



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Benedikt Steingrímsson  
Ásgrímur Guðmundsson  
Guðjón Guðmundsson  
Guðmundur Ómar Friðleifsson  
Helga Tulinius  
Ómar Sigurðsson

## **KRAFLA, HOLA KJ-23**

**Borun og rannsóknir  
Lokaskýrsla**

**OS-84032/JHD-03**  
Reykjavík, mars 1984

**Unnið fyrir  
Rafmagnsveitur ríkisins -  
Kröfluvirkjun**



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Benedikt Steingrímsson  
Ásgrímur Guðmundsson  
Guðjón Guðmundsson  
Guðmundur Ómar Friðleifsson  
Helga Tulinius  
Ómar Sigurðsson**

# **KRAFLA, HOLA KJ-23**

**Borun og rannsóknir  
Lokaskýrsla**

**OS-84032/JHD-03**  
Reykjavík, mars 1984

**Unnið fyrir  
Rafmagnsveitur ríkisins -  
Kröfluvirkjun**

## ÁGRIP

Hola KJ-23 var boruð á tímabilinu 15. ágúst - 22. september 1983. Hún er þriðja holan sem boruð er á Hvíthólasvæðinu, sem er u.þ.b. 2 km sunnan við stöðvarhús Kröfluvirkjunar. Fjallað er um helstu niðurstöður rannsókna, sem Jarðhitadeild Orkustofnunar gerði á borholunni meðan á borun stóð og í upphitun eftir borun. Áfangaskýrslur, sem þegar hafa verið útgefnar um verkið, eru birtar sem viðaukar við skýrsluna.

Borun hola KJ-23 gekk nokkuð vel. Tók verkið 40 daga, en holan er 1968 m djúp. Vinnslufóðring var steypt í 536 m dýpi. Vinnsluhluti holunnar er allþéttur og mældist skoltap mest um 10 l/s eftir borun. Helstu æðar eru á 600 og 700 m dýpi, en vatnsleiðni þeirra er það lítil að holan er tæpast vinnsluhæf. Í samræmi við þá niðurstöðu var ekki settur raufaður leiðari í holuna. Í jarðlagastaflanum við KJ-23 er móberg ráðandi niður á rúmlega 1000 m dýpi, en basalt- og dólerítlög þar fyrir neðan. Góð samsvörun er við jarðlagasnið KJ-21, sem er 150 m norðvestan við KJ-23. Efstu jarðlög koma þó fram 10-15 m dýpra í KJ-23 en KJ-21.

Poruhluti reiknast allhár ofan til í holunni, en lækkar með dýpi. Í samræmi við poruhlutann hækkar viðnám með dýpi, og koma fram stallar í báðum ferlunum við 750 m og 1050 m dýpi. Af sambandi viðnáms og poruhluta má leiða rök að því, að rafleiðni jarðlaganna ráðist af sprungum í berginu.

Berghiti við KJ-23 er enn ekki þekktur nákvæmlega, enda upphitun ekki lokið þegar síðast var hitamælt. Ljóst er þó að hitaferill holunnar er viðsnúinn. Fylgir hann suðumarki niður í a.m.k. 650 m dýpi, en lækkar síðan og er í lágmarki á 1200-1400 m dýpi. Líklegt hitastig þar er um 200°C, en í botni (1968 m) er berghitinn um 245°C. Ummyndun fylgir núverandi berghitaferli að nokkru.

Þrýstingur á vatnsæðum KJ-23 er mun lægri en á æðum KJ-21 og mælist munurinn um 7 bar.



Dags.  
84.03.09  
Dags.

Tilv. vor  
BS/ÁG/pp  
Tilv. yðar

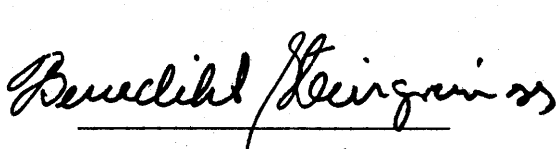
...  
Hr. Einar Tjörvi Eliasson  
Yfirverkfræðingur  
Kröfluvirkjun  
Pósthólf 197  
...  
602 AKUREYRI


## VARÐAR: RANNSÓKNIR Á HOLU KJ-23 Í KRÖFLU

Hér með fylgir lokaskýrsla um rannsóknir á holu KJ-23 í Kröflu. Jarðhitadeild Orkustofnunar hefur unnið þetta verk fyrir Kröfluvirkjun samkvæmt rannsóknarsamningi nr. 09-83 gerðum í apríl 1983. JHD hefur þegar sent Kröfluvirkjun þrjár áfangaskýrslur um framgang verksins, en til hægðarauka, eru skýrslurnar einnig birtar hér sem viðaukar við lokaskýrsluna.

Lokaskýrslan er samantekt um niðurstöður rannsókna á holu KJ-23, og tekur hún til rannsókna samhliða borun holunnar og í upphitun eftir borun.

Virðingarfyllst

  
Benedikt Steingrímsson

  
Ásgrímur Guðmundsson

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP .....	2
EFNISYFIRLIT .....	3
MYNDASKRÁ .....	4
1 STADSETNING .....	5
2 BORSAGA .....	6
3 JARÐLÖG .....	9
4 PORUHLUTI OG VIÐNÁM .....	22
5 UMMYNDUN .....	26
6 VATNSÆÐAR .....	30
7 BERGHITI .....	32
8 ÞRÝSTINGUR Á VATNSÆÐUM .....	33
9 NIÐURSTÖÐUR .....	34
HEIMILDASKRÁ .....	35
VIÐAUKI V-1 KRAFLA, HOLA KJ-23. Borun frá 70 m í 196 m og steyping 13 3/8" fódðingar .....	37
VIÐAUKI V-2 KRAFLA, HOLA KJ-23. Borun frá 196 m í 539 m og steyping 9 5/8" fódðingar .....	55
VIÐAUKI V-3 KRAFLA, HOLA KJ-23. Borun vinnsluhluta holunnar .....	75

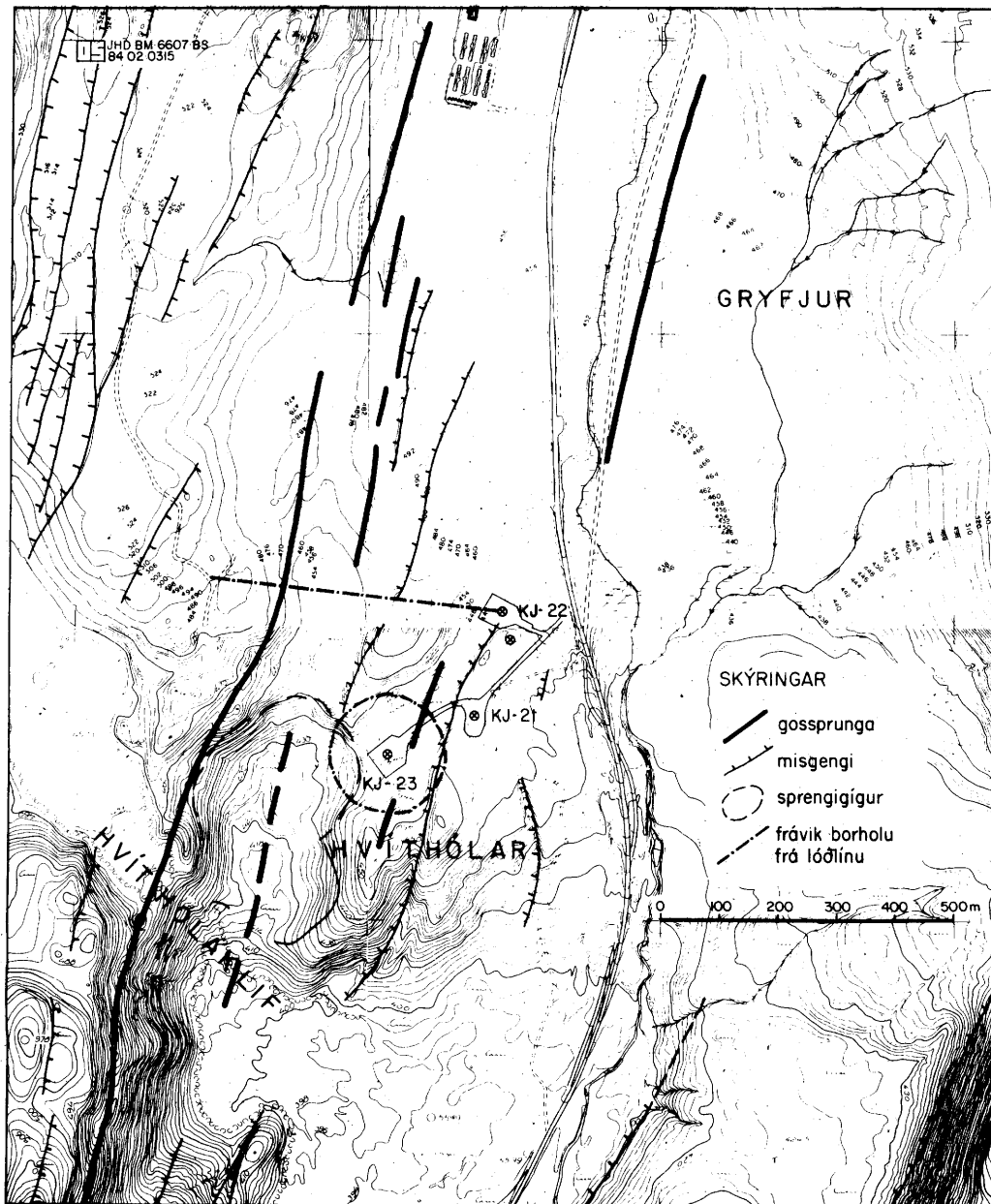
MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Staðsetning borhola á Hvíthólasvæði .....	5
2 Borun holu KJ-23 .....	6
3 Frágangur, halli og vatnsæðar .....	7
4 Jarðlagasnið og borholumælingar .....	11
5 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar .....	20
6 Snið milli KJ-21 og KJ-23 .....	21
7 Poruhlutadreifing .....	22
8 Dreifing viðnáms .....	24
9 Samband viðnáms og poruhluta .....	25
10 Dreifing ummyndunarsteinda .....	27
11 Ummyndunarsnið .....	28
12 Staðsetning vatnsæða .....	30
13 Dæluprófun 21. og 22. september 1983 .....	30
14 Hitamælingar. Berghiti .....	32
15 Þrýstingur á vatnsæðum .....	33

## 1 STAÐSETNING

Boranir á Hvíthólasvæðinu hófust á árinu 1982 með borun KJ-21 í 1200 m dýpi. Hóla KJ-21 reyndist aflmikil hola (ca 8 MW), og ýtti það undir áframhaldandi djúprannsókn Hvíthólasvæðisins á árinu 1983, fyrst með borun KJ-22 og síðan með borun KJ-23.

Hólu KJ-23 var valinn staður um 150 m suðvestur af KJ-21. Stefnt var að því að hún yrði 2000 m djúp. Tilgangurinn með staðsetningunni var tvíþættur. Annarsvegar að kanna útbreiðslu jarðhitans á Hvíthólasvæðinu til vesturs frá KJ-21, og hinsvegar að fá upplýsingar um vinnslueiginleika þess neðan 1000 m dýpis. Mynd 1 sýnir staðsetningu borhóla á Hvíthólasvæðinu.



Mynd 1 Staðsetning borhóla á Hvíthólasvæði

## 2 BORSAGA

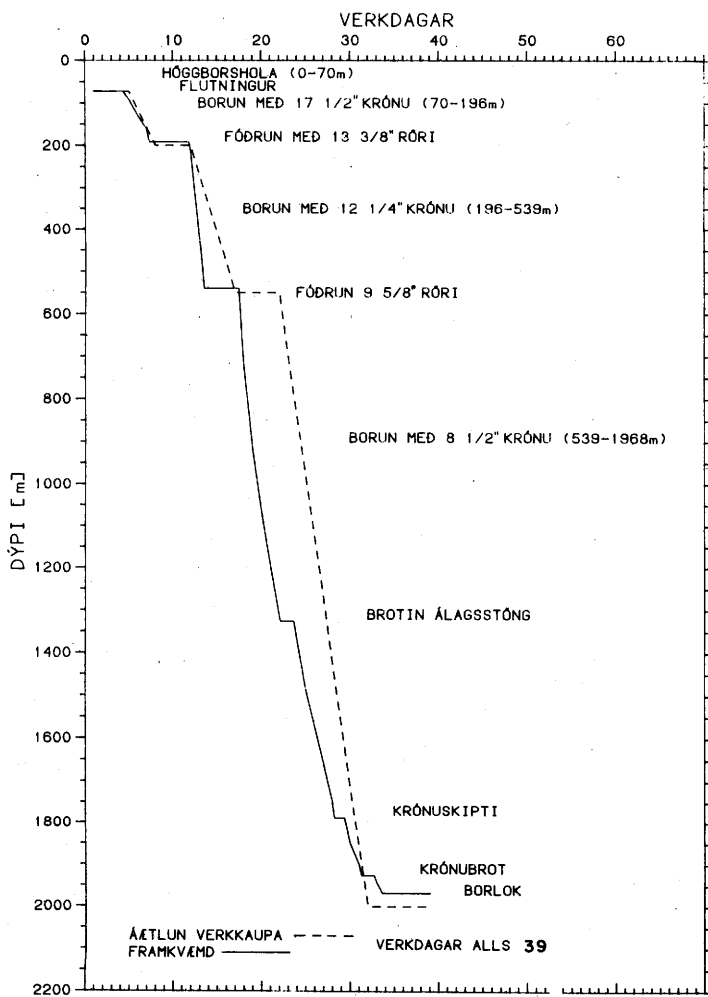
Borsaga holunnar hefur verið rakin nokkuð ítarlega í þrem áfangaskýrslum (Viðaukar V-1 - V-3) og verður því hér aðeins stiklað á helstu atriðum.

Verkið hófst þann 15. ágúst 1983 er Jötunn var fluttur á KJ-23 og lauk 22. september eftir 39 verkdagum. Framvinda borunar er sýnd í stórum dráttum á mynd 2.

JHD-BM-6607 GJG  
84.02.0332-T

### KRAFLA BORUN HOLU KJ-23

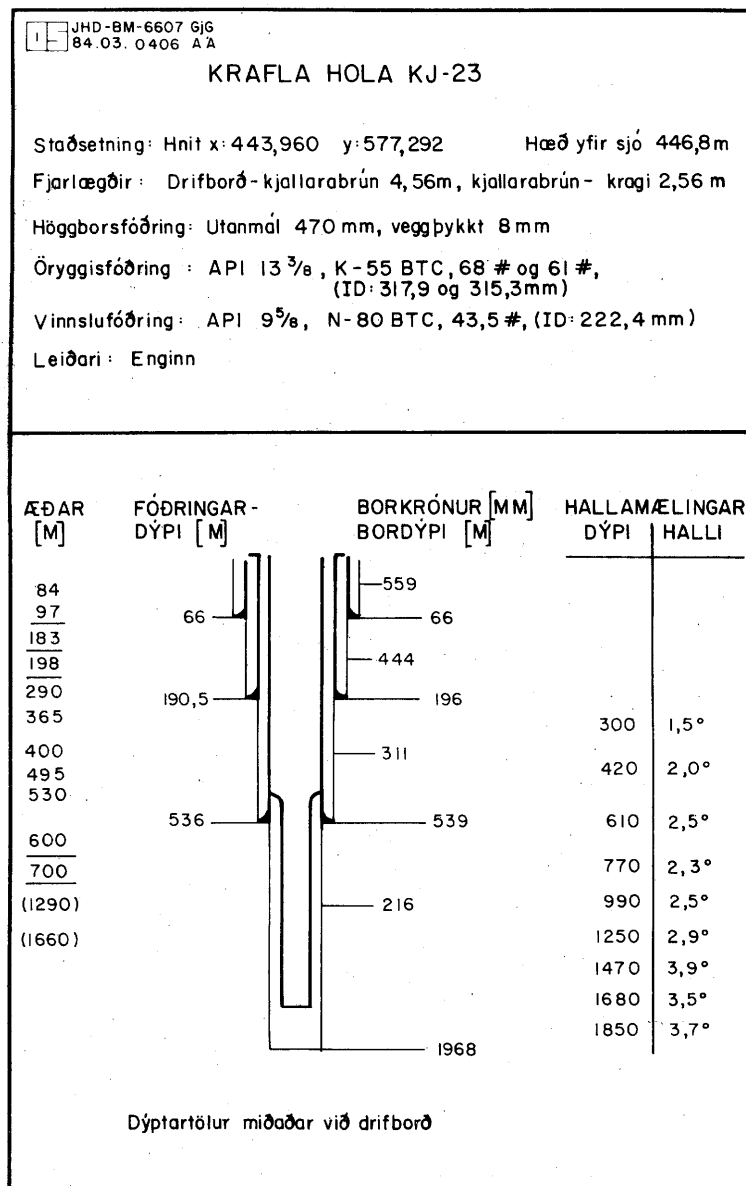
BORTÍMI 15.08-23.09.1983



Mynd 2 Borun holu KJ-23



Í fyrsta áfanga, frá 70 m niður í 196 m, var borað með 444 mm (17 1/2") krónu (mynd 3). Gekk borun sámilega nema að þetta þurfti leka sem fram komu á u.þ.b. 100 og 183 m dýpi. Eftir þéttingartilraunir var svo fóðrað með 340 mm (13 3/8") röri. Steyping rörsins reyndist erfið vegna lekans í 100 m dýpi og varð að steypa í þrígang til að steypa rörið alla leið upp. Skotið var út í 105,7 - 107,3 m dýpi og í 73,3 - 75,0 m (Viðauki V-1).



Mynd 3 Frágangur, halli og vatnsæðar

Annar áfangi, borun fyrir vinnslufóðringu í 539 m, var boraður með 311 mm (12 1/4") krónu. Gekk borun hratt og vel og var fóðrað með 244 mm (9 5/8") röri. Fóðringin var steypst að loknum þéttingaraðgerðum en tap hafði komist upp í 26 l/s. Ekki heppnaðist að steypa fóðringuna upp í fyrstu atrennu en eftir að skotið var út við steypuborð í 101,4-103,0 m dýpi tókst það (Viðauki V-2).

Þriðji áfangi, borun vinnsluhlutans hófst svo 1. september. Borað var með 216 mm (8 1/2") krónu. Gekk borun vel þar til í 1326 m dýpi, þegar álagsstöng brotnaði. Tókst fiskun í fyrstu tilraun. Borun var haldið áfram í 1788 m en þá var skipt um krónu. Nýja krónan dugði aðeins í 1926 m dýpi en þegar hún kom upp vantaði á hana öll hjólin. Eftir fiskunartilraunir sem báru lítinn árangur var borun haldið áfram, en gefist upp í 1968 m þegar enn ein krónan varð ónýt (Viðauki V-3).

Fylgst var reglulega með halla holunnar meðan á borun stóð (mynd 3). Neðan 1400 m dýpis er hallinn 3-4° en mesta hugsanlega frávik holubotns frá lóðlínu samkvæmt mælingunum er um 100 m (mynd 1).

Skoltap varð aldrei meira en 9 l/s meðan á borun vinnsluhlutans stóð og var 6-7 l/s eftir um 19 tíma skolun að borun lokinni. Var því farið út í "örvunaraðgerðir" með skolun, upphitunum, kælingu og ádælingu undir þrýstingi (Viðauki V-3). Aðgerðir þessar báru ekki tilætlaðan árangur þó að tap kæmist upp í 10-15 l/s og var ákveðið eftir mat á vatnsleiðni að setja ekki leiðara í holuna.

### 3 JARÐLÖG

Í bráðbirgðaskýrslum (Viðaukar V-1 - V-3) er getið um hvaða jarðlög koma fyrir í holunni niður á 539 m dýpi (þ.e. bak við fóðringar) og jarðlagasnið birt. Aftur á móti er stiklað þar á stóru um vinnsluhluta holunnar og upplýsingar þar að lútandi mjög samandregnar.

Jarðlagasniðið, sem nú er fullunnið, er sýnt á mynd 4 (9 blöð) ásamt jarðlagamælingum, sem gerðar voru (víddarmæling, poruhlutamæling, náttúruleg gammageislun bergsins og viðnámsmælingar). Ekki reyndist unnt að mæla lengra niður en á rúmlega 1300 m dýpi vegna of mikils hita. Í skýringum með jarðlagasniðum er ekki getið sérstaklega um móberg, en undir það flokkast túff og basaltríkar breksiur. Ennfremur má telja líklegt að hluti þess bergs, sem flokkað er sem mjög glerjað basalt, falli undir móbergsskilgreininguna. Í stórum dráttum má segja, að móberg sé einkennandi niður á rúmlega 1000 m dýpi. Basaltið sem þar var greint er yfirleitt fínkornótt og glerjað og er talið vera hraunlög frekar en innskot í móbergsmýndunina. Frá um 800 m og niður í 1000 m eykst tíðni fín- til grófkristallaðra basaltlaga. Erfitt er að ráða nákvæmlega í hvort um hraunlög eða innskot er að ræða. Frá rúmum 1000 m niður á tæplega 1350 m eru fín- til grófkristölluð basalt- og dólerítlög einkennandi, en þunnar breksiur og túfflög sjást víða á milli. Frá tæpum 1350 m niður í 1420-1440 m er móberg ráðandi. Þar neðan við taka við fín-grófkristölluð basalt- og dólerítlög og ná þau niður á holubotn í 1968 m dýpi. Erfitt hefur verið að ráða í jarðlögin neðan 1000 m í Kröfluholunum vegna innskotakraðaks og er það eins hér, en inn á milli sjást basalhraunlög og móbergshrúgöld, sem erfitt er að tengja í tíma og rúmi.

Á mynd 5 er sýnt einfaldað jarðlagasnið ásamt jarðlagamælingum. Þar sést greinilegt þrep á rúmlega 1000 m dýpi í viðnámsmælingunum og poruhlutamælingunni. Það kemur vel heim við þá breytingu sem fram kemur í jarðlögum. Viðnámið hækkar og poruhluti minnkar neðan við 1000 m, en það þýðir, að bergið þar neðan við er þéttara en fyrir ofan. Litlar sem engar breytingar eru sjánlegar á ferli útgeislunar bergsins (nátt.-gamma) og gefur það til kynna nokkuð einsleita efna-samsetningu jarðlagastafans, sem hola KJ-23 sker, eða að meðaltali (50 +/- 9)% SiO<sub>2</sub>.

Hola KJ-23 er skammt vestan við holu KJ-21 (mynd 1). Samt sem áður er mikill munur á aflí holanna, þeirri síðarnefndu í hag. Á mynd 6 eru teiknuð einfölduð jarðlagasnið af þeim jarðlagastafla, sem holurnar skera. Í öllum meginatriðum virðast sniðin líta eins út, en aflmestu æðarnar í holu KJ-21 eru á 500-700 m dýpi. Einu æðarnar í vinnsluhluta holu KJ-23 sem tekur að nefna eru á svipuðu dýpi. Milli holanna

liggja bæði misgengi og gossprungu (gangur) og er því helst að halda, að þau virki eins og vatnsheldur veggur (aquiclude). Sá möguleiki, að holunum halli hvorri að annarri breytir engu um ofangreinda túlkun (mynd 6). Þrátt fyrir að misgengið sjáist greinilega á yfirborði þá er ekki hið sama að segja um það í holunni. Í efstu 200-300 m virðist vera munur á jarðlögum í holum KJ-23 og KJ-21 á þann veg, að jarðlögin í KJ-23 virðast liggja 10-15 m neðar, og er það túlkað þannig að um misgengið sé 10-15 m fall til vesturs. Þegar neðar dregur er erfitt að sjá nokkurn mun á milli holanna.

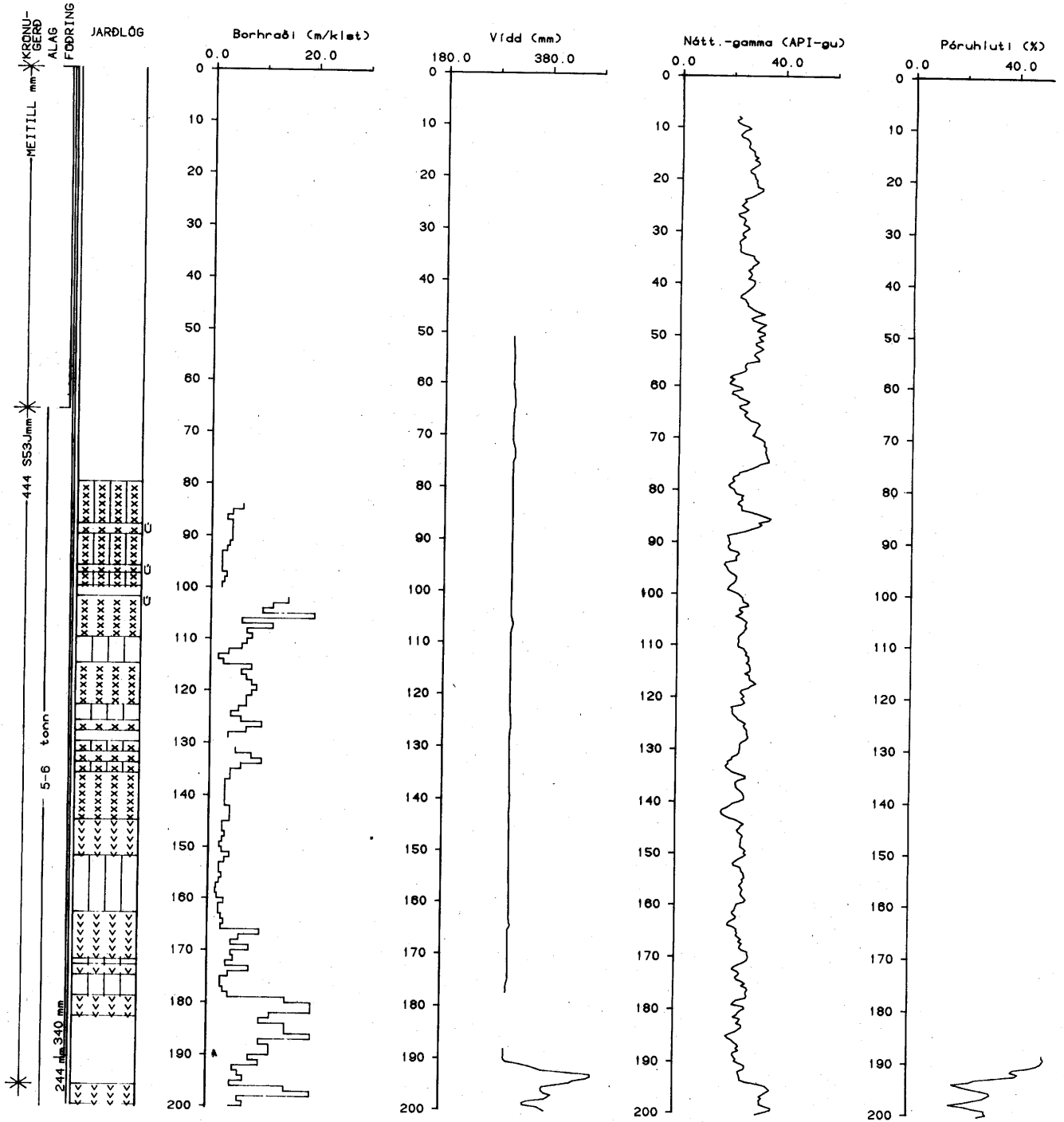
Til að draga fram ákveðna heildarmynd af jarðlagaskipan við KJ-23 í Hvíthólum, er ekki úr vegi að gera samanburð við önnur vinnslusvæði Kröfluvirkjunar. Þar kemur fram, að efstu 1000 m jarðlagastaflans á Leirbotna- og Suðurhlíðasvæðinu hefur verið skipt niður í fjórar aðalmyndanir, sem hver um sig hefur orðið til á sama jarðsögutímabili. Hér er um að ræða Basaltmyndun I (0-70 m þykk), Móbergmyndun I (100-200 m þykk), Basaltmyndun II (um 200 m þykk) og Móbergmyndun II (allt að 600 m þykk). Við KJ-23 er móberg aftur á móti einkennandi niður á rúmlega 1000 m dýpi, en á 500-650 m dýpi er basaltkafla, sem er hugsanlega sá sami og Basaltmyndun II á eldri svæðunum. Sé það rétt, fæst bein tenging jarðmyndana milli svæða. Því til frekari stuðnings má nefna, að meginæðakerfi holanna í Hvíthólum er við neðri hluta basaltkaflans á 500-650 m dýpi og helstu æðar efrakerfisins í Leirbotnasvæðinu eru á mótum Basaltmyndunar II og Móbergmyndunar II (Ásgrímur Guðmundsson o.fl. 1982, 1983).

Aldur jarðlaganna, sem hola KJ-23 sker, er talinn vera frá síðasta hlýskeiði fram á nútíma (Valgarður Stefánsson o.fl. 1984).

JHD-BJ-6807 ÁG/GÓF/HTU  
84.02.0314/01 T

# KRAFLA KJ-23

## JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR

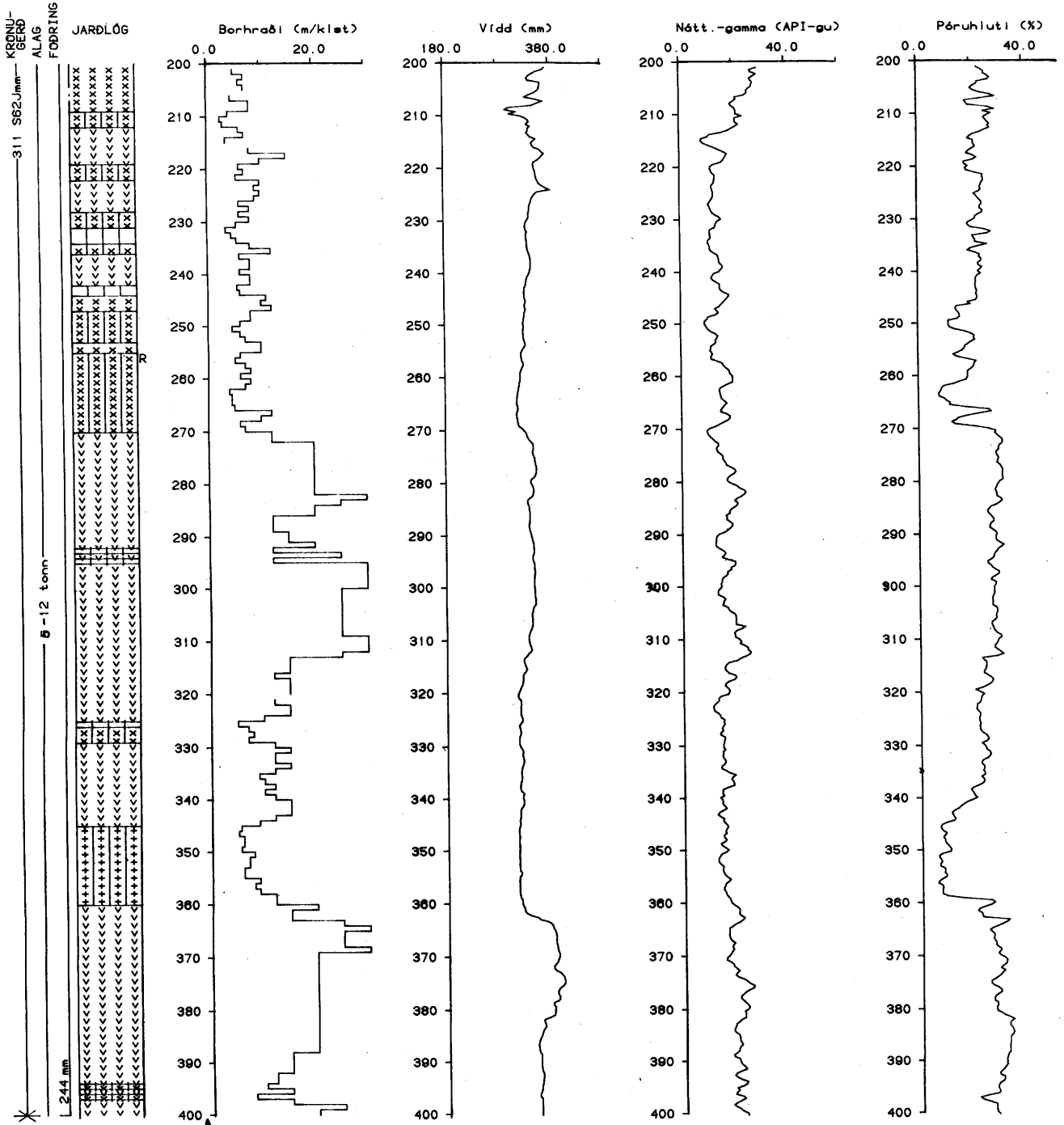


Mynd 4 Jarðlagasnið og borholumælingar

JHD-BJ-6607 AEG/GÓF/HTU1  
84.02.0314/02 T

# KRAFLA KJ-23

## JARFLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR

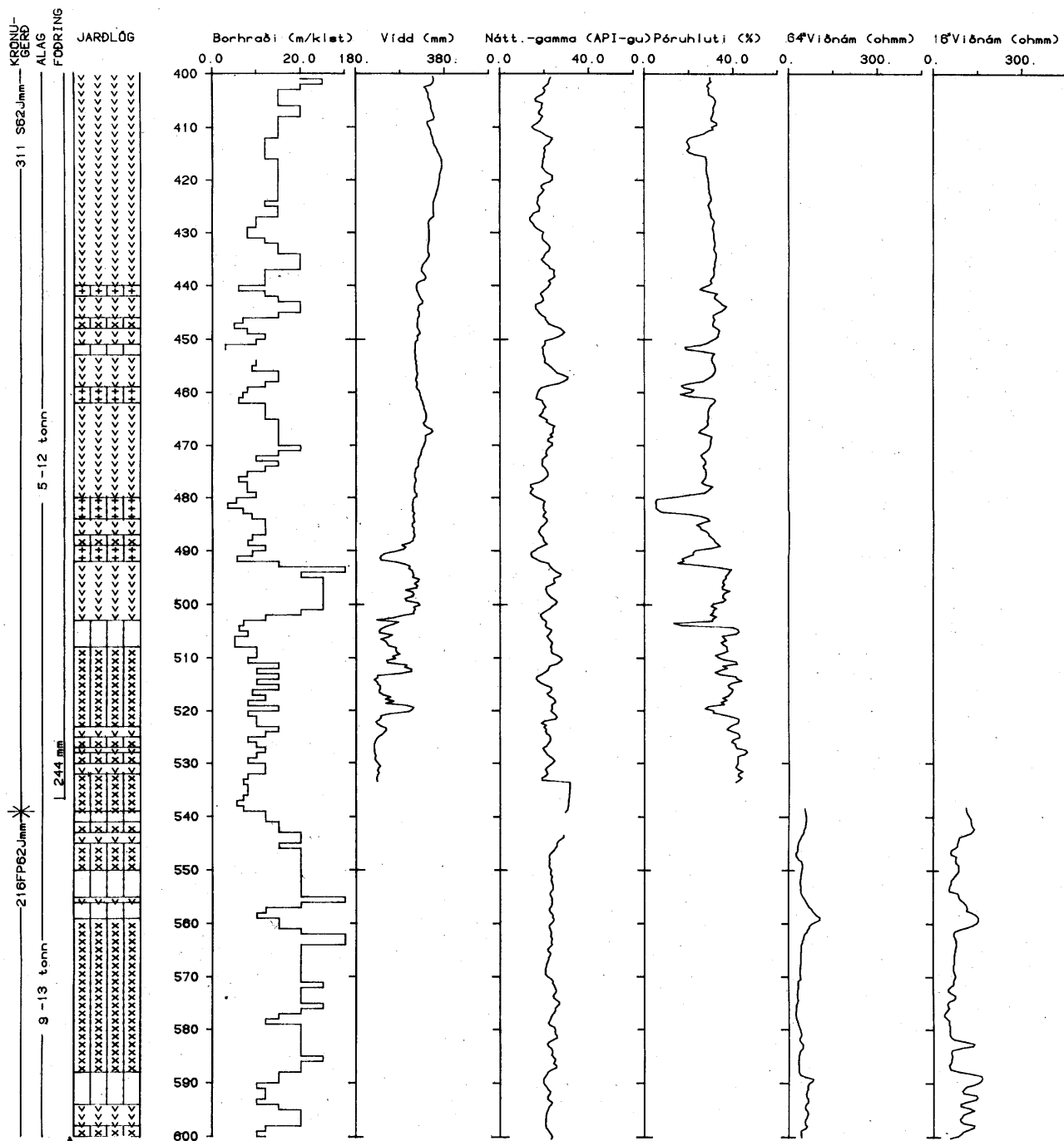


Mynd 4 Framhald

JHD-BJ-6607 AAG/GÓF/HTul  
84.02.0314/03 T

# KRAFLA KJ-23

## JARFLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR

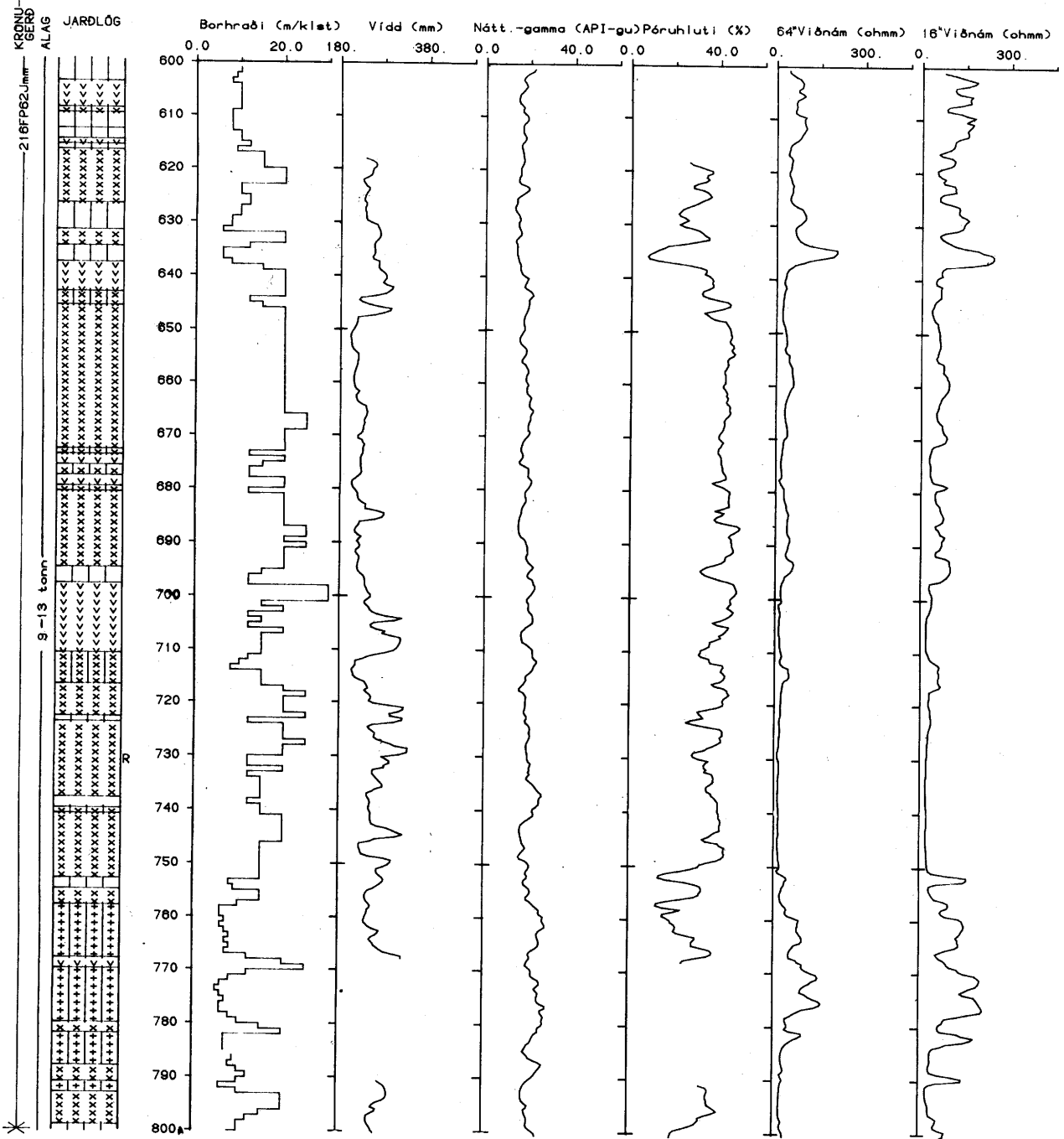


Mynd 4 Framhald

JHD-BJ-8607 ÁG/GÓF/HTU  
84.02.0314/04 T

# KRAFLA KJ-23

## JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR

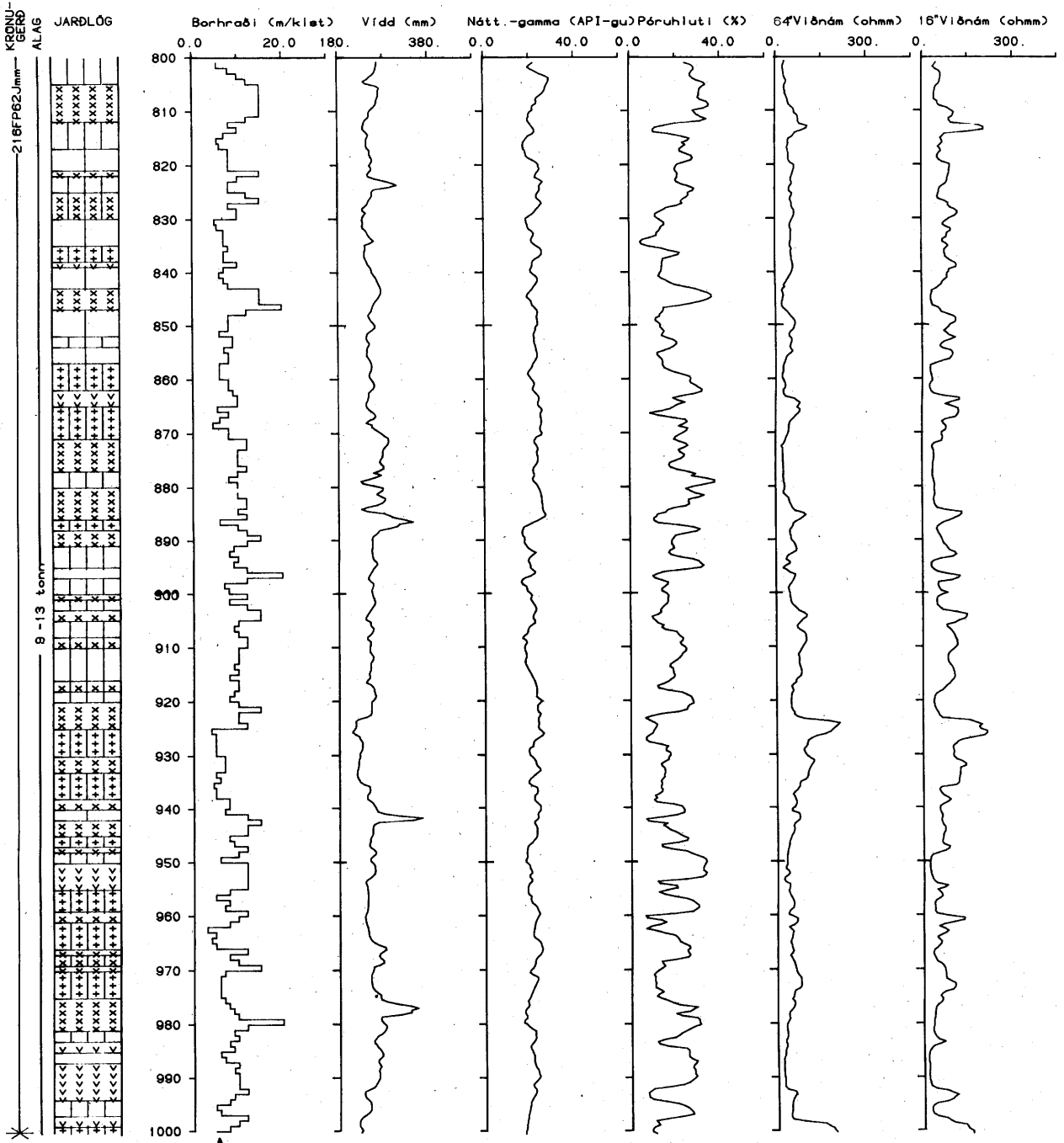


Mynd 4 Framhald



JHD-BJ-6607 ÁG/GÓF/HTuI  
84.02.0314/05 T

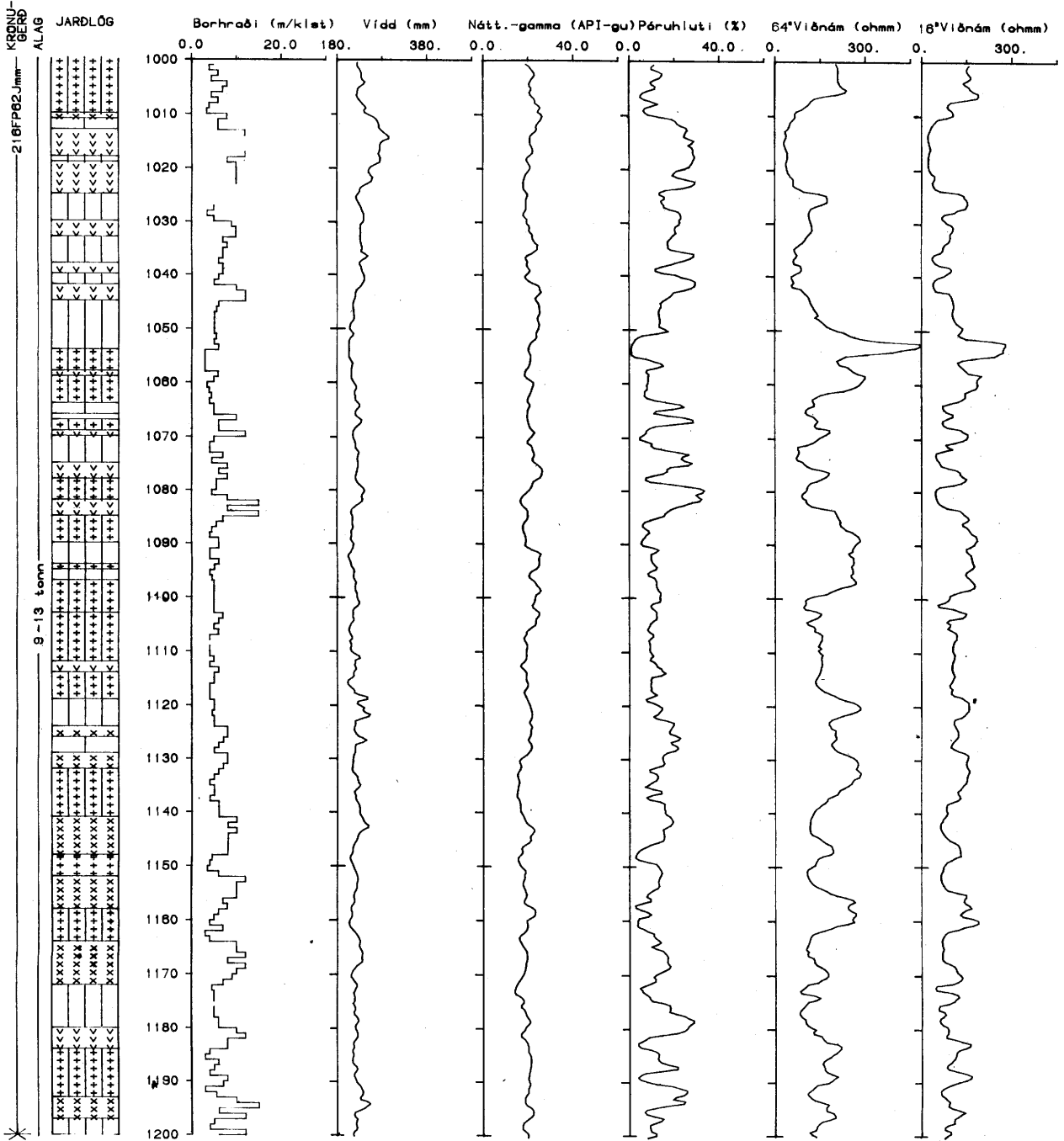
### KRAFLA KJ-23 JARÐLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR



Mynd 4 Framhald

JHD-BJ-8607 ÁSG/GÓF/HTU1  
84.02.0314/06 T

### KRAFLA KJ-23 JARDLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR

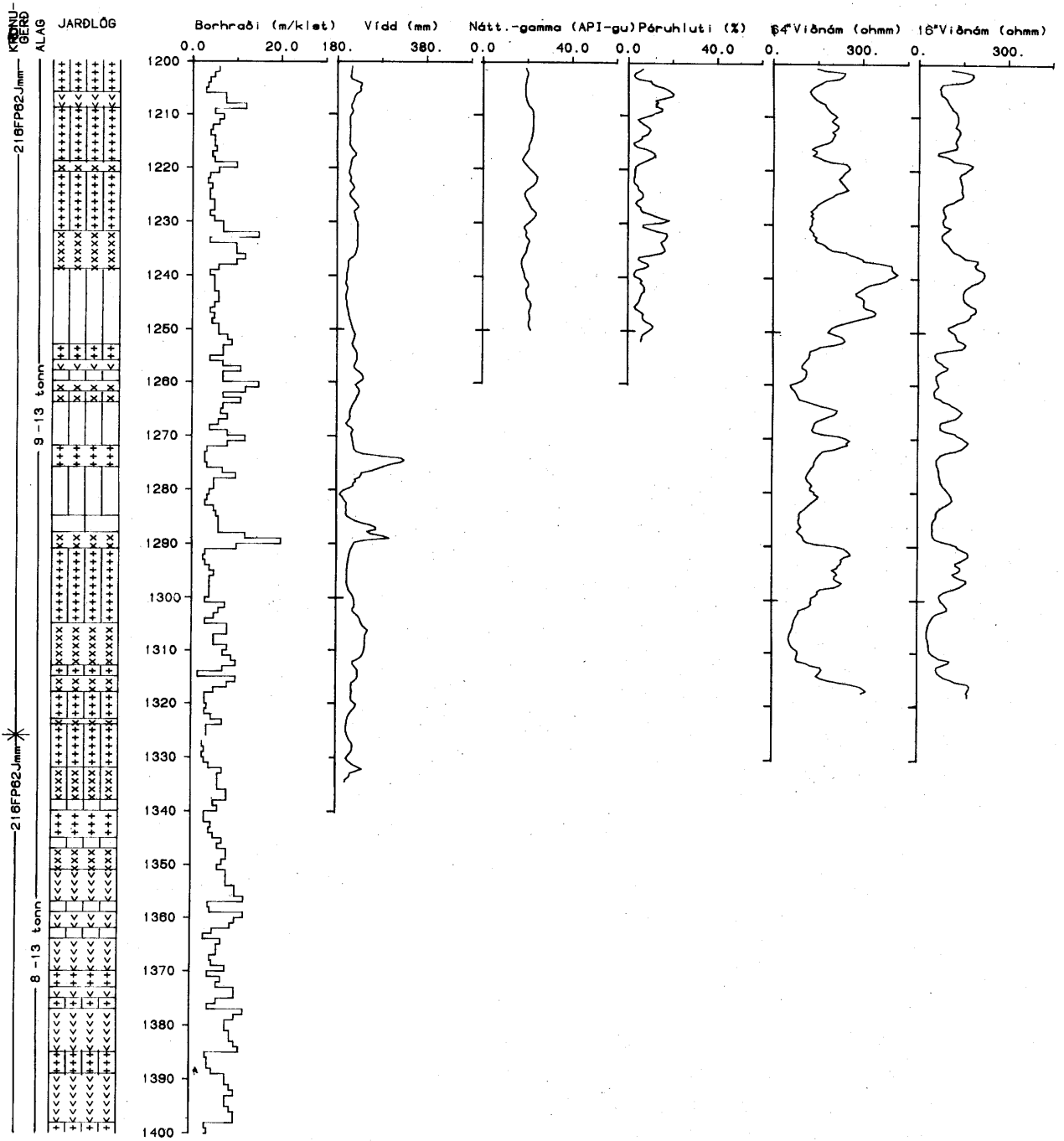


Mynd 4 Framhald

JHD-BJ-6607 ÁSG/GÓFHTU  
84.02.0314/07 T

# KRAFLA KJ-23

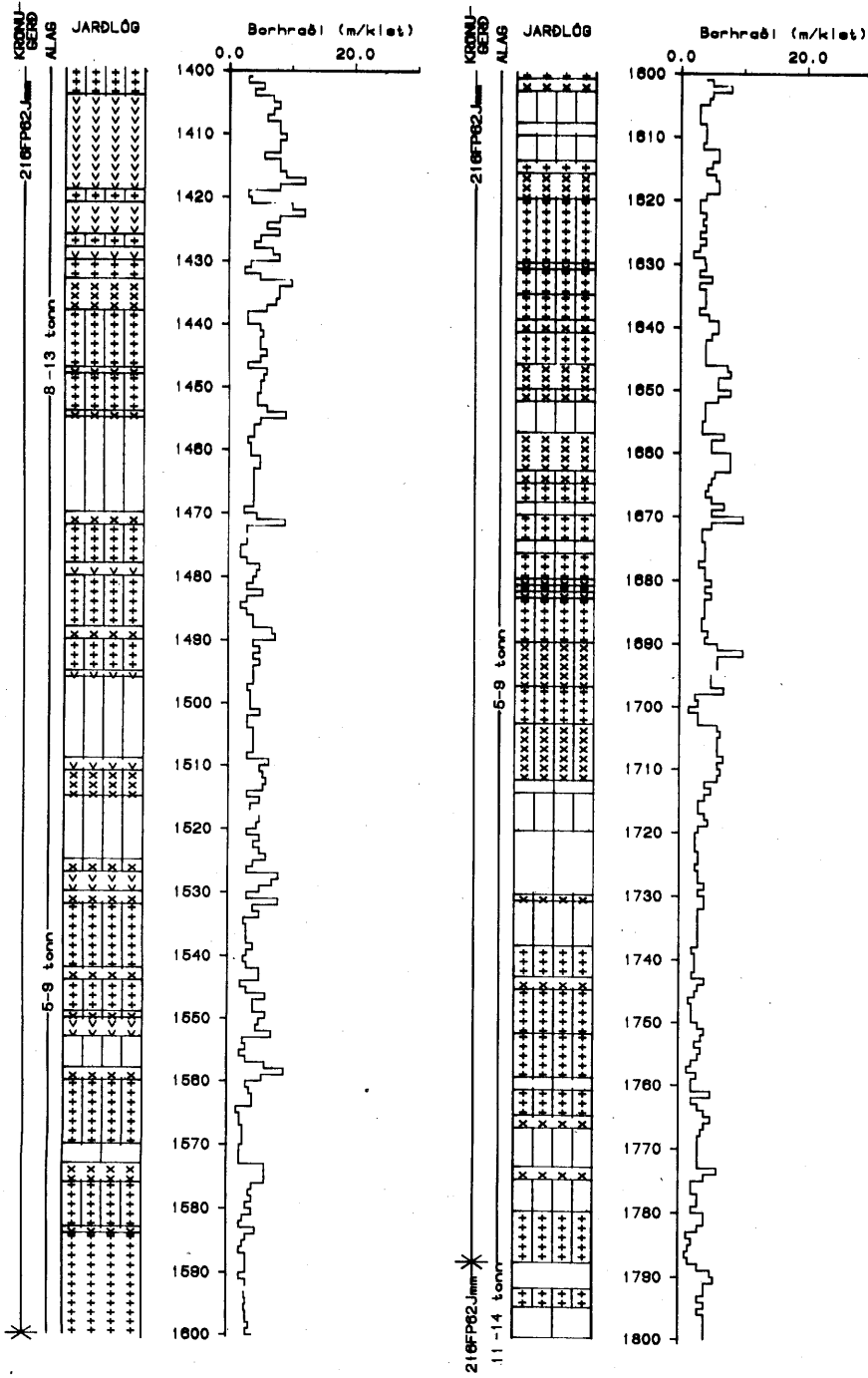
## JARFLAGASNIÐ OG BORHOLUMÆLINGAR



Mynd 4 Framhald

JHD-BJ-8807 ÁæG/GÓF/HT/LI  
84.02.0314/08 T

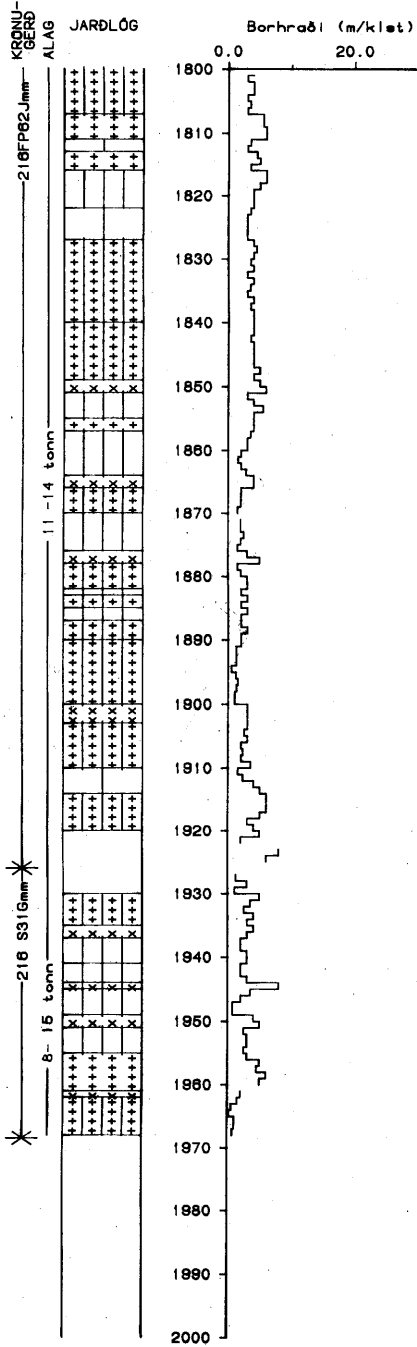
### KRAFLA KJ-23 JARÐLAGASNIÐ



Mynd 4 Framhald

JHD-BJ-8807 AaG/80F/HTul  
84.02.0314/08

# KRAFLA KJ-23 JARÐLAGASNIÐ



Skýringar við jarðlagasnið:

- Ferskilegt fin-meðalkorna basalt
- Ummyndað fin-meðalkorna basalt
- Ummyndað meðal-grófkorna basalt
- Dólerít innkot
- Ummyndað glerjað basalt
- Basaltrík brekka
- Túff

R: Mikið oxað

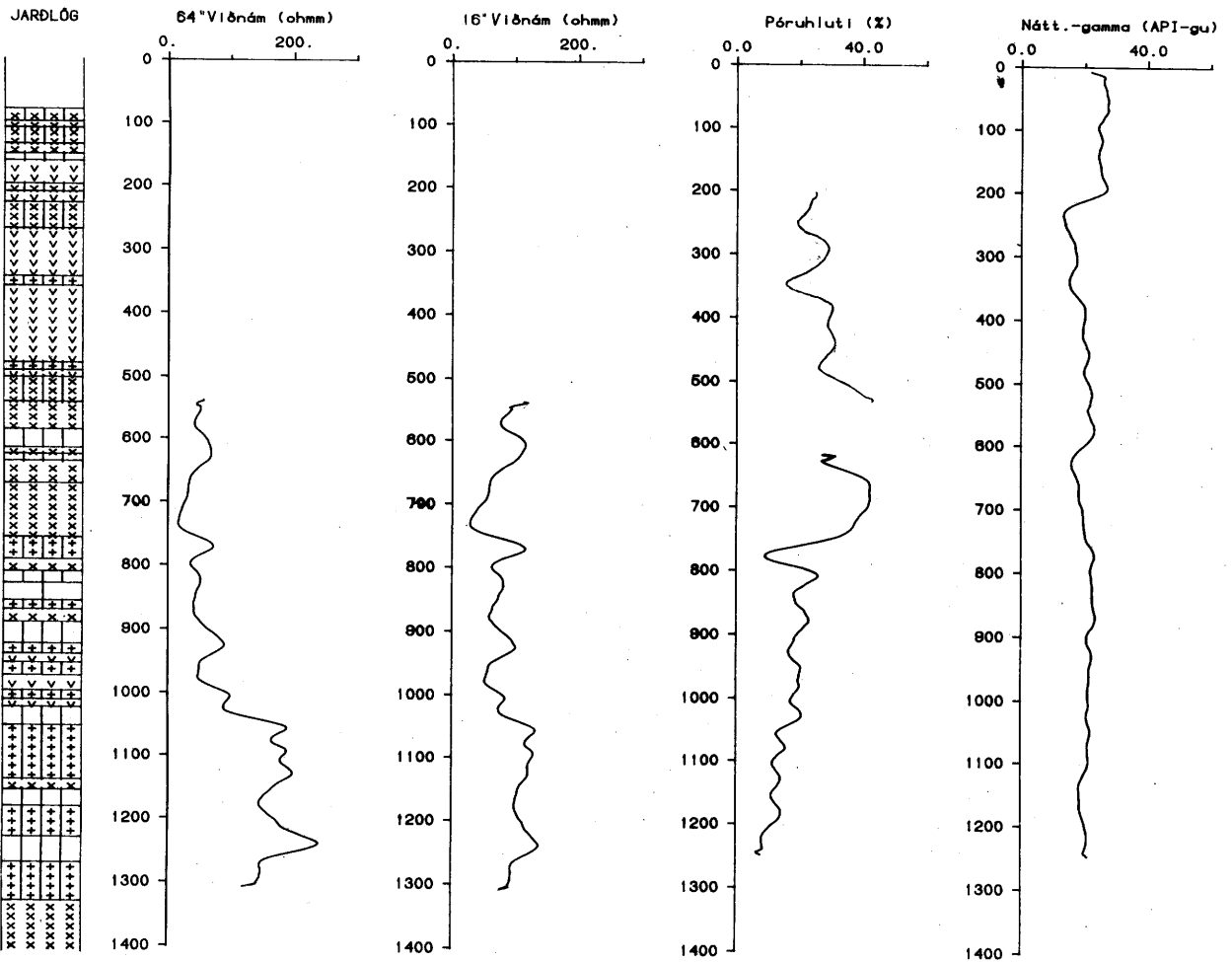
Ú: Mikið um útfellingar

Mynd 4 Framhald

JHD-BJ-8807 ÁæG/HTUJ  
84.02.0337 T

# KRAFLA KJ-23

## EINFALDAÐ JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



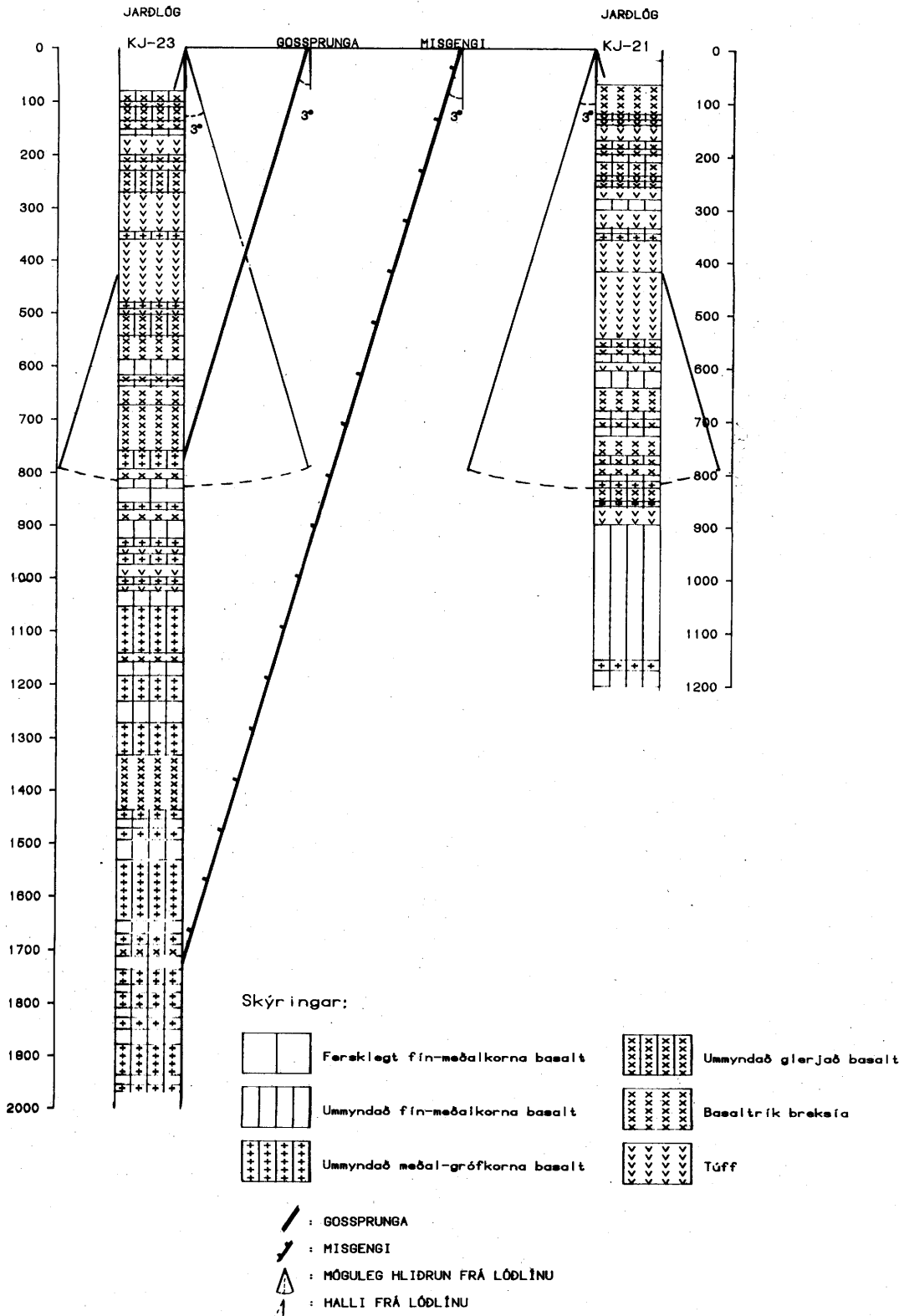
Skýringar við jarðlagasnið:

	Fersklegt fín-méðalkorna basalt		Ummyndað glerjað basalt
	Ummyndað fín-méðalkorna basalt		Basaltrík braksfa
	Ummyndað meðal-grófkorna basalt		Túff

Mynd 5 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar

JHD-BJ-6607 A=6  
84.02.343 T

KRAFLA HVÍTHÓLAR  
SNIÐ MILLI KJ-23 OG KJ-21



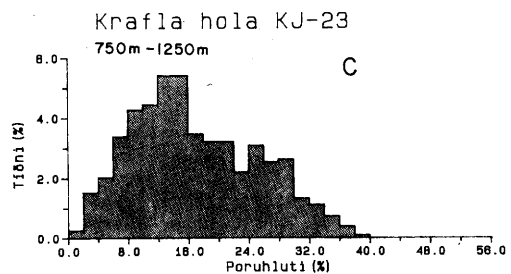
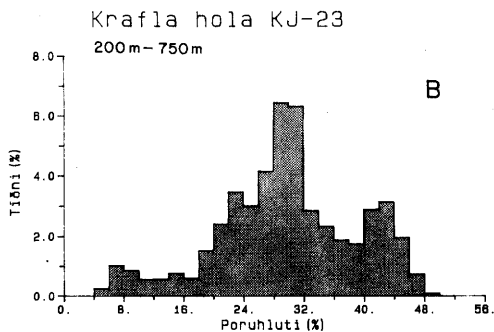
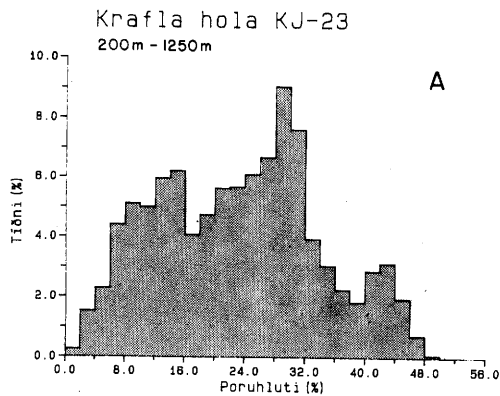
Mynd 6 Snið milli KJ-21 og KJ-23

#### 4 PORUHLUTI OG VIÐNÁM

Á myndum 4 og 5 eru poruhluti og viðnám jarðlaga við KJ-23 sýnd sem fall af dýpi. Poruhluti (limestone porosity) er reiknaður út frá nifteindadreifingu og leiðréttur fyrir holuvídd. Af myndunum sést að poruhluti reiknast á bilinu 2-50% en viðnám mælist 10-300 ohm (16") og 10-500 ohm (64"). Telja verður poruhlutagildi óeðlilega há fyrir jarðlagastaflann á Hvíthólasvæðinu. Skýring á þessum háa poruhluta er að hluta súa, að í útreikningunum er gert ráð fyrir því að allt vatn í berginu sé að finna í porunum, en vitað er að hluti af vatninu er bundinn í sjálfum bergsteindunum. Reiknuðu gildin eru einnig mjög háð vídd borholunnar, og er ónóg víddarleiðrétting væntanlega einnig ástæða fyrir því hve hár poruhluti bergsins reiknast.

Á mynd 7 A er sýnd tíðnidreifing poruhlutans fyrir dýptarbilið 200-1250 m. Í dreifingunni koma fram þrjár aðskildir toppar u.þ.b. við poruhlutagildin 14 %, 28 % og 44 %, en meðalporuhluti á þessu dýptar-bili reiknast 23 %.

JHD-BM-6607-HTul  
84.03.-0381-T



Mynd 7 Poruhlutadreifing



Af mynd 5 sést að poruhluti við KJ-23 minnkar með dýpi, og er breytingin mest í u.þ.b. 750 m. Til að skoða þetta nánar var holunni skipt í tvö dýptarbil um 750 m dýpi og tíðnidreifing fundin fyrir bæði bilin (mynd 7 B,C). Þessi skipting á holunni aðskilur toppana í mynd 7A, og sést að þau jarðlög, sem hafa poruhluta um 14 %, er að finna neðan 750 m dýpis, enda eykst tíðni basaltlaga þar fyrir neðan. Í móberginu ofar í holunni er poruhluti hár eða að meðaltali um 30 %. Skipting staflans í poruhlutadreifingu í tvær gerðir móbergs með 28 % og 44 % poruhluta er ekki hægt að rökstyðja útfrá jarðlagasniði. Skápar í holunni geta haft þau áhrif að poruhluti reiknist of hár, og kann það að vera skýringin á 44 %-toppnum.

Hola KJ-23 var aðeins viðnámsmæld á dýptarbilinu 540-1330 m (sjá myndir 4 og 5). Í mælingunum sést að viðnám hækkar með dýpi, og verður aðalhækkunin í tveimur þrepum. Efra þrepið er í 750-800 m en þar fyrir neðan fer að bera á basalt- eða dólerítlögum innan móbergsstaflans. Seinna þrepið er síðan í 1050 m dýpi, en þar fyrir neðan er basalt ríkjandi bergtegund.

Líkt og fyrir poruhlutann var tíðnidreifing viðnáms í holunni reiknuð. Annarsvegar var reiknuð dreifingin fyrir allt mælibilið, en hinsvegar var holunni skipt í tvennt um 1050 m dýpi og tíðnidreifing reiknuð fyrir hvorn hluta (mynd 8). Meðalviðnám í KJ-23 á dýptarbilinu 540-1330 er um 90 ohmm. Í dreifingunni fyrir þetta dýptarbil sést að um tvær berggerðir með mismunandi viðnámi er að ræða. Skilin milli þessara berggerða virðast liggja á 1050 m dýpi.

Viðnám og poruhluti eru tengdar stærðir. Almennt er talið að svo nefnt Archie's lögmál gildi um sambandið þ.e.:

$$\rho = a \cdot \phi^{-m}$$

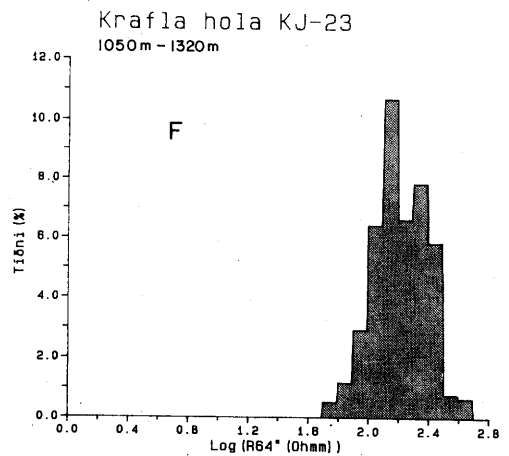
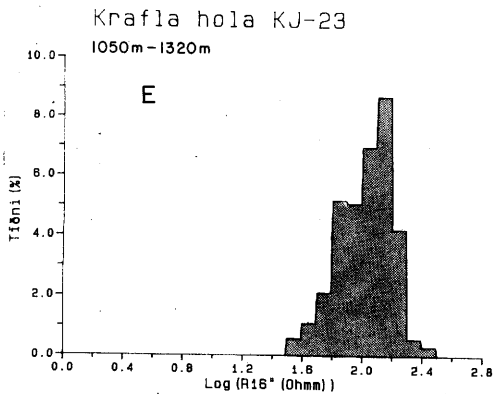
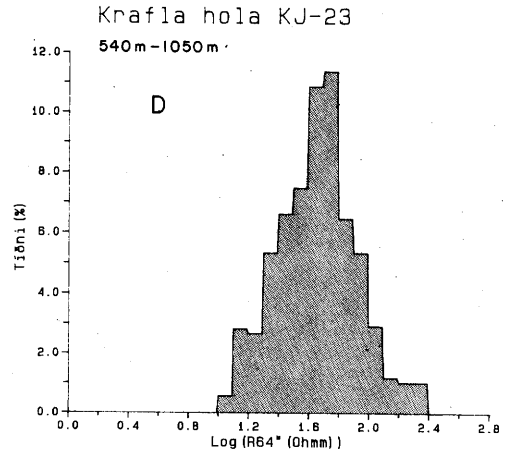
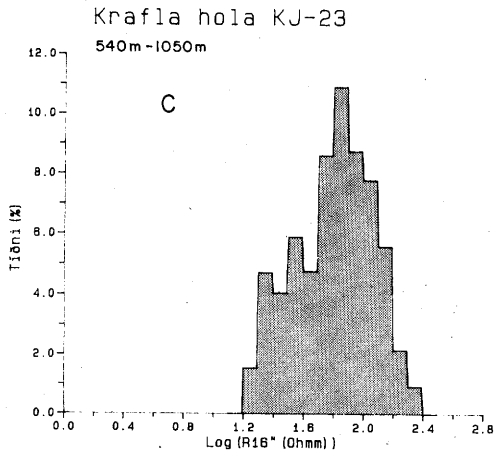
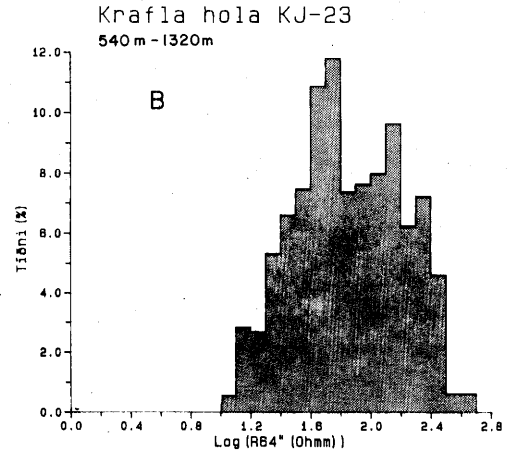
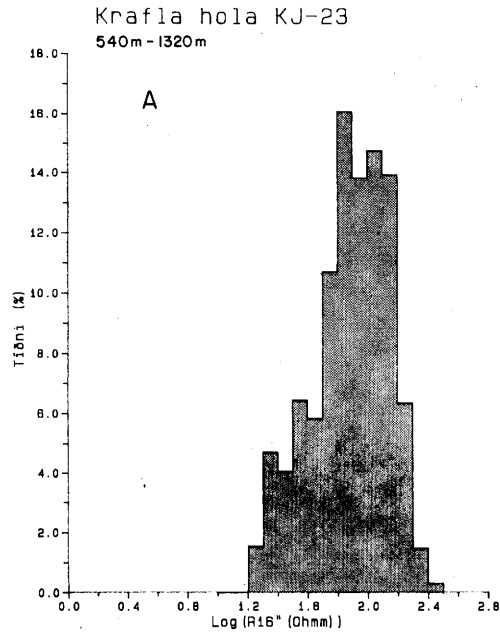
þar sem  $\rho$  = eðlisviðnám

$\phi$  = poruhluti

a og m eru fastar

Sýnt hefur verið fram á að stærð m ræðst af því hvort vatnsrýmd bergsins er í sprungum eða porum. Í sprungnu bergi er  $m \approx 1$  en í poróttu bergi er  $m \approx 2$  (Valgarður Stefánsson o.fl. 1982).

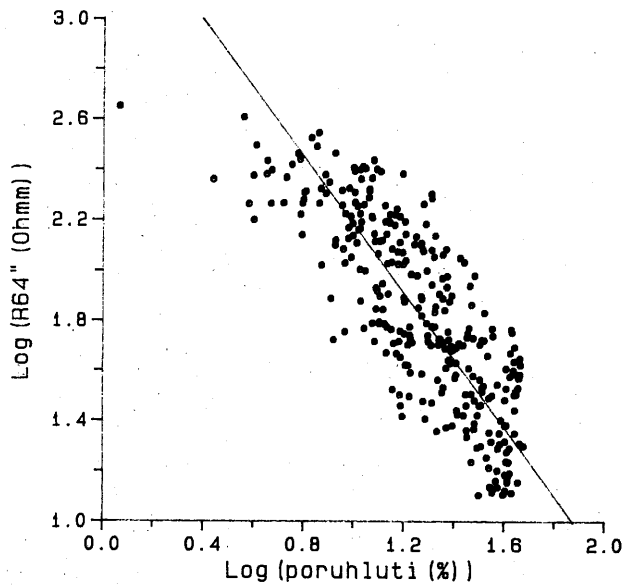
JHD-BM-6607-HTU  
84.03-0382-T



Á mynd 9 er sýnt samband viðnáms og poruhluta fyrir holu KJ-23. Stærðin af  $m$  hefur verið ákvörðuð og reiknast  $m = 1,3$ , þ.e. sprungur eru veigamikill þáttur í poruhlutanum.

JHD-BM-6607-HTul.  
84.03.-0380-T

### Krafla hola KJ-23



Mynd 9 Samband viðnáms og poruhluta

## 5. UMMYNDUN

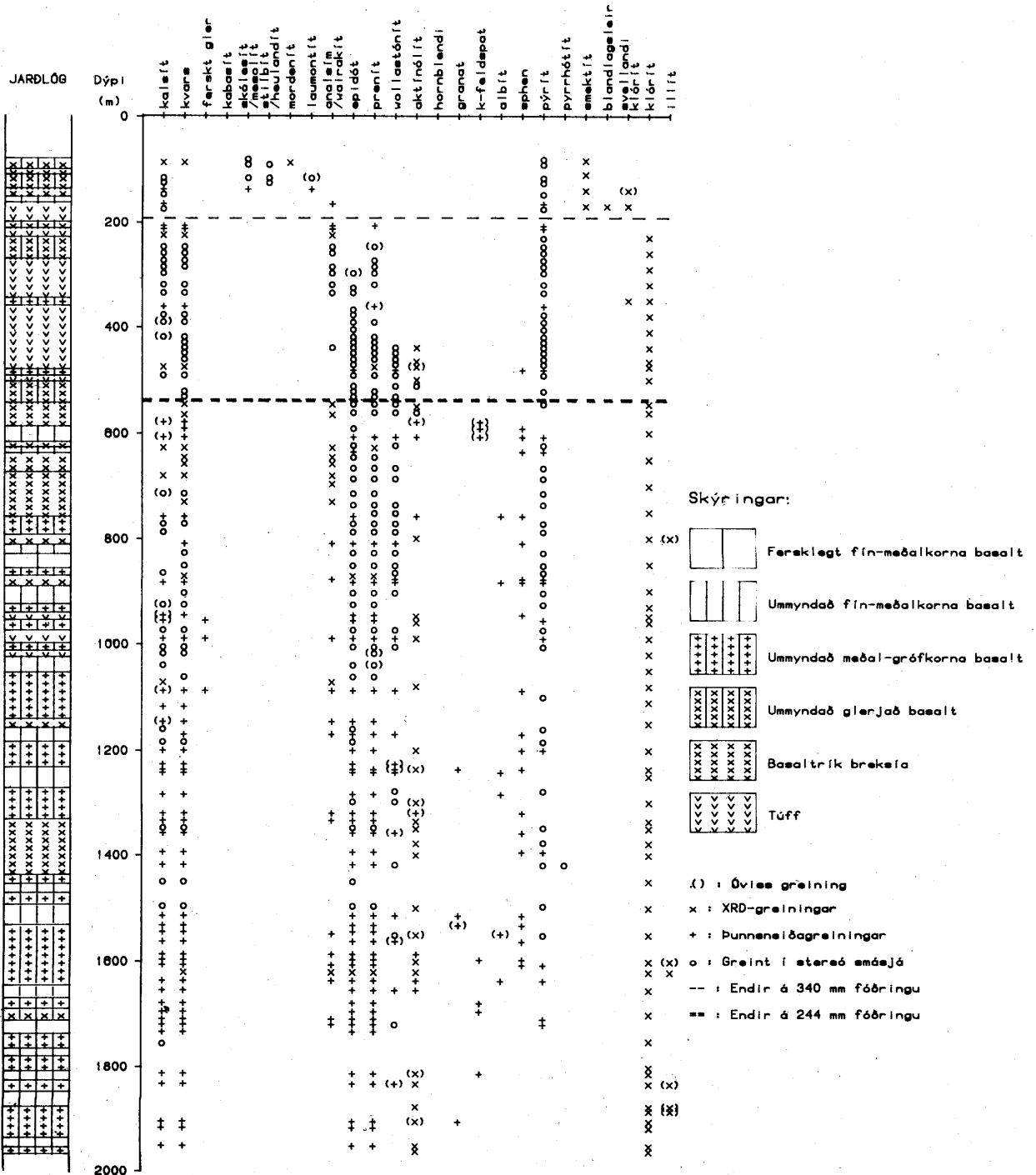
Athugun á ummyndunarsteindum er aðallega tvíþætt, annars vegar athugun á steindum sem myndast í sprungum og glufum í berginu en hins vegar á ummyndun frumsteinda í berginu. Markmiðið með þessum rannsóknum er að átta sig á núverandi berghitastigi og þróunarsögu jarðhitasvæðisins út frá dreifingu og innbyrðis afstöðu ummyndunarsteinda. Gerð er grein fyrir athugunum á ummyndunarsteindum á meðan borun holu KJ-23 stóð yfir í viðaukum (V-1 - V-3). Hér á eftir verður fjallað um frekari úrvinnslu gagnanna.

Á mynd 10 er sýnd dreifing ummyndunarsteinda í holu KJ-23 ásamt einfölduðu jarðlagasniði. Til glöggvunar eru ákveðin táknotuð fyrir hverja greiningaraðferð, sem beitt var við greiningu steindanna, en ekki kemur fram magn og innbyrðis afstaða viðkomandi steinda á hverjum stað. Holunni er skipt upp í þrjá hluta með slitnum línunum. Efsti hlutinn er á bak við öryggisfóðringu, miðhlutinn á bak við vinnslufóðringu en neðsti hlutinn öll vinnsluholan. Þetta er gert til að sýna, að engin blöndun gat átt sér stað milli þessara hluta meðan á borun stóð.

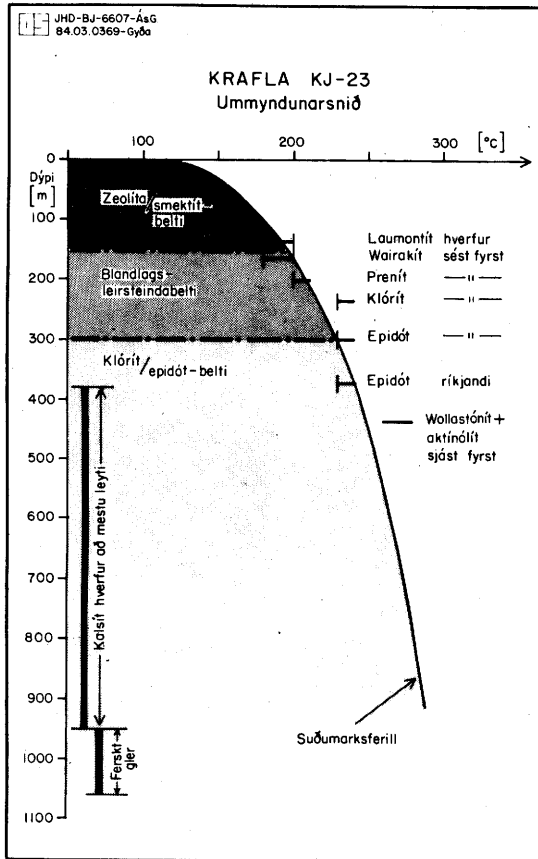
Mynd 11 byggir á dreifingu og magni ummyndunarsteinda í KJ-23 og er þar dregið upp hvernig ummyndunarbeltin liggja í jarðlagastaflanum, sem holan sker. Til nánari glöggvunar eru þær kennisteindir, sem ummyndunarbeltin eru grunduð á, settar inn, þar sem þær voru fyrst greindar og gefur það einnig til kynna berghitastig ef um jafnvægi er að ræða milli vökvu og bergs. Skipting í ummyndunarbelti er nokkuð afdráttarlaus eins og dreifing ummyndunarsteindanna gefur til kynna. Þrátt fyrir það er klórít/aktínólít-beltið ekki fellt inn í sniðmyndina, þar sem aktínólít finnst í frekar litlum mæli niður alla holuna. Aktínólít og wollastónít finnast bæði fyrst á um 440 m dýpi. Síðarnefnda steindin sést nokkuð greinilega þaðan og niður á holubotn. Ekki er gott að gera grein fyrir magnbreytingum á wollastóníti frá einum stað til annars, þar sem steindin er mjög laus í sér og vaskast því auðveldlega út með skolvatninu. Nokkuð er á reiki um myndunarhitastig wollastóníts, en það er talið myndast við heldur hærri hita en epidót ( $230^{\circ}\text{C}$ ) og hækkar myndunarhiti með auknum hlutþrýstingi  $\text{CO}_2$ . Kalsít hverfur nánast á tæplega 600 m kafla, frá 380 m niður á 950 m. Svipað var upp á teningnum í holu KJ-21. Engin vatns- og gufusýni eru til úr KJ-23, og því ekki hægt að átta sig á efnasamsetningu jarðhitavökvans, en ekki er óraunhæft að notast við niðurstöður efnagreininga úr KJ-21. Þar kemur skýrt fram, að vökvinn er yfirmettaður með tilliti til kalsíts (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1983).

JHD-BJ-8807 A6/GÓF  
82.02.0313 T

KRAFLA KJ-23  
DREIFING UMMYNDUNARSTEINDA



Mynd 10 Dreifing Ummýndunarsteinda



Mynd 11 Ummyndunarsnið

fundust smektít, blandlagsleir og svellandi klórít. Þar neðan við er klórít nánast einrátt. Á nokkrum stöðum eru óglögg merki um illít, en aðeins á einum stað, á 1620 m dýpi kom það greinilega fram.

Vísbending um viðsnúinn hitaferil kemur fram á 900-1000 m dýpi. Ferskt gler sást t.d. á 950 m dýpi og næstu 100 m þar fyrir neðan og eftirtektarvert er, að klórít, wairakít og epidót sjást í holrými ferska glersins. Það bendir til lítillar vatnsleiðni.

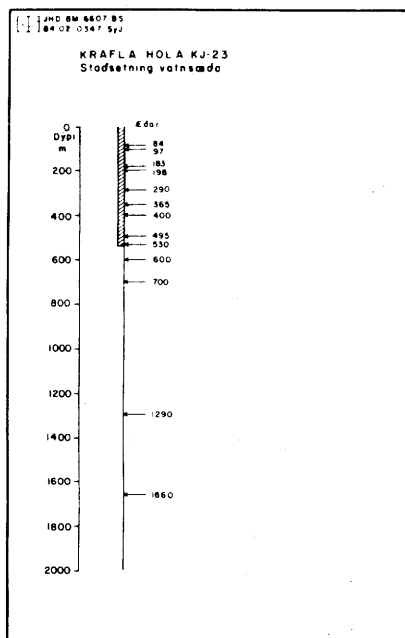
Ummyndun frumsteinda er nokkuð breytileg eftir kristöllumarstigi bergsins. Venjulega ummyndast steindirnar í sömu röð og þær mynduðust. Í basalti ummyndast ólivín fyrst, síðan pýroxen og síðast plagióklas. Undantekning frá þessu verður m.a. þegar plagióklasdílur ná ekki jafnvægi við kviku áður en hún storknar. Kalsít sést myndað á kostnað plagióklasdíla frá líðlega 360 m dýpi. Litlu neðar sést epidót, kvars og klórít myndað á kostnað plagióklasdíla. Albitísing kemur fyrst fram á rúmlega 600 m dýpi og síðan af og til niður á botn

Hugsanleg skýring á vöntun kalsíts á þessu dýptarbili getur verið upptaka  $Ca^{+2}$  jóna til myndunar wairakíts og preníts en þær eru báðar til staðar á þessu dýptarbili og eru raunar mjög áberandi. Prenít fannst síðan samfelld niður alla holuna, en wairakít samfelld niður á rúmlega 1000 m dýpi en strjalar þar fyrir neðan. Epidót fannst samfelld frá 370 m dýpi og niður á botn holunnar, en það sást fyrst á 300 m dýpi. Kvars fannst samfelld frá um 200 m niður á holubotn. Pýrít er áberandi steind í móberginu í efstu 1100 m holunnar og sést af og til þar neðan við. Oft verður umtalsverð aukning frá einum stað til annars og virðist það helst vera tengt jarðlögunum sem hafa eða höfðu háan poruhluta eða góða vatnsleiðni. Leirsteindir gefa mjög einfalda mynd af ummyndunarbeltum holunnar. Í efstu 200 metrunum

holunnar.

Erfitt er að ráða í innbyrðis afstöðu ummyndunarsteinda í svarfinu, þar sem brotkornin eru að jafnaði ekki stærri en 1-2 mm í þvermál. Þannig er nánast ógerlegt að átta sig á tímaröð steindanna. Samt greinast ákveðnar steindir oftast saman en aðrar eins og t.d. epidót, prenit og wollastónit. Frá því þær fundust fyrst saman í sýni sáust þær í þyrpingum og voru þær að einhverju leyti samvaxnar. Tilvist ferska glersins á um 1000 m dýpi bendir til þess, að ummyndun svæðisins sé yngri heldur en á öðrum vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar.

6 VATNSÆÐAR

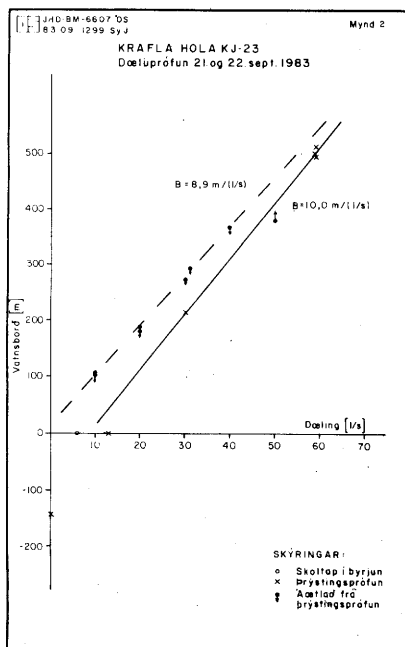


Mynd 12 Staðsetning vatnsæða

Vatnsæðar í KJ-23 eru merktar inn á mynd 12. Í holunni fundust alls þrettán vatnsæðar, en níu efstu æðarnar eru bak við 536 m vinnslufóðringu. Öpnustu æðarnar eru ofan 200 m dýpis, og tóku þær við allt að 50 l/s dælingu. Neðan 200 m dýpis eru allar æðar fremur smáar, og neðan 700 m er holan sem næst þétt.

Við borun vinnsluhluta holunnar mældist skoltap á bilinu 6-9 l/s, og þrátt fyrir örvunaræðgerðir í lok borunar tókst ekki að auka lekann nema í rúmlega 10 l/s. Er dælingarferill holunnar sýndur á mynd 13. Út frá dæluþrófunum reiknast vatnsleiðni vinnsluhlutans:

$$k h/\mu = 0,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa s}$$



Mynd 13 Dæluþrófun 21. og 22. september 1983

Er það rúmlega 4 sinnum minni leiðni en fyrir KJ-21 og 2-3 sinnum minni leiðni en fyrir KJ-22.

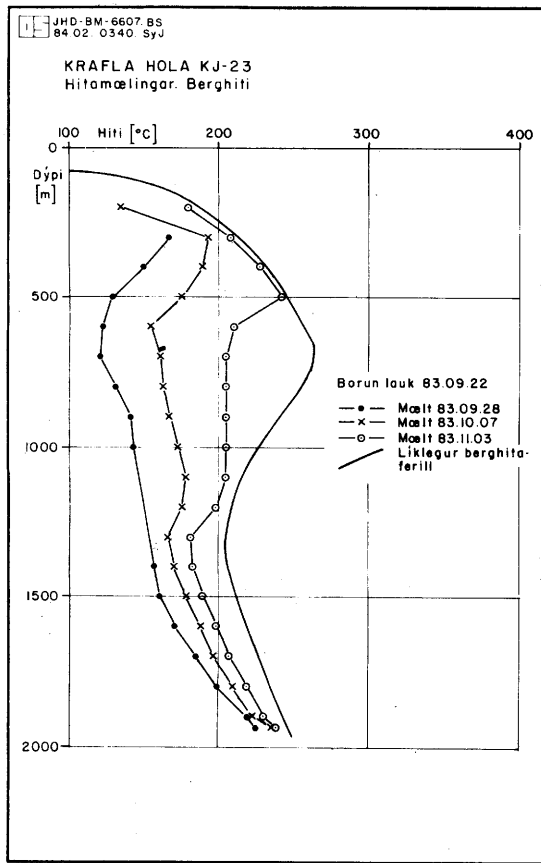
Við staðsetningu vatnsæða KJ-23 var stuðst við skoltapsmælingar í borun, hitamælingar og svarfgreiningu.

1. (84 m). Æðin sást í hitamælingum eftir að fóðringardýpi var náð. Í 84 m eru mót tveggja basaltlaga.
2. (97 m). Skoltap 4,5 l/s. Æðin kemur skýrt fram í hitamælingum. Mælingarnar sýna ennfremur, að skoltap (ca 50 l/s), sem mældist þegar borkróna var í 129 m dýpi, varð þegar æðin í 97 m dýpi opnaðist. Á þessu dýpi er 1-2 m þykk og mjög útfellingarík breksía á milli basaltlaga.



3. (183 m) Skoltap > 30 l/s. Æðin sést í hitamælingum. Skömmu fyrir skoltapið (180 m) var borað inn í lint útfellingaríkt túff.
4. (198 m). Áður en vinnslufóðring var steyppt tók holan við 26 l/s í dælingu. Hitamælingar sýndu að megnið af vatninu tapaðist út um þessa æð. Æðin er tengd sama túfflaginu og æðin í 183 m dýpi.
5. (290 m). Í hitamælingu eftir að vinnslufóðring var steyppt í holuna, kom fram kælipunktur á þessu dýpi. Bendir það til þess að skolvatn hafi lekið hér út í bergið í borun. Ráðandi berggerð á þessu dýpi er móberg, en á dýptarbilinu 290-300 eru tvö eins metra þykk basaltlög. Er æðin hugsanlega tengd öðru hvoru þeirra.
6. (365 m). Kælipunktur í hitamælingu eftir steypingu vinnslufóðringar. Á 345 m var komið niður í dólerítinnskot og nær það niður í 360 m.
7. (400 m). Kælipunktur í hitamælingu eftir steypingu vinnslufóðringar. Á þessu dýpi er móberg ráðandi, en tvö eins metra þykk basaltlög sjást á 394-400 m dýpi.
8. (495 m). Kælipunktur í hitamælingu eftir steypingu. Æðin er í linu túfflagi (491-503 m).
9. (530 m). Þegar fóðringardýpi (539 m) var náð kældi dæling holuna skv. hitamælingum í 530 m dýpi. Þar skiptast á glerjuð basaltlög og túff.
10. (600 m). Æðin sést í hitamælingum. Hún er á mótum basalts- og túfflags.
11. (700 m). Kom fram í flestum hitamælingum við borlok. Eftir borun tók hola við u.þ.b. 10 l/s, og sýna hitamælingar að vatnið tapast nánast allt út um þessa æð og æðina í 600 m. Líkt og í 600 m er þessi æð við lagmót basalts og túffs.
12. (1290 m). Kælipunktur kemur fram á þessu dýpi í hitamælingum. Lítið sem ekkert vatn virðist hins vegar ná niður í þetta dýpi við dælingu á holutopp, og því vafamál hvort um æð er að ræða. Kælipunkturinn er á móts við 3 metra þykkt breksíulag (lint).
13. (1660). Kælipunktur kemur fram á þessu dýpi líkt og í 1290 m og því vafamál hvort þarna er æð. Í jarðlagasniðinu er hér 6 m þykk breksía, og aðstæður því nánast þær sömu og í 1290 m.

## 7 BERGHITI



Mynd 14 Hitamælingar. Berghiti

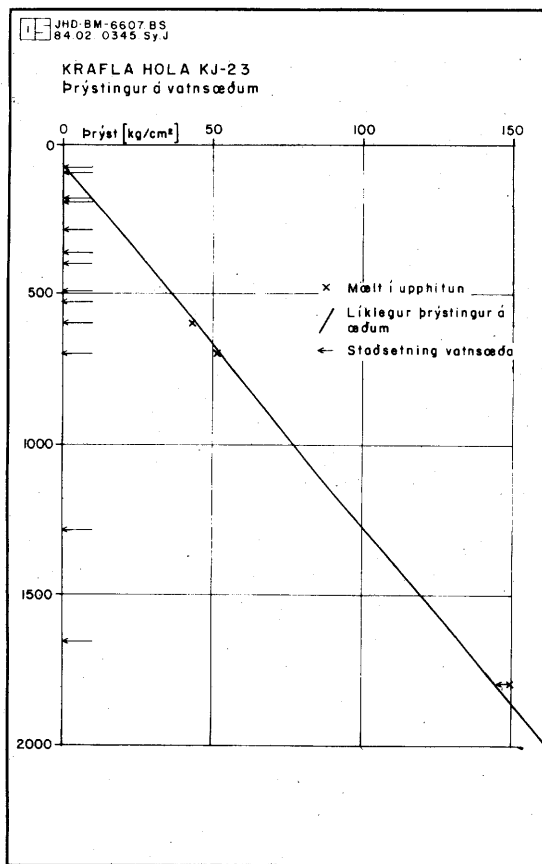
Borun KJ-23 lauk 22. september 1983, en enn sem komið er hefur holan ekki blásið. Nokkrar hitamælingar hafa verið gerðar eftir að borun lauk, og eru niðurstöður þeirra sýndar á mynd 14. Yngsta mælingin er frá 3. nóvember 1983, og af samanburði í hitaferlunum sést að hitajafnvægi hafi tæplega verið náð í holunni 3. nóvember. Út frá mælingunum og hitaferlum KJ-21 og 22 er engu að síður hægt að geta sér til um hver berghiti er við KJ-23. Ferillinn er sýndur ásamt hitamælingunum á mynd 14. Efst í holunni fylgir hitastigið suðumarksferli með vatnsborð á u.þ.b. 80 m dýpi. Er það í samræmi við mældan þrýsting á æðunum í 600 og 700 m dýpi. Hitamælingin frá 3. nóvember fylgir þessum ferli í a.m.k. 500 m dýpi, en í samræmi við berg-hita í nálægum holum er líklegt að suðumarksferill gildi niður í 600-700 m en hitastig lækki síðan um hríð.

Hér er gert ráð fyrir að lökkunin sé jöfn með dýpi, að rúmlega 200°C lágmarki í u.þ.b. 1300 m dýpi, en hækki síðan og sé hitastig um 245°C í botni. Mynd 14 ber með sér að óvissan í berghita er stærst á dýptarbilinu 600-1300 m. Neðan 1300 m dýpis var upphitun orðin hæg 3. nóvember, t.d. hækkaði botnhiti aðeins um 3°C frá 3. október til 3. nóvember.

Hóla KJ-23 verður hitamæld sumarið 1984. Fæst þá mæling á jafnvægis-hita hennar, og berghitaferillinn verður endurskoðaður.

## 8 ÞRÝSTINGUR Á VATNSÆÐUM

Tvær þrýstimælingar voru gerðar í KJ-23 í upphitun eftir borun (Benedikt Steingrímsson 1983). Á milli mælinga hækkaði vatnsborð um 34 m, en vendipunktur í þrýstingi reyndist vera á 600–800 m dýpi. Er það í samræmi við það sem kom fram við borlok að skástu æðar holunnar væru á 600 og 700 m dýpi. Mældist þrýstingur á 700 m dýpi um 52 kg/cm<sup>2</sup>. Út frá vendipunkti og berghitaferli hefur verið reiknaður þrýstiferill fyrir holu KJ-23 og er hann sýndur á mynd 15. Kemur þar einnig fram staðsetning vatnsæða. Þrýstingur við KJ-23 er lægri en við aðrar holur á Hvíthólasvæðinu og munar t.d. um 7 bar á þrýstingi á 600 m dýpi í KJ-21 og KJ-23. Hvort hér er um náttúrulegan þrýstismun að ræða eða niðurdrátt vegna vinnslu úr kerfinu er ekki hægt að segja til um að svo stöddu.



Mynd 15 Þrýstingur á vatnsæðum

## 9 NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður, sem draga má af rannsóknum á KJ-23 í borun og í upphitun eftir borun, eru eftirfarandi:

1. Jarðlagastaflinn við holu KJ-23 samanstendur af móbergi og basalti. Ofan 1000 m dýpis er móberg ráðandi bergtegund, en tíðni basaltlaga eykst neðan 750 m dýpis, og eru þau nær einráð neðan rúmlega 1000 m dýpis. Uppruni basaltsins eru innskot eða hraunlög, og eykst tíðni innskota með dýpi. Engin súr eða ísúr innskot fundust í holu KJ-23.
2. Hóla KJ-23 hefur viðsnúinn berghitaferil. Ofan 650 m dýpis fylgir hitastig suðumarksferli, og er hitastig á 600-650 m dýpi um 250°C. Þar fyrir neðan lækkar hitastig með dýpi og er um 200°C á 1200-1400 m dýpi, en hækkar síðan í um 245°C í botni holunnar (1968 m). Ummyndunarsnið styður þennan berghitaferil að nokkru.
3. Alls fundust þrettán vatnsæðar í holu KJ-23, og eru níu þeirra bak við steyptar fóðringar. Vinnsluhluti holunnar (539-1968 m) reyndist mjög þéttur, og vatnsleiðni hans aðeins um fjórðungur af vatnsleiðni KJ-21. Er holan ekki talin vinnsluhæf. Helstu æðar vinnsluhlutans eru á 600-700 m dýpi og er þrýstingur þeirra mun lægri en þrýstingur æða á svipuðu dýpi í holu KJ-21.

## Heimildir

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteins-  
son, Guðjón Guðmundsson og Sigurður Benediktsson 1983: Krafla  
borun KJ-3A. Orkustofnun, OS-83092/JHD-31 B, 24 s.

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Ómar Frið-  
leifsson, Hjörtur Tryggvason og Ómar Sigurðsson 1982: Krafla,  
Hóla KJ-21. Borun vinnsluhluta holunnar, frá 293 m í 1200 m.  
Orkustofnun, OS-82119/JHD-35 B, 19 s.

Benedikt Steingrímsson, Halldór Ármannsson og Jón Benjamínsson 1983:  
Krafla, Hóla KJ-21. Upphitun, upphleyping og blást  
Orkustofnun, OS-83013/JHD-03 B, 39 s.

Benedikt Steingrímsson 1983: Mælingar í Kröfluholum í nóvember 1983.  
Orkustofnun, OS-83-83099/JHD-37 B, 6 s.

Valgarður Stefánsson, Guðni Axelsson og Ómar Sigurðsson 1982.  
Resistivity logging of fractured basalt. Proc. Eighth Workshop  
on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University Dec.  
14-16.

Valgarður Stefánsson, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson,  
Guðjón Guðmundsson, Guðmundur Ó Friðleifsson, Guðni Axelsson,  
Halldór Ármannsson, Hilmar Sigvaldason, Jón Benjamínsson og Ómar  
Sigurðsson 1984. Krafla, Hólur KJ-16, 17 og 18. Rannsóknir  
samhliða borun og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, (í vinnslu).



## VIÐAUKI 1

**KRAFLA, HOLA KJ-23**  
**Borun frá 70 m í 196 m**  
**og steyping 13 3/8" fóðringar**

Ásgrímur Guðmundsson, Dagbjartur Sigursteinsson,  
Hilmar Sigvaldason, Hjörtur Tryggvason og  
Sigurður Benediktsson

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 INNGANGUR .....	3
2 BORSAGA .....	3
3 JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR .....	5
4 MÆLINGAR .....	6

## TÖFLUSKRÁ

1 Fóðrunarskýrsla .....	7
2 Mælingar í borun .....	8

## MYNDASKRÁ

1 Einfaldað jarðlagasnið .....	9
2 Hitamælingar .....	10
3 CBL-mæling .....	11
4 Sprengingar í borholu .....	12
5 CBL-mæling .....	13
6 Sprengingar í borholu .....	14
7 Steyping 13 5/8" fððringar .....	15
8 Gangur borunar .....	16
9 Jarðlög .....	17
10 Dreifing ummyndunarsteinda .....	18

## 1 INNGANGUR

Með hliðsjón af áframhaldandi rannsóknnum á Hvíthólasvæðinu og gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun var hola KJ-23 staðsett u.p.b. 180 m vestan við holu KJ-21, og er ætlunin að bora hana niður í 2000 m dýpi. Tilgangurinn með staðsetningunni er auk gufuöflunar tvíþættur. Annars vegar að kanna útbreiðslu jarðhitasvæðisins við Hvíthóla og hins vegar að fá upplýsingar um vinnslueiginleika svæðisins neðan 1 km dýpis.

Holan var höggboruð síðastliðið vor niður í 66 m dýpi og svipaði holunni til KJ-21 hvað ummyndun varðar.

## 2 BORSAGA

Sunnudaginn 14. ágúst var mastur Jötuns fellt við holu KJ-13 og undirbúningur á flutningi hafinn. Föstudaginn 19. ágúst var flutningi yfir á holu KJ-23 lokið og var byrjað að bora kl 15:30. Notuð var 444 mm (17 1/2") króna af gerðinni S 53 J. Vatn var notað til skolunar til að byrja með. Fljótlega byrjaði að tapast skolvatn eins og sýnt er á mynd 1, þar sem dregið er upp samhliða einfaldað jarðlagasnið, meðaltalsborhraði yfir 10 m bil, skoltap, dæling og þrýstingur. Í 129 m dýpi tapaðist allt skolvatn sem þá var tæpir 50 l/s. Áður hafði komið fram smáleki í tæpum 100 m og þótti líklegast að hann hefði opnast betur. Ekki var um annað að ræða en að þetta lekann og var glervatni og vegsalti dælt niður. Á eftir fóru niður 12 tonn af portland sementi og tókst alveg að þetta lekann. Borað var áfram niður með geli og tapaðist ekkert fyrr en í 183 m dýpi, en þá tapaðist allt skol (30 l/s) og var borað með algjöru tapi niður í 196 m, en að morgni mánudagsins 22. ágúst var ákveðið að fððra niður á þetta dýpi.

Hola KJ-21 var höfð til hliðsjónar þegar fððringadýpi var valið enda var hægt að tengja einstök jarðlög á milli þeirra. Í 196 m var talið að komið væri niður úr lekasvæðinu. Farið var út í þéttingaraðgerðir áður en tekið var til við að fððra. Fyrst var dælt niður glervatni og vegsalti, síðan fylgt fast á eftir með 10 tonnum af portland sementi. Fylgst var með vatnsborði og þar sem það



féll niður var aðgerðin endurtekin. Ennþá féll vatnsborðrið og var því hitamælt til að fá nánari upplýsingar um hvað gengi á þarna niðri (mynd 2, ferill 1). Í ljós kom að tekist hafði að þetta lekann í botni, en lekinn í 100 m hafði aftur á móti opnast á ný. Þá var tekið til höndum við að bora út steypu, sem náði upp í 150 metra. Eftir að því var lokið reyndist skoltap vera 9,5 l/s og botnfall 6,5 m, en fljótlega jókst skoltapið upp í 23 l/s. Þá var reynt að mylja botnfallið og gel blandað til að hreinsa sandinn (svarf) úr holunni og voru aðeins 1,5 m eftir þegar upp var staðið.

Næst var hitamælt og sýnir ferill 2 á mynd 2 að æðin í botni hafði opnast á ný, en meðan mælingin stóð yfir töpuðust um 9 l/s. Greinilegt þótti því að þéttingaraðgerðir höfðu ekki tekist sem skyldi og var fallið frá að eiga frekar við þær, en þess í stað tekið til við að koma niður 340 mm (13 3/8") fðöringu. Öll atriði varðandi niðurstöðu og frágang fðöringarinnar eru sýnd í töflu 1, en neðri endi fðöringar er á tæplega 191 m dýpi miðað við snúningsborð Jötuns.

Undir morgun miðvikudags 24. ágúst, var hafist handa við að steypa fðöringuna. Góð steypa fór niður (ep. 1,65) en á undan henni var dælt niður glervatni og vegsalti til að freista þess að þetta eitthvað lekann á undan steypunni. Þar á eftir fóru niður 7 tonn af portland sementi og 22 tonn af G-sementi, en ekkert kom upp.

Beðið var þangað til steypa harðnaði og þá var CBL-mælt. Niðurstöður eru sýndar á mynd 3 og þar sést greinilega að efra borð steypu er á u.þ.b. 107 m dýpi. Þar sem 100 m æðin var ennþá opin, tók holan við 23 l/s utan fðöringar. Eftir CBL-mælingu var valinn skotstaður á bilinu 105,7 - 107,3 m (sjá mynd 4) og fðöringin götuð með sprengju. Strax á eftir var hringdæling sett á og steyping undirbúin. Rétt áður en steyping byrjaði var sandi sáldrað niður utan fðöringar í þeim tilgangi að þetta lekann. Steypingin í gegnum skotgötin á 107 m dýpi hófst kl 21:20 og voru notuð 19 tonn af G-sementi. Steyping og eftirdæling tók 45 mínútur, en engin steypa kom upp. Meðan á steypingu stóð kom vatn upp öðru hvoru og í lokin var það lítillega blandað perlusteini. Eðlisþyngd blöndunnar var nokkuð stöðug um 1,67. Eftirdælingin reyndist hafa verið fvið of mikil og vottaði aðeins fyrir steypu á móts við skotstaðinn innan fðöringar. Eftir á

virtist sem 1 l/s tapaðist þar út úr fðöringunni.

Önnur CBL-mæling var gerð undir morgun fimmtudagsins 25. ágúst. Niðurstöður mælingarinnar eru sýndar á mynd 5. Efra borð steypu sést þar á bilinu 70-75 m og var skotstaðurinn valinn á bilinu 73,3-75,0 m (mynd 6). Skotin voru gót á fðöringuna kl 08:30 og hringdæling sett á. Holan reyndist vera þétt ofan við skotstaðinn. Þá var steyping undirbúin og kl 09:25 var byrjað að steypa í gegnum skotgöt á 75 m dýpi. Notuð voru 10 tonn af G-sementi og vegsalti blandað saman við til að flýta fyrir hörðnun. Eðlisþyngd blöndunar var nokkuð stöðug þ.e. 1,65 og þegar dæling var stoppuð var eðlisþyngd steypunnar sem upp kom 1,59. Með þessari steypingu hafði loksins tekist að steypa fðöringuna og sýnir mynd 7 í öllum aðalatriðum hvernig lokatakmarkinu var náð.

Síðasti hluti þessa verkáfangs var að sjóða flangs á holutoppinn, koma fyrir öryggislokum og bora út steypu í fðöurrörinu. Steypa reyndist vera á 30 m dýpi og náði hún niður í 92,5 m og síðan frá 154 m niður í botn fðöringar.

Á mynd 8 er sýnt hvernig verkinu miðaði áfram.

### 3 JARÖLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Jarölögum í holu KJ-23 svipar í öllum aðalatriðum til holu KJ-21. Misgengi liggur á milli holanna skammt austan við KJ-21 og út frá samanburði á þeim er líkleg stærð þess 10-15 m með falli til vesturs.

Á mynd 9 eru jarölög sýnd ásamt borhraða. Niður í 100 m dýpi eru þunn ummynduð glerjuð basaltlög einkennandi og eru aðskilin af basaltbreksfum. Frá 100 m niður í 140 m er mjög ummynduð basaltbreksfa einkennandi, en þunn finkornótt ummynduð basaltlög gegnumstinga hana. Í 145 m dýpi er komið niður á mjög ummyndað túff, sem nær niður að þykku finkornóttu basaltlagi sem liggur á 152-163 m dýpi. Þar neðan við er mjög ummyndað túff einkennandi, en tvö finkornótt basaltlög gegnumstinga það. Frá 183 m niður í 196 m kom ekkert svarf upp, en með hliðsjón af holu KJ-21 og borhraða þótti líklegt að túffið næði niður í 192 m, en þar neðan við væri komið niður í basaltlag.

Á mynd 10 er dreifing ummyndunarsteinda sýnd og er það nokkuð svipað holu KJ-21. Ekki eru neinar háhitasteindir sjáanlegar í þessum kafla. Zeólítar eru einkennandi niður að 150-160 m. Kalsít og pýrít eru greind frá toppi í botn, en kvars sést fyrst með vissu á 100 m dýpi.

Tvö meiriháttar skoltöp mældust á tæplega 130 m og 183 m dýpi. Efra tapið er líklega bundið við 97 m dýpi en þar hafði áður opnast 4,5 l/s leki og hefur hann líklegast opnast betur þegar dýpið var tæpir 130 m (mynd 1, ferill 2). Neðra tapið kemur fram í auðboruðu túffi skammt neðan við þétt fínkornótt basaltlag.

#### 4 MÆLINGAR

Tafla 2 sýnir þær mælingar sem mældar voru í þessum verkætti. Þarna er um að ræða þrjár hitamælingar, sem ætlað var að upplýsa um lekastaði í holunni. Sjást þær allar á mynd 2. Tvær CBL mælingar gerðar eftir 1. og 2. steypingu sýna steypuborð og steypugæði greinilega og var auðvelt að finna skotstaði í báðum tilfellum.

Skotið var í 105,7 til 107,3 m eftir 1. steypingu en í 73,3-75,0 eftir 2. steypingu, 8 eggjum í hvort skipti. Auðvelt var að hringdæla eftir sprengingarnar og kom steypa upp við síðari hringdælinguna en við þá fyrri kom ekkert upp.



VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR		VERKKAUPI
659-i	KJ-23	Krafla norðan Hvíthóls		RARIK Kröfluvirkjun
VÍÐD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.	ÚTFYLLT
17-1/2"	197	2	1903.08.23.-08.26.	1903.08.26. D.S.

FJARLEGD KJALLARABRÚN - KRAGI		2.56	m	
FÓÐRING	PVERM. UTAN 13-5/8"	INNAN 317,9-315,3mm		
	GERÐ K-55	ÞYNGD 68 og 61 lbs/ft		
	TENGI	Skrúfuð Buttress		
	NOTAÐ	182,93 m	FRÁ KRAGA 183,35 m	
	KRAGI (FLANGS) 12"	900		
	SKÓR	Float Shoe og Float Collar f/stungust		
MÍÐJUST.	3 stk.	STEYPUT.	0 stk.	
STEYPIG	SEMENT	Portland	7.000 kg	
	SEMENT	G-blanda	22.000 kg	
	ÍBL. EFNI		kg	
	ÍBL. EFNI	Dælt á undan Glervatn	2.000 kg	
	TAFAEFNI	kg	EÐLISP. STEYPU 1,61	
	STEYPUTÆKI	Haliburton steypusamstæða		
	STEYPIGARTÍMI	40	mín	
	EFTIRDÆLING. MAGN	2500	1 TÍMI 3 mín	
	STEYPA KOM UPP	<input type="checkbox"/> JÁ	<input checked="" type="checkbox"/> NEI	
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA	107m.-7m.	0. m	
FRÁGANGUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR	13	h	
	SEMENT	29.000 kg	ÍBL. EFNI salt 200 kg	
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR	7 h.	frá 3 steypu h	
	STEYPA BORUD EFTIR	42	h	
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI	30	m	
VERKTÍMI RÖR	STEYPA	TOPPUR	TAFIR	ALLS
h 4,5	2,40	17,0		77,5
ATH. Flans og bútur áfastur honum talið með efsta röri. Efstu 4 rörin eru 68 lbs/ft.				
Fyrsta steypa náði upp í 107 m. þar var skotið út úr rörum 8 göt. Önnur steypa náði upp í 75 m. þar var skotið öðrum 8 götum og þriðja steypa kom svo alla leið upp. 2 næstu sentralasers eru á rörunum en ekki á múffum.				

RÖRATALNING		
LENGD	NR <sup>1)</sup>	ALLS m
↑ 10,68	1	10,68
68 lbs/ft 11,83	2	22,51
12,05	3	34,56
↓ 11,72	4	46,28
12,10	5	58,38
12,50	6	70,88
12,26	7	83,14
12,44	8	95,58
11,99	9	107,57
12,27	10	119,84
12,23	11	132,07
12,52	12	144,59
12,59	13	157,18
,83	Float Collar	158,01
12,49	14	170,50
12,25	15	182,75
,60	Skór	183,35

05.82 20x30FDH

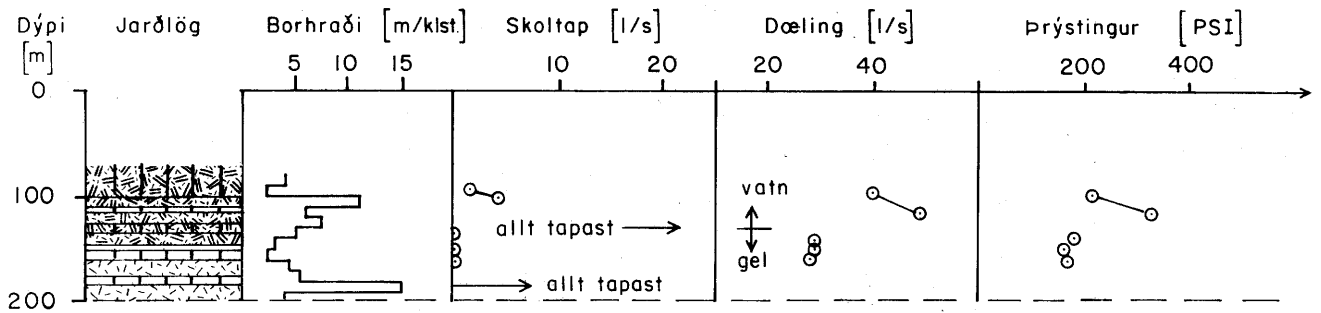
1) X= MÍÐJUSTILLAR. ÁVALLT ER TALID FRÁ FLANGSI EÐA UPPHENGJU

AFLA 2 KRAFLA HOLA KJ-23. Mælingar í borun (70 - 196 m)

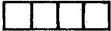
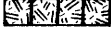

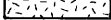
Dags.	Tími.	Hvað mælt.	Dýptarbil.	Ástand holu.	Tilg.mælingar.	Aths.
3.08.22	21.40-22.10	Hiti	0-191	Fóðrunardýpi 10 l/s. tap.	Ath upphitun	Mælt fyrir og eftir upptekt.
3.08.23	12.25-13.00	Hiti	0-182	Fóðrunardýpi ca.9 l/s.tap.	Ath.upphitun og finna lekast	
3.08.24	16.00-16.30	Hiti	0-163.4	1.Steyping lokið.	Ath.upphitun	
3.08.24	17.00-18.00	CBL	0-163.4	1.Steyping lokið.	Steypuborð og steypugæði.	
3.08.24	19.00	Skotið út úr fóðringu.	105,7-107.3	1.Steyping lokið.	Hringdæling	Skotið 8 eggjum.
3.08.25	05.34-06.36	CBL	0-106,4	2.Steyping lokið.	Steypuborð og steypugæði.	
3.08.25	08.30	Skotið út úr fóðringu.	73.3-75.0	2.Steyping lokið	Hringdæling.	

### KRAFLA KJ-23

#### EINFALDAÐ JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR Í BORUN



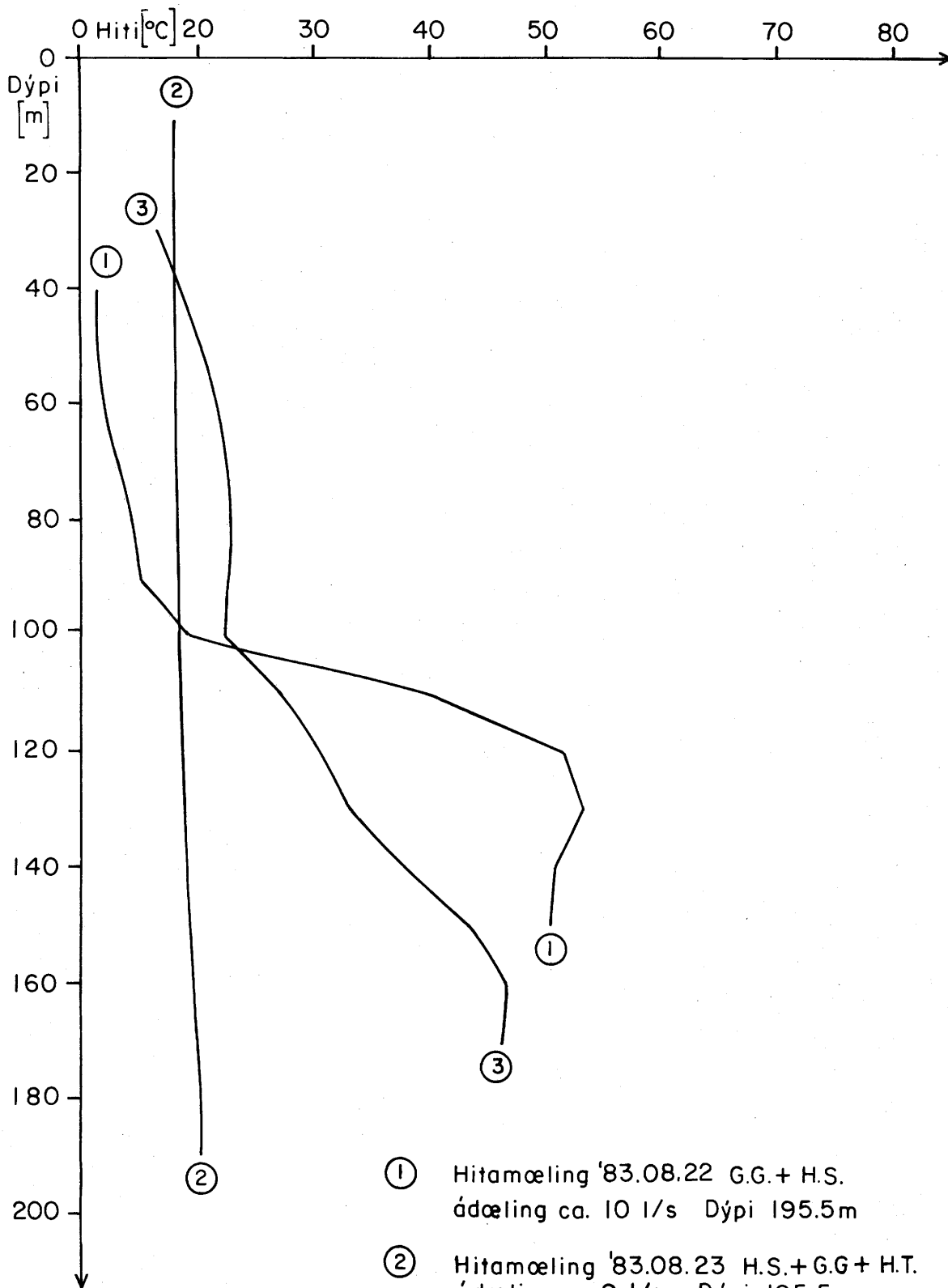
SKÝRINGAR :

-  Fínkornótt ummyndað basalt
-  Glerjað ummyndað basalt
-  Basalt-breksía
-  Túff



# KRAFLA KJ-23

## Hitamælingar



- ① Hitamæling '83.08.22 G.G.+ H.S.  
ádæling ca. 10 l/s Dýpi 195.5m
- ② Hitamæling '83.08.23 H.S.+G.G.+ H.T.  
ádæling ca 9 l/s Dýpi 195.5m
- ③ Hitamæling '83.08.24. G.G.+ HS + H.T.  
ádæling engin. Dýpi 195.5m

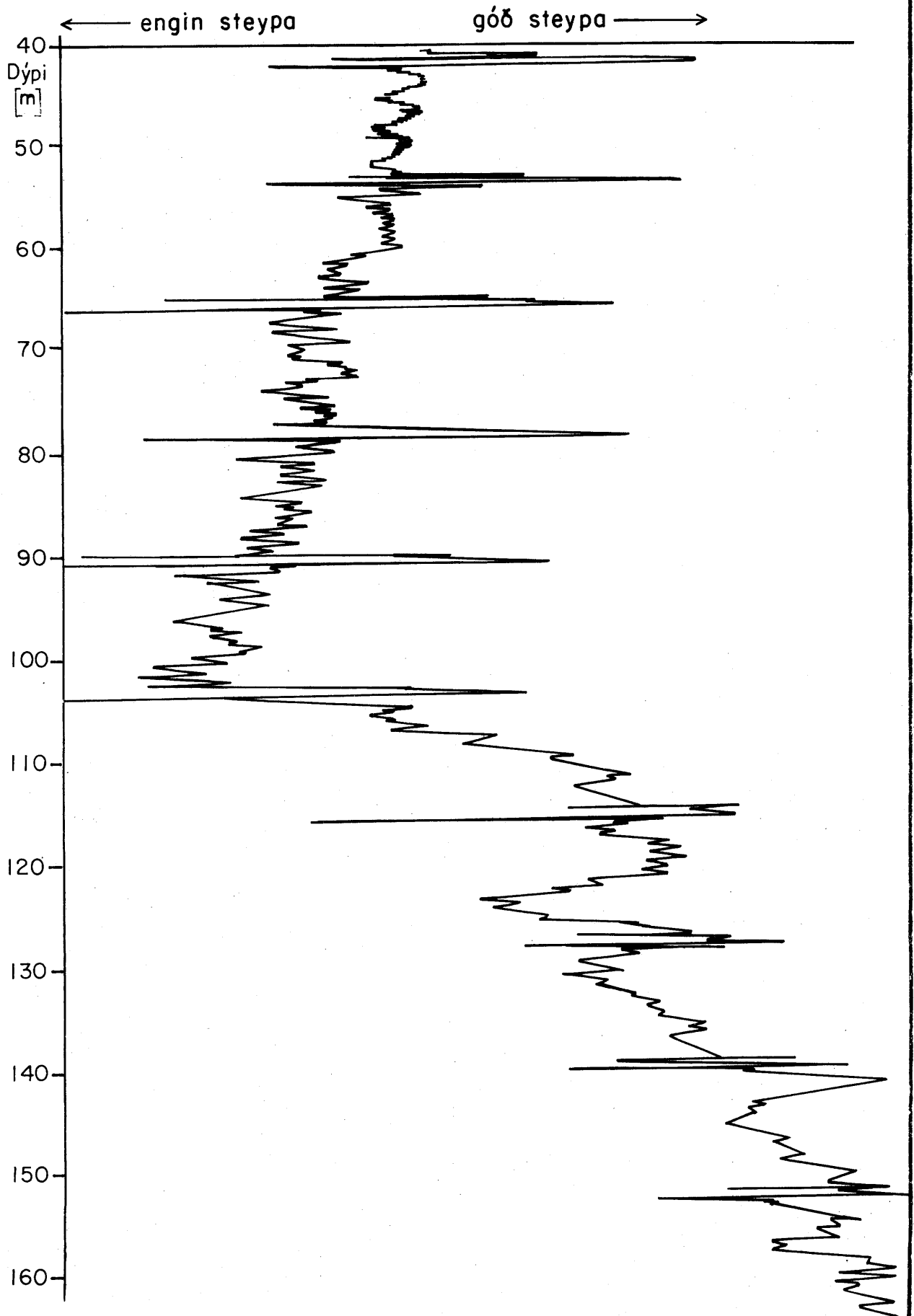


JHD · BM · 6607 · H S  
'83.09.1141. E K

# KRAFLA KJ-23

Mynd 3

## CBL - Mæling

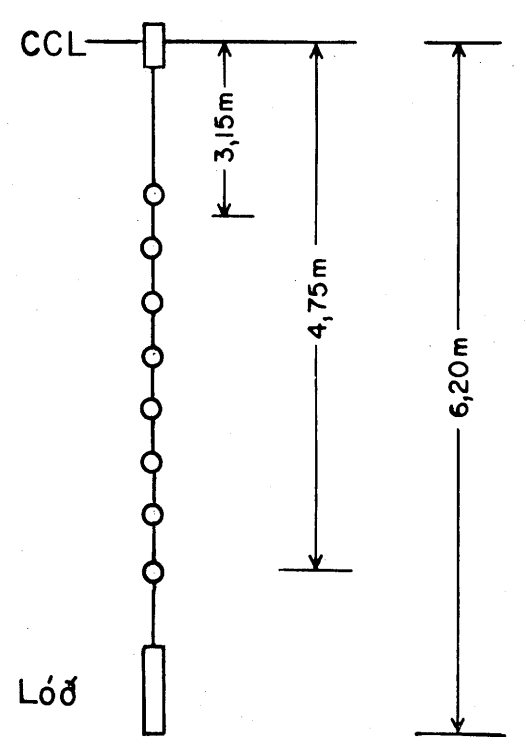




1. Sýsla, kaupstaður <b>S - Þing.</b>		2. Hreppur <b>Skútustaðahr.</b>
3. Staður <b>KRAFLA</b>		4. Hóla nr. <b>KJ - 23</b>
5. Dýpi. m	6. Fóðringar. m. þv. <b>13<sup>3/8</sup>"</b>	7. Bortími

8. Ástand holu fyrir aðgerð

9. Verkkaupi	10. Tilgangur <b>Hringdæling</b>	
11. Mælitæki <b>R · 50402</b>	12. Dagset. <b>'83.08.24</b>	13. Mælingamenn <b>HT · GG · HS</b>
14. Núllpunktur á dýpi <b>Rotary á Jöttni</b>	15. Skotstaður <b>105,7 - 107,3</b>	16. Fjöldi skota <b>8</b>

<p>17. Lýsing á sprengju</p> 	<p>18. Ath.</p> <p style="text-align: center;">Skotið kl. 1900</p>
--	--

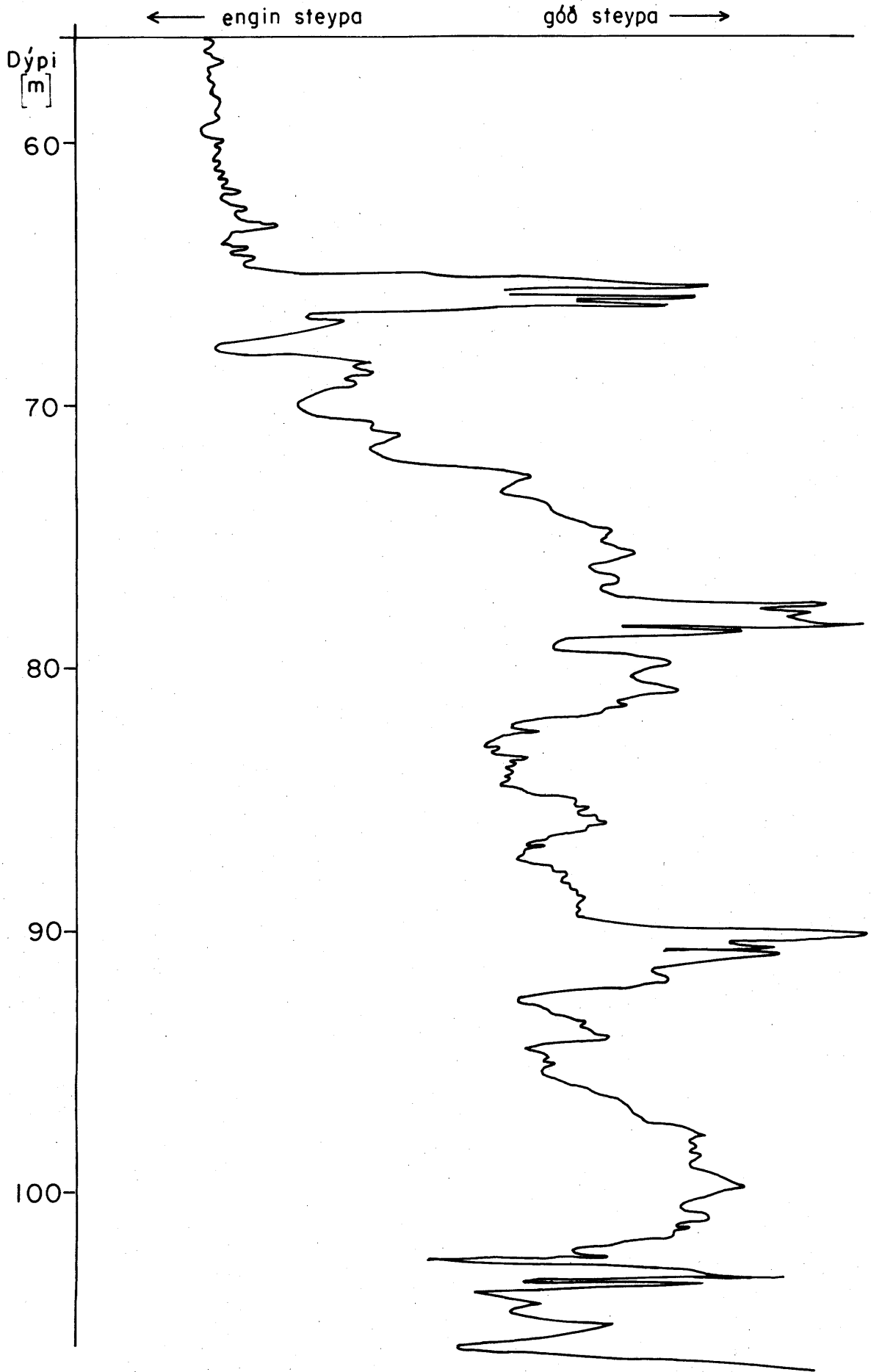


JHD·BM·6607·HS  
'83.09·1143·EK

# KRAFLA KJ-23

Mynd 5

CBL - Mæling



1. Sýsla, kaupstaður <b>S - Þing.</b>		2. Hreppur <b>Skútustaðahr.</b>
3. Staður <b>KRAFLA</b>		4. Hóla nr. <b>KJ-23</b>
5. Dýpi m	6. Fóðringar m. þv. <b>13 3/8"</b>	7. Bortími

8. Astand holu fyrir aðgerð

9. Verkkaupi	10. Tilgangur <b>Hringdæling</b>	
11. Mælitæki <b>R · 50402</b>	12. Dagset. <b>'83.08.25</b>	13. Mælingamenn <b>HT · GG · HS</b>
14. Núllpunktur á dýpi <b>Rotary á Jötni</b>	15. Skotstaður <b>73,3 - 75,0</b>	16. Fjöldi skota <b>8</b>

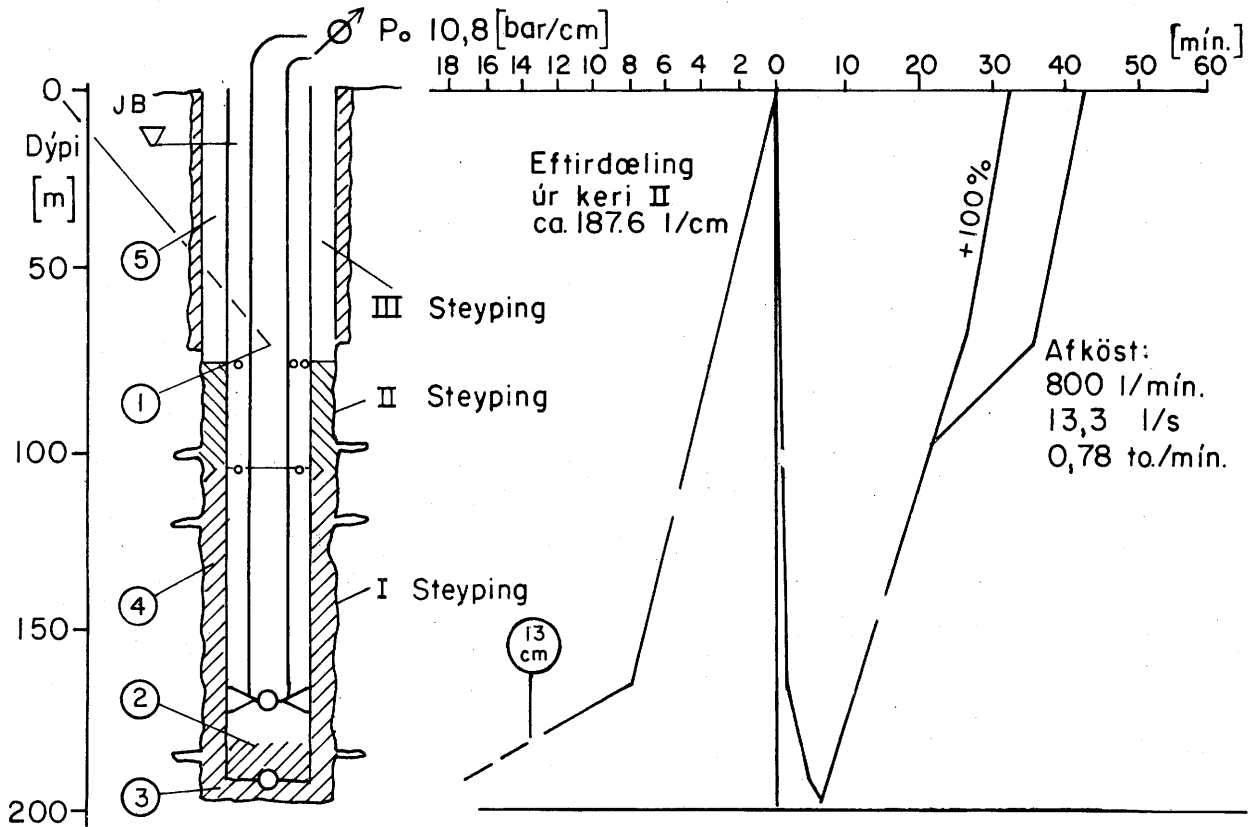
<p>17. Lýsing á sprengju</p> <p>Lóð</p>	<p>18. Ath.</p> <p>Sprengt kl. 8<sup>30</sup></p>
---	---



# KRAFLA KJ-23

Mynd 7

## Steyping 13 3/8 fóðringar



	l/m	x	m	=	l	+100%	mín
(1)	9,16	x	166	=	1520	1520	1,9
(2)	85,6	x	24	=	2054	2054	4,46
(3)	155,0	x	7	=	1085x2 = 2170	2170	7,18
(4)	65,0	x	119	=	7735x2 = 15470	15470	26,5
(5)	70,0	x	72	=	5040	5040	32,81
					17434	26254	32,8
							(21,8mín)(32,8mín)

G-Sementblanda 1024 l/tonn = 25,6 tonn, ep. = 1,6

Vatn 66% af sementi = 16921 l  
(187,6) (90 cm úr keri II)  
(365,6) (46,3 " - " - II+I)

### II Steyping

24-08 kl 20 - Steyping gegnum skotgöt í 107 m

Eftirdæling  $95 \times 85,6 \text{ l/m} = \frac{8132}{187,6} = 43,35 \text{ cm}$  (95 m)  
 $= 45,63 \text{ cm}$  (100 m)

### III Steyping

25-08 Steypt gegnum skotgöt í 75 m dýpi

(2)  $78,2 \times 30 = 2346 \text{ l} \rightarrow 2,3 \text{ tonn}$   
(5)  $70 \times 75 = 5250 \rightarrow 5,2 \text{ "}$   
 $7,5 \text{ tonn}$

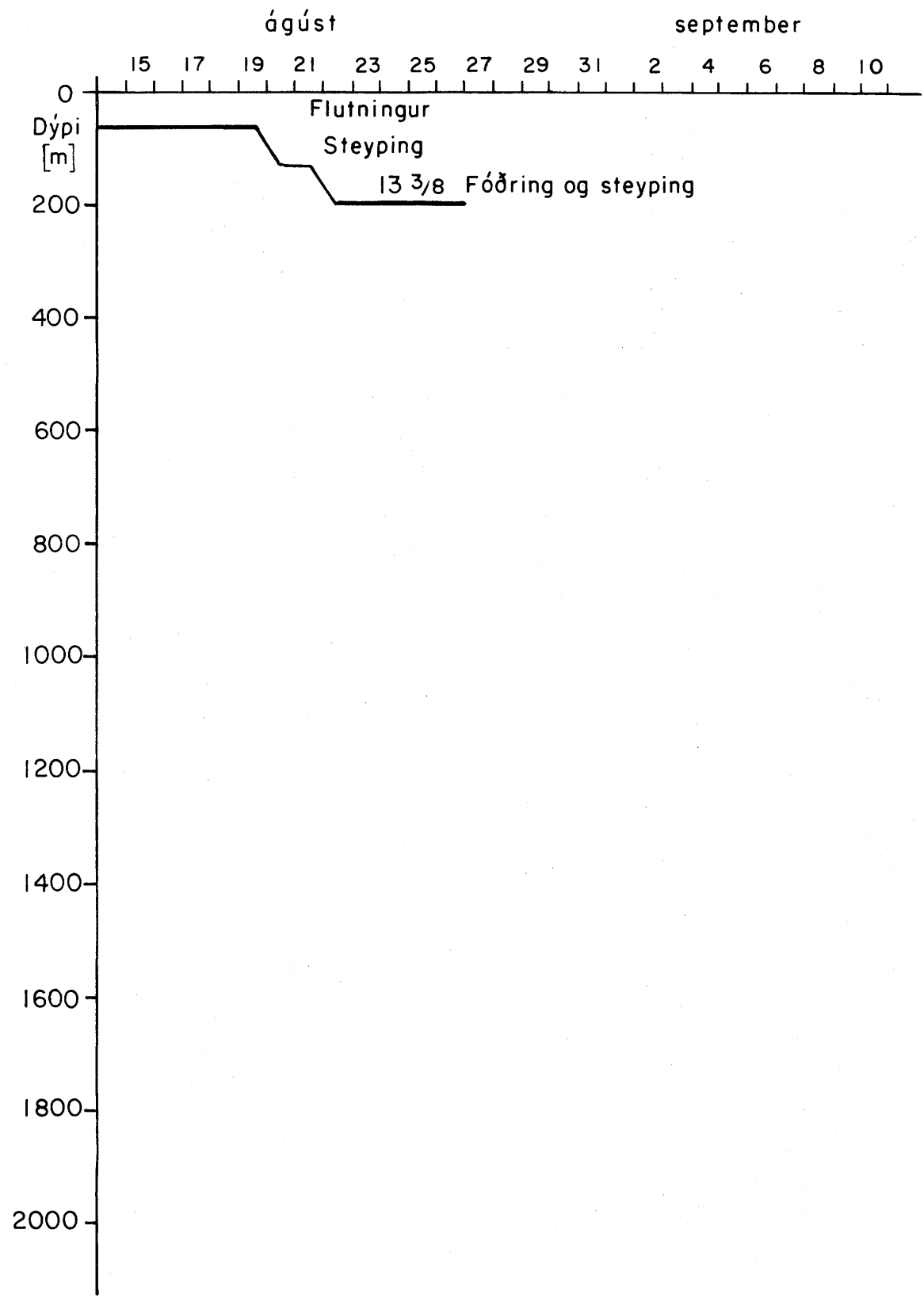
Eftirdæling  $78,2 \times 45 = \frac{3519}{187,6} = 18,7 \text{ cm}$

24/8 Steyping gegnum stengur  
7 tonn portlitland +22 tonn  
G-sement. 2000 l glervökvi  
24/8 Steyping í gegnum skot-  
göt í 107 m.  
19 tonn G-sement  
25/8 Steyping í gegnum skot-  
göt í 75 m.  
10 tonn G-sement,  
holan steypit í topp

# KRAFLA KJ-23

Mynd 8

## FRAMVINDA BORUNAR





JHD·BJ·6607·Ás G  
'83.09·1147·EK

# KRAFLA KJ-23

Mynd 9

## JARÐLAGASNIÐ FRÁ 80m - 196m

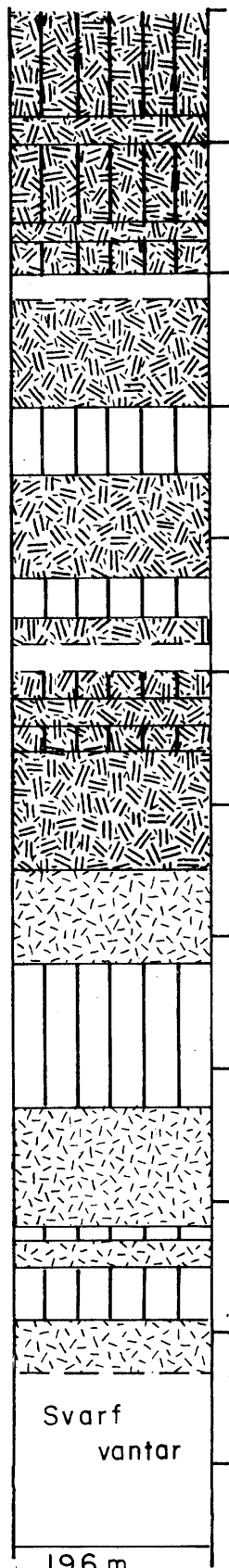
Álag og krónugerð  
444 mm  
S-53-J  
5-10 tonn

Jarðlög

Dýpi [m]

Borhraði m/klst

10 20



80

90

100

110

120

130

140

150

160

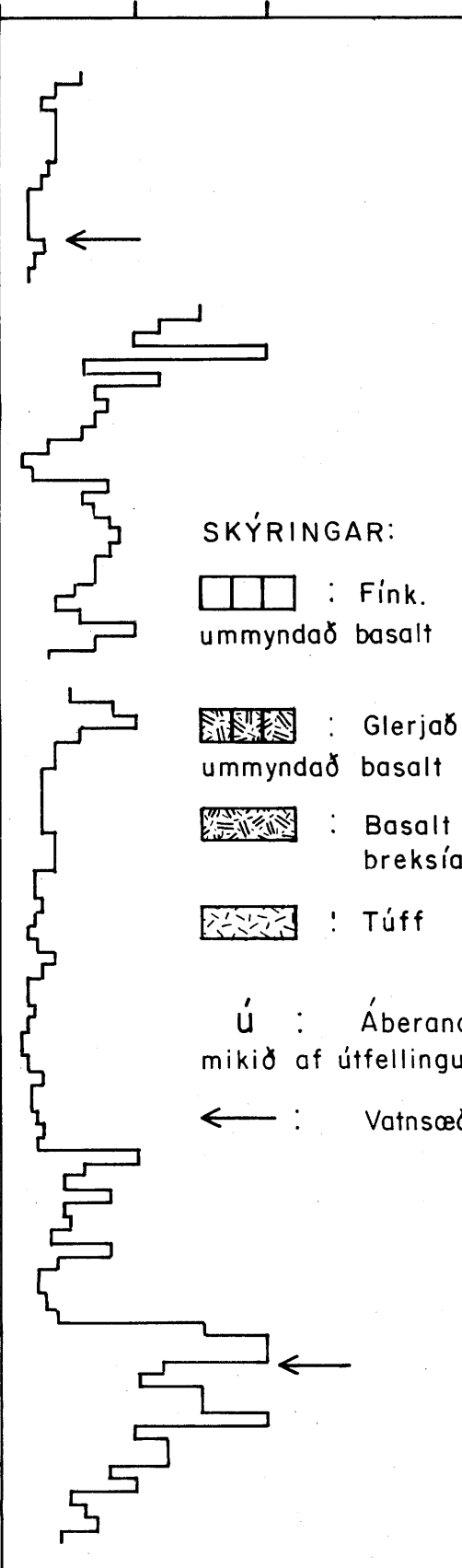
170

180


190


Svarf  
vantar


196 m



SKÝRINGAR:

 : Fínk.  
ummyndað basalt

 : Glerjað  
ummyndað basalt

 : Basalt  
breksía

 : Túff

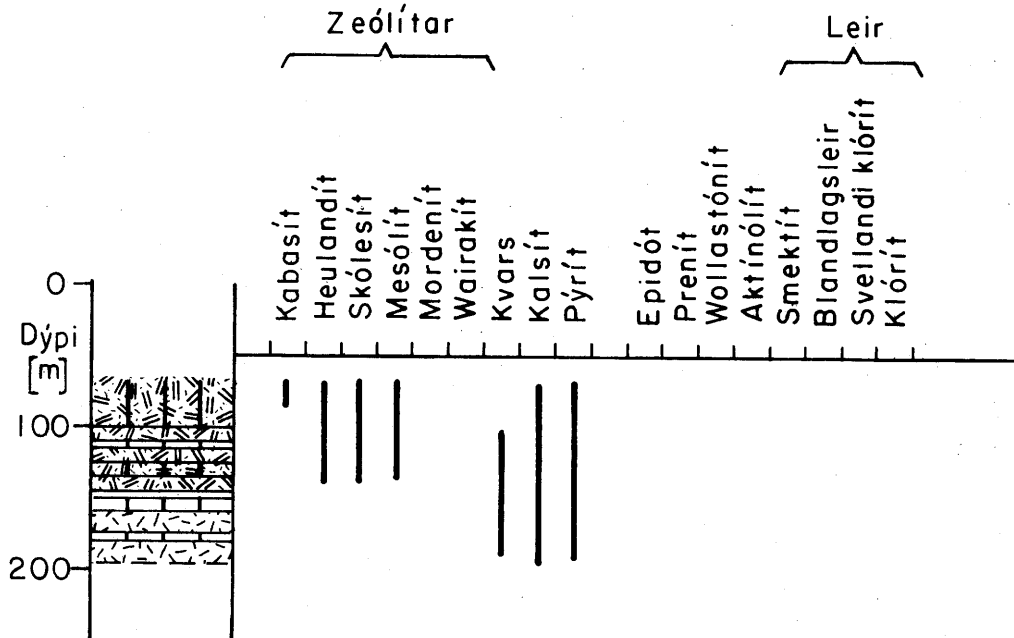
ú : Áberandi  
mikið af útfellingum

← : Vatnsæðar



# KRAFLA KJ-23

## DREIFING UMMYNDUNARSTEINDA



### SKÝRINGAR:



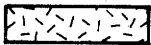
Fínkornótt ummyndað basalt



Glerjað ummyndað basalt



Basalt-breksía



Túff



## VIÐAUKI 2

**KRAFLA, HOLA KJ-23**  
**Borun frá 196 m í 539 m**  
**og steyping 9 5/8" fóðringar**

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson,  
Dagbjartur Sigursteinsson, Guðni Guðmundsson,  
Hjörtur Tryggvason og Sigurður Benediktsson

OS-83080/JHD-26 B

September 1983



## EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 BORSAGA .....	3
2 JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR .....	5
3 MÆLINGAR .....	6

## TÖFLUSKRÁ

1 Föðringarskýrsla .....	7
2 Mælingar í borun .....	9

## MYNDASKRÁ

1 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun .....	10
2 Hitamælingar .....	11
3 Hitamælingar .....	12
4 Steyping 9 5/8" föðringar .....	13
5 CBL-mæling .....	14
6 Sprengingar í borholu .....	15
7 Steyping á 9 5/8" föðringu í gegnum skotgöt á 101,4 - 103 m dýpi .....	16
8 Jarðlagasnið og ferill neftrónudreifingar .....	17
9 Dreifing ummyndunarsteinda .....	18

## 1 BORSAGA

Byrjað var að bora fyrir vinnslufóðringu holu KJ-23 föstudaginn 26. ágúst kl 20:40. Notuð var 311 mm (12 1/4") króna af gerðinni S 62 J. Aður hafði verið borað niður í 196 m með 444 mm (17 1/2") krónu og fððrað með 340 mm (13 3/8") fððringu. Borun gekk hratt og vel fyrir sig. Sunnudagin 28. ágúst milli kl 13 og 14 var komið niður í 539 m dýpi og þótti fððurrörsendi vera vel geymdur þar niðri. Botnfall var innan við 1 m. Meðalborhraðinn var rúmir 9 m/klst, en álag var á bilinu 5-10 tonn. Á mynd 1 eru sýnd samhliða einfaldað jarðlagasnið, meðaltalsborhraði yfir 10 m bil, skoltap, dæling og þrýstingur. Strax í fyrstu tapmælingu á 204 m dýpi var komið í 1-2 l/s skoltap. Það jókst síðan jafnt og þétt og var komið í 13 l/s á 360 m dýpi, en hélst svo nánast óbreytt niður 539 m. Tapið jókst síðan smám saman meðan dælt var í gegnum stengur eftir að borun lauk og var komið í 18 l/s þegar hitamælt var síðdegis. Hitamælingin er sýnd á mynd 2. Ferill nr 1 sýnir mælingu niður og ferill nr 2 sýnir mælingu upp eftir að heðið hafði verið í 1/2 klst. í 500 m dýpi og fylgst með upphitun. Greinilegt var að mest allt ádælingarvatnið fór út rétt neðan við fððringarendann, en minniháttar leki var þar neðanvið.

Hitamælingu lauk kl 18:30 og þótti rétt að kæla holuna í gegnum stangir, þ.e. frá botni, í eina klukkustund fyrir upptekt. Eftir að borstrengurinn var kominn upp úr holunni var hafist handa við mælingaprógrammið og stóð það yfir til kl 04:30 morguninn eftir. Mælingunum lauk með hitamælingu sem sýnd er á mynd 3. Á henni sést nokkuð vel, að mestallt ádælingarvatnið, sem þá var komið í 20 l/s, fór út rétt neðan við fððringu, en minniháttar kæling náði niður í 530 m dýpi. Byrjað var að fððra að mælingum loknum. Sett var niður 244 mm (9 5/8") fððring og var því lokið um eftirmiðdaginn. Öll atriði varðandi frágang og niðursetningu fððringarinnar eru sýnd á töflu 1.

Þegar hér var komið sögu hafði skoltap aukist í 26 l/s. Aður en farið var út í fððringarsteypingu, þótti rétt að reyna að þétta lekann. Fyrst var dælt niður glervatni og vegsalti og minnkaði lekinn við það aðeins niður í 23 l/s. Þá var tveimur tonnum af steypu dælt niður á eftir glervatni og minnkaði lekinn við það niður í 15 l/s. Þá var holan kæld og hreinsuð og ákveðið að steyping færi fram.

í dagrenningu (og var þá miðað við ljósatíma ökutækja í Reykjavík). Á undan fððringarsteypunni var dælt niður glervatni og vegsalti til þéttingar. Síðan var steypu úr 32 tonnum af G-sementi og var eðlisþyngd steypu 1,61. Steypingin stóð yfir í 42 mín. án þess að nokkur steypa kæmi upp. Vatn kom upp allan tímann og var kominn daufur sementslitur á það undir lokin, en þá var þrýstingur á dælu kominn yfir 100 kg/sm<sup>2</sup>. Ekki var um annað að ræða en að hætta að svo stöddu enda eðlilegast að álykta að steypan hafi stirðnað að einhverju leyti á leiðinni (mynd 4). Þá var tekið til við að skola steypunni, sem var í stöngunum, upp úr fððringunni. Fljótlega eftir þessa athöfn "O"-stilltu mælingamenn CBL-mælinn í holunni áður en steypan harðnaði. Síðan var ekkert annað að gera en að bíða þar til steypan væri orðin hörð. Öðru hvoru fram eftir degi var CBL-mælt, en steypan hafði ekki harðnað nægilega til þess að hægt væri að staðsetja yfirborð hennar utan fððringar. Um kl 22 hafði loks tekist að finna steypuborð með CBL-mælingu á rúmlega 100 m dýpi og er það sýnt á mynd 5. Skotstaður var valinn á bilinu 101,4 - 103 m eins og sýnt er á mynd 6 og sprengt þar um kl 23. Hringdæling náðist strax og fljótlega fór að koma upp sementslitað vatn. Fljótlega uppúr miðnætti var hafist handa við að steypa fððringuna upp. Steypu úr 9,5 tonnum af G-sementi með eðlisþyngd 1,62-1,66 og eðlisþyngd steypunnar er upp kom var 1,62 (mynd 7). Grunur lék á því að einhver leki gæti verið út í gegnum skotgötin í 340 mm fððringunni, en skotgöt voru á henni í 107 m dýpi. Þess vegna var lokað að 240 mm fððringunni um stundarsakir, meðan á steypingu stóð, til þess að þrýsta steypu út í lekann ef hann væri til staðar. Að steypingu lokinni var ekki annað að gera en að bíða þar til steypa harðnaði, en síðan var farið að vinna við holutoppinn. Um kl 22 miðvikudaginn 31. ágúst var byrjað að bora út steypu úr fððringu á 28 m dýpi og náði hún niður í 105 m. Eftir miðnætti og fram undir morgun var unnið við að tína stangir ofan í holuna og byrjað var að bora steypu á ný úr fððringu á 510 m dýpi kl 06:40. Því var lokið kl 9 um morguninn og jafnframt þessum verkáfangi.

## 2 JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Einkennandi jarðlög í þessum kafla eru túff og breksfur enda var þetta auðborað. Á mynd 8 er sýnt jarðlagasnið frá 196 m niður í 539 m ásamt ferli neftrónudreifingar og er gott samræmi þar á milli.

Rétt neðan við fðöringarendann kom tveggja metra þykkt túfflag, en þegar fðöringardýpi öryggisfðöringar var ákveðið var hola KJ-21 höfð til hliðsjónar vegna algjörs skoltaps. Sambærilegur túffkafla kom fram í holu KJ-23 og KJ-21 og var ætlunin að fðöra hann af, en líklegt má telja, að ekki hafi verið farið nægilega djúpt niður. Tveir metrar af túffinu hafa þannig lent neðan við fðöringardýpi og líklegt að megin lekinn hafi verið tengdur því. Þar neðan við og niður í 270 m eru breksfur og glerjuð þunn basaltlög einkennandi. Frá 270 m niður í 325 m dýpi er túff einkennandi, en þunn basaltlög gegnumstinga það frá 292 m í 295 m. Neðan við 325 m eru 5 m af glerjuðu basalti, en frá 330 m í 345 m er bergið sambland af túffi og breksfu. Þá kemur 15 m þykkur dólertkafli eða grófkornótt basalt. Síðan kemur þykkur túffkafla þar neðan við og nær niður í 503 m. Nokkur basaltlög gegnumstinga túffið og fer fyrst að bera á þeim neðan við 440 m. Frá 503 m í 508 m er finkornótt ummyndað basaltlag, en síðan taka við þunn glerjuð basaltlög, aðskilin af túffi. Í meginatriðum eru holur KJ-21 og KJ-23 svipaðar á þessari vegalengd.

Ummyndun er mikil eins og búast mátti við þegar glerjað berg er einkennandi. Á mynd 9 er dreifing ummyndunarsteinda sýnd samhliða einfölduðu jarðlagasniði. Þar er það merkilegast, að epidót sést fyrst á tæplega 300 m dýpi eins og í holu KJ-21. Wairakit sést frá 200 m niður í 430-440 m. Prenít sést fyrst á 250 m dýpi, en ekki er útilokað að það sé komið inn ofar í holunni. Wollastónít sést fyrst á bilinu 430-440 m og sést af og til niður í fðöringardýpi. Kalsít hverfur að mestu neðan við 350 m. Vegna vandkvæða við að greina á milli leirgerða var ákveðið að bíða eftir nákvæmum greiningum með XRD-aðferð. Sömu sögu er að segja um aktínólít. Allar ofangreindar steindir að kalsít undanskildu teljast til háhitasteinda og líklegt að hitastig sé svipað holu KJ-21 á þessu dýpi.

Eins og fram kemur hér að ofan er aðallekinn talinn tengdur

punnu túfflagi neðan við fððringarendann og er líklegt að hann hafi verið að opnast smáam saman meðan á borun stóð. Hitamælingar á myndum 2 og 3 styðja þetta. Neðan við 200 m er erfitt að staðsetja lekastaði enda eru þeir smáir.

### 3 MÆLINGAR

Allar mælingar sem gerðar voru í þessum verkáfangna eru sýndar í töflu 2. Fyrstu mælingar voru hitamælingar eftir að borun lauk og eru þær sýndar á mynd 2. Að kvöldi 28. ágúst og aðfaranótt þess 29. var rútinumælingaprógram mælt. Eftirtaldar mælingar voru gerðar: viddarmæling, neftrónudreifing og náttúrleg útgeislun, en viðnámsmæling féll niður vegna bilana í tækjum. Mælingarprógramminu lauk með hitamælingu, sem sýnd er á mynd 3. Næsta mæling var hitamæling eftir fyrri fððringarsteypu til að kanna hita og upphitun áður en CBL-mælir var settur niður. Undir lokin var steypuborð fundið með CBL-mælingu (mynd 5) og skotstaður afmarkaður. Að lokum voru sprengd göt á fððringuna á bilinu 101,4 og 103 m og er sprengjan sýnd á mynd 6.



VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR		VERKKAUPI
639-1	KJ-23	Krafla	norðan Hvíthóls	RARIK Kröfluvirkjun
VÍDD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.	ÚTFYLLT
12-1/4"	540	3	1983.08.29.-09.01.	1983.09.01. D.S.

FJARLÆGD KJALLARABRÚN - KRAGI		2,56 m
FÓÐRING	PVERM. UTAN 9-5/8"	INNAN 222,4 mm.
	GERÐ N-80	PYNGD 43,5 lbs/ft
	TENGI Skrófuð Buttress	
	NOTAÐ 525,70 m	FRÁ KRAGA 528,88 m
	KRAGI (FLANGS) í slíf 3metra, 1,86m. frá kraga	
	SKÓR Float Shoe + Float Collar f/stungust	
	MÍÐJUST. 16 stk.	STEYPUT. 0 stk.
STEYPING	SEMENT G háhitasement 32.000 kg	
	SEMENT kg	
	ÍBL.EFNI kg	
	ÍBL.EFNI kg	
	TAFÆFNI kg	EÐLISP. STEYPU 1,61
	STEYPUTÆKI Haliburton steypusamstæða	
	STEYPINGARTÍMI 42 mín	
	EFTIRDELING. MAGN	0 í TÍMI 0 mín
	STEYPA KOM UPP <input type="checkbox"/> JÁ <input checked="" type="checkbox"/> NEI	
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA 103 m	
FRÁGANGUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR 18 h	
	SEMENT G 9500 kg	ÍBL.EFNI salt 200 kg
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR 24,5 h	
	STEYPA BORUD EFTIR 38,5 h	
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI 1: 28 - 105 og 503 m	
VERKTÍMI RÖR STEYPA TOPPUR TAFIR ALLS		
h 8,5, 12,0, _____, _____		
ATH. Steypan stírnaði í dælingu svo skola varð því sem í stöngum var upp um fóðringu. Skotið var 8 götum í 103 m. og steypt aftur þaðan og upp. Steypa er 50 cm fyrir neðan slíf. 3 m. slíf soðin við pinnboltaflans er utan um efri enda fóðringarinnar. Efri endi fóðringar er 1,83 m. neðan holuflans.		

RÖRATALNING		
LENGD	NR <sup>1)</sup>	ALLS m
		1,83
12,84	1 x	14,67
12,78	2	27,45
12,59	3	40,04
12,50	4 x	52,54
12,47	5	65,01
12,39	6	77,40
12,39	7 x	89,79
12,40	8	102,19
12,35	9	114,54
6,91	10 x	121,45
12,52	11	133,97
12,77	12	146,74
12,59	13 x	159,33
12,53	14	171,86
12,76	15	184,62
11,86	16 x	196,48
12,68	17	209,16
12,72	18	221,88
12,44	19 x	234,32
12,65	20	246,97
12,38	21	259,35
12,28	22 x	271,63
12,38	23	284,01
12,41	24	296,42

05.82 20x30FDH

1) X=MÍÐJUSTILLAR. ÁVALLT ER TALIÐ FRÁ FLANGSI EÐA UPPHENGJU



TAFLA 2 KRAFLA HOLA KJ-23. Mælingar í borun (196 - 539 m)

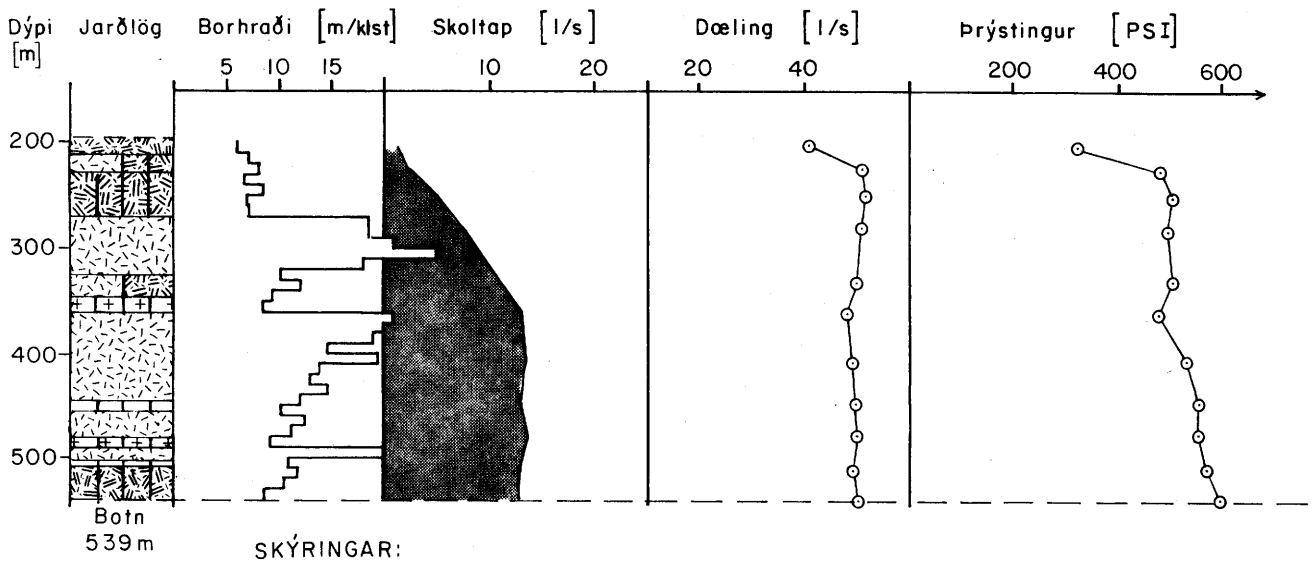
Dagsetn.	Hvað mælt	Dýptarbil	Ástand holu	Tilgangur	Athugasemdir
83.08.28	Hiti, $\Delta T$ , CCL	0-525	Adæling 18 l/s	Upphitun	Stengur í holu
83.08.28	Hiti, $\Delta T$ , CCL	0-537	- " - 20 l/s	- " -	Eftir upptekt
83.08.29	N.-N., nátt. $\gamma$	0-537	- " - - " -	Jarðlög	Mælingarprogram
83.08.29	Vidd	0-537	- " - - " -	Skápar	- " -
83.08.29	Hiti, $\Delta T$ , CCL	0-537	- " - - " -	Upphitun	- " -
83.08.30	Hiti, $\Delta T$ , CCL	0-500	Fóðring steyp	Upphitun	Eftir Steypingu
83.08.30	CBL kvörðun+3 mæl.	0-495	- " - - " -	Steypuborð	
83.08.30	Skot	101,4-103,0		Götun fóðringar	








KRAFLA KJ-23

Mynd 1

EINFALDAÐ JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR Í BORUN



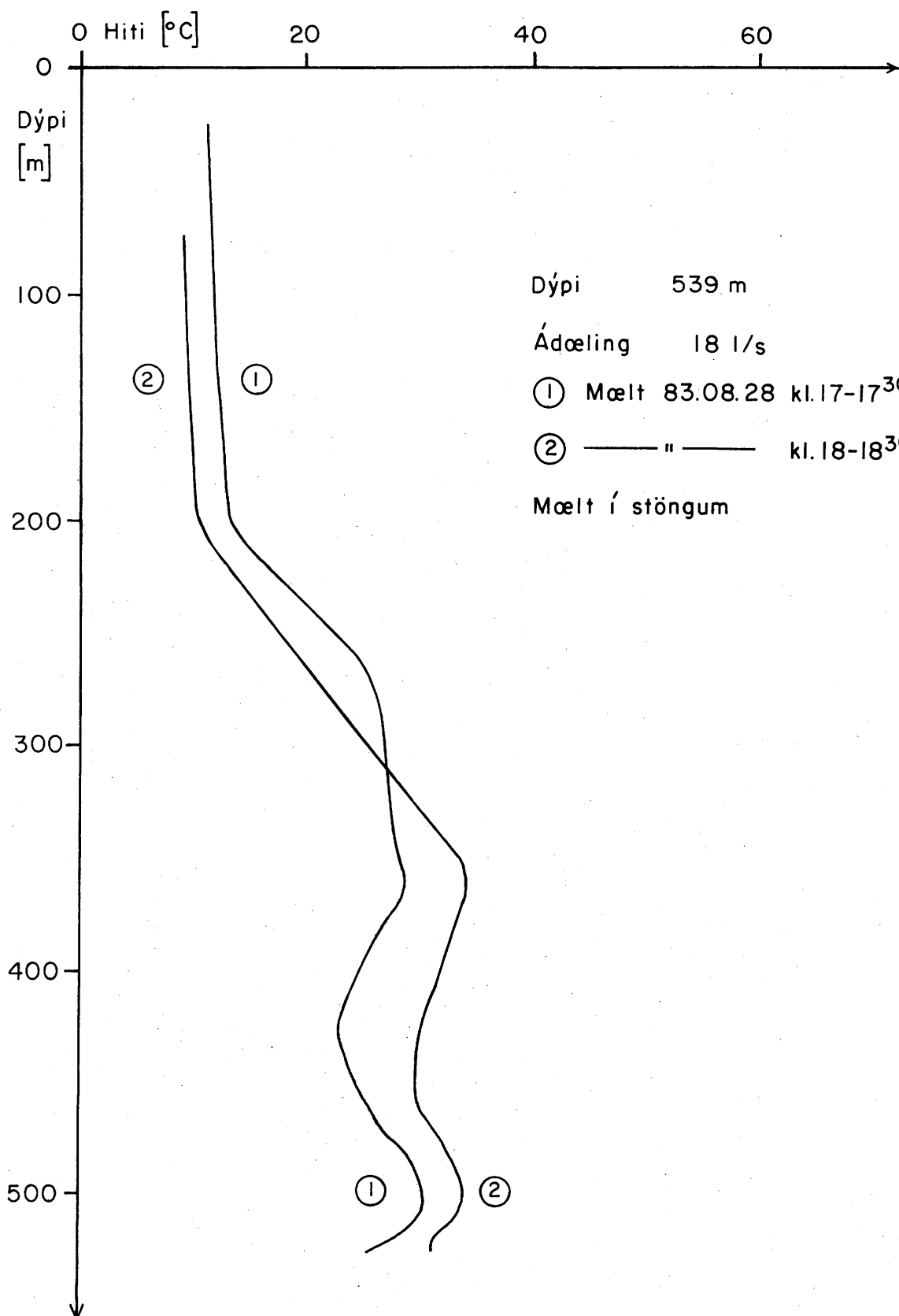
SKÝRINGAR:

- |   |   |   |                |
|---|---|---|----------------|
|  | Fínkornótt ummyndað basalt              |  | Basalt-breksía |
|  | Grófkornótt ummyndað basalt eða dólerít |  | Túff           |
|  | Glerjað fínkornótt ummyndað basalt      |   |                |



# KRAFLA KJ-23

## Hitamælingar í borun



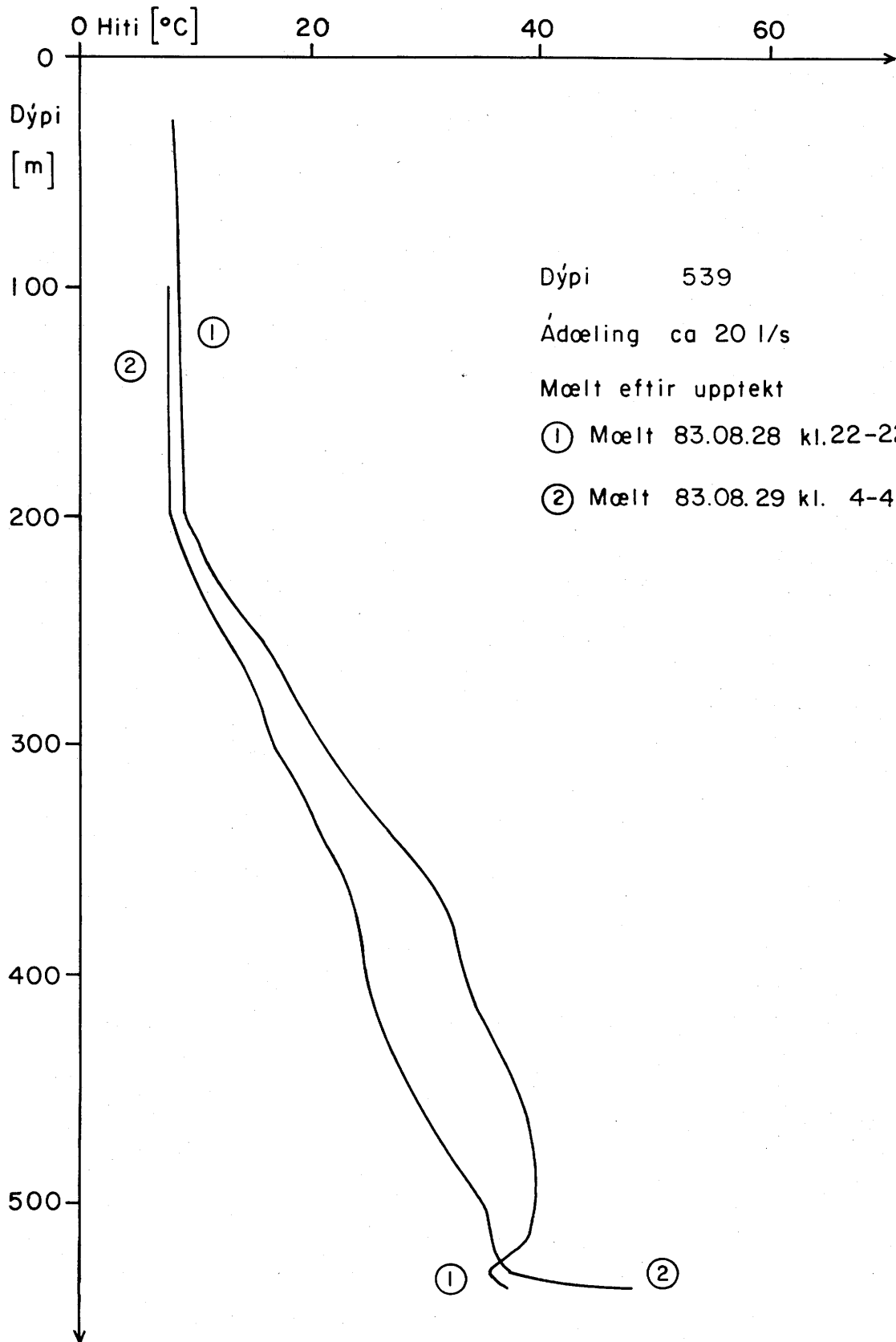


JHD · BM · 6607 · BS  
83.09.1151 · EK

# KRAFLA KJ-23

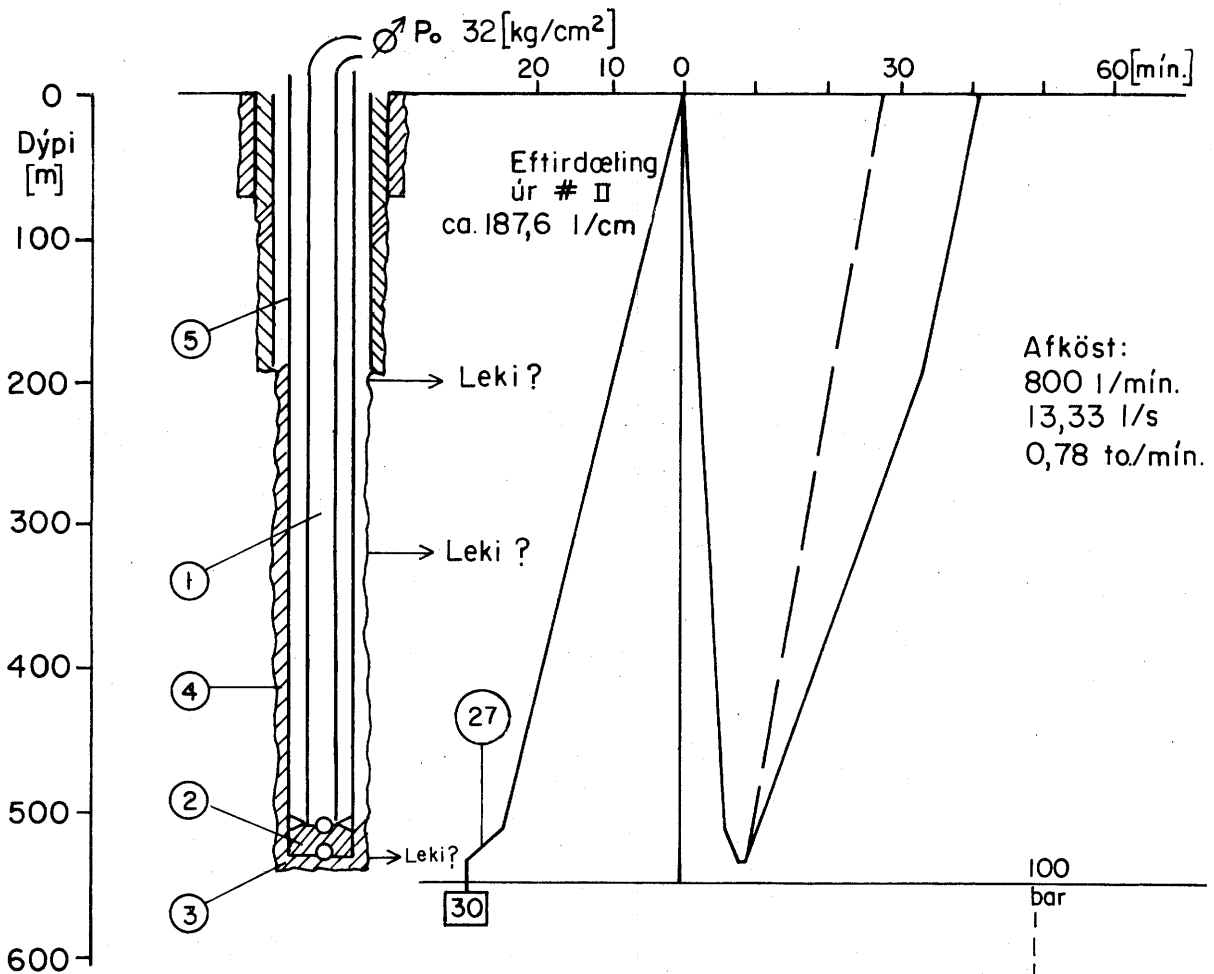
Mynd 3

## Hitamælingar í borun





Steyping 9<sup>5/8</sup>" fóðringar



l/m	m	=	l	+100%	mín	mín(+100%)	
(1)	9,16	x	512 =	4690	4690	5,86	5,86
(2)	39,0	x	24 =	936	936	7,03	7,03
(3)	79,0	x	3 =	237x2=	474	7,33	7,63
(4)	29,0	x	345 =	10005x2=	20010	19,83	32,64
(5)	33,7	x	191 =	6437	6437	27,88	40,68
				<u>22305</u>	<u>32547</u>	<u>27,88</u>	<u>40,68</u>

Slegið af vegna loftleysis í sementsgeymum

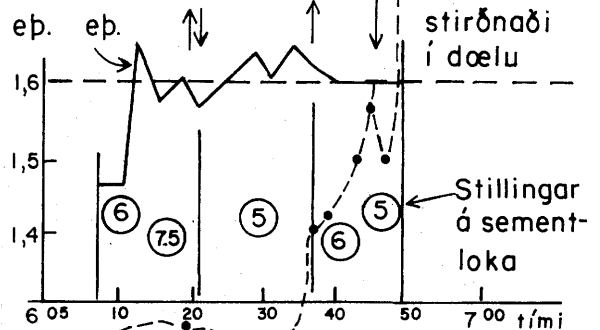
Engin eftirdæling. Sement stíðnaði í dælu

G-Sementblanda

ep. = 1,61 ,  
1027 l/tonn → 21,72 tonn, 31,78 tonn  
Vatn 66,45% → 14432 l , 21130 l

Kar I = 178 l/m  
Kar II =  $\frac{187,6}{365,6}$  l/m

Eftirdæling  $\frac{9,16 \times 512}{39 \times 12} = \frac{4690}{468} = 10,02$  cm  
 $\frac{5158}{187,6} = 27,5$  cm



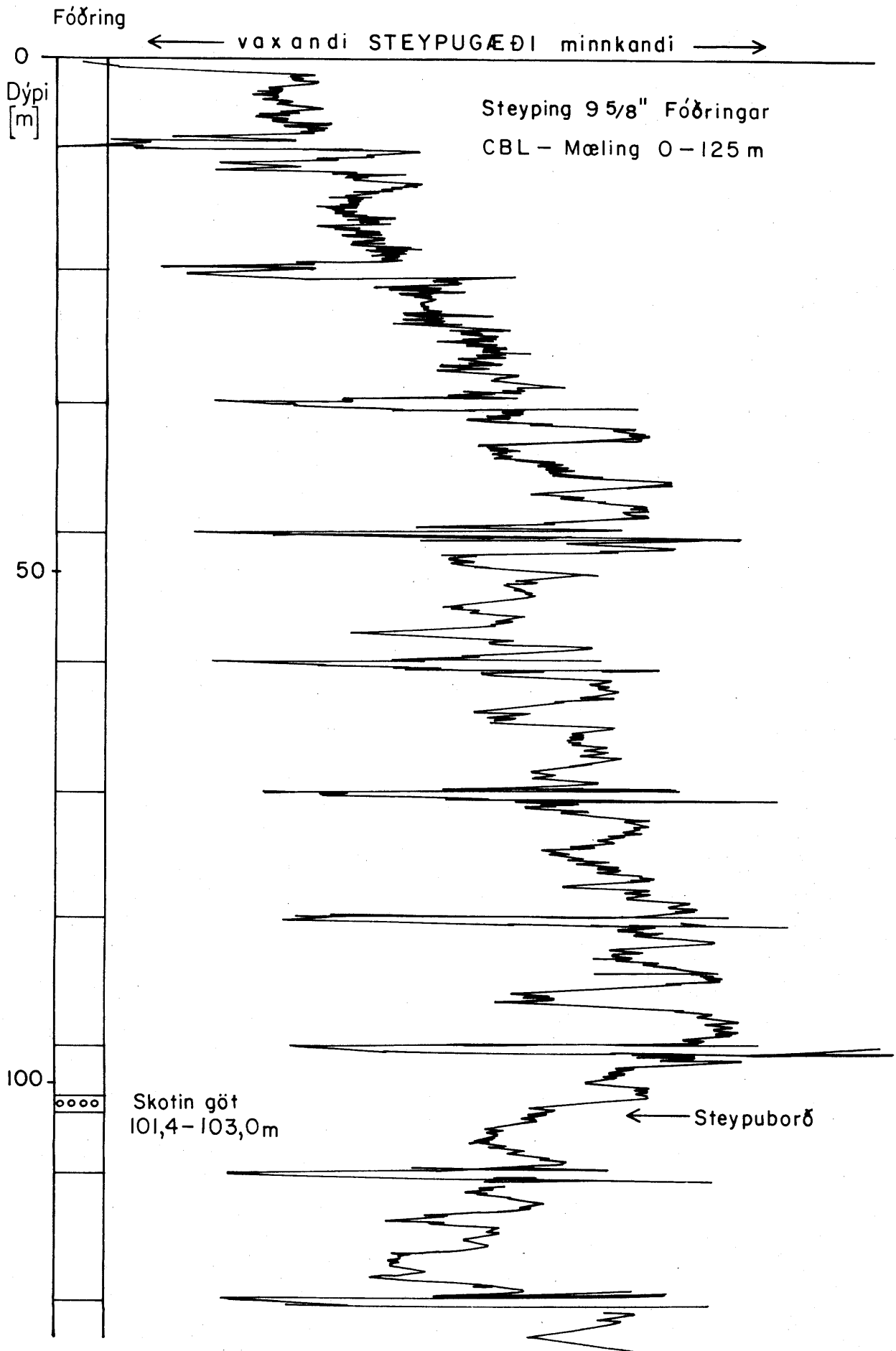
mixað 32,2 to.  
dælt 31,0 to.  
dæluafköst  $\frac{31}{42} = 0,74$  to/mín. meðalt.



JHD · B.M · 6607 · Gj G  
'83.09.1153 · EK

Mynd 5

# KRAFLA KJ-23



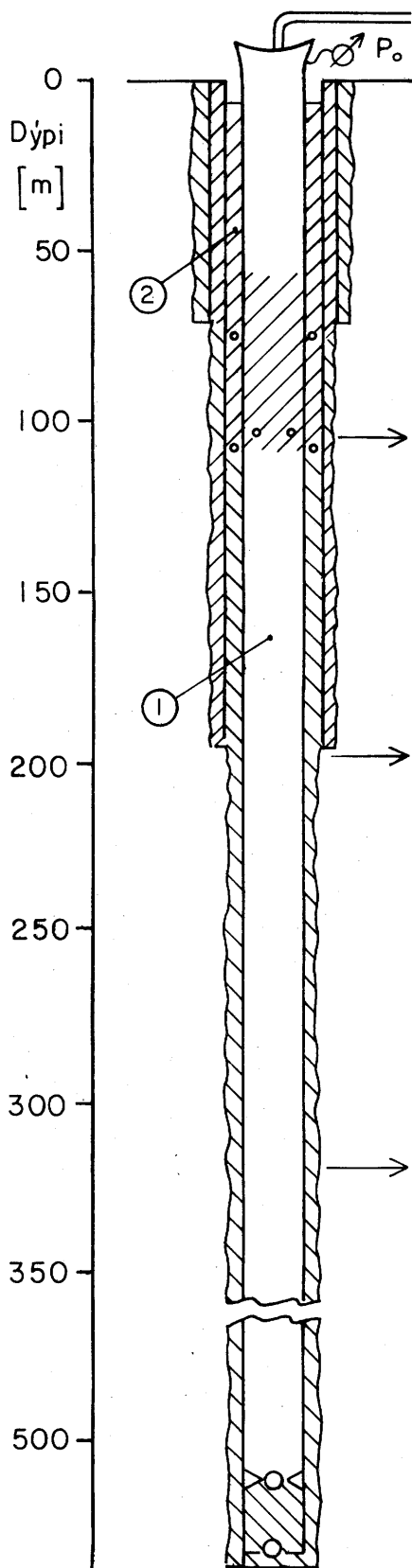
1. Sýsla, kaupstaður <b>S - Þing.</b>		2. Hreppur <b>Skútustaðahr.</b>
3. Staður <b>KRAFLA</b>		4. Hóla nr. <b>KJ-23</b>
5. Dýpi. m <b>539</b>	6. Fóðringar. m. þv. <b>9<sup>5</sup>/<sub>8</sub>"</b>	7. Bortími <b>í borun</b>

8. Ástand holu fyrir aðgerð <b>Steyping 9<sup>5</sup>/<sub>8</sub> fóðringar</b>
---

9. Verkkaupi <b>KV - RARIK</b>	10. Tilgangur <b>Götun fóðurrörs við steypuborð</b>	
11. Mælitoeki <b>R - 50402</b>	12. Dagset. <b>83.08.30 kl. 23<sup>00</sup></b>	13. Mælingamenn <b>BS·GG·HT</b>
14. Núllpunktur á dýpi <b>Drifborð Jötuns</b>	15. Skotstaður <b>101,4 - 103 m</b>	16. Fjöldi skota <b>8</b>

17. Lýsing á sprengju	18. Ath.
<p>CCL — 470 cm — Sprengja 160 cm — Lóð 125 cm —</p>	<p>Það sprakk. Allt kom upp. Skol náðist gegnum götin. Sementslitur reyndist vera á skoli. Eitthvert tap var í skolun enda þótt 13 3/8" fóðring náði niður í 153 m. Sú fóðring var reyndar götuð á 107 m dýpi þegar verið var að steypa hana upp.</p>

Steyping á 9 5/8" fóðringu í gegnum skotgöt á 101,4 - 103 m dýpi



200 kg CaCl → 4% upplausn

Steyppt úr 9,5 tonnum af G-sementi

Eðlisþyngd steypu = 1,62 - 1,66

Þrýst á leka í gegnum skotgöt á ytri fóðringu með 14 kg/cm<sup>2</sup> yfirþrýstingi.

Gosvari var lokaður.

Steypuborð var lækkað milli fóðringa með því að hleypa vatni til baka út í kar (vegna slífar).

Eftirdæling var ca 57 m í röri.

550	(1)	39 x 30 = 1170	Eftirdæling 39x73 = 2847 l	15 cm úr kari II
	(2)	33,7 x 103 = 3471		
	ep.	1,61	$\frac{4641}{1024} = 4,5$ to. Vatn 66,45%	$\frac{2990}{88,1} = 33,9$ cm úr kari III
				= 16 cm úr kari II

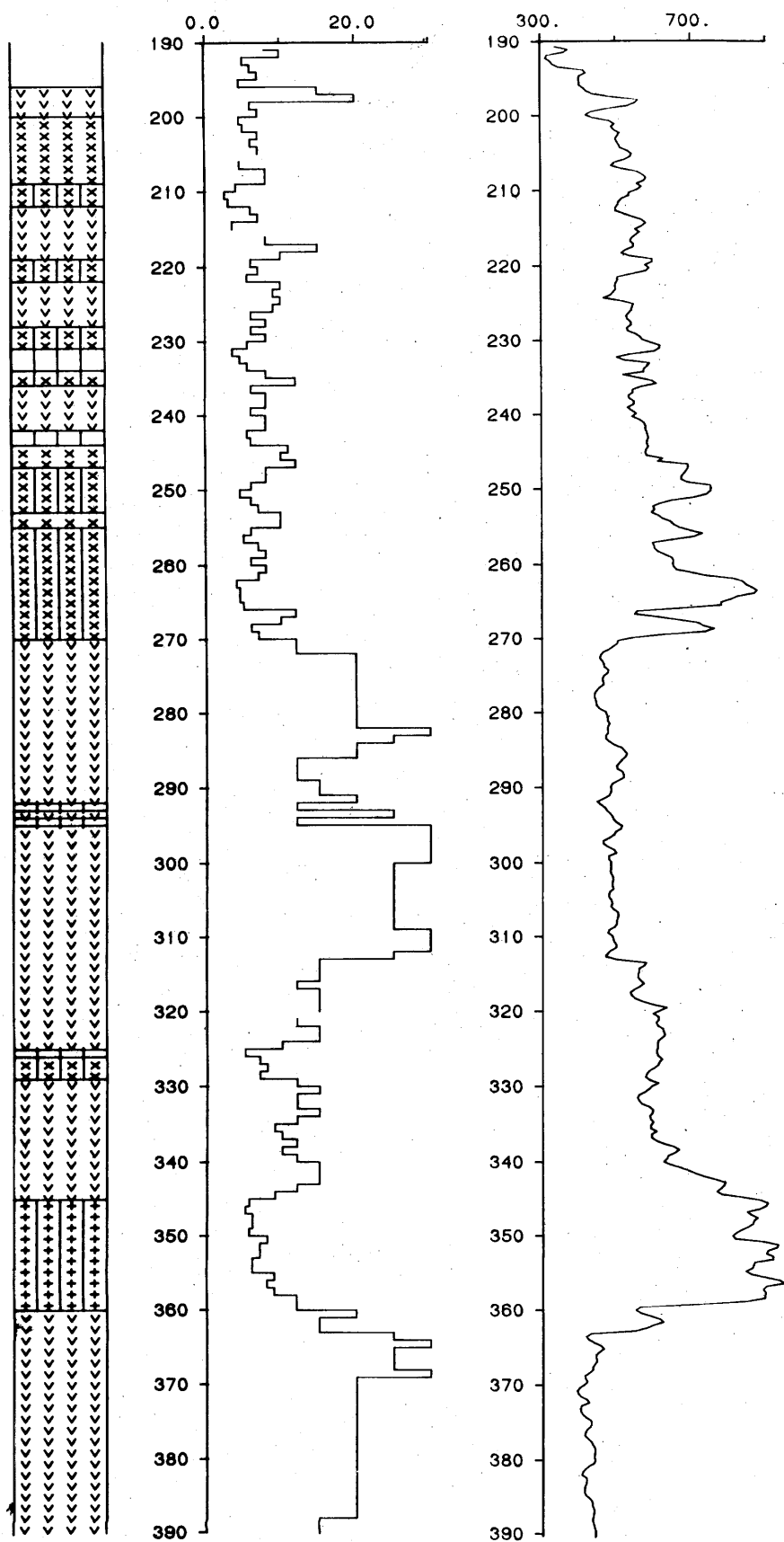
JHD-BJ-6607 ÁsG  
83.10. T / 1

# JARÐLAGASNIÐ OG NEFTRÓNUDREIFING

JARÐLÖG

Borhraði (m/klst)

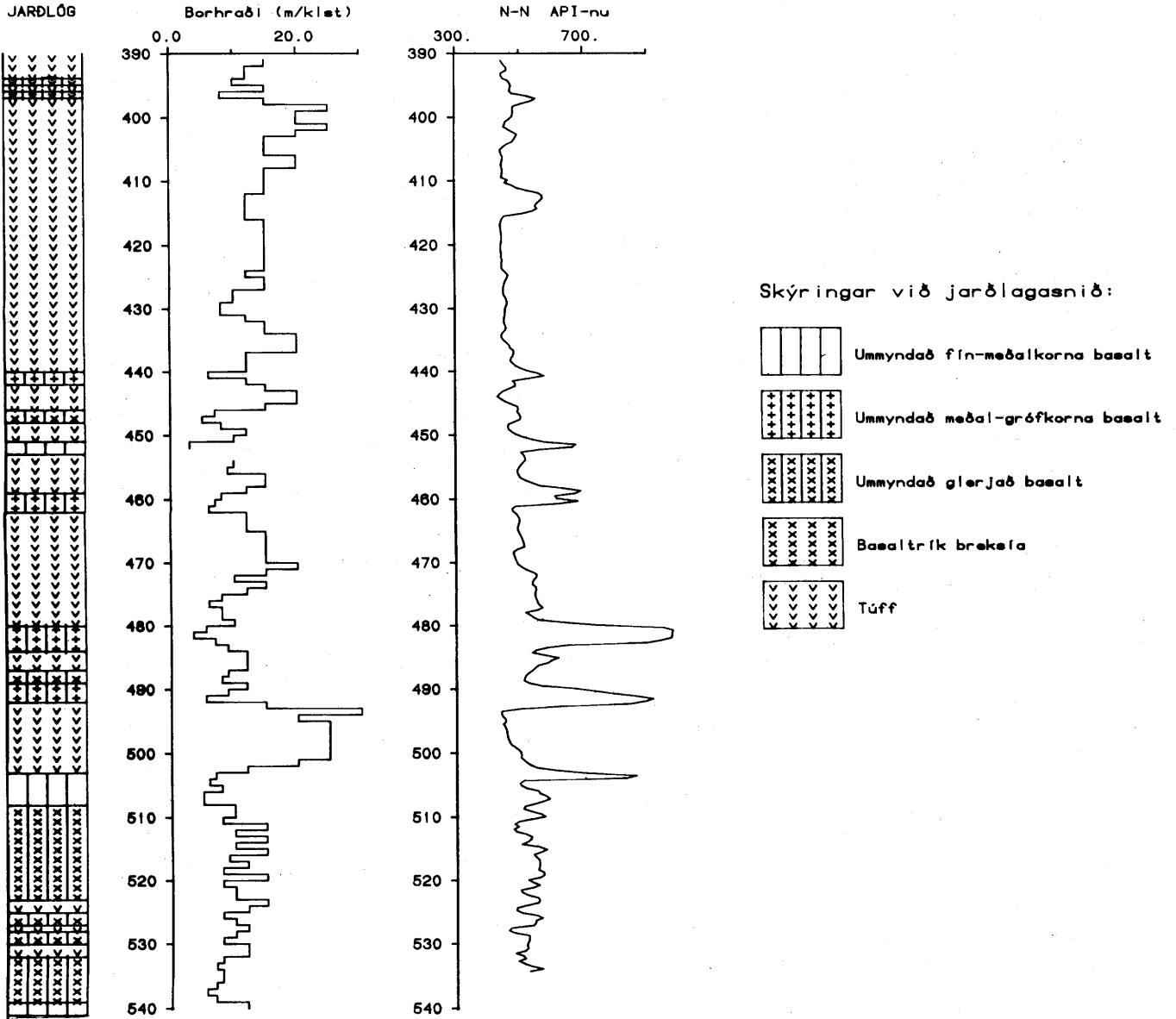
N-N API-nu





JHD-BJ-6607 ÁsG  
83.10. T /2

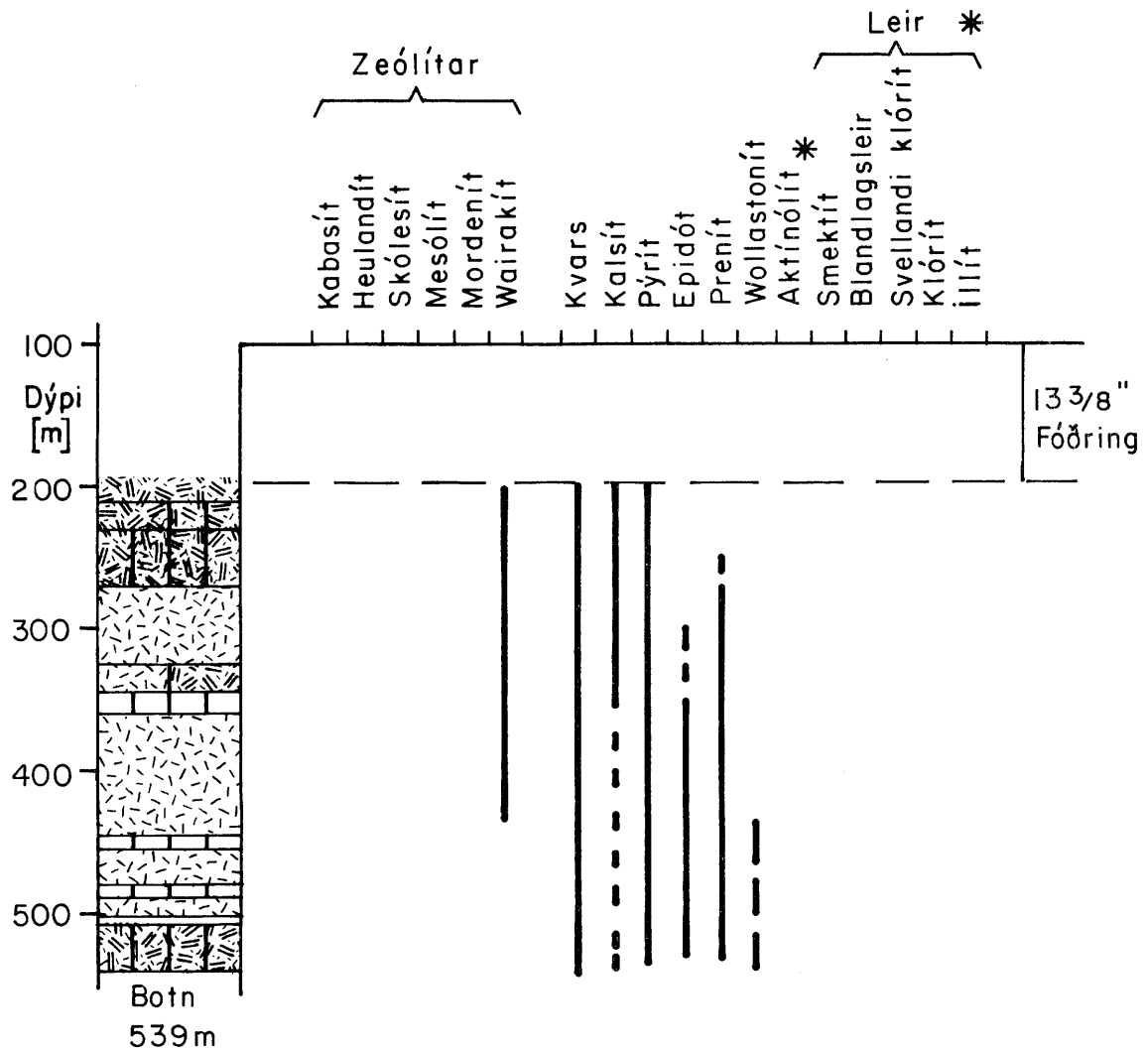
JARÐLAGASNIÐ OG NEFTRÓNUDREIFING



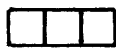



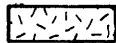


# KRAFLA KJ-23

## DREIFING UMMYNDUNARSTEINDA



### SKÝRINGAR:

-  Fínkornótt ummyndað basalt
-  Grófkornótt basalt eða dólerít
-  Glerjað ummyndað basalt
-  Breksía
-  Túff

\* Vegna erfíðleika við greiningu verða þessum steindum gerð nánari skil síðar.



**ORKUSTOFNUN**  
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

- 75 -

## VIÐAUKI 3

### **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

	Bls.
1 BORSAGA .....	4
2 SKOLTAP Í BORUN .....	5
3 ÖRVUNARAÐGERÐIR .....	5
4 JARÐLÖG .....	7
5 UMMYNDUN .....	8
6 MÆLINGAR .....	9
7 DÆLUPRÓFANIR .....	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

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. septembr 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 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 krónuhjólíð gjöktandi 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 þrýst út í bergvegg sem ætlaður 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 hvoru. 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 skekkjast. Slík skekking á holunni gæti hugsanlega leitt til þess að hún skæri fleiri vatnsæðar 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° á 1680 m dýpi og 3,7° í síðustu mælingu á 1850 m dýpi. Holan er því nærri bein svo sem fyrirhugað var í upphafi, en frávik frá lóðlinu gæti þó numið 50 til 100 m í botni.

## 2 SKOLTAP Í BORUN

Skoltapsmælingar voru gerðar reglulega meðan á borun stóð, svo sem venja er. Á mynd 1 má sjá niðurstöður þessara mælinga ásamt dælingu og dæluþrýstingi. 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 í 5 l/s), 1010 m (úr 4,5 í 8 l/s), á 1274 m (úr 6 í 9 l/s), á 1433 m (úr 1 í 6 l/s), á 1826 m (úr 4,5 í 7 l/s), á 1892 m (úr 5,5 í 8 l/s), og loks á 1964 m dýpi (úr 5 í 8 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 ÖRVUNARAÐGERÐIR

Að lokinni borun var reynt að opna holuna með eftirtöldum aðgerðum: skolun, upphitunum og kælingum, og loks ádælingu undir þrýstingi. 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 því loknu 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 mátti að iðuköst við krónuenda gatu 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 fultannað. Frá u.þ.d. 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 undir lok borunar er skolun var aukin 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 lekaðverur 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.

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

Hinn 22/9 kl 03:30 var svo ráðist í mælingasyrþuna. 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 39 verkdays.

#### 4 JARÖLÖG

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. verkáfanga 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 móbergsmyndun (M-II) frá 860-1010 m dýpi. Samberilegan jarðlagakafli, með þunnum þéttum innskotslögum milli þykkari túfflaga má sjá í KJ-23 frá u.p.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 móbergsmyndunina (M-III) sem að u.p.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,

Ómist fín-meðalkorna eða meðal-grófkorna lög, ásamt slatta af áberandi grófkorna basaltlögum (dólerfti). Þéttleiki og þykkt millilaga (gjall og túfflög) minnkar jafnframt með dýpi að sama skapi og innskotapéttleiki vex. Einungis stöku svarfkorn neðarlega úr holunni greinast súr, sem bendir til æðahríslings úr súru bergi neðan til í innskota-mynduninni. 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. Æðin á 1290 m dýpi er við neðri jaðar áberandi fersklegs, 2 m þykks, fínkornótt basaltlags. Áberandi ferskleg basaltlög eru fremur fátíð 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. neftrónu-dreifing og viðnám. Engin súr jarðlög sáust í gamma-mælingunni á þessu dýptarbili. Viddarmælingin sýnir óverulega útvöskun og þá helst úr linu jarðlögum. Smáskápar sjást við sum fersklegu innskotin, t.d. við æðina á 1290 m dýpi. Nánari umfjöllun fer fram síðar.

## 5 UMMYNDUN

Ummyndun jarðlaga KJ-23 er svipuð og í KJ-21, svo sem fram hefur komið í fyrri greinargerðum 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.p.b. 350 m dýpi og hverfur svo gott sem alveg, en birtist síðan aftur frá u.p.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 berghita-mælingar til samanburðar.

## 6 MÆLINGAR

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 álagsstangarbrot 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.γ og viðnámsmælingar í holunni. Ekki reyndist unnt að mæla dýpra en 1330 m, en þar var hitinn orðinn meiri en 115°C.

## 7 DÆLUPRÓFANIR

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 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 kellið sett á, lokað að stöngum og dælt á holuna með yfirþrýstingi. Byrjað var laust fyrir kl 17 með líftilli 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 hálf klst. Þrýstingur náðist þá mestur 49,9 bar. Dæling var síðan rólega minnkuð í tæpa 7 l/s og vatni safnað í karið. Eftir um hálf 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.

Á 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 $\Delta T$ -CCL	0 - 1100 m	Tap 6 l/s	Upphitun	Álagsstangarbrot - krónuskipti
83.09.12-13	Hiti $\Delta T$ -CCL	0 - 1780 m	Tap ca 5 l/s	"-	Krónuskipti
83.09.17	Hiti $\Delta T$ -CCL	0 - 1948 m	Tap 4,5 l/s	"-	Borlok
83.09.18	Hiti $\Delta T$ -CCL	0 - 1948 m	Engin ádæling	"-	"-
83.09.19	Hiti $\Delta T$ -CCL	0 - 1800 m	Engin ádæling	"-	"-
83.09.22	Hiti $\Delta T$ -CCL	0 - 1340 m	Ádæling 13 l/s Borstengur í 200 m	"-	"-
83.09.22	Vidd	0 - 1320 m	- " -	Skápar	"-
83.09.22	N-N og nat.gamma	0 - 1250 m	- " -	Jarðlög	"-
83.09.22	Viðnám	0 - 1330	- " -	"-	"-

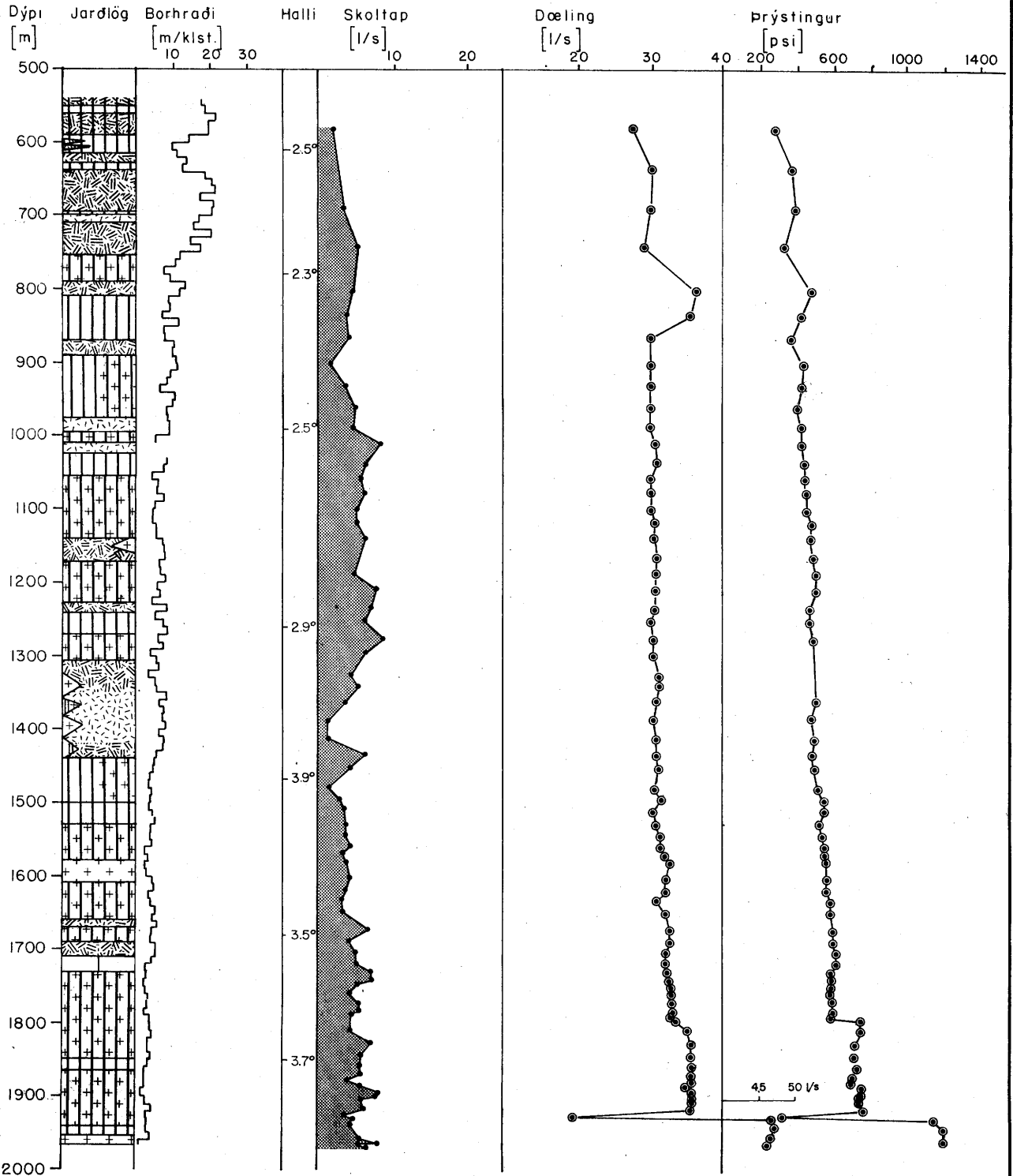


JHD-BJ-6607. ÁG/GÓF.  
83.09.1301. Sy.J.

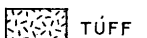
Myndl

### KRAFLA KJ-23

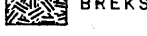
Einfaldad jarðlagasnið og mælingar í borun



SKÝRINGAR



BREKSÍA



TUFF



GLERJØÐ BASALT



FÍN Kornött UMMYNDAÐ BASALT



FÍN Kornött FERSKLEGT BASALT



DÓLERÍT



GRÓFKORNÖTT BASALT/DÓLERÍT



DÓLERÍT



GRÓFKORNÖTT BASALT/DÓLERÍT

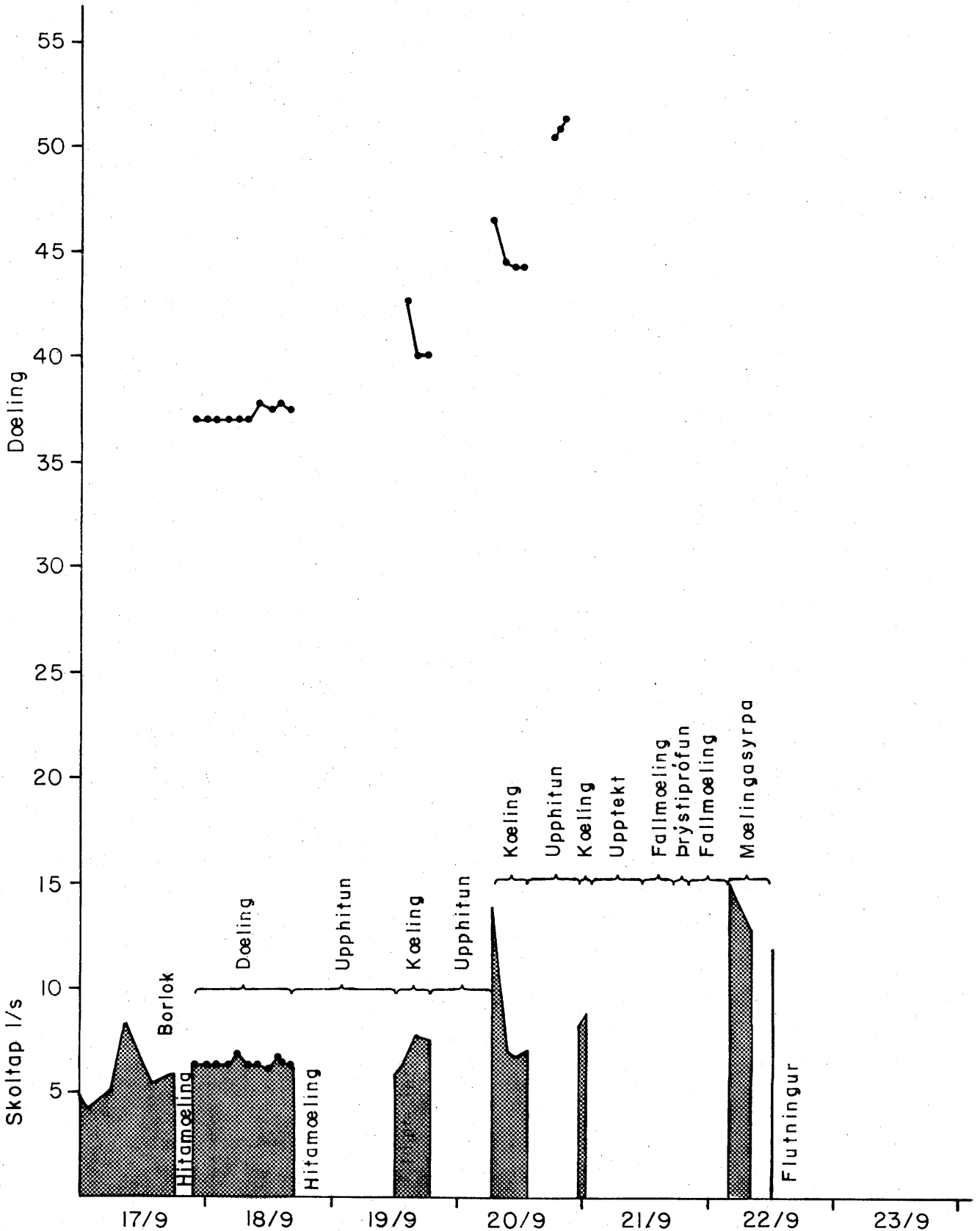


INNSKOT, BERGGERÐ SÝND



# KRAFLA HOLA KJ-23

## Skoltap eftir borun

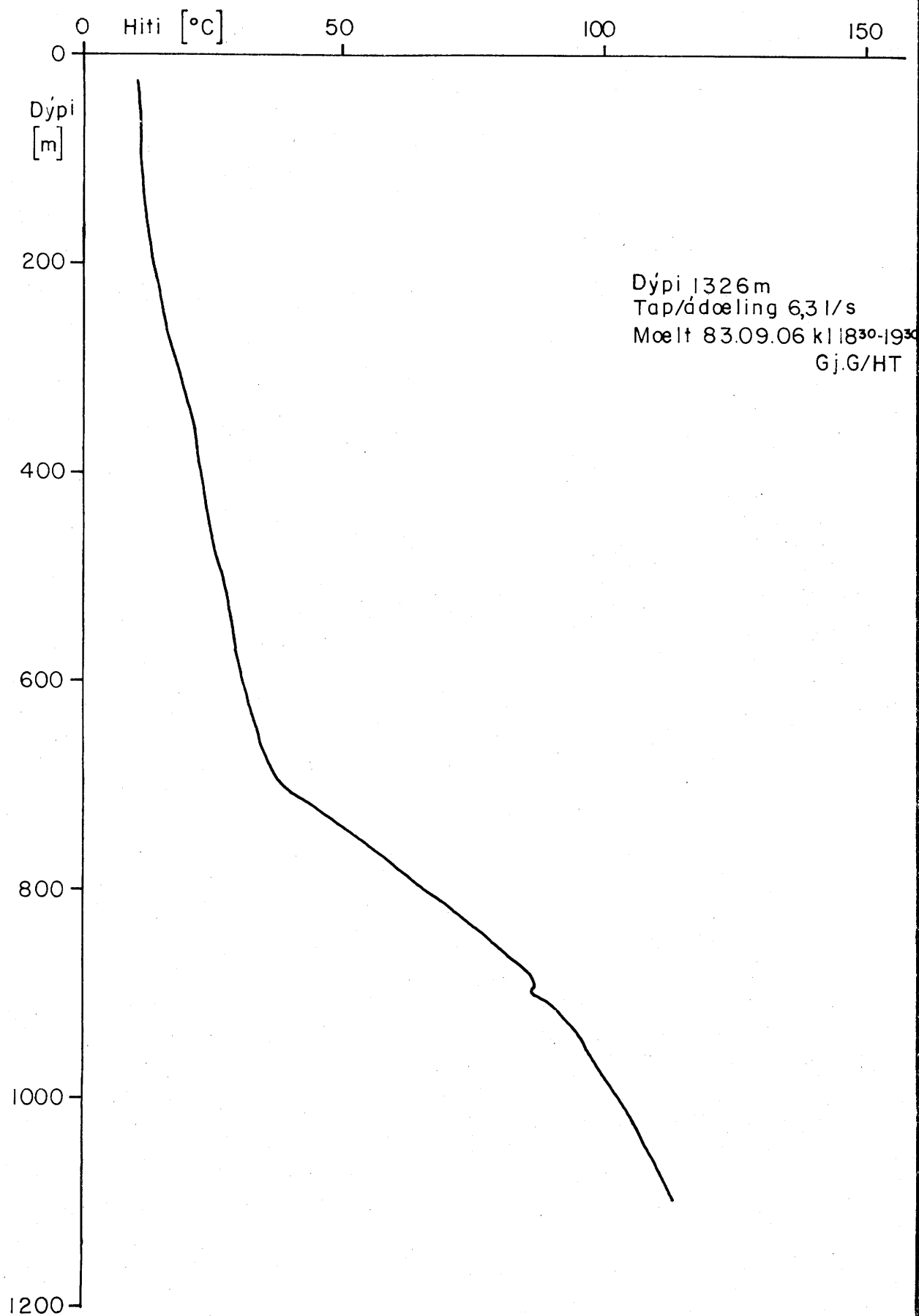




JHD-BM-6607. Gj.G  
83.09. 1303. Sy.J.

Mynd 3

### KRAFLA HOLA KJ-23 Hitamælingar í borun



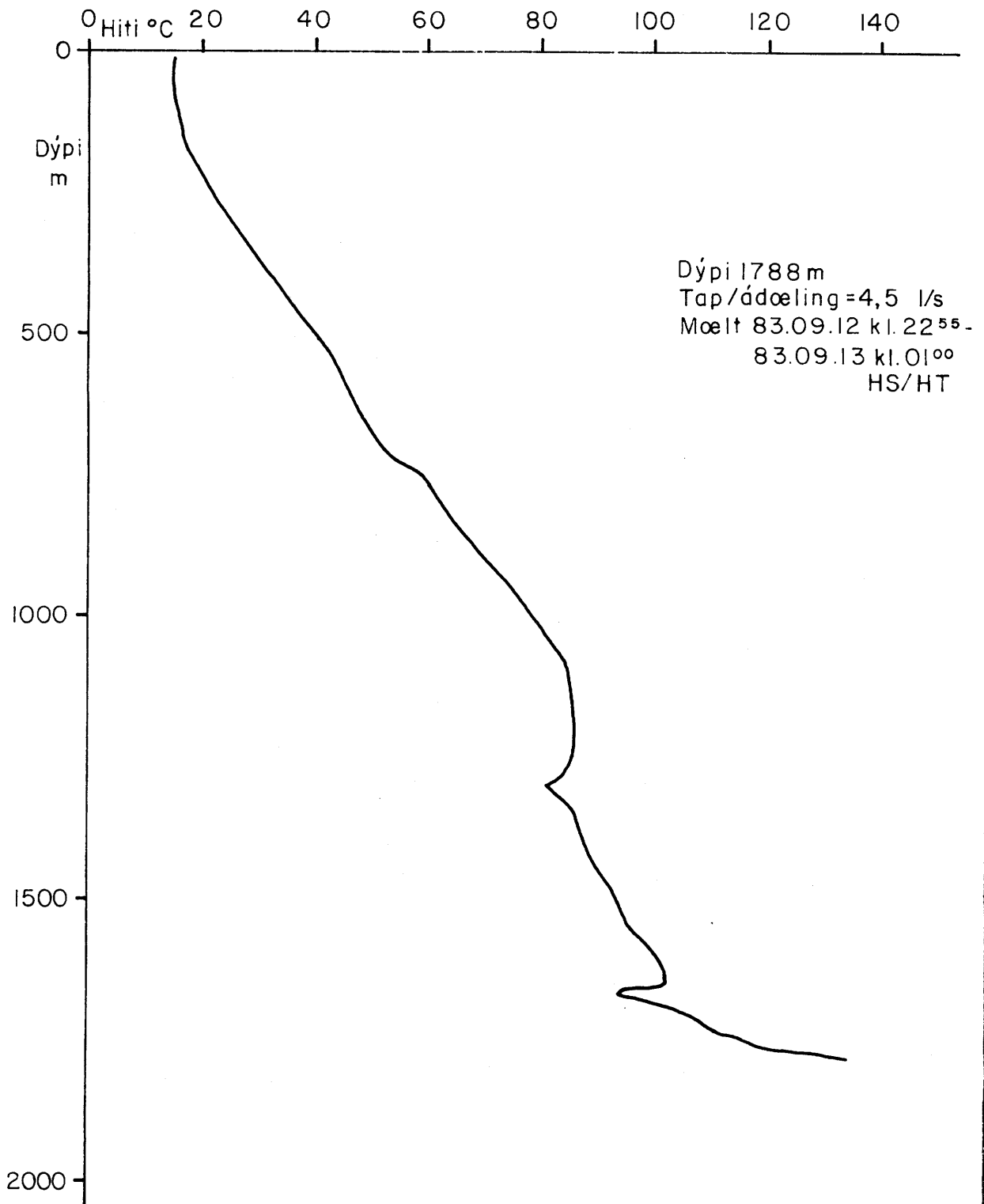




JHD·BM-6607. HS/HT  
83.09. 1304. Sy.J.

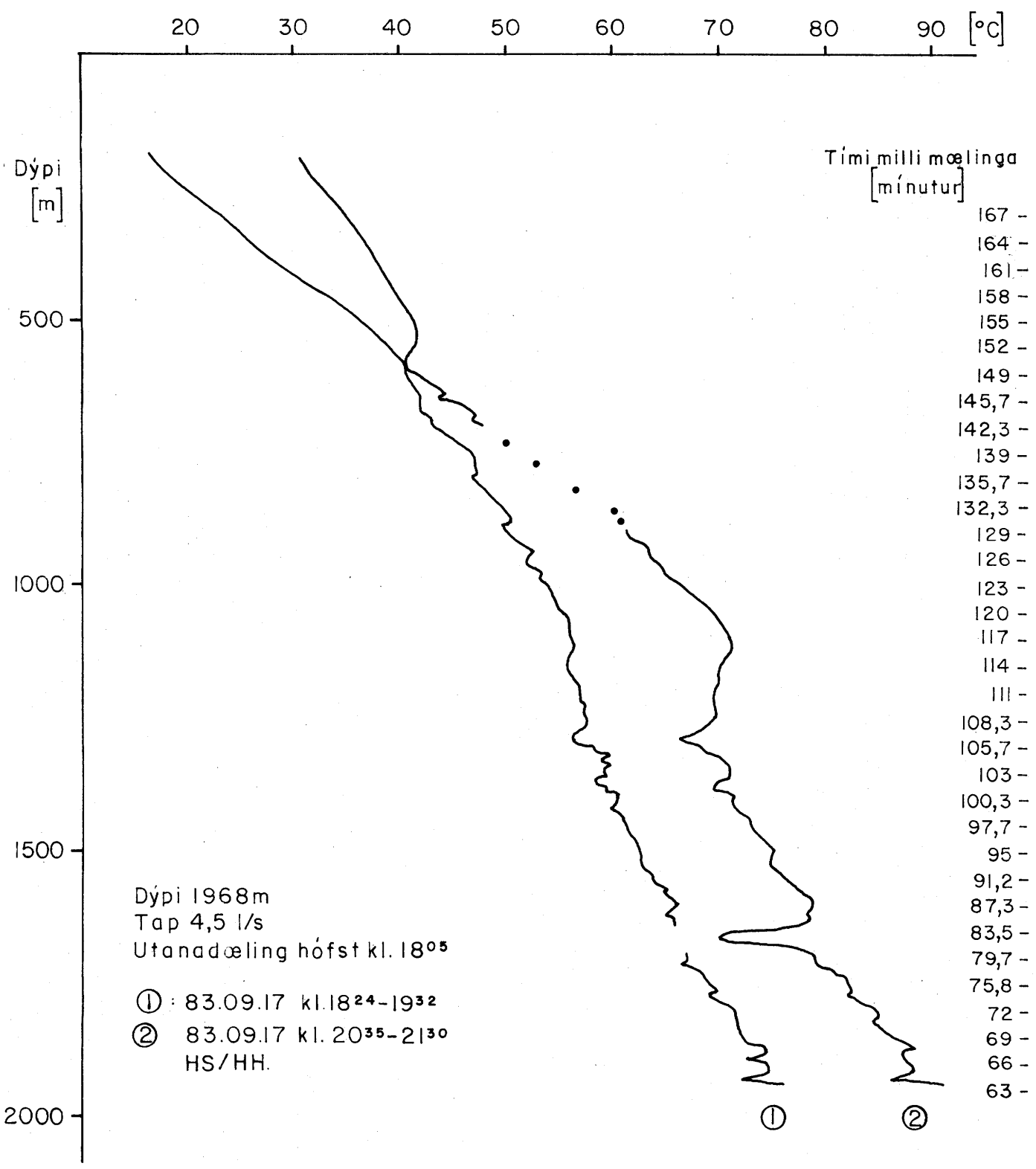
Mynd 4

### KRAFLA HOLA KJ-23 Hitamælingar í borun



# KRAFLA HOLA KJ-23

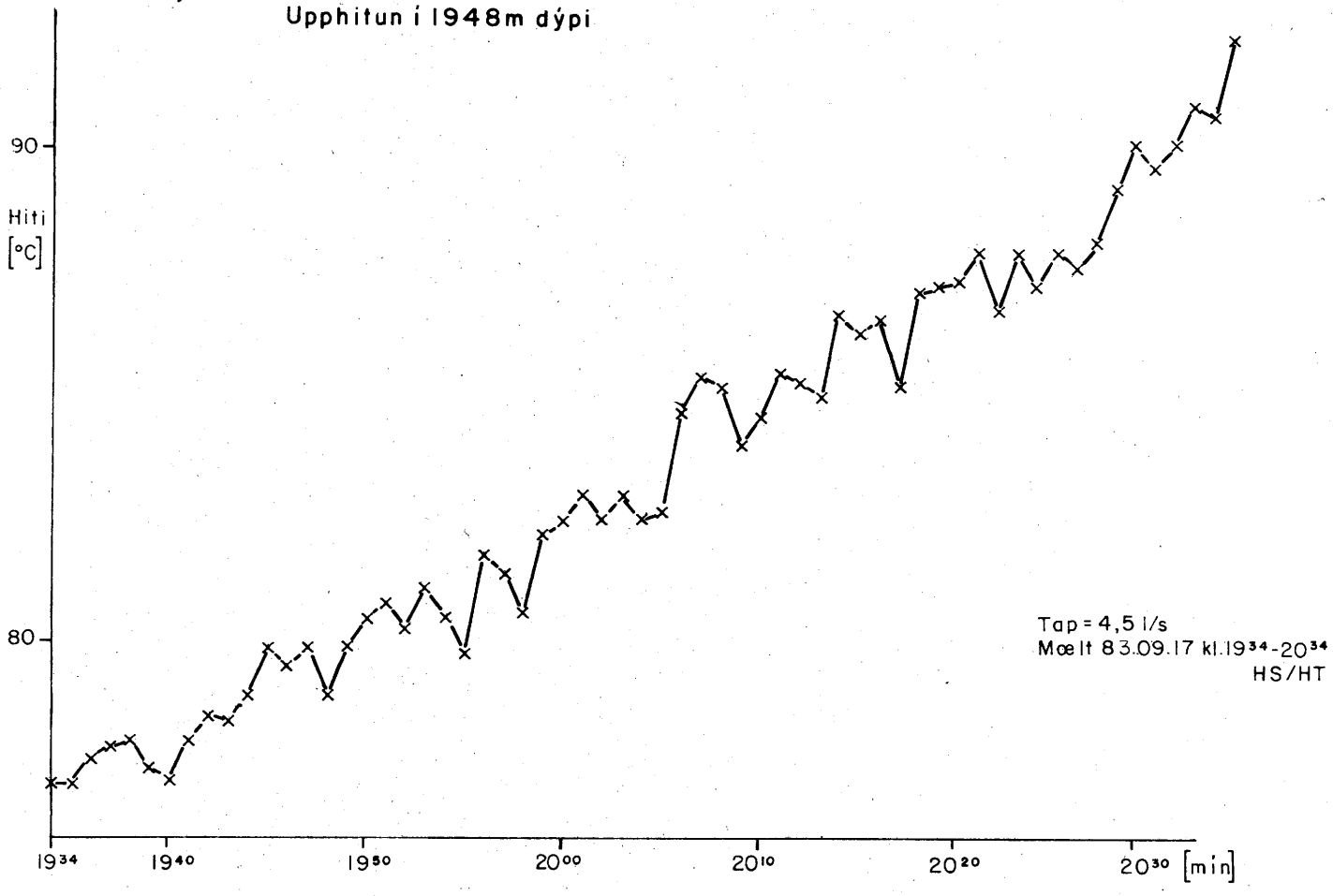
## Hitamælingar við borlok



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

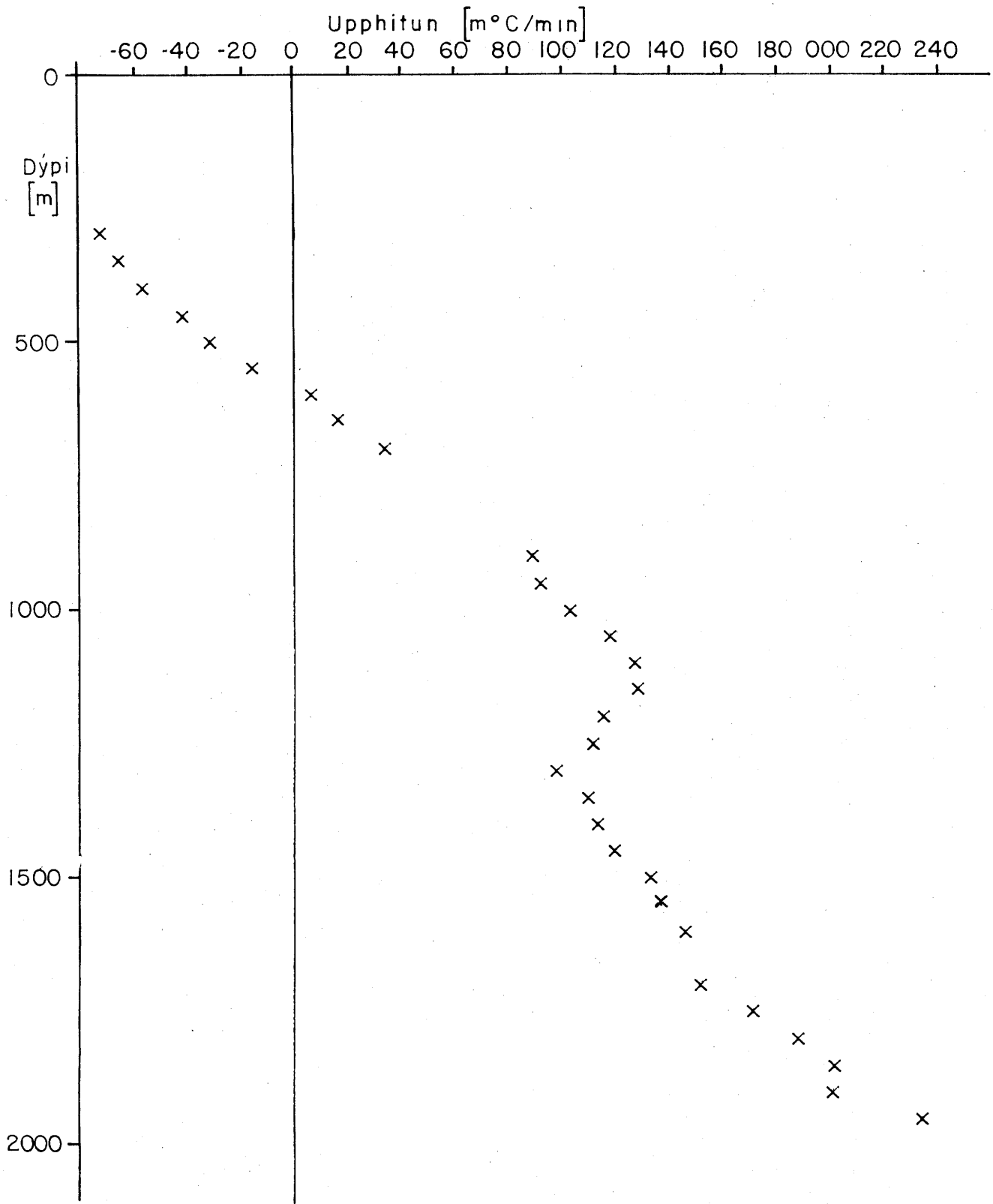
### KRAFLA HOLA KJ-23 Upphitun í 1948m dýpi

Mynd 6

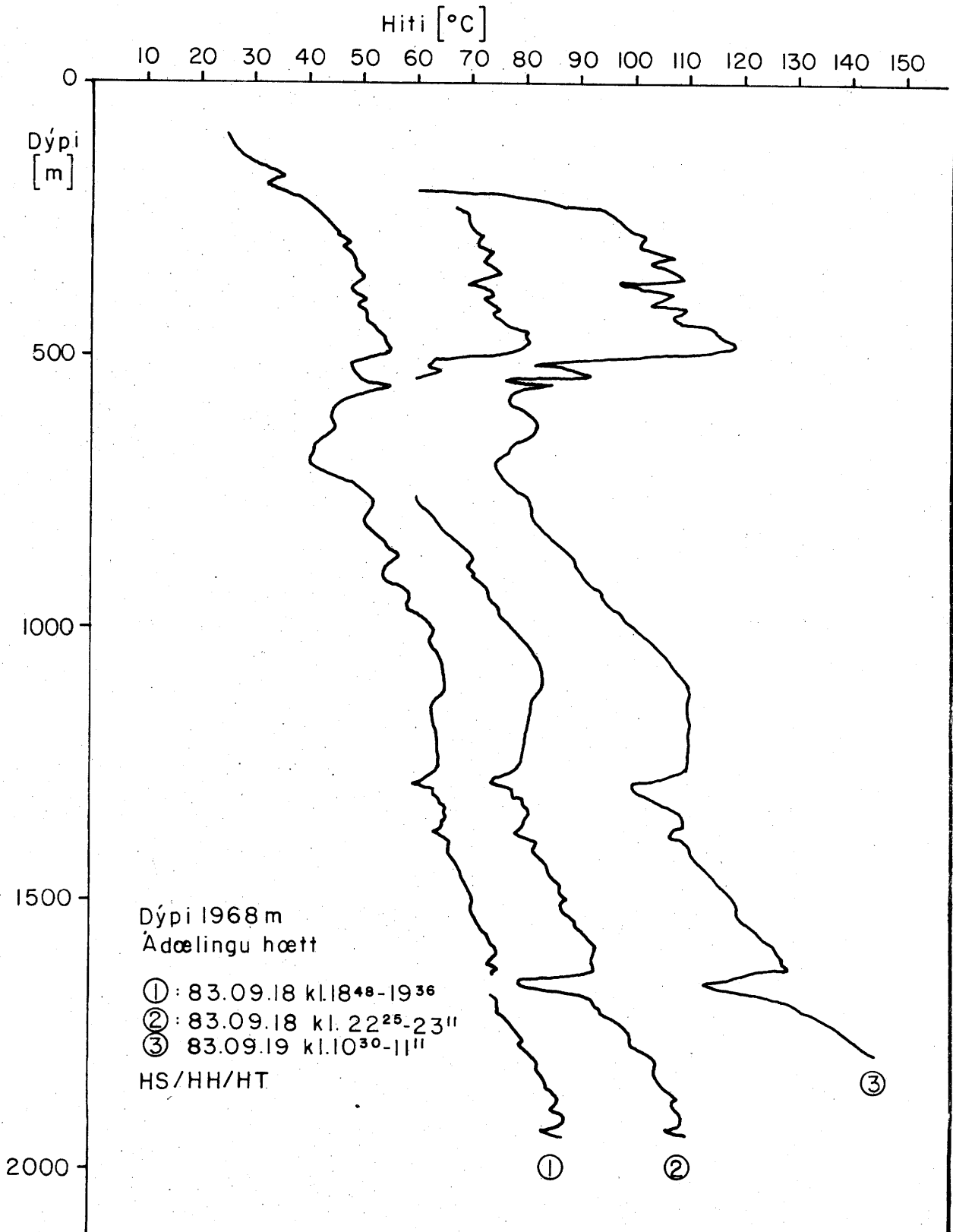


### KRAFLA HOLA KJ-23

Upphitun milli hitamælinga 83.09.17



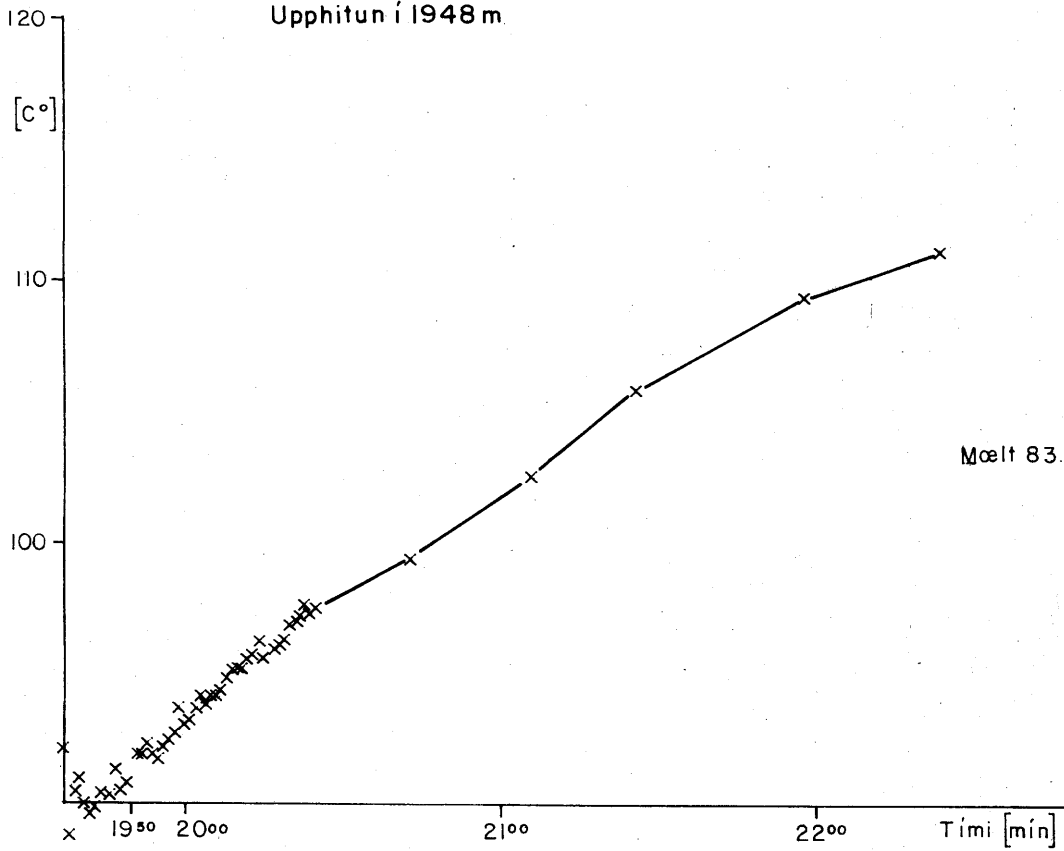
KRAFLA HOLA KJ-23  
Hitamælingar við borlok



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

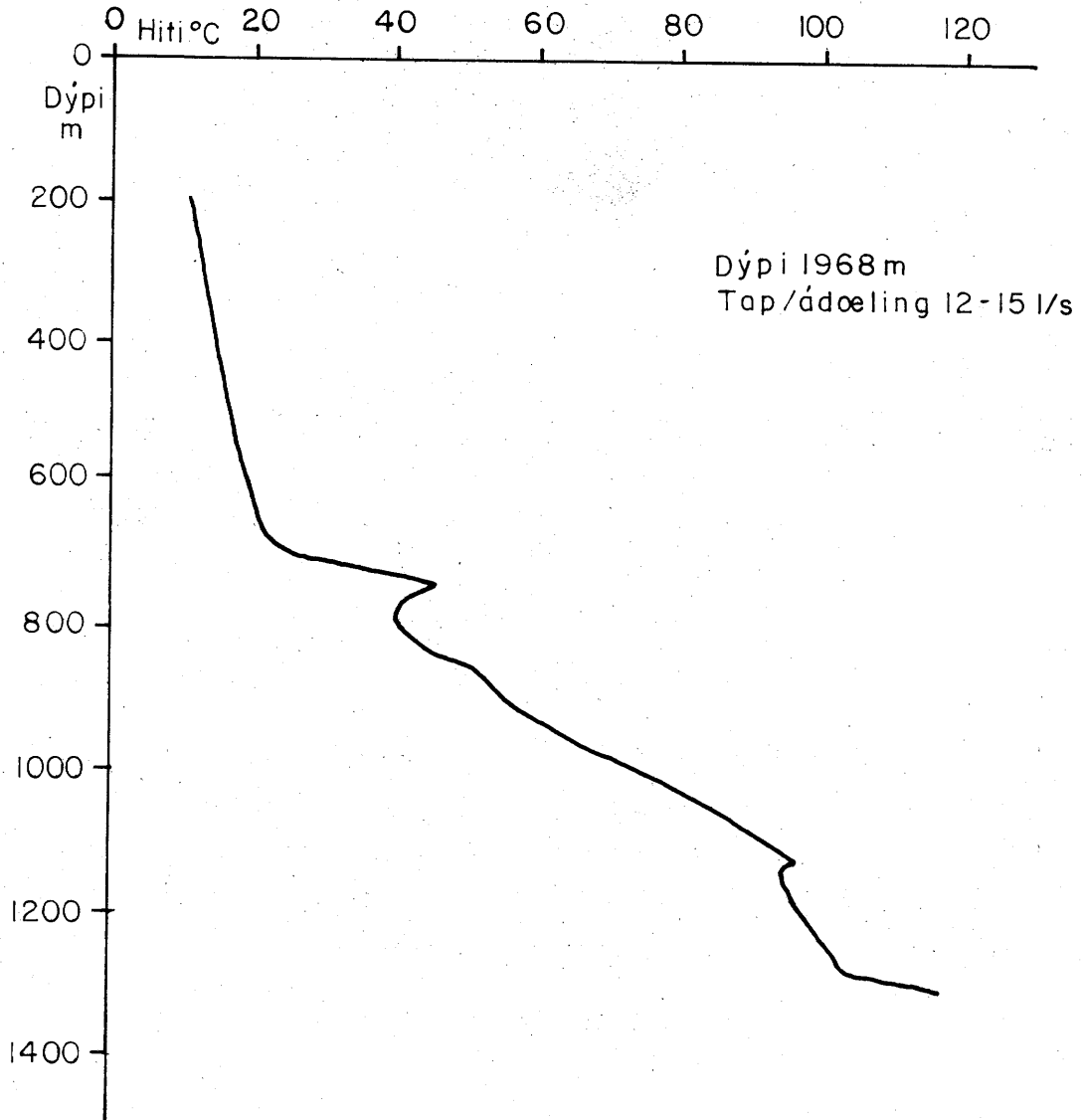


JHD-BM-6607. HS/HT.  
83.09.13 10. Sy.J.

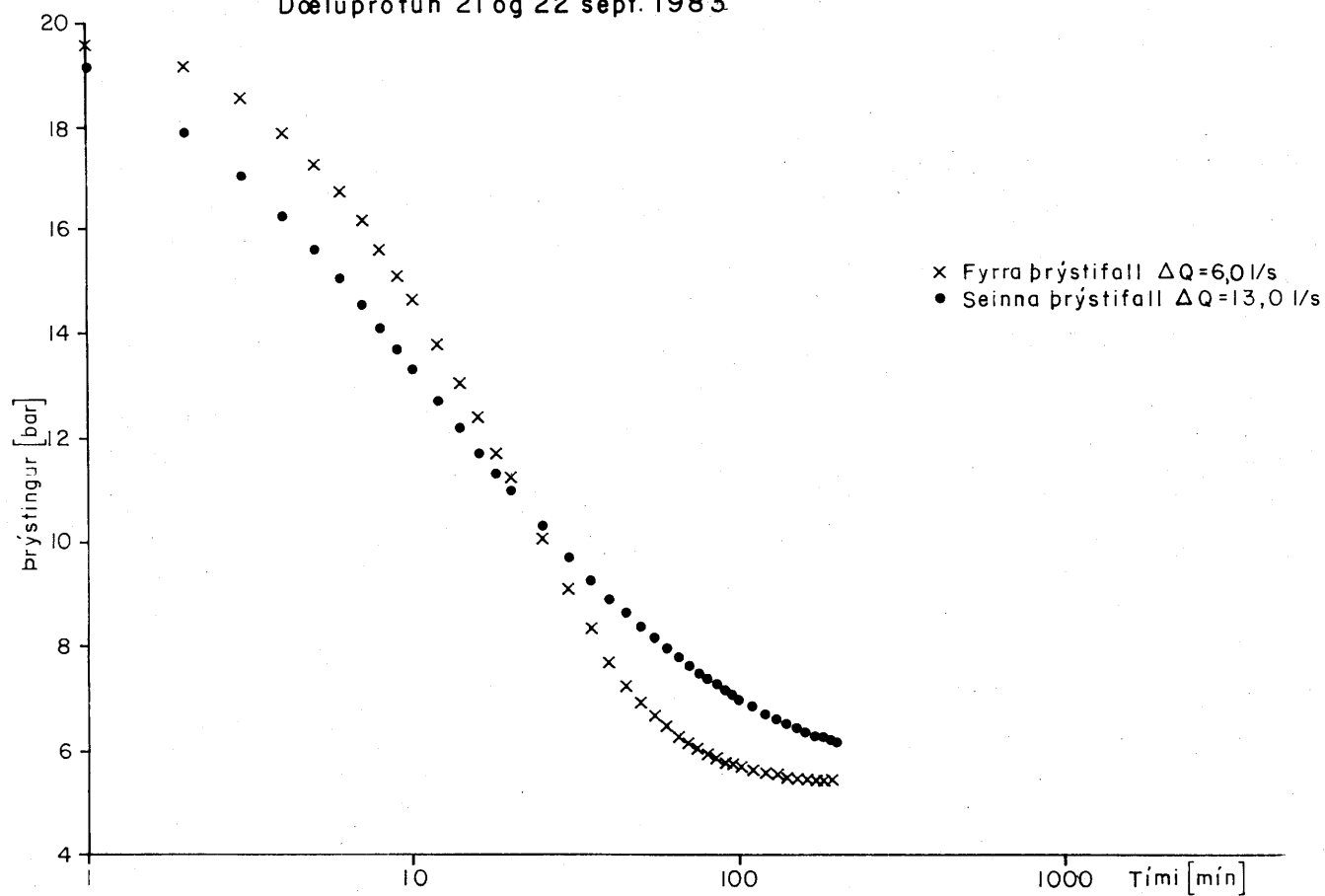
Mynd 10

### KRAFLA HOLA KJ-23

Hitamæling fyrir mælingasyrpu 83.09.22

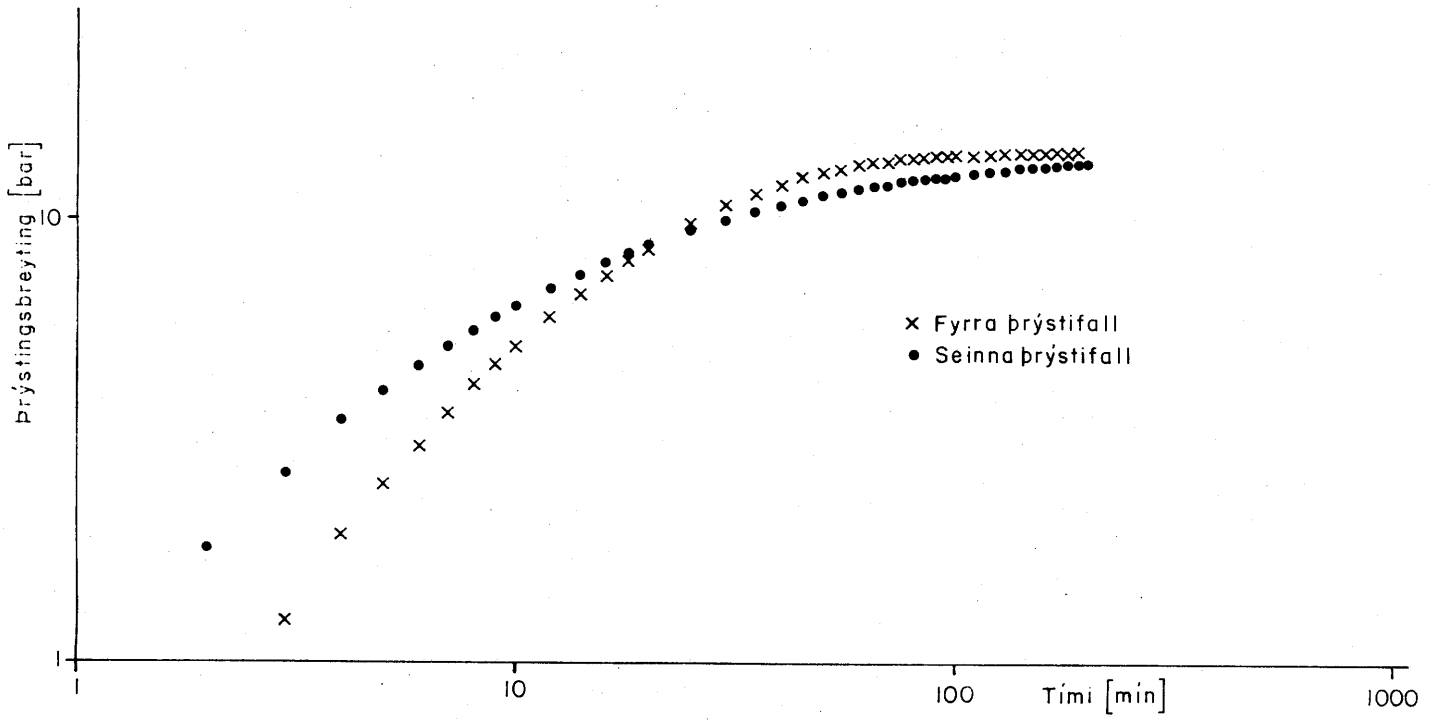


KRAFLA HOLA KJ-23  
Dæluþrófun 21 og 22 sept. 1983.





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



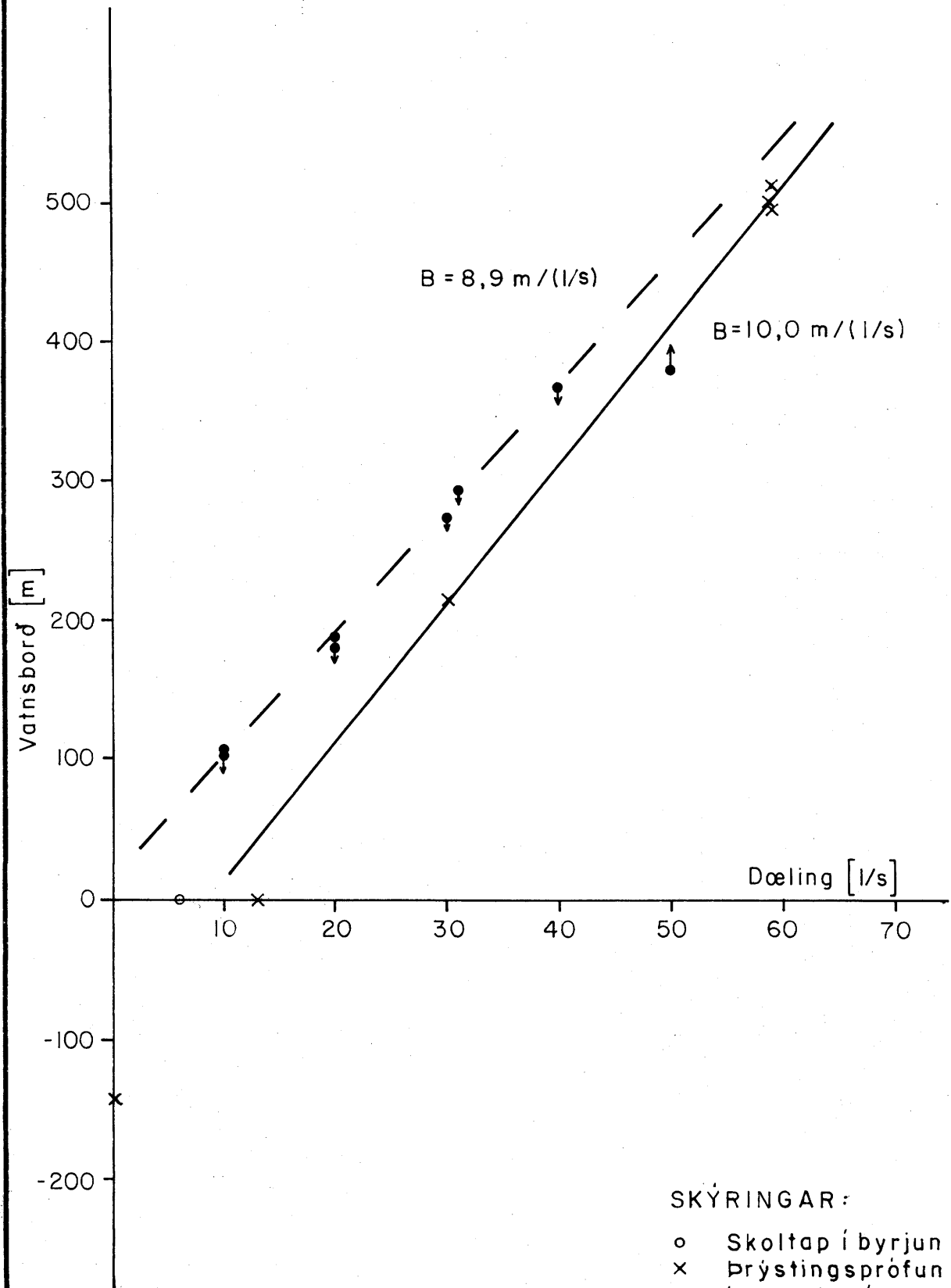


JHD-BM-6607.ÖS.  
83.09.1299 Sy.J

Mynd 13

### KRAFLA HOLA KJ-23

Doeluprófun 21. og 22. sept. 1983



#### SKÝRINGAR:

- Skoltap í byrjun
- × Prýstingsprófun
- ↓ Aætlað frá prýstingsprófun