. Helstu skoltapsaukningar komu fram í mælingum gerðum á eftirfarandi dýpi: 700 m (úr 3,18 í 5,10 l/s), 1010 m (úr 4,46 í 8,24 l/s), á 1274 m (úr 6,38 í 8,93 l/s), á 1433 m (úr 1,28 í 6,06 l/s) á 1826 m (úr 4,42 í 7,02 l/s) á 1892 m (úr 5,68 í 8,24 l/s), og loks á 1964 m dýpi (úr 5,05 í 8,29 l/s). Samkvæmt hitamælingum gerðum að borun lokinni komu fram æðar á 600 m dýpi, 700 m, 1290 m, 1380 m, 1660 m, 1890 m og 1930 m dýpi.

3 ÖRVUNARADGERÐIR (G.Ó.F.)

Að lokinni borun var reynt að opna holuna með eftirtöldum aðgerðum: skolun, upphitunum og kælingum, og loks ádælingu undir prýstingi. Yfirlit yfir þessar aðgerðir ásamt niðurstöðum er sýnt á mynd 2.

Fyrst var hitamælt að lokinni borun og síðan skolað í tæpar 19 klst. Skoltap hélst stöðugt allan þennan tíma, milli 6 og 7 l/s. Þá var hitamælt til að meta upphitunarhraða og holan látin hitna í tæpar 20 klst. Síðan var holan kæld í rúma 6 tíma og reyndist skoltapsaukning um 1 l/s.

Holan var nú látin hitna upp aftur í 12 tíma og síðan kæld í 6 tíma. Skoltap í fyrstu mælingu reyndist tæpir 14 l/s en féll síðan niður í fyrra gildi, rúma 7 l/s. Sökum skoltapsaukningar í byrjun kælingar þótti ástæða til að reyna upphitun í þriðja sinn, nú í 10 klst. Að þeim loknum

reyndist skoltap milli 8 og 9 l/s. Strengur hafði jafnframt verið færður upp svo krónan var á 1660 m dýpi við skoltapsstað, ef vera mætti að iðuköst við krónuenda gætu hreinsað eitthvað frá æðinni við kröftuga skolun. Þar sem árangur reyndist ekki viðunandi að lokinni 2 tíma kælingu með 50 l/s skolun var ákveðið að hætta frekari skolun, og er það að sumu leyti bagalegt að ekki var skolað lengur í þetta sinn þannig að marktæk niðurstaða fengist á því hvort kröftug skolun við æð hefði örvandi áhrif á holuna. Einnig hefði mátt reyna skolun við fleiri æðar.

Ljóst má vera að tilraun þessi með upphitun og snöggkælingu til skoltapsörvunar gaf ekki viðunandi árangur. Að undanskilinni einni mælingu, fór skoltap ekki yfir hæsta melda gildi í borun. Rétt er að geta eins atriðis sem kann að hafa valdið þéttingu á lekastöðum, þó ekki sé fullkannað. Frá u.p.b. 1500 m dýpi og niður á botn holu varð vart við svarfkorn sem voru húðuð hvítri útfellingu á eina hlið, og munu þau ættuð úr holuvegg. Einkum voru slík korn áberandi í svarfsýnum teknum nærri lokum borunar er skolun var augin um 10 l/s (mynd 1). Eins voru slík korn áberandi í sýni söfnuðu úr skoli er króna var höfð á 1660 m dýpi í 3. kælingu. Virðist því sem holuveggur hafi húðast útfellingu úr skolvatni, sem kröftug skolun reif frá veggnum. Líklegt er að slíkar útfellingar myndu verka þéttandi á þær lekaðvætur sem fram komu í borun. Tekið var sýni af skolvatni inn á kar (17.09.83, kl 14), ásamt sýni af hvítri gelkenndri útfellingu í læk við inntaksdælu. Verða þessi sýni ásamt útfellingunum á holuvegg athuguð nánar.

Adæling á holutopp hófst 21. sept. kl 17:00 og stóð fram eftir kvöldi (mynd 2). Árangur af pökkuninni var ekki sjáanlegur í fyrstu, en um það ásamt fallmælingum fyrir og eftir pökkun er fjallað sérstaklega aftur í þessari skýrslu.

Hinn 22/9 kl 03:30 var svo ráðist í mælingasyrpu. Þar sem holan hafði hitnað upp var einungis hægt að framkvæma jarðeðlisfræðimælingar niður í 1250-1300 m dýpi. Skoltap var tekið fyrir og eftir hitamælingu í byrjun mælinga, og reyndist 15 l/s og 12,6 l/s, eða heldur meira en áður hafði sést. Ákveðið var að setja ekki niður leiðara og var verkáfangi þar með lokið og hafist handa við undirbúning flutnings. Var það um hádegisbil hinn 22. sept. 1983, rúmum 4 1/2 sólarhring frá því að borun lauk. Alls tók

borun og frágangur holu KJ-23 um 40 verkdaga.

4 JARBLÖG (G.Ó.F.)

Einfaldað jarðlagasnið ásamt meðalborhraða yfir hvert 10 m bil er sýnt á mynd 1. Nákvæmara jarðlagasnið og frekari umfjöllun verður birt síðar að lokinni úrvinnslu, en bráðabirgða jarðlagatengingum brugðið upp hér neðan við.

Svo sem fram hefur komið í fyrri greinargerðum um 1. og 2. verkáfangi borunar KJ-23, svipar jarðlögum og ummyndun í efri hluta KJ-23 til holu KJ-21. Neðan vinnslufóðringar í KJ-23 er ekki hægt að segja hið sama að öllu leyti. Basaltmyndun má þó e.t.v. greina milli 503-640 m, ekki með öllu ólíkri þeirri frá 470-640 m í KJ-21. Nokkuð þétt basaltlög með þykkum breksfum á milli greindust í KJ-21 frá 640-860 m dýpi, en breksfa er hinsvegar ríkjandi berggerð frá 640-760 m dýpi í KJ-23. Þaðan og allt niður á 950 m dýpi í KJ-23 eru hinsvegar svipuð jarðlög og greindust milli 640-860 m í KJ-21.

Í KJ-21 var greind móbergsmýndun (M-II) frá 860-1010 m dýpi. Sambærilegan jarðlagakafli, með þunnum þéttum innskotslögum milli þykkari túfflaga má sjá í KJ-23 frá u.þ.b. 950-1050 m dýpi. Neðan þessa dýptarbils tekur svo við basaltmyndun allt niður á 1310 m dýpi í KJ-23. Frá 1310 m til 1440 m dýpi má svo greina þriðju móbergsmýndunina (M-III) sem að u.þ.b. 1/3 hluta er gegnumstungin af þunnum innskotslögum. Myndun M-III er ætluð vera sú sama og sést á 1240-1400 m dýpi í holu KJ-6. Því má í stórum dráttum sjá grófa samsvörun milli jarðlagamyndana KJ-21, KJ-23 og KJ-6.

Helstu vandræði við beinar jarðlagatengingar milli borhola neðan 500-1000 m á Kröflusvæði stafa af mismunandi innskotapéttleika frá einum stað til annars, og svo þeim vandkvæðum sem aðgreining basaltinnskota frá basalt-hraunlögum í svarfi fela í sér. Stundum eru mörkin þó skýr, t.d. þar sem brot af kælikápum innskota sjást í svarfsýnum. Þannig háttar til í basalt/innskotamyndun (B-IV) í KJ-23 sem nær frá 1440 m dýpi niður á botn holunnar. Skiptast hér á misvel kristölluð basaltlög, ýmist fín-meðalkorna eða meðal-grófkorna lög, ásamt slatta af áberandi grófkorna basaltlögum (dóleríti). Þéttleiki og

þykkt millilaga (gjall og túfflög) minnkar jafnframt með dýpi að sama skapi og innskotapéttleiki vex. Innskotslögin eru að 99,9% basísk. Einungis stöku svarfkorn neðarlega úr holunni greinast súr, sem bendir til æðahríslings úr súru bergi neðan til í innskotamynduninni. Bendir það frekar til nálægðar við stærri innskotahnalla, en ljóst er að slíkur hnallur (t.d. úr gabbró) er ekki skorinn af holunni.

Þykka súra innskotslagið sem kom fram nærri botni í KJ-22 var ekki skorið af holu KJ-23. Einungis eitt súrt lag, ca 2 m þykkt, kann að vera á milli 1558-1560 m dýpis, en það verður skoðað nánar.

Þeir skoltapsstaðir sem sáust í hitamælingum eru allir við lagmót innskota. Eðin á 1290 m dýpi er við neðri jaðar áberandi fersklegs, 2 m þykks, finkornóttts basaltlags. Áberandi ferskleg basaltlög eru fremur fátföld í holunni, en koma þó fyrir af og til. Í flestum innskotslögum má sjá einhverja ummyndun, stundum hressilega.

Lauslegur samanburður jarðlaga við mælingaferla frá 540-1300 m dýpis sýnir góða samsvörun, t.d. neftrónudreifing og viðnám. Engin súr jarðlög sáust í gamnamælingunni á þessu dýptarbili. Víddarmælingin sýnir óverulega útvöskun og þá helst úr línu jarðlögum. Smáskápar sjást við sum fersklegu innskotin, t.d. við æðina á 1290 m dýpi. Nánari umfjöllun fer fram síðar.

5 UMMYNDUN (G.Ó.F.)

Ummyndun jarðlaga KJ-23 er svipuð og í KJ-21, svo sem fram hefur komið í fyrri greinagerðum um KJ-23. Allar háhita-steindirnar finnast af og til niður í botn. Jafnframt er sama uppi á teningnum með tilveru kalsíts í KJ-23 sem í KJ-22 og KJ-21, að kalsít fer þverrandi frá u.þ.b. 350 m dýpi og hverfur svo gott sem alveg, en birtist síðan aftur frá u.þ.b. 700-1000 m dýpi, og er síðan greinilegt allt niður á botn holanna. Hitastig gæti því verið undir 300°C ofan 2 km dýpis, en mikilvægt er að fá góðar berghitamælingar til samanburðar.

6 MÆLINGAR (H.S.)

Skrá yfir þær mælingar sem gerðar voru í þessum verkáfangna má sjá í töflu 1. Á fyrstu hitamælingunni (mynd 3) sem mæld var 6. sept. eftir álagasstangarbrot sést að æðin í 700 m tekur við megninu af þeim 6,3 l/s sem töpuðust í holunni. Næst var holan hitamæld við krónuskipti 12. sept. (mynd 4) og sjást þá til viðbótar tvær æðar í 1290 m og 1660 m. Að lokinni borun þann 17. sept. var holan hitamæld (mynd 5) og upphitun athuguð (myndir 6 og 7). Var mælir látinn sitja í 1948 m dýpi og fylgst með upphitun. Á mynd 6 sést að á 1948 m dýpi hitnar holan um rúmlega 15°C á 1 klst. Á mynd 7 er sýndur upphitunarhraðinn í holunni. Í þessari mælingu töpuðust um 4 l/s og virðast þeir tapast út á 600 m dýpi.

Þann 18. og 19. sept. var fylgst með upphitun holunnar án ádælingar (myndir 8 og 9). Næst var holan mæld 22. sept. og voru þá teknar hita-, viddar-, n-n & nat.Y og viðnámsmælingar í holunni. Ekki reyndist unnt að mæla dýpra en 1330 m, en þar var hitinn orðinn meiri en 115°C.

7 DÆLUPRÓFANIR (Ó.S.)

Eftir kælingu í 1660 m voru stangir teknar upp. Á meðan var höfð utan á dæling frá kl 01:30 þann 21. sept. Athuga átti vatnsleiðni holunnar áður en farið yrði í að dæla á hana með yfirþrýstingi. Settir voru niður 200 m af stöngum og þrýstiskynjara komið fyrir á 200 m dýpi. Einnig var sett niður þrýsti- og hitapróba á 700 m dýpi til samanburðar, en þetta er nýtt tæki sem verið er að prófa. Dæling var síðan stöðvuð kl 12:30. Skoltap var þá 6,1 l/s. Síðan var fylgst með þrýstifallinu (myndir 11 og 12). Vatnsleiðni holunnar metin út frá því er um:

$$kh/\mu \approx 0,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{pa}\cdot\text{s}$$

Er þessu var lokið var kellyið sett á, lokað að stöngum og dælt á holuna með yfirþrýstingi. Byrjað var laust fyrir kl. 17 með lítilli dælingu (15 l/s). Bakþrýstingur byggðist mjög hægt upp svo dæling var aukin rólega upp í 59 l/s. Þessu var haldið í smástund en þrýstingur óx rólega í 45,5 bar. Dæling var þá minnkuð niður í 30 l/s til að safna vatni í karið. Síðan var hún aukin aftur snögglega í

59 l/s og haldið þannig í um hálfra klst. Þrýstingur náðist þá mestur 49,9 bar. Dæling var síðan rólega minnkuð í tæpa 7 l/s og vatni safnað í kárið. Eftir um hálfra klst. hlé var skoltap orðið um 11,5 l/s. Í tvígang var síðan dælt aftur á holuna um 59 l/s með hléum. Skoltapið hélst svipað. Þessu lauk svo um kl 23:15, og utan á dæling sett á. Þrýstiskynjurum var síðan komið fyrir á nýjan leik og þrýstifallið mælt, en þá var skoltap um 13 l/s. Ekki var að sjá að vatnsleiðni holunnar hefði breytst að ráði við þessa aðgerð. Aftur á móti hafði þrýstimótstaðan við holuna minnkað eitthvað. Þessu lauk svo um kl 03:40 daginn eftir.

A mynd 13 er reynt að áætla vatnsborðsstöðuna í holunni við mismunandi dælingu meðan á þrýstiprófuninni stóð. Út frá því má fá gildi fyrir svo nefndan B-stuðul á bilinu 9-10 m/(l/s). Út frá B-stuðlinum má svo aftur áætla að vatnsleiðnin sé:

$$kh/\mu \approx 0,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$$

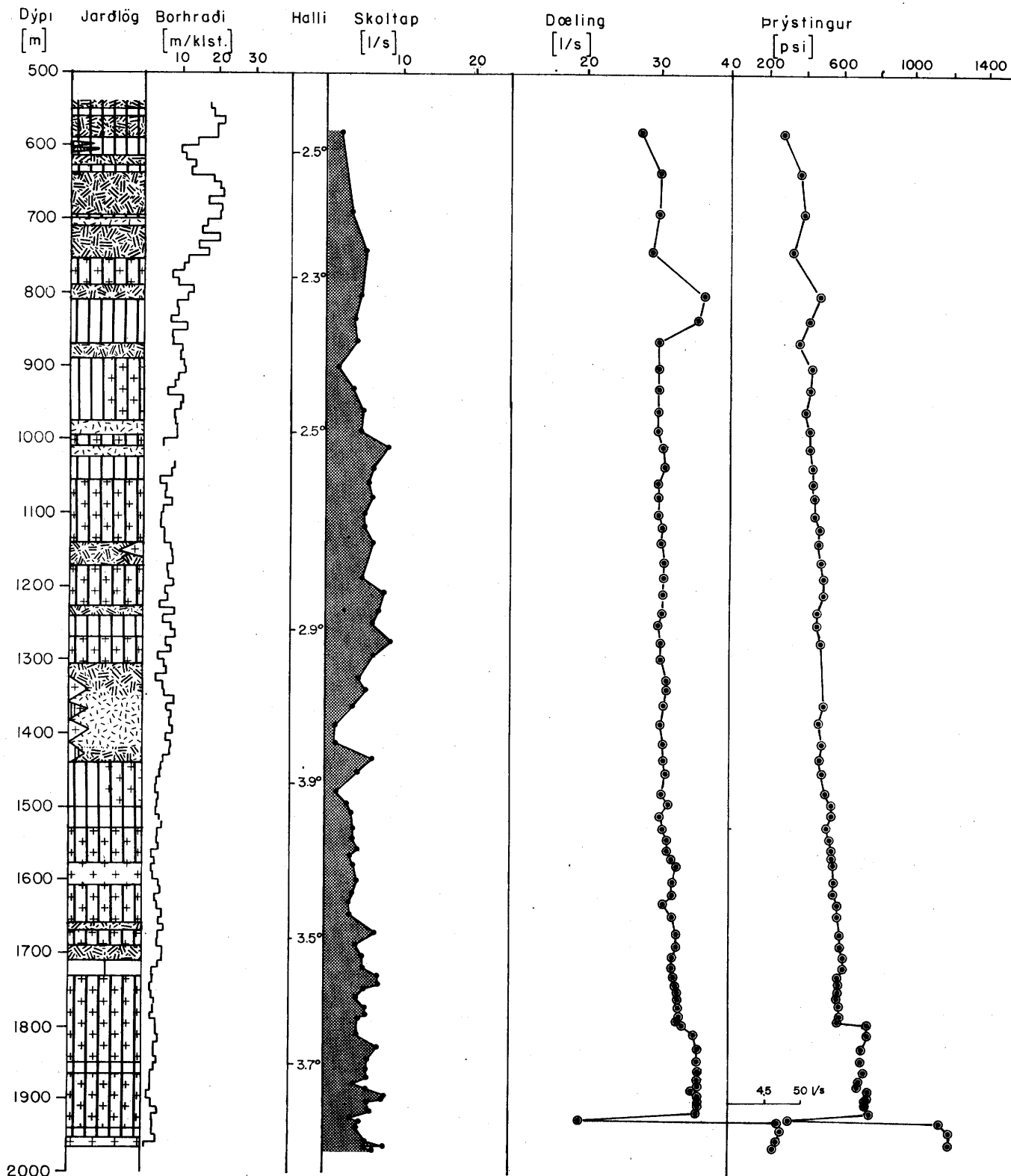
Af ofanskráðu er ljóst að vatnsleiðni metin fyrir holu KJ-23 er um 2-3 sinnum minni en flestra hola á gamla borsvæðinu, og rúmlega 4 sinnum minni en fyrir KJ-21. Til að ljúka þessum samanburði má geta þess að vatnsleiðni holu KJ-23 er rúmlega 5 sinnum meiri en holu KJ-18 sem er eina holan sem ekki hefur komist í vinnslu.

TAFLA 1 Mælingar í holu KJ-23, Kröflu

Dagur	Hvað mælt	Dýpi	Astand holu	Tilgangur	Athugasemdir
83.09.06	Hiti ΔT -CCL	0 - 1100 m	Tap 6,3 l/s	Upphitun	Álagsstangarbrott - krónuskipti
83.09.12-13	Hiti ΔT -CCL	0 - 1780 m	Tap ca 5 l/s	-"-	Krónuskipti
83.09.17	Hiti ΔT -CCL	0 - 1948 m	Tap 4,6 l/s	-"-	Borlok
83.09.18	Hiti ΔT -CCL	0 - 1948 m	Engin ádæling	-"-	-"-
83.09.19	Hiti ΔT -CCL	0 - 1800 m	Engin ádæling	-"-	-"-
83.09.22	Hiti ΔT -CCL	0 - 1340 m	Ádæling 13 l/s Borstengur í 200 m	-"-	-"-
83.09.22	Vídd	0 - 1320 m	- " -	Skápar	-"-
83.09.22	N-N og nat.gamma	0 - 1250 m	- " -	Jarðlög	-"-
83.09.22	Viðnám	0 - 1330	- " -	-"-	-"-

KRAFLA KJ-23

Einfaldad jarðlagasnið og mælingar í borun



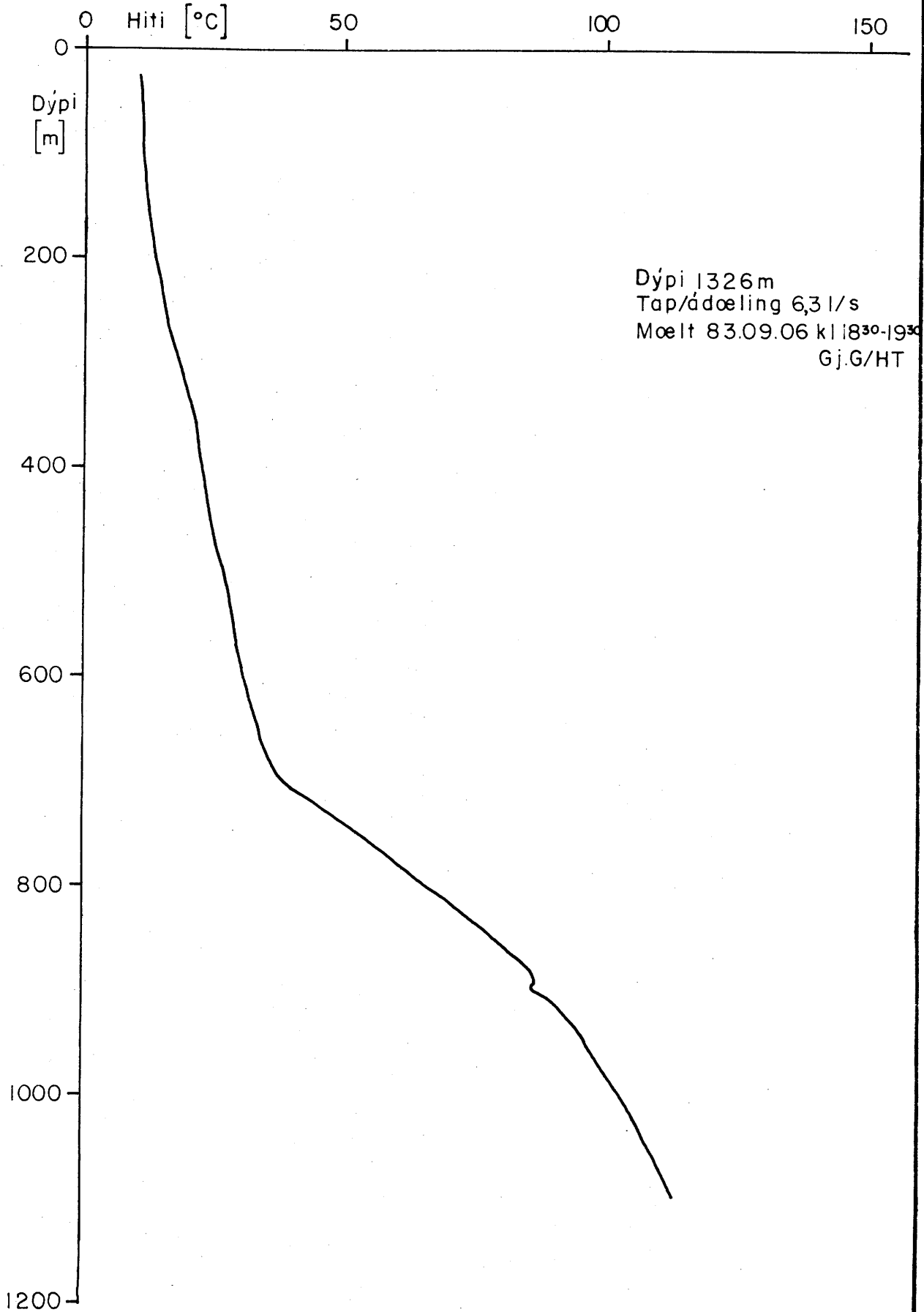
- | | | |
|-----------|---------------------------|----------------------------|
| SKÝRINGAR | GLERJAF BASALT | GROFKORNÓTT BASALT/DÓLERIT |
| TÚFF | FÍNKNÓTT UMMYNDAD BASALT | DÓLERIT |
| BREKSIA | FÍNKNÓTT FERSKLEGT BASALT | > INNSKOT, BERGGERÐ SYND |



JHD-BM-6607. Gj.G
83.09. 1303. Sy.J.

Mynd 3

KRAFLA HOLA KJ-23 Hitamælingar í borun

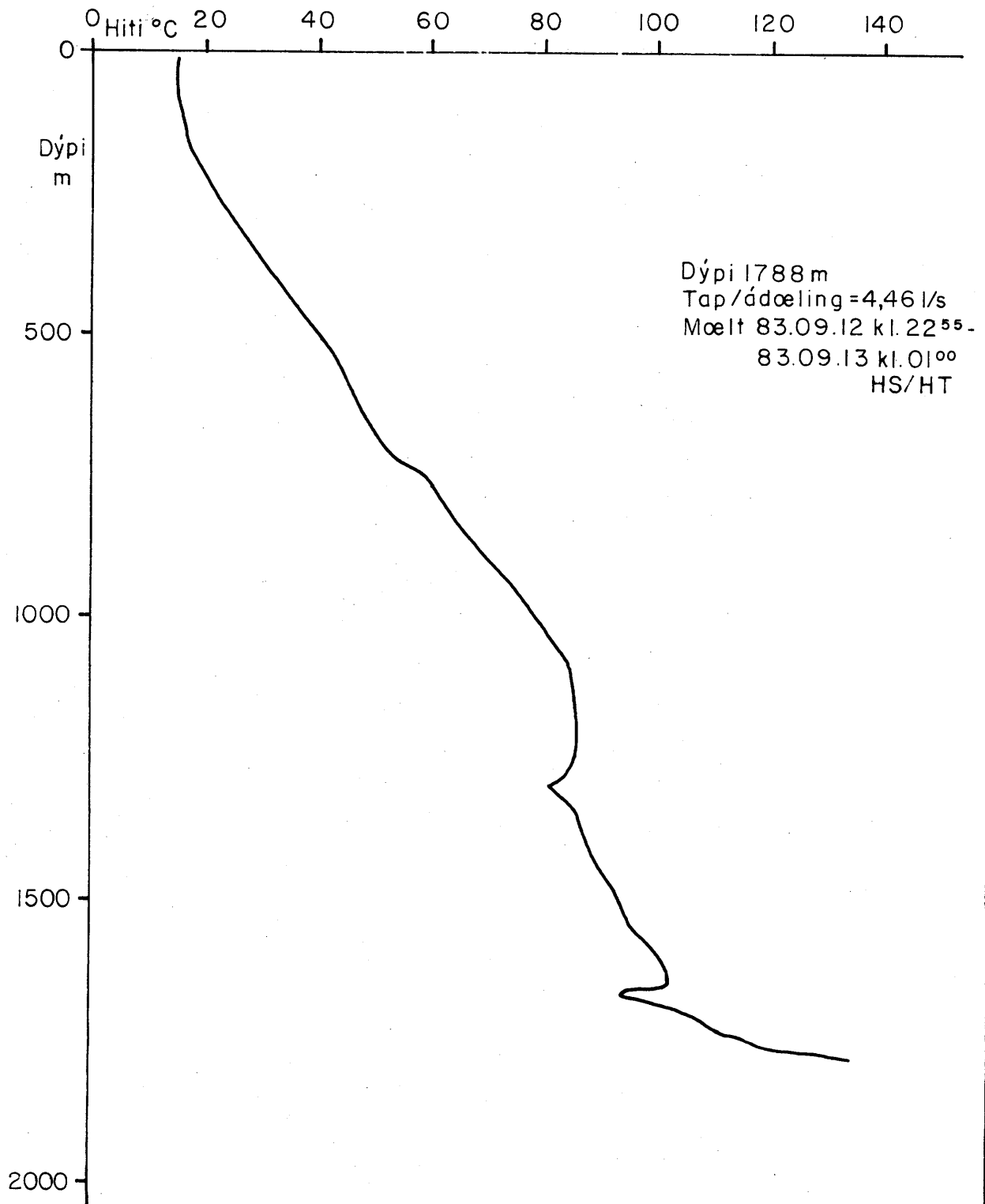




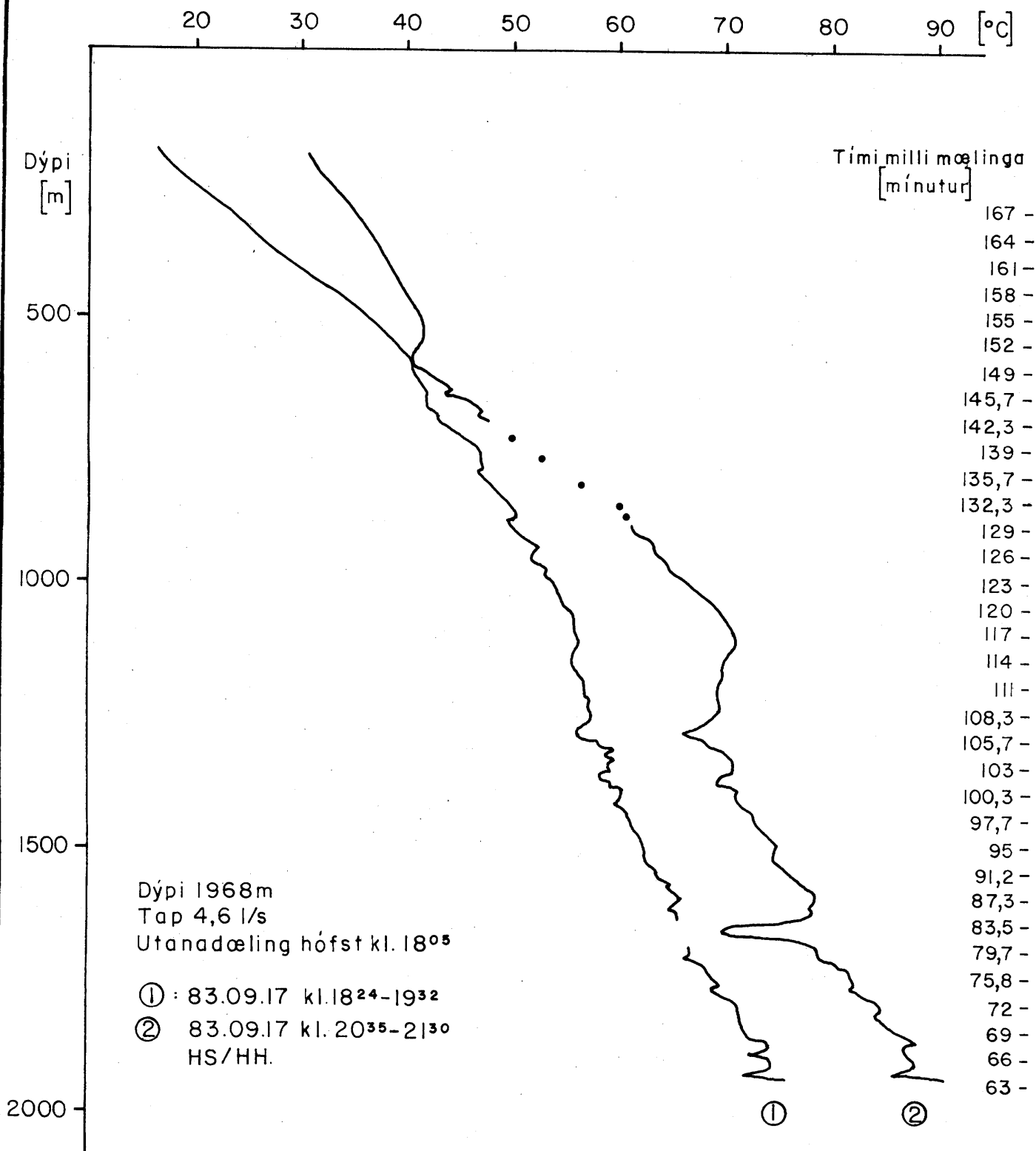
JHD-BM-6607. HS/HT
83.09.1304. Sy.J.

Mynd 4

KRAFLA HOLA KJ-23 Hitamælingar í borun



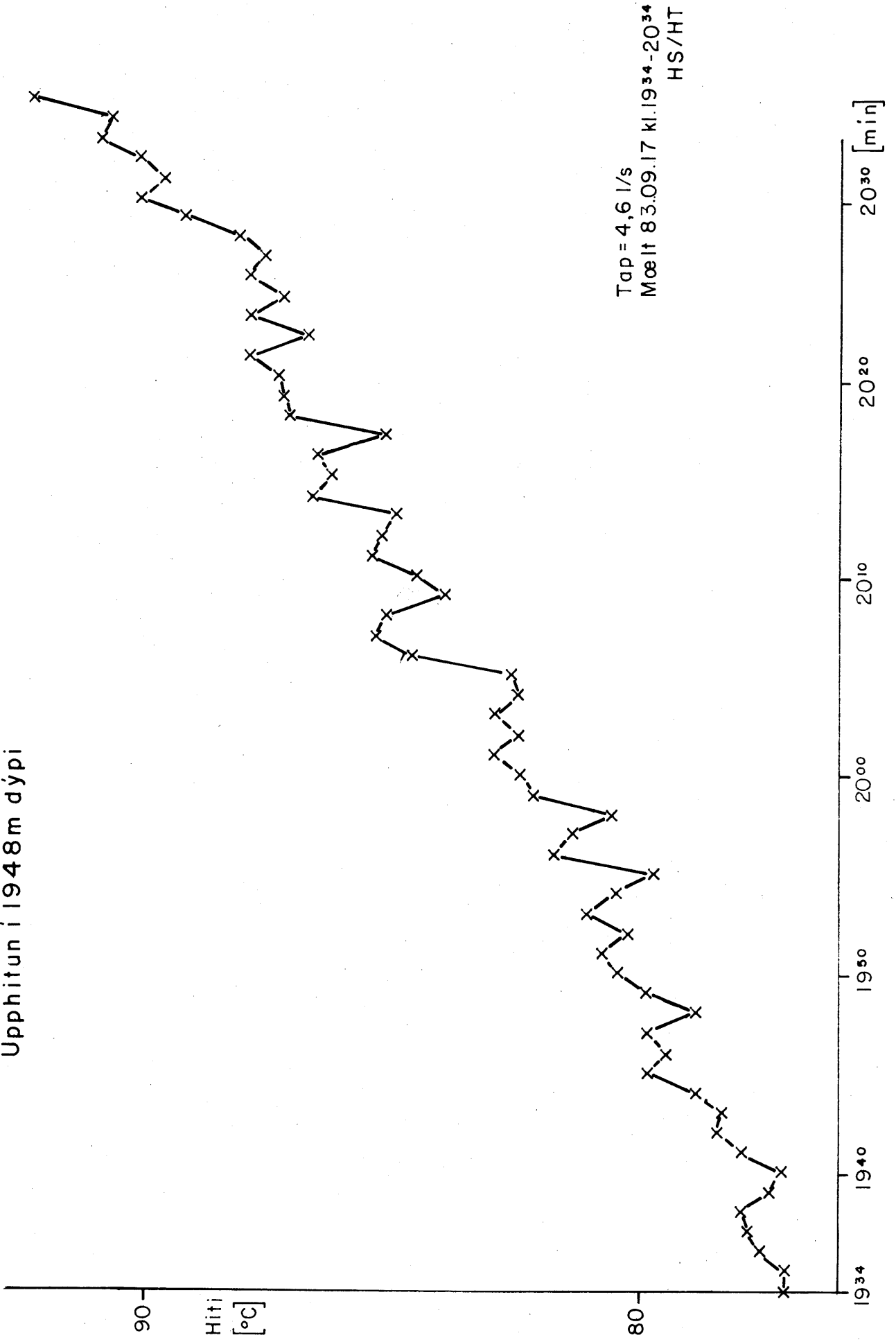
KRAFLA HOLA KJ-23
Hitamælingar við borlok



JHD-BM-6607 HS/HT
83.09.1306. Sy.J.

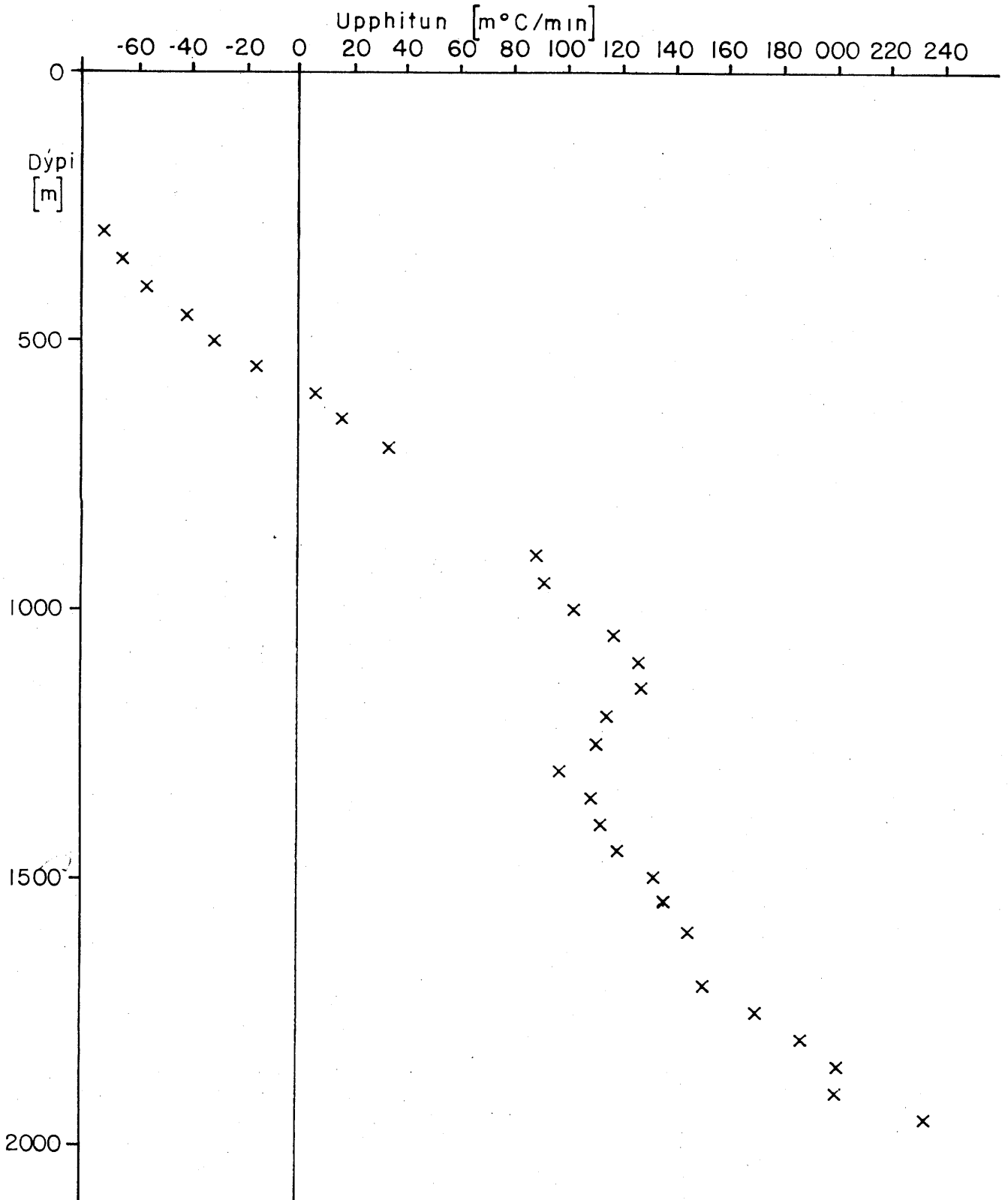
KRAFLA HOLA KJ-23
Upphitun í 1948m dýpi

Mynd 6



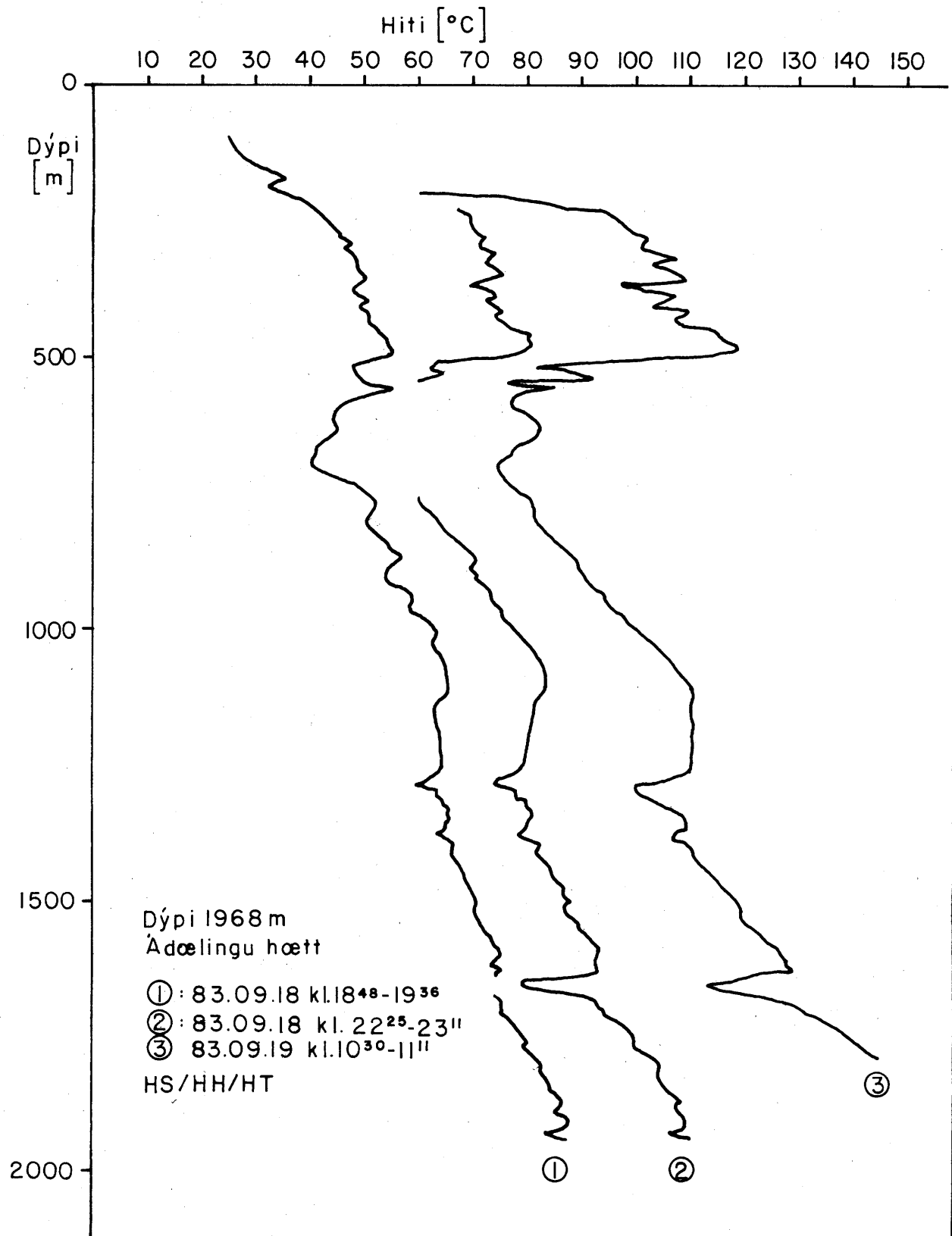
KRAFLA HOLA KJ-23

Upphitun milli hitamælinga 83.09.17





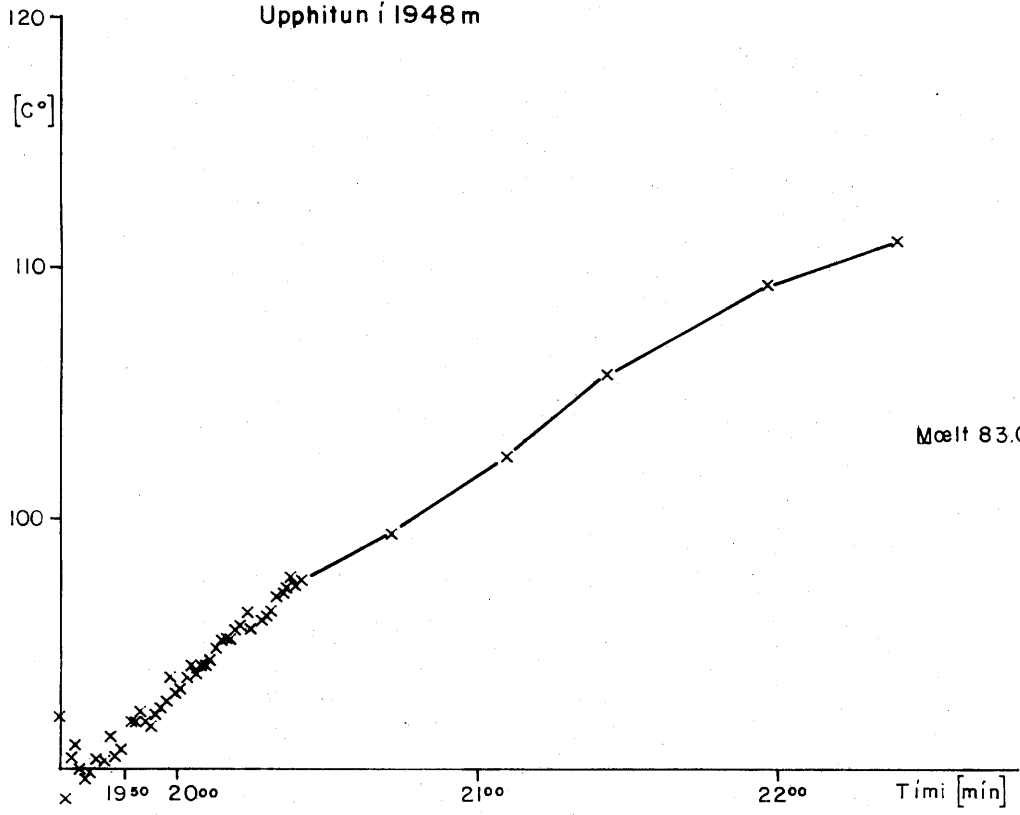
KRAFLA HOLA KJ-23
Hitamælingar við borlok



JHD-BM-1309.HS./HH./HT.
83.09.1309. Sy.J.

Mynd 9

KRAFLA HOLA KJ-23
Upphitun í 1948 m

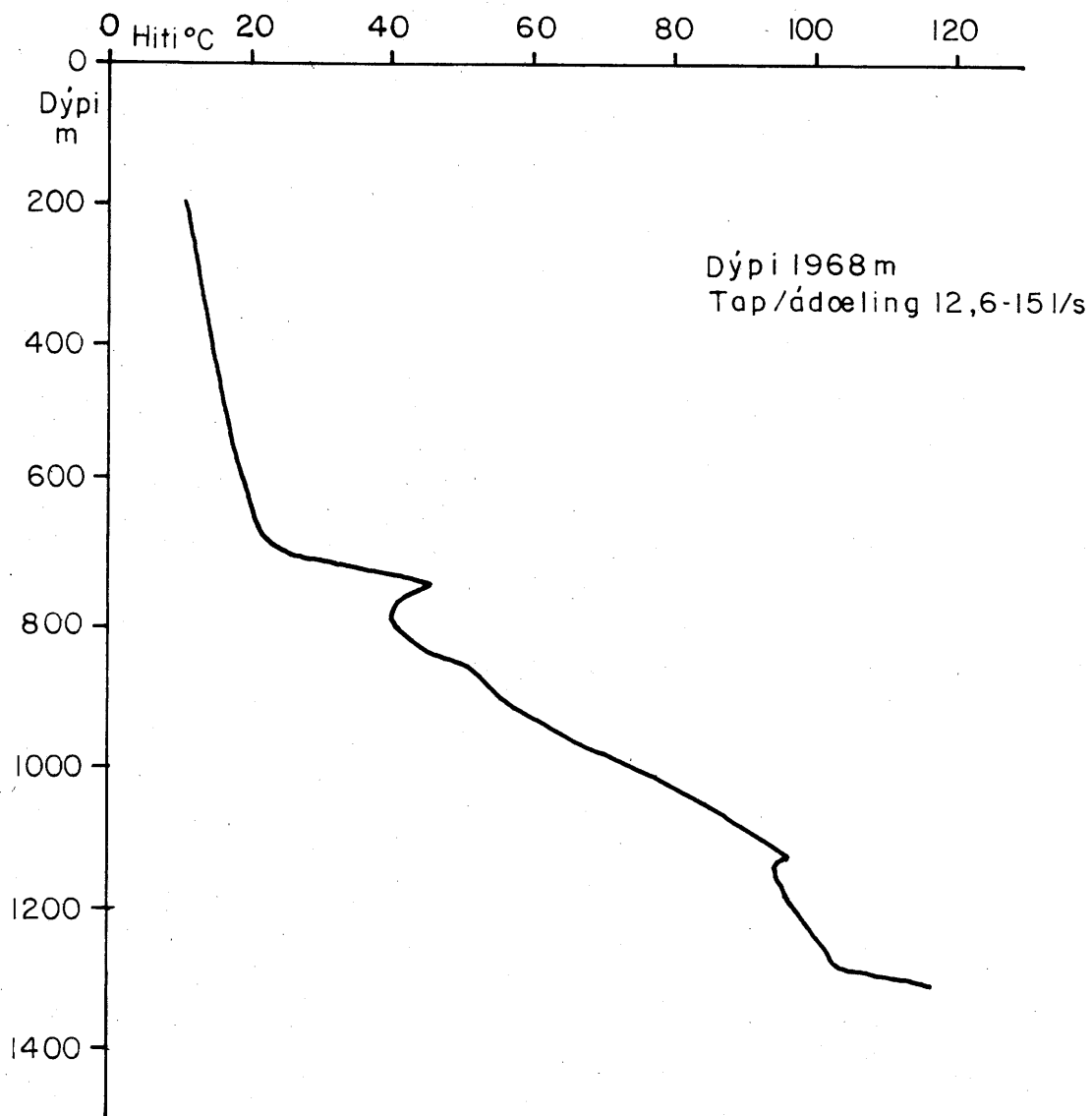


Mælt 83.09.18 kl. 19³⁷-22²⁵

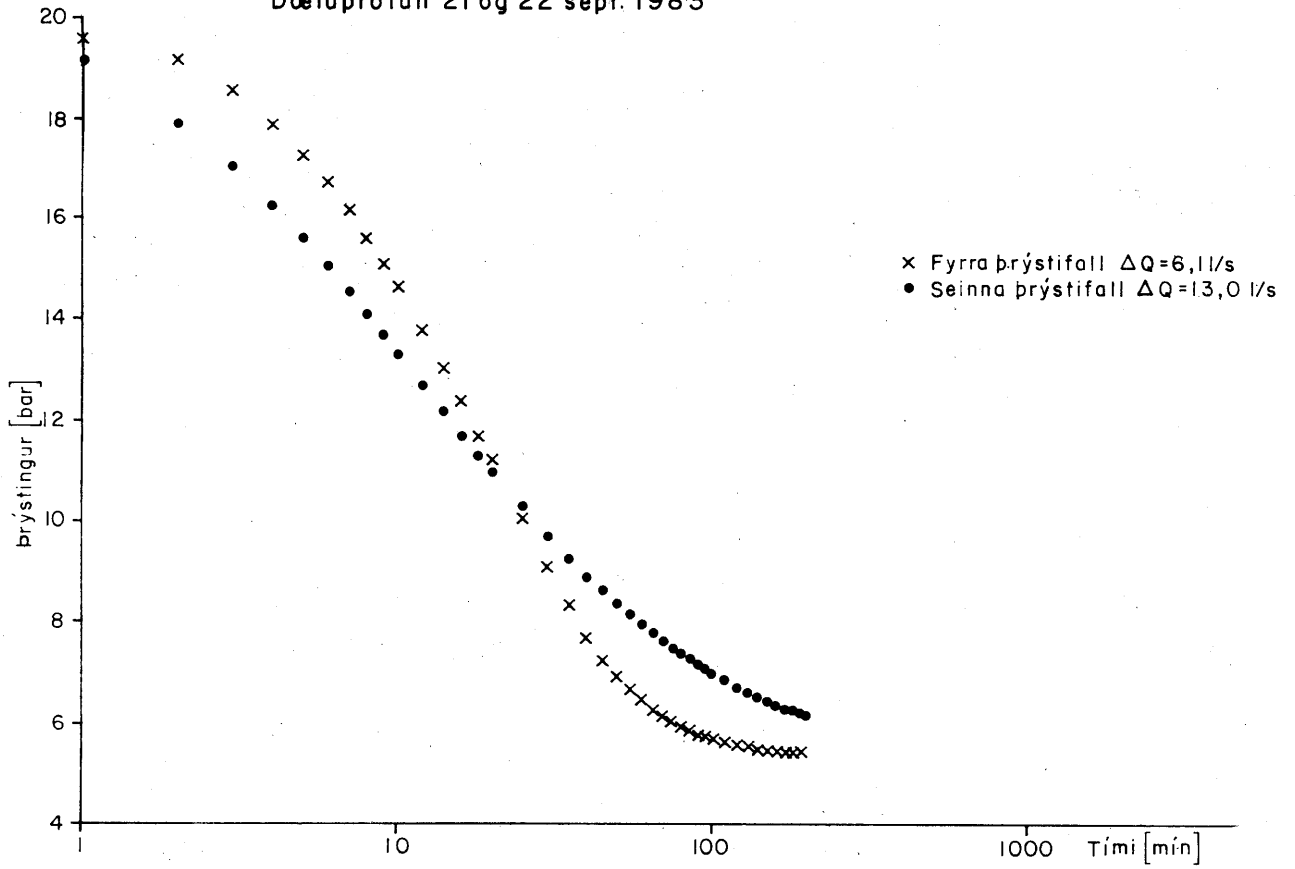


KRAFLA HOLA KJ-23

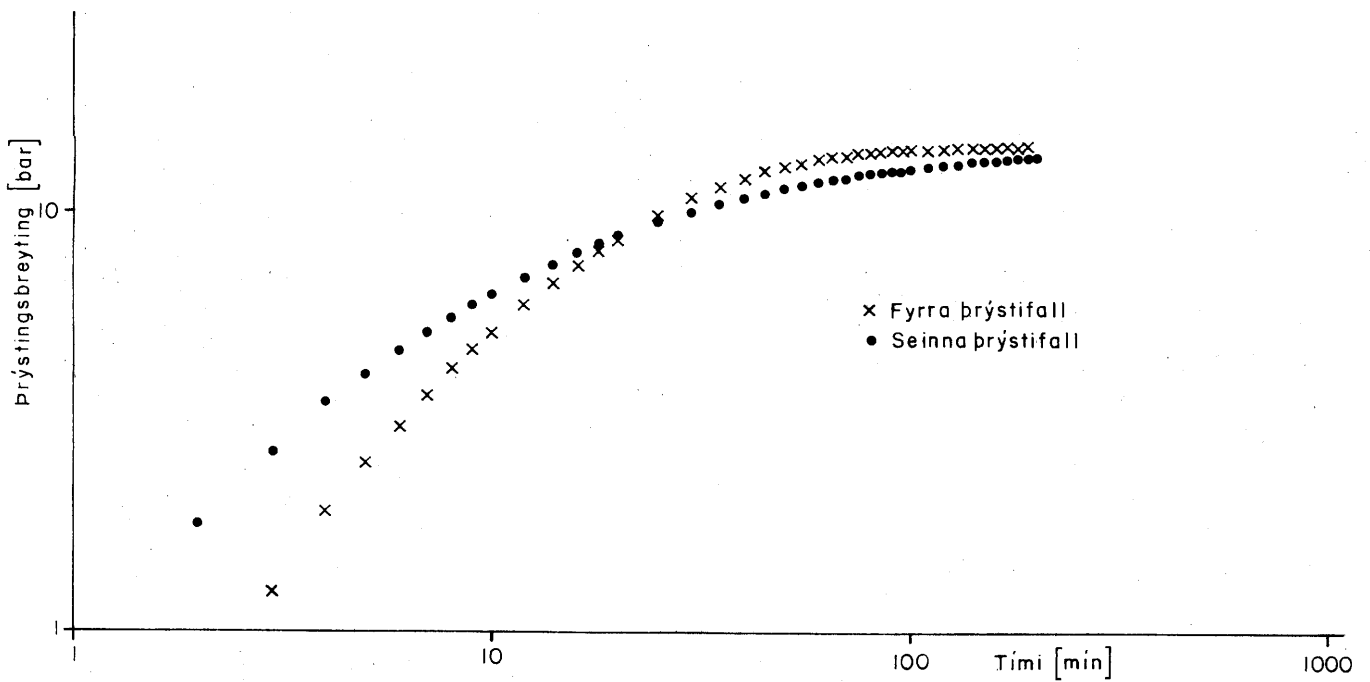
Hitamæling fyrir mælingasyrpu 83.09.22



KRAFLA HOLA KJ-23
Dæluþrófun 21 og 22 sept. 1983



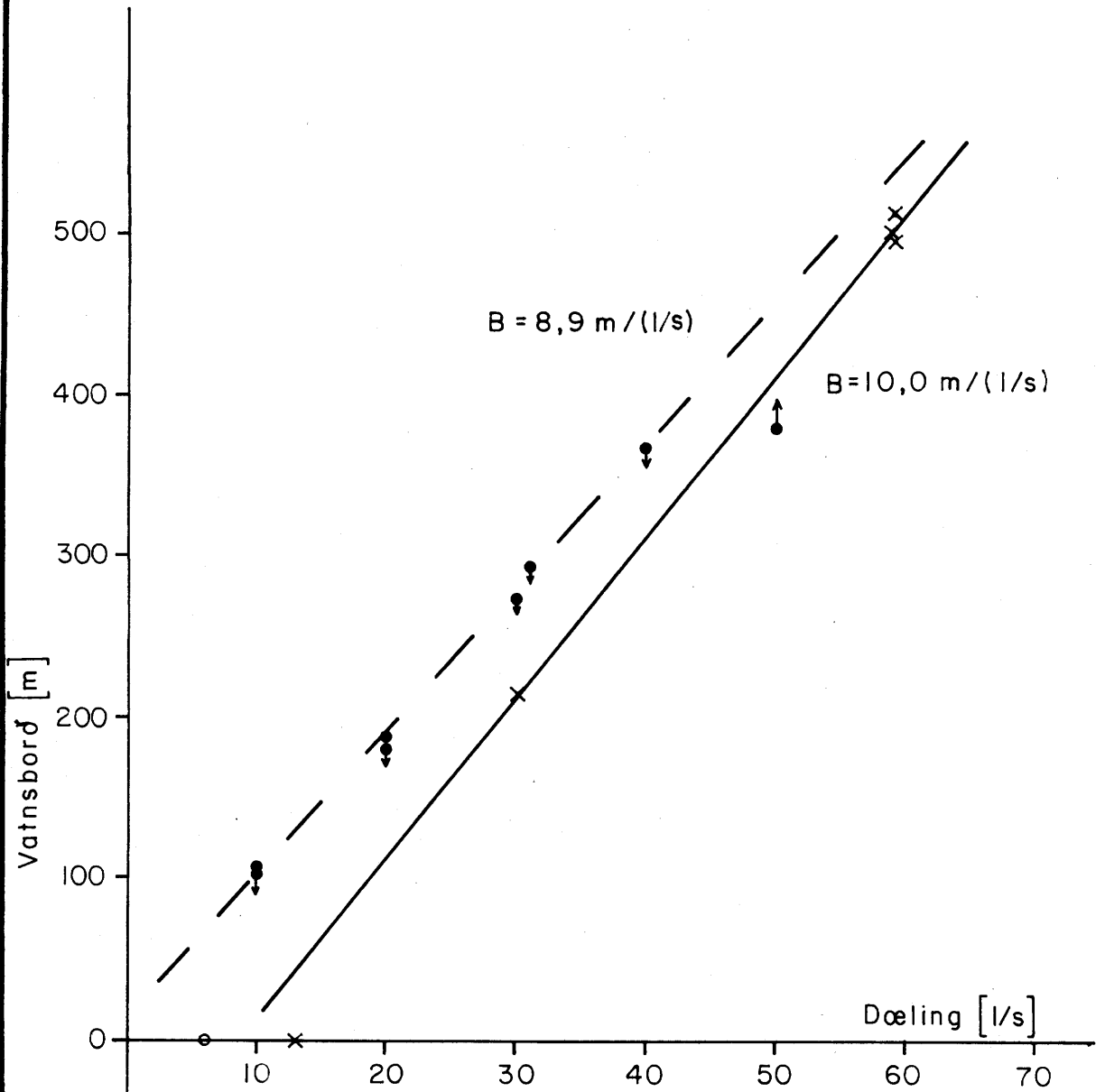
KRAFLA HOLA KJ-23
Dæluþrófun 21 og 22 sept. 1983





KRAFLA HOLA KJ-23

Dæluþrófun 21 og 22 sept. 1983



SKÝRINGAR

- o Skotap í byrjun
- x Þrýstingsprófun
- Aætlað frá þrýstingsprófun