



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**Benedikt Steingrímsson
Guðmundur Ó. Friðleifsson
Guðrún Sverrisdóttir
Helga Tulinius
Ómar Sigurðsson
Einar Gunnlaugsson**

NESJAVELLIR, HOLA NJ-15

Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar

OS-86029/JHD-09
Reykjavík, maí 1986

**Unnið fyrir
Hitaveitu Reykjavíkur**



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Benedikt Steingrímsson
Guðmundur Ó. Friðleifsson
Guðrún Sverrisdóttir
Helga Tulinius
Ómar Sigurðsson
Einar Gunnlaugsson**

NESJAVELLIR, HOLA NJ-15

Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar

OS-86029/JHD-09

Reykjavík, maí 1986

Unnið fyrir

Hitaveitu Reykjavíkur



Dags.
1986.06.09
Dags.

Tilv. vor
BS/gb
Tilv. yðar

...
Hr. Árni Gunnarsson
Yfirverkfræðingur
Hitaveita Reykjavíkur
...
Grensásvegur 1
108 REYKJAVÍK

VARÐAR: RANNSÓKNIR Á HOLU NJ-15 Á NESJAVÖLLUM

Hér með afhendum við Hitaveitunni lokaskýrslu um rannsóknir á holu NJ-15 á Nesjavöllum. Jarðhitadeild hefur þegar sent HR fjórar áfangaskýrslur um framgang verksins, en til hægðarauka eru þær einnig birtar hér sem viðaukar.

Lokaskýrslan er samantekt á niðurstöðum rannsókna á NJ-15. Hún tekur til rannsókna meðan á borun stóð, í upphitun eftir borun og blástursprófana fram til 1. apríl 1986. Skýrslan er unnin samkvæmt verksamningi nr. 611113-1986 milli HR og JHD dagsettum 26. mars 1986.

Virðingarfyllst


Benedikt Steingrímsson

ÁGRIP

Hola NJ-15 er staðsett innst í Nesjavalladal, í kvos undir Stangarhálsi við mynni Köldulaugargils. Holutoppur er í 236 m.y.s. Jötunn boraði holuna á tímabilinu 17. september til 23. október 1985. Í skýrslunni er fjallað um rannsóknir sem gerðar voru á holunni í borun og upphitun eftir borun fram til 1. maí 1986. Holan hefur enn ekki verið látin blása. Áfangaskýrslur sem út hafa komið um verkið eru birtar í viðaukum við skýrsluna.

Hola NJ-15 var boruð í 1748 m dýpi á 37 verkdögum, og er vinnslufóðring steypst í 790 m dýpi. Í jarðlagastaflanum er móberg ráðandi niður á 580 m dýpi en basalhraunlög þar fyrir neðan. Lítið ber á innskotabergi fyrr en á 700 m dýpi og eru 20-100% jarðlagastaflans innskot neðan 700 metra. Alls fundust tíu vatnsæðar í holunni og eru sjö þeirra í vinnsluhlutanum. Nær allar vinnsluæðarnar koma fram við innskotajaðra sem sýnir að sprunguleiðni er ráðandi í jarðhitakerfinu umhverfis NJ-15. Helsta vinnsluæðin er á 1422 m dýpi. Hún er við ísúrt innskot. Vatnsinnihald bergsins reiknast hátt sem í öðrum Nesjavallaholum eða yfir 20%. Mest er vatnsmagnið í móberginu, en minnst í innskotum. Viðnám fylgir ummyndunarstigi bergsins. Hæst viðnám mældist í efstu 400 metrunum í fersku bergi. Neðan 400 metra dýpis eykst ummyndun og viðnám verður hverfandi allt niður í 800 m, þar sem háhitaummyndun tekur við og innskotatíðni eykst. Fer viðnám neðan 800 m dýpi hækkandi allt til holubotns.

Berghiti við NJ-15 er svipaður og við holu NG-10. Hiti er lágur (30-60°C) niður fyrir 400 m dýpi en hækkar síðan hratt með dýpi þegar holan fer niður í jarðhitakerfið. Á 800 m dýpi (við neðri enda vinnslufóðringarinnar) er áætlaður berghiti um 245°C. Í vinnsluhlutanum hækkar hiti hægar. Er hann 265°C á 1000 m dýpi, 282°C í 1300 metrum og mældist 301°C í holubotni á rúmlega 1700 m dýpi. Þokkalegt samræmi er milli berghita og ummyndunar í NJ-15 eins og öðrum holum á Nesjavöllum. Ummyndunarhiti djúpt í NJ-15 kann þó að liggja undir mældum hita. T.d. sést epidót fyrst á 1100 m dýpi þar sem berghiti er áætlaður 270°C.

Túlkun á gögnum um ummyndun í NJ-15 benda til að efri hluti jarðhitakerfisins sé í hitnun. Í neðri hluta holunnar má svo greina forna hitagjafa sem nú hafa kólnað niður í umhverfishita.

Hola NJ-15 hefur enn ekki blásið (júní 1986). Afl hennar og vinnslueiginleikar eru því ekki þekktir. Prófanir á holunni í lok borunar sýndu meðalgóða vatnsleiðni. Líklegasta gildi vatnsleiðinnar er: $kh/\mu = 3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$. Búast má við því að afl holunnar verði í meðallagi miðað við Nesjavallaholur eða um 55-60 MW í varmanámi. Samkvæmt berghita í vinnsluhluta holunnar verður varmainnihald rennslis um 1300 kJ/kg eða svipað og í holum NG-7, NG-10, NJ-12 og NJ-14.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	2
EFNISYFIRLIT	3
TÖFLUSKRÁ	4
MYNDASKRÁ	5
1 INNGANGUR	6
2 STAÐSETNING	8
3 BORSAGA	9
4 JARÐLÖG.....	12
4.1 Jarðlagalýsing.....	12
4.2 Jarðlagamælingar.....	28
5 UMMYNDUN	35
5.1 Ummyndun í NJ-15	35
5.2 Samanburður við aðrar holur	41
6 EÐLISÁSTAND JARÐHITAKERFIS	42
6.1 Staðsetning vatnsæða	42
6.2 Vatnsleiðni	44
6.3 Þrýstingur á vatnsæðum	45
6.4 Berghiti	46
7 ÁÆTLAÐIR VINNSLUEIGINLEIKAR	48
HEIMILDASKRÁ	50

Bls.

VIÐAUKI V-1	Jarðlagasnið og mælingar	51
VIÐAUKI V-2	Nesjavellir HOLA NJ-15, 1. ÁFANGI Borun fyrir 13 3/8" fõðringu frá 100-288 m	63
VIÐAUKI V-3	Nesjavellir HOLA NJ-15, 2. ÁFANGI Borun fyrir 9 5/8" vinnslufõðringu frá 288 m til 791 m	81
VIÐAUKI V-4	NEJSAVELLIR HOLA NJ-15, 3. ÁFANGI Borun vinnsluhluta frá 791 m til 1748 m	95

TÖFLUSKRÁ

1	Jarðlagamyndanir í NJ-15	24
2	Innskot í NJ-15	28
3	Borholumælingaskrá	34
4	Stöðugleikasvið ummyndunarsteinda	35
5	Skrá yfir þunnsneiðar og XRD-greiningar	38
6	Lega ummyndunarbelta í nokkrum borholum	41
7	Berghiti og þrýstingur á vatnsæðum	47
8	Samanburður á vatnsleiðni og afli borhola með varma- innihald um 1300 kJ/kg	49

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Staðsetning borhola á Nesjavöllum	8
2 Framvinda borunar NJ-15	10
3 Frágangur NJ-15	11
4 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar	13
5 Jarðlagasnið og mælingar	14
6 Víddarmælingar	29
7 Tíðnidreifing viðnáms, poruhluta og víddarleiðrétts gamma .	32
8 Dreifing ummyndunarsteinda	36
9 Staðsetning vatnsæða	43
10 Þrepaðæling. Mæli- og reikniþerill	45
11 Áætlaður þrýstingur á vatnsæðum	46
12 Áætlaður berghiti	47

1 INNGANGUR

Hola NJ-15 var fimmta holan sem Jötunn boraði á Nesjavöllum sumarið 1985. Hún er staðsett innst í Nesjavalladal, vestan undir Stangarhálsi. Jötunn boraði holuna í 1748 m dýpi á 37 verkdögum og lauk borun 23. október. Holan hefur ekki enn (júní 1986) verið látin blása. Þess í stað hefur verið fylgst reglulega með vatnsborði í henni til að kanna hvort greina megi vatnsborðslökkun vegna blásturs annara borhola. Vatnsborðsgögnin gætu sagt til um hvort og hversu mikil áhrif núverandi massataka hefur á þrýsting í jarðhitakerfinu.

Frumgögn um borunina og rannsóknir á holunni eru geymd hjá Jarðborunum, Jarðhitadeild OS og Hitaveitu Reykjavíkur eftir því hver þau eru. Jarðboranir geyma borskýrslur og fóðringarskýrslur. Þær fyrrnefndu er að finna innbundnar í árbækur merktar Jötni, en fóðringarskýrslur Jötuns eru geymdar í sérstökum möppum. Svarfsýni og gögn um borholumælingar eru geymd hjá JHD. Svarfsýnin er að finna í sérstakri svarfgeymslu. Þau eru í dósum merktum holunni og því dýpi sem sýnið er frá. Vinnslugögn jarðfræðilegs eðlis má finna á tveimur stöðum. Lýsingar á svarfsýnum og þunn-sneiðum er að finna í möppu merktri holunni og er mappan í vörslu borholujarðfræðideildar JHD. Þunn-sneiðar eru geymdar í sérstakri þunn-sneiðageymslu JHD. Gögn um röntgengreiningar og túlkun þeirra eru geymd í röntgenstofu JHD. Á borholumælingadeild má finna frumgögn um mælingar á tvennan hátt. Í fyrsta lagi eru gögnin geymd í möppum og er mælingar í borun að finna í möppum merktum holunni. Mælingum sem gerðar eru eftir borun (Ameradamælingar) er hins vegar safnað saman ásamt áþekktum mælingum úr öðrum holum á landinu á einn stað og flokkaðar í möppur eftir dagsetningu og ártali. Til skamms tíma hefur þetta verið eini máttinn til geymslu þessara gagna á JHD. Síðastliðið ár hefur jafnframt verið unnið að því á JHD að koma upp gagnagrunni á tölvu Orkustofnunar fyrir borholumælingar og þar eru nú öll mælingagögn úr borholum á Nesjavöllum aðgengileg, bæði skrár yfir þær mælingar sem til eru og niðurstöður hvernar mælingar. Gögn um blástur Nesjavallahola eru í vörslu HR. Fyrirferðarmest eru mælingagögn á afli hola og toppþrýstingi og geymir HR þau annars vegar í töflum í mælimöppum og hins vegar á disklingum fyrir IBM-einkatölvu. Í mælimöppunum er einnig að finna upplýsingar um rekstur og daglegt viðhald borholanna. Auk þessa varðveitir HR gögn um efnasýni og efnagreiningar.

Í fyrirliggjandi skýrslu er greint frá öllum athugunum sem gerðar hafa verið á NJ-15 í og eftir borun fram til 1. maí 1986. Um verkið hafa þegar komið út nokkrar áfangaskýrslur og eru þær birtar hér sem viðaukar við skýrsluna.

Jarðhitadeild Orkustofnunar og Hitaveita Reykjavíkur hafa unnið að rannsóknum á holu NJ-15, og hafa fjölmargir aðilar auk höfunda sinnt einstökum rannsóknáttum. Má þar nefna eftirtalda: Má Gunnarsson og Jóhann Kristjánsson hjá HR, Ásgrím Guðmundsson, Hjalta Franzson, Benný Baldursdóttur, Gyðríði Jónsdóttur, Hilmar Sigvaldason, Jósep Hólmjárn, Guðjón Guðmundsson, Guðna Guðmundsson og Guðlaug Hermannsson hjá JHD og Sigurð Benediktsson og áhöfn Jötuns hjá Jarðborunum.

3 BORSAGA

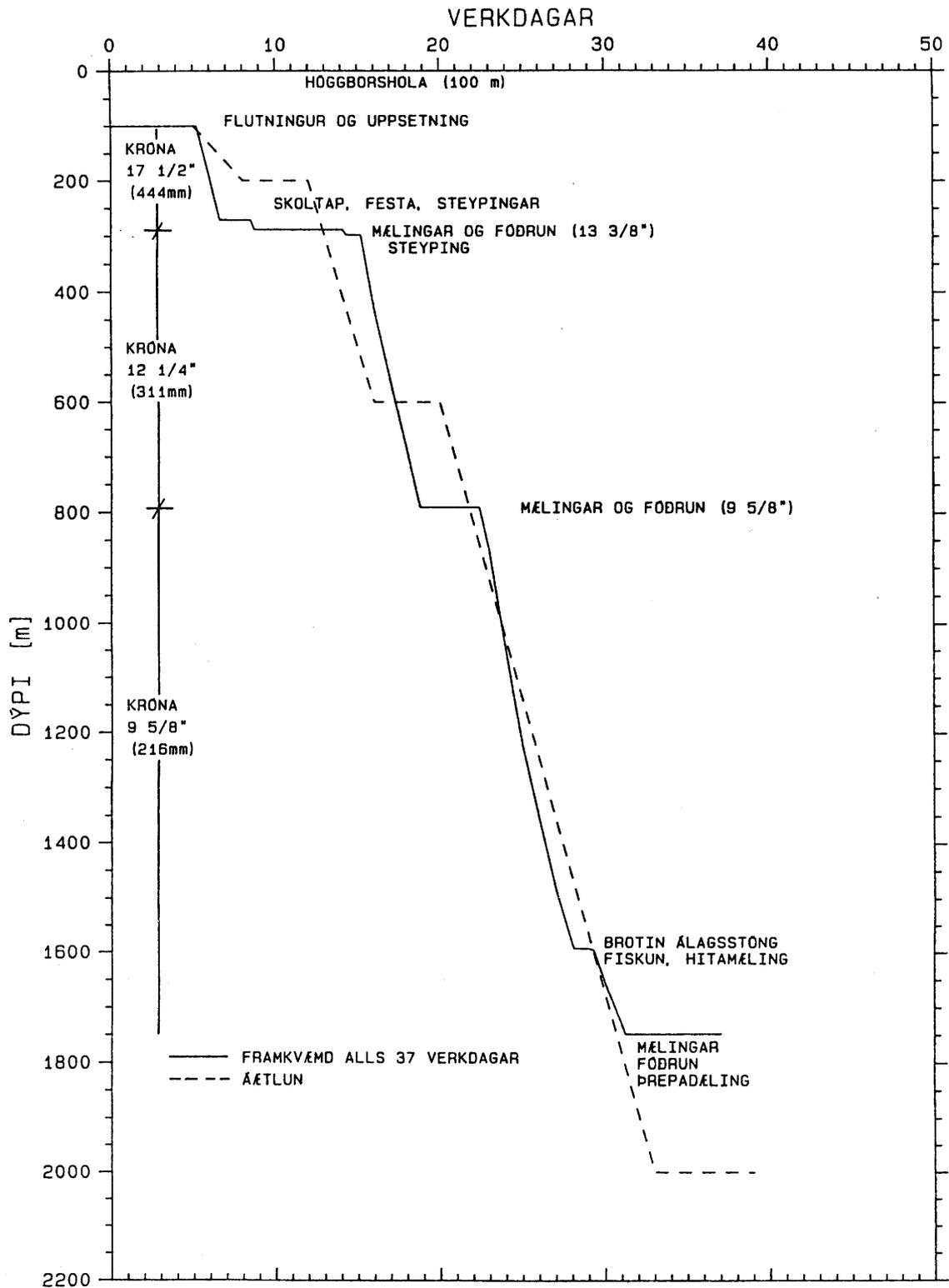
Jötunn boraði holu NJ-15 í 1748 m dýpt á tímabilinu 17. september til 23. október 1985 og tók verkið því 37 daga. Boruninni hafa verið gerð skil í þrem áfangaskýrslum og er þær að finna í viðaukum V-2 til V-4. Hér verður því aðeins stiklað á helstu þáttum borsögunnar en að öðru leyti vísað í viðaukana.

Á mynd 2 er sýnd framvinda borunar NJ-15, en hönnun og frágangur hennar sést á mynd 3. Höggborsfóðring nær í 100 m dýpi, en fyrir öryggisfóðringu boraði Jötunn í 288 m dýpi. Á 271 m dýpi varð algert skoltap í holunni og festist borstrengurinn um stundarsakir. Reynt var að steypa í lekann og hefta hrun sem var við skoltapsstaðinn. Ekki tókst að stöðva hrunið og var holan dýpkuð í 288 m og fóðruð. Mikið botnfall var í holunni og nær fóðringin því aðeins í 271 m dýpi. Ekki tókst að steypa fóðringuna upp í fyrstu tilraun. Mældist steypuborð á rúmlega 200 m dýpi. Skotin voru göt á fóðringuna á 204,1-206,2 m dýpi og fóðringin síðan steyppt upp í holutopp. Steypan seig niður á 12 m og varð að fylla þessa síðustu metra með steypu ofan frá.

Strax eftir að borun fyrir vinnslufóðringu hófst varð algert skoltap. Borað var í 298 m dýpi, en síðan steyppt í lekann. Tókst að þétta holuna með því að steypa tvívegis. Borun gekk síðan hratt og vel í fóðringardýpi 791 m. Óverulegt skoltap mældist í boruninni, en eftir að vinnslufóðringunni hafði verið komið fyrir tók holan við 40 l/s. Mælingar sýndu að æðin nærru 300 m dýpi hefði opnast að nýju. Þrátt fyrir lekann tókst nokkurn veginn að steypa fóðringuna upp í fyrstu tilraun. Góð steypa mældist neðan 300 m dýpis, en steypuhroði þaðan og upp í u.þ.b. 30 m dýpi. Ekki var talið óhætt að skjóta göt á fóðringuna svo ofarlega og efsti hlutinn því látinn vera ósteyptur.

Borun vinnsluhluta NJ-15 gekk allvel. Neðan 1150 m dýpis varð vart við óverulegt hrun í holunni. Á 1422 m dýpi kom fram algert skoltap og var borað áfram í miklu skoltapi. Að jafnaði var skoltapið um 20-30 l/s, en fór hæst yfir 50 l/s. Á 1593 m dýpi brotnaði álagsstöng. Auðvelt reyndist að festa í brotinu og náðust álagsstengurnar upp í fyrstu tilraun. Á 1690 m féll að borstreng og þurfti um 50 þúsund punda umframtog til að ná borstrengnum úr festunni. Þegar hér var komið var sýnt að erfitt væri að halda borun áfram vegna mikils skoltaps og hættu á festum. Var ákveðið að freista þess að bora 50 metra til viðbótar. Gekk það áfallalaust og lauk borun á 1748 m dýpi. Holan var síðan könnuð með mælingum. Leiðara komið fyrir og loks þrepaðelt. Hangir leiðarinn á 746 m dýpi.

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 BORUN JÖTUNS 1985.09.17-10.23



MYND 2 Framvinda borunar

JHD-BM-8715 GuH
86.03.0169 T



JHD-BM-8715.BS
86.06. 0505. SyJ

NESJAVELLIR HOLA NJ-15
Frágangur holu

Staðsetning: * Hnit $x=658828,02$ $y=403419,06$ Hæð yfir sjó 236,05 m

Fjarlægðir: Drifborð - kjallarabrún 6,8m kjallarabrún - kragi 0,35m

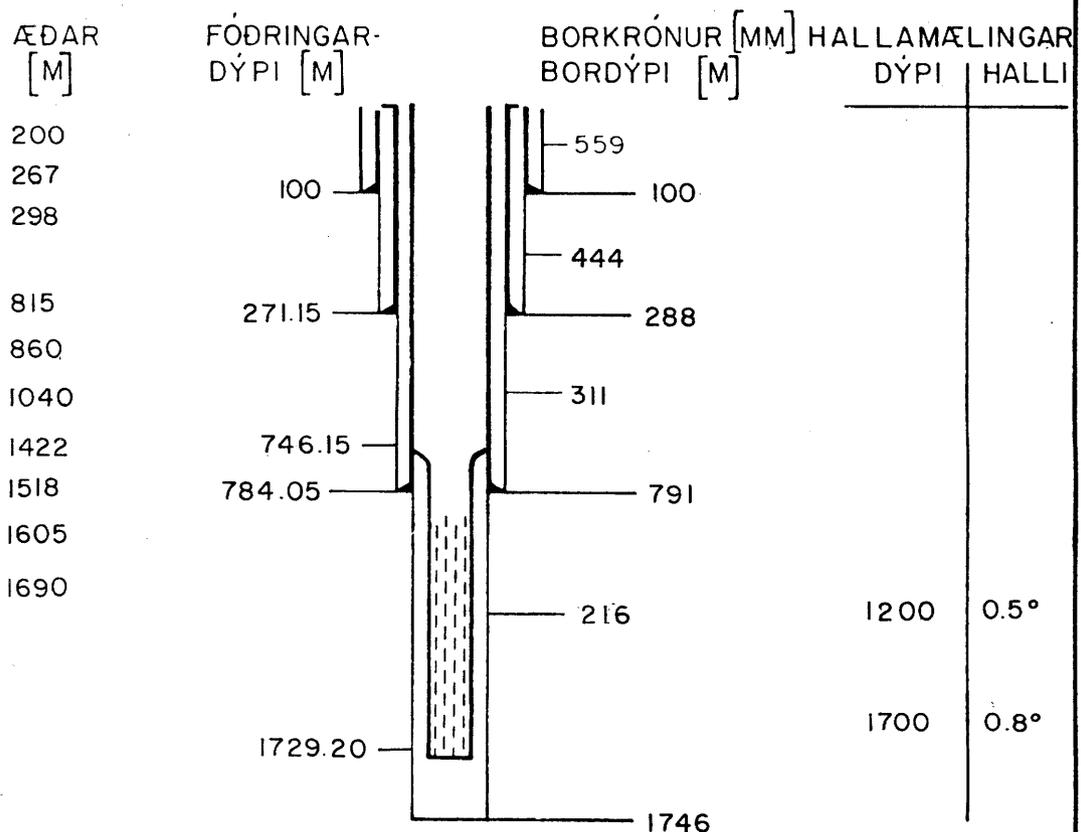
Höggbersfóðring: Utanmál 18 $\frac{5}{8}$ " veggþykkt 8 mm

Öryggisfóðring: API 13 $\frac{5}{8}$ " 68 lbs/ft, 61 lbs/ft, K-55 neðan 78,9 m
skrúf. buttr.

Vinnslufóðring: API 9 $\frac{5}{8}$ " 40 lbs/ft, 47 lbs/ft. K=55 neðan 470,3 m
skrúf. buttr

Leiðari API 7 $\frac{5}{8}$ " innanmál 178,5 mm K-55, soðin, neðan 1048 m dýpis
7" innanmál 159.4 mm, skrúf. buttr. Rör öll raufuð.
Hengistykki í 746,15 m

* Hnitakerfi aðlagð landskerfi



Dýptartölur miðaðar við drifborð Jötuns

4 JARÐLÖG

4.1 Jarðlagalýsing

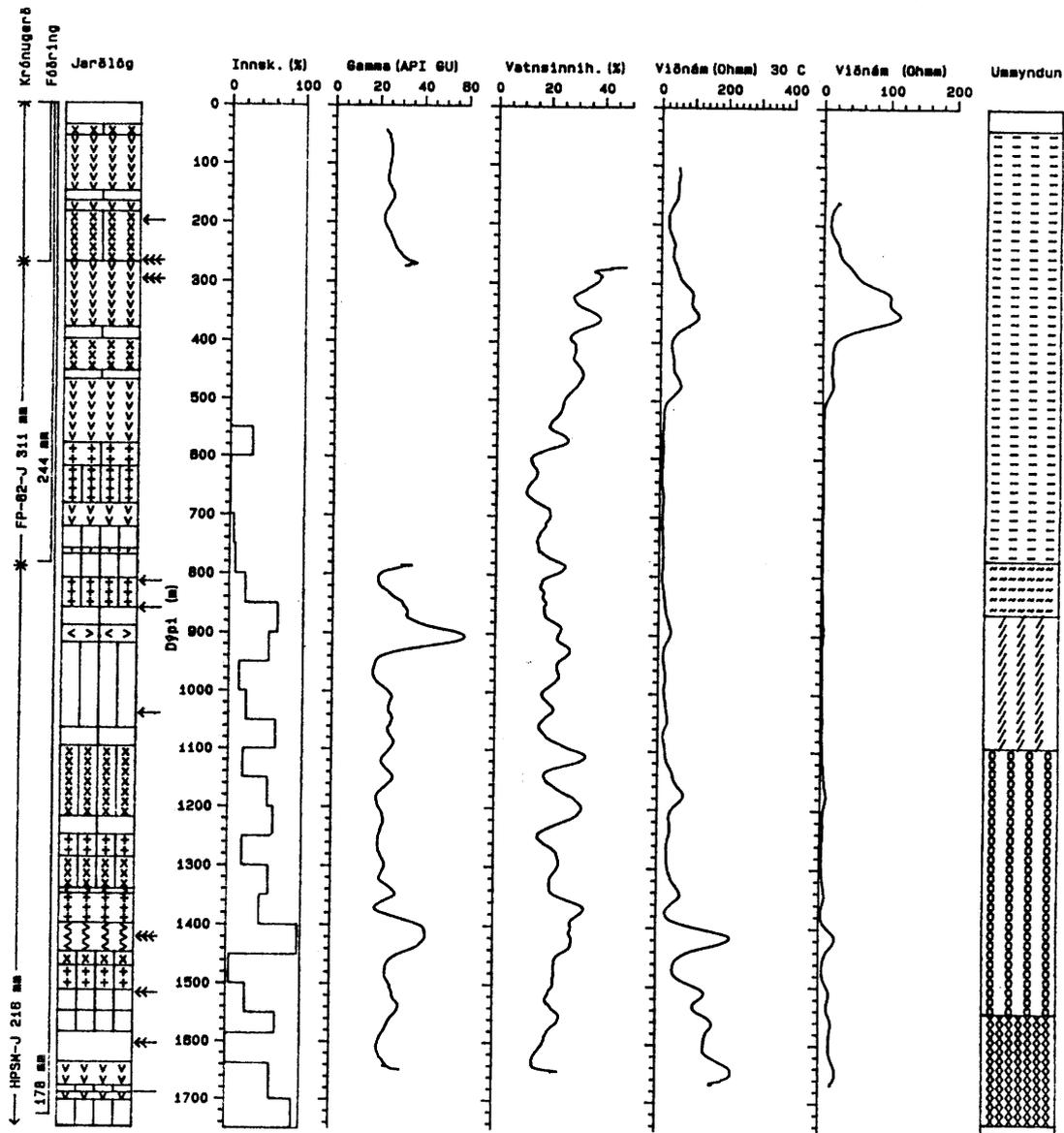
Jarðlögum holunnar er skipt í jarðlagamyndanir á sama hátt og tíðkast hefur við aðrar borholur á svæðinu. Jarðlög voru greind meðan á borun stóð, og einfölduð jarðlagasnið birt í áfangaskýrslum (viðaukar V-2 til V-4). Jarðlagasnið sem þar eru birt hafa verið endurskoðuð og túlkuð samhliða jarðlagamælingum og þunnsneiðagreiningu. Þau eru birt í endanlegu formi á myndum 4 og 5. Jarðlagasnið eru sett fram á þrennan hátt. Á mynd 4 eru jarðlög dregin saman í myndanir, innskotaþéttleiki á hverju 50 m bili sýndur ásamt leiðréttum og einfölduðum mælingaferlum og yfirliti yfir ummyndunarbeltin. Nákvæmt jarðlagasnið er sýnt á mynd 5, ásamt borhraða og leiðréttum jarðlagamælingum sem fjallað er um í kafla 4.2. Loks er nákvæmt jarðlagasnið ásamt ómeðhöndluðum jarðlagamælingum birt í viðauka V-1 til gagnavarðveislu.

Mynd 4 sýnir einfaldað jarðlagasnið. Þar sést fyrst að móberg er ráðandi berggerð allt niður á 580 m dýpi, en hraunlög þar fyrir neðan. Skoltöp eru sýnd með örvum til hliðar við jarðlagasniðið, og stærð þeirra gefin til kynna. Í öðrum dálki á mynd 4 er sýnt hlutfall innskota á hverjum 50 m eða þar um bil. Þar sést að í efstu 700 m er lítið um innskot. Neðan 700 m fer innskotum fjölgandi og eru þau víðast frá 20-60 % af staflanum niður á botn holunnar, en nálgast þó 100% milli 1400 og 1450 m og milli 1700 og 1748 m svo sem fram kemur á myndinni. Ekki er gerður greinarmunur á líklegum og öruggum innskotum á mynd 4, en slík aðgreining er sýnd á mynd 5. Dreifing og tíðni innskota í NJ-15 er svipuð og í holu NG-10 (Ásgrímur Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason, 1986).

Jarðlögum NJ-15 er skipt í myndanir í samræmi við töflu 1, og er hverri myndun síðan lýst nánar. Leitast er við að flokka myndanirnar til berggerða til að auðvelda tengingar við aðrar holur.

JHD-BJ/BM-8715 60F/HTu1
85.03.0214 T/6Sv

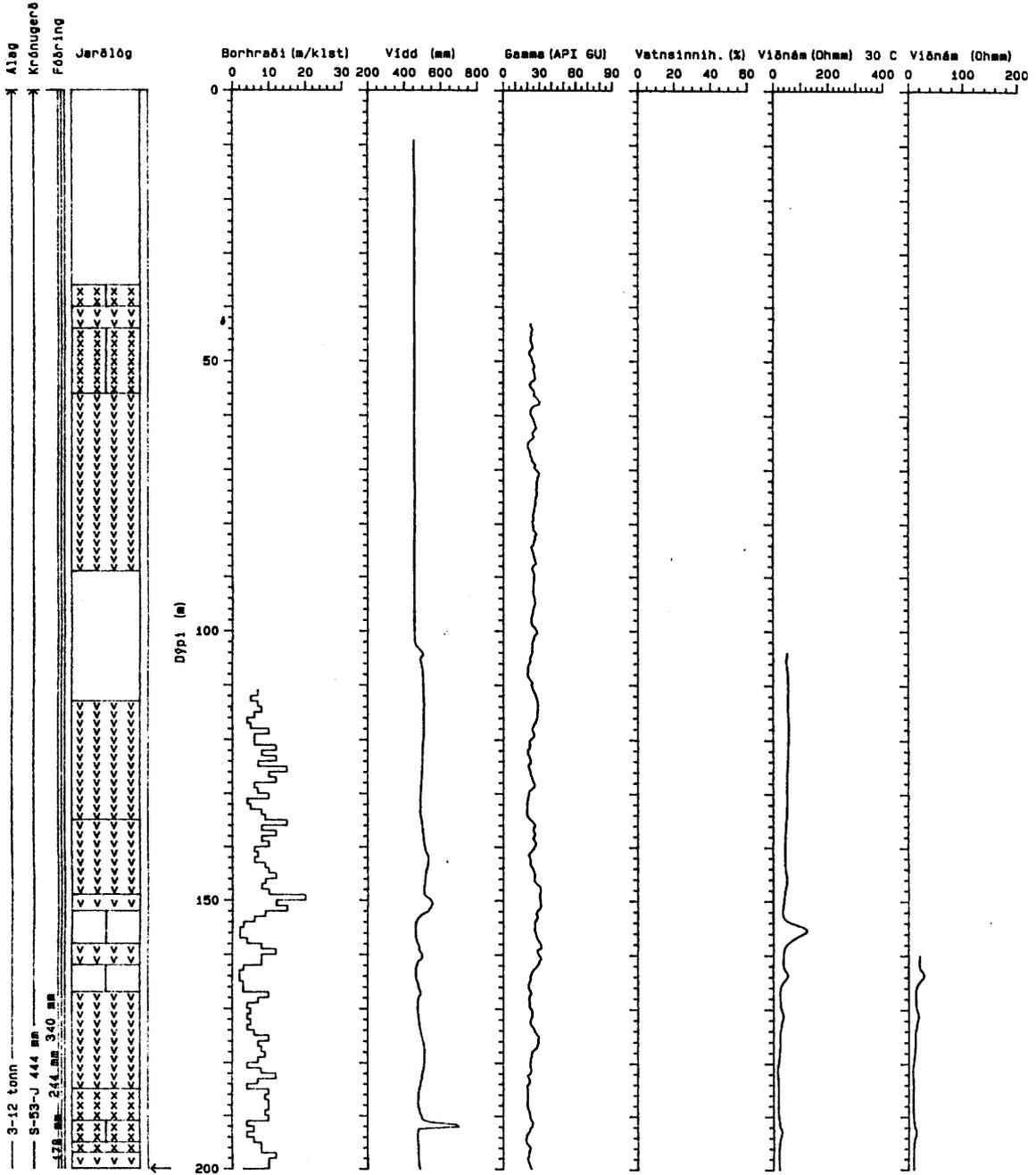
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 EINFALDAD JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 4 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar

JHD-BM/BJ-8715 HTU1/GOF
86.03.0213 T/Gsv

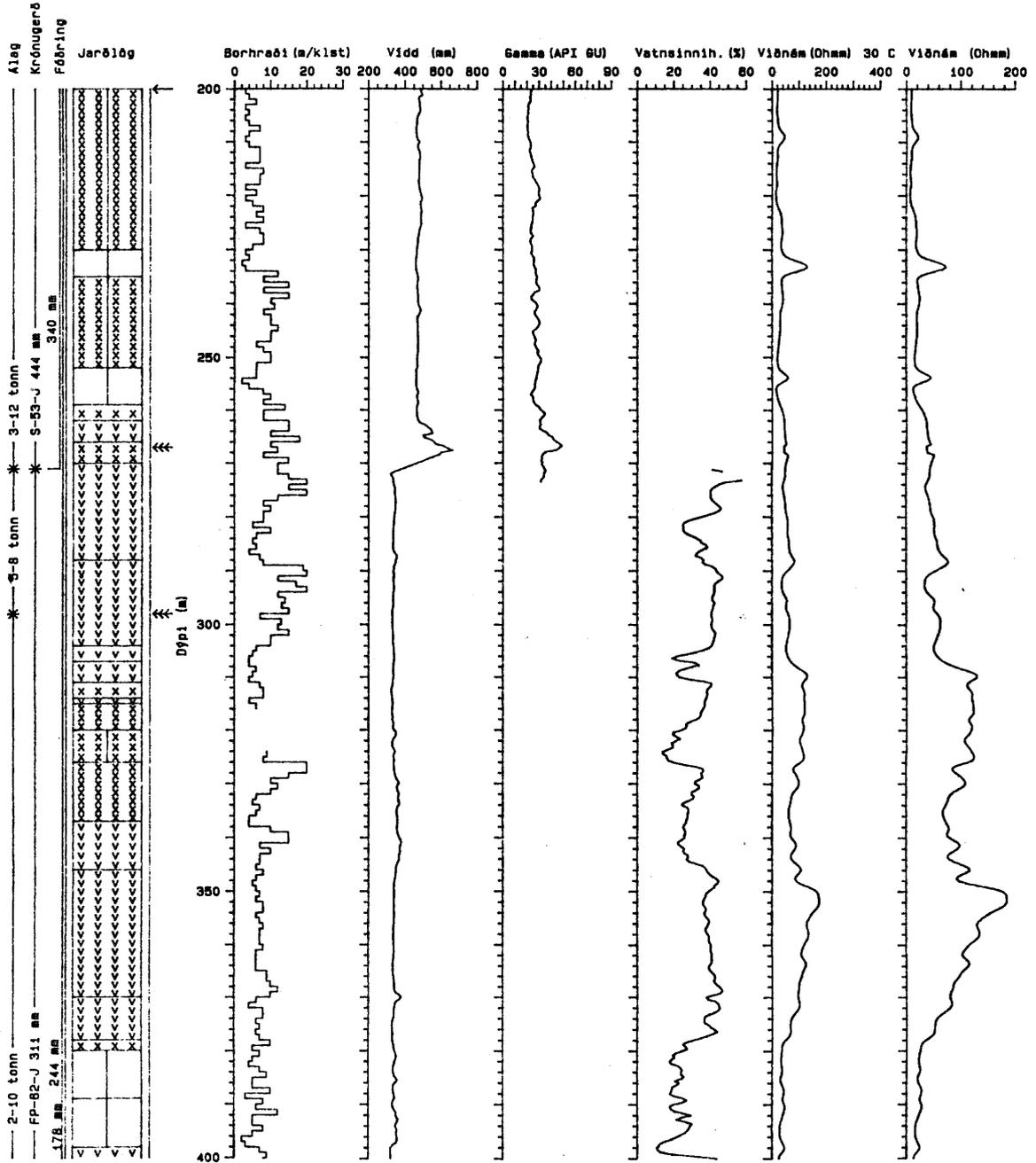
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 5 Jarðlagasnið og mælingar

JHD-BM/BJ-8715 HTU1/60F
88.03.0213 T/8SV

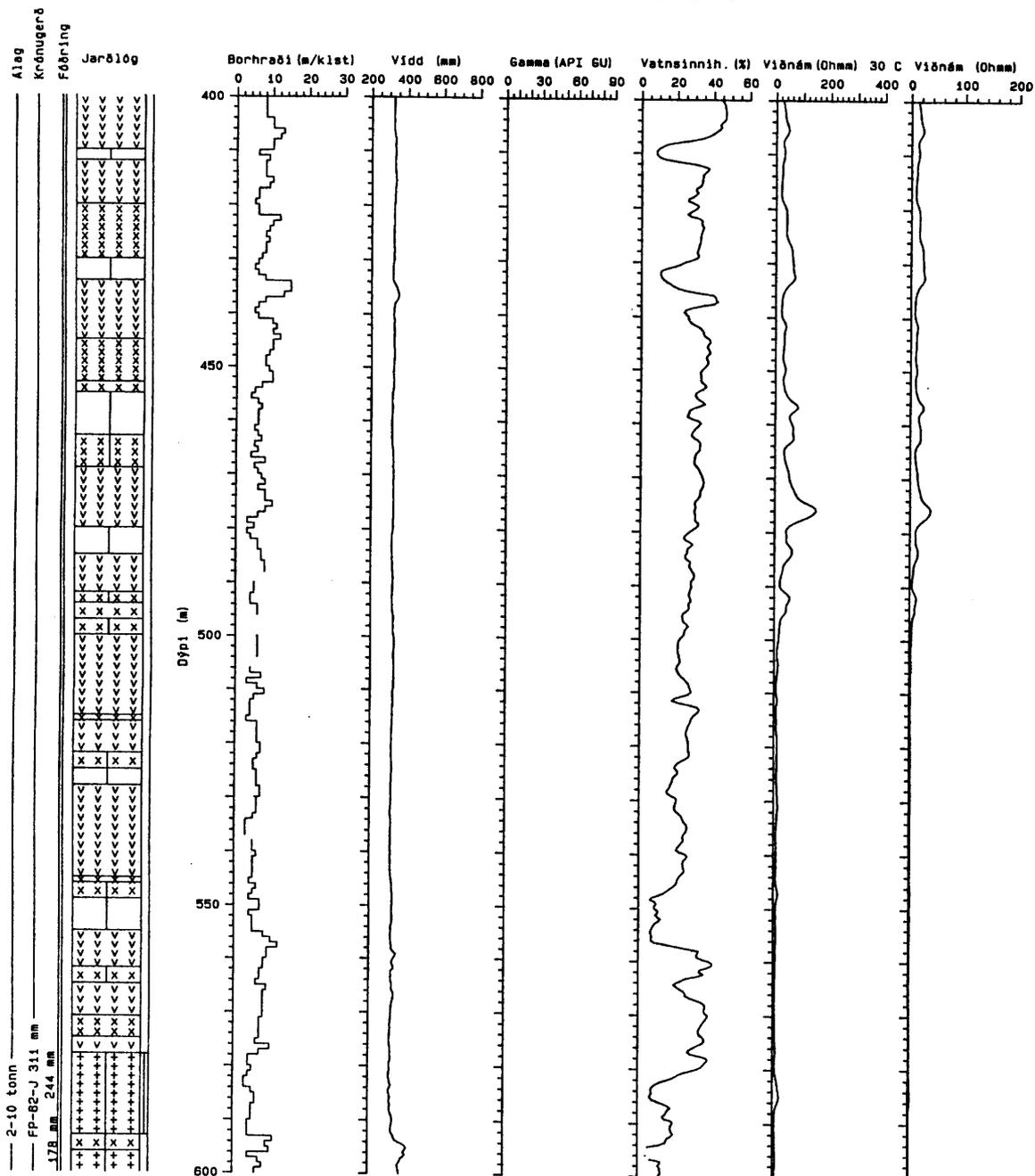
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 5 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HTu1/60F
86.03.0213 T/6SV

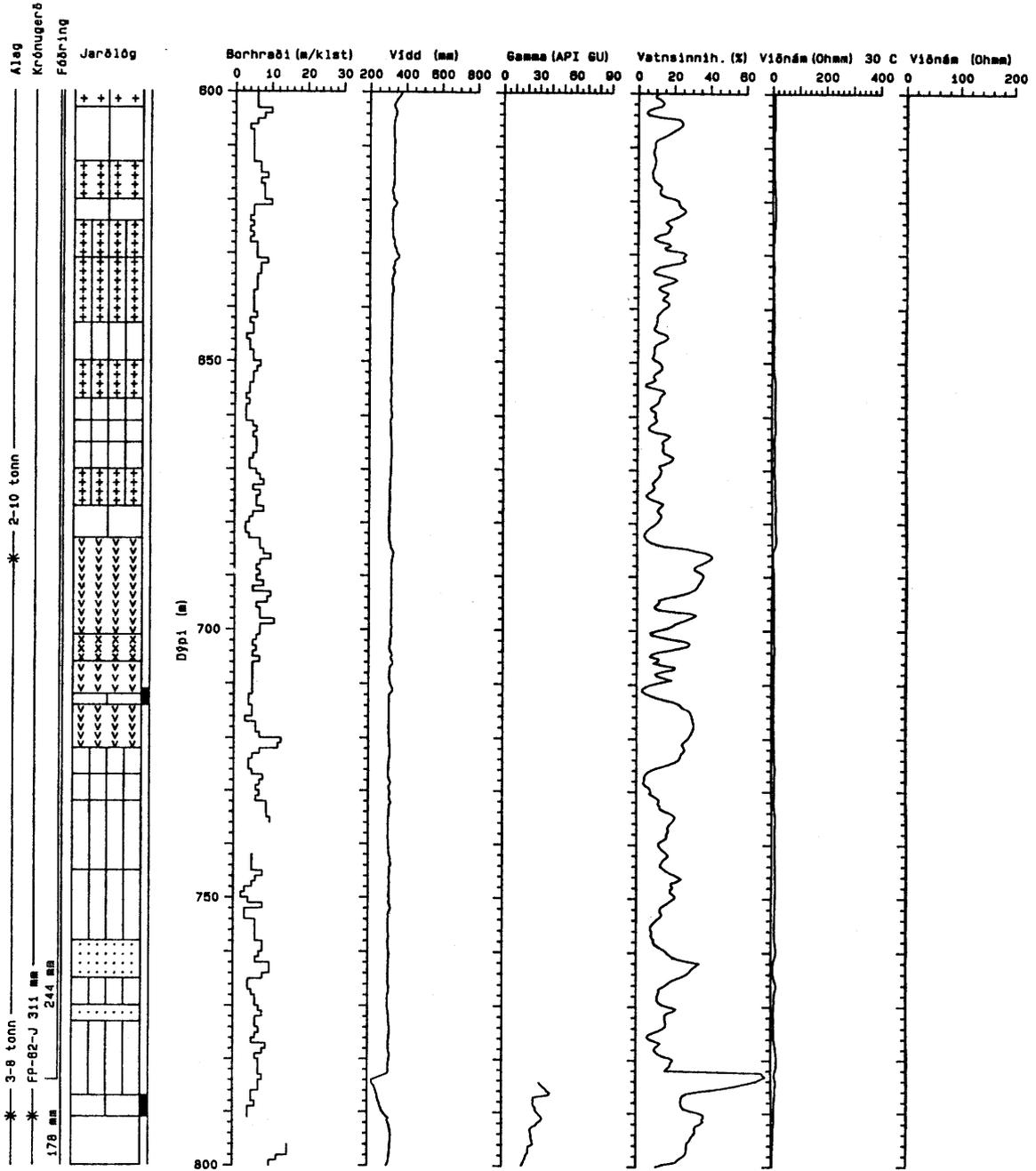
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 5. Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HTU1/60F
88.03.0213 T/6Sv

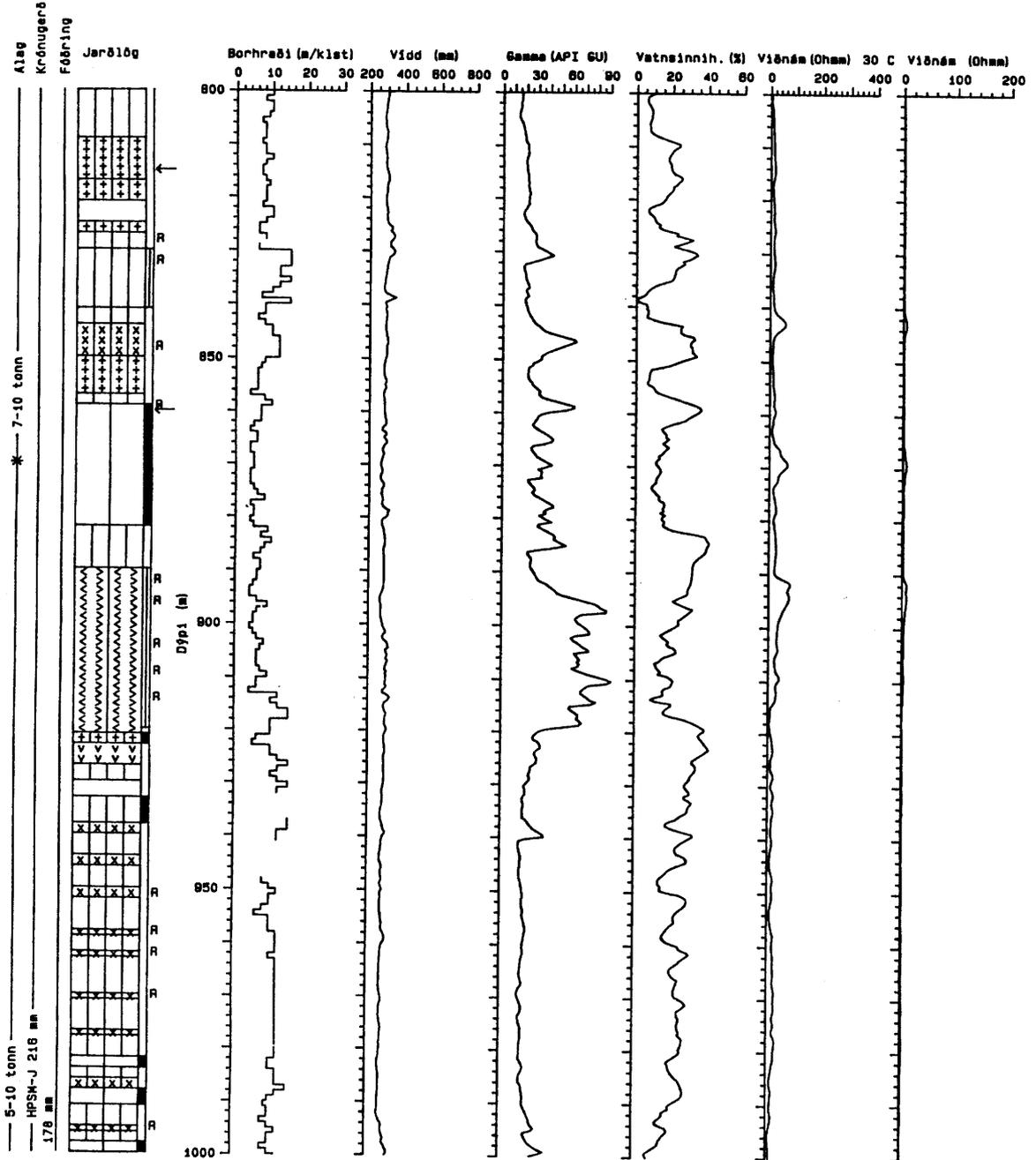
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 5 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 Htu1/GOF
86.03.0213 T/6Sv

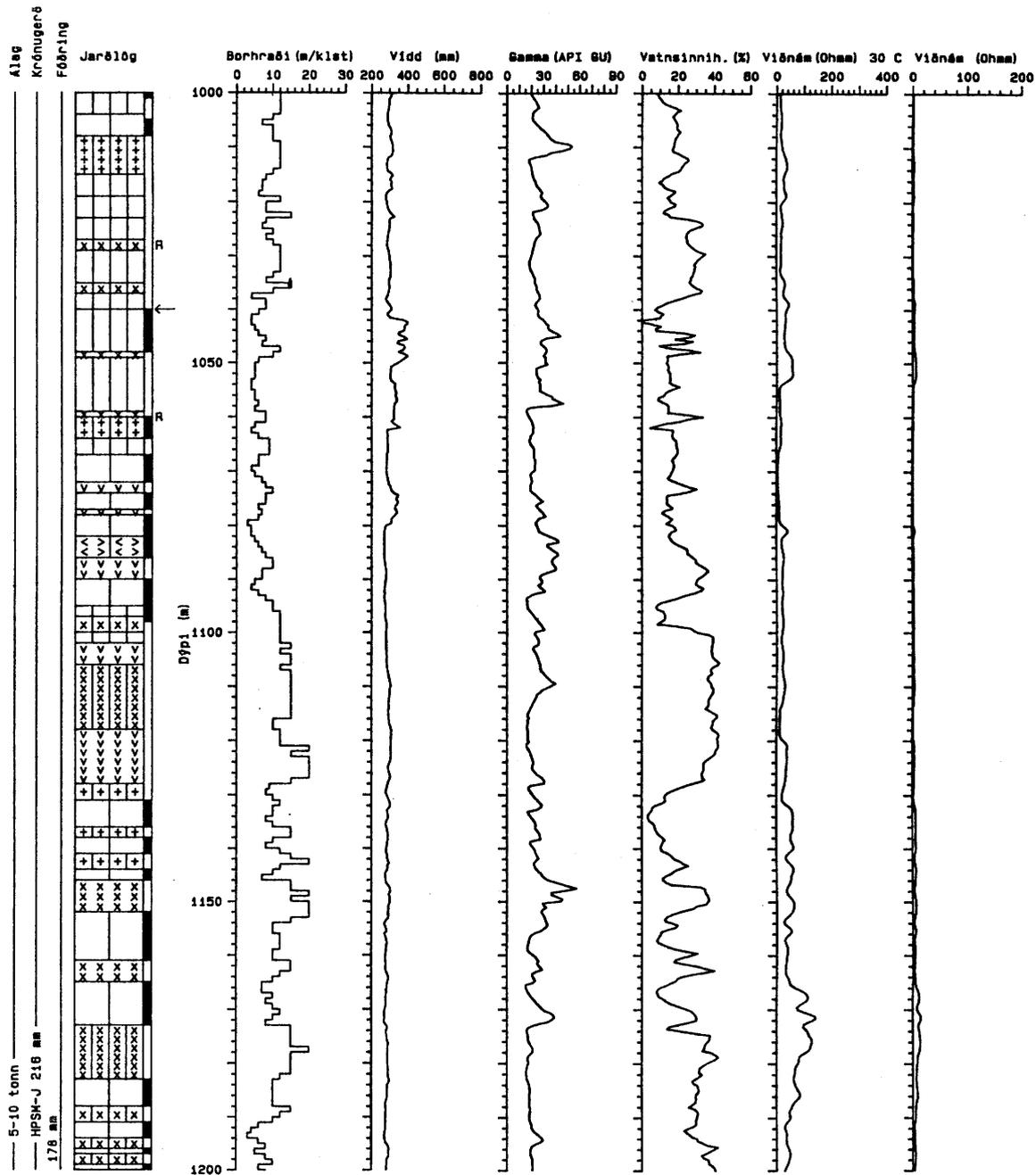
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 5 Frh.

JHD-BH/BJ-8715 HTU1/GOF
88.03.0213 T/6SV

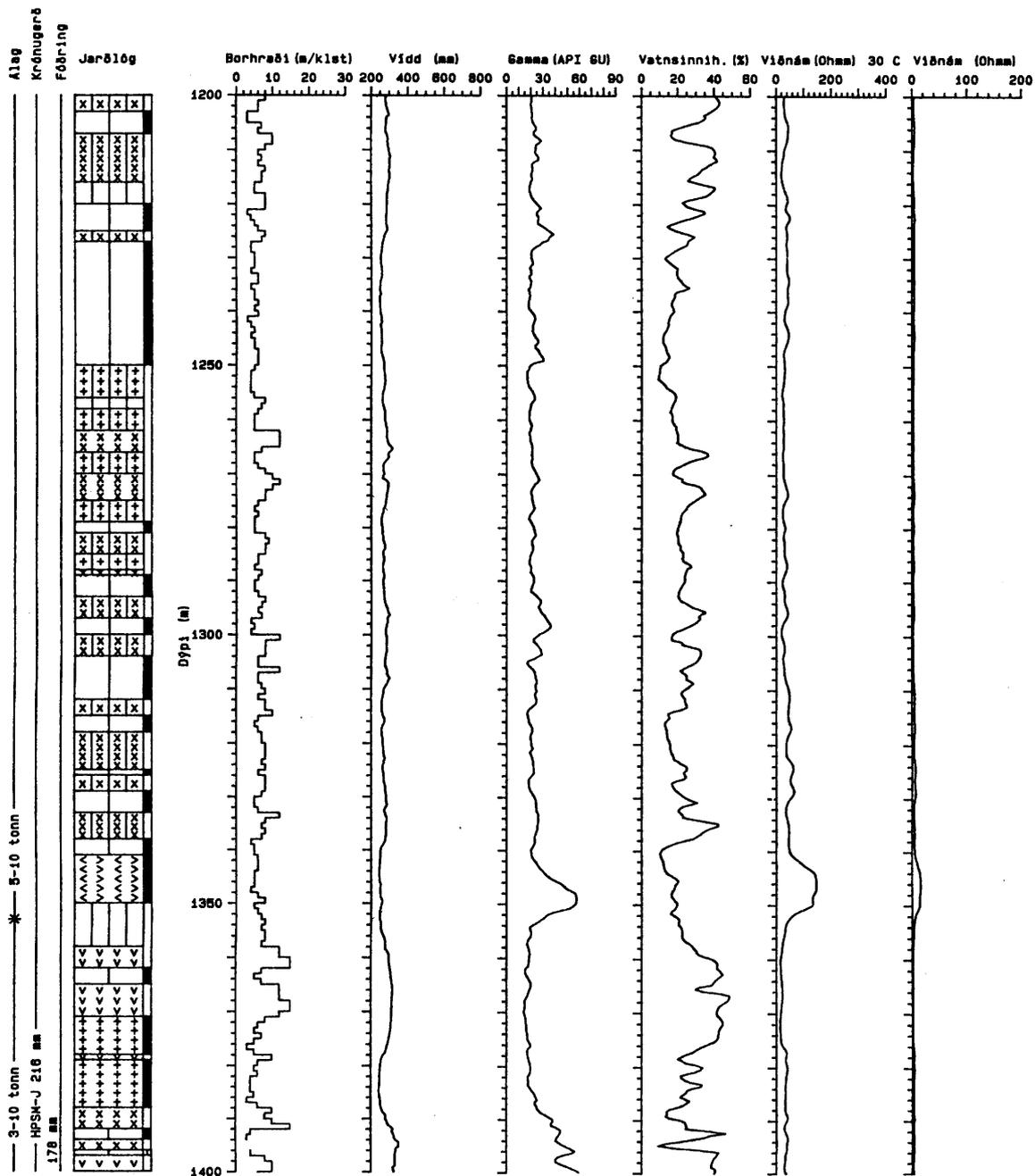
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 5 Frh.

JHD-BH/BJ-8715 HTu1/60F
86.03.0213 T/Gsv

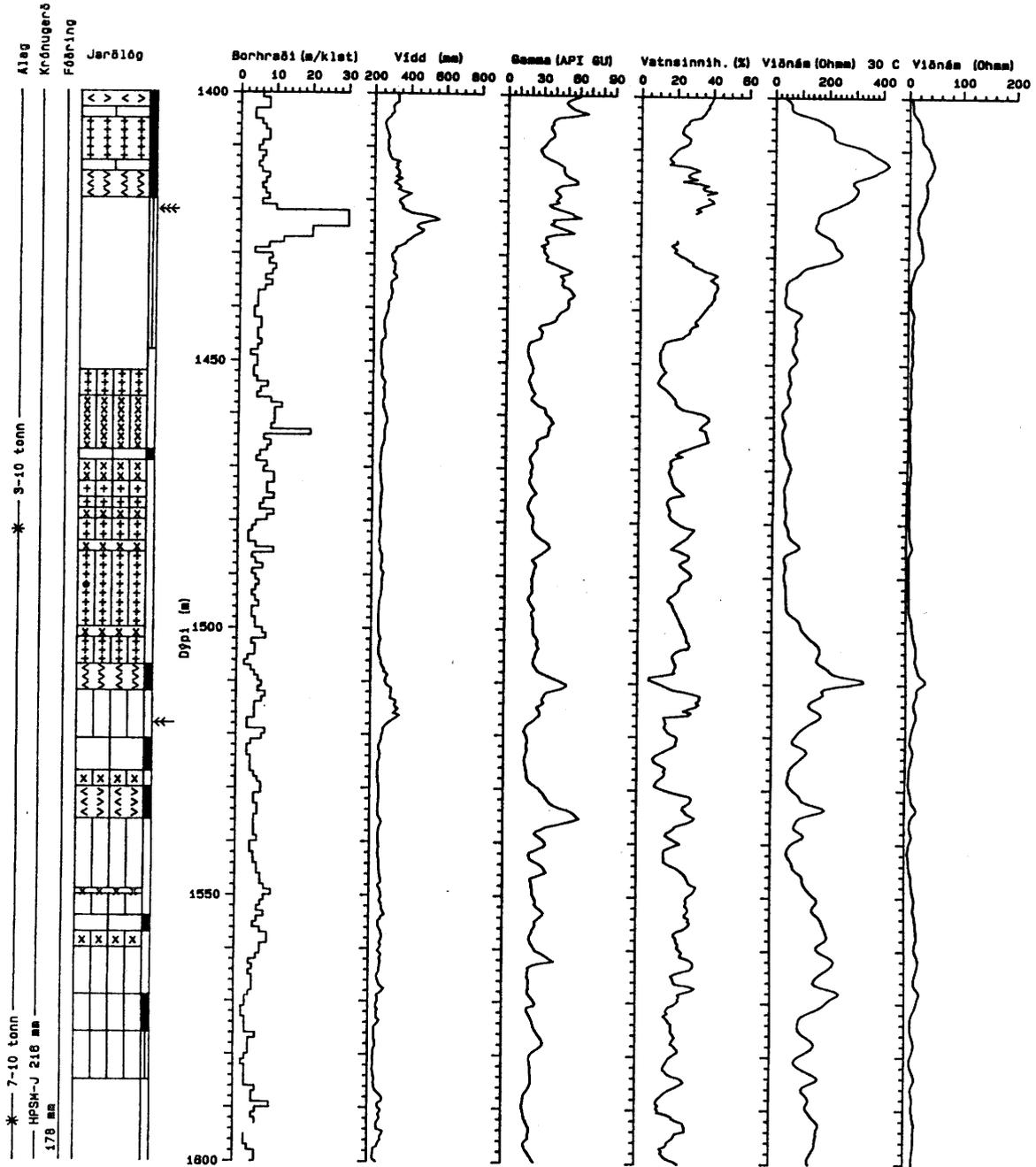
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 5 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HTU1/60F
88.03.0213 T/GSV

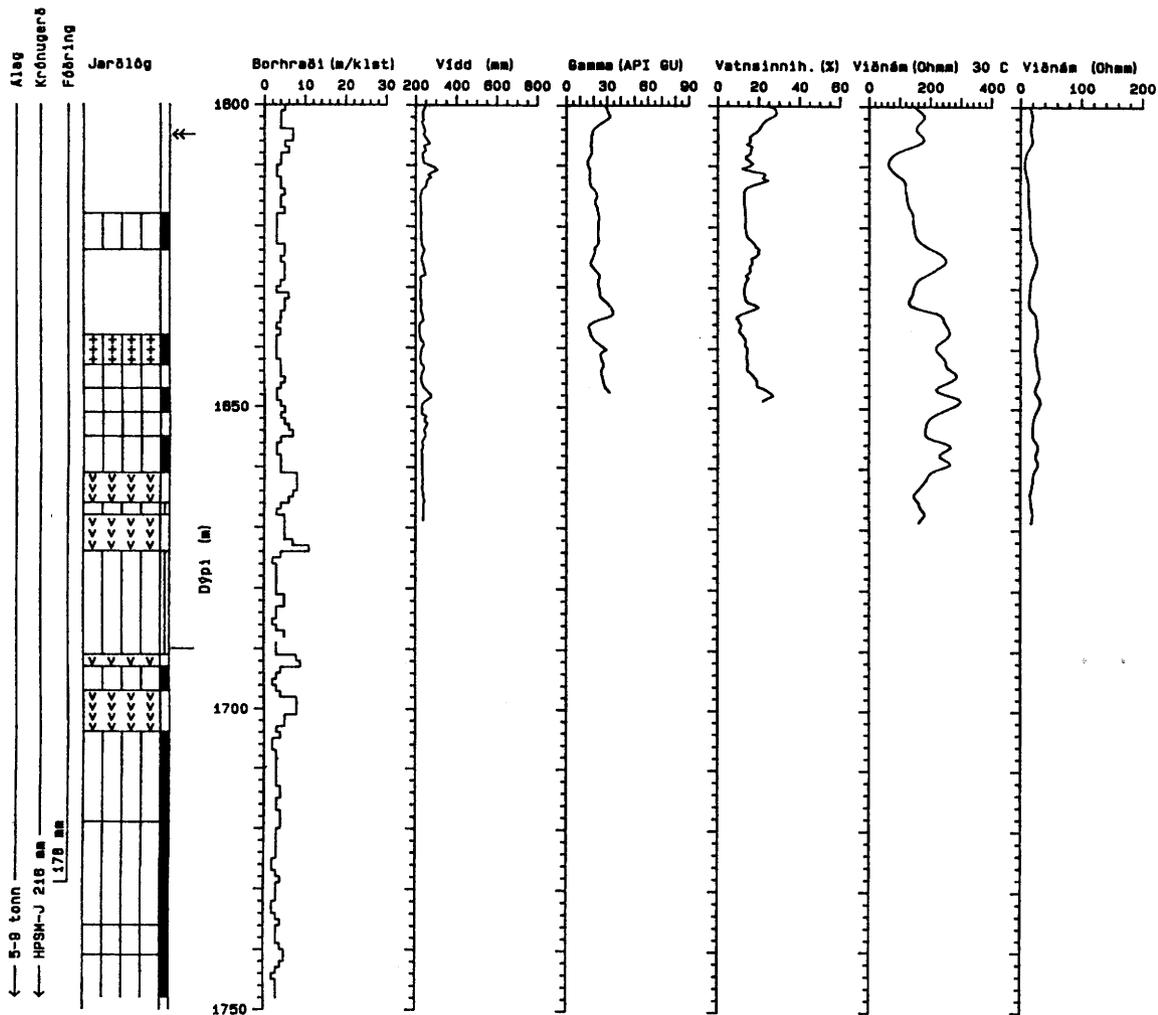
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 5 Frh.

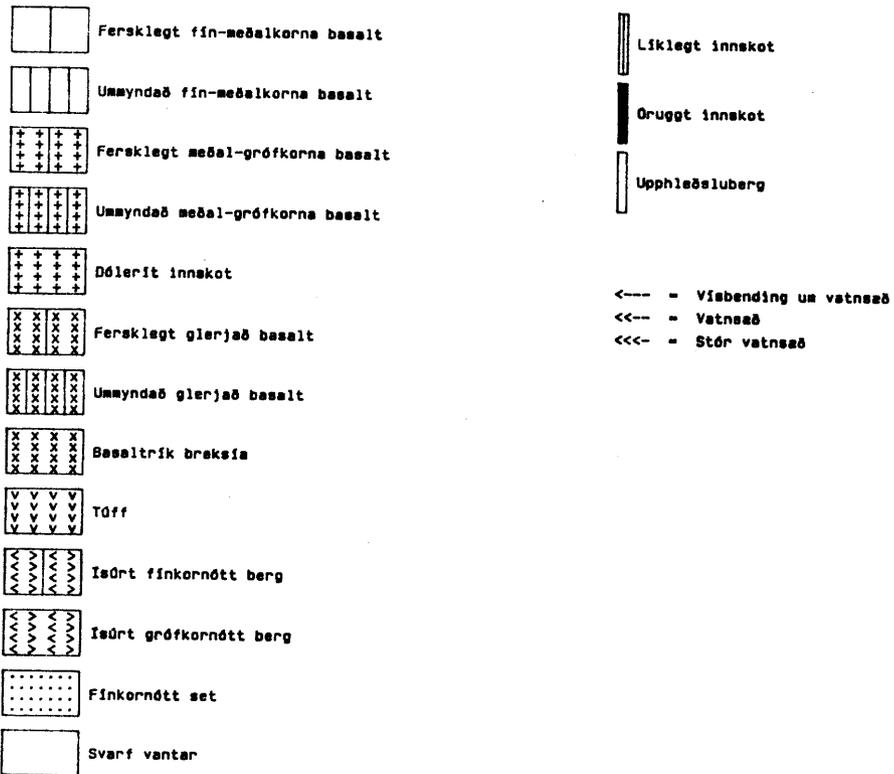
JHD-8M/BJ-8715 HTu1/60F
88.03.0213 T/6Sv

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 5 Frh.

Skýringar við jarðlagasnið



MYND 5 Skýringar

TAFLA 1 Jarðlagamyndanir í NJ-15

Jarðlagamyndun	Dýptarbil	Berggerð
MÓBERG	(0 - 56 m)	Ólivín-þóleiít
MÓBERG	(56 - 185 m)	Ólivín-þóleiít
MÓBERG	(185 - 270 m)	Ólivín-þóleiít
MÓBERG	(270 - 578 m)	Ólivín-þóleiít
HRAUNLÖG	(578 - 683 m)	Ólivín-þóleiít
MÓBERG	(683 - 723 m)	Líklega þóleiít
HRAUNLÖG	(723 - 1061 m)	Breytileg samsetning
INNSKOT	(1066 - 1098 m)	Nokkur lög
HRAUNLÖG/MÓBERG?	(1098 - 1220 m)	
INNSKOT	(1220 - 1250 m)	Fínkornótt
HRAUNLÖG	(1250 - 1288 m)	Ólivín-þóleiít
INNSKOT	(1288 - 1472 m)	Breytileg samsetning
HRAUNLÖG	(1472 - 1514 m)	Ólivín-þóleiít.
HRAUNLÖG	(1514 - 1586 m)	Líklega þóleiít
HRAUNLÖG	(1638 - 1660 m)	Líklega þóleiít
MÓBERG	(1660 - 1704 m)	
INNSKOT	(1704 - 1748 m)	Fínkornótt

Móberg 0-56 m. Svarf er til úr höggborsholunni frá 37 m dýpi. Þaðan og í 56 m dýpi er glerjað basalt ríkjandi, og kann það að tilheyra bólstrabergi. Bergið er ólivín-þóleiít og sjást bæði feldspat- og ólivíndílar í því, og eru innlyksur í ólivíndílunum áberandi. Bergið má heita ferskt, en oxunar gætir á 40 m og 44 m dýpi. Er hún e.t.v. tengd grunnvatnsborði. Myndun þessi kann að tilheyra Neðri Stangarhálsmyndun.

Móberg 56-185 m. Fersklegt dílótt móbergstúff er einrátt niður á 152 m dýpi og neðan 168 m í 185 m. Þar á milli eru tvö þunn basaltlög. Dílamagn er breytilegt milli sýna en eykst niður á við. Dílar eru úr ólivín og feldspat og ríkir af glerinnlyksum. Svipað móberg finnst á 270-330 m dýpi í NJ-14 (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986b). Móbergið er áberandi oxað milli 56 og 80 m og ber nokkuð á límoníti og opal. Túffið er fremur setkennt við 80 m mörkin og nærri 135 m dýpi þar sem leirummyndunar fer að gæta.

Móbergið er annars svipað og í NG-10 og tengja má basaltlögin tvö lárétt milli holanna.

Móberg 185-270 m. Hér kemur önnur ólivín-þóleiít móbergsmýndun sem samanstendur af móbergsbreksíum og hlutkristölluðu basalti. Feldspat-, ólivín- og pýroxendílar sjást öðru hvoru. Tvö basaltlög finnast á 230-234 m og 252-259 m dýpi. Í NG-10 sést samsvarandi basaltlag nærri 210 m dýpi. Neðst í þessari myndun er setkennt túff, grænt á lit. Þar varð algjört skoltap (267 m) sem gekk illa að steypa í. Samsvarandi skoltapsstað er að finna í NG-10 á 252 m dýpi.

Móberg 270-578 m. Ólivín-þóleiít móberg er ráðandi berggerð á þessu 308 m bili. Móbergið er feldspat-stakdílótt, en dílamagn er þó nokkuð breytilegt milli sýna. Ekki virðist ástæða til að skipta þessari myndun upp í smærri myndanir út frá fyrirbyggjandi gögnum úr NJ-15. Þó er rétt að nefna að móbergið er túffríkast efst (270-378 m, 74% túff), basalt- og breksíuríkt um miðbik (378-469 m, 34% túff) og túffríkt neðst (469-578 m, 66% túff). Basalt í miðkafla má tengja í basaltlög milli 400 og 428 m í NG-10. Í NG-10 var sömu móbergsmýndun (250-548 m) skipt í tvennt um þessi basaltlög þar sem basaltríkar breksíur voru mun algengari í neðri myndun en efri (Ásgrímur Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1986). Ósamræmið milli hola má skýra með mismunandi magni bólstra- eða basaltbrota innan sömu móbergsmýndunar.

Hraunlög 578-683 m. Fyrsta hraunlagamyndunin í NJ-15 er samsett úr ólivín-þóleiít hraunum. Samsvarandi myndun sést í NG-10 frá 548 m dýpi í 641 m (Ásgrímur Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1986), en sú hola er 37 m neðar í landi og samræmi því gott.

Móberg 683-723 m. Móbergið er að mestu túff. Rétt er að benda á að neðsta móbergsmýndunin í holu NJ-14 er álíka þykk (830-868 m). Sé leiðrétt fyrir hæðarmun í landi samsvarar þetta dýpi 703-741 m í NJ-15. Móbergið í NJ-14 er túffríkt sem í NJ-15 og finnst samsvarandi myndun í holum NG-6 og NG-9 (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986b).

Hraunlög 723-1066 m. Rétt þykir að skoða þetta dýptarbil í heild í þessari skýrslu. Hraunlögnum má þó e.t.v. skipta í þrjár einingar: 723-810 m, 810-860 m og 860-1066 m. Miðhlutinn er heldur grófari í korni og ætlaður samsettur úr ólivín-þóleiítlögum. Samkvæmt svarflýsingu er efsti hlutinn líka ólivín-þóleiít-kynja meðan bergefna-samsetning hraunlaga úr neðsta hluta er látin liggja milli hluta. Borið saman við holu NG-10 (Ásgrímur Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1986) er samsvarandi hraunlagamyndun þar skipt í þóleiít 668-780 m og ólivín-þóleiít 780-1041 m. Ljóst er að um sömu hraunlagamyndanir er að ræða og ósamræmi einungis vegna skorts á ítarlegum samanburði. Af þeim sökum er hraunlagamyndunin skoðuð í heild sinni hér. Í NG-10 sést að hraunlagamyndunin er áberandi oxuð frá 650 m og niður í botn, en í NJ-15 fer áberandi oxunar að gæta neðan 830 m dýpis.

Ísúrt fínkornótt berglag finnst á 890-920 m dýpi og kann að vera innskot í staflann. Lag þetta fannst ekki í NG-10, en sambærilegu lagi er lýst í NJ-14 á 972-984 m dýpi (samsvarar 845-857 m í NJ-15). Vatnsæð er tengd ísúra laginu í NJ-15.

Innskot 1066-1098. Nokkur basaltinnskot er að finna á þessu dýptarbili og eitt þunnt ísúrt lag (mynd 5). Látið er liggja milli hluta hvort innskot þessi hafi troðist inn efst í móbergsmýndun eða neðst í hraunlagamyndun.

Hraunlög/Móberg? 1098-1220 m. Á þessu dýptarbili er mestur hluti upphleðslubergsins úr glerjuðu basalti sem gæti tilheyrð bólstrabergi. Jafnframt finnast nokkur túff- og breksiúlög innan um þunn fínkornótt innskotslög. Á 1041-1180 m dýpi í NG-10 (samsvarar 1078-1217 m í NJ-15) var mikið greint af túffi og basaltbreksíum, hugsanlega tilheyrandi móbergsmýndun (Ásgrímur Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1986) og má því sjá sæmilega samsvörun milli hola. Neðan þessa dýpis fjölgar innskotum verulega og aðgreining í einstakar myndanir er því erfiðari.

Innskot 1220-1250 m. Hér má heita að sé eitt þykkt fersklegt fínkornótt basaltinnskot.

Hraunlög 1250-1288 m. Meðal-grófkorna ólivín-þóleiítt hraunlög eru aðgreind á þessu dýptarbili.

Innskot 1288-1472 m. Á þessu dýptarbili eru innskot um eða yfir 60% af staflanum. Af þeim sökum er ekki með öllu ljóst hvaða berggerð innskotin tróðust í. Það litla sem sést af upphleðslubergi er úr glerjuðu basalti ofan 1350 m og svo í neðstu 20 m, en túff og breksiur þar á milli. Kann því að vera að innskotin hafi troðist í móbergsmýndun. Í NG-10 virtist helst sem um hraunlagamyndun væri að ræða á

svipuðu dýptarbili (þar í 1180-1420 m). Sama vandamál var uppi þar sökum innskotapéttleika (Ásgrímur Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1986).

Innskotin í NJ-15 eru flest úr fersklegu fínkornóttu basalti svo sem sjá má á nákvæma jarðlagasniðinu (mynd 5). Þar má telja ein 14 slík lög ásamt þrem dólerítlögum og a.m.k. þrem aðskildum ísúrum lögum. Algjört skoltap varð í neðsta ísúra laginu og vantar því svarf milli 1410 og 1452 m dýpis. Samkvæmt gammaferli má hinsvegar ætla að ísúra innskotið nái allt niður á 1448 m dýpi. Öflugasta vatnsæðin er í þessu lagi.

Hraunlög 1472-1514 m. Hér finnast nokkur meðal-grófkorna hraunlög, líklega ólivín-þóleiít.

Hraunlög 1514-1586 m og 1638-1660 m. Fínkornótt basalhraunlög eru algengust upphleðslubergs. Vegna skoltaps vantar svarf frá 1586-1638 m dýpi. Tvö þunn ísúr innskot er að finna efst í þessari hraunlagamyndun.

Móberg 1660-1704 m. Móbergstúff er áberandi á þessu dýptarbili. Í NG-10 fundust móbergsslitrur á víð og dreif neðst í holunni. Virðist því mega ætla að djúplæg móbergsmýndun(anir) sé til staðar þó erfitt sé að afmarka hana sökum innskotapéttleika.

Innskot 1704-1748 m. Fínkornótt ummynduð basaltinnskot voru greind samfelld á þessu dýptarbili.

Nokkuð hefur verið rætt um innskot og þéttleika þeirra hér að ofan. Í töflu 2 er sýnt yfirlit um fjölda og gerð innskota á hverju 100 m bili niður holuna. Ef vatnsæð tengist innskoti er það gefið til kynna með + og fjöldi slíkra innskota gefinn til kynna.

TAFLA 2 Innskot í NJ-15

Dýpi (m)	Fínkorna þykkt (m)	Meðal/grófk. þykkt (m)	Dólerít þykkt (m)	Ísúr þykkt (m)	Fjöldi	%	Vatnsæðar
0-500	0	0	0	0	0	0	
500-600		15	0	0	1	15	
600-700	0	0	0	0	0	0	
700-800	7				2	7	
800-900	34			10	3	44	+/1
900-1000	8	2		20	5	30	
1000-1100	31	4		4	8	39	+/1
1100-1200	37				9	37	
1200-1300	41				6	41	
1300-1400	25		18	9	11	52	
1400-1500	6		8	38	6	52	+/1
1500-1585	25			11	6	42	+/1
1638-1700	33	5			6	61	+/1
1700-1748	44				4	92	

Athygli er vakin á því að af 7 vatnsæðum í vinnsluhluta holunnar eru 5 við innskotajaðra (sjá kafla 6). Ekki sést hvaða bergi vatnsæð við 1610 m tengist því að svarf vantar vegna skoltaps. Viðnámsferill sýnir hins vegar hátt viðnám ofan þessarar æðar. Bendir það til þétts bergs, trúlega basaltinnskots. Af ofansögðu er ljóst að nær allar vatnsæðarnar tengjast innskotum og sýnir það að sprunguleiðni er ráðandi í jarðhitakerfinu umhverfis holu NJ-15. Stærstu vatnsæðarnar tengjast jafnframt ísúru innskotunum.

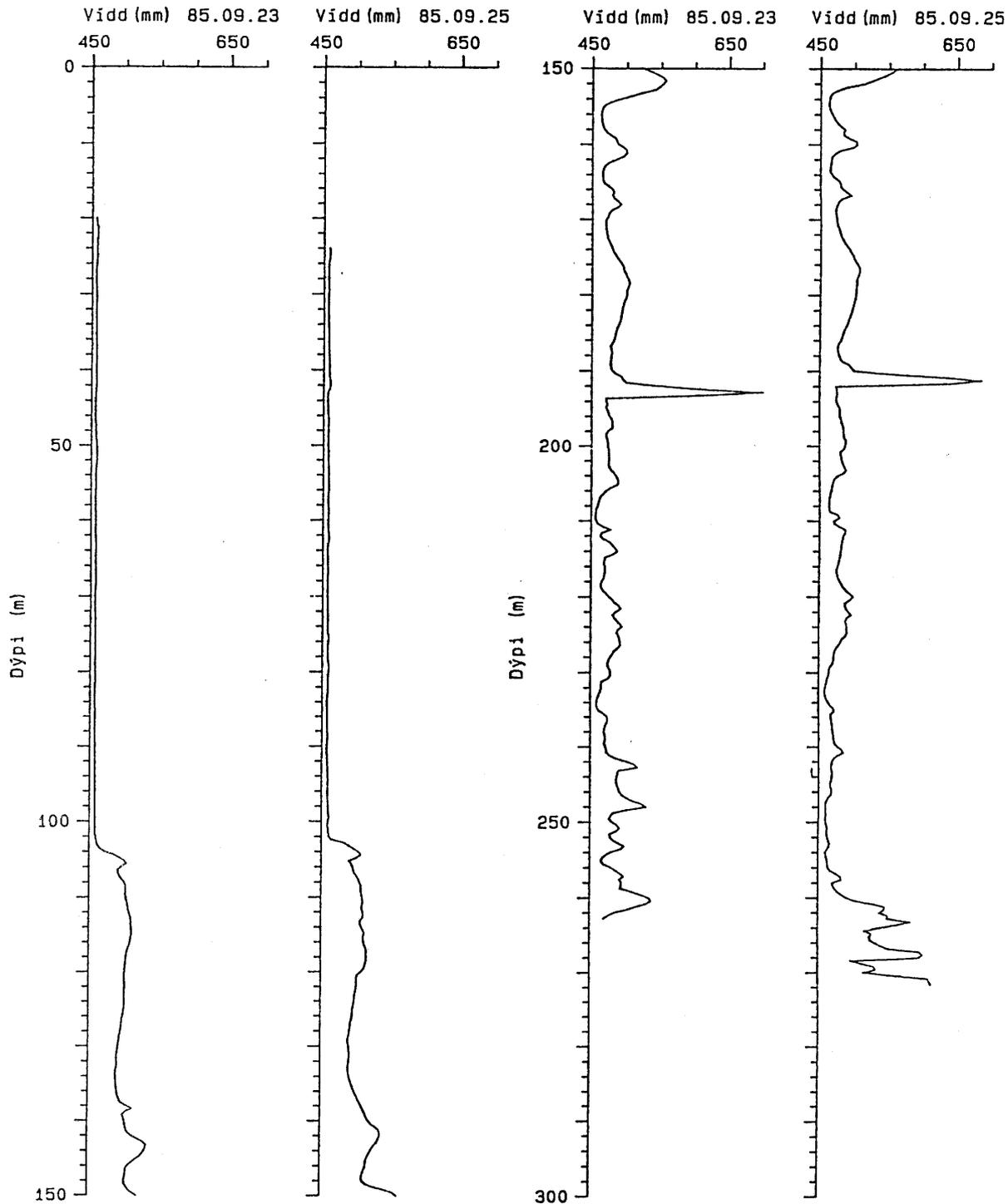
4.2 Jarðlagamælingar

Í töflu 3 eru skráðar allar jarðeðlisfræðilegar mælingar sem gerðar voru í holu NJ-15, bæði meðan á borun stóð og í upphitun eftir borun. Steypumælingar (CBL) ásamt hita- og þrýstimælingunum eru birtar í bráðabirgðaskýrslunum (V-2 til V-5), víddarmælingar sem gerðar voru áður en steipt var í leka við um 275 m dýpi eru birtar á mynd 6. Dýptarleiðréttar jarðlagamælingar ásamt vídd, borhraða og jarðlagasniði eru í viðauka I.

Jarðlagamælingarnar hafa verið leiðréttar fyrir áhrifum holuvíddar og afleiddar stærðir reiknaðar. Mæling á gammageislun er hér birt í stað kísilsýruferilsins (mynd 5). Kísilsýrugildin eru þó aðeins notuð þegar reiknuð eru meðaltöl yfir einstök lög eða syrpur úr kristölluðu

JHD-BM-8715 HTu1
86.02.0136 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 VÍDDARMÆLINGAR Í BORUN



MYND 6 Víddarmælingar

bergi, sem gammamælingin nær yfir. Ekki tókst að mæla gammageislun í öðrum áfanga (270 m-790 m).

Vatnsinnihald er fengið út frá nifteindamælingunni, en það gefur mat á poruhluta bergsins umhverfis holuna. Með vatnsinnihaldi er átt við bundið (ummyndun) og óbundið (í porum og sprungum) vatn. Þegar ummyndun er lítil fæst nokkuð gott mat á poruhuta út frá vatnsinnihaldinu. Ekki er hægt að leiðrétta fyrir áhrifum holunnar ef hún er víðari en 400 mm (15 3/4") og fæst því ekki mat á vatnsinnihaldi í 17 1/2" holunni (fyrsta hluta).

Eins og við holu NJ-14 er 16" viðnámsferillinn notaður við frekari úrvinnslu og var viðnám borholuvökvans áætlað 15 Ohmm við 23°C. Þegar búið var að leiðrétta 16" viðnámsgildin fyrir vídd voru þau leiðrétt fyrir hita, fyrst að 30°C (R30), síðan að berghita (Rb). Þessir tveir viðnámsferlar eru teiknaðir á mynd 5 ásamt víddarleiðréttu gamma, vatnsinnihaldi, vídd, borhraða, jarðlagasniði og ýmsum upplýsingum um holuna.

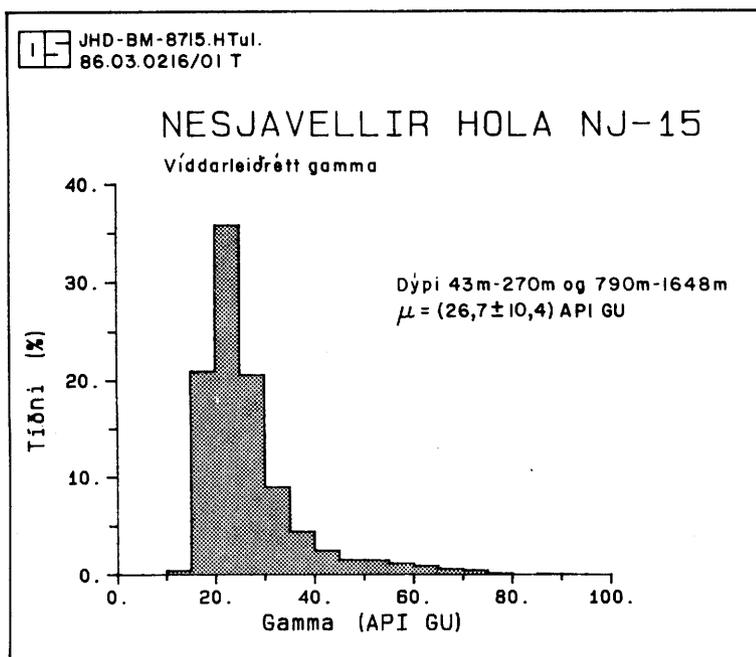
Myndir 7 a-d sýna dreifingu víddarleiðréttis gamma, vatnsinnihald, R30 og Rb. Þar sem viðnámsgildin ná yfirleitt yfir mjög stórt svið er skýrara að teikna tíðnidreifingu sem Log(R30) og Log(Rb).

Meðalgildi gammamælinganna er $(26,7 \pm 10,4)$ API GU (mynd 7a) sem er svipað og í öðrum holum á Nesjavöllum. Hágildi dreifingarinnar er í (20-25) API GU. Meðalgildi kísilsýru í kristölluðu bergi í efsta og neðsta hluta holunnar er $(47,3 \pm 2,1)\%$, í glerjuðu basalti á sama dýptarbili er meðaltalið aðeins lægra eða $(46,9 \pm 1,4)\%$, eða $(47,2 \pm 1,9)$ fyrir þessar berggerðir saman. Í ísúra laginu á 890 m-920 m dýpi er meðaltalið 57,3%, í laginu á 1342 m-1350 m er meðaltalið 51,9% og í ísúra laginu á 1400 m-1452 m er það 51,1%.

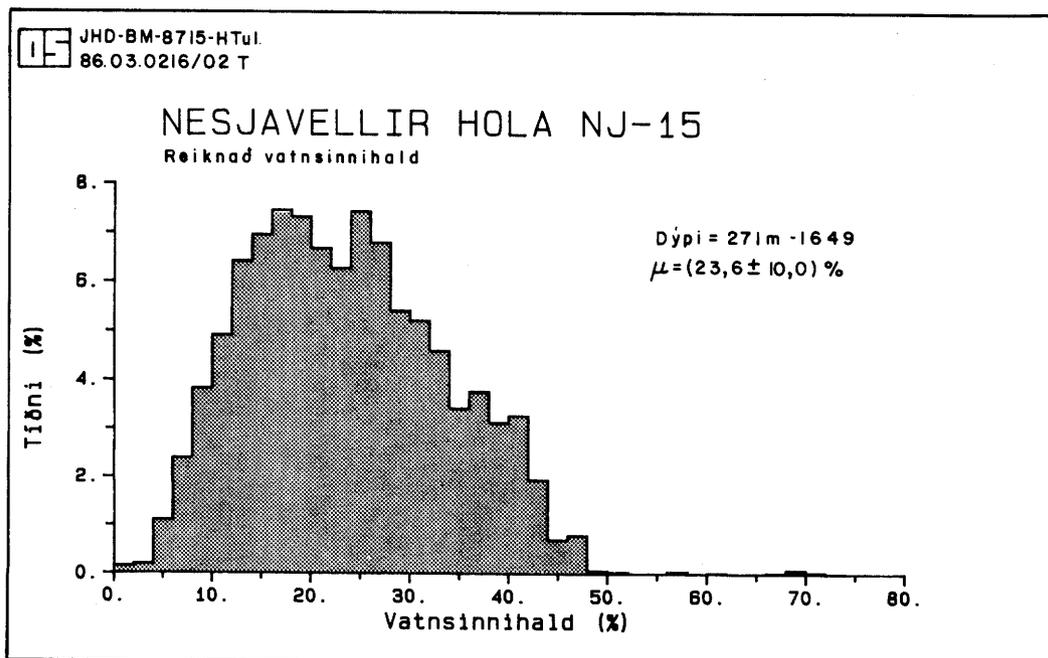
Vatnsinnihaldið er að meðaltali $(23,6 \pm 10,0)\%$ (mynd 7b) á dýptarbilinu 271 m-1649 m en það er í hærra lagi miðað við aðrar holur á svæðinu. Dreifingin sýnir tvo toppa annan við 16%, hinn við 26%. Þegar tíðnidreifing viðnámsferlanna eru skoðuð sjást a.m.k. þrjú hágildi. Meðalviðnám leiðrétt að 30°C er 52 ± 59 Ohmm en 13 ± 24 leiðrétt að berghita.

Síaðir mæliferlar eru teiknaðir upp ásamt einfölduðu jarðlagasniði, innskotatíðni og ummyndunarsniði á mynd 4. Á þessari mynd sést í stórum dráttum hvernig bergið er sem holan sker. Ísúru lögin koma fram í gammamælingunni sem hágildi. Gangar og innskot sjást í vatnsinnihaldinu sem lággildi, enda er þar þétt berg og gefur vatnsinnihaldið gott mat á poruhluta innskotanna. Túff er hins vegar gropið berg og þar af leiðandi með hátt reiknað vatnsinnihald sem er að hluta til ummyndun og að hluta poruhluti.

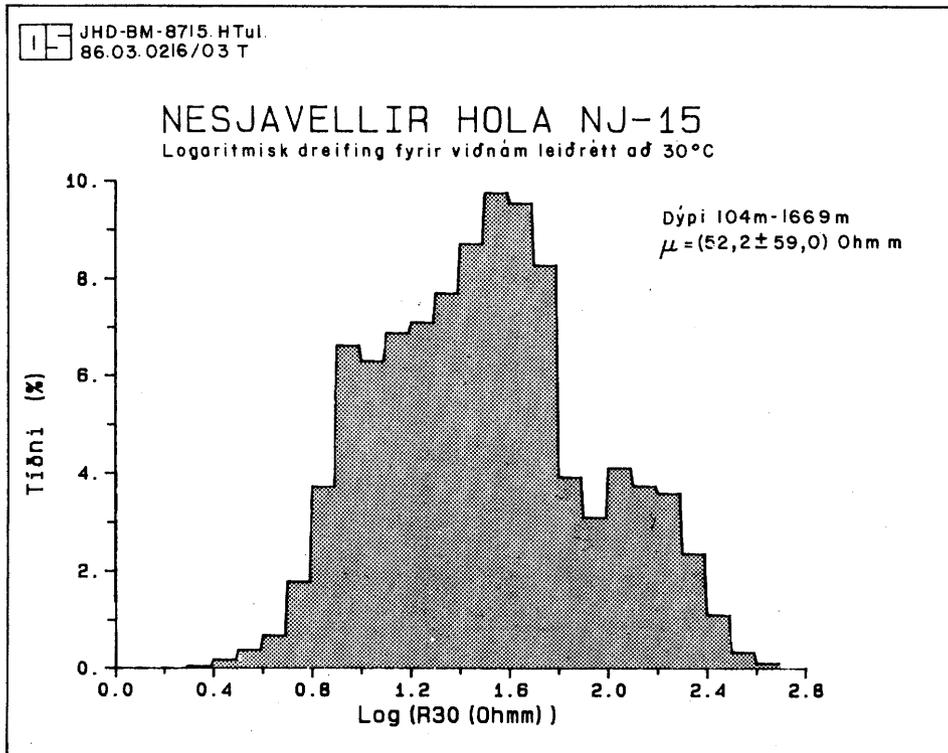
Ummyndun og innskotatíðni ráða miklu um það hvernig viðnámsferlarnir eru. Efstu 400 metrararnir eru úr lítið ummynduðu bergi, og er þar hátt viðnám. Næstu 100 m eru aðallega úr móbergi og er ummyndunin farin að aukast enda er viðnámið orðið töluvert lægra. Þar fyrir neðan eykst ummyndun og lækkar viðnámið þá mikið og er nálægt 0 Ohmm niður í 800 m en þar breytist ummyndunin og innskotum fjölgar, sem veldur hækkuðu viðnámi. Viðnámið hækkar fyrir neðan 800 m dýpi og eins langt og mælingin nær eða í tæpa 1700 m.



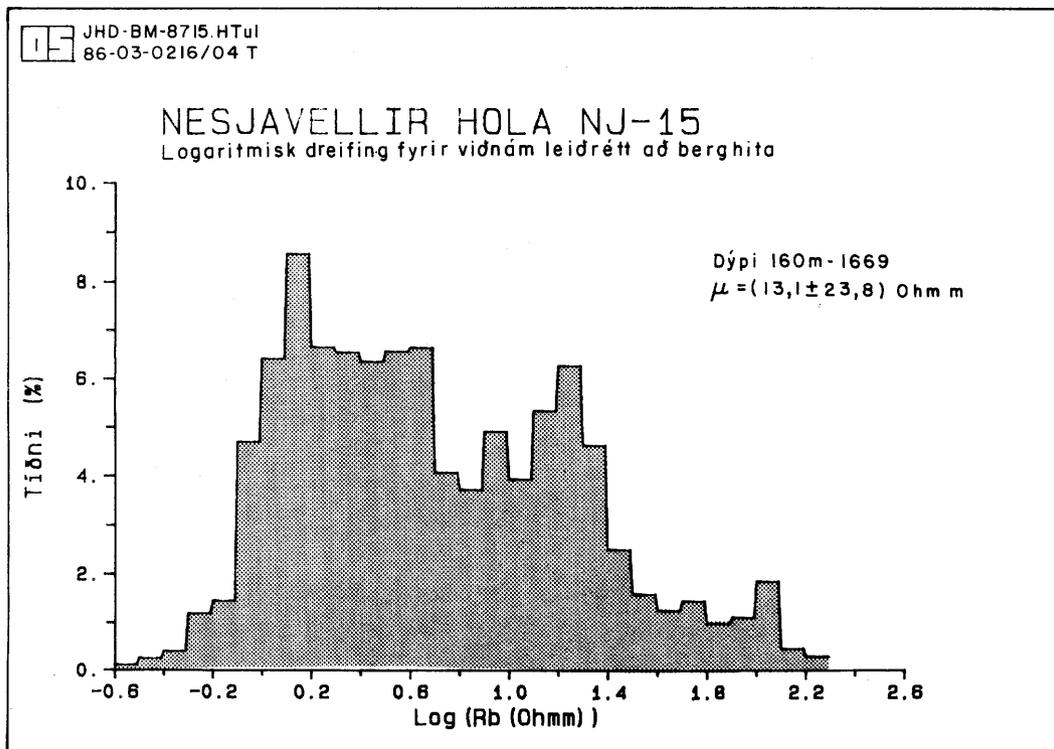
MYND 7a Víddarleiðrétt gamma, tíðnidreifing



MYND 7b Reiknað vatnsinnihald, tíðnidreifing



MYND 7c Logaritmsk dreifing fyrir viðnám leiðrétt að 30°C



MYND 7d Logaritmsk dreifing fyrir viðnám leiðrétt að berghita

TAFLA 3 Mælingar í holu NJ-15

Dags.	Tími (kl)	Hvað mælt	Dýptarbil (m)	Athugasemdir
85.09.23	21:15-21:35	Hiti+dT+CCL	0-261	Vegna hruns, fyrir steypingu
85.09.23	21:35-22:15	Vídd	0-261	Skápar fyrir steypingu
85.09.25	19:00-19:30	Hiti+dT+CCL	0-274	Eftir tvær steypingar
85.09.25	19:30-20:20	Vídd	0-274	Eftir tvær steypingar
85.09.26	18:30-19:00	Vídd	0-271	Fóðring, skápar
85.09.26	19:00-20:00	Hiti+dT+CCL	0-271	Æðar
85.09.26	20:00-21:15	Nifteindir+gamma	0-271	Jarðlög
85.09.26	21:15-22:00	Viðnám 16"og 64"	0-271	Jarðlög
84.09.27	03:45-04:00	Hiti+dT+CCL	0-270	Lóðun niður á tvö fóðurrör
85.09.28	18:20-19:00	Hiti+dT+CCL	0-246	Á undan CBL mælingu
85.09.28	19:00-20:35	CBL	0-246	Steypuborð
85.09.28	20:35-21:00	Hiti+dT+CCL	0-246	
85.09.28	21:00-24:00	Sprenging	204,1-206,2	8 egg sprengd fyrir steypingu
85.10.05	21:10-22:15	Hiti-dT-CCL	0-770	Upphitun, mælt inni í stöngum
85.10.06	03:10-04:30	Hiti-dT-CCL	0-790	Upphitun, mælt eftir upptekt
85.10.06	04:30-05:30	Vídd	0-780	Skápar
85.10.06	05:30-07:15	Nifteindir+gamma	0-780	Jarðlög
85.10.06	07:30-08:15	Viðnám 16"og 64"	0-780	Jarðlög
85.10.07	00:30-01:10	Hiti-dT-CCL	0-759	Finna æðar. Mælt inni í stöngum
85.10.07	18:00-20:00	Hiti-dT-CCL	0-675	Steypingu lokið, upphitun
85.10.07	21:00-22:00	CBL	0-620	Steypugæði 12 klst. eftir steypingu
85.10.15	20:45-21:45	Hiti+dT+CCL	0-1518	Eftir upptekt vegna brotins kolla,
85.10.18	16:30-19.45	Hiti+dT+CCL	0-1690	Lok borunar, í stöngum, æðar,
85.10.18	20:15-22:30	Hiti+dT+CCL	0-1702	Í stöngum, dæling í 34 l/s, æðar
85.10.19	10:10-11:20	Hiti+dT+CCL	0-1707	Eftir upptekt, æðar
85.10.19	11:20-14:00	Vídd	0-1680	Skápar, jarðlög
85.10.19	14:00-15:45	Viðnám 16"og 64"	0-1670	Jarðlög
85.10.19	15:45-18:15	Nifteindir+gamma	0-1650	Jarðlög
85.10.21	14:00-15:00	Hiti+dT-CCL	600-1660	Æðar
85.10.21		Þrýstingur		Þrepadæling, upphitun, amerada
85.10.27		Hiti	210-600	Upphitun
85.10.27		Hiti	600-1708	Upphitun, amerada
85.10.27		Þrýstingur	300-1709	Upphitun, amerada
85.11.01		Hiti	200-560	Upphitun
85.11.02		Hiti	600-1708	Upphitun, amerada
85.11.13		Hiti	183-540	Upphitun
85.11.13		Hiti	600-1709	Upphitun, amerada
85.11.13		Þrýstingur	200-1711	Upphitun, amerada
85.12.05		Hiti	170-520	Upphitun
85.12.05		Hiti	600-1709	Upphitun, amerada
86.01.16		Hiti	160-520	Upphitun
86.01.16		Hiti	600-1700	Upphitun, amerada
86.01.16		Þrýstingur	300-1700	Upphitun, amerada
86.04.03		Hiti	600-1710	Upphitun, amerada

5 UMMYNDUN

5.1 Ummyndun í NJ-15

Á síðari árum hefur komist á nokkur hefð um umfang jarðfræðirannsókna á borholum á háhitasvæðum og svo framsetningu á gögnum um ummyndun bergsins. Framsetningin miðar í fyrstu að því að koma á framfæri grunnupplýsingum um jarðhitageyminn umhverfis hverja holu, þó lauslegur samanburður við nálægar borholur sé gjarnan látin fylgja með. Síðar kemur að því að nákvæmur samanburður er gerður á jarðlögum svæðisins og ummyndun bergsins. Þessi háttur er hafður á til að ná fram samræmdri mynd af jarðhitageyminum þar sem fullunnin gögn úr hverri holu eru lögð til grundvallar.

Áður en umræðunni verður snúið að ummyndun bergs við NJ-15 er rétt að fara almennum orðum um nokkur atriði sem ummyndunarrannsóknir snúast um. Myndun ummyndunarsteinda byggist á hitaháðum efnajafnvægjum milli vatns og bergs. Þannig myndast sérhver steind við ákveðna efnasamsetningu á einhverju afmörkuðu hitabili. Efnasamsetning og hiti marka því steindunum stöðugleikasvið. Með greiningu á steindunum má því geta sér til um hitaástand bergsins. Hiti í jarðhitakerfum breytist með tíma og má oft sjá í ummyndun hvort viðkomandi svæði eða svæðis hlutar eru að hitna eða kólna. Yfirlit yfir steindir sem notaðar hafa verið við mat á hitaástandi bergs í Nesjavallasvæðinu eru skráðar í töflu 4.

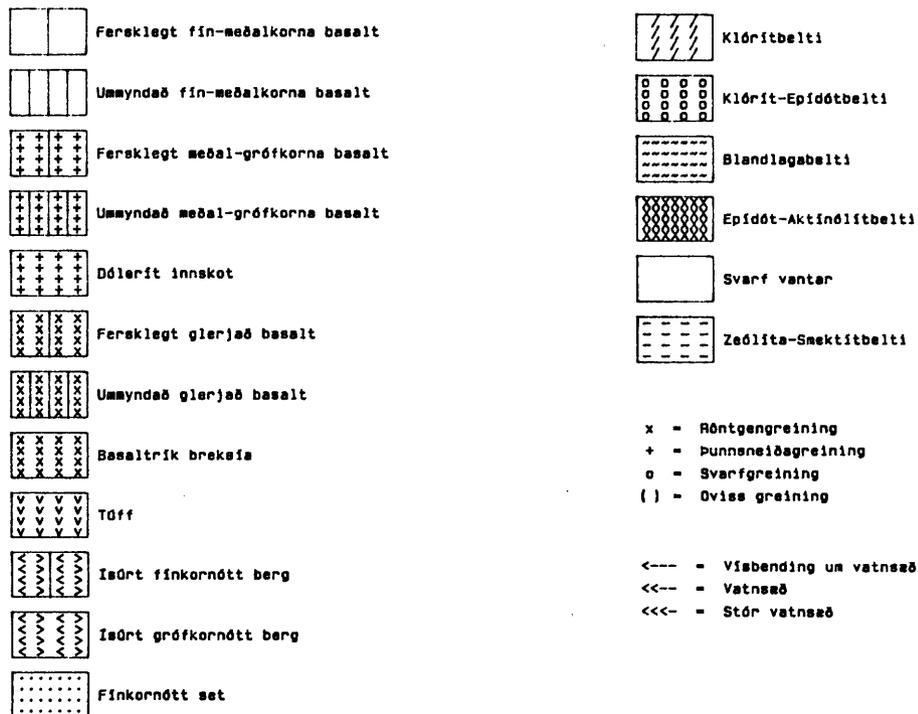
TAFLA 4 Stöðugleikasvið ummyndunarsteinda

Ummyndunarsteind	Stöðugleikasvið
Lághitazeólítar	$\leq 120^{\circ}\text{C}$
Laumontít	$120^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}$
Wairakít (+ Kvars)	$> 200^{\circ}\text{C}$
Epidót (+ Klórít)	$> 230^{\circ}\text{C}$
Aktinólít	$> 280^{\circ}\text{C}$
Granat	$> 300^{\circ}\text{C}$
Hendenbergít	$\gtrsim 400^{\circ}\text{C}$

Auk þessara steinda er hliðsjón höfð af öðrum breytingum í steinda-samfélaginu þegar hitaástand er metið, svo sem breytingu leirsteinda úr smektíti í blandlagaleir og síðan í klórít. Sú breyting er t.d. talin gerast á hitabilinu milli 200°C og 240°C.

Svo sem að ofan sagði er fyrst og fremst fjallað um gögn úr holu NJ-15 í þessari skýrslu. Svipað og með jarðlögin er öllum gögnum um ummyndun komið á tölvutækt form og síðan sett fram myndrænt. Sérstök tákni eru notuð fyrir hverja greiningaaðferð. Á mynd 8 er sýnd dreifing ummyndunarsteinda með dýpi ásamt beltaskiptingu ummyndunar. Einfaldað jarðlagasnið er haft til hliðsjónar, lengst til vinstri á myndinni, auk þess sem lega vatnsæða og innskotatíðni eru gefin til kynna. Loks er nákvæm skrá yfir þunnsneiðar og röntgenkeyrslur (XRD) birt í töflu 5 hér að neðan.

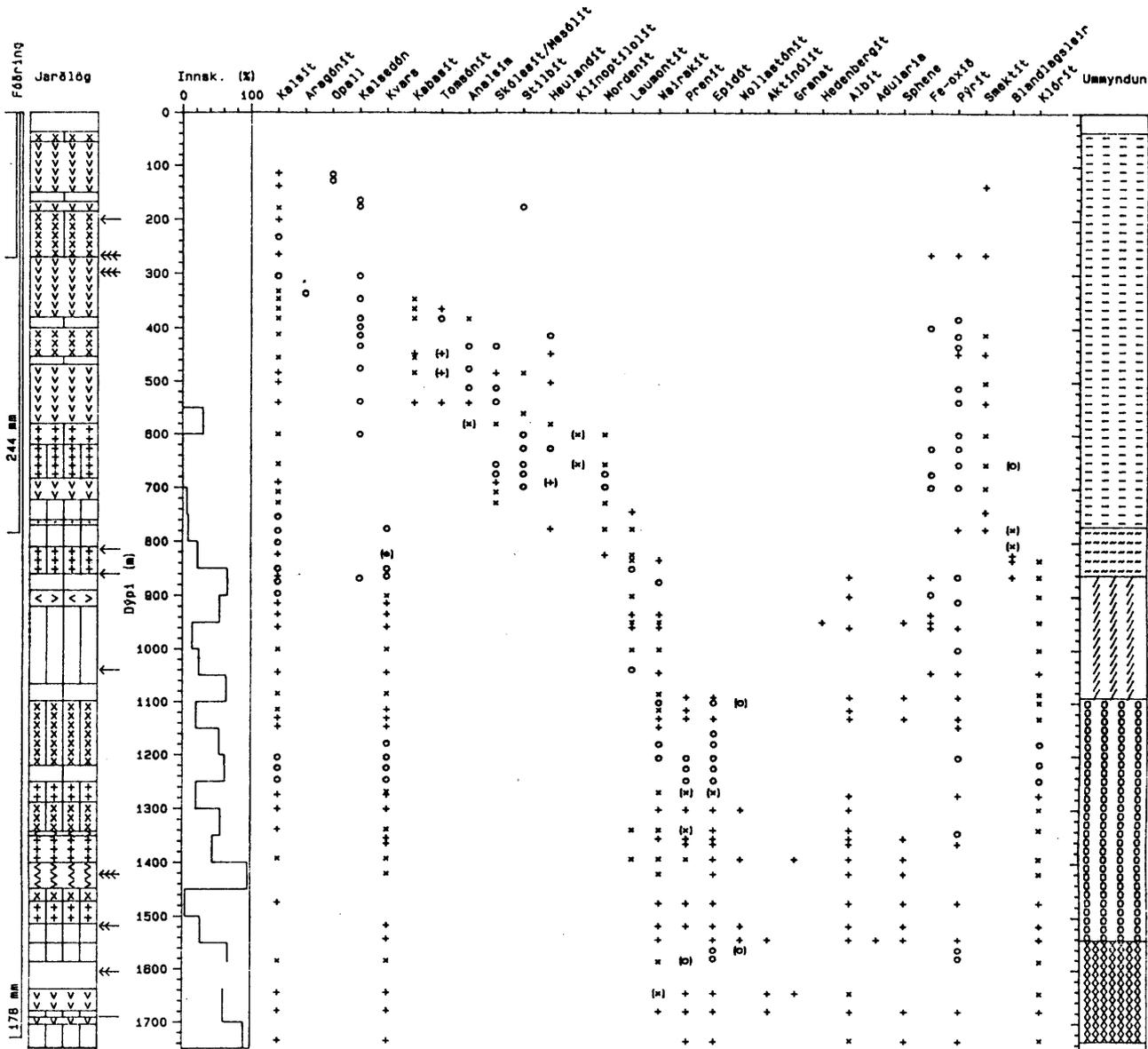
Skýringar við jarðлага- og ummyndunarsnið



MYND 8 Skýringar við ummyndunarsnið

JHD-BJ-8715 GOF/GSV
86.05.0482 T/GuH

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 DREIFING UMMYNDUNARSTEINDA OG BELTASKEIPTING



MYND 8 Dreifing ummyndunarsteinda

TAFLA 5 Nesjavellir, NJ-15. Skrá yfir þunnsneiðar og XRD-greiningar

Þunnsneiðar dýpi (m)	XRD-leir dýpi (m)	XRD-útfellingar dýpi (m)	Þunnsneiðar dýpi (m)	XRD-leir dýpi (m)	XRD-útfellingar dýpi (m)
114			900	900	900
138	138		914		
176		178	936		
200	200		948	948	948
234			958		972
264	264		1000	1000	1000
302			1044		
332		332	1084	1084	1084
346	346	346	1100	1100	
364		364	1114		1114
		382	1130	1130	
412	412	412	1146		
448		456	1182		
484		484	1204	1204	1204
502	502	502	1214		
540		560	1274		1268
580		580	1300	1300	
600	600	600	1338	1338	1338
656	656	656	1354		
674			1364		
690	700	708	1392	1392	1392
728		728	1420	1420	1420
744			1474	1474	
776	776	776	1516	1516	
806	806		1542		
824		824	1548	1582	1584
834	834	834	1644	1644	1644
864	864		1678	1678	
			1734	1734	1734

Dreifing ummyndunarsteinda í NJ-15 (mynd 8) er fremur regluleg og er góð fylgni milli hækandi hita og steindasamfélagsins á hverju dýpi. Það sama á við um margar aðrar borholur á Nesjavallasvæðinu. Hins vegar er mjög breytilegt milli hola á hvaða dýpi umtalsverðrar ummyndunar fer að gæta. Í því tilliti er hola NJ-15 mjög lík holu NG-10, sem er næsta hola við. Umtalsverðrar jarðhitaummyndunar fer fyrst að gæta á u.þ.b. 300 m dýpi í NJ-15. Ofan þess dýpis er bergið fersklegt á að líta og lítið holufyllt. Víða má þó sjá merki veðrunar

(oxidering) og öðru hvoru sjást útfellingasteindirnar kalsít, opal, kalsedón og smektít, svo sem fram kemur á mynd 8.

Lághitazeólítar eru nokkuð áberandi neðan 350 m dýpis niður á 700 m dýpi. Þeim er raðað í röð hækkandi myndunarhita á mynd 8, og eru uppistaða steindasamfélagsins ásamt kalsíti, pyrítí og smektít á umræddu dýptarbili. Laumontít, sem myndast við hærri hita (tafla 4), sést fyrst neðan 700 m dýpis ásamt blandlagaleir. Neðan 800 m dýpis sjást svo engir aðrir zeólítar í berginu en laumontít og wairakít. Ásamt með kvarsi bendir sá síðarnefndi til myndunarhita yfir 200°C (tafla 4), og hefur sú vitneskja verið hagnýtt við ákvörðun á endanlegu dýpi vinnslufóðringa.

Á mynd 8 sést að laumontít finnst allt niður á 1100 m dýpi. Í þunn-sneiðum má hins vegar sjá að myndun laumontíts er nokkuð gömul því bæði wairakít og kvars hafa myndast á kostnað laumontíts. Það bendir til að hiti neðan 800 m dýpis sé yfir 200°C. Á sama hátt bendir klórít (mynd 8) til þess að hiti sé yfir 240°C neðan 900 m dýpis. Svo sem fram kemur í kaflanum um berghita sést að hiti, sem mældur var löngu eftir að borun lauk, er um 250°C í 900 m dýpi. Samræmi milli áætlaðs berghita og mælds hita er því mjög gott.

Fróðlegt er að líta ögn nánar á berghita áætlaðan út frá mælingum annars vegar og ummyndun hins vegar. Svo sem fram kemur í töflu 4 getur epidót myndast við hærri hita en 230°C. Á mynd 8 sést að epidót fannst fyrst á um 1100 m dýpi, en þar er mældur hiti talsvert hærri eða um 270°C. Skýringar á ósamræminu er trúlega að finna í efnasamsetningu vatnsins. Til dæmis finnst epidót fyrst í holu NJ-14 þar sem berghiti er um 270°C, svipað og í holu NJ-15 (Ben. Steingrímsson o.fl. 1986 b). Jafnframt bendir yfirprentun wairakíts og kvars á laumontít ofar í holunni til þess að efri hluti jarðhitakerfisins fari hitnandi og kann hraði hitnunarinnar að hafa áhrif á steindasamfélagið. Á 950 m dýpi finnast t.d. merki hitaumyndunar við innskot. Þar má sjá áberandi gulleita steind sem greind var sem hedenbergít í þunn-sneið. Jafnframt finnst þar nýmyndað magnetít, sem er fremur sjaldgæft, ásamt feldspat og sphene. Hedenbergít og magnetít eru hluti af einkennissteindum svonefndra "skarnminerala" sem myndast við hitamyndbreytingu bergs á jöðrum innskota.

Í íslenskum dæmum þar sem reynt hefur verið að afmarka varmafræðilegan stöðugleika slíkrar myndbreytingar, benda gögn til þess að myndunin hafi orðið í "superkrítískum" jarðhitavökva ($p > 221.2$ bar; $T > 374.15^\circ\text{C}$) (Guðm. Ó Friðleifsson, 1983, 1984). Slíkum vökva kann að hafa verið mætt neðst í holu NJ-11 (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986a). Ekki er þó víst að yfirþrýstingur (> 221.2 bar) sé nauðsynleg forsenda til að umræddir "skarnmineralar" myndist. Allt eins líklegt er að yfirhitun (superheating) ein nægi til, og er þá miðað við myndunarhita um eða

yfir 400°C. Mat þetta er byggt á því hve algeng slík kontaktumyndun virðist vera í íslenskum jarðhitasvæðum, óháð dýpi. Nákvæmlega hvernig, og þá hve lengi, yfirhitaður vökvi, við hærri hita en 374°C, getur þrífist í vatnskerfi á litlu dýpi er ekki of vel skilið. Yfirhitaður vökvi við lægri hita virðist hins vegar nokkuð algengur innan kólnandi innskota (Guðm. Ó. Friðleifsson 1983, 1984). Í slíkum innskotum má t.d. sjá staðbundna aktínólítmyndun innan innskotanna án þess að merkjanleg hitaáhrif sjáist í grannberginu utan þeirra - og á þetta einkum við innskot á litlu dýpi. Neðar í jarðhitakerfum ná áhrifin út fyrir innskotin þar sem bæði má sjá aktínólít og granat í grannberginu. Báðar þessar steindir virðast myndast við hita um og yfir 300°C. Dæmi um ummyndun af þessu tagi virðist vera til staðar í NJ-15. Aktínólít fannst fyrst í þunnsneið af sýni frá um 1500 m dýpi og svo í tveim sýnum neðar. Steindin virðist fremur sjaldgæf í holunni því hennar var ekki getið í svarflýsingu. Sömu sögu er að segja um granat sem einungis fannst í tveim þunnsneiðum. Bæði sýnin eru úr grannbergi innskota og má greinilega sjá að granatið hefur vaxið á kostnað klóríts. Til samræmis við framsett gögn úr öðrum holum er aktínólít-belti sýnt á mynd 8 neðan fyrsta fundarstaðar aktínólíts.

Ljóst er að yfirhitaðar vökvalinsur í eða við innskot verða hvorki mældar með hefðbundnum mælitækjun né þeirri mælingatækni sem beitt er við rannsóknir á virkum jarðhitasvæðum. Eina leið má þó benda á til frekari könnunar á fyrirbrigðinu en hún er sú að gera nákvæma efna-varmafræðilega rannsókn á góðum sýnum úr virku og/eða gömlu jarðhitakerfi, og má vera að nýtt vökvabólutæki sem Jarðhitadeild hefur yfir að ráða komi að góðum notum í slíkri rannsókn. Að svo komnu máli eru gögnin úr NJ-15 hins vegar túlkuð á þá lund að sum innskotanna hafi kólnað fremur hratt vegna snertingar við vatn og valdið um leið staðbundinni yfirhitun í jarðhitakerfinu. Ekki er vitað hvort slíkir hitagjafar séu virkir í þeim hluta kerfisins sem NJ-15 sker. Það verður þó að teljast fremur ólíklegt miðað við hve upphitun holunnar eftir borun var hæg (Kafli 6.4), og því eðlilegra að líta svo á að um forna hitagjafa sé að ræða í NJ-15. Túlkað ummyndunarmynstur fellur því vel að berghitaferli metnum úr frá mælingum.

Að lokum má geta nokkurra sjaldgæfari steinda sem fundust í holunni, en sumar þeirra eru ekki sýndar á mynd 8. Fyrst má nefna apatít ($\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_5$) sem eingöngu finnst í súru bergi (1420 m, 1548 m), og síðan adularia (kalífeldspat), sem fannst í holufyllingu í grannbergi ísúrs innskots (1542 m). Eins er rétt að geta smektít-blandlaga leirs sem virðist staðbundinn í basísku innskoti á 1548 m dýpi. Þá fannst ferskt gler ættað úr innskotsjaðri í sýni frá 1388 m dýpi. Laumontít sem greint var með XRD-greiningu í sýnum frá 1338 m dýpi og 1392 m dýpi, er talið ættað mun ofar úr holunni. Loks má svo geta að zeólítin eriónít greindist í XRD-greiningu í sýni frá 502 m dýpi, og pyrrhotít var greint í einu sýni frá 1000 m dýpi.

5.2 Samanburður við aðrar holur

Í þessum kafla er gerður lauslegur samanburður á ummyndun nálæggra borhola, og er þá nærtækast að líta til NG-10 (Ásgrímur Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1986) og NJ-14 (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986b), en NJ-15 er staðsett á milli þeirra á NA-SV línu, en jafnframt má gera samanburð við NG-7 (Hjalte Franzson og Hilmar Sigvaldason 1985) í vestanverðum Nesjavalladal. Lega ummyndunarbeltanna í hverri holu er borin saman í töflu 6. Dýptartölur eru allar miðaðar við holutopp, en hæð þeirra yfir sjávarmáli er sýnd í töflunni.

TAFLA 6 Lega ummyndunarbelta í nokkrum borholum

	NG-10	NJ-15	NJ-14	NG-7
YFIRBORÐ	199 m y.s	236 m y.s.	363 m y.s	188 m y.s.
SMEKTÍT/ZEÓLÍTA BELTI *	500 m	350 m	100 m	400 m
BLANDLAGABELTI	1000 m	760 m	240 m	780 m
KLÓRÍT BELTI		860 m	** 335-400 m	840 m
KLÓRÍT/EPIDÓT BELTI	1130 m	1090 m	800 m	940 m
AKTÍNOLÍT BELTI	(1710 m)	1540 m		1260 m

* Dýptatölur vísa til efsta fundarstaðar lághitazeólíta í holunum.

** Staðbundið klórít/epidót belti í NJ-14, blandlagabeltið þar nær í 800 m.

Svo sem sést í töflu 6 er grynna á öll ummyndunarbelti í NJ-15 en í NG-10, og því grynna á vinnslukerfið er sunnar dregur í Nesjavalladal. Með samanburði við NJ-14 og NG-7 er auðsætt að ummyndunarbeltin rísa upp til suðvesturs. Frekari samanburður er ótímabær að sinni, en ljóst að grynna er á öll ummyndunarbelti í borholunum næst Kýrdals-hrygg.

Í töflu 6 er gefið upp dýpi niður á efri mörk lághitazeólítanna. Þessir zeólítar eru í flestum tilfellum horfnir þegar komið er niður í blandlagabeltið. Á það við um NJ-15 og NG-7 en í NG-10 hurfu lághitazeólítarnir um 100 m fyrr, eða á 900 m dýpi. Sýnt er því að þykkt zeólíabeltanna í holunum niðri í dalnum er svipuð meðan hola NJ-14 sker sig úr, en hún sver sig í ætt við holurnar uppi á stallinum.

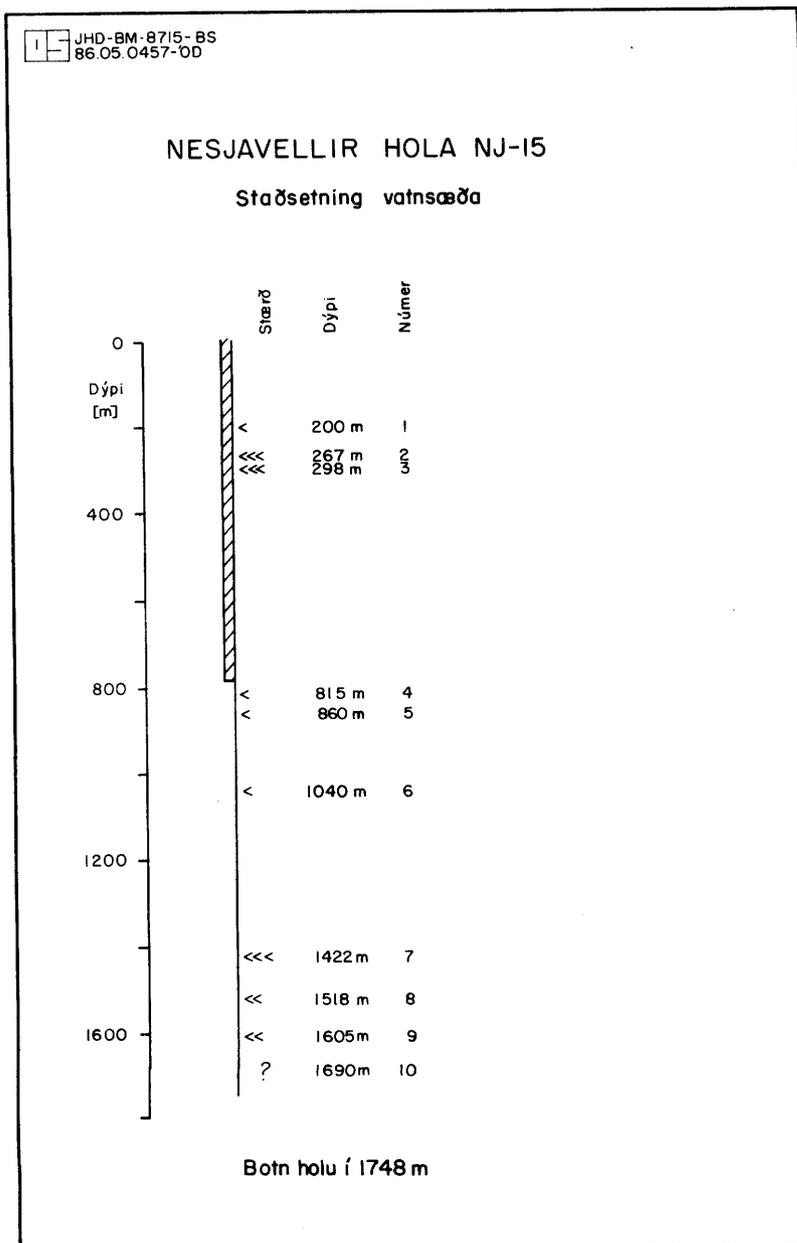
6 EÐLISÁSTAND JARÐHITAKERFIS

6.1 Staðsetning vatnsæða

Í holu NJ-15 fundust alls tíu vatnsæðar og eru sjö þeirra í vinnsluhluta holunnar. Opnustu hlutar holunnar eru í tæplega 300 metrum og neðan 1400 m dýpis og mældist algert skoltap í 267 m, 298 m og 1422 m dýpi. Efstu æðarnar eru fóðraðar af, en æðin í 1422 m er aðalvinnsluæð NJ-15. Á mynd 9 er sýnd staðsetning vatnsæða og afstæð stærð þeirra samkvæmt borholugögnum, en hér á eftir fer lýsing á helstu einkennum hverrar æðar.

1. 200 m. Eftir fyrstu steypingu öryggisfóðringar mældist steypuborð á 200 m dýpi. Holan tók þá við 3 l/s og virtust þeir tapast út á 150-200 m dýpi. Ráðandi berggerð á þessu dýptarbili er móberg. Hitastig æðarinnar er um 60°C.
2. 267 m. Algert skoltap varð við æðina (40 l/s). Æðin er á mörkum móbergsmýndana og er hitastig hennar um 30°C.
3. 298 m. Hér varð algert skoltap í borun. Hitastig æðarinnar er svipað og við æðina í 267 m. Æðin kemur fram í móbergi.
4. 815 m. Smáæð sem sést í hitamælingum við lok borunar. Þetta var fyrsta æðin sem holan skar eftir að komið var niður í jarðhitakerfið og er hún jafnframt í vinnsluhluta holunnar. Æðin er á hraunlagamótum. Ummýndun bergsins bendir til þess að hitastig við æðina sé um 200°C og hitamælingar benda til jafnvel 250°C.
5. 860 m. Smáæð sem sést í hitamælingum eftir að dælingu var hætt í holuna við borlok. Æðin er við efri jaðar fersks fínkora basaltinnskots. Hitastig svipað eða hærri en við æðina í 815 m.
6. 1040 m. Smáæð sem sést í hitamælingum eftir að dælingu var hætt í holuna við borlok. Líkt og í 860 m kemur æðin fram við efri jaðar basaltinnskots. Ummýndun bendir til um eða yfir 240°C hita, en hitamælingar sýna að hiti sé jafnvel yfir 270°C.
7. 1422 m. Hér varð algert skoltap í borun og benda öll gögn til þess að þetta sé vatnsgæfasta vinnsluæð holunnar. Æðin er við ísúrt innskot. Athyglivert er að í öðrum holum í Nesjavalladalnum koma einmitt fram öflugar æðar við ísúr innskot á svipuðu dýpi. Ummýndunarhiti er um 260°C eða hærri, en berghiti við æðina er áætlaður 280-290°C.

8. 1518 m. Æðin er við ísúrt innskot. Hitamæling sem gerð var þegar holan var 1593 m sýndi að æðin tók vel við í áðælingu.
9. 1605 m. Við borlok sýndu hitamælingar að dýpsta æð sem tók við vatni í áðælingu væri á þessu dýpi. Vegna mikils skoltaps í borun fékkst ekki svarf til að ákvarða tengsl æðarinnar við jarðlög. Hiti æðarinnar er áætlaður um 290°C.
10. 1690 m. Í borun benti allt til þess að borað væri gegnum æð á þessu dýpi. Við borlok sýndu hitamælingar hins vegar að æðin tæki ekki við í áðælingu. Draga má því í efa að hér sé í raun vatnsæð. Á þessu dýpi er jaðar basaltinnskots.



MYND 9 Staðsetning vatnsæða

6.2 Vatnsleiðni NJ-15

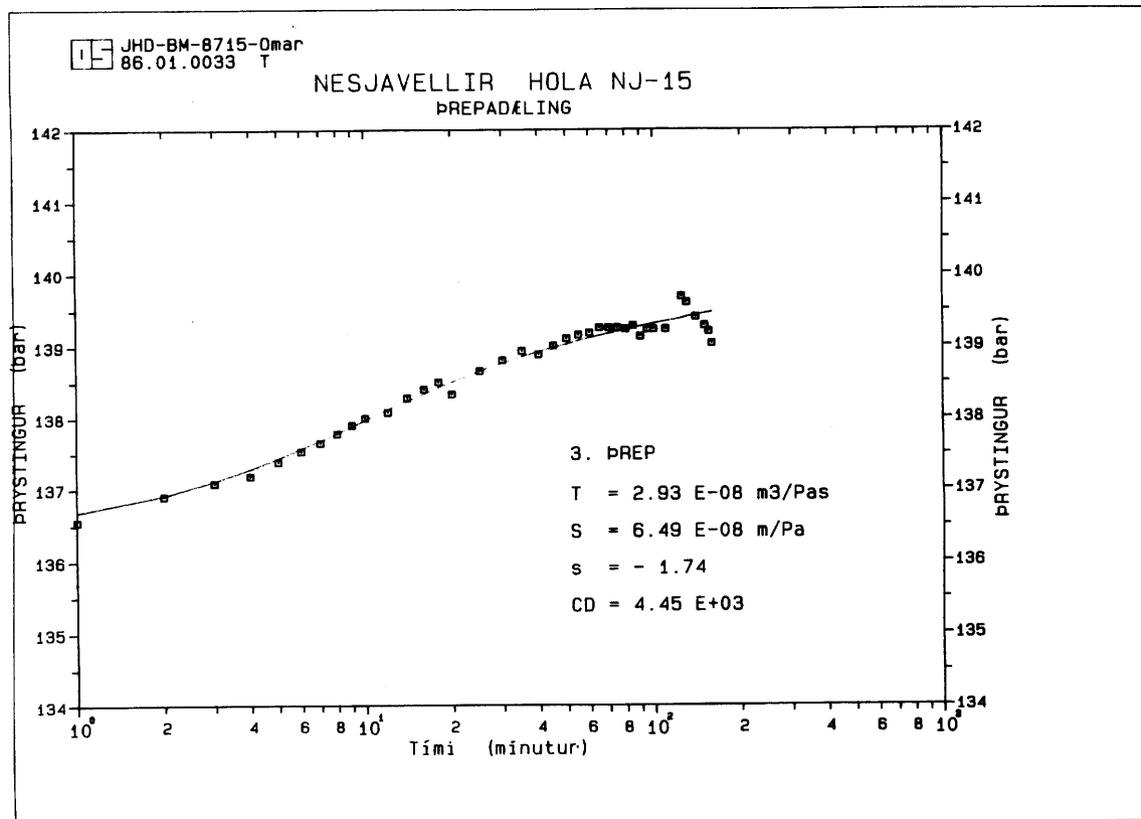
Við borun vinnsluhluta holu NJ-15 er áætlað að um 20660 m af skolvatni hafi tapast út í jarðhitakerfið. Skoltöp voru mjög lítil þar til algjört tap (>60 l/s) varð á 1422 m dýpi. Síðasti öruggi skoltapsstaðurinn í holunni er svo á um 1605 m dýpi. Eins og sést á mynd 7 í Viðauka 4 og mynd 3 í viðauka 5 hefur nokkur kæling orðið á þessu dýptarbili. Ef mestallt kælivatnið hefur tapast á þessu dýptarbili nægir magnið til að kæla svæði sem nær um 7,2 m út frá holunni. Hins vegar lítur ekki út fyrir að þessi kæling geti haft veruleg áhrif í dæluþrófuninni því áhrif hennar ættu að vera hverfandi eftir 0,5 til 2 mínútur í hverju þrepi.

Holan var þrepaðeld 21. október 1985 og er gangi dæluþrófunarinnar lýst í viðauka 4 (mynd 9, tafla 5). Í dæluþrófuninni var þrýstiskynjarinn hafður á 1590 m dýpi eða rúmum 10 m fyrir ofan síðasta örugga skoltapsstað í holunni. Eins og sést á mynd 9 í viðauka 4 eru tiltölulega litlar hitasveiflur í holunni á milli dæluþrepa. Því verður að álykta að þrýstimælingin sé ekki mjög trufluð af hitaáhrifum vegna upphitunar í holum. Byrjun sumra þrepa sýnir hegðun sem líkist sprungustreymi, en í hinum þrepunum er þessi hegðun týnd í holuáhrifum. Við túlkun dæluþrófunarinnar var hvert þrep fyrir sig fellt að reiknuðum ferlum út frá fræðilegu líkani fyrir óendanlegt kerfi. Nokkuð góð samsvörun fékkst milli reiknaðra ferla og mældra gilda. Mynd 10 sýnir hvernig reiknaður ferill fellur að síðasta ádæluþrepinu ásamt þeim stuðlum sem gefa ferilinn. Þetta þrep er að vísu nokkuð truflað í lokin vegna hitamælingar sem þá var gerð og hefur þrýstiskynjarinn ekki náð fullu hitajafnvægi er þessu þrepi lauk. Almennt sýna niðurstöður þessara reikninga að vatnsleiðnin sé á bilinu $kh/\mu = (1,4-2,9) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$ og fari hækkandi með aukinni ádælingu. Þetta er í samræmi við það að æðar ofarlega í holunni (800-1050 m) hafa einhvern yfirþrýsting miðað við kalda vatnssúlu. Við enga ádælingu gefa þær örlítið inn í holuna en í ádælingu byrjar að tapast út í þær og því meira sem þrýstingur í holunni vex með aukinni ádælingu. Prófað var að fella mæligildin að líkani fyrir kerfi með tvenns konar poruhluta en það tekur tillit til sprunguáhrifa. Nær sömu niðurstöður fengust og við fyrra líkanið.

Ádælingarstuðull (II) holunnar var metinn út frá mestu þrýstingsbreytingum milli dæluþrepa. Ádælingarstuðullinn fékkst þannig á bilinu 2,0 til 3,9 (l/s)/bar og var hann vaxandi með aukinni ádælingu. Ádælingarstuðullinn er síðan notaður til að áætla vatnsleiðnina (Ómar Sigurðsson o.fl. 1983). Samkvæmt því gæti vatnsleiðnin verið á bilinu $kh/\mu = (2,0-4,0) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$.

Samkvæmt ofanskráðu gefa þessar aðferðir vatnsleiðnina fyrir holu NJ-15 á bilinu $kh/\mu = (1,4-4,0) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$ og er líklegasta gildið talið vera um

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

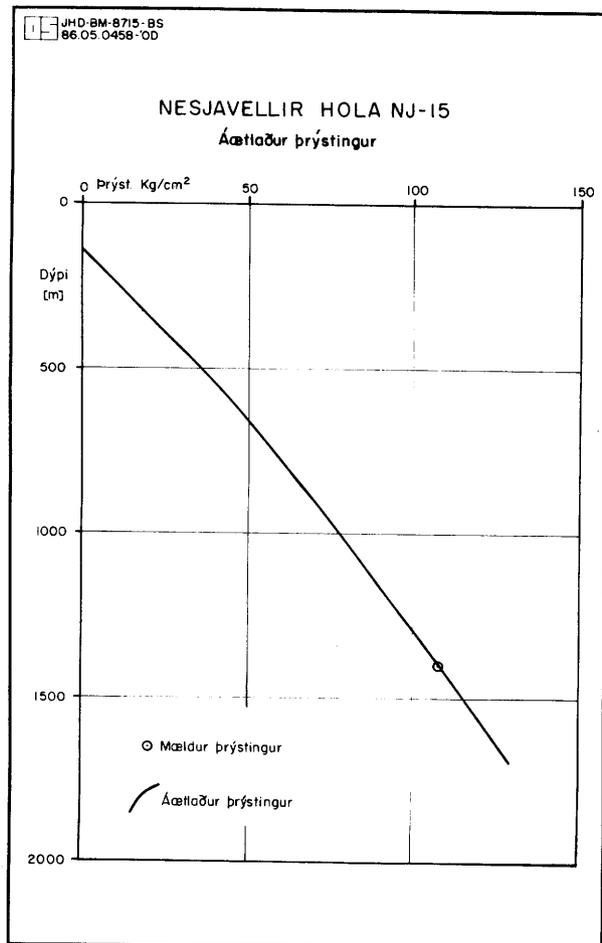


MYND 10 Prepadæling. Mæli- og reikniferill

6.3 Þrýstingur á vatnsæðum

Þrýstimælingar í holu NJ-15 í upphitun eftir borun sýndu jafnvægi á 1400 m dýpi og mældist þrýstingur þar $107,5 \text{ kg/cm}^2$. Það hefur því verið æðin á 1422 m dýpi sem stjórnað hefur þrýstingnum í upphituninni. Í borun var ekki mældur þrýstingur við aðrar vatnsæðar (vatnsborð), en við allar æðar varð skoltap.

Á mynd 11 er sýndur reiknaður þrýstiferill fyrir æðar NJ-15. Ferillinn er einungis studdur af einum mælipunkti og því nokkuð óviss, einkum ofarlega í holunni. Samkvæmt ferlinum samsvarar þrýstingur æðanna í 267 m og 298 m vatnsborði Þingvallavatns (103 m y.s.). Latur nærri að það sé sá þrýstingur sem æðar á þessu dýpi hafa í nærliggjandi holum (NG-7, NG-10 og NN-1). Í töflu 7 eru birt reiknuðu þrýstigildin sem ferillinn á mynd 11 er dreginn eftir.



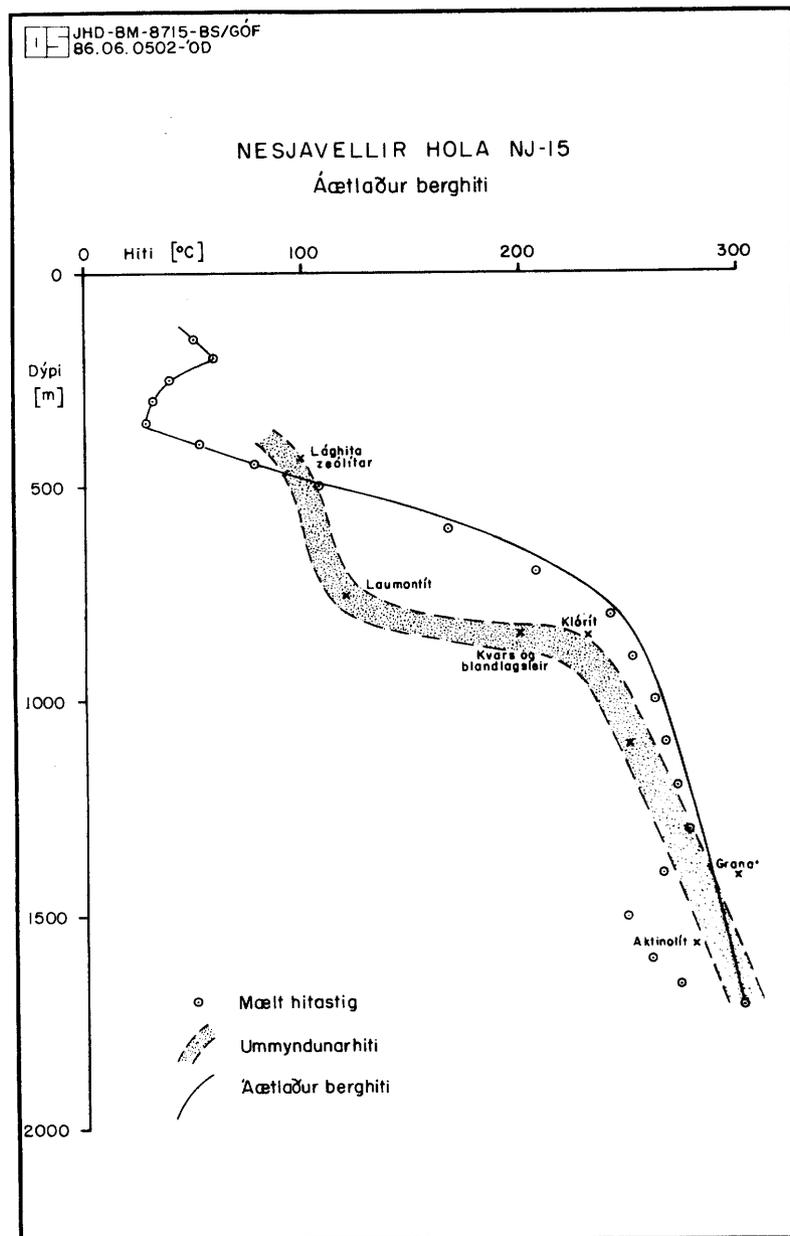
MYND 11 Áætlaður þrýstingur á vatnsæðum

TAFLA 7 Nesjavellir hola NJ-15. Áætlaður berghiti og þrýstingur

Dýpi (m)	Berghiti (°C)	Þrýstingur á vatnsæðar (kg/cm ²)
200	60	6,2
300	30	16,1
400	55	26,0
500	110	35,8
600	180	45,0
700	220	53,6
800	245	61,8
900	257	69,7
1000	265	77,5
1100	270	85,1
1200	276	92,6
1300	282	100,1
1400	287	107,5
1500	292	114,8
1600	296	122,1
1700	300	129,2

6.4 Berghiti

Hola NJ-15 hefur fengið góðan tíma til að hitna eftir borun. Suðu hefur hvergi gætt í holunni og rennsli milli vatnsæða lítið sem ekkert. Því verður að telja að síðustu hitamælingar sýni allvel berg-hitaferil holunnar. Á mynd 12 er einmitt síðasta hitamælingin sýnd ásamt ummyndun og áætluðum berghita. Í efri hluta holunnar fylgjast ferlarnir að, en neðan 700 m sýnir ummyndun heldur lægri hita en þann mælda. Berghiti er áætlaður ívið hærri en mældur hiti, nema á dýptarbilinu 1400-1700 m. Þar eru helstu vatnsæðar holunnar og trúlegt að lág mæligildi á þessu dýptarbili séu vegna þess að enn gæti kælingar frá borun. Botnhiti (1708 m) hefur mælst hæstur 301°C.



MYND 12 Áætlaður berghiti

7 ÁÆTLADIR VINNSLUEIGINLEIKAR

Hola NJ-15 hefur enn ekki verið blástursprófuð (júní 1986). Afl hennar og vinnslueiginleikar eru því ekki þekktir. Rannsóknir á holunni og reynslan frá öðrum holum á Nesjavöllum gefa hins vegar ákveðna vísbendingu um það við hverju megi búast þegar hola verður dregin í gos og blástursprófuð. Væntanlega verður það gert haustið 1986. Eftirfarandi umfjöllun um vinnslueiginleika NJ-15 byggir því ekki á beinum mælingum á holunni í blæstri og verður því að endurskoðast þegar blástursgögn liggja fyrir.

Hola NJ-15 er í austurjaðri borsvæðisins á Nesjavöllum. Hiti í vinnsluhluta holunnar er þar vel undir suðumarki eða á bilinu 250-300°C. Aðrar holur á Nesjavöllum með vinnsluæðar á þessu hitabili gefa allar vökva með áþekku varmainnihaldi og vinnslueiginleikum. Þetta eru holur NG-7, NG-10, NJ-12 og NJ-14. Það er því rökrétt að álykta að NJ-15 lendi í flokki með þessum holum. Búast má því við að varmainnihald hennar verði um 1300 kJ/kg og að lokunarþrýstingur verði um 30 bar. Kalkútfellinga er tæplega að vænta í holunni frekar en í öðrum holum á Nesjavöllum og koma má í veg fyrir að kísill falli út í holunni með því að halda vinnsluþrýstingi á holutoppi yfir ákveðnu gildi (trúlega u.þ.b. 10 bar).

Ofangreind spá um vinnslueiginleika NJ-15 verður að teljast nokkuð örugg. Erfiðara er hins vegar að spá fyrir um hvert afl holunnar verður. Helst er hægt að nota niðurstöður ádælingarprófunar á holunni til slíkra spádóma. Í töflu 8 er borið saman afl Nesjavallahola og vatnsleiðni þeirra samkvæmt þrepaðælingum. Í töflunni eru aðeins birt gögn um holur sem blása vökva með varmainnihaldi um 1300 kJ/kg líkt og reiknað er með að NJ-15 geri. Ekki er hægt að segja að gott samræmi sé milli mældrar vatnsleiðni og afls þessara hola. Mest er ósamræmið fyrir holu NJ-14 og hefur það verið skýrt með því að borsvarf í vatnsæðum skerði afl holunnar (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986b). Vatnsleiðni holu NJ-15 er í meðallagi góð samkvæmt töflu 8. Því er líklegt að hún verði einnig meðalhola í afli, og skili um 55-60 MW í hrávarma.

TAFLA 8 Samanburður á vatnsleiðni og afli borhola með varmainnihald um 1300 kJ/kg

	Vatnsleiðni kh/ $\times 10^{-8}$ m /Pa·s	Varmaafli MW
NG-7	2,1	48
NG-10	3,7	70
NJ-12	3,4	75-88
NJ-14	2,8	38
NJ-15	3,0	

HEIMILDASKRÁ

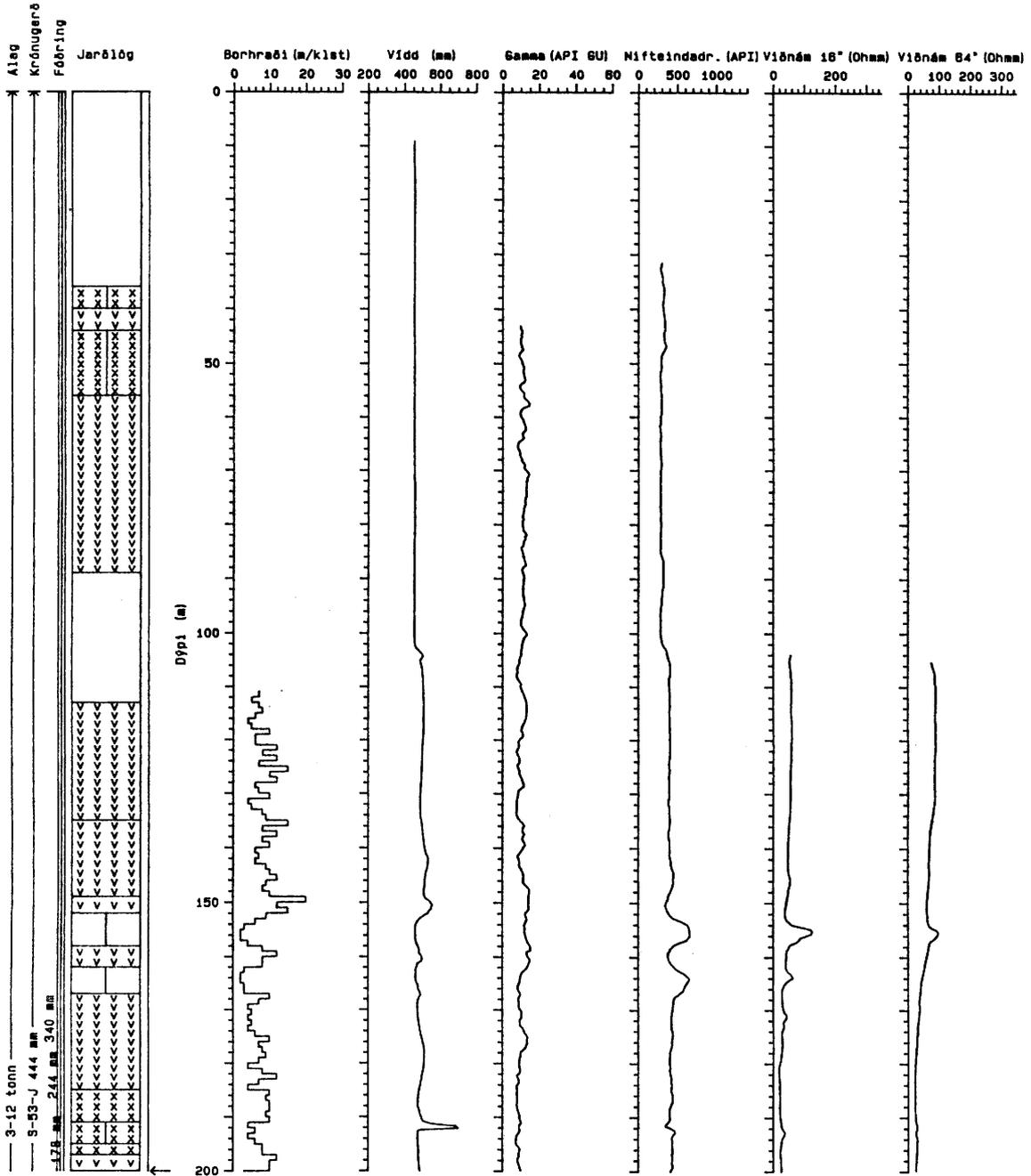
- Ásgrímur Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1986: Nesjavellir. Hóla NG-10. Jarðlög, ummyndun, mælingar og vatnsæðar. Orkustofnun OS86020/JHD04, 50 s.
- Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson, Hilmar Sigvaldason, Ómar Sigurðsson og Einar Gunnlaugsson, 1986a. Nesjavellir. Hóla NJ-11. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS86025/JHD05.
- Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Ó. Friðleifsson, Guðrún Sverrisdóttir, Helga Tulinius, Ómar Sigurðsson og Einar Gunnlaugsson 1986b. Nesjavellir. Hóla NJ-14. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun OS86028/JHD08
- Guðmundur Ó. Friðleifsson 1983. The Geology and the Alteration History of the Geitafell Central Volcano, Southeast Iceland. PhD thesis, Grant Institute of Geology, Univ. of Edinburgh, 371 p.
- Guðmundur Ó. Friðleifsson 1984. Mineralogical evolution of a hydrothermal system. II. Heat sources - Fluid Interactions. GRC. Trans. v. 8, 119-123.
- Hjalte Franzson og Hilmar Sigvaldason 1985. Nesjavellir. Hóla NG-7. Jarðlög, ummyndun og vatnsæðar. Orkustofnun OS85124/JHD18, 80 s.
- Omar Sigurðsson, Guðmundur S. Bodvarsson and Valgardur Stefansson. "Nonisothermal Injectivity Index can infer Well Productivity and Reservoir Transmissivity". Proceedings Ninth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, p. 211-216, Dec. 1983

VIÐAUKI V-1

Jarðlagasnið og mælingar

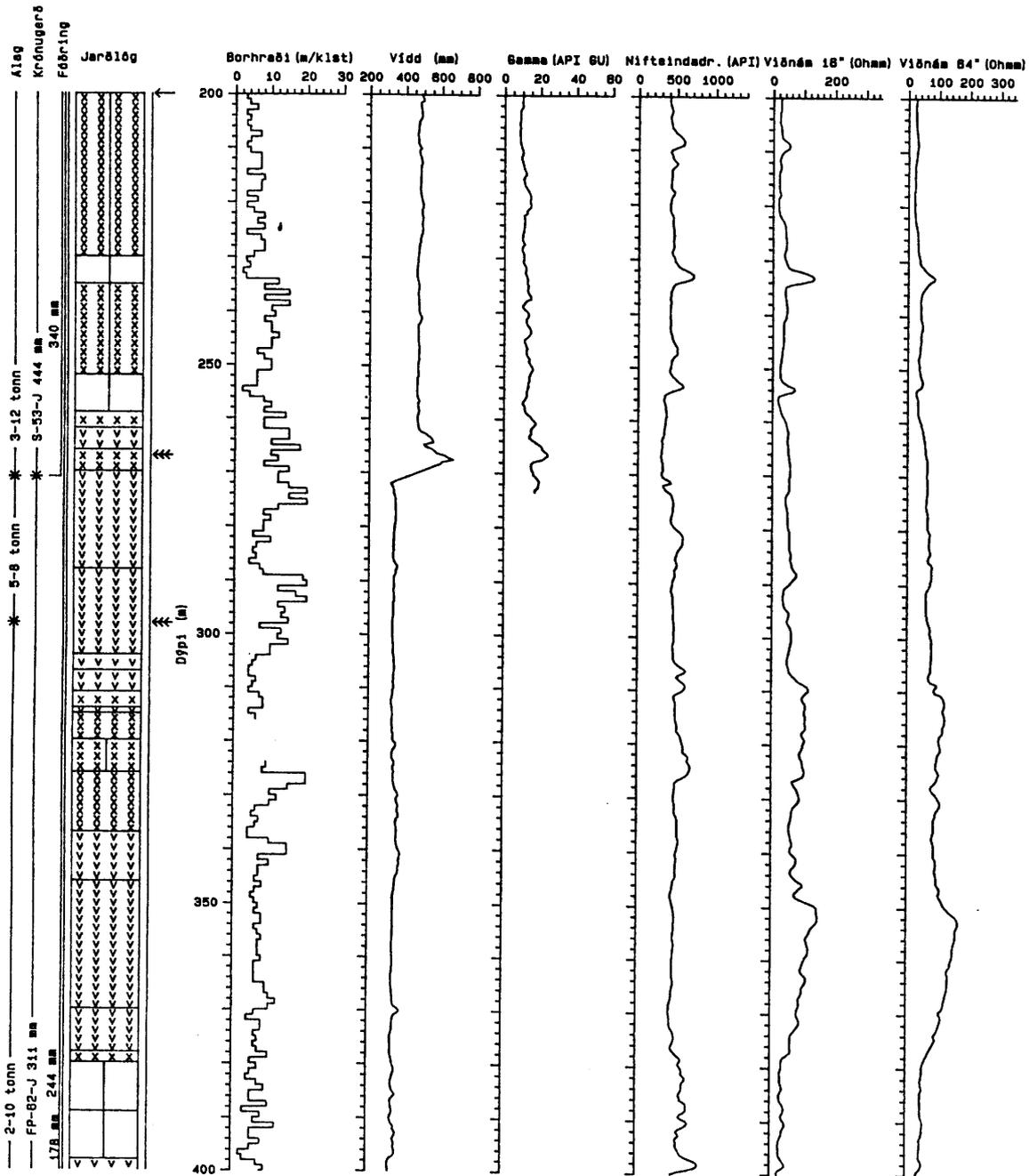
JHD-BM/BJ-8715 HTU1/60F
86.03.0215 T/6SV

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



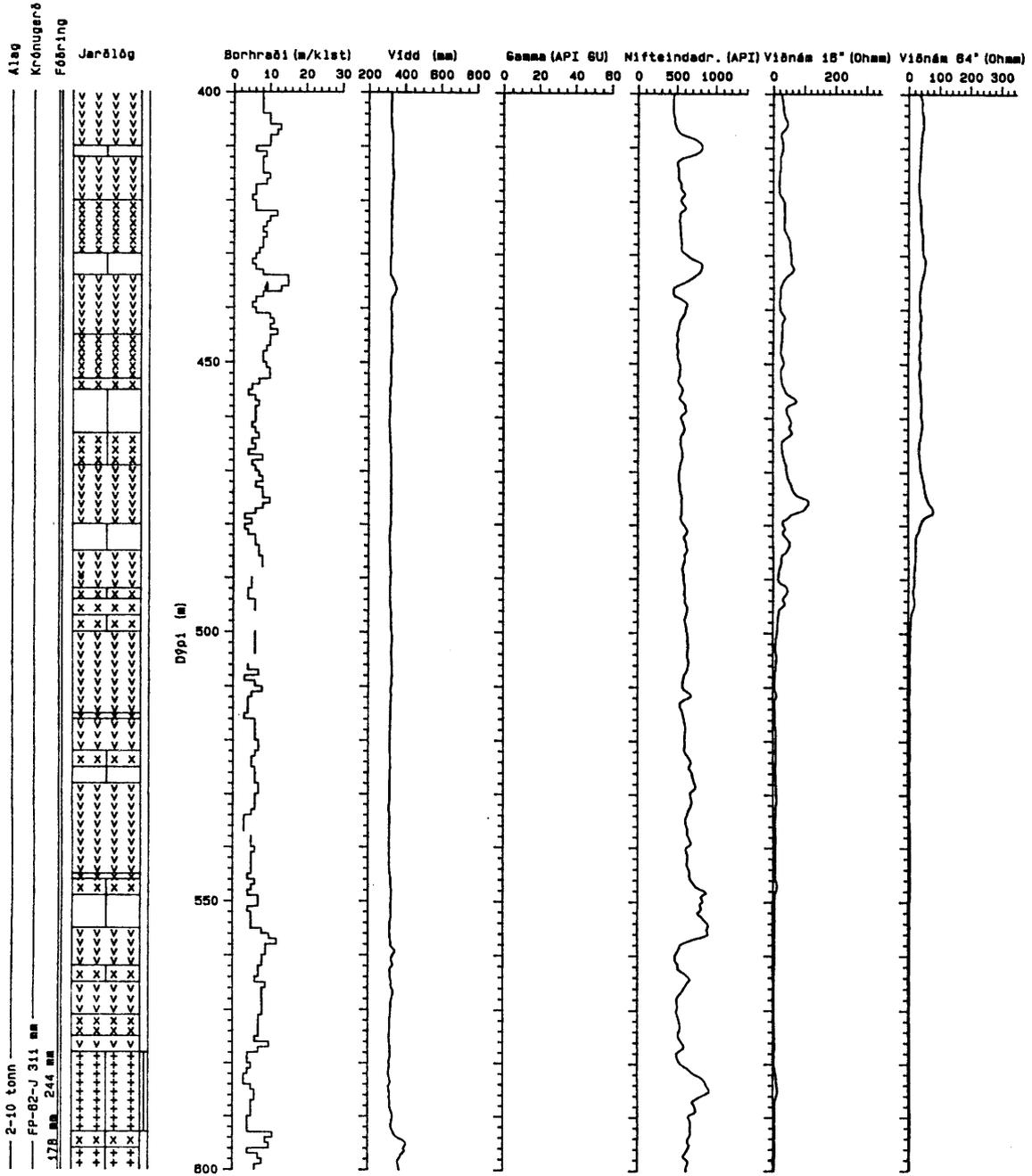
JHD-BM/BJ-8715 HTu1/60F
88.03.0215 T/6Sv

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



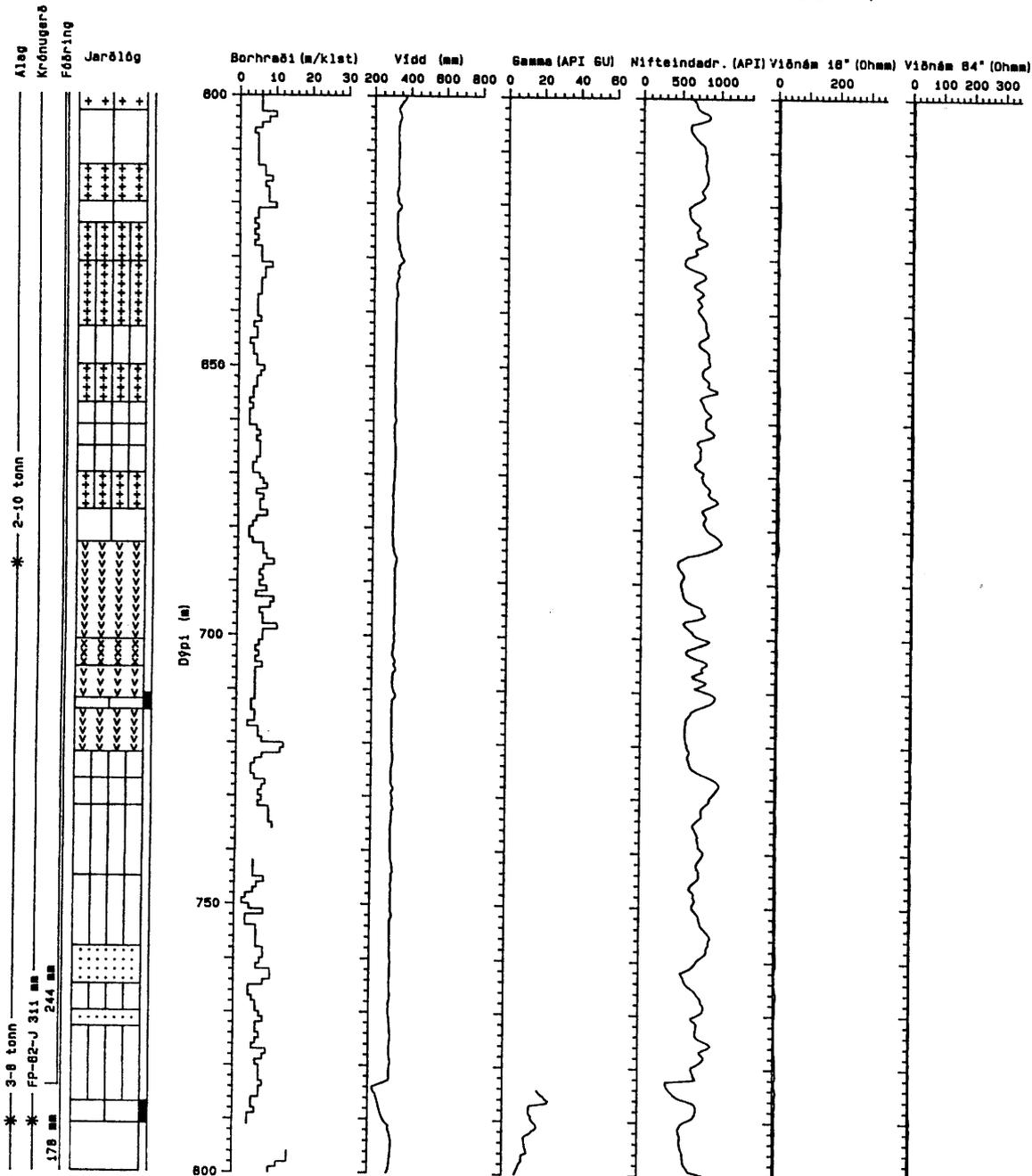
JHD-BM/BJ-8715 HTu1/G0F
88.03.0215 T/GSv

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



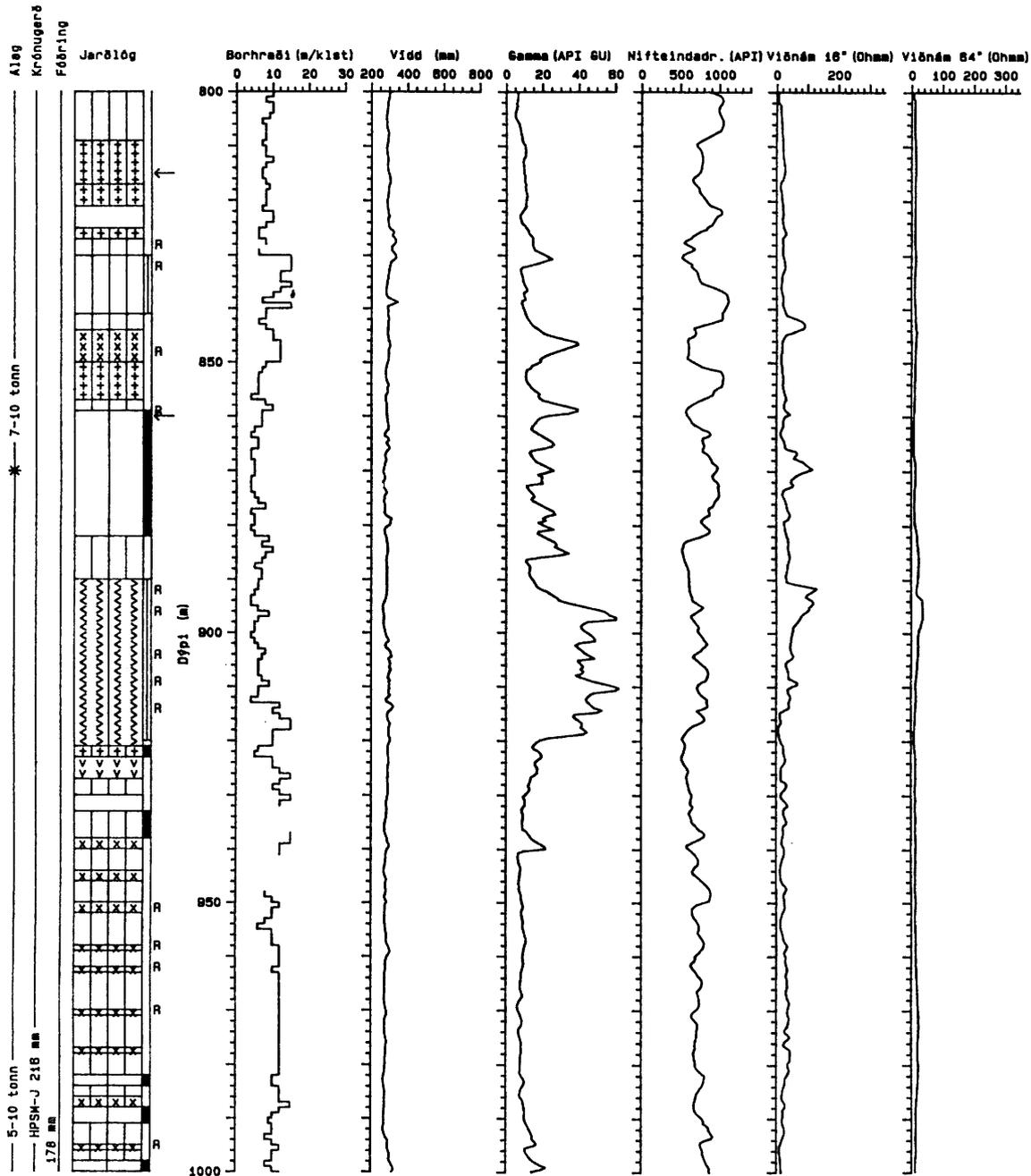
JHD-BM/BJ-8715 HTU1/60F
88.03.0215 T/6SV

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



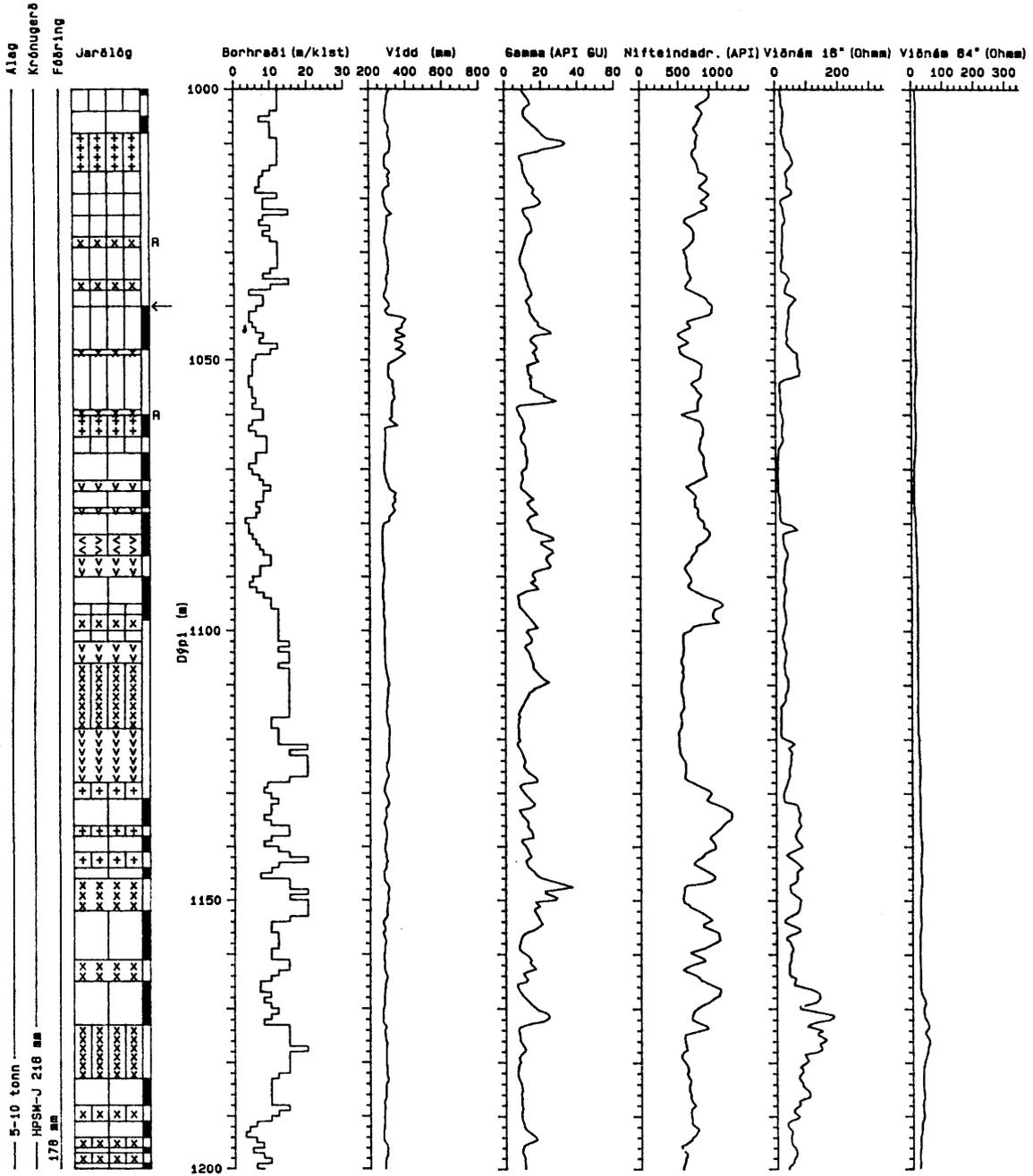
JHD-BM/BJ-8715 HTU1/60F
88.03.0215 T/6SV

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



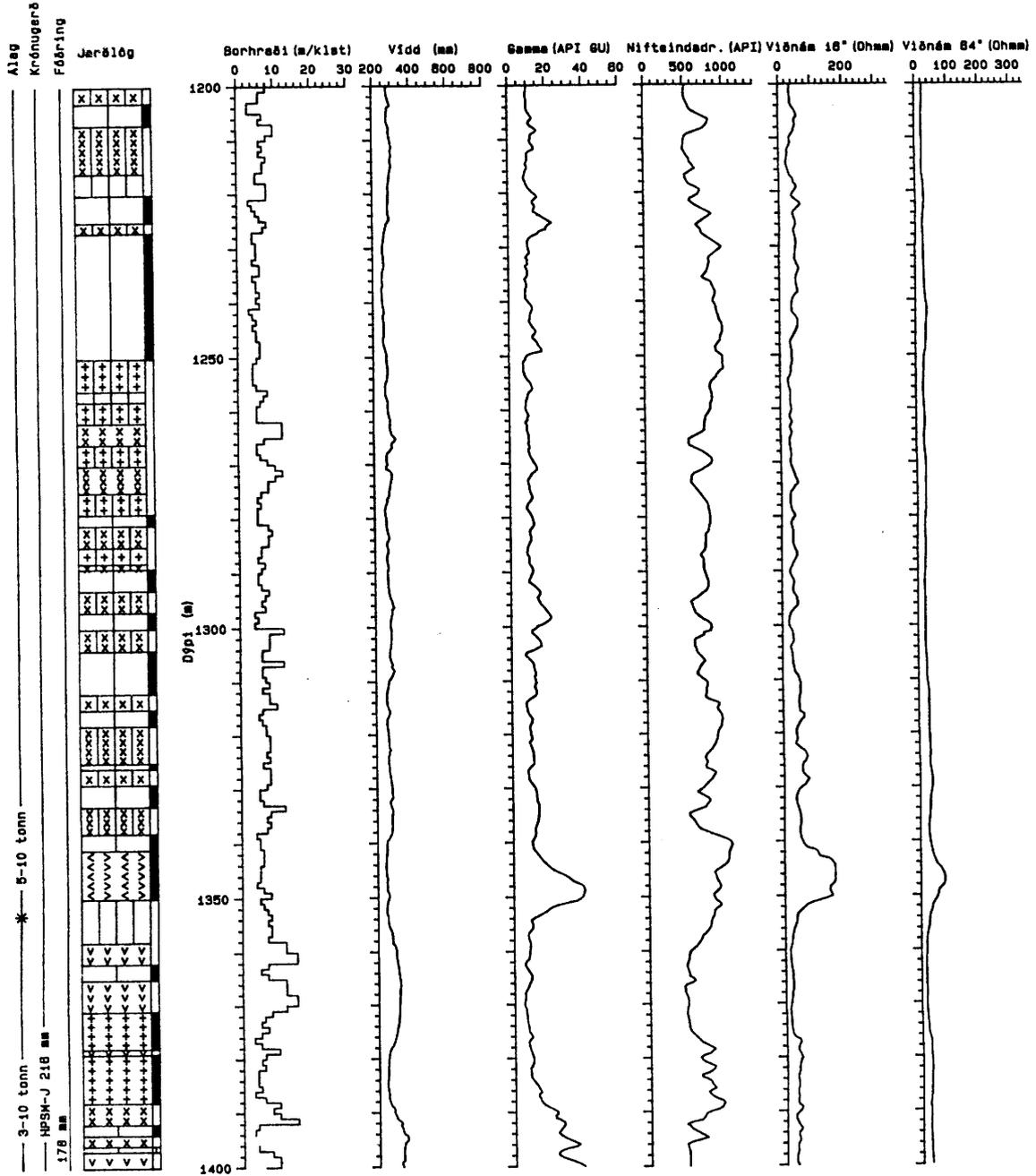
JHD-BM/BJ-8715 HTU1/60F
86.03.0215 T/6Sv

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



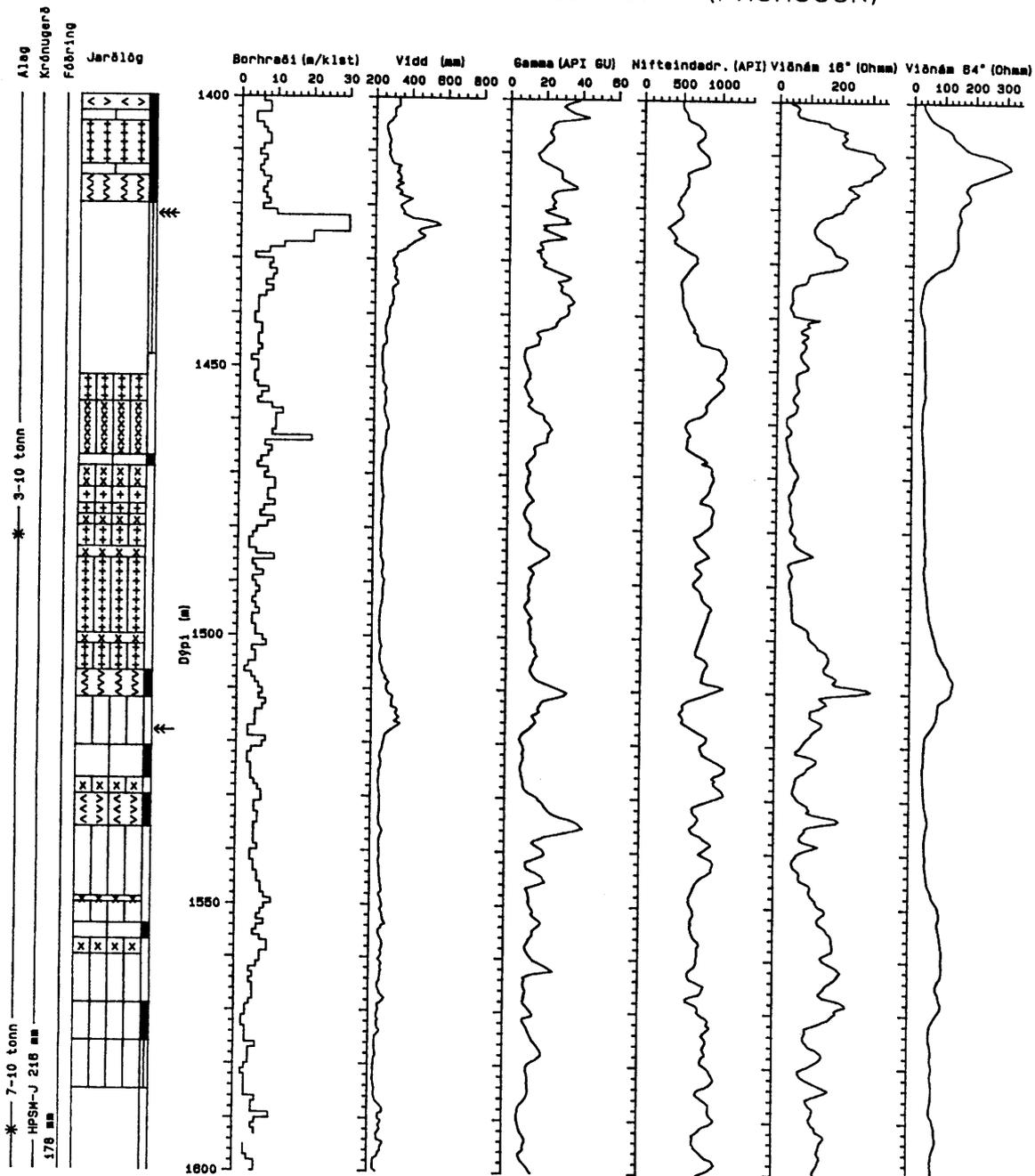
JHD-8M/BJ-8715 HTU1/60F
88.03.0215 T/GSV

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



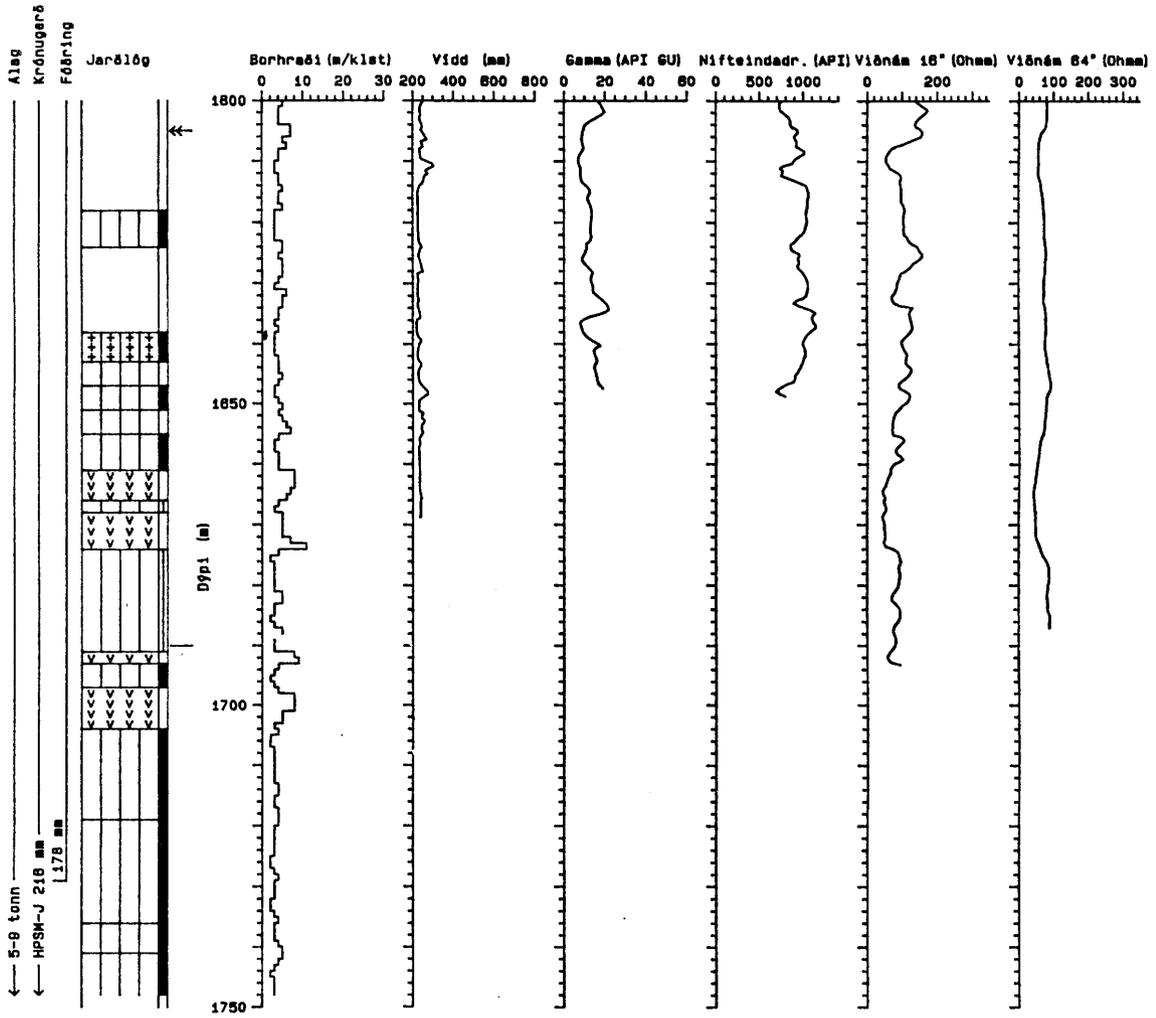
JHD-8M/BJ-8715 HTU1/60F
88.03.0215 T/6Sv

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



JHD-BM/BJ-8715 HTu1/60F
88.03.0215 T/6Sv

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



Skýringar við jarðlagasnið

-  Fersklegt fin-meðalkorna basalt
-  Umyndað fin-meðalkorna basalt
-  Fersklegt meðal-grófkorna basalt
-  Umyndað meðal-grófkorna basalt
-  Dólerit innskot
-  Fersklegt glerjað basalt
-  Umyndað glerjað basalt
-  Basaltrik breksía
-  Túff
-  Isúrt finkornótt berg
-  Isúrt grófkornótt berg
-  Finkornótt set
-  Svarf vantar

-  Líklegt innskot
-  Óruggt innskot
-  Upphleðsluberg

- <--- = Vísending ua vatnsæð
- <<-- = Vatnsæð
- <<<- = Stór vatnsæð

VIÐAUKI V-2

NESJAVELLIR HOLA NJ-15. 1. ÁFANGI

Borun fyrir 13 3/8" fódöringu frá 100 m til 288 m

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT	64
TÖFLUSKRÁ	64
MYNDASKRÁ	64
1 INNGANGUR	65
2 BORSAGA	66
3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN	68
4 MÆLINGAR	68
TÖFLUSKRÁ	
1 Gangur borunar.....	68
2 Mælingar í holu NJ-15, fyrsti áfangi	70
3 Fóðrunarskýrsla	71
MYNDASKRÁ	
1 Gangur borunar	72
2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun	73
3 Steyping 13 3/8" fóðringar, fyrri steyping	74
4 Steyping 13 3/8" fóðringar, seinni steyping	75
5 Hitamælingar fyrir fóðringu	76
6 Hitamælingar í fóðringu	77
7 CBL-mæling 28.09.85	78
8 Sprenging 28.09.85	79

1 INNGANGUR

Hola NJ-15 var staðsett í kvos í vestanverðum Stangarhálsi skammt norðvestur af Ölfusvatsskyggni. Sem höggborshola var hún kennd með bókstafnum J og boruð af Höggbor 3. Hnit holunnar eru X=658828,02 og Y=603419,06 og hún er í 236 m y.s. Hönnun holunnar er sem hér segir:

Steyptar fóduringar í holunni eru áætlaðar:

- a) Höggborsfóduring er um 100 m
Utanmál 473 mm, veggþykkt 8 mm.

- b) Öryggisfóduring 250-300 m.
API 13 3/8", 68 lbs/ft og 61 lbs/ft.
K-55 BTC, innanmál 317,9 og 215,3 mm. A.m.k. þrjú efstu rör öryggisfóduringar skulu vera 68 lbs/ft.

- c) Vinnslufóduring í 750-800 m.
API 9 5/8", 40,0 og 47,0 lbs/ft.
K-55 BTC, innanmál 224,4 mm.

Allar dýptartölur eru miðaðar við drifborð Jötuns.

Við endanlega ákvörðun á vinnslufóðringardýpi skal stuðst við ummyndunargreiningu, og ekki fódrað fyrr en ummyndun bendir til 200°C hita (kvars, wairakít).

Heildardýpt holu verður allt að 2100 m.

Í holunni verður raufaður leiðari í öllum vinnsluhluta holunnar. Gerð leiðara API 7" 23,0 lbs/ft J55 BTC.

Aðalloki holunnar skal festur á 13 3/8" öryggisfóðringu með milli-stykki.

Aðalflangs holunnar skal rafsjóðast af viðurkenndum suðumanni og gæði suðunnar reynd með röntgenmyndatöku.

Verkþáttur þessi er unninn samkvæmt rannsóknarsamningi milli Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar. Eftirtaldir aðilar unnu að verkinu: Ásgrímur Guðmundsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Guðni Guðmundsson, Helga Tulinius, Hilmar Sigvaldason, Sigurður Benediktsson og áhöfn Jötuns.

2 BORSAGA

Borun fyrir öryggisfóðringu NJ-15 hófst laugardaginn 21. september. Til verksins var notuð 17 1/2" (444 mm) króna af gerðinni S-53-J. Borstrengurinn var byggður upp sem hér segir: 17 1/2" króna, tengistykki, stýring, álagsstöng, stýring, 10 álagsstenqur, "cross over" tengistykki og borstenqur.

Undir kvöld laugardagsins 21. september var byrjað að setja niður til borunar holu NJ-15. Á 32 m dýpi var komið niður í lina steypu innan í höggborsfóðringu og á 40 m dýpi var steypan vel hörð. Á miðnætti var komið niður á 50 m dýpi. Það var ekki fyrr en um kl. 6 sunnudagsmorguninn 22. september, sem steypuborun var lokið og komið var niður úr höggborsfóðringu á 100 m dýpi. Þá hófst hin eiginlega borun og er sýnt í töflu 1 hvernig borunin gekk.

Borun gekk vel þar til kl 13:50 á mánudag er króna var komin á 271 m dýpi. Þá tapaðist allt skolvatn og borstrengurinn festist. Hann tókst þó að losa fljótlega og síðari athuganir bentu til að skoltapsstaðurinn væri á 267 m dýpi. Talsvert botnfall varð og ekki um annað að ræða en steypa í lekann, sem gekk illa.

Fyrst var steyppt úr 8 tonnum af portlandsementi (eþ. 1.85 g/cm³), kl 2:20, 24.sept. Sökum botnfalls var dýpi þá 261 m. Er steypa var boruð út reyndist hún hafa náð í 264 m dýpi og enn lak.

Steyppt var öðru sinni um kvöldið sama dag (kl.21:25-21:30) nú úr u.þ.b. 7 tonnum af portlandsementi, og var stangarenda sökkt í botnfallið niður fyrir lekastaðinn. Er borað var í gegn tapaðist svo allt skolvatn á ný, nú á 265 m dýpi.

Þrátt fyrir lekann virtist þó holan eitthvað hafa þétst, því ýmist kom skolvatn upp eða tapaðist. Allt virtist tapast er krónan var á móts við lekastaðinn, en kom upp ef hún var neðan hans, og skolaðist þá vel upp. Var því unnt að bora áfram og búa til sokk fyrir botnfall svo unnt yrði að steypa beint á lekastaðinn. Boraðar voru tvær stangir, milli kl. 12-15, 25.sept., og dýpkaði holan um 17 m (271-288 m). Þrátt fyrir að svarf virtist skolast vel upp var enn mælt verulegt botnfall (12 m á 20 mín.) og því erfitt að bora áfram sökum hættu á festu. Var því ákveðið að steypa í 3. sinn.

Þriðja steyping fór fram milli kl. 22:12-22:25, 25.sept., og voru nú notuð 10 tonn af sementi. Botn holunnar var nú í 274 m dýpi (14 m botnfall), og var stöngum sökkt allt niður á 276 m dýpi í steypingu. Er borað var í gegnum steypu að morgni 26.sept. tapaðist allt skolvatn

á 269 m dýpi, og því komin upp sama staðan og áður. Holan var hita- og víddarmæld fyrir 1. og 3. steypingu.

Er hér var komið sögu var ákveðið að reyna að fódra holuna og sjá hvort þannig mætti komast fyrir lekann, og þá viðbúið að steypa þyrfti bæði neðan frá og ofan. Sökum skoltapsins, var þó ekki hægt að komast nema eina stöng niður fyrir lekann, og eftir nokkra skolun var enn mælt botnfall sem var talsvert. Þá var þykkum geltappa rennt í gegn og botnfall tekið á ný, og virtist lítið hafa breytst. Var því fokið í flest skjól um hreinsun holunnar, með falskan botn á 271 m dýpi og því 17 m af sandi undir. Enn var þó ákveðið að fódra, og fyrirsjáanlegt að steypa þyrfti í botninn á 17 1/2" holunni áður en borað væri að marki með 12 1/4" krónu fyrir vinnslufóðringu.

Að loknum mælingum (kafli 4) var byrjað að fódra með 13 3/8" fóðringu. Er tvö rör og steypuskór voru komin af stað vildi það óhapp til er fyrsti miðjustillir fór niður úr drifborði að slynkur kom á lengjuna sem olli því að slökunartæki (elevator) opnaðist og fóðurrörin húrruðu niður. Þurfti fyrst að útbúa fiskitæki úr fóðurrörsbút. Tókst fiskun í fyrstu atrennu og voru rörin komin upp kl. 18:20, 27.sept. Hófst þá fóðrun (tafla 2).

Morgunin eftir var fóðring steyppt milli kl. 10:25-11:10 (mynd 4). Vatn kom upp öðru hvoru en ekki steypa. Notuð voru 43 tonn af sementsblöndu. Eftir hádegisdag var dælt vatni utan með fóðringu og farnst vatnsborð eftir steypingu á 64 m dýpi. Þrýst var á til að ná sambandi við lekastaði neðan fóðringar svo unnt yrði að steypa utan með.

Um eftirmiðdaginn var svo hita- og CBL-mælt, þá dælt á holuna og hita-mælt á ný. Steypuborð farnst á rúmlega 200 m dýpi og í ádælingu tók holan einungis við um 3 l/s, en 4-5 l/s undir þrýstingi, sem var of lítið til að hægt væri að steypa utan með. Því voru skotin göt á fóðringuna á mótis við 200 m dýpi (kafli 4). Þá var útbúinn steypu-ventill á toppinn úr fiskitækinu góða. Fóðringin var svo steyppt endanlega milli kl 7:20-8:20, 29.september, og var það fimmta steyping í þessum áfanga. Steypa kom upp en seig síðan nokkra metra og var fyllt upp með steypu utan frá og fóðring þar með steyppt í topp.

Þá var ekki annað eftir en að ganga frá holutoppi og bora út steypu. Lauk því verki og þar með 1. áfanga við borun NJ-15 á 14. verkdegi 30. september.

Tafla 1. Gangur borunar

	Borun á dag (m)	Tími (klst.)	Meðalborhraði (m/klst.)	Tími á krónu (klst.)	Dýpi (m)
6. verkd.	97	16	6,1	16	197
7. "	74	12,5	5,9	28,5	271
8. "	0			"	"
9. "	17	3	5,7	31,5	288

3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Jarðlög NJ-15 samsvara jarðlögum NG-10 en taka þarf tillit til 36 m hæðarmunar á holutoppum. Móberg er ráðandi berggerð á öllu dýptarbili öryggisfóðringarinnar í NJ-15. Þunn basaltlög sjást öðru hvoru í móberginu, eins og í holu NG-10. Á 230 m dýpi er komið í feldspat-dílótt móberg sem trúlega tilheyrir myndun M-4.

Berg er ummyndaðra í Holu NJ-15 en NG-10, en svipaðrar gerðar (smektít, kalsít, opall, zeólítar). Holrými er ekki fyllt, og ferskt gler finnst í bergi á öllu dýptarbilinu, þó ummyndun glersins aukist er neðar dregur.

4 MÆLINGAR

Allar mælingar sem gerðar voru í fyrsta áfanga holu NJ-15 eru skráðar í töflu 2. Þegar holan var orðin 271 m djúp 23.09.85 var borun hætt vegna mikils botnfalls og vandræða við að skola upp úr holunni. Borstrengurinn var þá tekinn upp og holan hita- (mynd 5) og víddarmæld. Alls var steypt þrisvar áður en ákveðið var að fóðra og var hita- (mynd 5) og víddarmælt fyrir þriðju steypingu (25.09.85) og áður en fóðurrör voru sett niður samfara jarðlagamælingum (nifteinda, gamma og viðnám 16" og 64") 24.09.85.

Dælt var á holuna í öllum hitamælingunum (mynd 5) og sýna þær að holan kólnar í botn, þ.e. æðin í 267 m tekur við öllu vatninu. Víddarmælingarnar sýna útvöskun fyrir neðan fóðurrör (höggbors) og niður í 153 m og skáp (30") í 190 m. Í fyrstu mælingunni sjást skápar fyrir

neðan 240 m og niður í 261 m en mælirinn fór ekki dýpra. Í annari mælingunni kom í ljós að tekist hafði að steypa í þessa skápa en hinsvegar komu stærri skápar í ljós þar fyrir neðan, en sú mæling nær niður í 274 m. Ekki tókst að steypa í þessa skápa í þriðju steypingu samkvæmt víddarmælingunni 26.09.85.

Hitamælt var 27.09.85 (mynd 6) eftir að fóðurrör dattu niður holuna (sbr. kafli 2). Með hitamælingunni átti að reyna að finna hversu langt þau hefðu hrapað niður, hvort hrun væri ofan á þeim og einnig með CCL-mælingu að athuga hvort miðjustillirinn hefði dottið og orðið eftir á leiðinni. Hitamælirinn komst alla leið á 270 m dýpi og var ljóst út frá CCL-mælingu að efri endi fóðurröranna var í 246,8 m og þá ekkert hrun ofan á þeim. Ekkert sást á CCL-inu sem bent gæti til þess að miðjustillirinn hefði orðið eftir á leiðinni.

Þegar steypa kom ekki upp við steypingu á fóðringunni 28.09.85 var hitamælt (mynd 6), CBL mælt (mynd 7), hitamælt aftur (mynd 6) og að lokum sprengt (mynd 8). Fyrri hitamælingin sýndi að holan hitnaði í rúmlega 200 m, sem gæti þýtt að steypuborðið væri þar. Eftir hitamælinguna var holan CBL-mæld. CBL-mælingin staðfesti að steypuborðið var í rúmlega 200 m nánar til tekið 206-207 m. Til að athuga hvað holan tæki við miklu vatni utan með fóðurrörum og eins hvert vatnið færi var sett á dæling utan með og hitamælt aftur. Holan tók við um 5 l/s undir þrýstingi og kældi sig í um 200 m. Ekki þótti holan taka við nógu miklu vatni til að hægt yrði að steypa ofan frá og var þá ákveðið að skjóta göt á fóðringuna sem næst steypuborðinu. Átta egg (mynd 8) voru sprengd á 204,1 m - 206,2 m dýpi, og dugði það til að hægt var að ljúka steypingu á fóðringunni.

Um jarðlagamælingarnar verður fjallað seinna í lokaskýrslu.

Tafla 2 Mælingar í holu NJ-15, fyrsti áfangi

Dags.	Tími (kl)	Hvað mælt	Dýptarbil (m)	Athugasemdir
85.09.23	21:15-21:35	Hiti+dT+CCL	0-261	Vegna hruns, fyrir steypingu
85.09.23	21:35-22:15	Vídd	0-261	Skápar fyrir steypingu
85.09.25	19:00-19:30	Hiti+dT+CCL	0-274	Eftir 2 steypingar, fyrir 3ju steypingu
85.09.25	19:30-20:20	Vídd	0-274	Skápar fyrir 3ju steypingu
85.09.26	18:30-19:00	Vídd	0-271	Fóðring, skápar
85.09.26	19:00-20:00	Hiti+dT+CCL	0-271	Æðar
85.09.26	20:00-21:15	Nifteindir+gamma	0-271	Jarðlög
85.09.26	21:15-22:00	Viðnám 16"og 64"	0-271	Jarðlög
85.09.27	03:45-04:00	Hiti+dT+CCL	0-270	Lóðun niður á 2 fóðurrör sem duttu niður + CCL inni í þeim
85.09.28	18:20-19:00	Hiti+dT+CCL	0-246	Á undan CBL mælingu
85.09.28	19:00-20:35	CBL	0-246	Steypuborð
85.09.28	20:35-21:00	Hiti+dT+CCL	0-246	Athuga hvert vatn í utaná- dælingu færi (steypuborð)
85.09.28	21:00-24:00	Sprenging	204,1-206,2	8 egg sprengd fyrir steypingu

Tafla 3. Fóðrunarskýrsla.

ORKUSTOFNUN
JARDBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA

Jötunn

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR		VERKKAUPI
647-1	NJ-15	Nesjavellir		Hitaveita Reykjavíkur
VÍDD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.	ÚTFYLLT
17 1/2"	288	2	1985.09.26.- 30	1985.09.30 D.S.

FJARLÆGD KJALLARABRÚN - KRAGI		o,35 m		
FÓÐRING	PVERM. UTAN 13 3/8"	INNAN 317,9-315,3mm		
	GERÐ K-55	ÞYNGD 68 og 61 lbs/ft		
	TENGI Skrúfuð Buttress			
	NOTAÐ 276,34 m	FRÁ KRAGA 263,99 m		
	KRAGI (FLANGS) 12" 900			
	SKÓR Float Shoe & Float Collar			
MÍÐJUST.	6 stk.	STEYPUT.	0 stk.	
STEYPING	SEMENT Portland	43.000 kg		
	SEMENT	kg		
	ÍBL.EFNI	kg		
	ÍBL.EFNI	kg		
	TAFÆFNI	kg	EDLISP. STEYPU	1,73
	STEYPUTÆKI Haliburton Steypusamstæða			
	STEYPIGARTÍMI	44 mín		
	EFTIRDELING. MAGN	3189	I TÍMI	5 mín
	STEYPA KOM UPP	<input type="checkbox"/> JÁ <input checked="" type="checkbox"/> NEI		
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA	198 m		
FRÁGANUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR	19,5 h		
	SEMENT 30.000 kg	ÍBL.EFNI Kífsils	kg	
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR	6 h		
	STEYPA BORUD EFTIR	61 h		
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI	122 m		
VERKTÍMI. RÖR	STEYPA	TOPPUR	TAFIR	ALLS
h 11,5	3,0	21,0	20,0	89,0
ATH. 6 Efstu rörin eru 68 lbs/ft. Þar fyrir neðan eru rörin 61 lbs/ft. 2 fyrstu rörin féllu niður á botn en voru fiskuð upp aftur. Fyrsta steypa náði upp í 198 m. Þar voru 8 göt skotin og steyppt upp. 12 m. voru síðan niður á steypu tvö og var það steyppt ofanfrá Fullvíst er að vel er steyppt með fóðringunni				

RÖRATALNING			
LENGD	NR ¹⁾	ALLS m	
10,67	1	10,67	
12,24	2	22,91	
12,26	3 X	35,17	
12,18	4	47,35	
12,24	5	59,59	
12,14	6	71,73	
12,33	7 X	84,06	
12,03	8	96,09	
11,19	9	107,28	
11,90	10	119,18	
11,93	11 X	131,11	
12,25	12	143,36	
11,88	13	155,24	
12,18	14	167,42	
11,98	15 X	179,40	
11,81	16	191,21	
11,78	17	202,99	
11,81	18	214,80	
11,86	19 X	226,66	
12,22	20	238,88	
0,72	Float Collar	239,60	
11,87	21 X	251,47	
11,89	22	263,36	
0,62	Float Shoe	263,98	

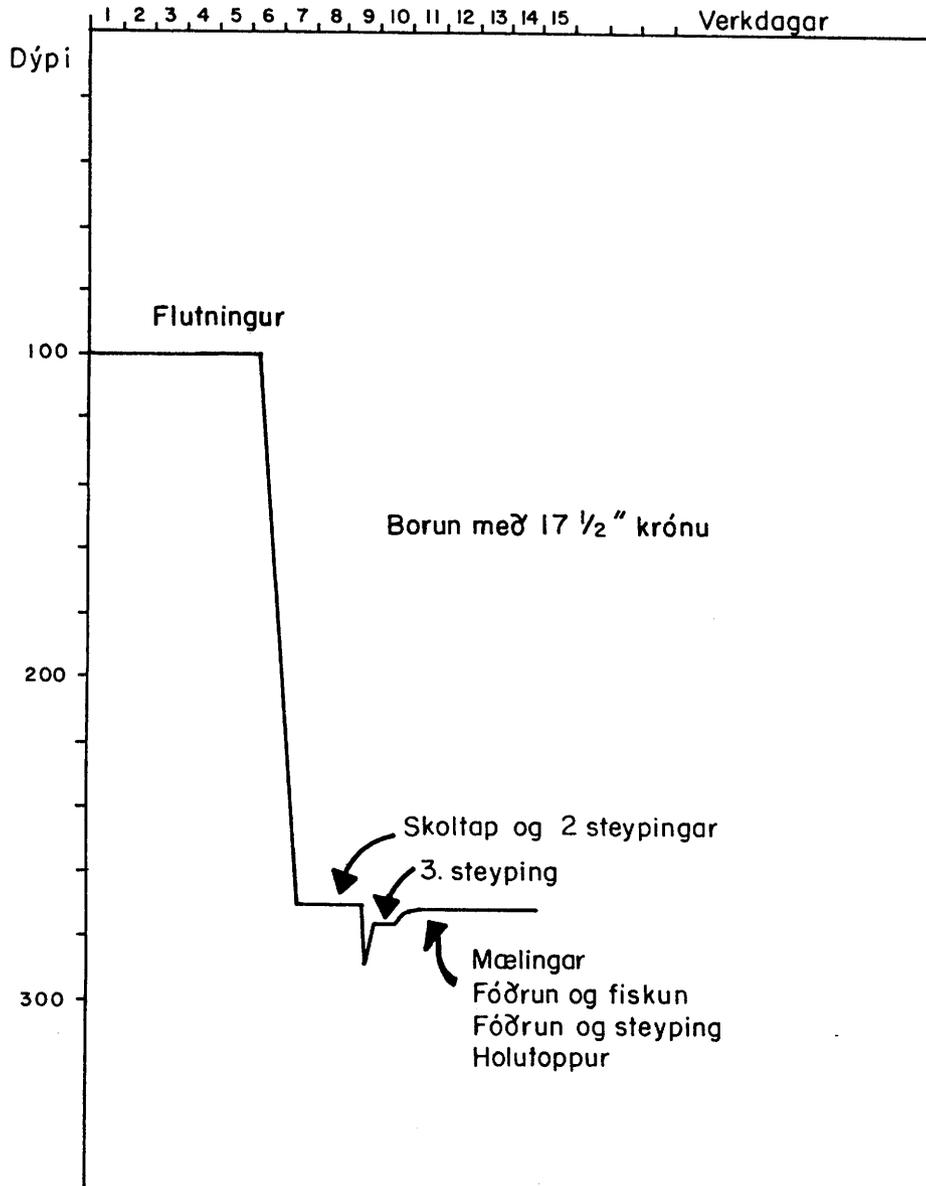
05.82 20x30FDH

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

JHD-BJ-8715 GÓF
85.10.1218 '0D

Mynd 1

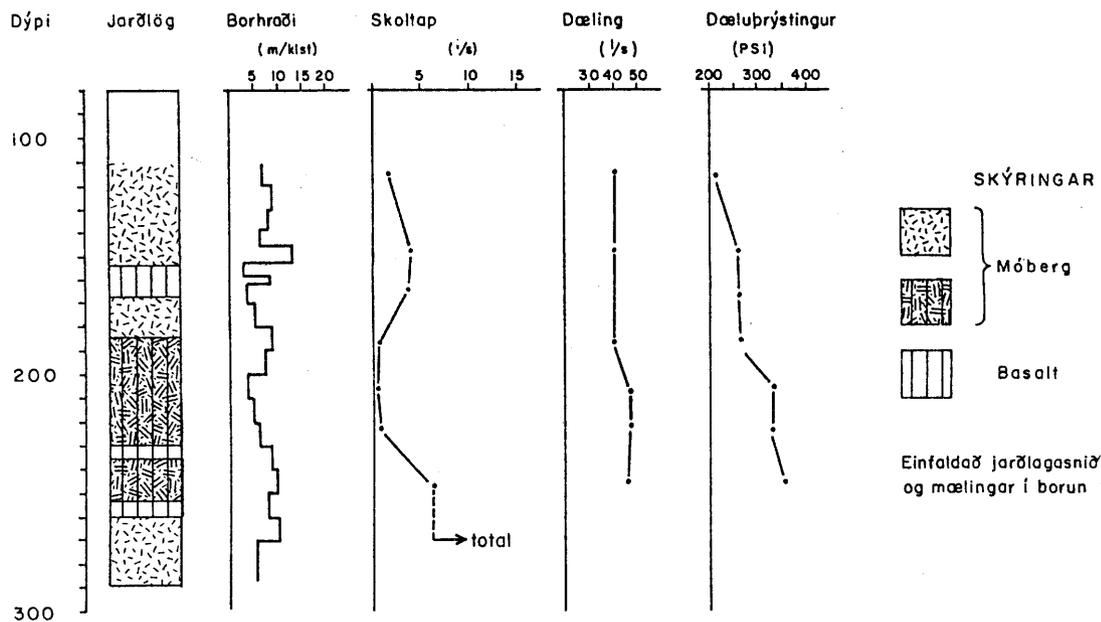
NESJAVELLIR HOLA NJ-15
I.áfangi Gangur borunar



JHD-BJ- 8715 - GÓF
85.10.1219 OD

NESJAVELLIR HOLA NJ-15

Mynd 2

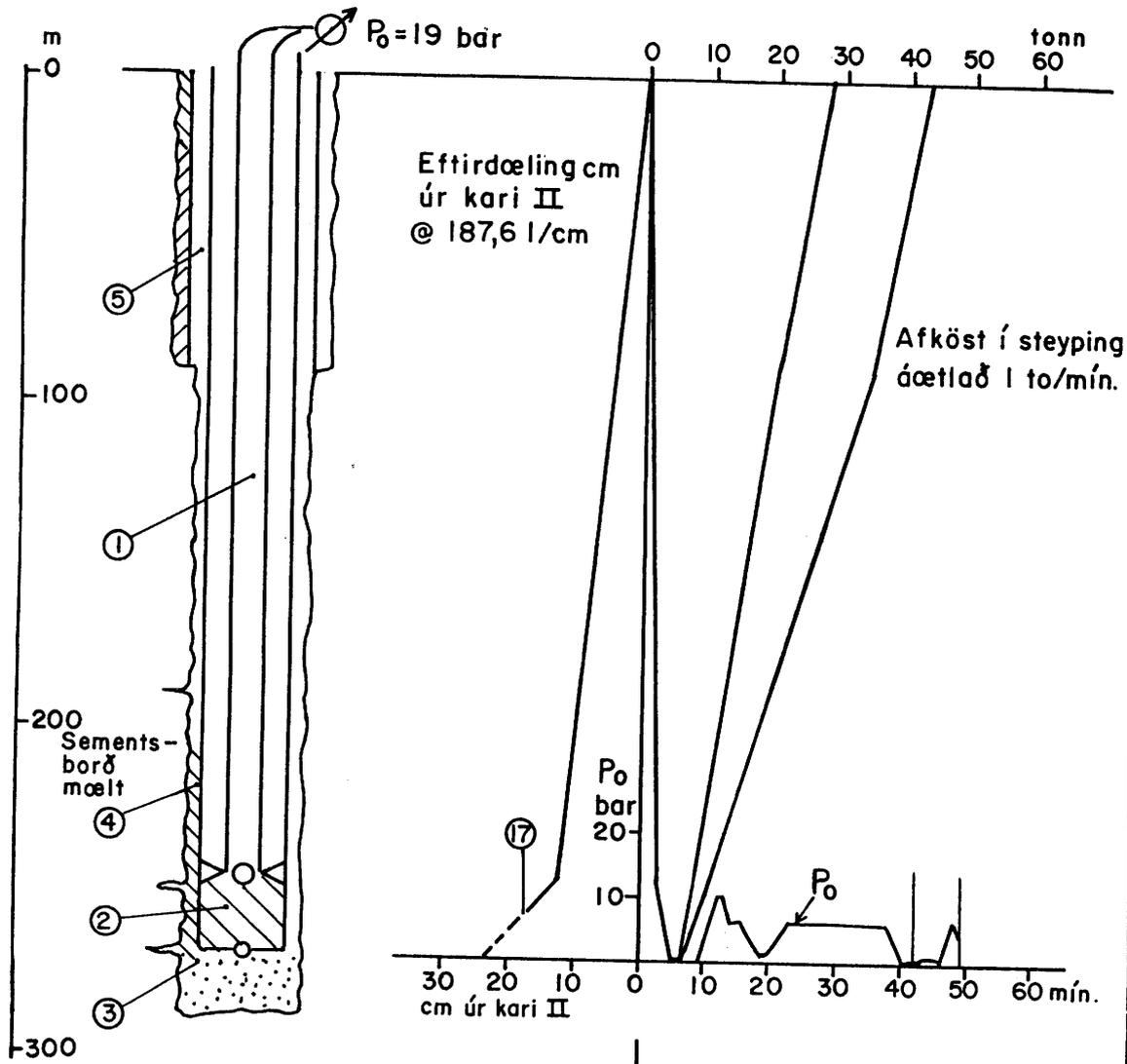


15

JBR-8715-S.Ben.
85.10-1307-EK

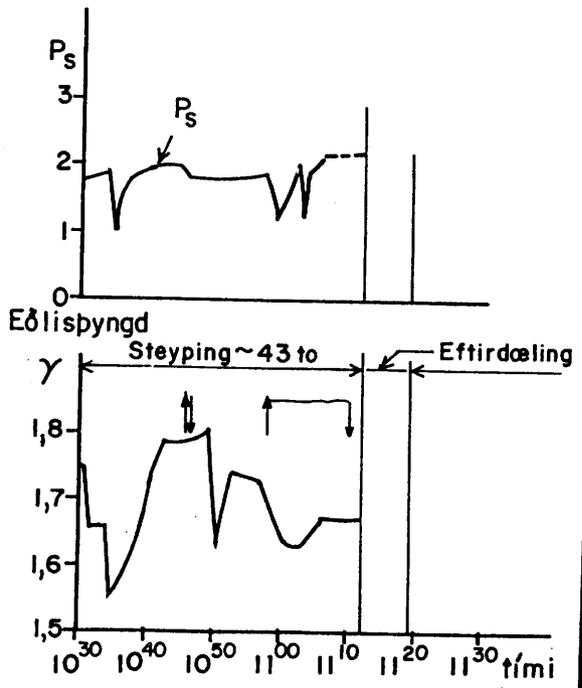
Steyping 13 3/8" fóðringar í NJ-15

Mynd 3



l/m	x	m	=	l	min	100%umfr.
1)	9,28	x	245	=	2274	2,7 2,7
2)	85,6	x	24	=	2054	5,2 5,2
3)	155	x	5	=	775	6,1 7,0
4)	65	x	180	=	11700	20,0 34,9
5)	74	x	90	=	6660	27,9 42,8
					<u>23463</u>	
					840	= 27,9 to

Steypt var úr ca 43 to af portland sementi.
Vatn kom upp um tíma en ekkert sement
Sement mældist síðar upp í 205 m.

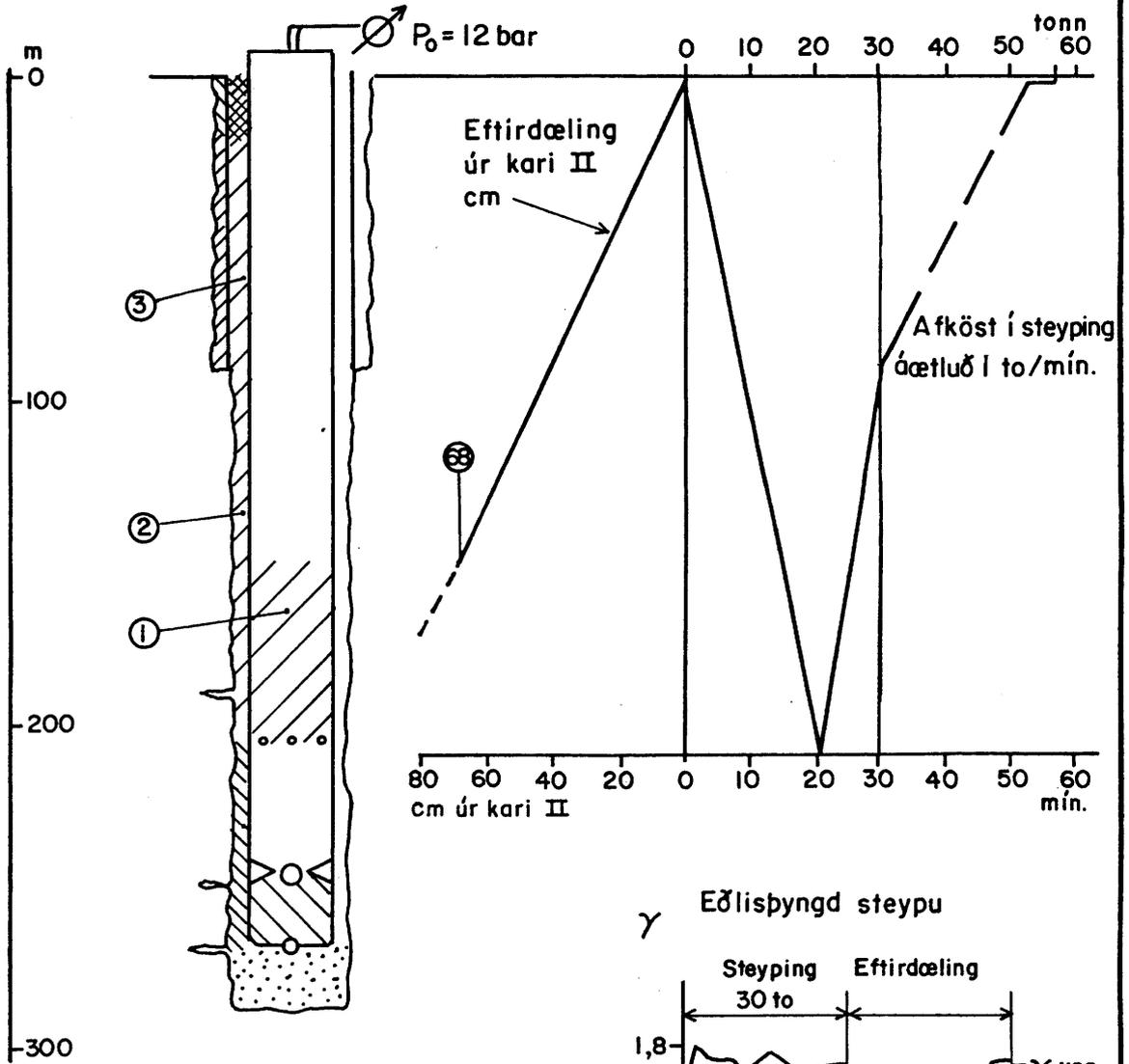




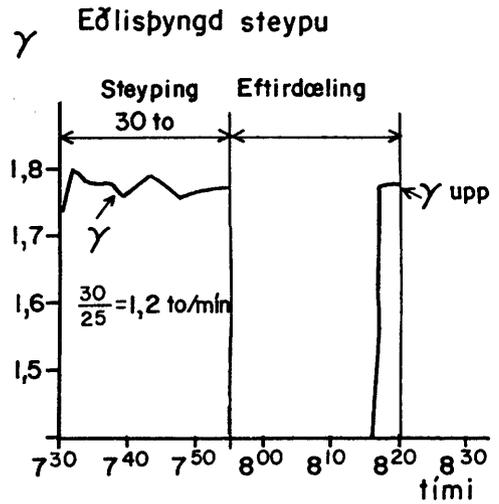
JBR-8715-SBen.
'85.10-1308

Steyping 133/8" fódringar í NJ-15

Mynd 4



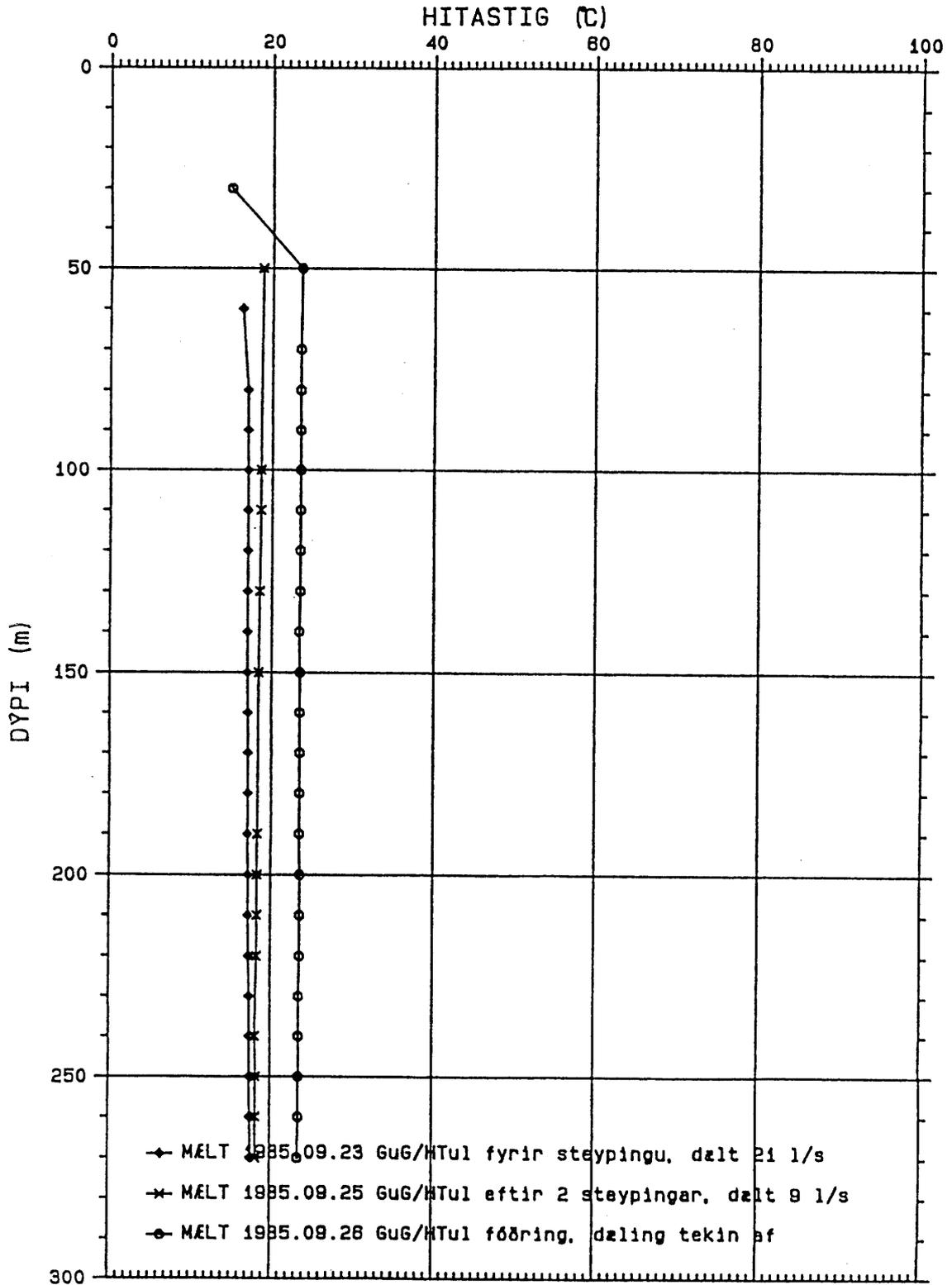
1/m	x	m	=	l		mín
1)	85,6	x	55	=	4708	5,6
2)	65	x	115	=	7475	14,6
3)	74	x	90	=	6660	
				=	$\frac{18843}{840}$	= 22,4 to



Steyppt gegnum skotgöt í 205 m dýpi.
Steyppt úr ca 30 to af portland sementi.
Steypa kom upp en seig síðan niður.
Steyppt ofaná úr ca 1,5 to af portland sementi.

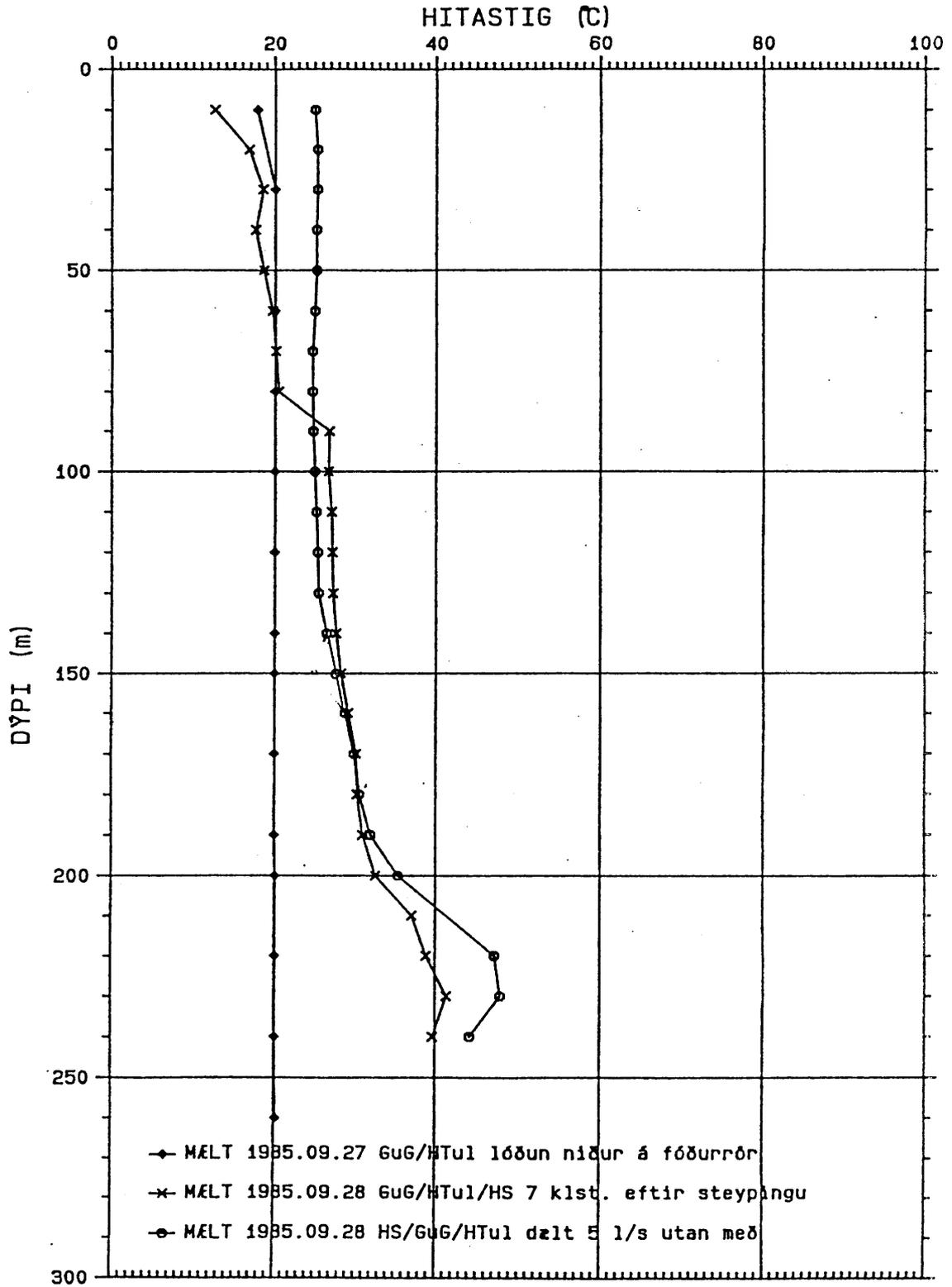
JHD-BM-8715 HTu1
85.10.1228/1 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 HITAMÆLINGAR



05 JHD-8M-8715 HTu1
85.10.1229/2 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 HITAMÆLINGAR



1 JHD-BM-8715-HS
85.10.1271-0D

SPRENGINGAR I BORHOLU

1. Sýsla, kaupstaður ÁRNESSÝLA		2. Hreppur GRAFNINGSHREPPUR
3. Staður NESJAVELLIR		4. Hóla nr. NJ-15
5. Dýpi. m 288	6. Fóðringar. m. þv. 264 m, 13 ^{3/8} "	7. Bortími

8. Ástand holu fyrir aðgerð
FYRSTU STEYPINGU LAUK KL. II¹⁵

9. Verkkaupi HR	10. Tilgangur HRINGDÆLING	
11. Mælitæki R-50402	12. Dagset. 85.09.28	13. Mælingamenn GuG-HTul-HS
14. Núllpunktur á dýpi DRIFBORD A JÖTNI	15. Skotstaður 204.1 - 206.2 m	16. Fjöldi skota 1

<p>17. Lýsing á sprengju</p> <p>ccL</p> <p>Sprengja 8 egg</p> <p>Lóð</p>	<p>18. Ath. Sprengt kl. 22⁴⁰</p>
--	---

VIÐAUKI V-3

NESJAVELLIR HOLA NJ15. 2. ÁFANGI

Borun fyrir 9 5/8" fódningu 288 m til 791 m

EFNISYFIRLIT

	Bl.s.
1 INNGANGUR	83
2 BORSAGA	83
3 JARÐLAGASKIPAN OG UMMYNDUN	84
4 MÆLINGAR	84

TÖFLUR

1 Fóðrunarskýrsla	86
2 Mælingar í NJ-15 II áf.	85

MYNDIR

1 Gangur borunar	88
2 Einfaldað jarðlagasnið	89
3 Steyping 9 5/8" fóðringar	90
4 Hitamælingar við lok borunar fyrir 9 5/8" fóðringu....	91
5 Hitamælingar 85.10.07	92
6 CBL-mæling 85.10.07	93

1 INNGANGUR

Verkpáttur þessi er unninn samkvæmt rannsóknarsamningi milli Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Eftirtaldir aðilar unnu að verkinu: Ásgrímur Guðmundsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðni Guðmundsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson og áhöfn Jötuns.

2 BORSAGA

Á mynd 1 er sýnt ágrip borsögu annars áfanga holu NJ-15, en hann hófst að morgni 30. september og lauk 7. október (um 9 verkdagar).

Röðun borstrengs var háttað á þann veg, að ofan 12 1/4" krónunnar var tengistykki, stýring, kolli, stýring, ellefu kollar og svo borstangarlengjan þar fyrir ofan.

Borað var niður á 298 m dýpi en stöðvað þar vegna algers skoltaps (sbr. mynd 2). Vatnsborð mældist á 99 m dýpi. Til að stöðva þennan óæskilega leka þurfti að steypa tvisvar: Í fyrra skiptið voru borstangir settar niður á 294 m dýpi en lokað að borstöngum á holutoppi. Steypt var úr 10 tonnum af sementi og því þrýst með um 5 bar þrýstingi (Po) inn í æðina. Í lok steypingarinnar reyndist enn vera 16 l/s leki, og því nauðsynlegt að steypa á ný. Í þetta skiptið var einnig steypt úr 10 tonnum, en ekki lokað að stöngum (neðri endi stangarlengju í 243 m dýpi), heldur steypan látin renna sjálfráð niður á við. Að stundu liðinni frá steypulokum var þrýst á holuna með 500 pundum og reyndist holan vera þétt.

Þessar steypingar þéttu holuna alveg og var borun haldið áfram sleytulaust allt niður á 791 m dýpi þar sem enda fóðurrörs var valinn staður í fersklegu basalt innkotslagi. Við val á fóðrunardýpi var höfð hliðsjón af ummyndun bergsins, einkum var skyggnst eftir steindunum kvarsi og wairakíti. Vottaði fyrir þeirri fyrrnefndu en ekki þeirri síðarnefndu svo óyggjandi væri.

Að borun lokinni var hitamælt innan í stöngum (sbr. kafla 4) og síðan ráðist í upptekt. Að henni lokinni var umsamið mælingaprógramm framkvæmt og síðan tekið til við að fóðra holuna. Fóðrunarskýrslan er sýnd í töflu 1. Stuttu eftir að borstrengur hafði verið tengdur við steypustungustykkið varð vart við að algert skoltap var komið í holuna. Til að finna lekastaðinn var hitamælt, og sýndi sú mæling að lekinn var á sínum gamla stað, rétt ofan 300 m dýpis.

Steyping fódurrörsins hófst klukkan 7:40 að morgni 7. okt. Steypt var úr um 65 tonnum af sementi og tók steypingin 60 mínútur (sbr. mynd 3). Um tíma kom vatnsborðið upp, en hvarf aftur til undirheima rétt áður en steypingu lauk. Stuttu eftir að steypingu lauk var þrýst ofan á steypuna til að kanna hvort æðin ofan 300 m væri þétt, og reyndist svo vera. Um kvöldið var hita- og CBL-mælt til að finna efra borð steypu. Steypan reyndist vera 30 m neðan við snúningsborð Jötuns og því ekki ástæða til frekari aðgerða. Því var ákveðið að hefjast handa við frágang á holutoppi og gera allt klárt til borunar vinnsluholunnar. Aðfaranótt 8. októbers var skorið ofan af 9 5/8" fódringunni, lokar teknir af og stýringu komið fyrir. Síðan voru lokar settir aftur á og settar niður stangir til að kæla holuna áður en króna færi niður.

3 JARÐLAGASKIPAN OG UMMYNDUN

Á mynd 2 er sýnt einfaldað jarðlagasnið. Helstu einkenni jarðlagastafans er að móberg er ráðandi myndun ofan 580 m dýpis en hraunlög neðan þess. Innskota verður vart á þremur stöðum. Við fyrstu sýn virðast jarðlög holu NG-10 og NJ-15 falla vel saman.

Helstu atriði ummyndunar NJ-15 eru þau að efri mörk analsím eru á 430 m dýpi, thomsonít á svipuðu dýpi, skólesít/mesólít greindust fyrst á 455 m, heulandít á 500 m, stilbít á 550 m og líklegt mordenít neðan um 655 m dýpis. Laumontít greindist fyrst á 730 m dýpi. Kvars greindist fyrst með öryggi á um 780 m, og er mögulegt að í sama sýni hafi wairakít verið til staðar. Frekar verður fjallað um ummyndun og jarðlagaskipan í lokaskýrslu.

4 MÆLINGAR

Þegar borun fyrir 9 5/8" fódringu lauk á 791 m dýpi kl. 18:30 þann 5. október var hafist handa við að hitamæla inni í stöngum (mynd 4) og síðan var fylgst með upphitun í tæplega 1/2 klukkustund á 770 m dýpi. Upphitunin var mjög hæg eða um 13 gráður á klukkustund. Hæsti hiti í holunni mældist 42,6 gráður og tók hún við 2 l/s í utanádælingu meðan á mælingum stóð. Eftir upptekt á borstreng var aftur hitamælt (mynd 4) og mældist þá hæstur hiti í botni, eða 86,4 gráður.

Þessu næst var mæld vídd, N-N, 16" og 64" viðnám. Allar mælingarnar í þessum verkáfangi eru sýndar í töflu 2. Holan er að mestu skápalaus þ.e.a.s. lítið útvöskuð. Í viðnámsmælingunum er viðnám mjög lágt (< 5 ohm) frá 500 m og niður í botn. Hitamælt var aftur í holunni 7. október strax eftir að fóðrun lauk (mynd 5). Þá var hitamælt og CBL-mælt sama dag og eru þær mælingar sýndar á myndum 5 og 6.

Tafla 2 Nesjavellir NJ-15. Mælingar í 2. áfangi

Dags.	Tími	Hvað mælt	Dýptar- bil (dýpi)	Ástand holu	Tilgangur	Athugas.
85.10.05	21:10-22:15	Hiti-dT-CCL	0-770 (791)	Borun f.9 5/8" fóðr. lokið	Upphitun	Mælt inni í stöngum
85.10.06	03:10-04:30	Hiti-dT-CCL	0-790 (791)	- " -	- " -	Mælt eftir upptekt
- " -	04:30-05:30	Vídd	0-780 (791)	- " -	Skápar	- " -
- " -	05:30-07:15	N-N+Gamma	0-780 (791)	- " -	Jarðlög	- " -
- " -	07:30-08:15	Viðnám	0-780 (791)	- " -	- " -	- " -
85.10.07	00:30-01:10	Hiti-dT-CCL	0-759 (791)	Fóðrun m.9 5/8" lokið	Finna lekastað	Mælt inni í stöngum
- " -	18:00-20:00	Hiti-dT-CCL	0-675 (791)	Steypingu lokið	Upphitun	10 klst. frá steypingu
- " -	21:00-22:00	CBL	0-620 (791)	- " -	Steypugæði	12 klst. frá steypingu

ORKUSTOFNUN
JARÐBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA

Jötunn

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR		VERKKAUPI
647-1	NJ-15	Nesjavellir		Hitaveita Reykjavíkur
VIÐD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.	ÚTFYLLT
12 1/4"	791	3	1985.10.06.- 08.	1985.10.08. D.S.

FJARLEGD KJALLARABRÚN — KRAGI		0,35 m		
FÓÐRING	PVERM. UTAN	9 5/8"	INNAN 226,6-220,5mm	
	GERÐ	K-55	ÞYNGD 40 & 47 lbs/ft	
	TENGI	Skrúfuð Buttress		
	NOTAÐ	788,34 m	FRÁ KRAGA 776,94 m	
	KRAGI (FLANGS) í slíf í kraga			
	SKÓR Float Shoe og Float Collar			
MIÐJUST.		13 stk.	STEYPUT. 0 stk.	
STEYPIG	SEMENT	G Blanda	40.300 kg	
	SEMENT	Portland	20.500 kg	
	ÍBL.EFNI		kg	
	ÍBL.EFNI		kg	
	TAFAEFNI	kg	EDLISP. STEYPU 1,78	
	STEYPUTÆKI Haliburton Steypusamstæða			
	STEYPIGARTÍMI 60 mín			
	EFTIRDÆLING MAGN	5475	Í TÍMI 15 mín	
	STEYPA KOM UPP <input type="checkbox"/> JÁ <input checked="" type="checkbox"/> NEI			
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA		23,5 m	
FRÁGANGUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR Ekki steypt utanmeð h			
	SEMENT	kg	ÍBL.EFNI kg	
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR 16,5 h			
	STEYPA BORUD EFTIR 41 h			
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI 700 m			
VERKTÍMI RÖR	STEYPA	TOPPUR	TAFIR ALLS	
h 10,5	1,5	12,0	82,5	
ATH. Efstu 35 rörin eða 463.13 m eru 40 lbs/ft en þar fyrir neðan frá 463,13 m til botns á fóðringunni í 776,94 m eru 47 lbs/ft rör eða 312.55 m. Steypan stíðnaði er eftir var að dæla 1500 l af eftirdælingunni og var þess vegna steypuhroði svi langt upp í rörin. Ekki þótti fært að skjóta út úr rörinum í 23m. dýpi og þess vegna ákveðið að láta þá ósteypta.				

RÖRATALNING		
LENGD	NR ¹⁾	ALLS m
12,48	1	12,48
13,29	2	25,77
13,47	3	39,24
11,49	4	50,73
11,83	5	62,56
13,26	6	75,82
13,68	7	89,50
10,53	8	100,03
13,52	9	113,55
13,47	10	127,02
13,63	11	140,65
13,57	12	154,22
13,48	13	167,70
13,61	14	181,31
13,85	15	195,16
13,58	16	208,74
11,95	17	220,69
13,61	18	234,30
13,78	19	248,08
13,78	20	261,86
12,39	21	274,25
13,41	22	287,66
13,42	23	301,08
13,63	24	314,71

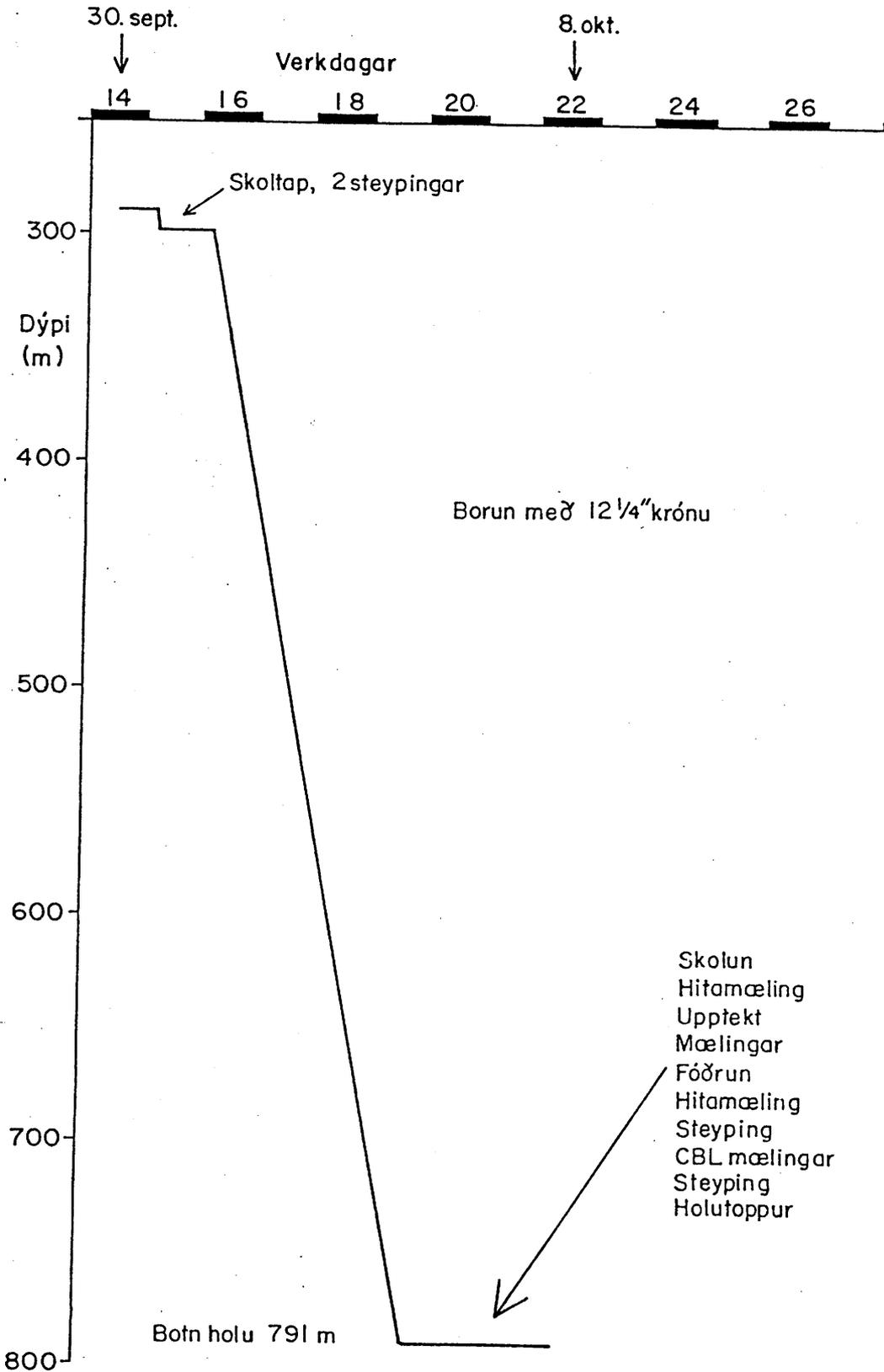
05.82 20x30FDH

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

JHD-BJ-8715-HF
85.10.1312-0D

MYND 1

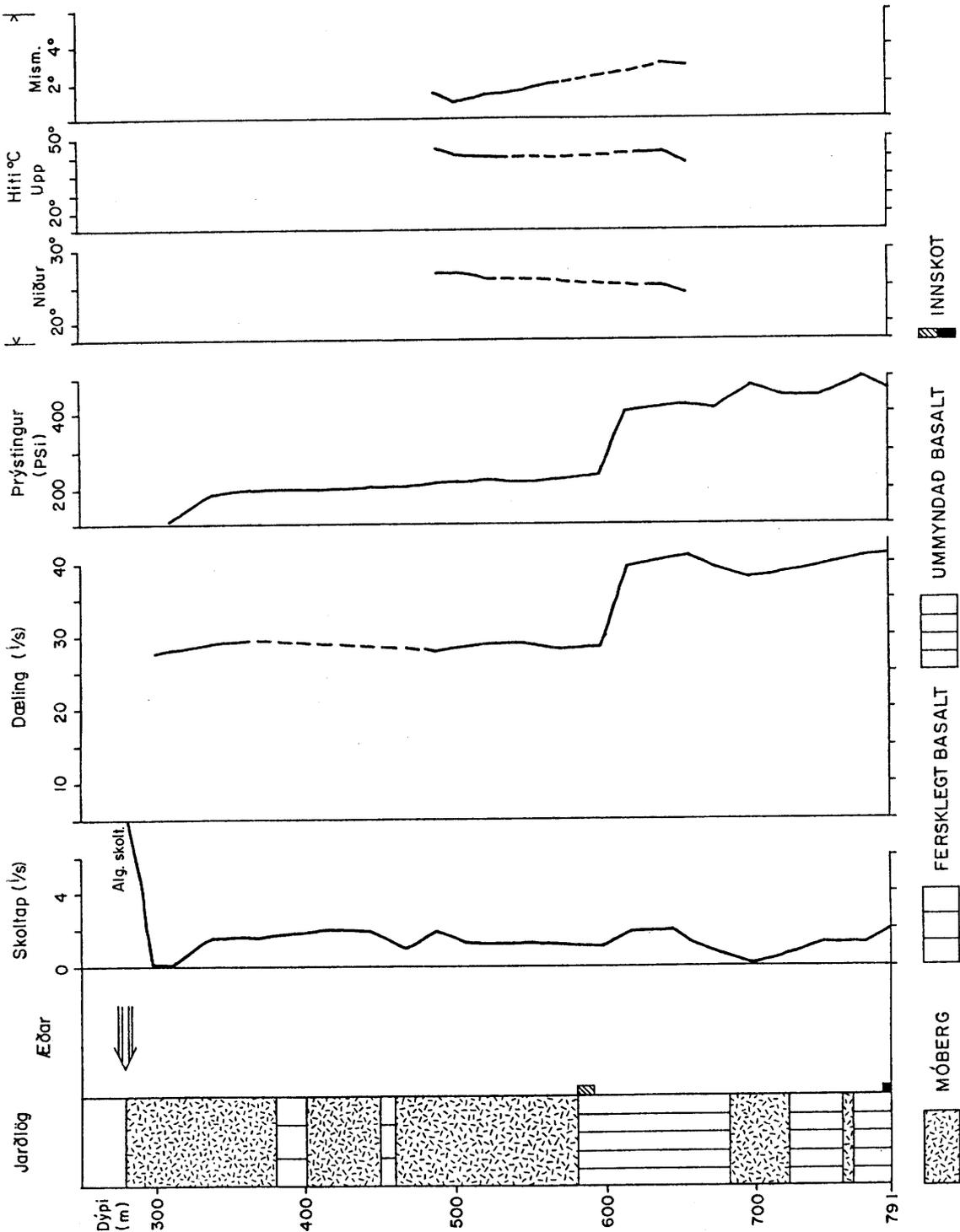
NESJAVELLIR HOLA NJ-15, 2. ÁFANGI, GANGUR BÖRUNAR



MYND 2

NESJAVELLIR HOLA NÚ 15, 2. ÁFANGI
EINFALDAD JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR Í BÖRUN

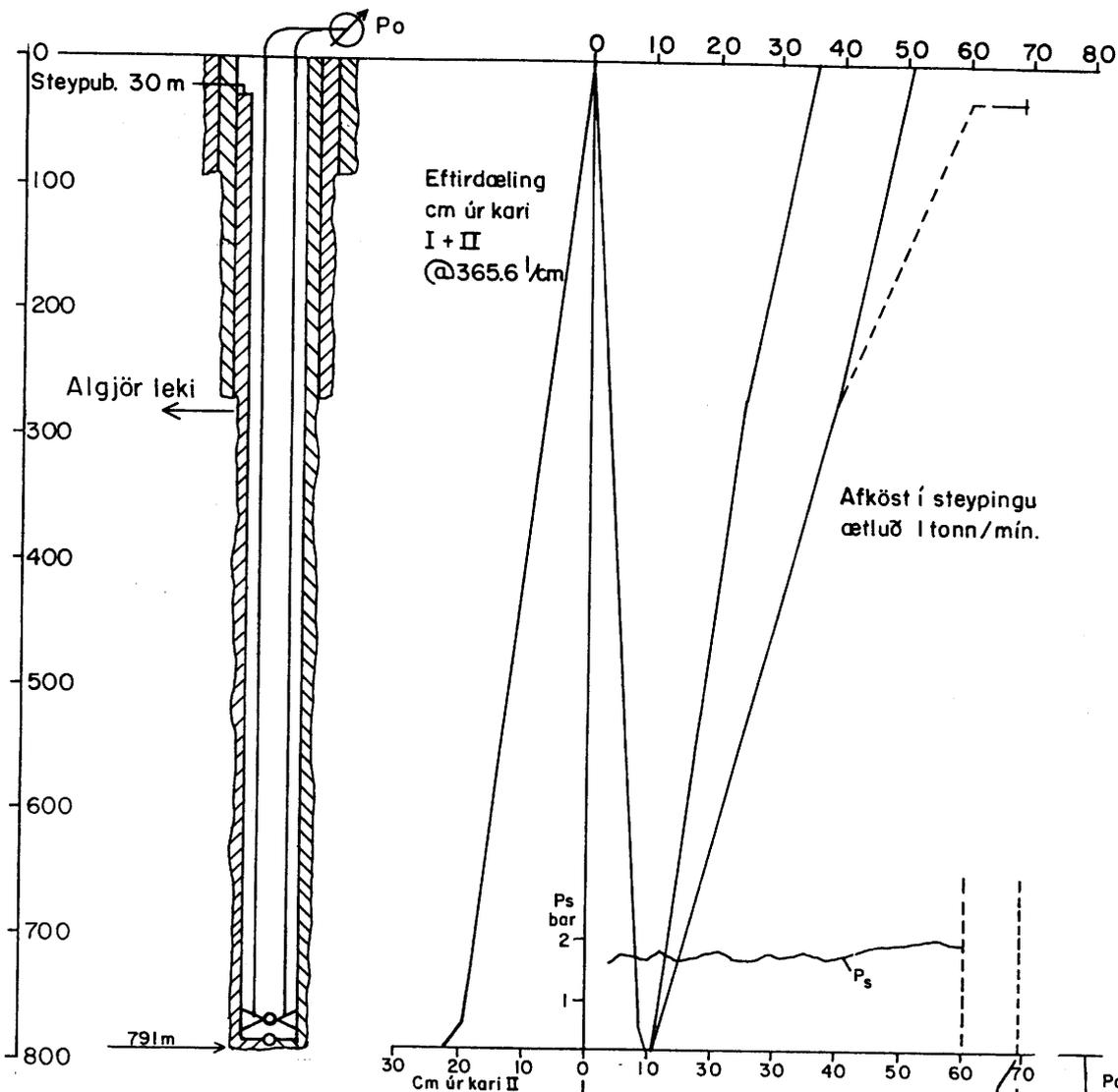
JHD-BJ-8715-HF
185.10.1311-00



JBR-8715-SBen
85.10.1309-0D

Steyping 9 5/8" fóðringar í NJ-15

MYND 3



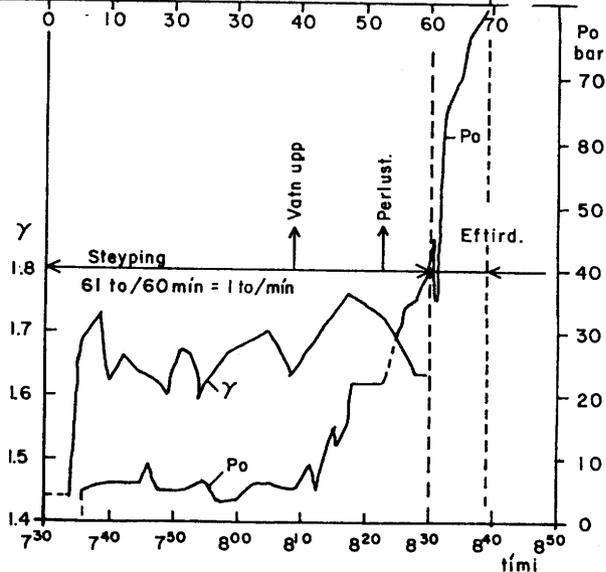
l/m x m = l mín 100% umfr.

1)	9,28	x	770	=	7146	8,5	8,5
2)	39,5	x	24	=	948	9,6	9,6
3)	76	x	5	=	380	10,1	10,6
4)	29	x	430	=	12470	24,9	39,7
5)	34	x	270	=	9180	35,9	50,6
					<u>30124</u>		
					840	≈	36to

Eftirdæling 20 cm úr kari I+II
20 x 365,6 = 7312 l

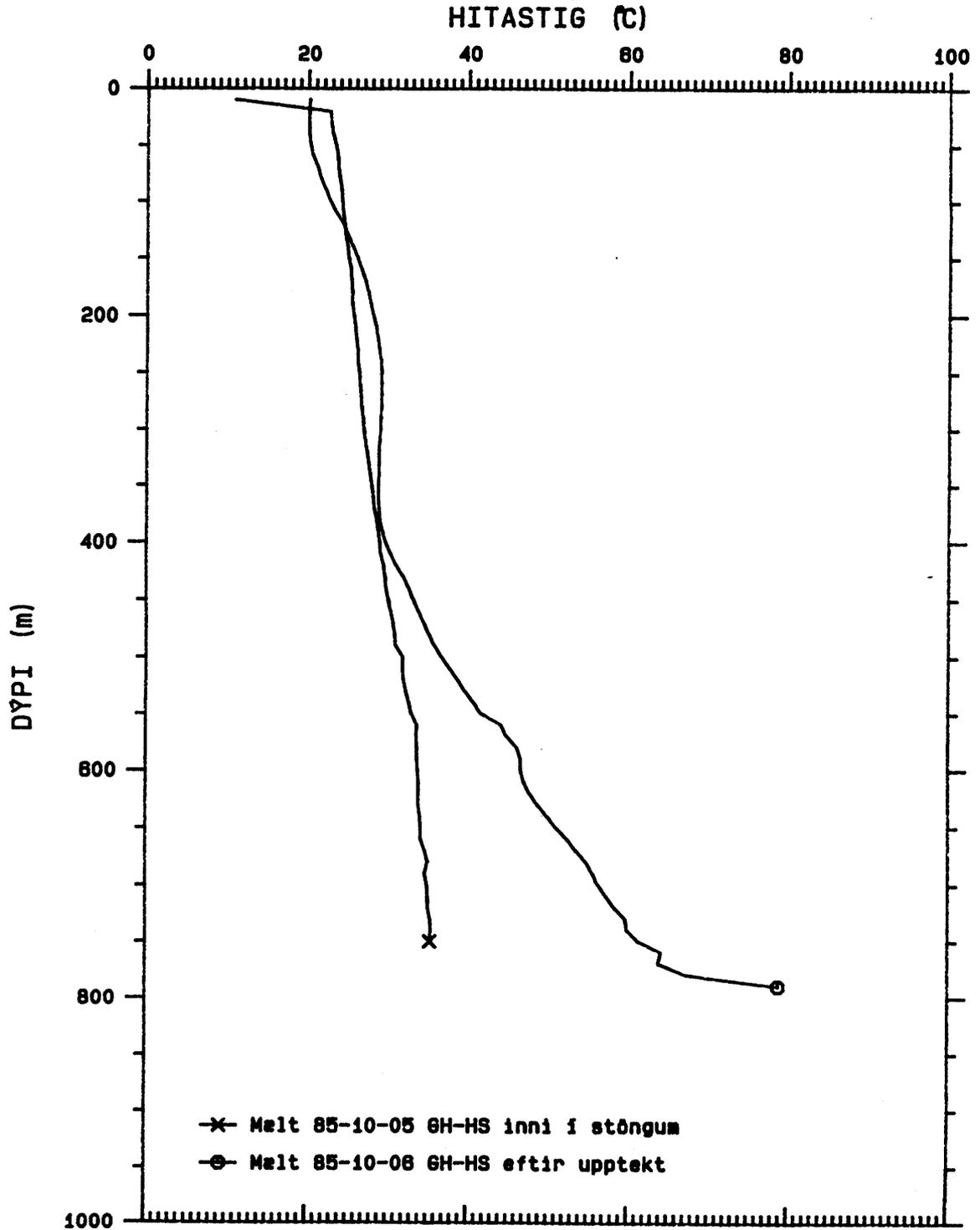
Steyppt var úr ca 61 to af
sementsblöndu og portlandi

Steypa kom ekki upp en mældist
í 30 m dýpi



JHD-BM-8715-HS
85.10.1318 T

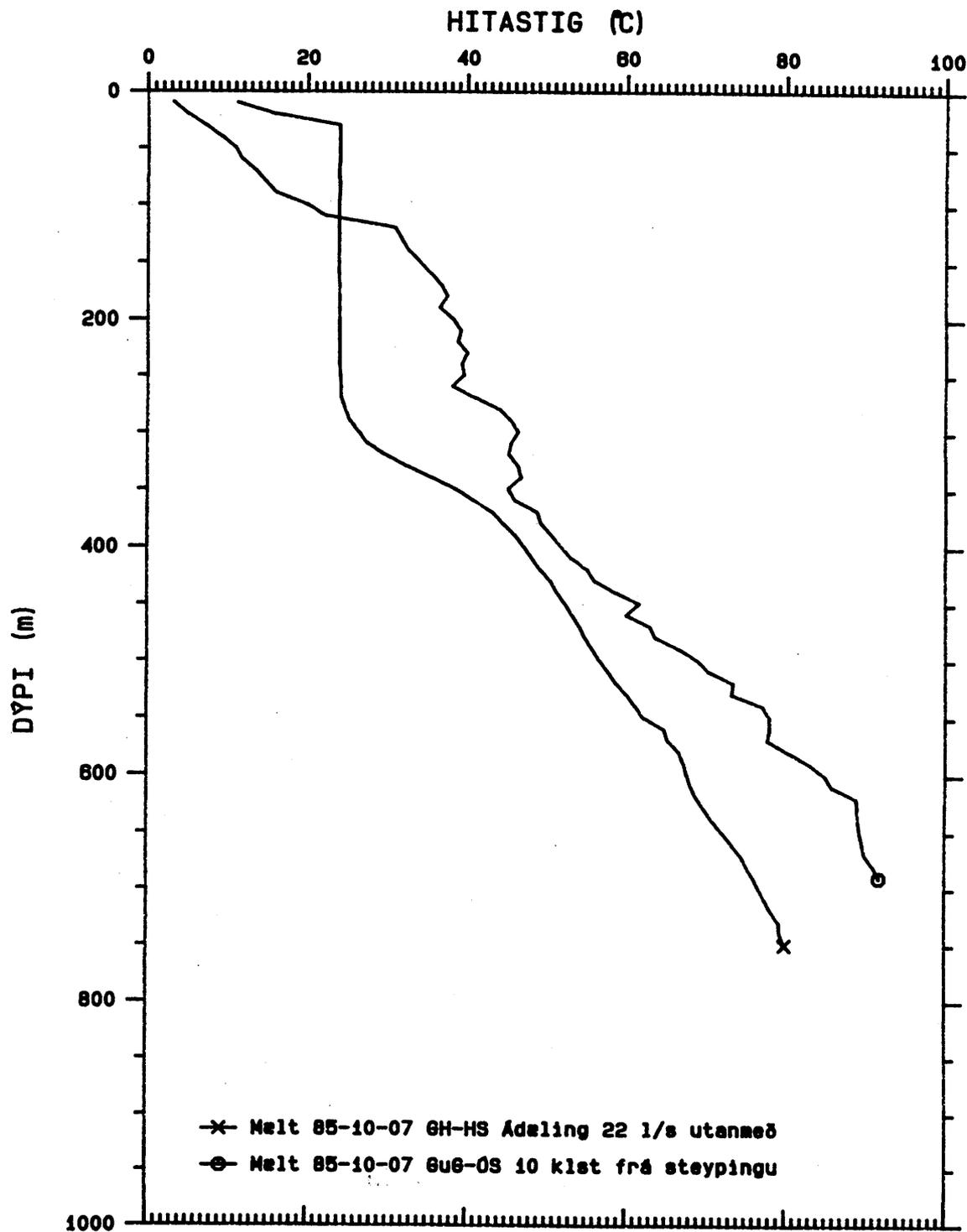
NESJAVELLIR NJ-15 HITAMÆLINGAR VIÐ LOK BORUNAR FYRIR 9 5/8" FÓÐRINGU



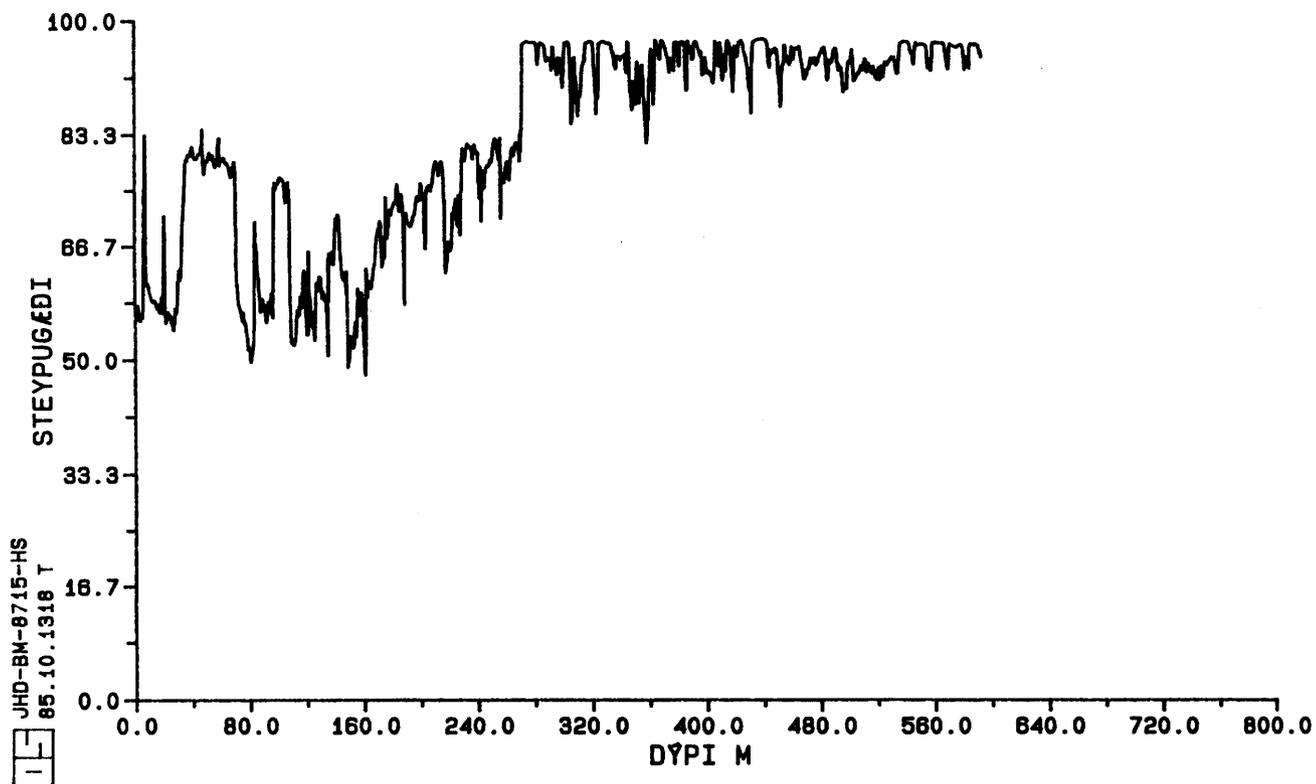
JHD-BM-6715-HS
85.10.1317 T

MYND 5

NESJAVELLIR NJ-15 HITAMÆLINGAR 85-10-07



NESJAVELLIR NJ-15 85-10-07 CBL



VIÐAUKI V-4

NESJAVELLIR HOLA NJ-15. 3. ÁFANGI

Borun vinnsluhluta frá 791 m til 1748 m

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT	96
TÖFLUSKRÁ	96
MYNDASKRÁ	97
1 INNGANGUR	98
2 BORSAGA	98
3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN	102
4 MÆLINGAR	102
5 HELSTU VATNSÆÐAR	104
6 ÞREPADÆLING	105

TÖFLUSKRÁ

1 Gangur borunar í vinnsluhluta NJ-15	98
2 Fóðrunarskýrsla	100
3 Mælingar í holu NJ-15, vinnsluhluti	104
4 Helstu vatnsæðar	105
5 Yfirlit yfir þrepadælingu í holu NJ-15	107

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Framvinda borunar	111
2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun	112
3 Vatnsborðsmæling þegar dýpið var 1433 m	113
4 Hitamæling 15.10.1985 eftir upptekt vegna brotins kolla	114
5 Hitamælingar 18.10.1985 við lok borunar, mælt inni í stöngum	115
6 Hitamæling 19.10.1985 eftir upptekt	116
7 Hitamælingar 21.10.1985 í þrepaðælingu	117
8 Þrýstifall í áðælingu	118
9 Yfirlit yfir þrepaðælingu NJ-15	119

1 INNGANGUR

Verkpáttur þessi er unninn samkvæmt samningi Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar. Eftirtaldir aðilar unnu að þessu verki: Ásgrímur Guðmundsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðjón Guðmundsson, Helga Tulinius, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson og áhöfn Jötuns.

2 BORSAGA

Borun vinnsluholu NJ-15 hófst miðvikudaginn 9. október (23. verkdagur) á 791 m dýpi og honum lauk 21. október (35. verkdagur) á 1748 m dýpi.

Til verksins var notuð 8 1/2" (216 mm) króna af gerðinni HPSM-J. Borstrengurinn var byggður upp sem hér segir: 8 1/2" króna, stýring, álagsstöng, stýring, 11 álagsstengur, "cross over" tengistykki og borstengur. Í borun holunnar neðan 1593 m dýpis var röðun strengsins sú sama nema efri rýmara var sleppt.

Borun gekk hratt og vel eins og sýnt er á mynd 1 og í töflu 1. Þegar komið var niður fyrir 1150 m dýpi fór að verða vart við smá hrun í holunni og þá eingöngu þegar bætt var í stöngum. Umframtog fór þá upp í u.þ.b. 20 þúsund pund. Hrunið var ekki bundið við neinn ákveðinn stað heldur var um að ræða hrungjörn ferskleg basaltinnskot, sem voru víða í holunni.

Tafla 1. Gangur borunar í vinnsluhluta NJ-15.

Verkdagur	Borun á dag (m)	Tími (klst.)	Meðalborhraði (m/klst.)	Tími á krónu (klst.)	Dýpi (m)
23	79	10,5	7,5	10,5	870
24	181	22,5	8,0	33	1051
25	172	22,5	7,6	55,5	1223
26	130	22	5,9	77,5	1353
27	121	20,5	5,9	98	1482
28	103	22	4,7	120	1585
29	8	2	4	122	1593,5
30	64	15	4,26	15	1657
31	64	21	3,2	36	1731
32	28	6	4,7	42	1748
33	0	0	0	0	1748
34	0	0	0	0	1748
35	0	0	0	0	1748

Álag var til að byrja með 20-25 þúsund pund, en var minnkað í tæpum 1200 m og var eftir það á bilinu 10-20 þúsund pund. Snúningi á krónu var haldið á bilinu 55-65 sn/mín.

Fylgst var með á reglubundinn hátt skolvatnsbreytingum, hitastigi á skolvatni og dælingu og þrýstingi á dælum. Á mynd 2 eru áður upptaldir þættir sýndir ásamt einfölduðu jarðlagasniði og meðalborhraða á hverju 10 m bili, en að hitamælingum undanskyldum. Þar kemur skýrt fram, að holan var þétt niður á 1422 m dýpi, en þar varð algert skoltap. Dælt var á holuna 60 l/s í 10-15 mínútur án þess að dropi kæmi upp. Síðan var dælt 38 l/s í um það bil eina klukkustund án þess að nokkuð bólaði á vatninu. Þá var talið að allt svarf sem fyrir var í holunni væri farið út í æðina og því óhætt að halda borun áfram. Ein stöng var boruð niður og síðan vatnsborðsmælt. Mælingin er sýnd á mynd 3. Ekki þótti þorandi að láta vatnsborðið falla mikið niður fyrir 200 m dýpi, þar sem þrýstifallið í holunni gæti valdið hruni. Myndin sýnir vatnsborð á 217 m dýpi eftir 30 mínútna stopp og er greinilegt að vatnsborð átti eftir að síga allnokkuð áður en það væri komið í jafnvægi.

Borun var síðan haldið áfram og kom skol til yfirborðs neðan um 1450 m dýpis. Á 1593 m dýpi brotnaði boxið á næst efstu álagsstöng. Upptekt fylgdi í kjölfarið og síðan sett niður fiskitæki og jar (ásláttartól) til að ná upp neðsta hluta borstrengsins. Vel gekk að festa í fiskinn og ná honum til yfirborðs. Hitamæling var gerð til að kanna hitaástand holunnar og vatnsæðar (mynd 4). Allar álagsstengur voru sprungumældar áður en þær voru settar niður. Reyndist nauðsynlegt að fjarlægja eina álagsstöng og aðra stýringuna. Í um 1690 m dýpi féll að borstreng, og við það hækkaði dæluþrýstingur upp í 1300 pund. Losa tókst um borstrenginn með um 50.000 punda umframtogi. Í fyrstu varð vart við nokkurt botnfall í holunni, en eftir um klukkutíma dælingu fyrir ofan botnfallið, var sett niður á ný. Brá þá svo við að botnfallið var horfið að undanskildum 70 cm. Þetta var túlkað á þann veg að æð hafi opnast á þessu dýpi, þrýstingur fallið í holunni og svarf lagst að borstrengnum og valdið festunni. Síðan þegar svarfið hafði fallið nærri botni holunnar slapp það út um botnæðina.

Ákveðið var að halda áfram borun holunnar, og bora a.m.k. 50 m niður fyrir síðustu æð. Borun var stöðvuð á 1748 m dýpi. Að venju var skolað í um 3 klst og síðan hitamælt í stöngum (mynd 5), tekinn upp borstrengur, og mæliprógrammi framfylgt sem lýst er í kafla 4. Að þeim loknum var leiðara komið fyrir í holunni. Leiðarinn var af tveimur gerðum; annars vegar 7" (178 mm) skrúfuð rör og hins vegar suðin 7 5/8" (194 mm) rör. Fóðrunarskýrslan (tafla 2) sýnir nákvæmlega frágang röranna í holunni. Að fóðringu lokinni var þrepadæling framkvæmd (kafla 6). Ekki reyndist unnt að fella mastur vegna veðurs fyrr en á miðvikudegi 23. okt.

Tafla 2 Fóðringarskýrsla

ORKUSTOFNUN
JARÐBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA

Jötunn

VERK NR. 647-1	HOLA NR. NJ-15	BORSTADUR Nesjavellir		VERKKAUPI Hitaveita Reykjavíkur
VIÐD HOLU 8 1/2"	DÝPT HOLU 1748 m.	FÓÐRING NR. 4	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS. 1985.10.19.-	ÚTFYLLT 1985.10.20. D.S.

FJARLÆGD KJALLARABRÚN—KRAGI 0,35 m					
FÓÐRING	PVERM. UTAN 7" og 7 5/8" INNAN 159,4 & 178,5 mm				
	GERÐ K-55 PYNGD 26 & 24 lbs/ft				
	TENGI 7" Skrúfuð Buttress. 7 5/8" Soðin				
	NOTAÐ 980,88 m FRÁ KRAGA 1722,07m				
	KRAGI (FLANGS) Upphengja í 739,00 m.				
	SKÓR 7 5/8" Stýriskór VEG				
MIÐJUST.		stk.	STEYPUT.	stk.	
STEYPING	SEMENT kg				
	SEMENT kg				
	ÍBL.EFNI kg				
	ÍBL.EFNI kg				
	TAFAEFNI kg		EÐLISP. STEYPU		
	STEYPUTÆKI				
	STEYPINGARTÍMI mín				
	EFTIRDELING. MAGN		Í TÍMI mín		
	STEYPA KOM UPP <input type="checkbox"/> JÁ <input type="checkbox"/> NEI				
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA m				
FRÁGANGUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR h				
	SEMENT kg		ÍBL.EFNI kg		
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR h				
	STEYPA BORUD EFTIR h				
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI m				
VERKTÍMI	RÖR	STEYPA	TOPPUR	TAFIR	ALLS
	h 21,0				27,0
ATH. Upphengi er í 739 m. frá holuflansi					
Neðan upphengju eru 300,18 m. soðin 7 5/8"					
rör eða niður í 1040,5 m. en þaðan eru 7"					
skrúfuð rör niður í 1722 m.					
18 m. botnfall var í holunni svo nú er botn					
í 1730 m. eða 8 m. neðan við fðurrörsskó.					

RÖRATALNING		
LENGD.	NR ¹⁾	ALLS m
0,75	Upphengja	739,00
		739,75
0,52	Milli Stykki	740,27
11,54	1	751,81
12,27	2	764,08
12,31	3	776,39
12,22	4	788,61
11,02	5	799,63
11,67	6	811,30
12,47	7	823,77
12,19	8	835,96
11,49	9	847,45
12,42	10	859,87
11,94	11	871,81
12,30	12	884,11
11,11	13	895,22
12,47	14	907,69
12,19	15	919,88
12,32	16	932,20
11,96	17	944,16
11,41	18	955,57
12,82	19	968,39
12,44	20	980,83
12,31	21	993,14
11,99	22	1005,13

05.82 20x30FDH

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

Hallamælingar í vinnsluhluta voru tvær; sú efri í 1200 m en þar hallar holan um 0,5 gráður frá lóðréttu, og á 1700 m dýpi 0,8 gráður.

3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Á mynd 2 er m.a. sýnt einfaldað jarðlagasnið og borhraði. Basalt hraunlög eru ráðandi niður á um 1100 m dýpi, glerjað basalt þaðan og niður á um 1400 m en neðan þess virðast hraunlög aftur vera ráðandi. Innskotsberg er nokkuð algengt, og er unnt að skipta þeim í þrjár gerðir; ferskleg basalt innskot, ummynduð basalt innskot og í þriðja lagi eru ísúr innskot. Þau síðast nefndu eru annars vegar grófkorna ummynduð díorít og hins vegar fínkorna mun fersklegra basalt andesít. Díorítið virðist vel vatnsleiðandi. Við fyrstu sýn virðast berglögum NJ-15 svipa til þeirra sem hola NG-10 sker. Athygli vekur að díorít innskotin finnast á mjög svipuðu dýpi í báðum þessum holum.

Helstu atriði ummyndunar úr svarfgreiningu eru þau að kvars tekur að birtast reglulega neðan fóðurrörsenda. Fyrstu merki um wairakít koma á um 830 m dýpi, og eykst að magni til er kemur niður fyrir 940 m. Neðan 1000 m dýpis ber lítið á laumontíti. Epidóts verður fyrst vart neðan 1090 m og prenit verður nokkuð samfellt neðan 1200 m dýpis. Betur verður greint frá ummyndun og jarðlagaskipan í lokaskýrslu.

4 MÆLINGAR

Í töflu 3 eru skráðar allar mælingar sem framkvæmdar voru við þriðja áfanga hola NJ-15. Eins og þar sést var fyrst hitamælt 15. október 1985 (mynd 4) þegar holan var 1593 m en þá þurfti að taka stengur upp úr holunni vegna brotins kolla (kafla 2).

Dælt var á holuna 24 l/s á meðan mælt var. Mælt var í 1530 m en hætt þar vegna hita, en þá var hitinn kominn í 105,5°C og hækkaði ört. Á hitamælingum sjást æðar í 1420-40 m og 1518 m en neðri æðin tók við mestöllu ádælingarvatninu.

Næst var mælt 18. október 1985 inni í stöngum þegar hætt var að bora. Fyrst var dælt 22 l/s utan með stöngum og mælt niður (mynd 5, tíglar). Mælirinn komst bara í 1693 m vegna fyrirstöðu í borstreng. Nokkuð skarpur hitatoppur sást á 1690 m dýpi sem gat bent til innrennslis í holuna. Til að athuga þetta nánar var hitamælir tekinn upp

og bætt einni stöng í til að komast betur niður fyrir hitatoppinn, einnig var dæling aukin í 34 l/s og mælt aftur niður (mynd 4, krossar). Þegar komið var í botn var beðið í 45 mínútur, híft upp í 1550 m og mælt aftur niður (mynd 4, hringir). Hitatoppurinn hafði þá hitnað um 20°C en botninn um 16,5°C sem svarar til 22°C/klst. Út frá þessum mælingum og seinni vitneskju er ekki talið að þarna sé um æð að ræða heldur mismunandi hitaleiðni í berginu eða þá að æðin sé stífluð. Hins vegar sést æðin í 1600-1610 m en þangað niður kældi ádæling holuna. Einhverjar óreglur eru í mælingunni frá 1420 m og niður í 1600 m sem gæti bent til þess að æðarnar í 1420-40 m og 1518 m taki við einhverju af vatninu.

Eftir upptekt þann 19. október 1985 var hitamælt (mynd 6) á undan víddar- og jarðlagamælingum (viðnám 16" og 64" og nifteindir og gamma). Dælt var á holuna 22 l/s á meðan mælt var. Mælt var í 1707 m en þá var hitinn kominn í 146,7°C og ekki ráðlegt að fara dýpra. Holan var þá köld niður að æðinni í 1600-1610 m en aðeins örlar fyrir æðunum í 1420-1440 og 1518 m. Hitatoppurinn í 1690 m kemur ennþá fram en hefur minnkað töluvert.

Seinasta hitamælingin í þessum áfanga var gerð um 2 klst eftir þrepa-dælingar (kaflir 6, mynd 7, krossar) og var engin dæling á holuna á meðan. Í þessari mælingu sjást æðar á 810-820 m dýpi, 860 m og á 1040 m ásamt æðunum á 1420-1440 m, 1518 m og 1600-1610 m. Á mynd 7 eru einnig birtar 3 stuttar mælingar frá um 1600 m í 1670 m. Tvær þær fyrstu (plúsar og tíglar) voru mældar á meðan á þrepa-dælingu stóð og var dælt 29 l/s og 41 l/s á holuna á meðan. Þriðja mælingin (krossar) var gerð um 2 klst eftir þrepa-dælinguna og því engin dæling á holuna.

Nokkrir skápar sjást í víddarmælingunni. Þeir stærstu við æðarnar í 1040 m, 1420-1440 m og 1518 m dýpi. Einnig er skápur fyrir neðan fódurrörsenda. Þrengingar sáust í mælingunni á 1082 m dýpi sem gæti verið steinn, en í viðnámsmælingunni tók í strenginn á þessu dýpi, þegar híft var upp. Námar verður fjallað um jarðlagamælingarnar í væntanlegri lokaskýrslu.

Tafla 3 Mælingar í holu NJ-15, vinnsluhluti

Dags.	Hvað mælt	Tími (kl)	Dýptarbil (m)	Ath.
85.10.15	Hiti+dI+CCL	20:45-21:45	0-1518	Eftir upptekt vegna brotins kolla, dælt 24 l/s, æðar
85.10.18	Hiti+dI+CCL	16:30-19:45	0-1690	Lok borunar, inni í stöngum, æðar, dælt 22 l/s utan með
85.10.18	Hiti+dI+CCL	20:15-22:30	0-1702	Inni í stöngum, dæling aukin í 34 l/s utan með, æðar
85.10.19	Hiti+dI+CCL	10:10-11:20	0-1707	Eftir upptekt, æðar
85.10.19	Vídd	11:20-14:00	0-1680	Skápar, jarðlög
85.10.19	Viðnám 16" og 64"	14:00-15:45	0-1670	Jarðlög
85.10.19	Nifteindir+gamma	15:45-18:15	0-1650	Jarðlög
85.10.21	Hiti+dI-CCL	14:00-15:00	600-1660	Æðar
85.10.21	Þrýstingur			Þrepaðæling

5 HELZTU VATNSÆÐAR

Í töflu 4 eru sýndar helstu vatnsæðar sem holar sker. Taka skal fram að ekki hefur verið fullunnið úr þeim gögnum, sem vottað gætu um tilveru vatnsæða, svo taka verður þessa töflu með nokkurri varúð.

Tafla 4 Helstu vatnsæðar

Dýpi (m)	Afstæð stærð	Mæling	Jarðfræði
810-820	>	Hitamæling	Líklega innskot
860	>	Hitamæling	Innskot
1040	>	Hitamæling	Innskot
1420-1440	>>	Skoltap, hitamæling	Díórít innskot
1518	>>	Skoltap, hitamæling	Díórít innskot
1600-1610	>>	Hitamæling	Órannsakað
1690	> ?	Skoltap, svarftap, festa	Túff/innskotsjaðar

6 PREPADÆLING

Hola NJ-15 var dæluprófuð þann 21. október 1985 eftir að leiðari hafði verið settur í hana. Byrjað var á að mæla þrýsting niður holuna um leið og sambyggðum hita- og þrýstingsmæli var rennt niður fyrir þrepaðælinguna. Meðan það var gert var dælt á holuna 28,9 l/s og hafði þeirri dælingu verið haldið nokkuð stöðugt frá því byrjað var að setja leiðara niður. Við þessa dælingu fannst vatnsborð á um 125 m (mynd 8) en það er að öllum líkindum nokkuð of hátt vegna lofts í vatnssúlunni efst í holunni. Stöðugt vatnsborð holunnar var aftur á móti á 313 m dýpi þegar ekki var dælt á holuna.

Mælunum var komið fyrir í 1590 m eða rúmum 10 m fyrir ofan neðstu virku æð holunnar. Þrepaðælingin hófst síðan með því að dæling var minnkuð úr 28,9 l/s en í lokin var dæling stöðvuð og fylgst með þrýstingslækkuninni og upphitun holunnar. Hvert þrep stóð í um það bil 2,5 klst. Framgangur þrepaðælingarinnar er sýndur á mynd 9 og í töflu 5.

Frumathugun gagna frá þrepaðælingunni sýnir að æðar á um 1430 m og rúmum 1600 m taka aðallega við á dælingunni (mynd 7). Æðar á um 810 m og 1040 m eru með einhvern yfirþrýsting og gefa því inn í holuna þegar

engin dæling er, en koma ekki inn við ádælingu. Virkni þeirra í mati á vatnsleiðni holunnar er því ekki alveg ljós. Að öðru leyti sýnir þrepaðælingin veik sprungu áhrif. Vatnsleiðni fyrir holu NJ-15 hefur verið áætluð

$$kh/\mu = 2,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$$

Þetta er aðeins hærri vatnsleiðni en var áætluð fyrir holu NG-7, en töluvert lægra en fékkst fyrir holu NG-10. Að öðru leyti virðist hegðun holu NJ-15 svipa til annarra hola þarna á völlumum

Tafla 5 Yfirlit yfir þrepaðalingar í holu NJ-15

NFS.JAVELLIR HOLA NJ-15

HRNR: 0715 SV#DISNR: 153 STADS.NR: 115 ADF.NR: 3120

N15D.DMP

DELUPROFUN

Dagsetning	Tími	Tímabrestinn min	Þrýstingur bar	Dæling l/s	Dæpi nema m	Hiti C	ATHUGASEMDIR	SKRHR
851021	0323	0.0	138.28	28.91	1590.00	26.90	NEMI A 1590m DYPI	43
851021	0326	3.0	137.98	28.91	1590.00	26.90		44
851021	0331	8.0	137.68	28.91	1590.00	26.90		45
851021	0336	13.0	137.45	28.91	1590.00	26.90		46
851021	0341	18.0	137.40	28.91	1590.00	26.90		47
851021	0346	23.0	137.35	28.91	1590.00	26.90	HITAJAFNVÆGI NEMA	48
851021	0348	25.0	137.35	28.91	1590.00	26.90	DÆLING MINNKUÐ	49
851021	0349	1.0	136.55	18.90	1590.00	26.90	FYRSTA PREP	50
851021	0350	2.0	136.08	18.90	1590.00	26.90		51
851021	0351	3.0	135.80	18.90	1590.00	26.90		52
851021	0352	4.0	135.48	18.90	1590.00	26.90		53
851021	0353	5.0	135.25	18.90	1590.00	26.90		54
851021	0354	6.0	135.08	18.90	1590.00	26.90		55
851021	0355	7.0	134.90	18.90	1590.00	26.90		56
851021	0356	8.0	134.75	18.90	1590.00	26.90		57
851021	0357	9.0	134.63	18.90	1590.00	26.90		58
851021	0358	10.0	134.50	18.90	1590.00	26.90		59
851021	0400	12.0	134.30	18.90	1590.00	26.90		60
851021	0402	14.0	134.10	18.90	1590.00	26.90		61
851021	0404	16.0	133.95	18.90	1590.00	26.90		62
851021	0406	18.0	133.83	18.90	1590.00	26.90		63
851021	0408	20.0	133.75	18.90	1590.00	26.90		64
851021	0413	25.0	133.50	18.90	1590.00	26.90		65
851021	0418	30.0	133.30	18.90	1590.00	28.00		66
851021	0423	35.0	133.18	18.90	1590.00	28.00		67
851021	0428	40.0	133.08	18.90	1590.00	28.00		68
851021	0433	45.0	133.03	18.90	1590.00	28.00		69
851021	0438	50.0	132.95	18.90	1590.00	28.00		70
851021	0443	55.0	132.90	18.90	1590.00	28.00		71
851021	0448	60.0	132.88	18.90	1590.00	28.00		72
851021	0453	65.0	132.83	18.90	1590.00	30.50		73
851021	0458	70.0	132.78	18.90	1590.00	30.50		74
851021	0503	75.0	132.75	18.90	1590.00	30.50		75
851021	0508	80.0	132.75	18.90	1590.00	30.50		76
851021	0513	85.0	132.73	18.90	1590.00	30.50		77
851021	0518	90.0	132.70	18.90	1590.00	30.50		78
851021	0523	95.0	132.65	18.90	1590.00	32.10		79
851021	0528	100.0	132.63	18.90	1590.00	32.10		80
851021	0538	110.0	132.63	18.90	1590.00	32.10		81
851021	0548	120.0	132.58	18.90	1590.00	32.10		82
851021	0558	130.0	132.48	18.90	1590.00	32.70		83
851021	0608	140.0	132.50	18.90	1590.00	32.70		84
851021	0618	150.0	132.45	18.90	1590.00	32.70		85
851021	0619	151.0	132.45	18.90	1590.00	32.70	DÆLING AUKIN	86
851021	0620	1.0	133.35	29.28	1590.00	32.70	ANNAD PREP	87
851021	0621	2.0	133.50	29.28	1590.00	32.70		88
851021	0622	3.0	134.03	29.28	1590.00	32.70		89
851021	0623	4.0	134.25	29.28	1590.00	32.70		90
851021	0624	5.0	134.40	29.28	1590.00	32.70		91
851021	0625	6.0	134.55	29.28	1590.00	32.70		92

Tafla 5 (frh)

NESJAVELLIR KOLA NJ-15

HRNR: 8715 SVÆÐISNR: 153 STADS.NR: 115 ADF.NR: 3120

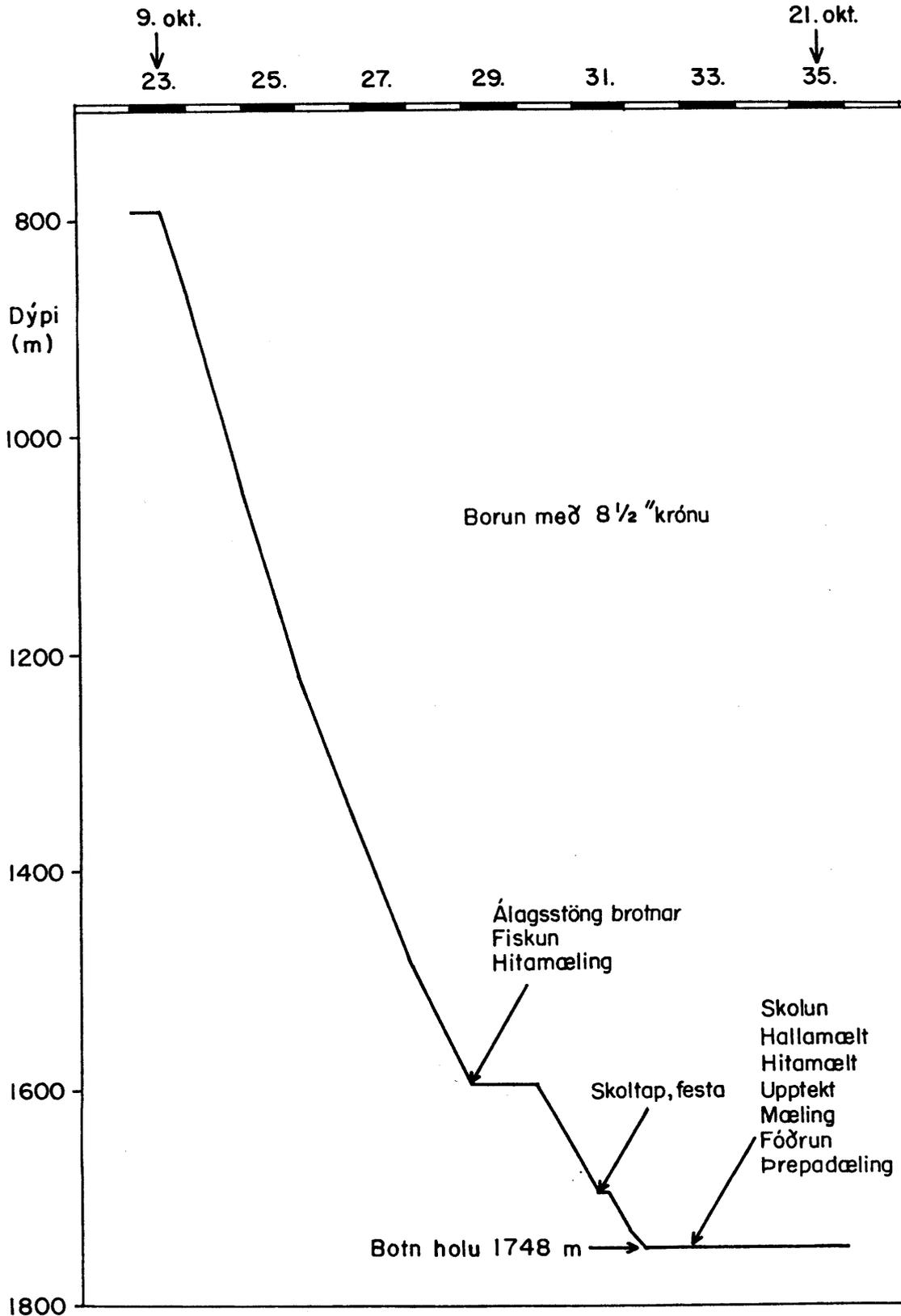
H15D.DMF

DELUPROFUN

Dassetnins	Timi	Timabresting min	Þræstindur bar	Þáling l/s	Deppi a nema m	Hiti C	ATHUGASEMDIR	SKRNR
851021	0947	40.0	138.88	40.58	1590.00	25.40	RENNSLIS TRUFLUN	143
851021	0952	45.0	139.00	40.58	1590.00	25.40		144
851021	0957	50.0	139.10	40.58	1590.00	25.40		145
851021	1002	55.0	139.15	40.58	1590.00	25.40		146
851021	1007	60.0	139.18	40.58	1590.00	23.00		147
851021	1012	65.0	139.25	40.58	1590.00	23.00		148
851021	1017	70.0	139.25	40.58	1590.00	23.00		149
851021	1022	75.0	139.25	40.58	1590.00	23.00		150
851021	1027	80.0	139.23	40.58	1590.00	23.00		151
851021	1032	85.0	139.28	40.58	1590.00	23.00		152
851021	1037	90.0	139.13	40.58	1590.00	23.00	RENNSLIS TRUFLUN	153
851021	1042	95.0	139.23	40.58	1590.00	23.00		154
851021	1047	100.0	139.23	40.58	1590.00	23.00		155
851021	1057	110.0	139.23	40.58	1590.00	22.80	HITAMLING	156
851021	1112	125.0	139.68	40.58	1590.00	22.80	NEMI EKKI KOMINN I	157
851021	1117	130.0	139.60	40.58	1590.00	22.80	HITAJAFNVARGI EFTIR	158
851021	1127	140.0	139.40	40.58	1590.00	22.80	HITAMLINGU	159
851021	1137	150.0	139.28	40.58	1590.00	22.80	NEMI I JAFNVARGI	160
851021	1142	155.0	139.20	40.58	1590.00	22.80	RENNSLIS TRUFLUN	161
851021	1146	159.0	139.03	40.58	1590.00	22.80	ÞALINGU HATT	162
851021	1147	1.0	136.68	0.00	1590.00	22.80	FJORDA ÞREF	163
851021	1148	2.0	135.35	0.00	1590.00	22.80		164
851021	1149	3.0	134.30	0.00	1590.00	22.80		165
851021	1150	4.0	133.38	0.00	1590.00	22.80		166
851021	1151	5.0	132.65	0.00	1590.00	22.80		167
851021	1152	6.0	131.93	0.00	1590.00	22.80		168
851021	1153	7.0	131.40	0.00	1590.00	22.80		169
851021	1154	8.0	130.93	0.00	1590.00	22.80		170
851021	1155	9.0	130.48	0.00	1590.00	22.80		171
851021	1156	10.0	130.13	0.00	1590.00	22.80		172
851021	1158	12.0	129.40	0.00	1590.00	22.80		173
851021	1200	14.0	128.80	0.00	1590.00	22.80		174
851021	1202	16.0	128.33	0.00	1590.00	22.80		175
851021	1204	18.0	127.90	0.00	1590.00	22.80		176
851021	1206	20.0	127.50	0.00	1590.00	22.80		177
851021	1211	25.0	126.75	0.00	1590.00	22.80		178
851021	1216	30.0	126.10	0.00	1590.00	27.20		179
851021	1221	35.0	125.70	0.00	1590.00	27.20		180
851021	1226	40.0	125.35	0.00	1590.00	27.20		181
851021	1231	45.0	125.05	0.00	1590.00	27.20		182
851021	1236	50.0	124.83	0.00	1590.00	27.20		183
851021	1241	55.0	124.65	0.00	1590.00	34.30		184
851021	1246	60.0	124.50	0.00	1590.00	34.30		185
851021	1251	65.0	124.40	0.00	1590.00	36.40		186
851021	1256	70.0	124.33	0.00	1590.00	36.40		187
851021	1301	75.0	124.25	0.00	1590.00	36.40		188
851021	1306	80.0	124.18	0.00	1590.00	36.40		189
851021	1311	85.0	124.10	0.00	1590.00	39.90		190
851021	1316	90.0	123.98	0.00	1590.00	39.90		191
851021	1321	95.0	123.93	0.00	1590.00	39.90		192

JHD-BJ-8715-HF
85.10.1363-OD

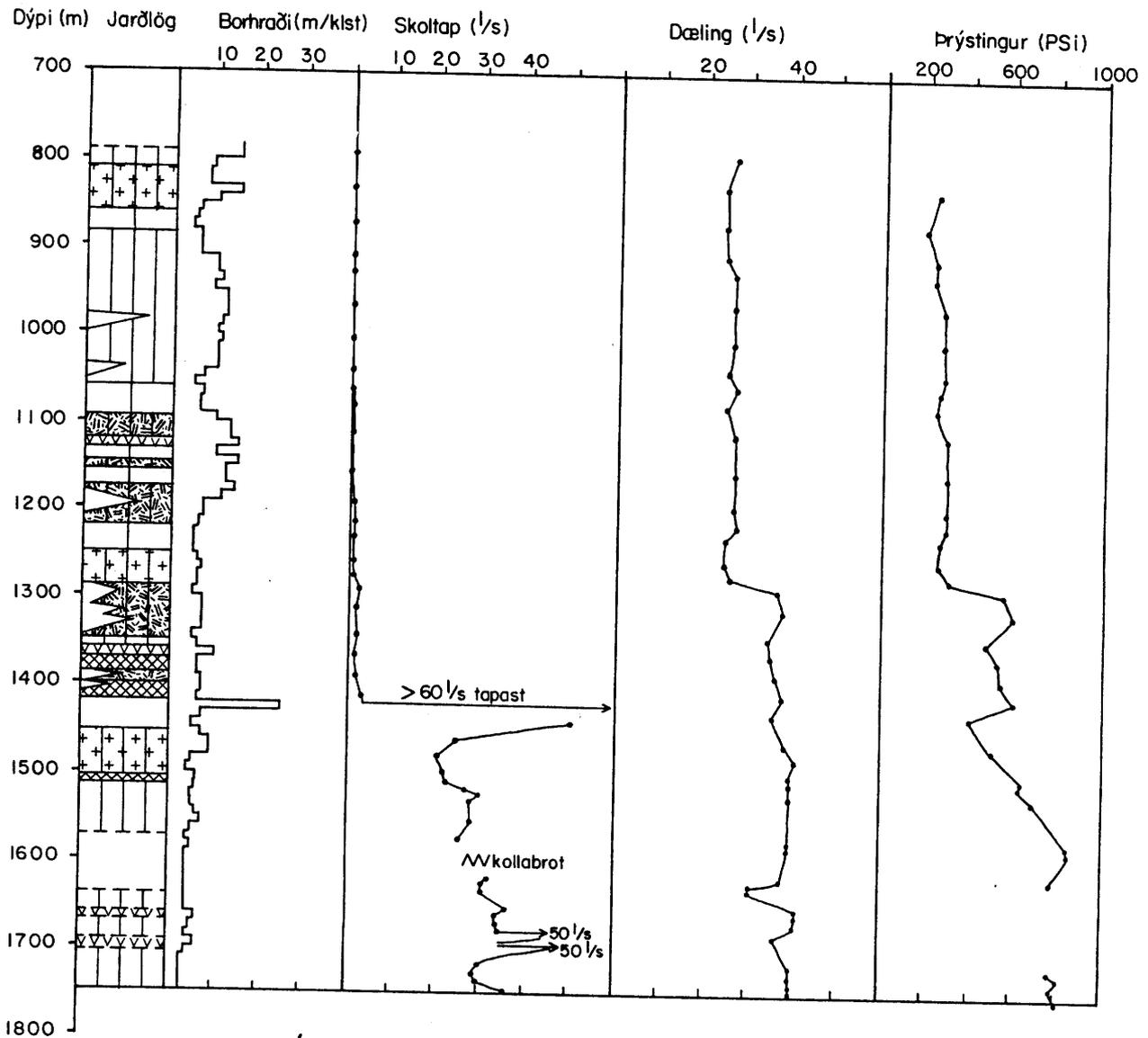
NESJAVELLIR HOLA NJ-15, 3. ÁFANGI, GANGUR BORUNAR



Mynd 1 Framvinna borunar

JHD-BJ-8715-ÁsG/HF
85.10.1361 -00

NESJAVELLIR HOLA NJ-15
EINFALDAÐ JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR Í BORUN



SKÝRINGAR:

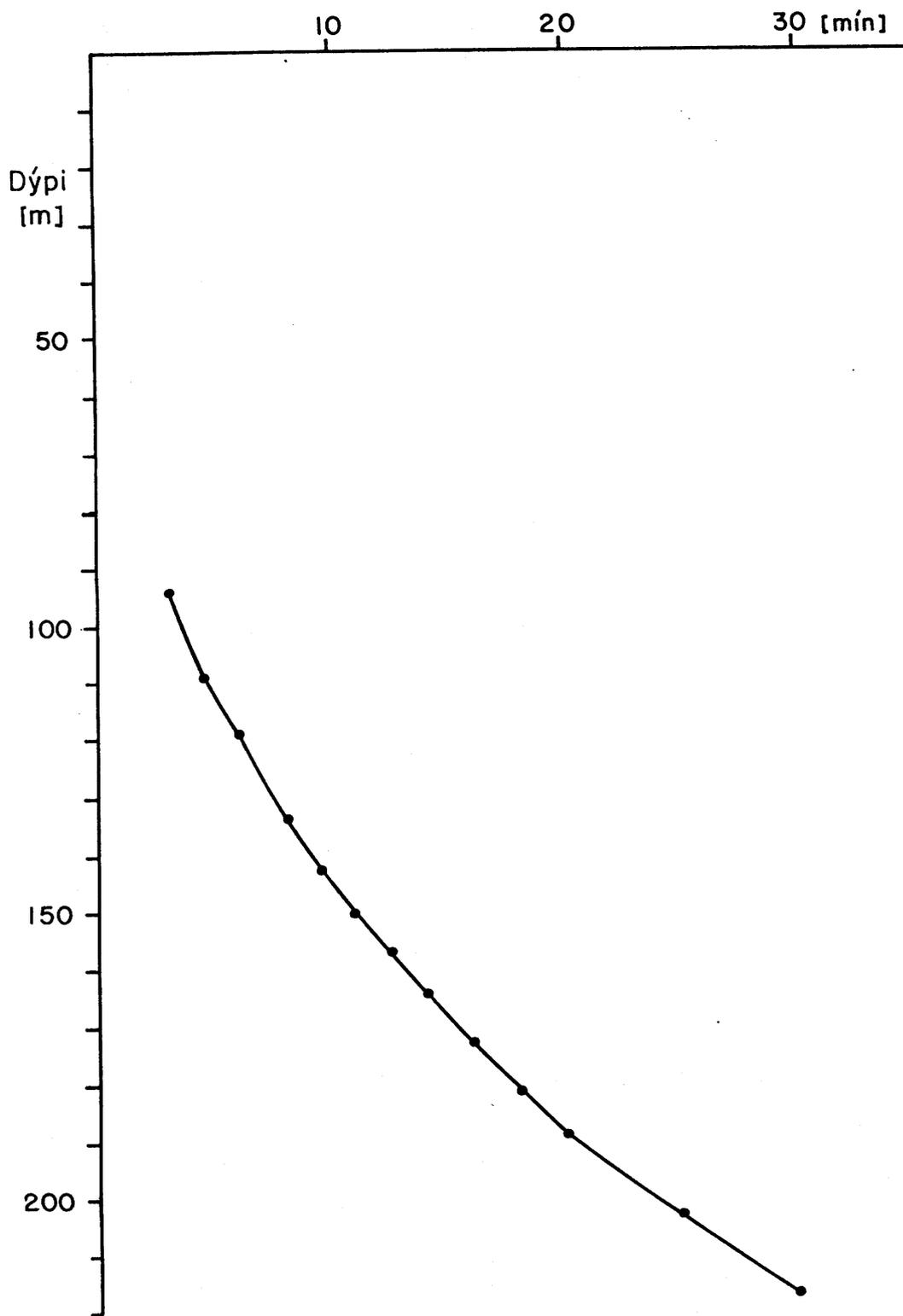
- | | | | |
|--|-------------------------|--|---------------------------|
| | FERSKTL. BASALT | | GRÓFKORNA UMMYNDAD BASALT |
| | UMMYNDAD BASALT | | TÚFF |
| | GLERJAD UMMYNDAD BASALT | | DÍORIT |

Mynd 2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun

JHD-BJ-8715-ÁsG
85.10.1362 -'0D

NESJAVELLIR HOLA NJ-15

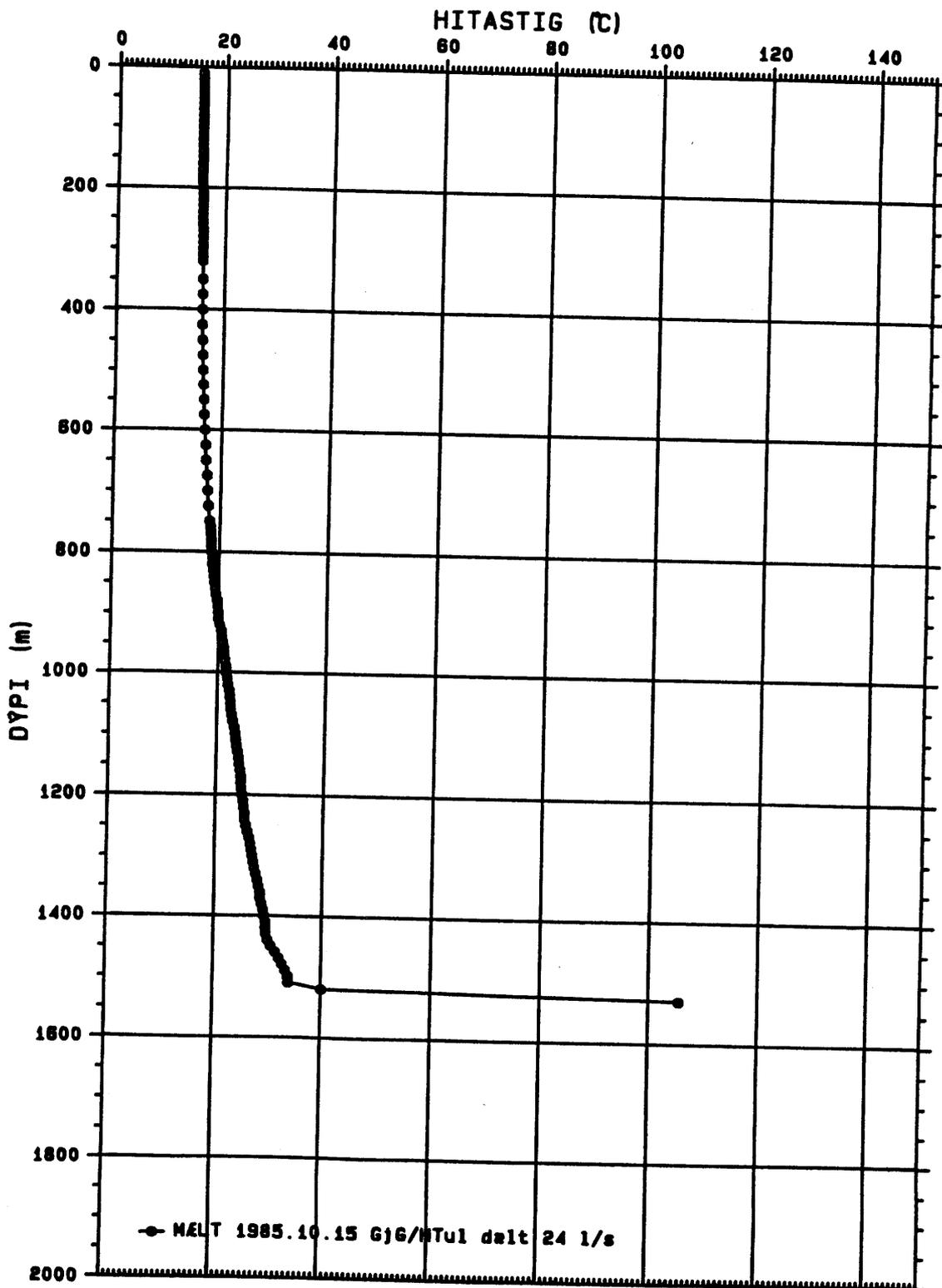
Vatnsborðsmæling. Dýpi 1433 m



Mynd 3 Vatnsborðsmæling þegar dýpið var 1433 m

IS JHD-BN-8718 NTU1
08.10.1988/1 T

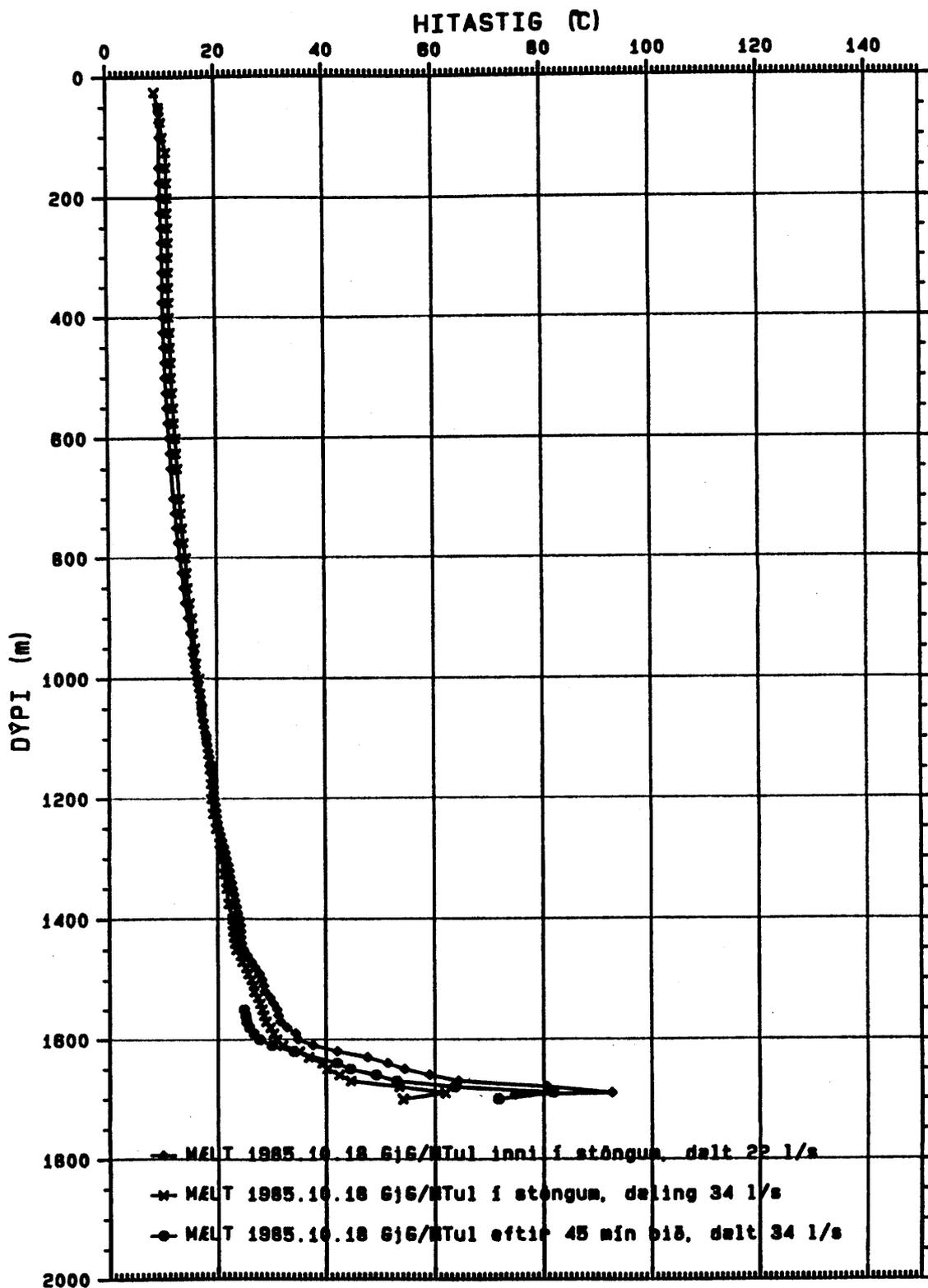
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 HITAMÆLING



Mynd 4 Hitamæling 15.10.1985 eftir upplekt vegna brotins kolla

15 JHD-DN-8718 HTul
85.10.1989/2 T

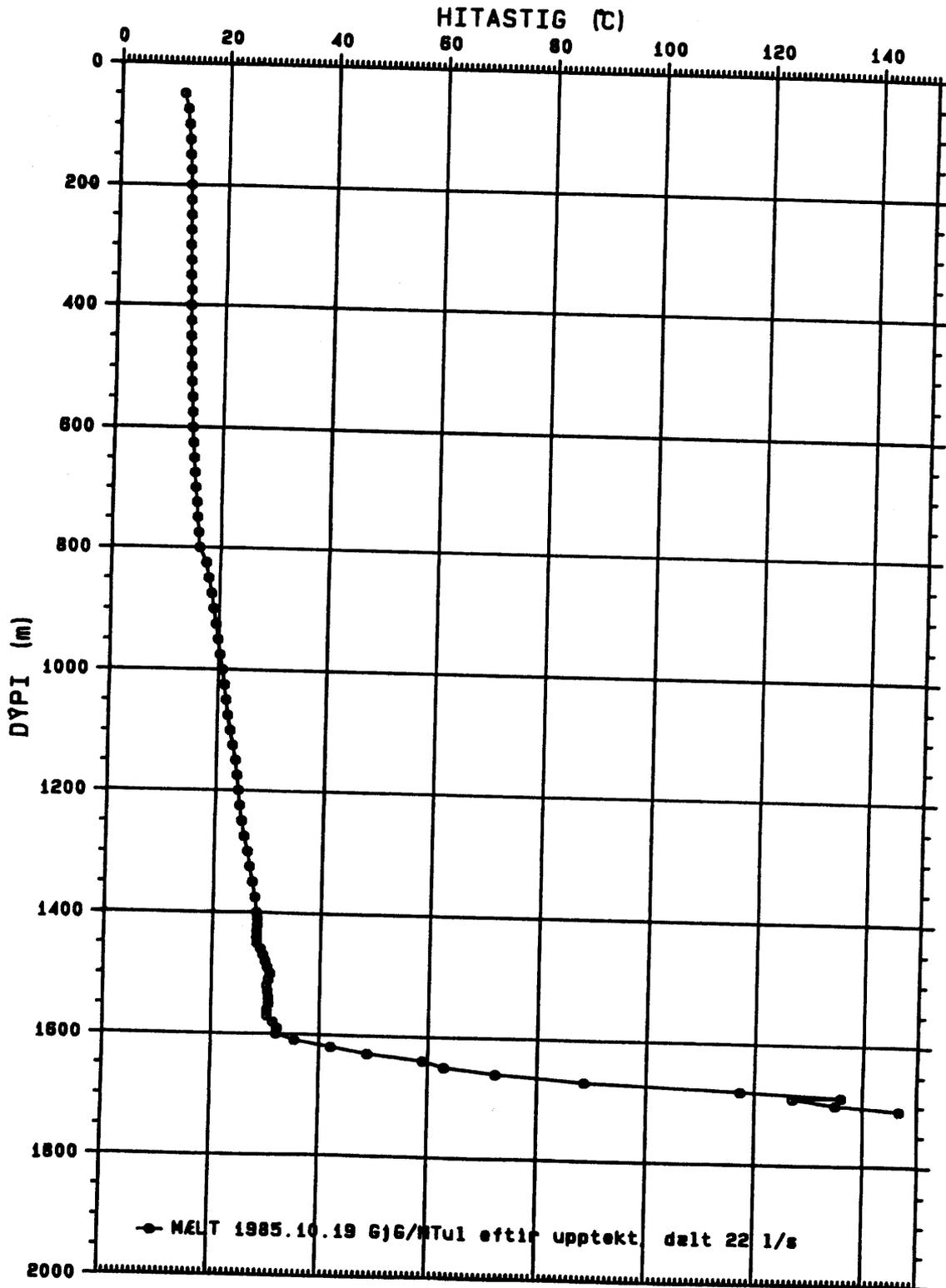
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 HITAMÆLINGAR



Mynd 5 Hitamælingar 18.10.1985 við lok borunar, mælt inni í stöngum

IS JND-SM-8718 MTu1
05.10.1985/3 T

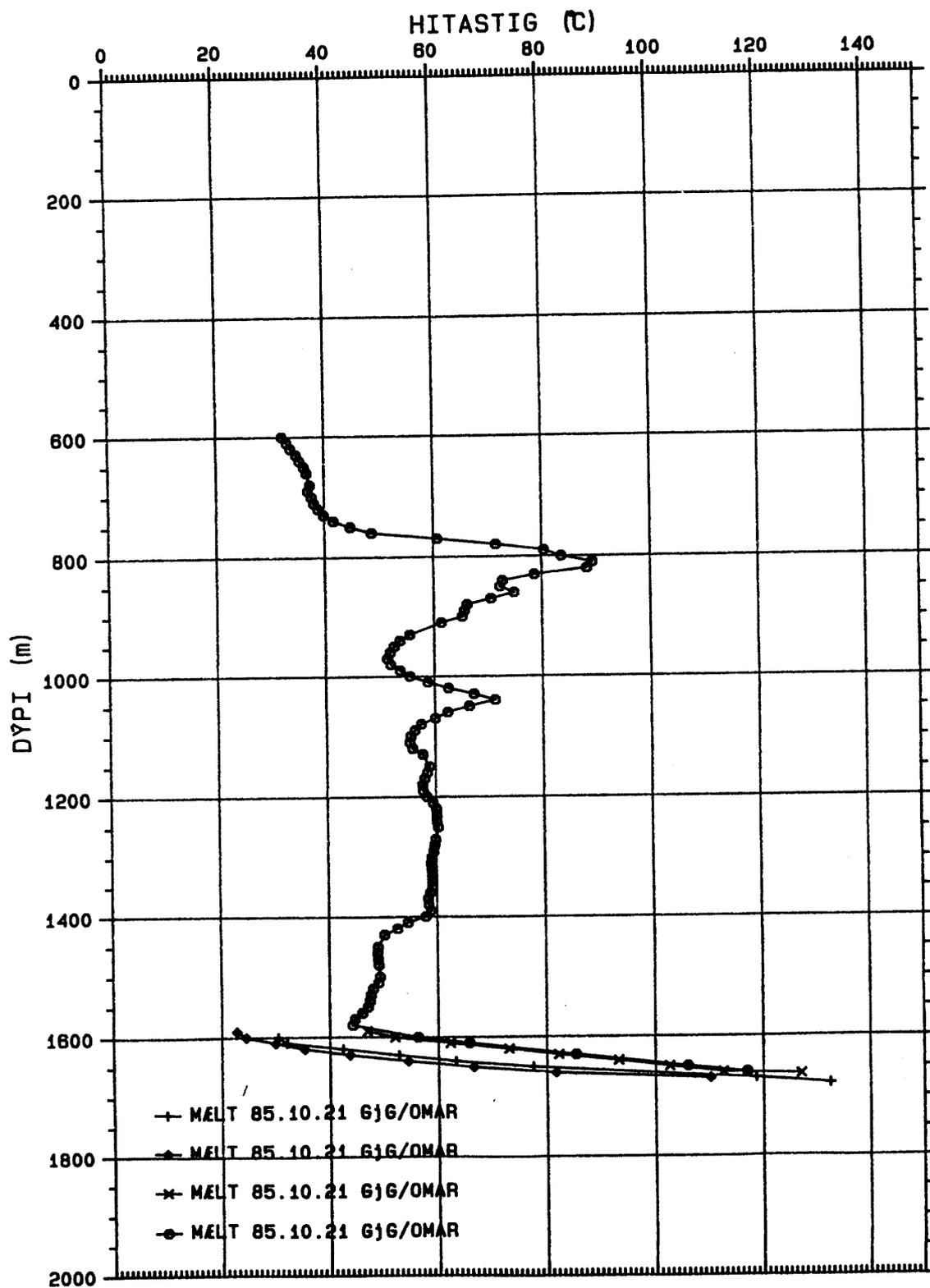
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 HITAMÆLING



Mynd 6 Hitamæling 19.10.1985 eftir upptekt

05 JHD-BN-8715 08/HTU1
05.10.1985/4 T

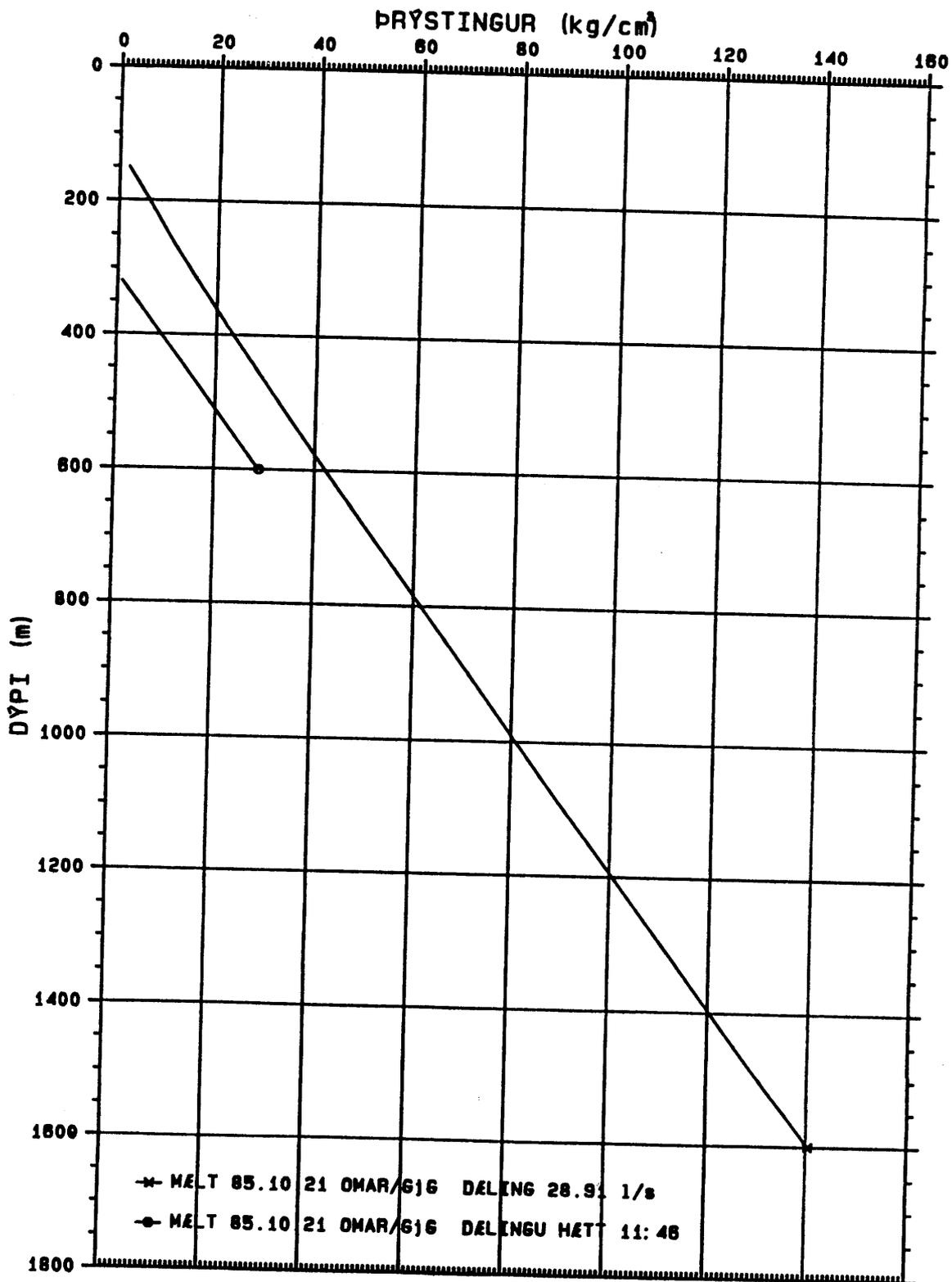
NESJAVELLIR HOLA NJ-15 HITAMÆLINGAR



Mynd 7 Hitamælingar 21.10.1985 í prepadælingu

15 JND-DM-8715 08
85.10.1370 T

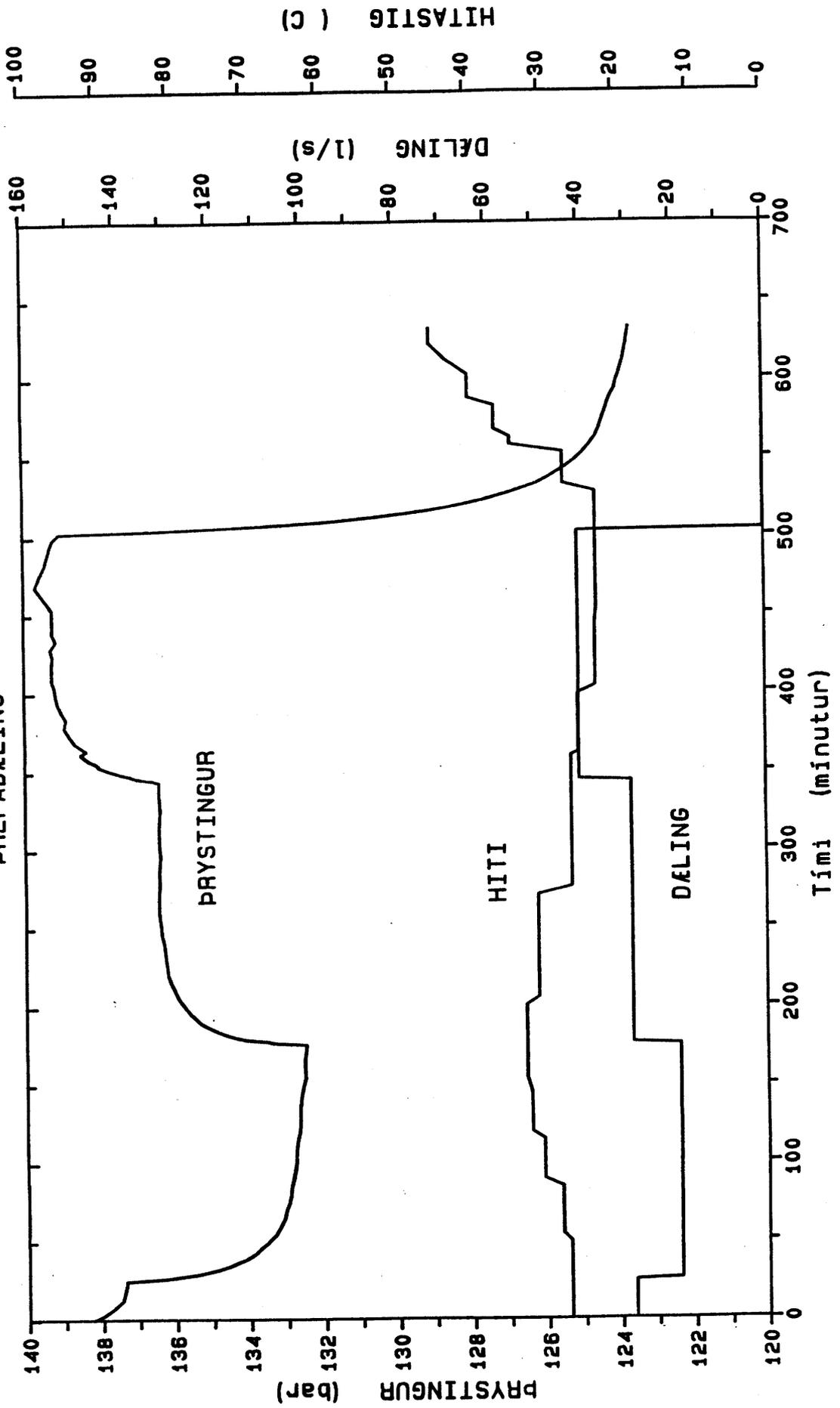
NESJAVELLIR HOLA NJ-15



Mynd 8 Þrýstifall í ádælingu

JHD-BM-8715 Omar
85.10.1371 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-15 PREPADÆLING



Mynd 9 Yfirlit yfir prepaðælingu NJ-15