



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Helga

**Benedikt Steingrímsson
Guðrún Sverrisdóttir
Hjálmar Eysteinnsson
Ómar Sigurðsson
Hjalti Franzson
Guðlaugur Hermannsson**

NESJAVELLIR, HOLA NJ-18

Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar

OS-87029/JHD-06
Reykjavík, júlí 1987

**Unnið fyrir
Hitaveitu Reykjavíkur**



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Benedikt Steingrímsson
Guðrún Sverrisdóttir
Hjálmar Eysteinnsson
Ómar Sigurðsson
Hjalti Franzson
Guðlaugur Hermannsson

NESJAVELLIR, HOLA NJ-18

Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar

OS-87029/JHD-06
Reykjavík, júlí 1987

Unnið fyrir
Hitaveitu Reykjavíkur

Dags.
1987.08.14

Tilv. vor
BS/pp

Dags.

Tilv. yðar

Hr. Árni Gunnarsson
Yfirverkfræðingur
Hitaveita Reykjavíkur
Grensásvegur 1
108 REYKJAVÍK

VARÐAR: RANNSÓKNIR Á HOLU NJ-18 Á NESJAVÖLLUM

Hér með afhendum við Hitaveitunni lokaskýrslu um rannsóknir á holu NJ-18 á Nesjavöllum. Jarðhitadeild hefur þegar sent HR þrjár áfangaskýrslur um framgang verksins, en til hægðarauka eru þær einnig birtar hér sem viðaukar.

Lokaskýrslan er samantekt á niðurstöðum rannsókna á NJ-18. Hún tekur til rannsókna meðan á borun stóð og í upphitun eftir borun fram til 1. júlí 1987. Skýrslan er unnin samkvæmt verksamningi nr 611113-1987 milli HR og JHD dagsettum 24. apríl 1987.

Virðingarfyllst

Benedikt Steingrímsson
Benedikt Steingrímsson

ÁGRIP

Hola NJ-18 er við Litluvelli um 1100 metrum norðvestan við holu NJ-16. Holan, sem er í um 195 m y.s., var boruð á tímabilinu 29. ágúst til 23. október 1986 á 45 verkdögum. Í skýrslunni er fjallað um rannsóknir, sem gerðar voru á holunni í borun og í upphitun eftir borun fram til 1. júlí 1987. Holan var ekki blástursprófuð á þessu tímabili. Áfangaskýrslur, sem út hafa komið um rannsóknir á holunni eru birtar í viðaukum við skýrsluna.

Hola NJ-18 var boruð í 2136 m dýpi á 45 verkdögum, og er vinnslu-fóðring steipt í tæplega 950 m dýpi. Í jarðlagastaflanum er móberg ráðandi niður á rúmlega 600 m dýpi, en basalhraunlög þar fyrir neðan. Lauslegur samanburður milli NJ-18 og holu NJ-16 bendir ekki til þess að nein veruleg misgengi séu á milli þessara hola. Innskotaberg sást fyrst á um 700 m dýpi og eykst tíðni þess með dýpi, svipað og í öðrum holum á Nesjavöllum. Um 13% innskotanna er úr ísúru eða súru bergi, sem er nokkru minna en í öðrum Nesjavallaholum. Samkvæmt gammamælingu er kísilsýra um 64% í ísúra berginu, en meðalkísilsýra jarðlagastaflans við NJ-18 reiknast 46%. Meðalgildi vatnsinnihalds bergsins reiknast um 22%. Hæst er það í móberginu, en lægst í innskotunum. Viðnám bergsins við NJ-18 breytist mjög með dýpi. Á um 300 m dýpi er það um 100 ohmm, en lækkar með dýpi í um 1 ohmm á u.þ.b. 1100 m en hækkar þaðan og niður í botn. Ráðast þessar breytingar að nokkru af berggerð, en ekki síður af ummyndunarstigi bergsins.

Berghiti er 3-5°C í efstu 600 m NJ-18. Hitastig hækkar síðan nokkuð hratt með dýpi og mældist um 100°C á 800 metrum og um 200°C á 1200 m dýpi. Þaðan og í holubotn hækkar berghiti tiltölulega lítið, og er áætlaður berghiti á 2000 m dýpi aðeins 250°C. Er það um 50-90 gráðum lægri hiti en annars staðar á borsvæðinu. Þokkalegt samræmi er milli ummyndunar og berghita ofan 1000 m dýpis í NJ-18. Hins vegar bendir ummyndun til mun hærri hita í jarðhitakerfinu en nú mælist. Virðist þessi hluti jarðhitakerfisins því hafa kólnað.

Helsta vinnsluæð NJ-18 er á 1703 m dýpi, en alls fundust fimmtán æðar í holunni. Þrýstingur æðanna er mismunandi og virðast þær tengjast tveimur vatnskerfum. Í efsta kílómetranum, eða svo, er kalt grunnvatnskerfi með um 3 bar hærri þrýsting en samsvarar yfirborði Þingvallavatns. Neðan um 1000 m tekur jarðhitakerfið við.

Hola NJ-18 hefur ekki enn blásið (júlí 1987). Afl hennar og vinnslueiginleikar eru því ekki þekktir. Prófanir á holunni í lok borunar sýndu, að vatnsleiðni hennar er í meðallagi samanborið við aðrar holur á Nesjavöllum, en tregðustuðull fremur hár. Samkvæmt áætluðum berg-hita verður vermi tæplega herra en um 1000 kJ/kg, sem er mun lægra vermi en í öðrum borholum á Nesjavöllum. Búast má því við að holan verði fremur afllítill og skili tæplega meiru en 30 MW í varmaafli.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	2
EFNISYFIRLIT	3
TÖFLUSKRÁ	4
MYNDASKRÁ	4
1 INNGANGUR	5
2 STAÐSETNING	7
3 BORSAGA	8
4 JARÐLÖG.....	11
4.1 Jarðlagaskipan.....	11
4.2 Innskot.....	28
4.3 Jarðlagamælingar.....	29
5 UMMYNDUN	34
5.1 Greiningaraðferðir	34
5.2 Dreifing ummyndunarsteinda	34
6 EÐLISÁSTAND JARÐHITAKERFIS	39
6.1 Staðsetning vatnsæða	39
6.2 Vatnsleiðni	42
6.3 Þrýstingur á vatnsæðum	43
6.4 Berghiti	45
7 ÁÆTLAÐIR VINNSLUEIGINLEIKAR	48
HEIMILDASKRÁ	49
VIÐAUKI V-1 Jarðlagasnið og mælingar	51
VIÐAUKI V-2 Nesjavellir Hola NJ-18, 1. áfangi Borun fyrir 13 3/8" fódöringu frá 67 m til 289 m	65
VIÐAUKI V-3 Nesjavellir Hola NJ-18, 2. áfangi Borun fyrir 9 5/8" vinnslufódöringu frá 289 m til 950 m	79
VIÐAUKI V-4 NEJSVELLIR HOLA NJ-18, 3. ÁFANGI Borun vinnsluhluta frá 950 m í 2136 m	93

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1 Þunnsneiðar úr NJ-18	11
2 Flokkun og tíðni innskota	28
3 Borholumælingaskrá	33
4 Áætlaður berghiti og þrýstingur á vatnsæðum	45

MYNDASKRÁ

1 Staðsetning borhola á Nesjavöllum	7
2 Framvinda borunar NJ-18	9
3 Frágangur NJ-18	10
4 Jarðlagasnið og mælingar	15
5 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar	27
6 Tíðnidreifing viðnáms, poruhluta og víddarleiðrétts gamma	31
7 Dreifing ummyndunarsteinda	37
8 Staðsetning vatnsæða	39
9 Þrepaðaling. Mæli- og reikniferill	43
10 Áætlaður þrýstingur á vatnsæðum	44
11 Hitamælingar í upphitun eftir borun	46
12 Áætlaður berghiti	47

1 INNGANGUR

Hola NJ-18 var síðari holan, sem Jötunn boraði á Nesjavöllum sumarið 1986. Hún er staðsett við Litluvelli nokkru fyrir vestan Kýrdals-sprungurnar. Jötunn boraði holuna í 2136 m dýpi á 45 verkdögum og lauk borun 23. október. Holan hefur ekki enn verið látin blása, en fylgst hefur verið með upphitun hennar eftir borun og þrýstibreytingum.

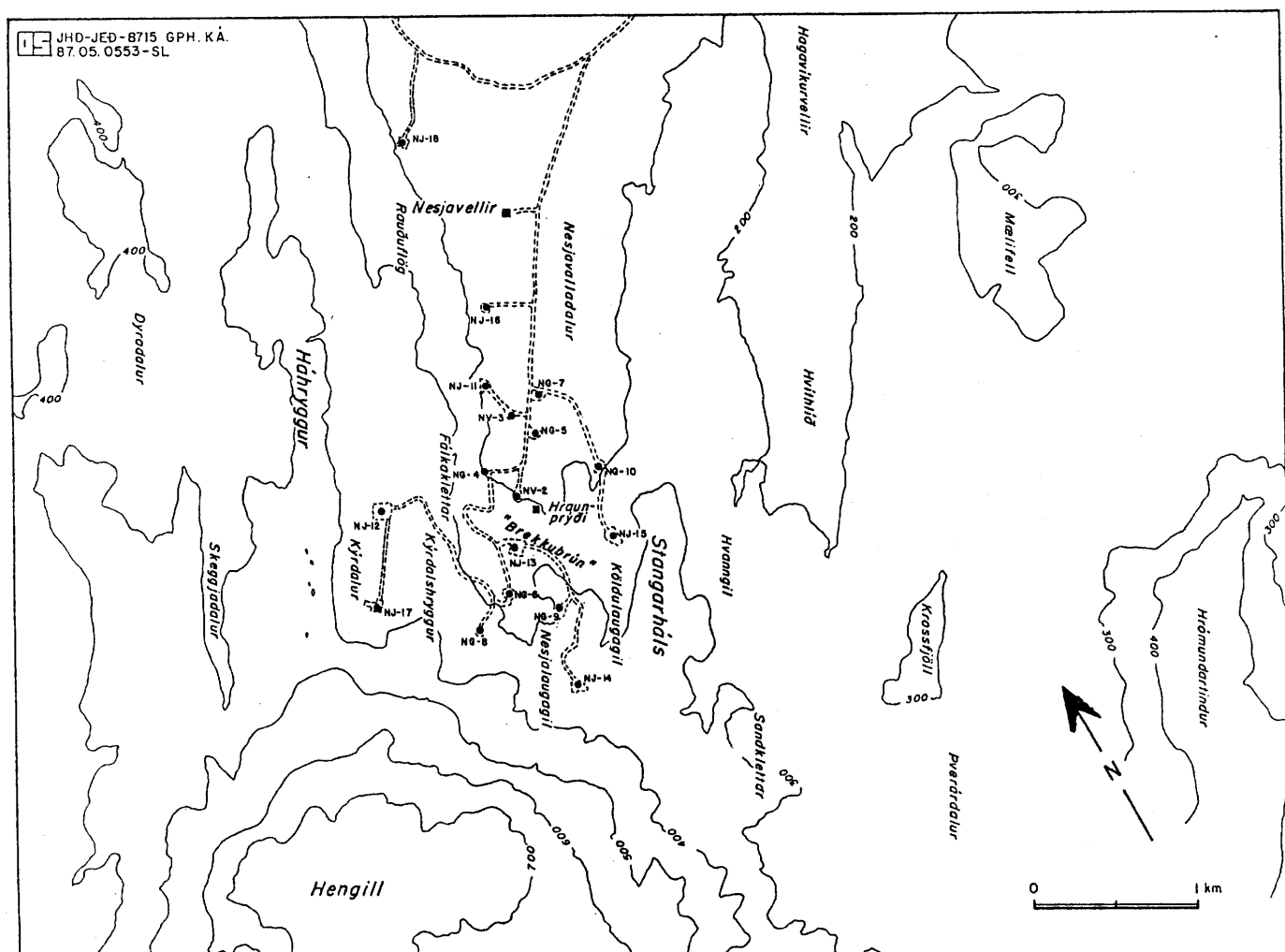
Frumgögn um borunina og rannsóknir á holunni eru geymd hjá Jarðborunum, Jarðhitadeild OS og Hitaveitu Reykjavíkur eftir því hver þau eru. Jarðboranir varðveita borskýrslur og fóðringarskýrslur og er þær fyrirnefndu að finna innbundnar í árbækur merktar Jötni, en fóðringarskýrslur Jötuns eru geymdar í sérstökum möppum. Hjá JHD eru svarfsýni og borholumælingar geymd. Svarfsýnin er að finna í sérstakri svarfgeymslu. Þau eru í dósum merktum holunni og því dýpi, sem sýnið er frá. Millistig í úrvinnslu jarðfræðigagna má finna á tveimur stöðum. Lýsingar á svarfsýnum og þunnsneiðum er að finna í möppu merktri holunni og er mappan í vörslu borholujarðfræðideildar. Þunnsneiðar eru hins vegar geymdar í sérstakri þunnsneiðageymslu JHD. 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 eru mælingar í borun að finna í möppum merktum holunni. Mælingum eftir borun (Ameradamælingar) er hins vegar safnað saman ásamt áþekktum mælingum í öðrum holum á landinu á einn stað og flokkaðar í möppur eftir mælidagsetningum og ártali. Til skamms tíma hefur þetta verið eini mátinn á JHD til geymslu þessara gagna. Síðastliðin ár hefur jafnframt verið unnið að því á JHD að koma upp gagnagrunni á tölvu Orkustofnunar fyrir borholumælingar og eru nú allar mælingar úr borholum á Nesjavöllum aðgengilegar í þessum gagnagrunni, bæði sem skrá yfir þær mælingar, sem til eru og niðurstöður hvernar mælingar. Gögn um blástur Nesjavallahola eru í vörslu HR. Fyrirferðamest af þessum gögnum eru mælingar á afli hola og toppþrýstingi og geymir HR gögnin annars vegar í töflum í mælimöppum og hins vegar á disklingum fyrir einkatölvu. Í mælimöppunum er einnig að finna upplýsingar um rekstur og daglegt viðhald borhclanna. Auk þessa varðveitir HR efnasýni, sem tekin eru svo og efnagreiningar.

Í fyrirbyggjandi skýrslu er greint frá öllum athugunum, sem gerðar hafa verið á NJ-18 í og eftir borun fram til 1. júlí 1987. Um verkið hafa þegar komið út nokkrar áfangaskýrslur og eru þær birtar hér sem viðaukar aftan við skýrsluna.

Jarðhitadeild Orkustofnunar og Hitaveita Reykjavíkur hafa unnið að rannsóknum á holu NJ-18, og hafa fjölmargir aðilar auk höfunda sinnt einstökum rannsóknarpáttum. Má þar nefna eftirtalda: Einar Gunnlaugsson og Jóhann Kristjánsson hjá HR, Ásgrím Guðmundsson, Gyðríði Jónsdóttur, Vigdís Harðardóttur, Hilmar Sigvaldason, Jósep Hólmjárn, Guðjón Guðmundsson og Guðna Guðmundsson hjá JHD og Sigurð Benediktsson og áhöfn Jötuns hjá Jarðborunum.

2 STAÐSETNING

Hola NJ-18 er staðsett við Litluvelli skammt vestan við gossprungurnar í Kýrdalshrygg (mynd 1). Holutoppur er í um 195 metra hæð yfir sjávarmáli. Tilgangur staðsetningar NJ-18 var fyrst og fremst sá að kanna útbreiðslu jarðhitans á Nesjavöllum til norðvesturs og er hola fjarri eldri borholum á svæðinu. Stýst er til hola NJ-16 austan við Kýrdalssprungurnar, um 1100 m, en vestan sprungnanna er NJ-12 í 2200 m fjarlægð.



MYND 1 Staðsetning borhola á Nesjavöllum

3 BORSAGA

Hola NJ-18 var boruð með Jötni á tímabilinu 29. ágúst til 23. október 1986 í 2136 metra dýpi. Verkið var ekki unnið samfelld, en alls tók 45 verkdaga að ljúka boruninni. Gangi verksins hefur verið gerð ítarleg 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 framvinda borunar NJ-18 sýnd, en hönnun og frágangur hennar sést á mynd 3. Höggborsfóðring nær í 67 m dýpi, en fyrir öryggisfóðringu boraði Jötunn í 289 m dýpi. Á 218 m dýpi varð algert skoltap í holunni. Þegar reynt var að steypa í lekann kom í ljós að skoltapið var á 120 m dýpi, en ekki á 218 m. Tókst að þétta holuna í þriðju steypingu, og var borað í fóðringardýpi með skoltap á bilinu 3-5 l/s. Mikið botnfall var í holunni og tókst ekki að hreinsa hana fullkomlega. Öryggisfóðringin nær því aðeins í 282ja m dýpi. Í fyrstu steypingu á fóðringunni kom sement upp. Það seig síðan niður á um 50 m dýpi og varð að fylla þessa síðustu metra með steypu ofan frá.

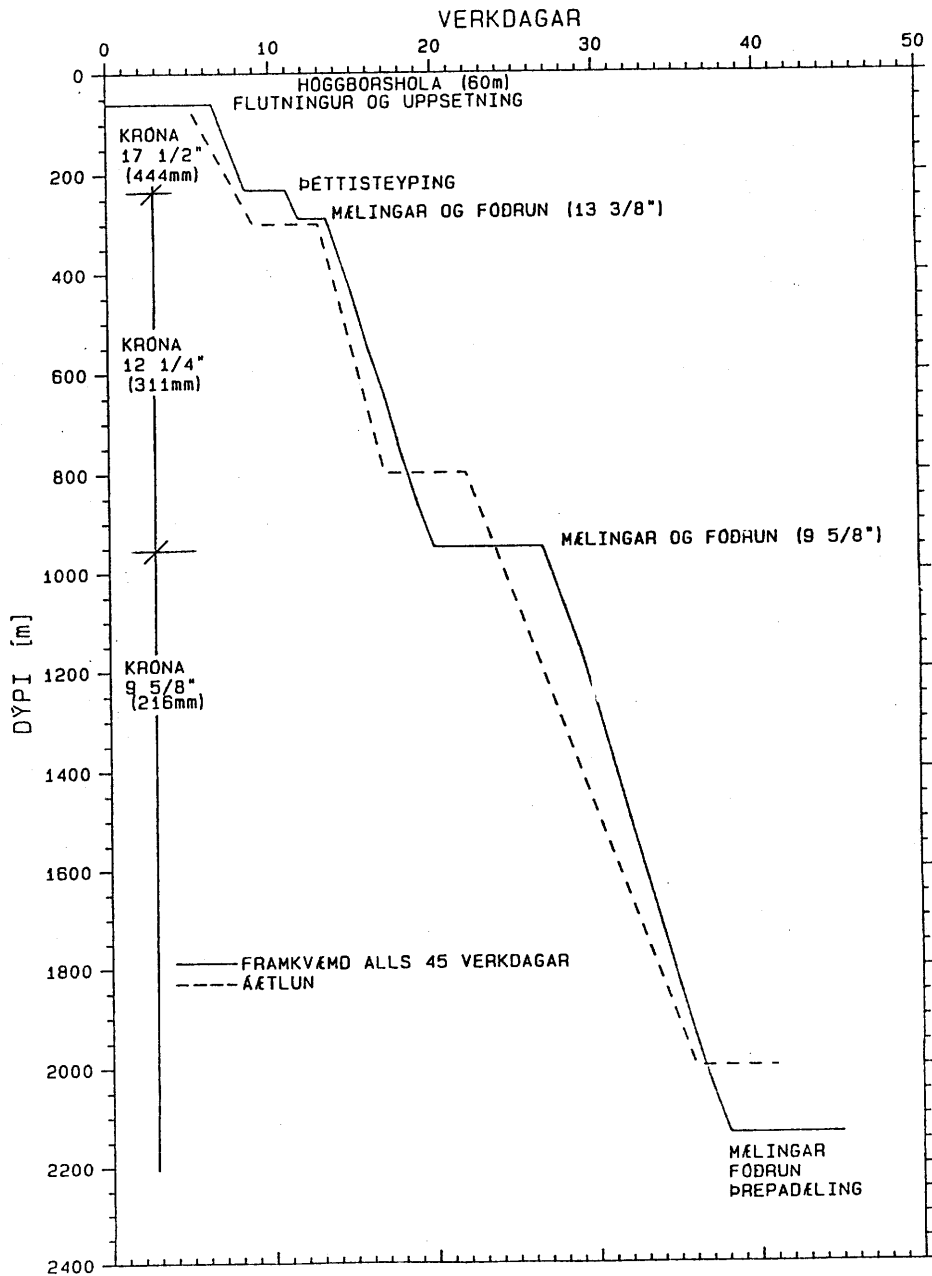
Borun fyrir vinnslufóðringu gekk greiðlega. Búist var við því að fremur djúpt væri á nýtanlegt jarðhitakerfi á þessum stað og því gert ráð fyrir að vinnslufóðring næði í allt að 1000 m dýpi. Borun var hætt á 950 m dýpi. Samkvæmt athugunum á borsvarfi var ljóst, að holan var komin niður í nokkurn hita, þó hitastig væri undir 200°C (kvars, wairakít), en oft hefur endanlegt fóðringardýpi á Nesjavöllum verið ákveðið útfrá ummyndunarhita þessara steinda. Óverulegt skoltap mældist í boruninni, en eftir að vinnslufóðringunni hafði verið komið fyrir, tók holan við 7-9 l/s. Fóðringin steypmist upp í fyrstu tilraun, og sýndi steypumæling þökkalega steypu alls staðar bak við fóðringuna.

Borun vinnsluhluta NJ-18 gekk vel niður á rúmlega 2100 m dýpi. Upphaflega stóð til að bora holuna í 2000 m. Þegar því dýpi var náð, var skoltap óverulegt og var því ákveðið að halda borun áfram í allt að 2400 m dýpi. Það tókst þó ekki. Í 2107 m dýpi fór að bera á festum, og tíu metrum neðar festist borinn. Tók um 15 mínútur að losa borinn. Borað var áfram í 2136 m dýpi, sem varð endanlegt dýpi holunnar. Híft var í 2100 m og holan skoluð. Þegar kanna átti botnfall að skolun lokinni festist borinn. Ekki tókst að losa úr þeirri festu og varð að lokum að sprengja borstrenginn í sundur á 2098 m dýpi. Lauk þar með borun NJ-18. Eftir upptekt á borstreng var holan könnuð með mælingum. Meðal annars var halli holunnar mældur, en vitað var að holan væri skökk. Í ljós kom að halli í vinnsluhluta holunnar er 3-7 gráður og stefnir holan í norð-norðvestur. Hliðrun í botni er

um 100 m frá lóðlínu gegnum holutopp. Leiðari gekk ekki alla leið í "botn". Hann hangir á 843 m dýpi og nær niður í 2033 metra dýpi.

Alls tók borun NJ-18 45 verkdaga eins og fyrr segir og stóðst verkið nokkurn veginn áætlun eins og sést á mynd 2.

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 BORUN JÖTUNS 1986.08.30-10.24



JHD-BM-8715-GUH
87.06.0615-T

JHD-BM-6607-BS
87.06.0631 SyJ

NESJAVELLIR HOLA NJ-18
Frágangur holu

Staðsetning: * Hnit X=658.648,7 Y=406.125,2 Hæð yfir sjó 195 m
Fjarlægðir: Drifborð- kjallarabrún 6,80m, kjallarabrún - kragi 0,30m

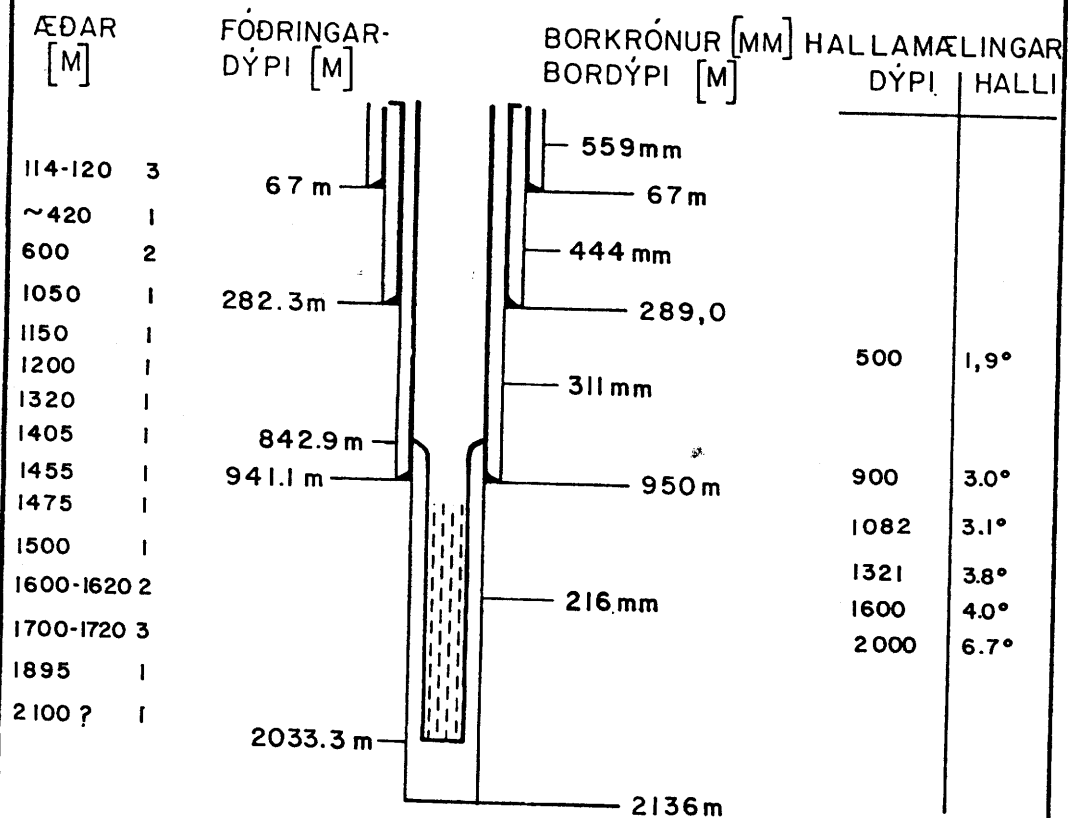
Höggbersfóðring: Utanmál 185/8" mm, veggþykkt 8 mm

Öryggisfóðring: API 13³/₈" 68 lbs/ft, K-55, skrúf. buttr.

Vinnslufóðring: API 9⁵/₈" 40 lbs/ft, J-55, skrúf. buttr.

Leiðari API 7" innanmál 161,7 mm, J-55, skrúf. buttr.
Hengistykki í 842.9m. Rör raufuð neðan 1051m

* Hnitakerfi adlagð landskerfi



Ath. Dýptartölu miðaðar við drifborð Jötuns

4 JARÐLÖG

Jarðlagalýsingin fyrir NJ-18 byggist á bergfræðiathugun á svarfi úr holunni, en einnig á borholumælingum. Svarf var tekið með tveggja metra millibili og skoðað í smásjá jafnóðum og borað var, en seinna voru valin strjálili sýni til þunnsneiðagerðar. Tafla 1 sýnir skrá yfir þunnsneiðar úr holu NJ-18. Mynd 4 sýnir nákvæmt jarðlagasnið ásamt borhraða og mælingum sem gerðar voru í holu NJ-18. Á mynd 5 hefur jarðlagasniðið verið einfaldað og auk mælinga sýnir hún hlutfallslega innskotatíðni og ummyndunarbelti. Staðsetning vatnsæða er merkt inn á bæði jarðlagasniðin.

TAFLA 1 Skrá yfir þunnsneiðar úr holu NJ-18 á Nesjavöllum

Dýpi (m)	Númer	Dýpi (m)	Númer	Dýpi (m)	Númer	Dýpi (m)	Númer
116	14630	830	14646	1392	14662	1698	14678
210	14631	834	14647	1442	14663	1704	14679
266	14632	874	14648	1450	14664	1710	14680
296	14633	914	14649	1472	14665	1716	14681
330	14634	946	14650	1516	14666	1724	14682
380	14635	962	14651	1528	14667	1736	14683
400	14636	1014	14652	1534	14668	1774	14684
450	14637	1060	14653	1542	14669	1828	14685
494	14638	1092	14654	1576	14670	1852	14686
548	14639	1132	14655	1582	14671	1860	14687
594	14640	1188	14656	1586	14672	1896	14688
612	14641	1218	14657	1596	14673	1934	14689
698	14642	1234	14658	1616	14674	1960	14690
734	14643	1292	14659	1642	14675	2098	14691
782	14644	1310	14660	1668	14676	2116	14692
806	14645	1352	14661	1686	14677		

4.1 Jarðlagaskipan

Eftirfarandi skipting jarðlaganna í myndanir er nokkuð einfölduð, og sést hún greinilega á einfaldaða jarðlagasniðinu á mynd 5.

Höggborshola 0-65 m. Ekki var greint svarf úr höggborsholu. (Höggborshola P).

Móbergsmýndun 65-196 m. Þetta er fremur einsleitt móbergstúff sem tæpast er hægt að skipta í syrpur. Mest af túffinu er frauðkennt, en

hlutkristöllun sést og bendir frekar til þóleiítsamsetningar. Bergið er dílalaust og ferskt. Á 98 m dýpi er örþunnt lag af ljósbrúnu settúffi og annað á 190 m dýpi um 4 m þykkt.

Hraunlagamyndun 196-263 m. Þetta eru átta hraunlög, 3-10 m á þykkt flest með þunnum körgum á milli. Þessi syrpa er öll þóleiíft. Eitt 7 m þykkt túfflag sker syrpuna. Bergið er allt ferskt.

Móbergsmýndun 263-424 m. Það er umdeilanlegt að nefna þessa syrpu móbergsmýndun, en það er einkum uppbygging syrpunnar sem þykir gefa tilefni til þess. Niður að 300 m dýpi er syrpa af breksíu og mjög glerjuðu basalti. Bergið er fínkornótt en dílótt og eru bæði plagíóklas og ólivíndílar í því. Frá 300 m niður á 336 m eru betur kristölluð meðalkorna hraunlög án millilaga, en þá tekur aftur við glerjað basalt sem hefur nákvæmlega sömu einkenni og að ofan. Neðst er svo 9 m þykkt lag af settúffi. Þessi myndun er gerð af ólivínþóleiíti og er ferskleg.

Hraunlagamyndun 424-529 m. Þessi hraunlagasyrpa er fínkornótt þóleiítbasalt, þétt og fersklegt. Efst er 16 m þykkt hraunlag, en þá tekur við um 20 m lag af túffbreksíu sem hefur svipaða samsetningu og hraunin. Þá koma tíu hraunlög, 4-10 m þykk. Kargar sjást ekki á milli hraunanna en lagmót sjást í borhraða. Allt er þetta ferskt (óummyndað).

Móbergsmýndun 529-592 m. Þetta er fremur einsleit syrpa af túffbreksíu og glertúffi, þar sem breksían er um 50 % í efri hlutanum en glertúffið ráðandi í neðri hlutanum. Ekki er auðvelt að ákveða bergtegundina, en stakir ólivíndílar sjást í þunnsneið, ummyndun ekki mikil, en hér sjást þó fyrstu zeólítarnir og leirmýndun er hafin.

Hraunlagamyndun 592-651 m. Þetta eru sex hraunlög að meðaltali tæpir 10 m á þykkt, kargalaus en oxuð á lagamótum. Aðaleinkenni hraunanna er að þau eru plagíóklasdílótt, einkum efri hluti syrpunnar. Neðri hlutinn er fremur stakdílóttur. Bergið er fínkornótt og því lýst sem þóleiíti í svarfgreiningu. Í einu þunnsneiðinni sem til er úr syrpunni, af 612 m dýpi sést hins vegar ólivín í grunnmassa og gerð bergsins minnir á ólivínþóleiíft. Mest af dílunum er aftur á móti plagíóklas, svo erfitt er að slá föstu um hver bergtegund er. Bergið er mjög fersklegt, aðeins sést vottur af smektíti og kalsíti.

Móbergsmýndun 651-781 m. Þetta er talsvert breytileg myndun þar sem basaltrík breksía og móbergstúff skiptast á. Þunn hraunlög skiptast á við breksíu efst, en fyrstu innskotin í holunni sjást neðan til í þessari syrpu. Þau eru úr fersklegu, fínkornóttu basalti. Bergtegundir virðast einnig blandaðar í þessarri syrpu, þóleiíft og ólivín-

þóleiít skiptast á eða að samsetningin er eitthvert millistig þar á. Bergið er fersklegt þó nokkuð sé um zeólíta og smektít.

Hraunlagamyndun 781-1046 m. Hér er þetta allt talin ein hraunlagamyndun þó móbergslög skeri staflann allþétt á nokkrum kafla, en þau eru öll þunn. Þetta er gert vegna þess hve hraunlöggin eru öll bergfræðilega lík að undanskildum efstu lögnum. Efstu fjögur hraunlöggin hafa blönduð einkenni þóleiíts og ólivínþóleiíts og gætu því tilheyrt bergfræðilega syrþunni að ofan. Hin hraunlög syrþunnar (um tuttugu og sjö talsins) eru mjög misþykk frá 3 upp í 20 m og eru af þóleiítgerð. Hraun á rúmlega 900 m dýpi eru eitthvað plagíóklasdílótt. Hraunin eru almennt ferskleg þó talsvert sé orðið um holufyllingar, einkum zeólíta. Á 870-940 m dýpi eru þunn túfflög milli hraunanna, hið þykkasta 8 m. Þetta eru hugsanlega "linsur" frá móbergshrygg sem hefur verið virkur í nágrenninu, og gæti þá verið talsverður aldursmunur á hraunlögnum fyrir ofan þær og neðan þó þau gætu verið úr sömu syrpu hvað samsetningu varðar.

Móbergssset 1046-1065 m. Þetta er eitt lag af settúffi með lagi af breksíu í miðju. Hér fer fyrst að sjást veruleg ummyndun þar sem steindir eins og klórít og kvars koma við sögu. Í þessu lagi er ein vatnsæð holunnar.

Hraunlagamyndun 1065-1224 m. Þetta eru nærri tuttugu þunn ummynduð hraunlög. Þau eru fín-meðalkorna og líklega flest af þóleiítssamsetningu. Víða er áberandi oxun, líklega tengd lagamótum, og bergið er allt talsvert ummyndað. Neðst er um 20 m þykkt lag af basaltbreksíu og að lokum eitt fínkornótt hraunlag.

Hraunlagamyndun 1224-1309 m. Þessi myndun er í beinu framhaldi af hraunlagamynduninni fyrir ofan, en það sem ræður skiptingunni er breyting á grófleika bergsins og hugsanlega samsetningu einnig. Þetta eru 10-12 hraunlög og eru sum þeirra meðal-grófkorna og líklega ólivínþóleiít samkvæmt svarfgreiningu. Þóleiítlög eru þó inn á milli þ.á.m. hið eina sem þunnsneið er til af. Nokkur fínkornótt innskot skera staflann á þessu bili.

Móbergsmyndun 1309-1452 m. Þetta er mjög misleit myndun, efst er um 30 m túffmyndun skorin af þunnu fínkornóttu innskoti og þykku meðal-grófkorna hraunlagi. Þá verður basaltrík breksía ráðandi, einnig skorin af hraunlögum, og neðst í syrþunni sést fyrsta ísúra innskotið í holunni. Það er tæplega 10 m þykkt og annað 2 m þykkt innskot, einnig ísúrt er rétt neðar. Allt er þetta vel ummyndað, þar sem klórít, wairakít, epidót og wollastónít eru einkennissteindir.

Hraunlagamyndun 1452-1568 m. Hér virðist upprunalega bergið vera

fín-meðalkorna hraunlög, sennilega af ólvínþóleiitgerð. Mikið af innskotum kemur hér inn í staflann, þ.á.m ísúr innskot.

Móbergsmyndun 1568-1787 m. Upphleðsluberg þessa kafla telst allt til móbergsmyndunar, en þó er ásýnd þess nokkuð breytileg. Efst er móberg ríkjandi, þá breksía og loks aftur móberg neðst í mynduninni. Erfitt er að greina bergtegundir vegna mikillar ummyndunar, en einmitt á þessu dýptarbili birtast ýmsar háhitasteindir. Það kann aftur að tengjast aukinni innskotatíðni. Allstór vatnsæð er á 1605 m, í basaltbreksíu milli tveggja innskota. Stærsta vatnsæð holunnar er á 1703 m dýpi, í breksíu milli tveggja ísúrinnskota.

Hraunlagamyndun 1787-1848 m. Hér sést aðeins í fáein fínkornótt, ummyndað hraunlög milli innskotanna, sem eru mjög þétt á þessu dýpi.

Móbergsmyndun 1848-1897 m. Efst í þessum kafla er breksía en neðar hreint móberg. Innskot eru meira en helmingur bergsins.

Hraunlagamyndun 1897-1950 m. Fínkornótt, vel ummyndað basalt einkennir þetta dýptarbil. Innskotapéttleiki er minni hér en að ofan og neðan.

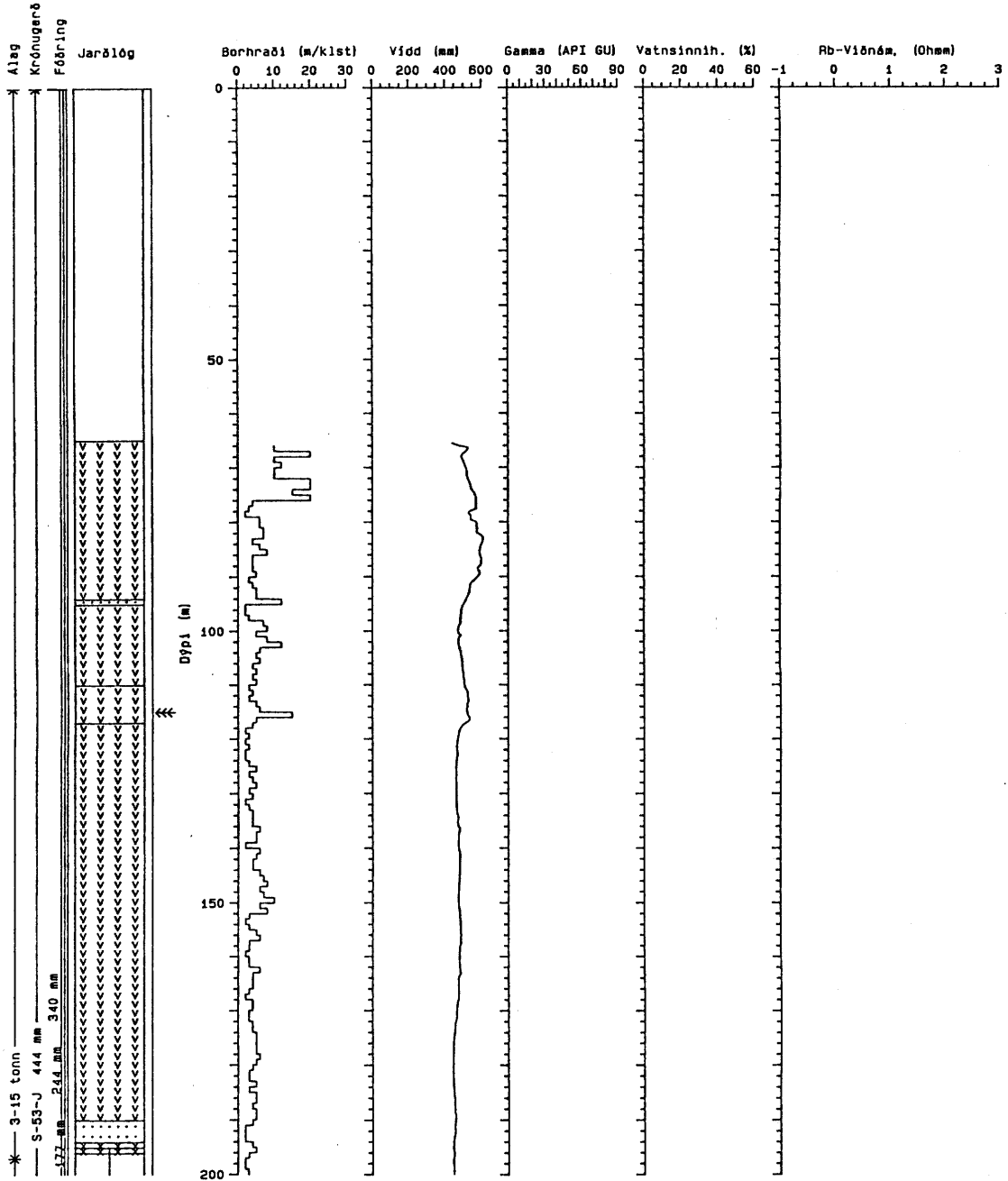
Móbergsmyndun 1950-2016 m. Neðan 1950 m eru dólerítinnskot um 80 % staflans en þó sést að móberg er upprunalega bergið. Það sést í þunnum lögum milli innskotanna. Það er mjög ummyndað, en innskotin aftur á móti svo þétt að ummyndun virðist takmarkast af þeim.

Hraunlagamyndun 2016-2136 m. Á þessu dýptarbili sést raunar varla í upphleðslubergið, en þó sást eitt fínkornótt hraunlag með vissu og önnur lög eru teiknuð sem óviss innskot. Auk dólerítinnskotanna eru a.m.k. fjögur fínkornótt, þétt innskot á þessum kafla.

Samanburður og tenging jarðlaga milli NJ-18 og næstu borhola á svæðinu er ekki gerð hér, en lausleg athugun, einkum á setlögum, bendir til að ekki sé um stórt misgengi að ræða milli NJ-18 og NJ-16. Unnið er að samantekt á jarðfræðigögnum úr öllum borholunum á Nesjavöllum og bíður frekari umræða um jarðlagatengingar á svæðinu útkomu þeirrar samantektarskýrslu.

JHD-BM/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0611 T

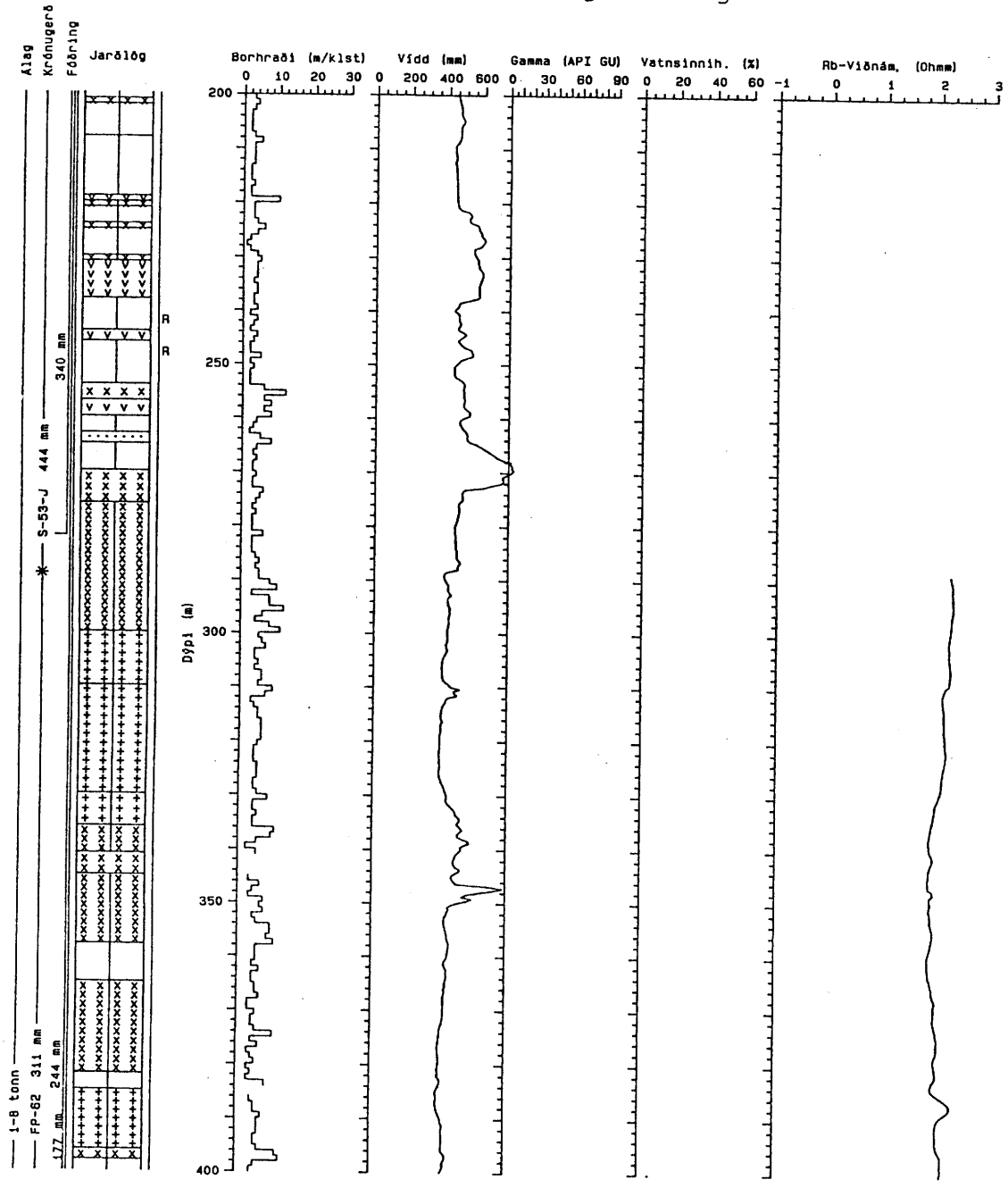
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar



MYND 4 Jarðlagasnið og mælingar

JHD-BM/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0611 T

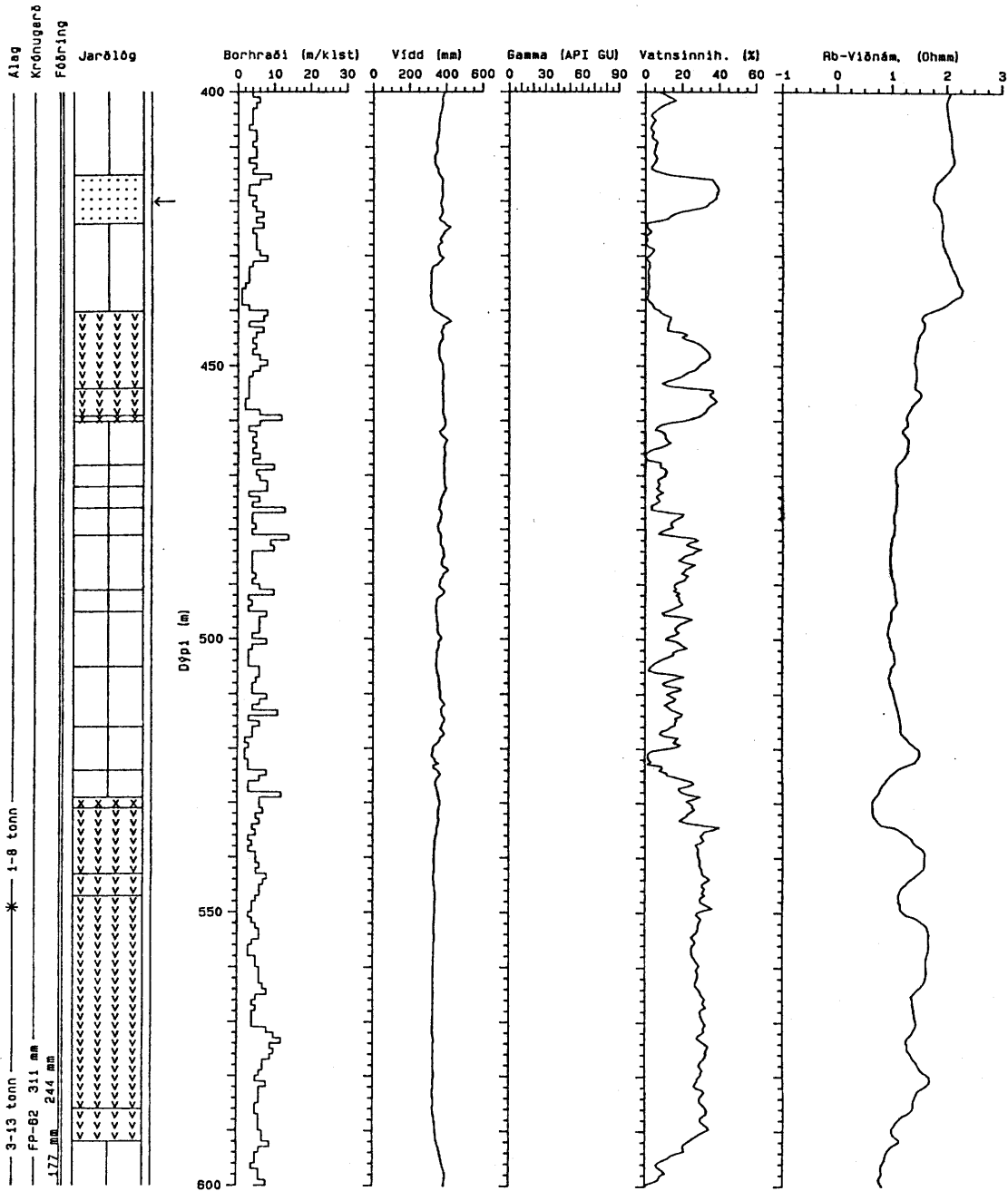
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar



MYND 4 Frh.

JHD-BH/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0611 T

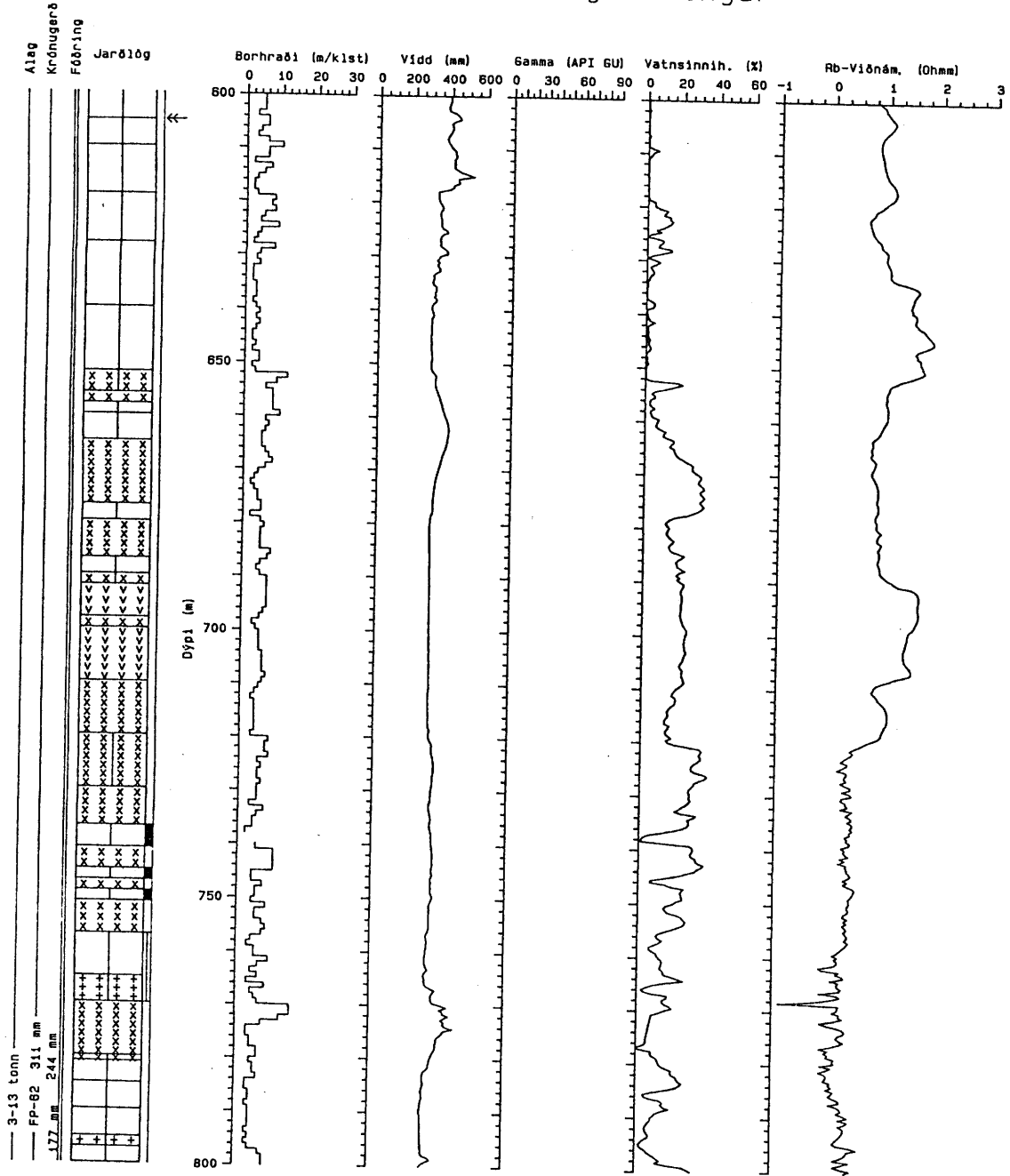
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0611 T

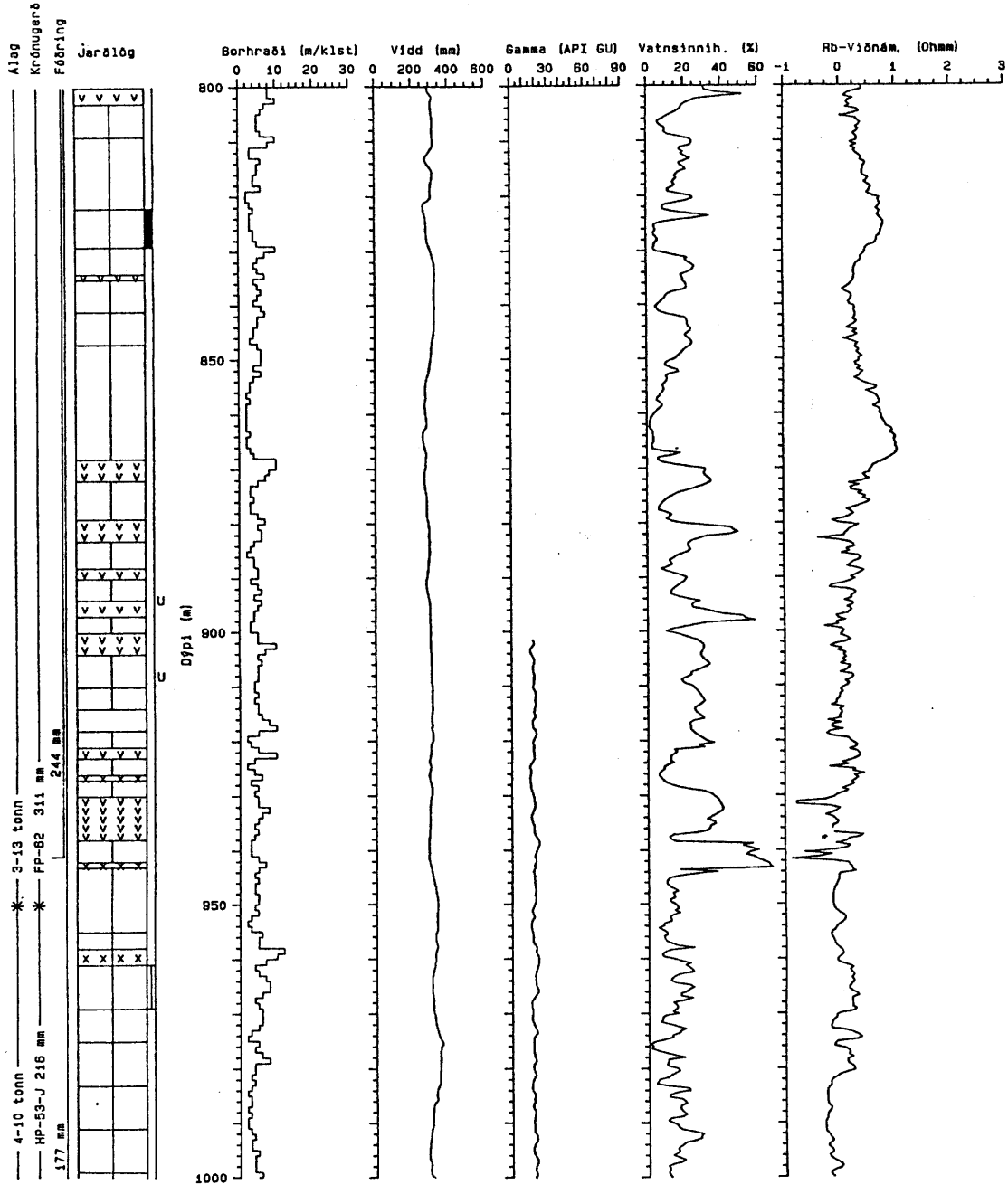
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-B715 HE/GSV
87.06.0611 T

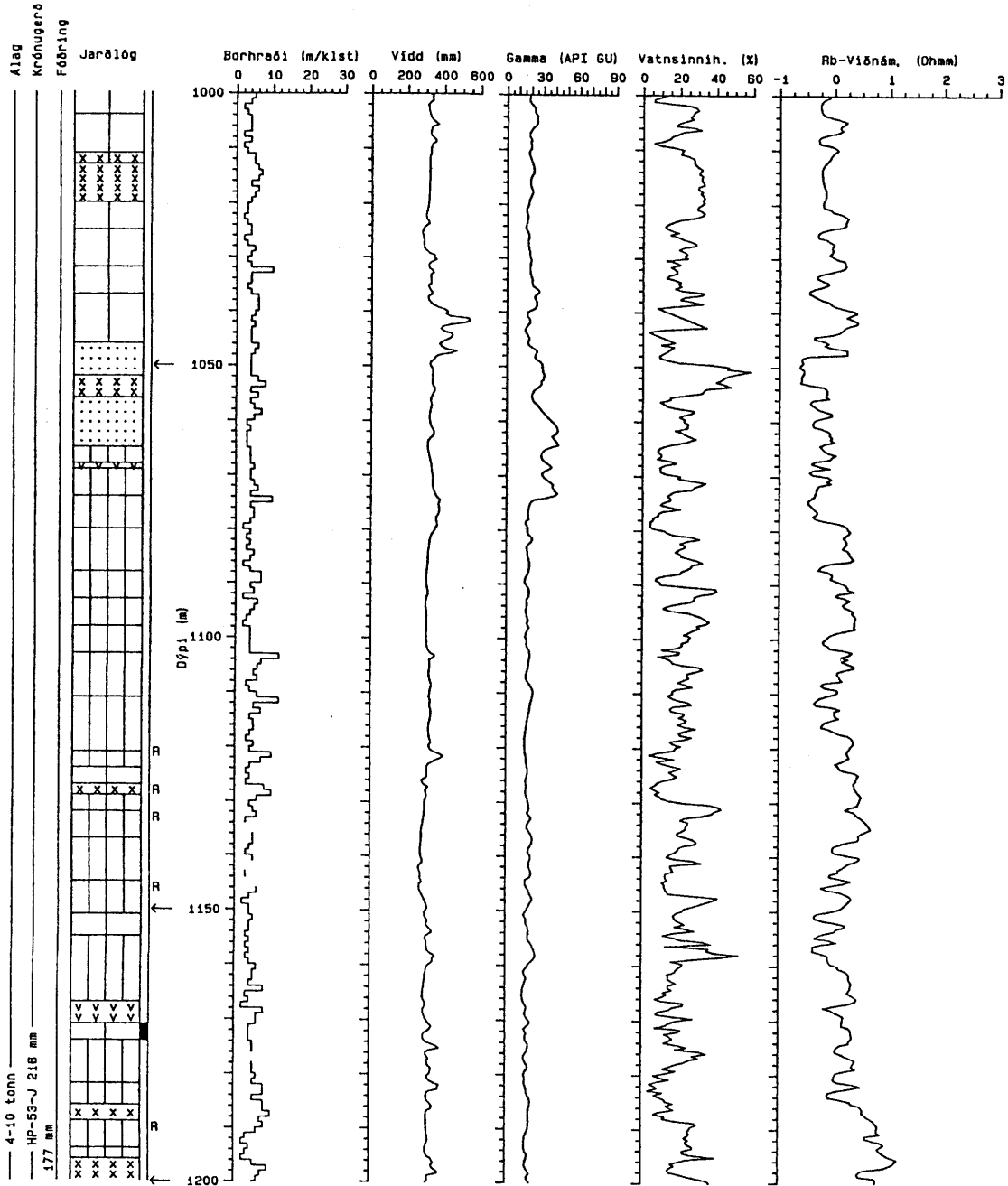
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HE/6Sv
87.06.0611 T

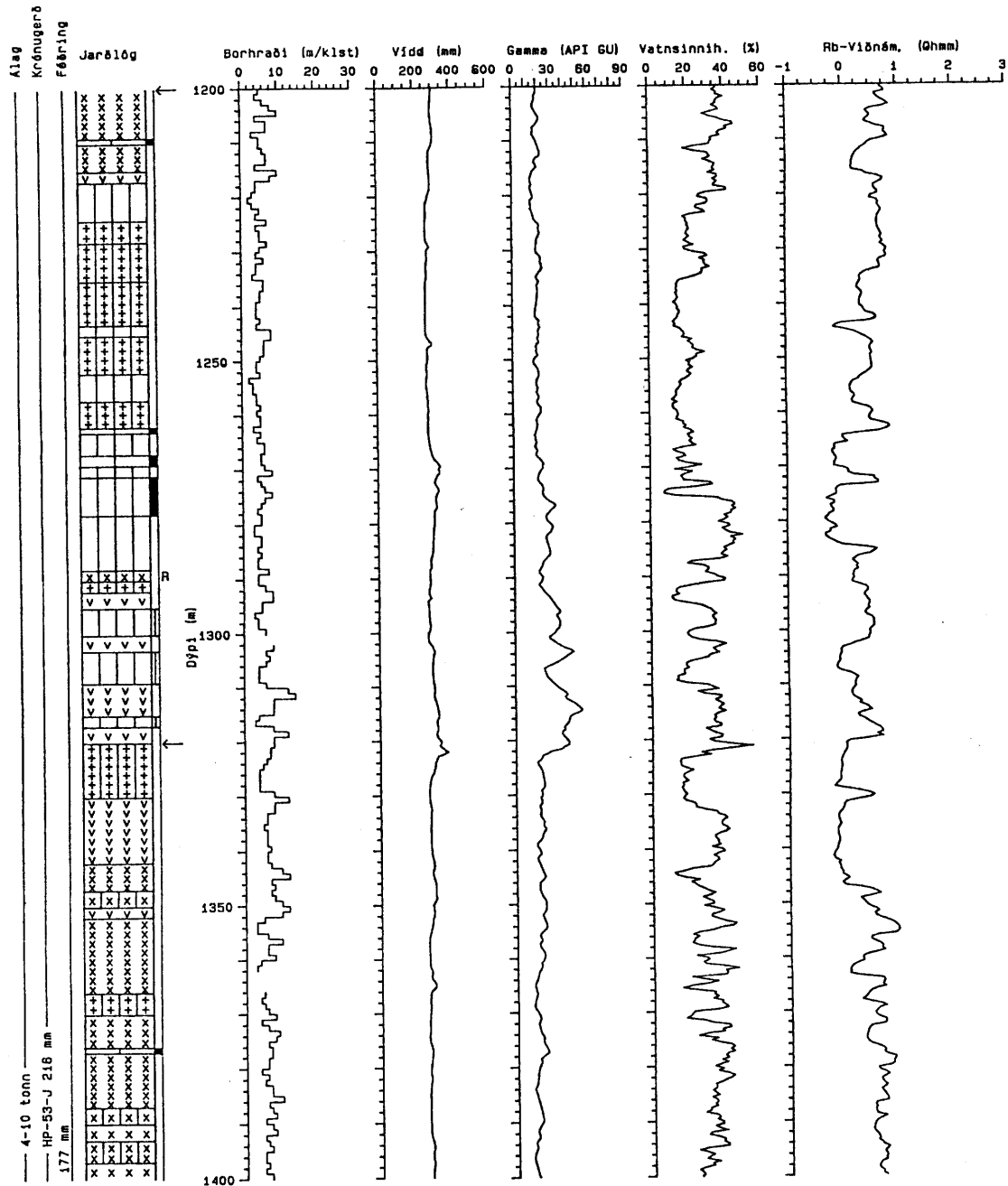
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HE/GSV
87.08.0811 T

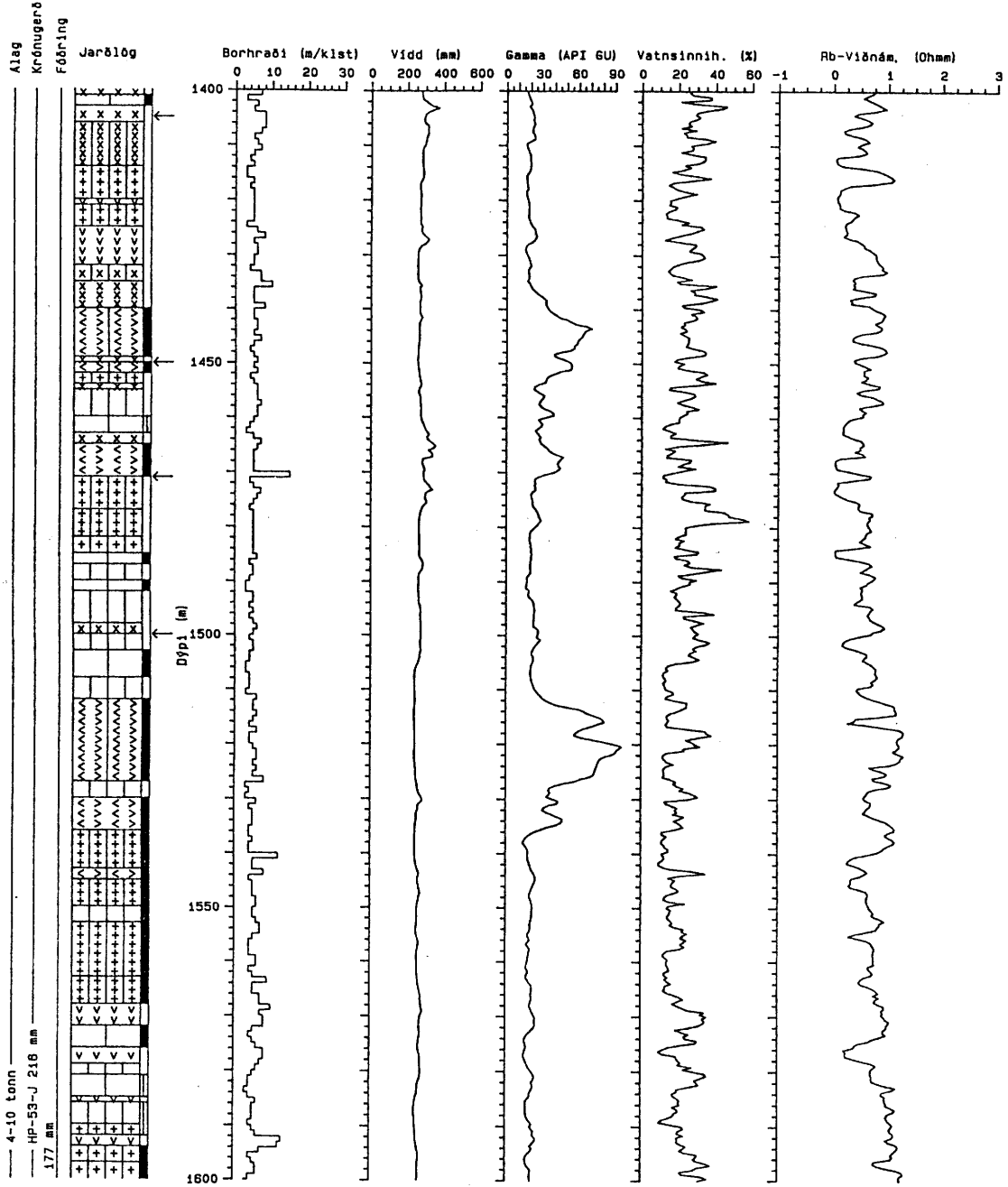
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HE/GSv
87.06.0611 T

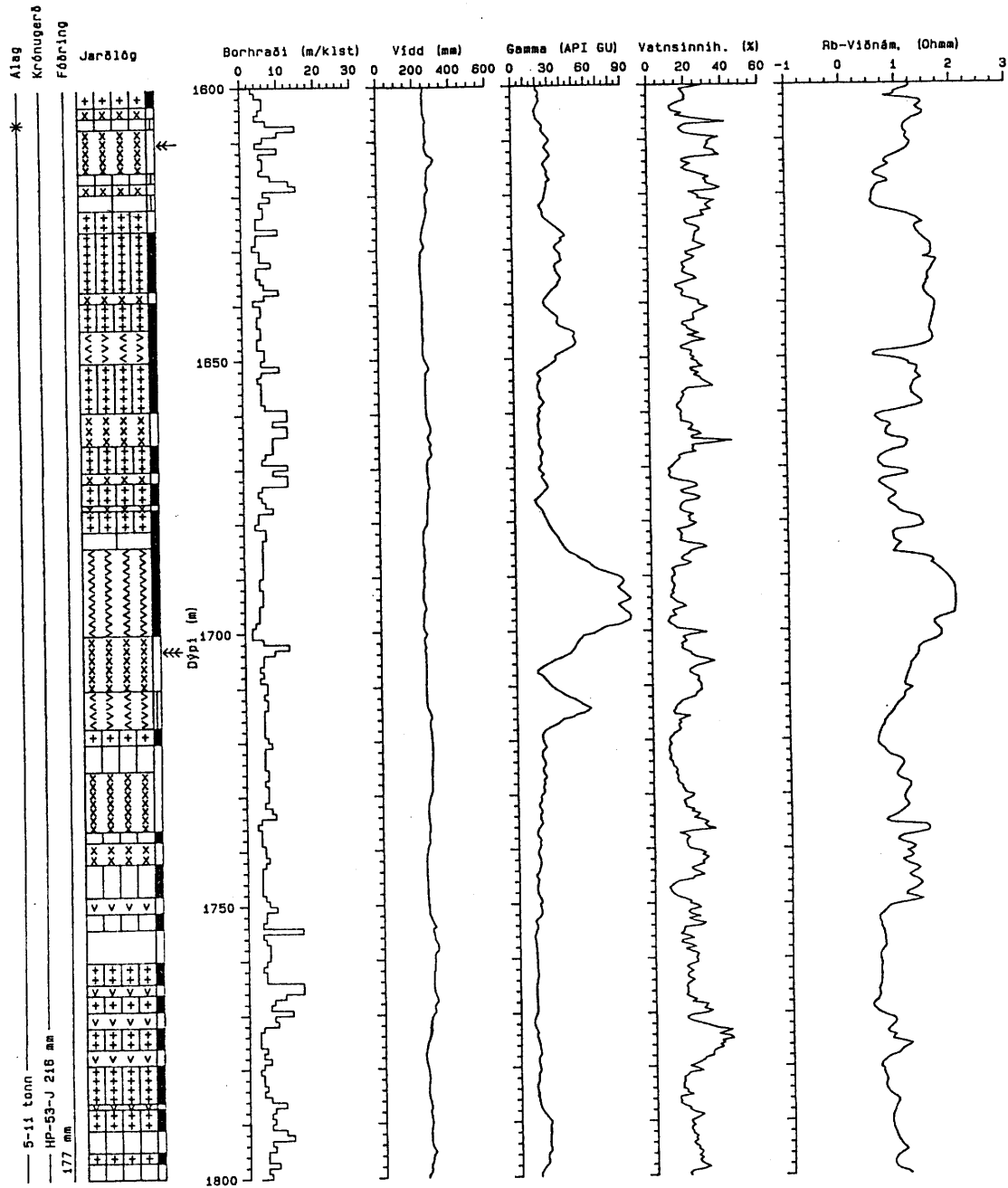
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0611 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar

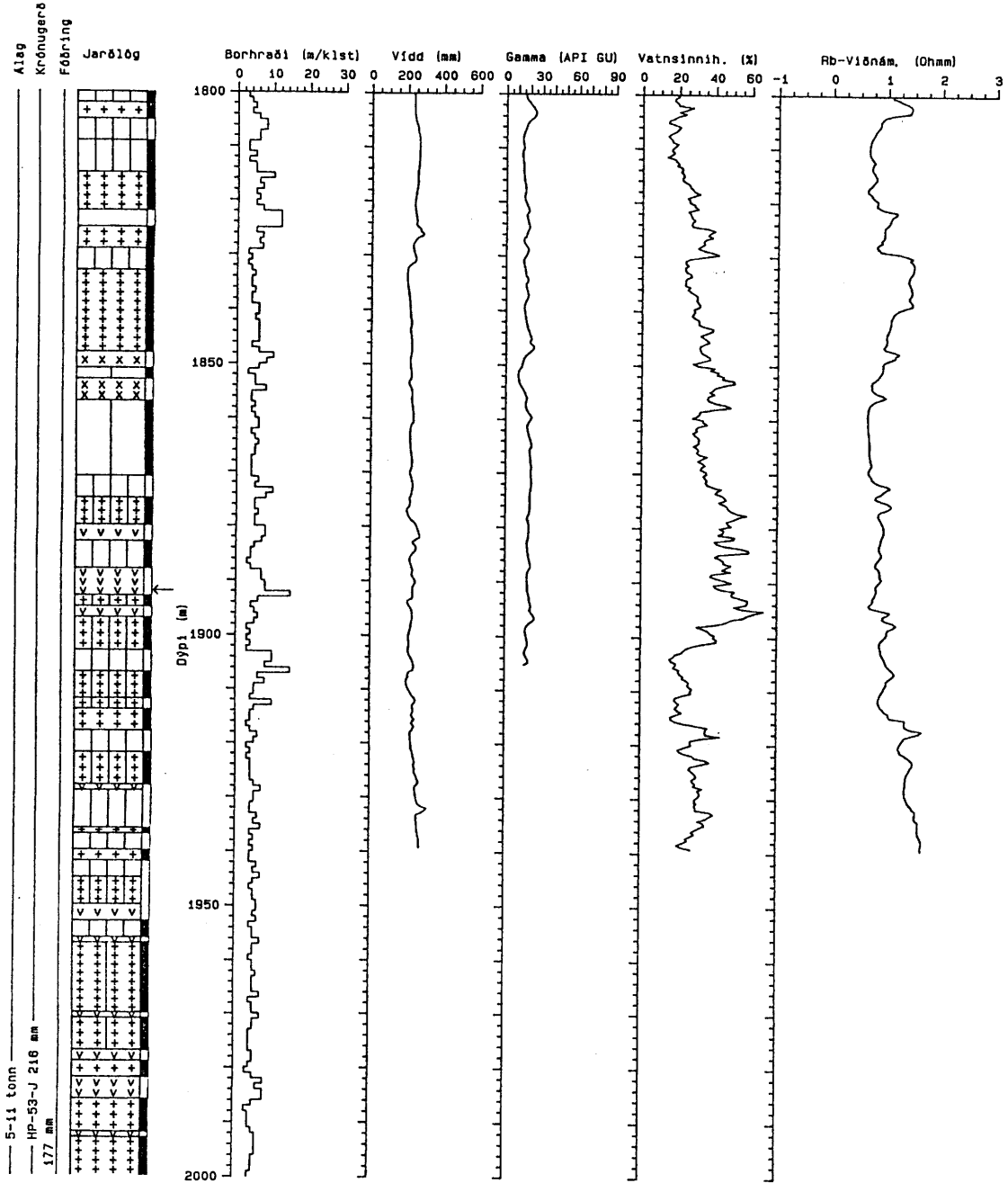


MYND 4 Frh.

JHD-8M/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0611 T

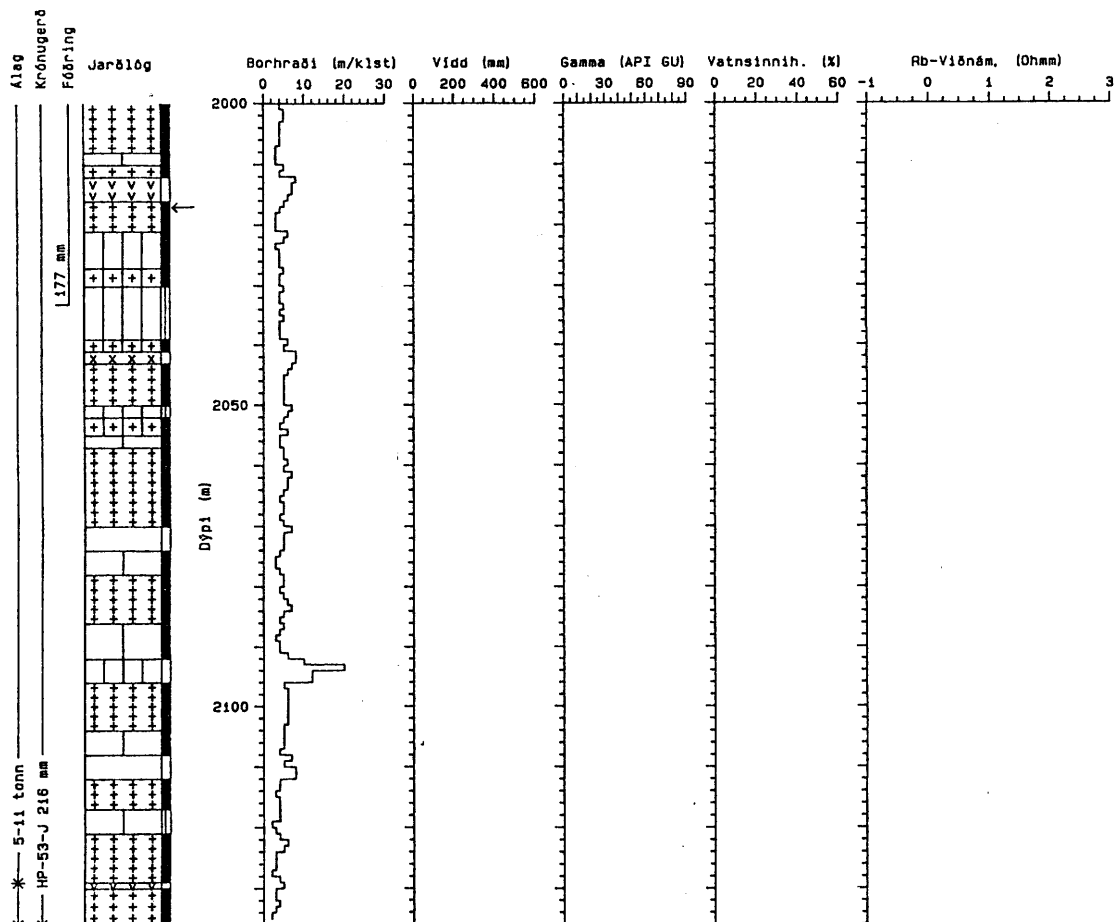
NESJAVELLIR HOLA NJ-18

Jarðlagasnið og mælingar























JHD-BH/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0811 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar



MYND 4 Frh.

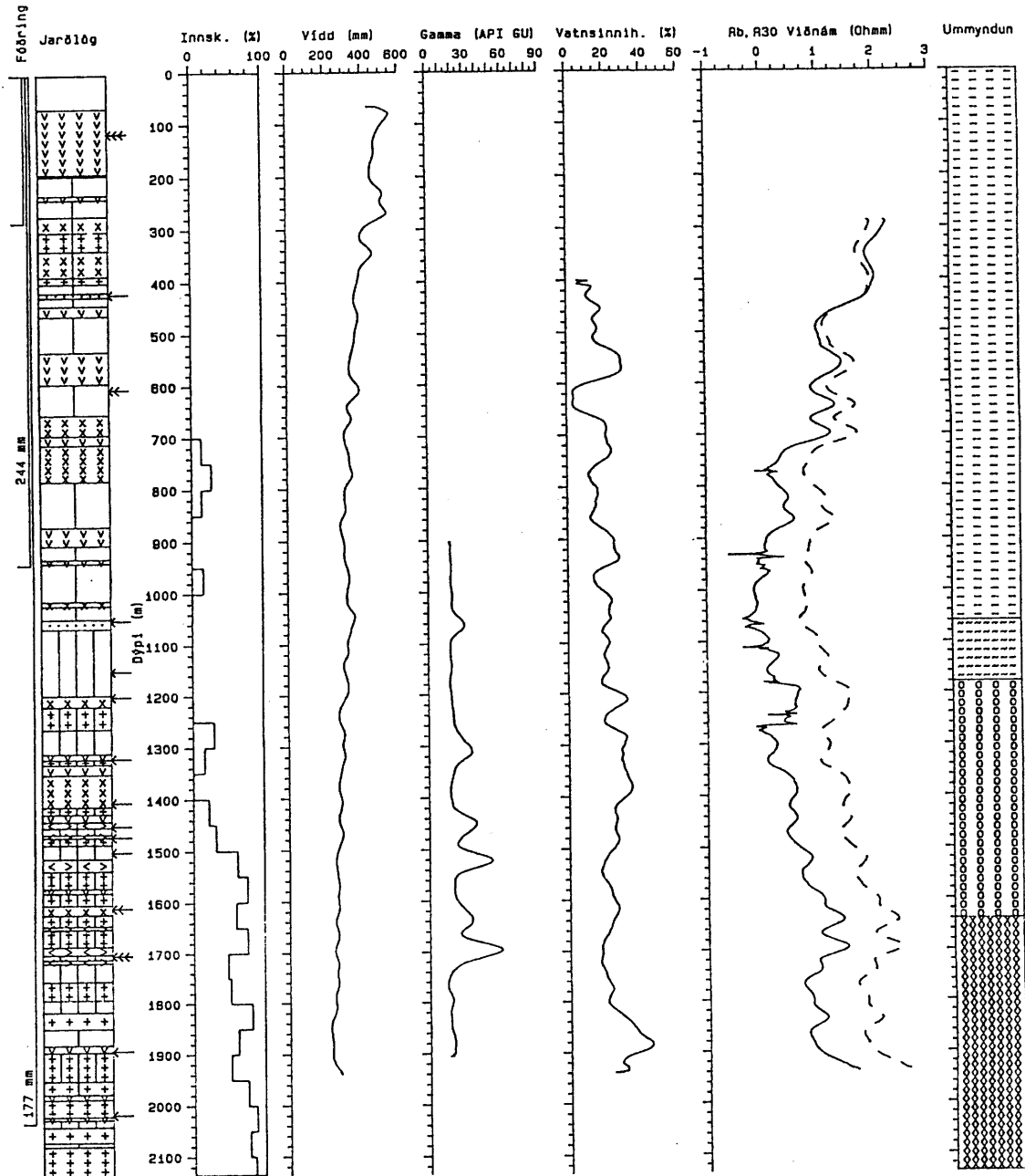
Skýringar við jarðlagasnið

	Fersklegt fin-meðalkorna basalt		Óvissir innskot
	Ummyndað fin-meðalkorna basalt		Druggt innskot
	Fersklegt meðal-grófkorna basalt		Upphleðsluberg
	Ummyndað meðal-grófkorna basalt		— = Vísending um vatnsæð
	Dólerit innskot		-- = Vatnsæð
	Dólerit innskot		--- = Stór vatnsæð
	Fersklegt glerjað basalt		
	Ummyndað glerjað basalt		
	Basaltrik breksía		
	Túff		
	Isúrt finkornótt berg		
	Isúrt grófkornótt berg		
	Finkornótt set		
	Svarf vantar		

MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0612 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar



MYND 5 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar

4.2 Innskot

Á jarðlagasniðinu (mynd 4) er sýnt hvaða lög eru greind sem innskot í upphleðslubergið, og einnig er sýnt hvar líklegt þykir að um innskot sé að ræða. Með einfaldaða jarðlagasniðinu (mynd 5) er sýnt hlutfall þykktar innskota og upphleðslubergs, reiknað fyrir hverja 50 dýptar-metra holunnar. Tafla 2 sýnir flokkun innskotanna eftir berggerð og hlutfall þeirra á hverju 100 m dýptarbili. Einnig sést fjöldi innskota á sama dýptarbili og hlutfall allra innskota af jarðlögum.

TAFLA 2 Flokkun og tíðni innskota

Dýpi (m)	Fínkorna (m)	Meðalkorna (m)	Dólerít (m)	Ísúrt/súrt (m)	Hlutfall %	Fjöldi
0-700	0	0	0	0	0	0
700-800	16	5	0	0	21	1
800-900	7	0	0	0	7	1
900-1000	8	0	0	0	8	1
1000-1100	0	0	0	0	0	0
1100-1200	3	0	0	0	0	0
1200-1300	16	0	0	0	16	5
1300-1400	9	0	0	0	9	3
1400-1500	9	0	0	17	26	7
1500-1600	16	35	0	23	74	12
1600-1700	10	42	0	22	74	13
1700-1800	16	27	0	7	50	12
1800-1900	33	10	29	0	72	13
1900-2000	3	33	23	0	59	12
2000-2100	29	8	47	0	84	17
2100-2136	8	0	23	0	31	6
Samtals	183	160	122	69	25%	107

Taflan sýnir að um 25% staflans eru greind sem innskot. Af þeim hafa 87% basíska efnasamsetningu, en 13% ísúra. Samanborið við holu NJ-16 er þetta nær sama innskotatíðni, en hér er hluti ísúra bergsins mun minni, 13% miðað við 20% í NJ-16. Einnig er dreifing basísku innskotanna nokkuð ólík. Í NJ-18 er meira af fín- og meðalkorna innskotum en í NJ-16, en dólerítinnskotin færri (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986).

Innskot sjást fyrst á rúmlega 700 m dýpi og eru þau fínkorna og fersk. Engar vatnsæðar fylgja þessum innskotum og ekki er áberandi breyting á ummyndun heldur. Þó er einna mest af zeólítunum á þessu dýpi. Síðan eru nær engin innskot niður fyrir 1200 m fyrir utan eitt ferskt innskot á 950 m. Á 1250-1350 m dýpi er aftur syrpa fínkorna innskota. Nokkrar litlar vatnsæðar virðast tengdar þessum innskotum, og talsvert ummyndunarstökk er á tæpum 1200 m sem kann að tengjast aukinni innskotatíðni almennt. Það er þó ekki fyrr en á 1400 m dýpi sem innskotum fjölgar til muna, og eftir 1500 m er tíðni þeirra aldrei minni en 50% af staflanum.

Ákveðið mynstur má lesa úr töflu 2 um flokkun innskotanna eftir berggerð. Nær öll innskot ofan 1400 m eru fínkornótt. Það er sérkennilegt að tíðni þeirra helst niður holuna og verður jafnvel mest á 1800-2100 m, en það er ólíkt því sem gerist t.d í holu NJ-16 þar sem tíðni fínkorna innskota er mest á 700-1000 m. Ísúr innskot sjást eingöngu á bilinu 1400-1800 m. Í samanburði við NJ-16 er mun dýpra á þau í NJ-18 og þau hverfa einnig fyrr. Í NJ-16 sjást þau þegar á 1000 m dýpi. Svipað gildir um dólerítinnskotin, þau sjást ekki fyrr en á 1800 m í NJ-18 og fjölgar niður á botn holunnar. Í NJ-16 sjást þau þegar á 1400 m. Meðalkorna innskot eru miklu fleiri í þessarri holu en NJ-16. Þau eru flest milli 1500 og 1700 m en eru allmörg niður á 2100 m. Aftur á móti er tíðni þeirra mest á 1300-1400 m í holu NJ-16 og sjást síðan aðeins á stangli.

Ef mynd 5, sem sýnir heildartíðnidreifingu innskota, er borin saman við samsvarandi mynd af NJ-16 er mynstrið mjög líkt, þó með um 50 m hliðrun niður á við í holu NJ-18. Hliðrunin er þó meiri hvað ísúru innskotin varðar. En sem fyrr segir verður ekki farið út í ítarlegan samanburð eða tengingu jarðlaga milli hola hér.

Þess skal að lokum getið að flestar vatnsæðar neðan 1200 m dýpis eru tengdar innskotum. Líkt og í öðrum holum á svæðinu er áberandi hve vatnsæðar fylgja ísúru innskotunum, þ.á.m. er aðalvinnsluæð NJ-18 á 1703 m dýpi milli tveggja ísúrra innskota.

4.3 Jarðlagamælingar

Í töflu 3 eru skráðar allar borholumælingar sem gerðar voru í holu NJ-18 fram til 10. júní 1987. Í viðauka 1 eru frumgögn jarðlagamælinga sýnd ásamt jarðlagasniði og borhraða. Auk ofangreinds jarðlagasniðs er á mynd 4 sýndur borhraði, vídd holunnar, víddarleiðrétt gammamæling, útreiknað vatnsinnihald út frá víddarleiðréttri nifteindamælingu og víddar- og hitaleiðrétt viðnám að áætluðum berghita. Loks er einfaldað jarðlagasnið og hlaupandi meðaltal ofangreindra

mælinga sýnt á mynd 5. Hér á eftir verður fjallað um hverja einstaka mæliaðferð, úrvinnslu mælinga og helstu niðurstöður.

Gammamælingar mæla náttúrulega gammageislun úr berginu og er þeim ætlað að meta kísilsýrustyrk bergsins (Valgarður Stefánsson o.fl. 1982). Kísilsýrustyrkurinn hækkar með vaxandi styrk gammageislunar, sem mældur er í svokölluðum API einingum (API: American Petroleum Institute). Með samanburði á víddarleiðréttum styrk gammageislunar (Io) og kísilsýrustyrks (SiO_2) bergsýna úr holu á Reyðarfirði, hefur fengist eftirfarandi samband milli Io og SiO_2 í prósentum:

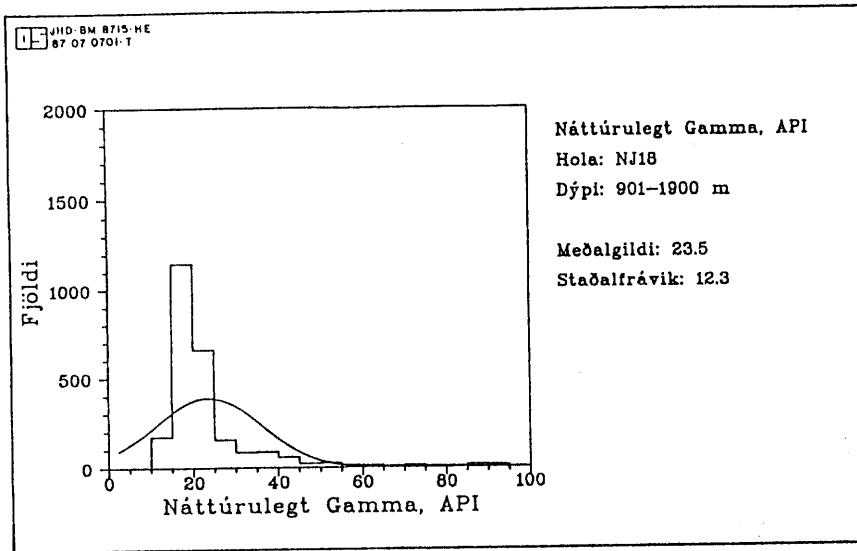
$$\text{SiO}_2 = 0,27 \cdot \text{Io} + 40\%,$$

(Valgarður Stefánsson o.fl. 1982). Ekki er þó ljóst hversu vel þetta samband gildir fyrir bergtegundir á Nesjavöllum og er því látið nægja að teikna gammamælinguna í API einingum í þessari skýrslu.

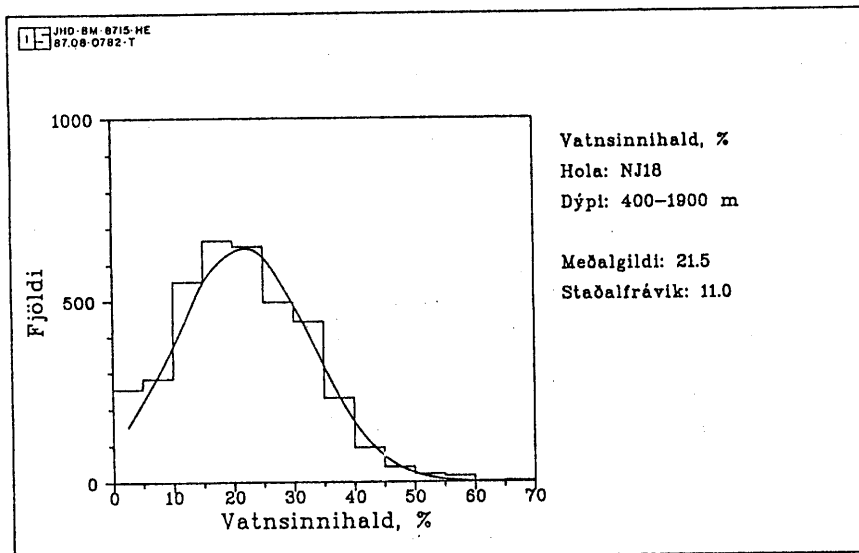
Ekki fengust viðunandi mælingar á gammageisluninni fyrir ofan 900 m og er því aðeins teiknaðir leiðréttir mæliferlar fyrir neðan 900 m. Mynd 6a sýnir tíðnidreifingu gammageislunar ásamt útreiknaðri bestu normaldreifingu. Þar kemur fram að meðaltalið er nálægt 23 API einingum, sem samkvæmt ofanskráðri jöfnu samsvarar 46% kísilsýru. Eins og fram kemur á mynd 4 eru áberandi toppar í gammageisluninni á dýptarbilunum 1440-1450 m, 1510-1530 m og 1680-1720 m. Samkvæmt jarðlagasniðinu samsvara þessir toppar ísúru bergi og er styrkur gammageislunnar á þessum dýptarbilum u.þ.b. 90 API einingar, sem samkvæmt ofanskráðri jöfnu samsvarar 64% kísilsýru.

Út frá nifteindamælingum er reiknað vatnsinnihald bergsins, en með því er átt við vatn, sem bundið er í ummyndun og það vatn, sem er í porum í berginu. Vatnsinnihaldið er gefið í prósentum á mynd 4. Samanburður á útreiknuðu vatnsinnihaldi úr holu NJ-17 og mældum poruhluta nokkurra kjarnasýna úr holunni hafa sýnt að nifteindamælingarnar gefa ótrúlega gott mat á raunverulegum poruhluta bergsins. Þessar mælingar sýna að reiknað vatnsinnihald bergsins er yfirleitt einungis 5% herra en raunverulegur poruhluti.

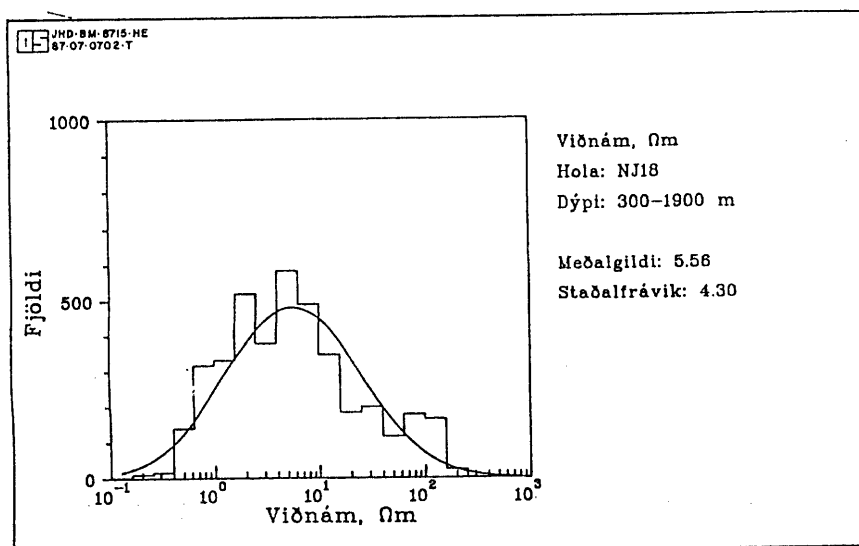
Mynd 6b sýnir tíðnidreifingu vatnsinnihalds bergsins á dýptarbilinu 400 til 1900 m, ásamt útreiknaðri bestu normaldreifingu. Þar kemur fram að meðaltal vatnsinnihalds bergsins er 22%.



MYND 6a Tíðnidreifing gammageislunar



MYND 6b Tíðnidreifing vatnsinnihalds



MYND 6c Tíðnidreifing viðnáms

Viðnámsmælingum er ætlað að finna rafviðnám bergsins umhverfis holuna. Þar sem rafviðnámið er mjög háð hitastigi og vatnsmagni (mengað vatn) gefur það oft, ásamt öðrum mælingum, upplýsingar um heitar vatnsæðar. Þannig má ætla að lágt viðnám ásamt háu hitastigi og háu vatnsinnihaldi (samkvæmt nifteindamælingu) sýni staðsetningu heitra vatnsæða. Þetta er þó ekki einhlítt því viðnámið er einnig háð öðrum þáttum svo sem bergtegund, ummyndum o.fl. Einnig er viðnámsmælingunum ætlað að auðvelda tengingu borholumælinga við viðnámsmælingar frá yfirborði.

Í viðnámsmælingunum í borholum er mælt svokallað sýndarviðnám, sem er það viðnám, sem mælist, ef um einsleitna jörð væri að ræða. Mælt er með tveim mæliuppsetningum, annars vegar eru hafðar 16" milli straum- og spennupóls og hins vegar með 64" á milli þeirra. Niðurstöður þessara mælinga í NJ-18 eru sýndar á myndum í viðauka V-1. Viðnámið fyrir 64" bilið skynjar lengra út í bergið heldur en 16" viðnámið, en það síðarnefnda gefur betri upplausn. Þar sem viðnámsgildin ná yfir nokkrar stærðargráður, og eins vegna þess að þau eru yfirleitt nálægt því að vera logaritmískt nórmdreifð, er viðnámið teiknað í logaritmískum skala.

Bæði vídd holunnar og viðnám holuvökvans hefur áhrif á mælingarnar. Ef viðnám holuvökvans er þekkt með dýpi er hægt að leiðrétta fyrir þessum áhrifum með aðstoð þar til gerðra kvörðunarferla. Viðnám holuvökvans er ekki hægt að mæla með núverandi tækjakosti Orkustofnunar. Ef hins vegar, er gert ráð fyrir því, að viðnámsbreytingarnar séu litlar með dýpi, þá er hægt að nota bæði 16" og 64" viðnámin ásamt vídd holunnar til að reikna út viðnám holuvökvans og víddarleiðrétt bergviðnám. Auk ofangreindra þátta hefur hitastig áhrif á mælt viðnám. Þar sem ádæling kælir holuna þarf að leiðrétta ofangreint bergviðnám að raunverulegum berghita. Þetta er gert í tvennu lagi, í fyrsta lagi er leiðrétt að föstu hitastigi (30°C) með hliðsjón af hitamælingum, sem gerðar eru um leið og viðnámsmælingarnar, og hins vegar er viðnámið umreiknað að áætluðum berghita holunnar. Viðnámið reiknað að áætluðum berghita er teiknað á mynd 4 og dreifing viðnámsgildanna er sýnd á mynd 6c. Meðaltal viðnámsgildanna reiknast 5,8 Ohmm.

Í 300 m dýpi er viðnámið í kringum 100 Ohmm en fer minnkandi niður á u.þ.b. 1080 m þar sem það er u.þ.b. 1 Ohmm, þar fyrir neðan fer það hækkandi og er komið í u.þ.b. 10 Ohmm í botni holunnar. Þessi hegðun kemur einna best fram á mynd 5, sem sýnir vegið hlaupandi meðaltal mælinganna. Á þeirri mynd eru sýndir tveir viðnámsferlar, heildregni ferlillinn sýnir viðnám umreiknað að áætluðum berghita (Rb), en brotni ferlillinn sýnir viðnámið umreiknað að föstu (30°C) hitastigi (R30), og er það teiknað til að sýna áhrif hita á viðnámið, og eins til að auðvelda samanburð við viðnámsmælingar úr öðrum holum á Nesjavöllum.

TAFLA 3 Mælingar í holu NJ-18

Dags.	Tími (kl)	Dýpi (m)	Hvað mælt	Athugasemdir
1986.09.07	16:45-17:45	0-220	Hiti-dT-CCL	Algjört skoltap
1986.09.07	18:00	0-220	Vídd	Skápar
1986.09.10	05:45-05:47	0-274	Hiti-dT-CCL	Mælt í borstreng
1986.09.10	09:40	0-284	Hiti-dT-CCL	Eftir Upphitun
1986.09.10	13:00	0-289	Vídd	Skápar
1986.09.23	00:49-01:55	0-929	Hiti-dT-CCL	Mælt í borstreng
1986.09.23	06:20-07:30	0-950	Hiti-dT-CCL	Mælt eftir upptekt
1986.09.23		0-940	Vídd	Skápar
1986.09.23	-11:45	0-940	N-N + Gamma	Jarðlög
1986.09.23	-13:50	0-945	Viðnám	Jarðlög
1986.09.26	13:50-14:50	0-912	Hiti-dT-CCL	Mælt eftir upptekt
1986.09.26	15:00-17:00	0-910	CBL	Steypugæði
1986.09.28	18:00-19:30	0-912	Hiti-dT-CCL	Upphitun
1986.10.11	20:26-21:14	0-2108	Hiti-dT-CCL	Mælt í borstreng
1986.10.11		2090	Sprengt	Bor fastur
1986.10.12	10:30-12:56	0-2050	Hiti-dT-CCL	Mælt í borstreng
1986.10.12	13:00-13:30	0-2050	Hiti-dT-CCL	Mælt í borstreng
1986.10.13	12:30-14:45	0-2008	Hiti-dT-CCL	Eftir upphitun
1986.10.13	19:10	0-2008	Vídd	Skápar
1986.10.13	19:30-20:30	0-2008	Viðnám	Jarðlög
1986.10.13	21:00-21:35	0-2008	Hiti-dT-CCL	Upphitun
1986.10.13	23:00-02:00	0-2008	N-N + Gamma	Jarðlög
1986.10.14		1240	Hallamæling	
1986.10.14		1285	"-	
1986.10.14		1385	"-	
1986.10.14		1430	"-	
1986.10.14		1541	"-	
1986.10.14		1732	"-	
1986.10.15	06:30-	0-2011	Þrýstingur-	Þrepaðæling
1986.10.15	-18:40	0-2011	Hiti-dT-CCL	"-
1986.10.19		0-1940	Hiti-dT-CCL	Upphitun
1986.10.31	10:00-10:30	0-836	Hiti-dT-CCL	Upphitun
1986.10.31	11:00-12:00	0-1983	Am. hiti	Vatnsborð í 170 m
1986.10.31	13:30-14:30	0-1983	Am. þrýstingur	"-
1986.12.04	16:30-17:00	0-825	Hiti-dT-CCL	Vatnsborð í 144 m
1986.12.04	17:40-18:50	0-1983	Am. hiti	"-
1986.12.04	21:12-22:03	0-1983	Am. þrýstingur	"-
1987.02.16		0-820	Hiti-dT-CCL	Vatnsborð í 137 m
1987.02.16		0-1983	Am. hiti	"-
1987.06.10		0-800	Hiti-dT-CCL	Vatnsborð í 134 m
1987.06.10		0-1981	Am. hiti	"-
1987.06.10		0-1981	Am. þrýstingur	"-

5 UMMYNDUN

5.1 Greiningaraðferðir

Ummyndunarsteindir voru greindar á eftirfarandi hátt:

1. Svarf var skoðað í svarfsmásjá jafnóðum og borað var. Margar ummyndunarsteindir eru auðþekktar við slíka athugun og gefur hún því hugmynd um ummyndun bergsins í stórum dráttum.
2. Sýni voru valin til þunnsneiðagerðar með hliðsjón af svarfgreiningu, og skoðuð í bergfræðismásjá. Þannig má auk berggerðar greina allar ummyndunarsteindir nema leirsteindir.
3. Leirsteindir voru greindar með röntgentæki. Þessar greiningar eru jafnan undirstaða beltaskiptingar jarðhitans.
4. Ofangreindar aðferðir eru hefðbundnar og hafa gefið góða raun á Nesjavöllum og víðar. Í holu NJ-18 var að auki beitt nýrri aðferð til að finna ummyndunarhita. Það er bein mæling á myndunarhita vökvabóla sem lokast hafa inni í ummyndunarsteindum. Þetta var gert með nýju vökvabólutæki sem er í eigu jarðhitaskóla Sp og í umsjá borholujarðfræðideildar. Í þetta sinn var mælt í kalsít-kristöllum sem voru tíndir úr svarfi jafnóðum og borað var. Aðferðin er fljótleg og mjög gagnleg til að gefa fyrstu hugmynd um ummyndunarhita (Guðmundur Ó. Friðleifsson, munnlegar upplýsingar).

Niðurstöður greininganna voru síðan notaðar til að meta ríkjandi hitastig þegar steindirnar urðu til, og athugað hvort það er í samræmi við mælt hitastig í borholunni. Um það er fjallað í kafla 6.4 um berg-hita. Til einföldunar er jarðlagastaflanum skipt í belti eftir ummyndunarstigi, en síðan er gerð nákvæmari grein fyrir ummynduninni í kafla 5.2 hér á eftir. Komi í ljós að ummyndunarhiti er ekki í samræmi við mælt hitastig, er reynt að sjá tímaröð útfellingasteinda og meta á þann hátt hvort holan er að hitna eða kólna.

5.2 Dreifing ummyndunarsteinda

Mynd 7 sýnir dreifingu ummyndunarsteinda, og eru þær táknáðar á myndinni eftir greiningaraðferð. Á sömu mynd er sýnt einfaldað jarðlagasnið, innskotatíðni sem hlutfall af hverjum 50 metrum, og skipting jarðlagastaflans í ummyndunarbelti. Þá eru vatnsæðar einnig sýndar vegna samhengis við ummyndunina. Þarna eru tekin saman þau atriði sem lýsa best ummyndun og jarðfræðilegum einkennum holunnar. Berggerð,

vatnsleiðni og hitastig eru samverkandi þættir sem ráða ummyndun í jarðhitakerfi. Gropið eða sprungið berg ummyndast mun hraðar en þétt berg, þar sem vatnsleiðni um það er meiri og hitinn á um leið greiðari aðgang að berginu. Margar ummyndunarsteindir eru svo nærmar á hitabreytingar að röð þeirra í útfellingu á sama dýpi gefur til kynna hvort svæðið er að hitna eða kólna.

Smektít-zeólítabelti (<200°C). Belti lægstu ummyndunar er hér teiknað frá yfirborði niður á 1060 m dýpi. Ríkjandi hitastig innan þess er undir 200°C, en ummyndun er þó nokkuð breytileg innan beltisins. Ummyndun er alls engin í efstu 150 m, og mjög lítil niður á 540 m dýpi. Þar fyrir ofan eru einu ummyndunarsteindir sem sjást kalsít, kalsedón, ópall, aragónít og vottur af smektíti. Því má telja bergið ferskt niður á 540 m dýpi, og hiti því vart kominn upp fyrir 50°C. Fyrstu zeólítarnir eru kabasít, tomsónít, skólesít og fillipsít, mjög lítið af þeim í fyrstu. Það er raunar ekki fyrr en á um 700 m dýpi sem þeir verða algengir. Þá bætast mesolít, analsím, stilbít og heulandít í hópinn. Bergið hitnar enn mjög hægt og það er ekki fyrr en á rúmum 900 m sem laumontít sést fyrst, en það gefur til kynna 120°C. Á þessum slóðum virðist upphitun verða mjög snögg, því kvars, sem bendir til 180°C lágmarkshita sést fyrst í sýni af 914 m dýpi. Þar er greinilega mikið ójafnvægi og er kvarsíð að éta upp zeólítana. Á bilinu 970-1060 m hverfa allir zeólítar nema laumontít, og því virðast 200°C mörkin vera á þeim slóðum.

Blandlagabelti (200-230°C). Þetta belti er gjarnan ákvarðað þar sem blandlagaleir og wairakít sjást saman og þar til klórít nær yfirhöndinni sem leirsteind. Hér er það á dýptarbilinu 1060-1180 m. Þó er þetta mynstur ummyndunar mjög sérkennilegt þar sem hvorug einkennissteindin er nokkurn tíma ríkjandi steind. Sérstaklega er merkilegt hvað smektít er enn algengasta leirsteindin, jafnvel þó klórít sé líka farið að sjást. Kvars, kalsít, pyrít og laumontít eru algengar steindir. Þetta samfélag bendir til að hér hitni bergið mjög hægt upp með dýpi.

Klórít-epidótbelti (230-280°C). Á rúmum 1180 m sést epidótslikja og nokkuð samfelldt upp frá því. Epidótið verður þó aldrei mjög ráðandi steind, og er það raunar dæmigert fyrir ummyndun í þessari holu, bergið er hvergi morandi í einhverri ákveðinni ummyndunarsteind þó hún sjáist af og til á einhverju dýptarbili. Á þessu dýpi fer einnig að bera á öðrum steindum sem tilheyra þessu hitastigi, preníti, wollastóníti og jafnvel vottar fyrir granati og sphene. Wairakít er algengt og klórít er ríkjandi leirsteind. Enn vekur athygli að smektít greindist með XRD-tæki í öllum sýnum á þessu belti, sem nær niður á 1640 m dýpi. Einnig að laumontít heldur sér enn, að vísu í ójafnvægi þar sem kvars virðist vera að eyða því. Nokkuð mikið er um albítiseringu í sprungnum feldspat. Pyrít er algengt frá tæpum 1000 m og niður úr.

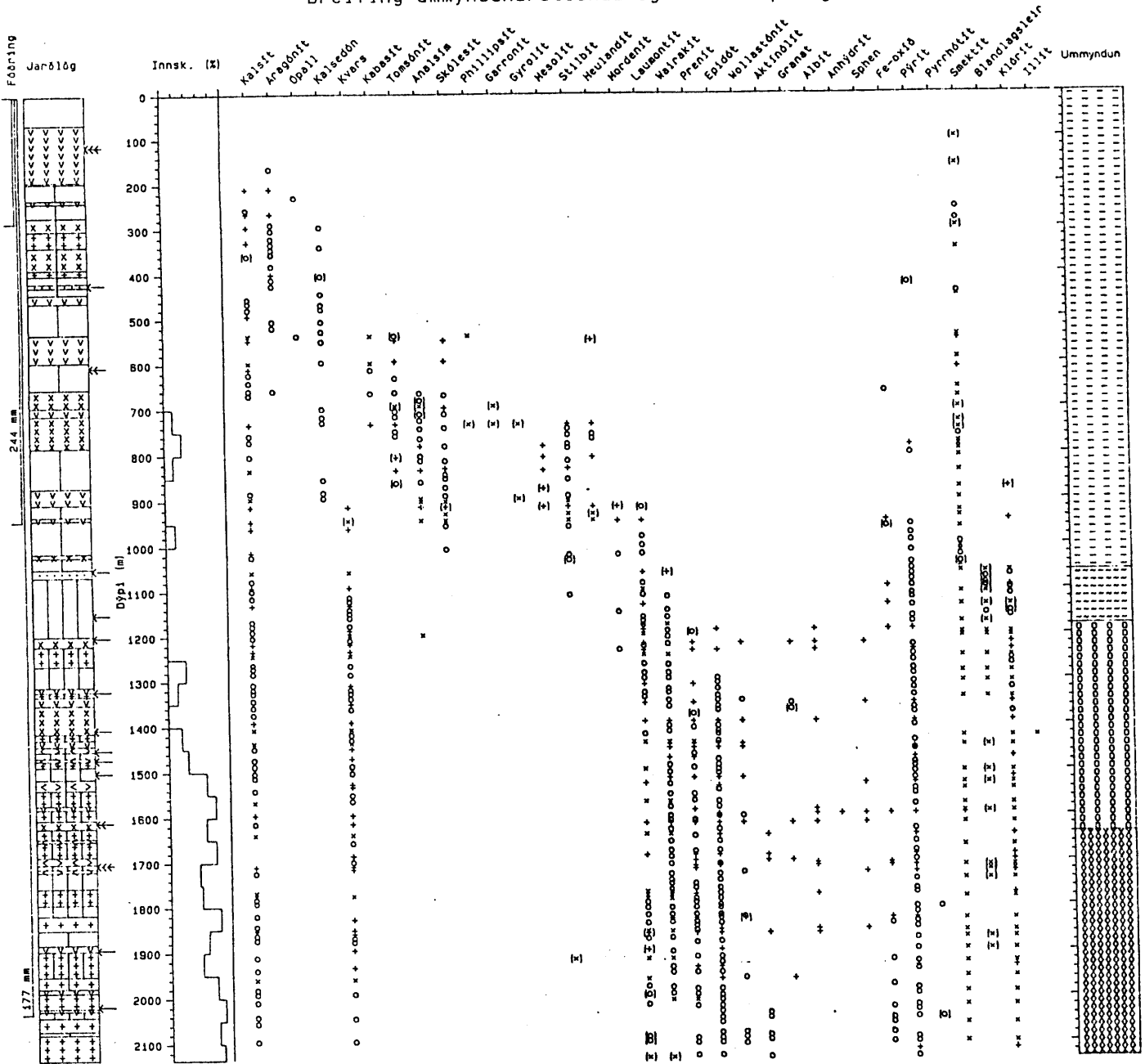
Epidót-aktínólít belti (>280°C). Þetta belti er hér teiknað frá 1640 m niður í botn holunnar á 2136 m. Aktínólít finnst fyrst á 1642 m og svo á rúmlega 1700 m á báðum stöðum í ísúru innskotsbergi. Neðar finnst það á 1860 m, og að lokum var það greint í svarfi neðst í holunni. Vegna þessarrar dreifingar er beltið nefnt eftir aktínólíti þó það verði aldrei algengt. Hér eru klórít, wairakít, prenit, pyrít og epidót algengustu steindirnar, en einnig sjást steindir af herra ummyndunarstigi svo sem granat, sphene og albít. Enn má sjá laumontít þó greining þess sé víðast óviss, og smektít greindist í XRD niður á botn holunnar.

Á mynd 11 í kafla 6.4 er sýndur áætlaður berghiti út frá hitamælingum og ummyndunarhita sem byggir á ofangreindum athugunum. Samkvæmt þeim er holan köld niður á 900 m miðað við aðrar holur á svæðinu. Ummyndunarsteindir benda til að hiti fari ekki yfir 100°C fyrr en á 800-900 m dýpi. Á rúnum 900 m fer kvars að myndast og zeólítar hverfa á 1060 m dýpi. Ummyndunarhiti á þessu dýptarbili er því 180-200°C. Blandlagabeltið ríkir aðeins á rúmlega 100 m bili, og þá verður aftur snögg breyting þar sem epidót byrjar að sjást um leið og klórít verður einkennandi. Annars er eitt helsta einkenni ummyndunarinnar í þessarri holu að einkennissteindir hvers ummyndunarstigs sjást yfirleitt ekki í mjög miklu magni. Annað einkenni er að sumar steindir sem tilheyra lægri ummyndunarstigum, svo sem smektít og laumontít, finnast niður á botn holunnar ásamt háhitasteindum. Allt þetta sýnir að hitastig holunnar er í ójafnvægi við steindasamfélagið, a.m.k. neðan 1000 m. Ef myndirnar af dreifingu ummyndunarsteinda og berghita eru skoðaðar saman má gera tillögu um eftirfarandi túlkun. Staflinn hefur hitnað neðan 1000 m dýpis úr zeólítaumhverfi í hita sem getur myndað háhitasteindirnar sem finnast þar. Laumontít og smektít hafa þá "orðið eftir" í þessarri annars stigs ummyndun, annað hvort vegna þess að þessi mikli hiti ríkti ekki nógu lengi á svæðinu til að umbreyta þeim, eða þá að léleg vatnsleiðni staflans hefur komið í veg fyrir ummyndun þessarra steinda. Líklegast er að hvort tveggja komi til. Mældur hiti í holunni er greinilega mun lægri en ummyndunarhiti þannig að holan hefur kólnað aftur (mynd 11). Það styður hugmyndina um ónógan tíma. Fáar stórar vatnsæðar og lítið af morandi ummyndun bendir til að vatnsleiðni þessa stafla sé eitthvað minni en við aðrar holur á Nesjavöllum.

JHD-BJ-8715 GSV
87.06.0613 T

















NESJAVELLIR HOLA NJ-18

Dreifing ummyndunarsteinda og beltaskipting



MYND 7 Dreifing ummyndunarsteinda

Skýringar við jarðлага- og ummyndunarsnið

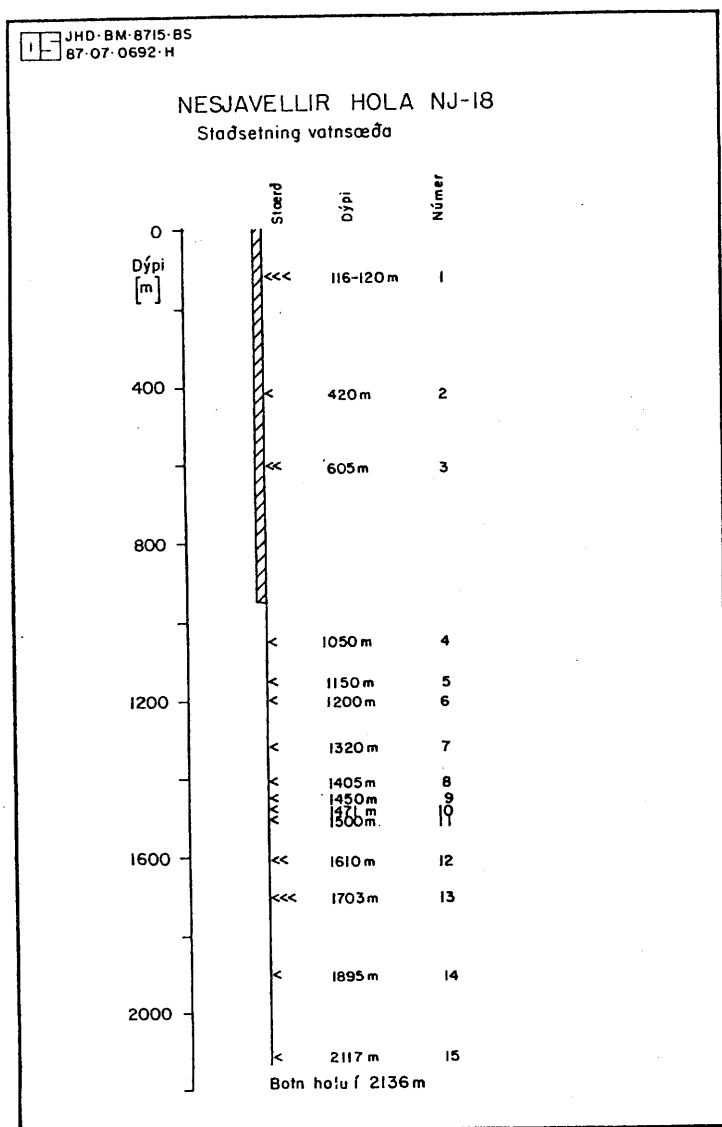
	Fersklegt fin-meðalkorna basalt		Klórít-epidótbelti
	Ummyndað fin-meðalkorna basalt		Blandlegabelti
	Fersklegt meðal-grófkorna basalt		Epidót-aktínólitbelti
	Ummyndað meðal-grófkorna basalt		Zeólíta-smektitbelti
	Dólerít innskot		
	Fersklegt glerjað basalt		
	Basaltrík breksía		
	Tóff		
	Isúrt fínkornótt berg		
	Isúrt grófkornótt berg		
	Fínkornótt set		
	Svarf ventar		

X - Röntngreining
 + - Þunnneiðagreining
 o - Svarfgræining
 () - Öviss greining

6 EDLISÁSTAND JARÐHITAKERFIS

6.1 Staðsetning vatnsæða

Í holu NJ-18 fundust alls fimmtán vatnsæðar og eru tólf þeirra í vinnsluhluta holunnar. Algjört skoltap mældist í borun fyrir öryggisfóðringu, en annars var skoltap í borun lengst af óverulegt. Eftir borun opnuðust æðarnar og tók holan mest við um 54 l/s af vatni. Helsta vatnsæð í vinnsluhlutanum er á rúmlega 1700 m dýpi, en einnig er umtalsverð vatnsæð á 1610 m dýpi. Aðrar æðar í vinnsluhluta holunnar virðast vera smáar. Á mynd 8 er sýnd staðsetning vatnsæða og afstæð stærð þeirra samkvæmt borholugögnum, en hér á eftir fer lýsing á helstu einkennum hverrar æðar.



MYND 8 Staðsetning vatnsæða

1. 116-120 m. Þetta er eina æðin sem fannst í borun fyrir öryggisfóðringu. Algjört skoltap (>40 l/s) varð á 220 m dýpi, en samkvæmt mælingum er æðin ofar eða á 116-120 m dýpi (NJ-18 l. áfangi). Æðin er í þykkri, fremur einsleitri túffmyndun. Mest af túffinu er frauðkennt, ferskt mógler, en á 116 m dýpi hefur það nokkur seteinkenni samkvæmt svarflýsingu. Neðan þess tekur við kafli þar sem túffið er þéttara. Þarna gætu því verið óljós lagskil í móbergsmýnduninni. Hitastig er aðeins um 3°C.
2. 420 m. Smáæð. Aukning í skoltapi er tæpir tveir lítrar, fer úr 2,55 l/s í 4,46 l/s. Í hitamælingu sést veikur kælipunktur. Æðin er í 10 m þykku lagi af settúffi, sem er aftur milli þykkra hraunlaga. Ummyndun er lítil sem engin í túffinu, aðeins vottar fyrir aragóníti og smektítmyndun, og neðst í laginu sjást örsmáir pyrítkristallar. Hitastig er um 25°C.
3. 605 m. Þessi æð kemur fram í hitamælingum á 590-610 m dýpi, en skoltaps gætir ekki fyrr en á 638 m. Þar eykst það um 1 l/s, í 5,74 l/s og verður mest á 673 m dýpi, 7,97 l/s. Réttast þykir að staðsetja æðina við jarðlagamót tveggja hrauna á 605 m dýpi. Þar kemur fram aukinn borhraði og hátt vatnsinnihald (poruhluti) bergsins. Hraunlögin eru fínkornótt, plagíóklasdílótt póleiít-basalt. Það er þétt og lítið ummyndað, aðeins dálítið smektít og kalsít, en oxun sést aðallega á bilinu milli 608 og 626 m. Hitastig við æð er um 52°C.
4. 1050 m. Æðin kemur fram í hitamælingum eftir að hætt var að dæla vatni í holuna eftir borun. Skoltap mældist ekki á þessu dýpi. Æðin er ofarlega í 20 m þykkri túffmyndun sem er að mestu settúff. Ummyndun er hér orðin meiri en að ofan. Zeólítar eru nær horfnir, og auk smektíts og kalsíts er klórít að byrja að sjást, svo og wairakít. Laumontít er enn á ferðinni og pyrít er ein-kennandi í túffinu. Kvars er orðið algengt. Berghiti við æðina er áætlaður um 175°C.
5. 1150 m. Þessi smáæð kemur ekki fram í skoltapi, en sést í hitamælingum. Æðin er á mörkum tveggja hraunlaga og er oxun all-áberandi. Ummyndun einkennist af kvasi,klóríti, kalsíti og pyríti, en einnig sést blandleir, laumontít og mordenít. Berg-hiti er áætlaður um 190°C.
6. 1200 m. Ekkert skoltap var á þessu dýpi, en vísbending um smáæð sést á hitamælingum. Æðin er í blöðróttri basaltbreksíu. Oxun er áberandi og ummyndun er orðin allmikil, klórít, kvars, wairakít, pyrít, laumontít og kalsít er algengt, auk þess sem epidót-slikja er farin að sjást. Berghiti er áætlaður um 200°C.

7. 1320 m. Hér er eingöngu vísbending úr hitamælingum eins og æðin að ofan. Hún er í þunnu móbergslagi milli basaltlaga, annað þeirra er sennilega innskot. Háhitasteindir eru þær sömu og að ofan, en ummyndunin virðist þó ekki ná sér vel á strik, þ.e. magn steindanna er í lágmarki. Berghiti er áætlaður um 200°C.
8. 1405 m. Æðin er í breksíu neðan við þunnt, ferskt basalt-innskot. Hún sést í hitamælingum.
9. 1450 m. Þessi æð er í þunnu breksíulagi milli tveggja ísúrra innskota. Þarna er ummyndun orðin allmikil. Wairakít og prenítt, eru einkennandi, en einnig er mikið kalsít og nokkuð pyrít. Berghiti er áætlaður 220°C.
10. 1471 m. Þarna er önnur æð í tengslum við ísúrt innskot, þessi er við botn þess. Ummyndun er svipuð og við innskotin sem getið er að ofan og í báðum tilfellum er oxun til staðar.
11. 1500 m. Þessi æð kemur fram á hitamælingum og vottar jafnvel fyrir henni í skoltapsaukningu. Hún er þó lítil. Æðin er í karga milli tveggja hraunlaga. Ummyndun einkennist af kvarsí, wairakíti, klóríti, epidóti og wollastóníti. Ummyndunarhiti er því örugglega kominn yfir 250 stig. Núverandi berghiti er hins vegar áætlaður nokkru lægri eða um 225°C.
12. 1610 m. Þetta er líklega önnur af tveimur stærstu æðum í vinnsluhluta holunnar. Skoltap eykst um 2 l/s og æðin kemur vel fram í hitamælingum. Hún er í glerjuðu basalti ofan við þunnt, ferskt berglag, sem er líklega innskot. Þarna er dæmigerð háhitaummyndun, klórít, kvars, wairakít, epidót, prenítt og wollastónít. Þó finnst enn laumontít, og smektít greinist með XRD. Berghiti er talinn vera um 230°C.
13. 1703 m. Þetta er aðalæð vinnsluhluta holunnar samkvæmt þrýstímælingum í holunni. Æðin kemur fram í skoltapsaukningu á 1730 m, sem nemur um 4 l/s en nákvæm staðsetning hennar sést í hitamælingum. Æðin er í basaltbreksíu ofan við ísúrt innskot, og raunar er annað og meira ísúrt innskot ofan við breksíuna. Ummyndun er þarna á háu stigi eins og að ofan og að auki enn hærri í innkotunum þar sem vottur af aktínólíti finnst. Berghiti er talinn um 235°C.
14. 1895 m. Vísbending um æð sést á hitamælingum á þessu dýpi. Æðin er í móbergslagi milli tveggja dólerítinnskota. Háhitaummyndun er einkennandi, en ennþá sést laumontít sem virðist vera að breytast í kvars. Berghiti er áætlaður um 245°C.

15. 2117 m. Mjög erfiðlega gekk að bora neðstu metra holu NJ-18 vegna hruns. Borinn festist og þurfti að lokum að sprengja borstrenginn í sundur. Veikar vísbendingar eru um vatnsæð á hrungsvæðinu. Þar sem neðsti hluti holunnar stíflaðist, hefur hins vegar ekki verið hægt að skera þar úr um með hitamælingum. Þessi hugsanlega vatnsæð er á mörkum tveggja innskota; dólerítinnskots og fersks basaltsinnskots.

6.2 Vatnsleiðni NJ-18

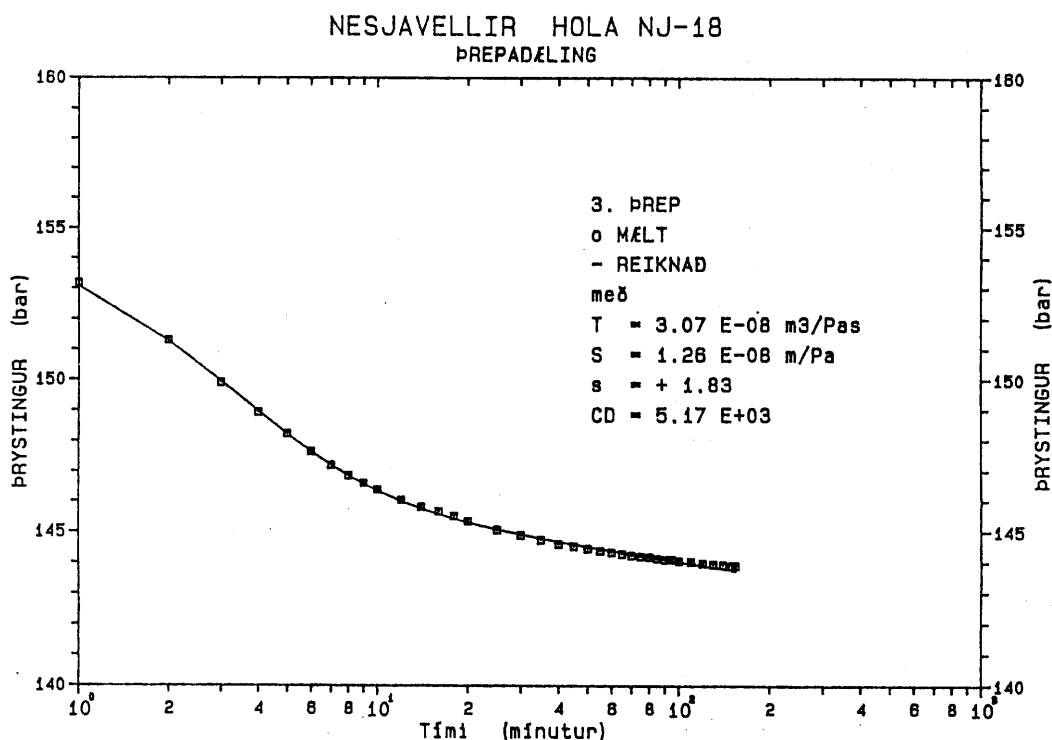
Hola NJ-18 var þrepaðeld þann 15. október 1986, en auk þess var vatni dælt á holuna og hún kæld niður þann 20. október, eftir nærri fimm sólarhringa upphitun. Síðari dælingin var gerð til að reyna að örva holuna, og er henni ásamt þrepaðelingunni lýst nánar í viðauka V-4 (sjá myndir 8 og 10 og töflu 6 í viðaukanum). Helstu niðurstöður þessara prófana koma einnig fram í viðaukanum og hafa þær ekki breytst með síðari túlkunum, enda hefur holan ekki blásið ennþá og því engar viðbótar upplýsingar fengist um vatnsleiðni holunnar.

Við borun vinnsluhluta holu NJ-18 er áætlað að um 13100 m³ af skolvatni hafi tapast út í jarðhitakerfið. Skoltöp voru mjög lítil meðan á borun vinnsluhluta holunnar stóð, en jukust skömmu fyrir lokaupptekt á borstreng. Hitamælingar gerðar við borlok og síðar, sýna að skoltap hefur verið mest á dýptarbilinu 1600-1700 m og er helsta vinnsluæð talinn vera á 1703 m dýpi. Ef mest allt skolvatn hefur tapast á þessu dýptarbili nægir það til að kæla svæði, sem nær rúma 8 m út frá holunni. Í þrepaðelingunni hefur þetta kalda svæði áhrif á mælinguna í 0,5-1,0 mínútu í upphafi hvers þreps.

Í þrepaðelingunni var sambyggður hita- og þrýstimælir hafður á 1710 m dýpi, eða rétt neðan við virkasta hluta holunnar. Litlar hitasveiflur urðu í holunni meðan á prófuninni stóð eins og sjá má af mynd 10 í viðauka 4. Því verður að álykta að hitabreytingar hafi ekki haft veruleg truflandi áhrif á mælinguna. Við úrvinnslu dæluprófunarinnar er hægt að fella hvert þrep fyrir sig að reiknuðum ferlum samkvæmt fræðilegu líkani fyrir óendanlegt kerfi. Einnig er hægt að fella 2. og 3. þrepið í sameiningu að þannig líkani og er samsvörunin milli reiknaðra ferla og mældra gilda í öllum tilfellum góð. Dæmi um þetta er sýnt á mynd 9, þar sem sést hvernig reiknaður ferill fellur að síðasta mæliprepinu (3. þrepið), ásamt þeim stuðlum, sem gefa ferilinn. Niðurstöður þessara reikninga gefa mat á vatnsleiðni holu NJ-18. Eins og minnst er á í viðauka 4, sker ádæluprepið (1. þrep) sig frá fallþrepunum (2. og 3. þrep), þannig að það gefur nokkru lægra mat á vatnsleiðnina en fallþrepin. Líkleg skýring er að undir lok ádæluprepsins hafi holan "opnast", og samband holunna við jarðhita-

kerfið hafi þannig batnað. Vatnsleiðni metin út frá fallþreppunum verður því að telja réttari. Því er vatnsleiðni fyrir holu NJ-18 talin vera $kh/\mu = (3,0-3,6) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa s}$ og tregðustuðullinn $s = 1,8-3,3$. Þetta er mjög hár tregðustuðull fyrir háhitaholu og verður að kalla frekar sýndar-tregðustuðul, þar sem kælda svæðið umhverfis holuna hefur veruleg áhrif til hækkunar á honum. Þegar holan hitnar, hverfa þessi áhrif, en eftir situr raunveruleg rennslis-tregða í berginu næst holunni. Jafnvel þó reynt sé að leiðrétta tregðustuðullinn vegna hitaáhrifa verður hann hærri í NJ-18 en algengt er fyrir háhitaholur eða á bilinu -2 til 0.

Kæling á holunni eftir um fimm daga upphitun virtist ekki auka vatnsgæfni hennar að neinu marki.



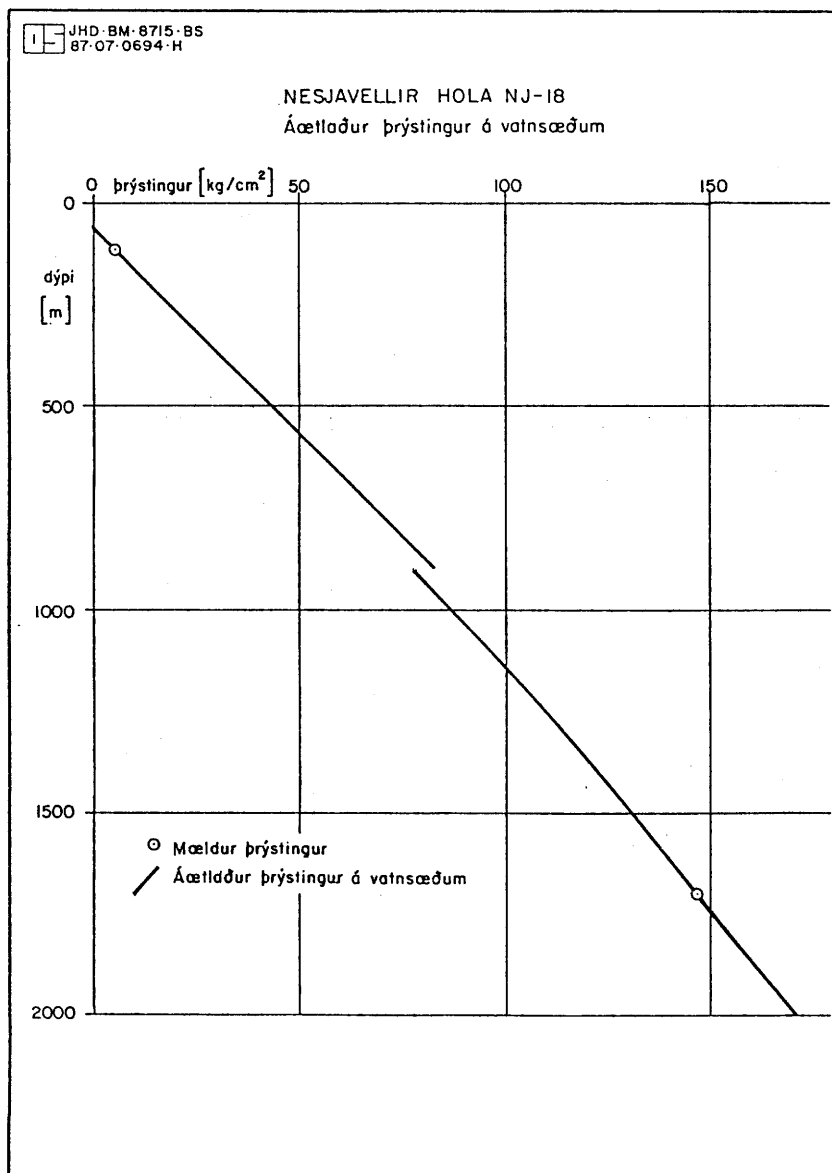
MYND 9 Þreppadæling. Mæli- og reikniferill

6.3 Þrýstingur á vatnsæðum.

Þrýstimælingar, í upphitun holunnar eftir borun, sýndu þrýstijafnvægi á 1700 m dýpi og mældist þrýstingur þar $146,7 \text{ kg/cm}^2$. Er það í góðu samræmi við vatnsborðsmælingu, sem gerð var við borlok, en þá féll vatnsborð og náði jafnvægi á 236 m dýpi. Samkvæmt ofangreindu þrýstijafnvægi hefur æðin á 1703 m dýpi stjórnað þrýstingi í holunni eftir borun. Hún er því öflugasta vatnsæðin í vinnsluhluta holunnar. Í borun, þegar holan var 232 m á dýpt, var mælt vatnsborð í 66 m dýpi

frá drifborði Jötuns. Sú vatnsæð, sem stjórnaði þessu vatnsborði var á 116-120 m dýpi. Þar sem holan er í tæplega 200 metra hæð yfir sjó er þessi grunnvatnsæð með herra vatnsborð en sem svarar yfirborði Þingvallavatns (103 m y.s.). Ekki fengust upplýsingar í boruninni um þrýsting annara vatnsæða í holu NJ-18, að öðru leyti en því, að "skoltap" varð við allar æðar.

Til að meta þrýsting á öðrum vatnsæðum holunnar hefur út frá þrýstingi æðanna á 116-120 m og 1703 m dýpi verið reiknaður þrýstiferill vatnsúlu, sem fylgir áætluðum berghita við holu NJ-18. Ferillinn er sýndur á mynd 10, en reiknigildin eru birt í töflu 4. Mynd 10 sýnir, að ekki er hægt að tengja æðarnar með vatnssúlu og hefur kalda grunnvatnskerfið í efri hluta holunnar nokkru hærri "þrýsting", en jarðhitakerfið neðan eins kílómetra dýpis.



MYND 10 Áætlaður þrýstingur á vatnsæðum

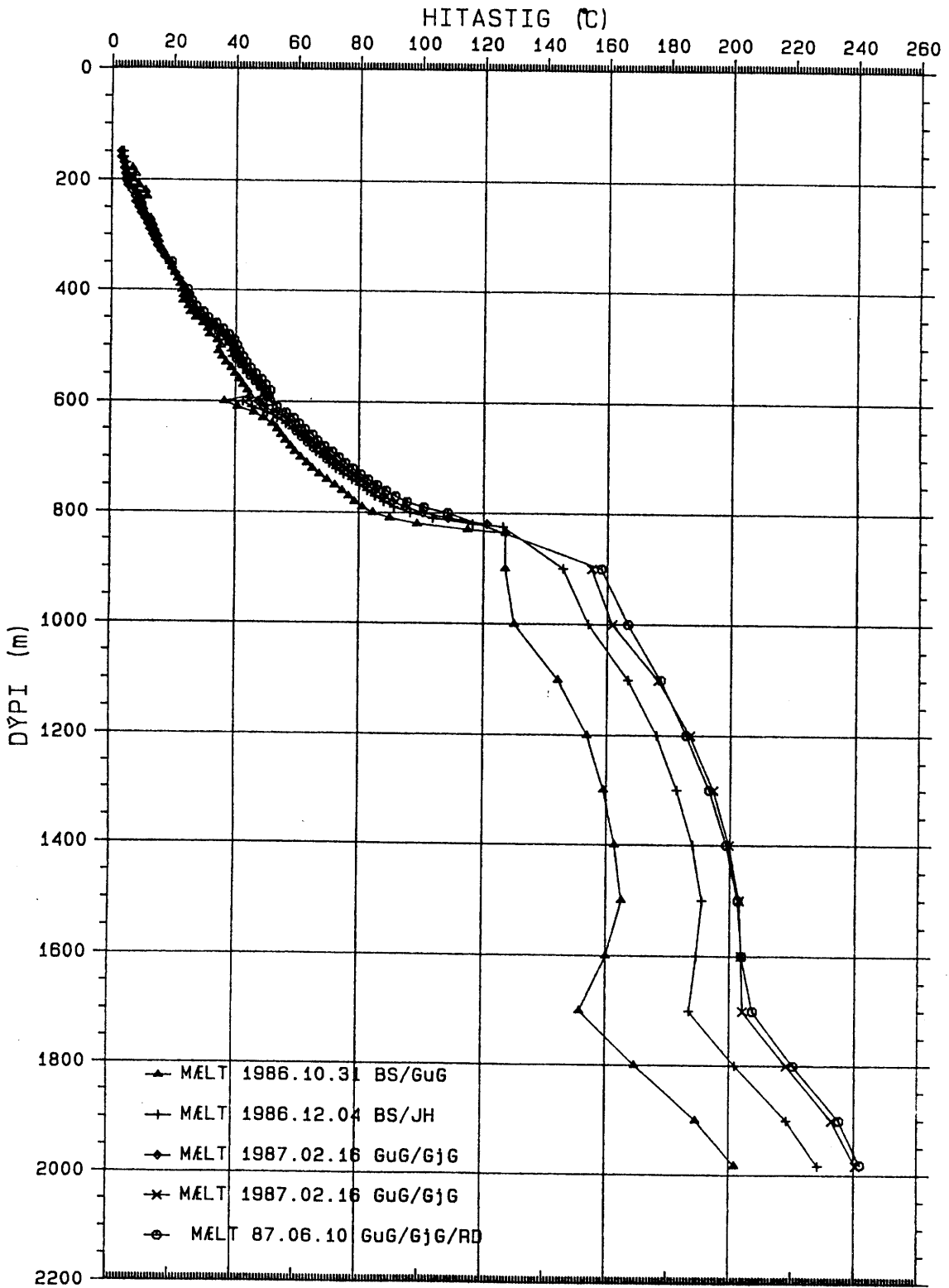
6.4 Berghiti

Hola NJ-18 hefur fengið góðan tíma til að hitna eftir borun. Á mynd 11 eru sýndar þær hitamælingar, sem gerðar hafa verið frá því borun holunnar lauk og fram í júní 1987. Breytingar milli tveggja síðustu mælinga eru hægar, og virðist hola að mestu komin í hitajafnvægi við umhverfi sitt. Verður því að telja líklegt að síðasta mæling endurspegli nokkurn veginn berghita við holu NJ-18. Úr því fæst þó skorið í hitamælingum eftir að hola hefur verið blástursprófuð haustið 1987. Berghiti sá sem áætlaður er út frá fyrirliggjandi hitamælingum er birtur í töflu 4 og sýndur á mynd 12. Á myndinni er einnig sýndur ummyndunarhiti samkvæmt steindum greindum í borsvarfi úr holunni.

TAFLA 4 Nesjavellir hola NJ-18. Áætlaður berghiti og þrýstingur á æðum

Dýpi (m)	Berghiti (°C)	Þrýstingur á vatnsæðum (kg/cm ²)
100	3,0	4,0
200	5,0	14,0
300	13,5	24,0
400	24,5	34,0
500	40,5	43,9
600	51,5	53,8
700	73,5	63,6
800	97,5	73,3
900	130	77,9
1000	170	87,1
1100	185	96,0
1200	200	104,7
1300	210	113,3
1400	218	121,8
1500	225	130,2
1600	231	138,5
1700	236	146,7
1800	241	154,9
1900	245	163,0
2000	250	171,0

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 HITAMÆLINGAR

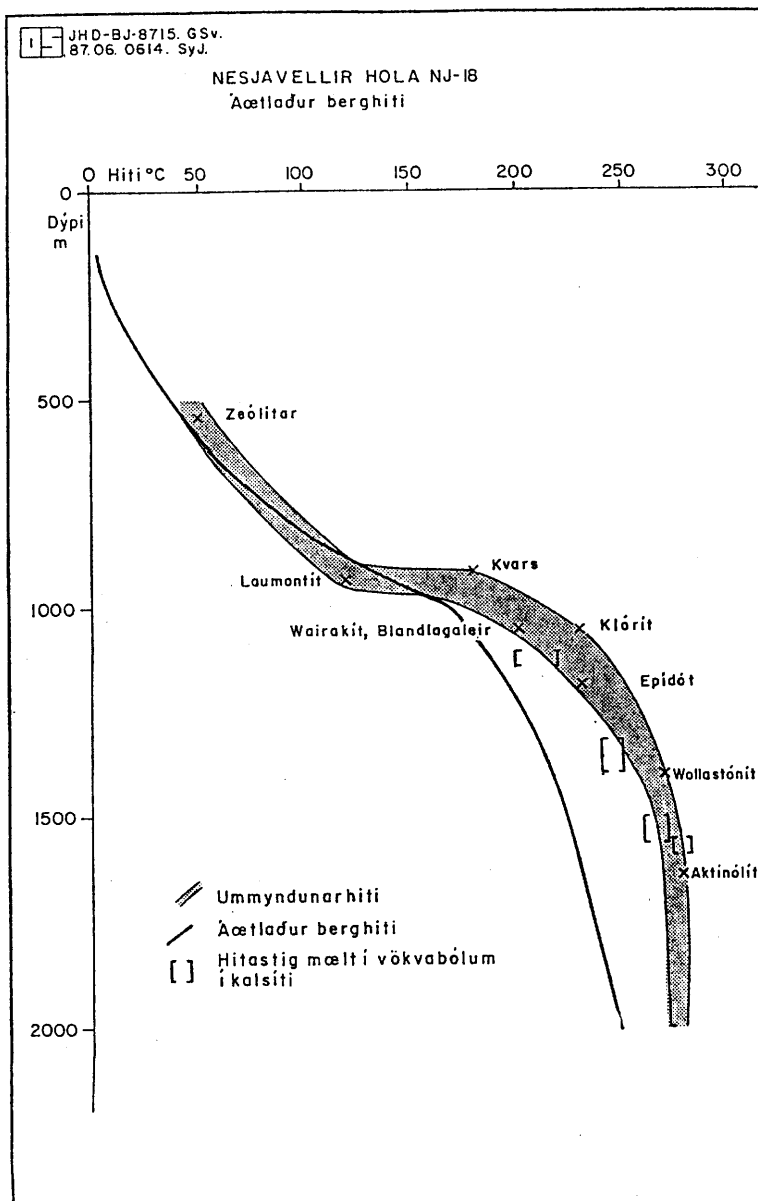


JHD-BM-8715 GuH
87.07.0695 T

MYND 11 Hitamælingar í upphitun eftir borun

Samkvæmt hitamælingum er berghiti á 200 m dýpi aðeins um 5°C en hækkar með dýpi í um 100°C á 800 m og í 170°C á 1000 m dýpi. Hefur ekki verið jafndjúpt á jarðhitakerfið í neinni annari holu á Nesjavöllum. Neðan 1000 m dýpis virðist berghiti hækka rólega með dýpi, og virðist aðeins vera um 250°C á 2000 m dýpi. Er það um 50-90°C lægra en annars staðar á borsvæðinu á Nesjavöllum.

Athyglivert er að bera saman ummyndunarhita og áætlaðan berghita. Gott samræmi er milli þessara tveggja í kalda grunnvatnskerfinu ofan 1000 m dýpis. Hins vegar bendir ummyndun til mun hærri hita á jarðhitakerfinu, en nú mælist. Samkvæmt þessu hefur jarðhitakerfið við NJ-18 verið mun heitara í fyrndinni, en er nú kólnandi. Gæti kælingin verið allt að 50°C.



MYND 12 Áætlaður berghiti

7 ÁÆTLAÐIR VINNSLUEIGINLEIKAR

Hola NJ-18 hefur enn ekki verið blástursprófuð. Afl hennar og vinnslueiginleikar eru því ekki þekktir. Rannsóknir á holunni og reynslan frá öðrum holum á Nesjavöllum gefa hins vegar ákveðnar vísendingar um við hverju megi búast, þegar holan verður dregin í gos og blástursprófuð. Væntanlega verður það gert haustið 1987. Eftirfarandi umfjöllun um vinnslueiginleika NJ-18 byggir því ekki á beinum mælingum á holunni í blæstri og verða því að endurskoðast þegar blástursgögn liggja fyrir.

Hola NJ-18 er fjarri öðrum borholum á Nesjavöllum. Hitastig í vinnsluhluta holunnar er langt undir suðumarki og því sýnt að vermi muni samsvara vatnshita á þessum stað í jarðhitakerfinu. Samkvæmt hitamælingum er berghiti mikið lægri við NJ-18 en aðrar holur á Nesjavöllum og vatnshiti lægri en 250°C. Líklegt vermi holunnar er því um 1000-1100 kJ/kg. Lokunarþrýstingur verður af sömu ástæðum lágur og fer tæplega yfir 20 bar.

Vatnsleiðni holunnar er metin nærri meðallagi samanborið við aðrar holur á Nesjavöllum, en tregðustuðull í herra lagi, sem þýðir væntanlega, að rennsli inn í holuna úr þeim vatnsleiðurum, sem holan sker verður tregara en almennt er um aðrar holur á Nesjavöllum. Sem fyrsta ágiskun á gæfni holunnar má gera ráð fyrir, að holan komi upp með 35-40 kg/s rennsli, en dali síðan fljótlega niður í um 25 kg/s. Ef vermið verður ekki herra en giskað er á hér að ofan er líklegt að holan skili ekki yfir 30 MW afli, þ.e. hún verði ekki nema hálfdrætt- ingur á við miðlungsholu á Nesjavöllum.

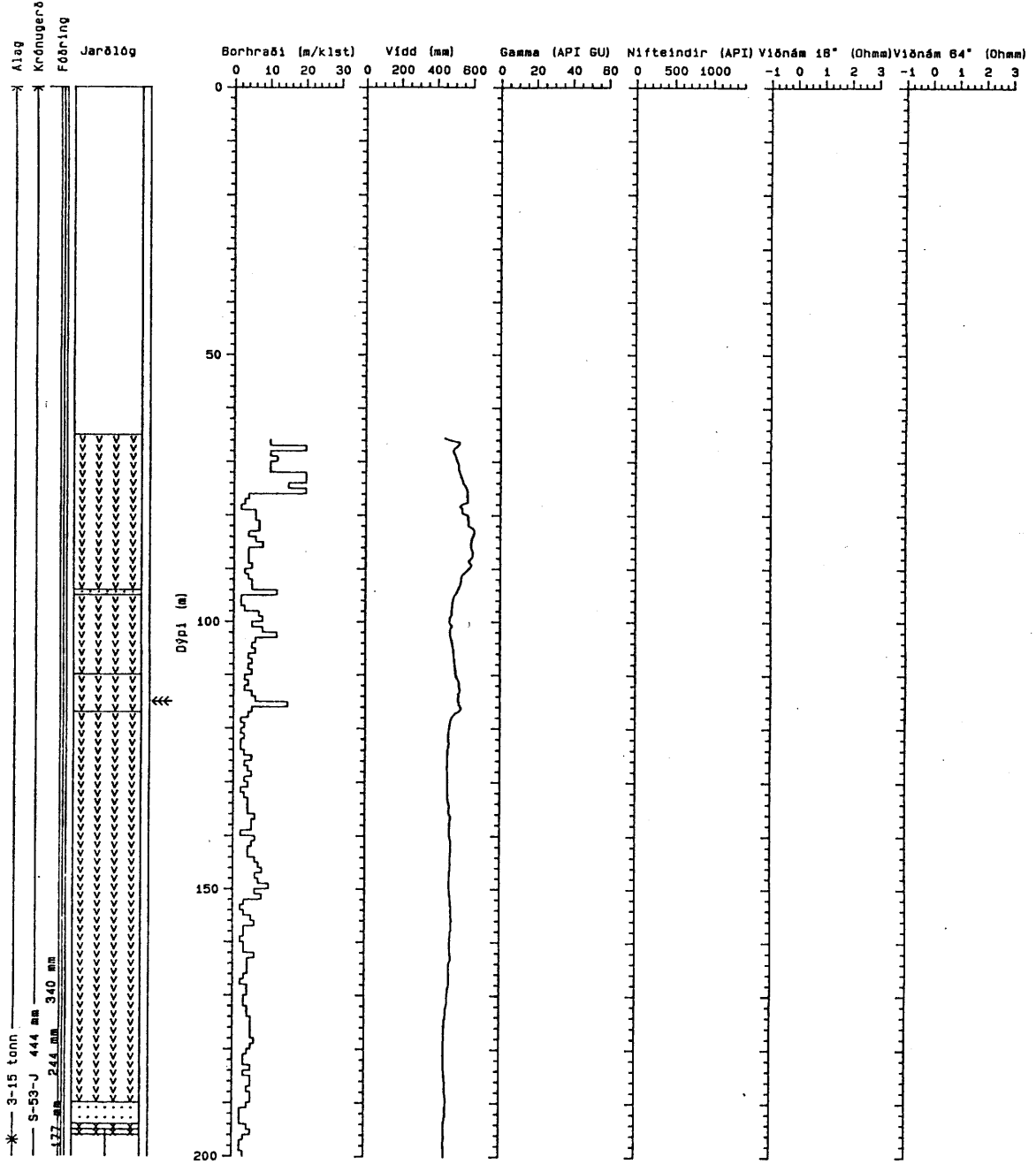
HEIMILDIR

Benedikt Steingrímsson, Guðrún Sverrisdóttir, Hjalti Franzson, Helga Tulinius, Ómar Sigurðsson og Einar Gunnlaugsson 1986: Nesjavellir. Hóla NJ-16. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun OS-86030/JHD-10, maí.

Valgarður Stefánsson, Ásgrímur Guðmundsson og Rolf Emmerman 1982: Gamma ray logging in Icelandic rocks. The Log Analyst, 23, No 4 11-16.

JHD-BM/BJ-8715 HE/GSv
87.06.0610 T

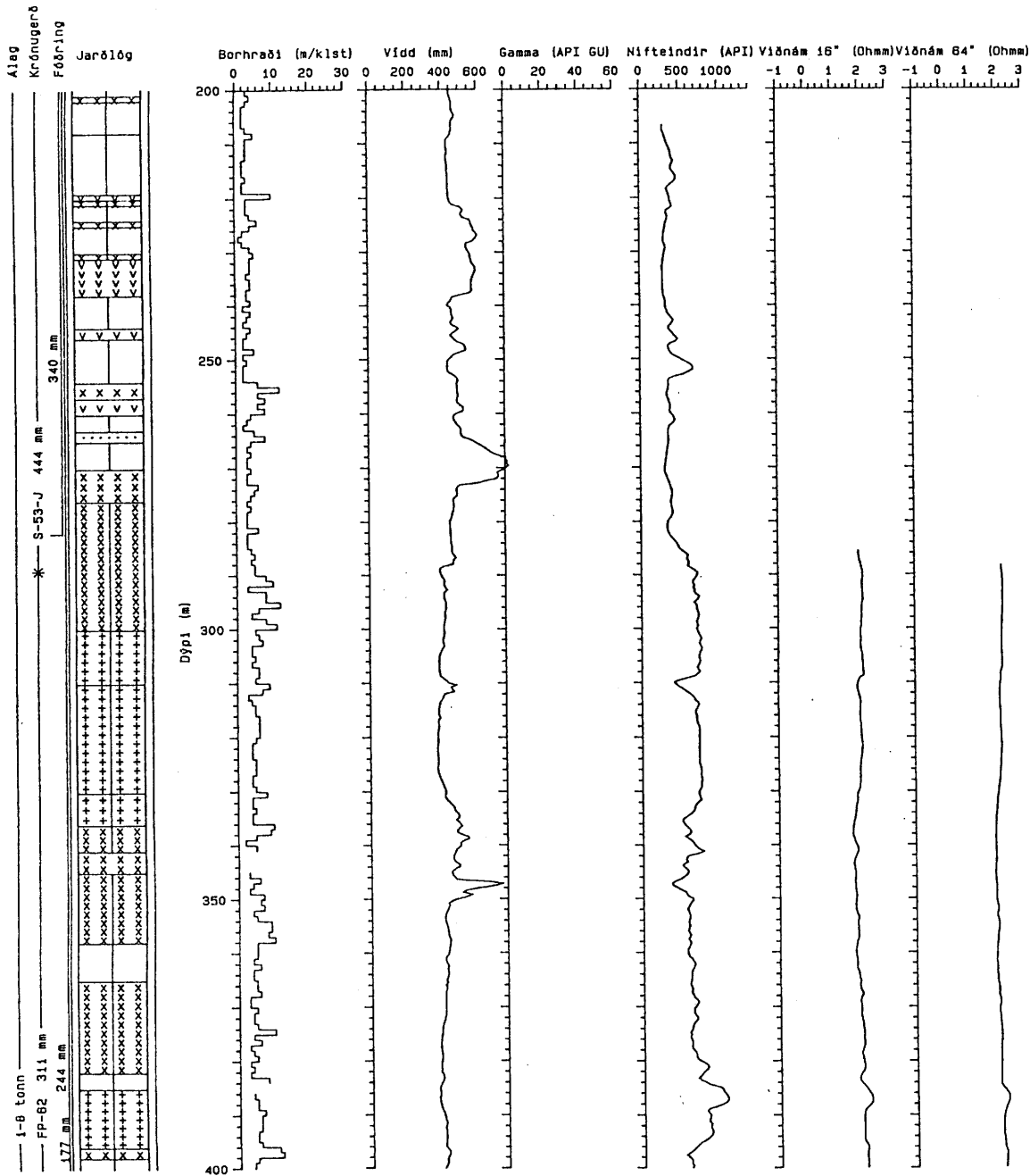
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



JHD-8M/BJ-8715 HE/GSv
87.06.0610 T

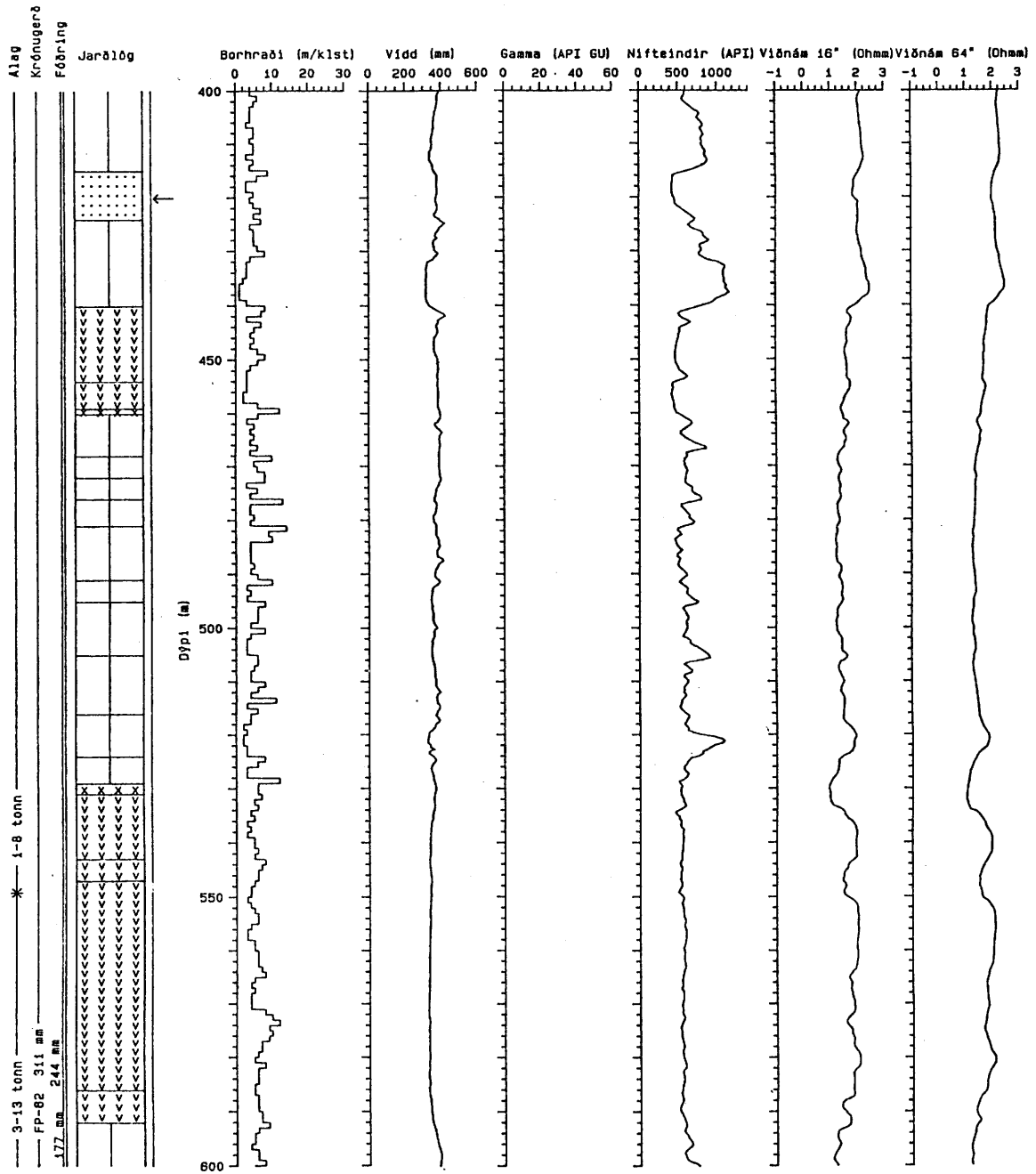
NESJAVELLIR HOLA NJ-18

Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



JHD-BM/BJ-8715 HE/6SV
87.06.0610 T

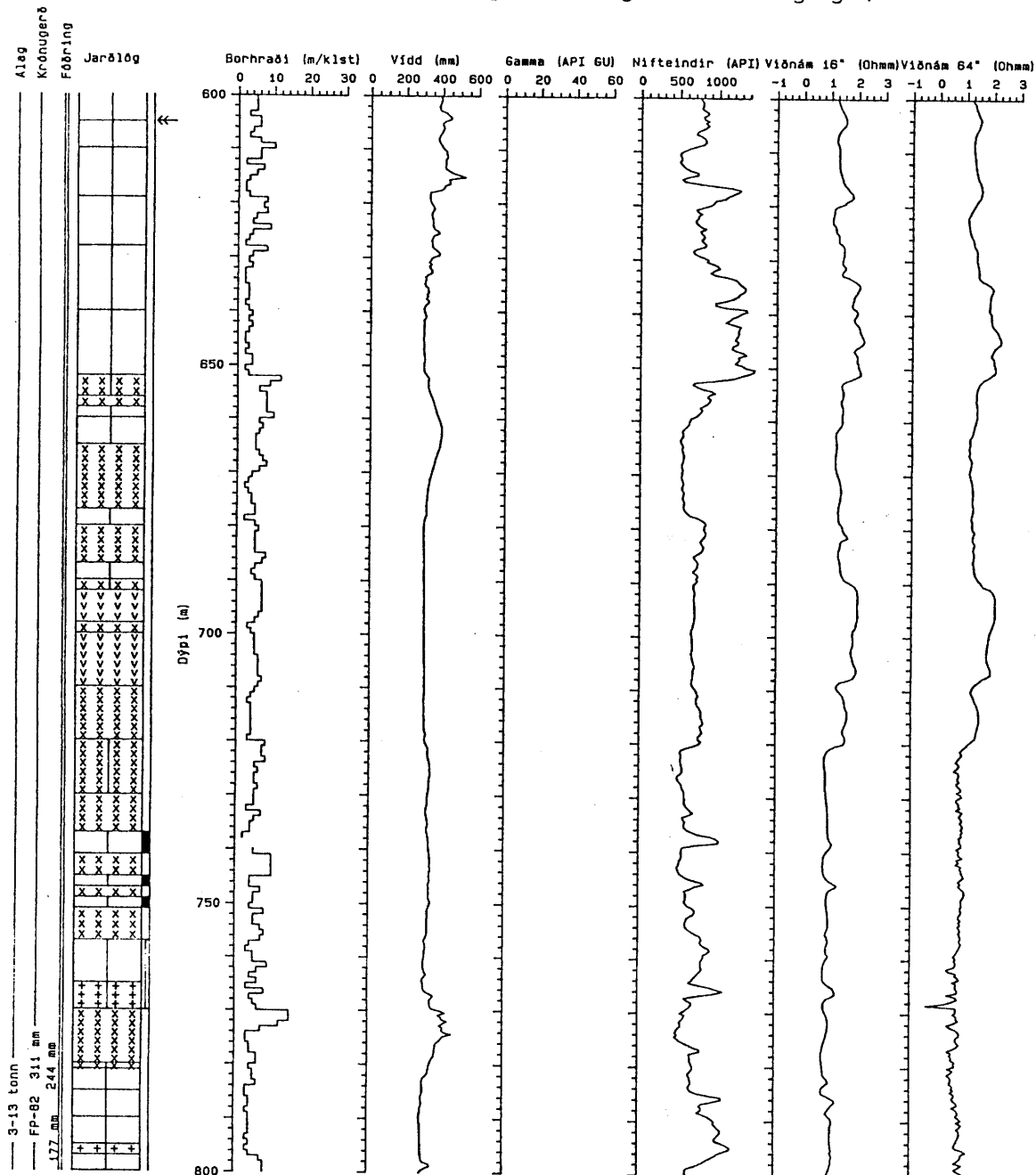
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



JHD-BH/BJ-8715 HE/6SV
87.06.0610 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

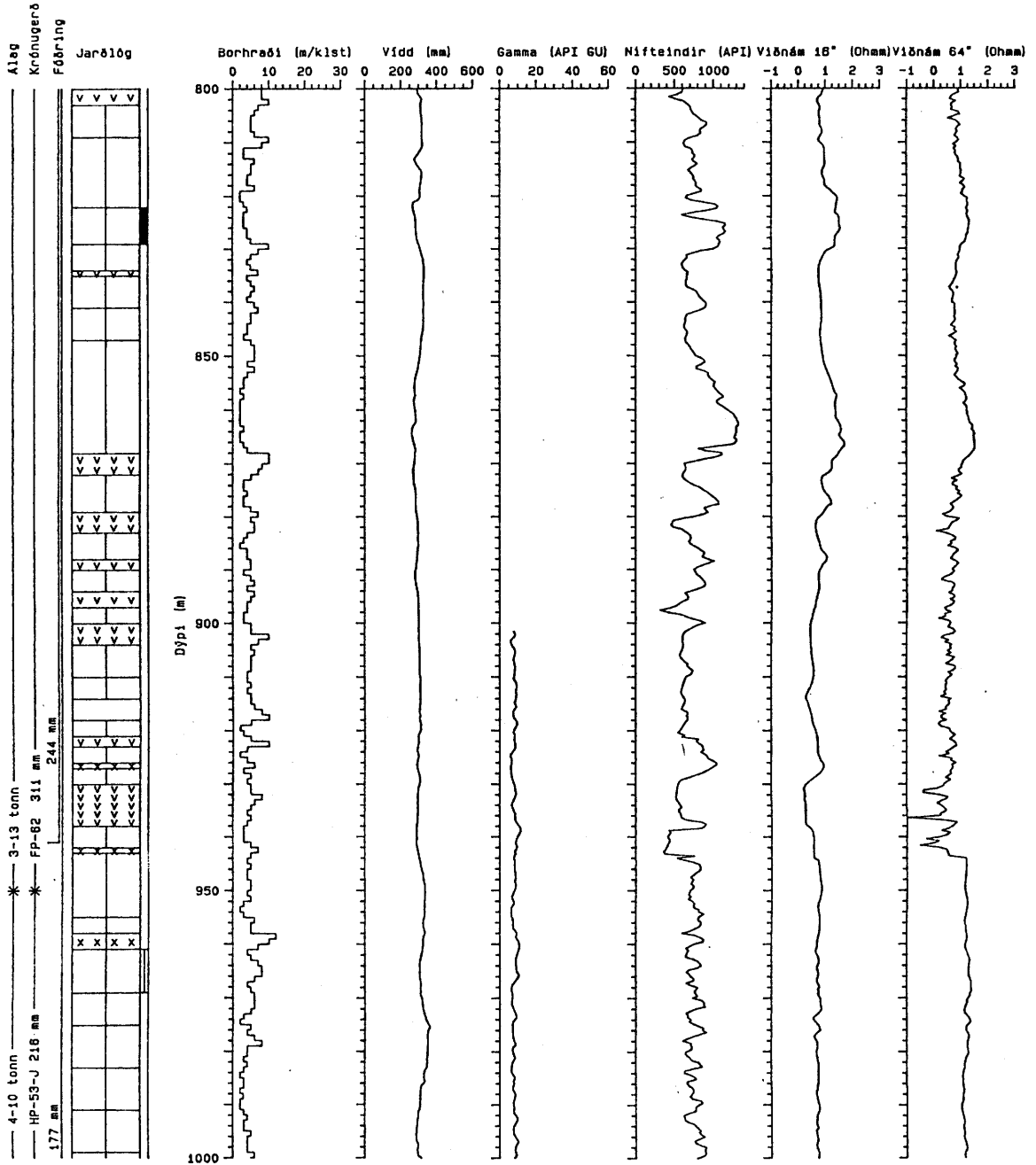
Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



JHD-BH/BJ-8715 HE/6Sv
87.06.0610 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

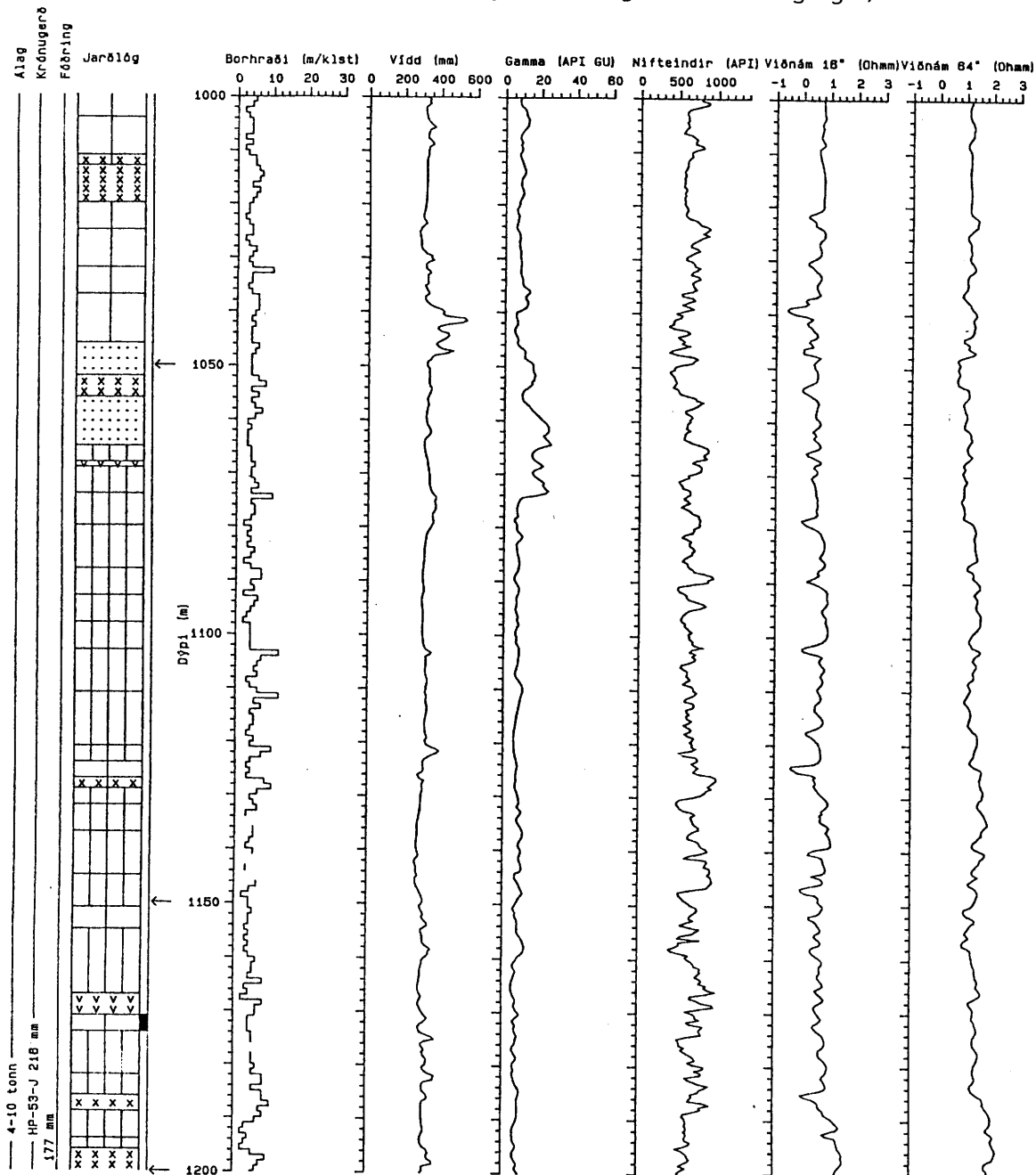
Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



JHD-BM/BJ-8715 HE/6SV
87.06.0610 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

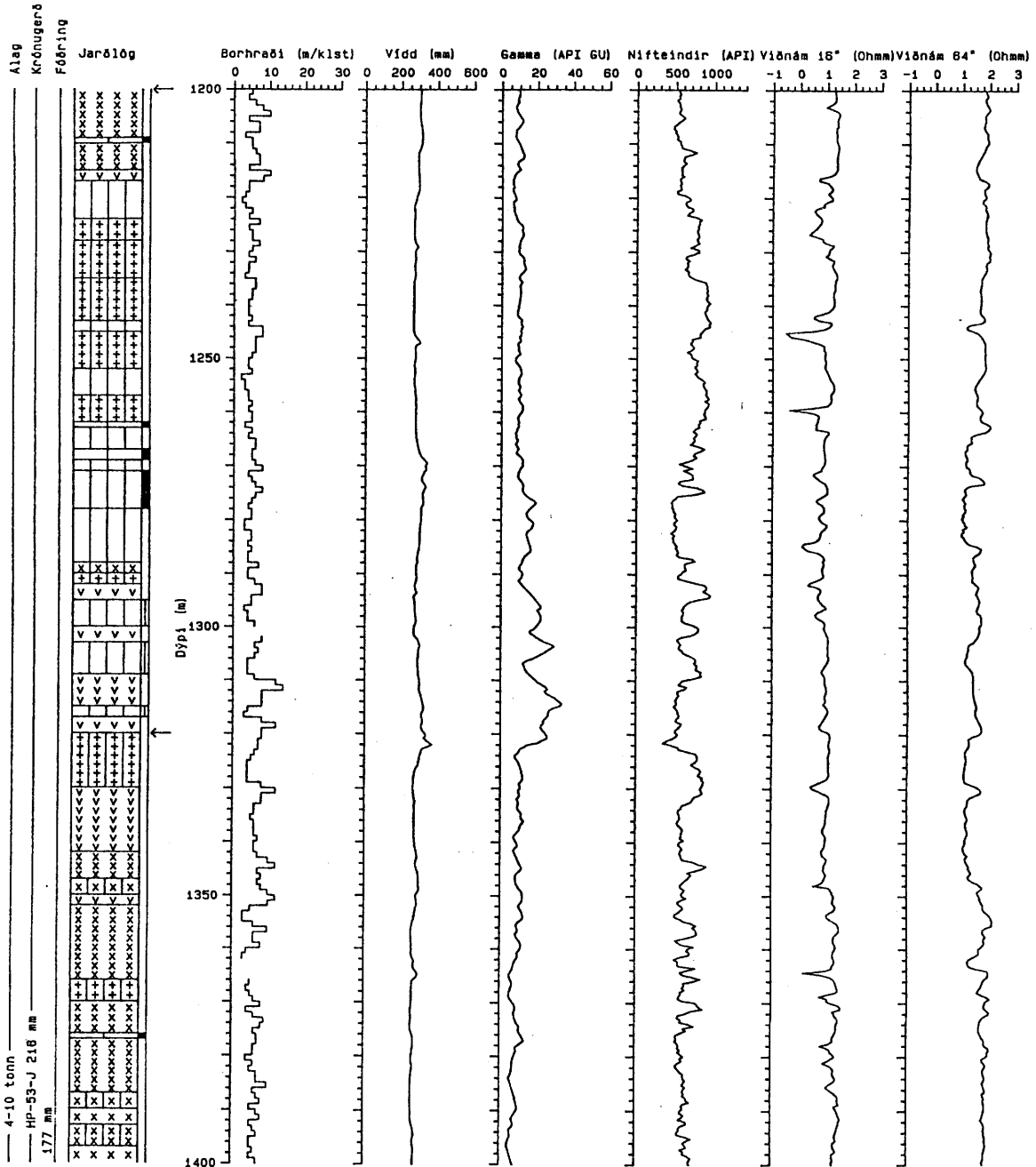
Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



JHD-8M/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0610 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

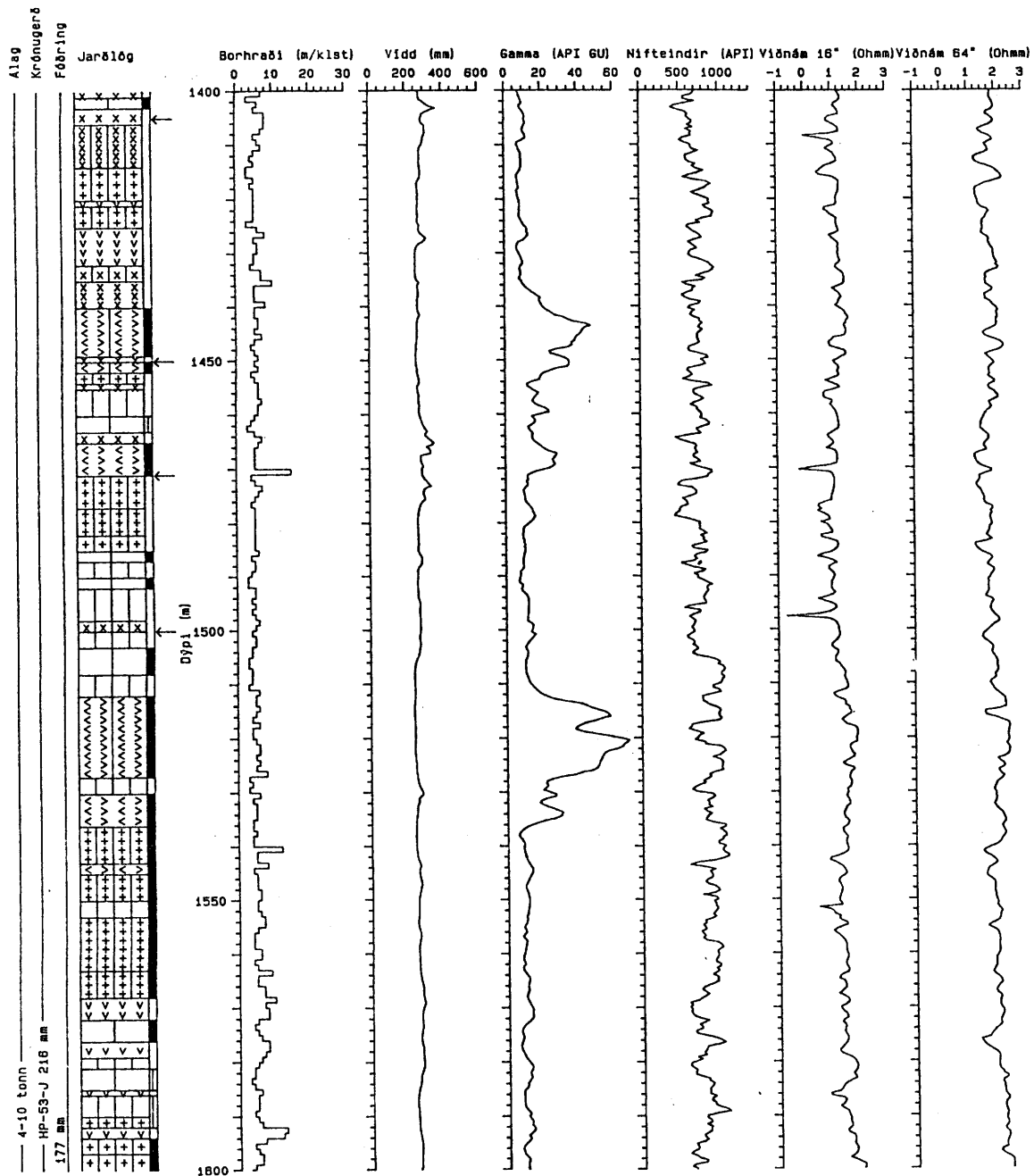
Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



JHD-BM/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0610 T

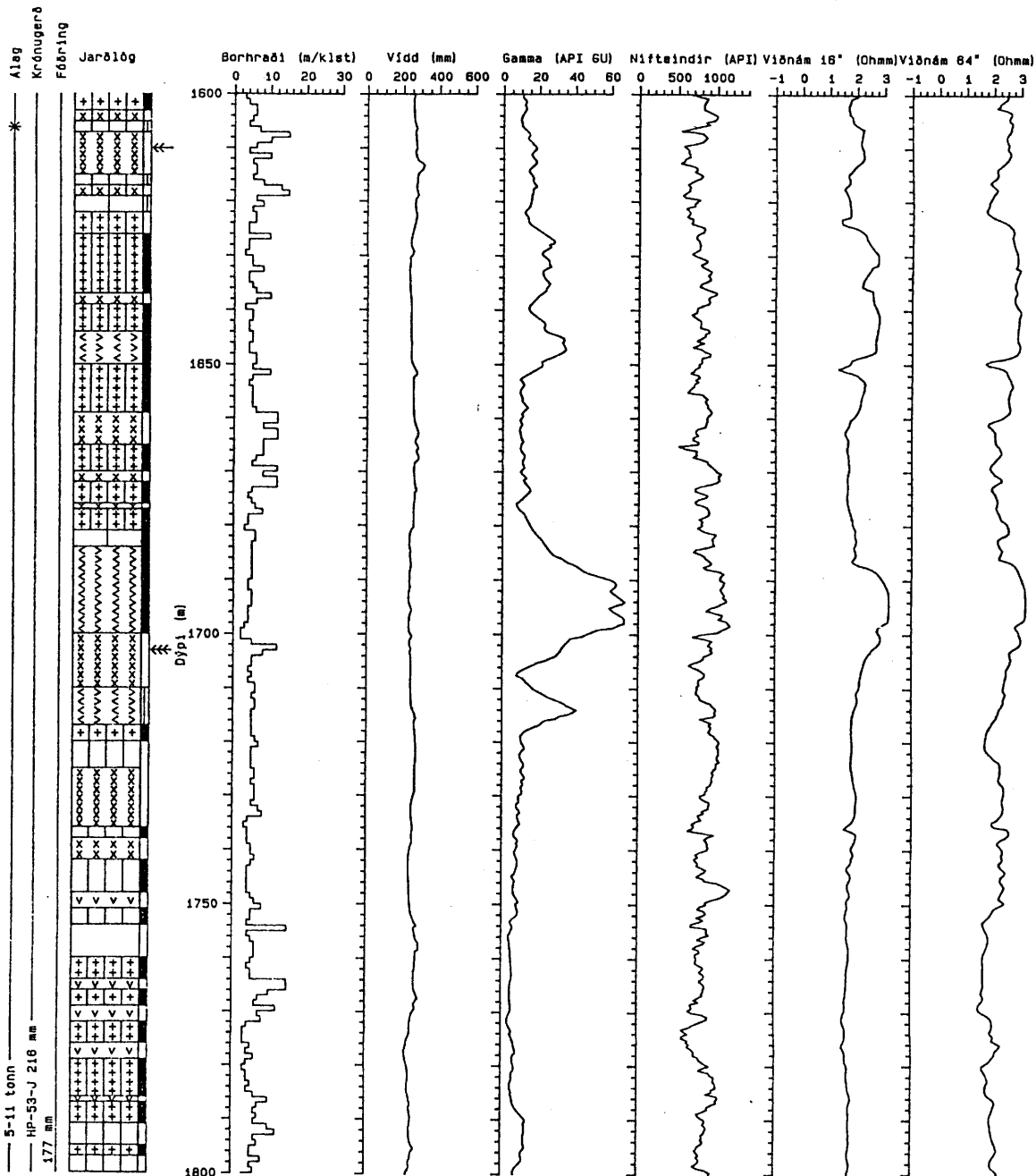
NESJAVELLIR HOLA NJ-18

Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



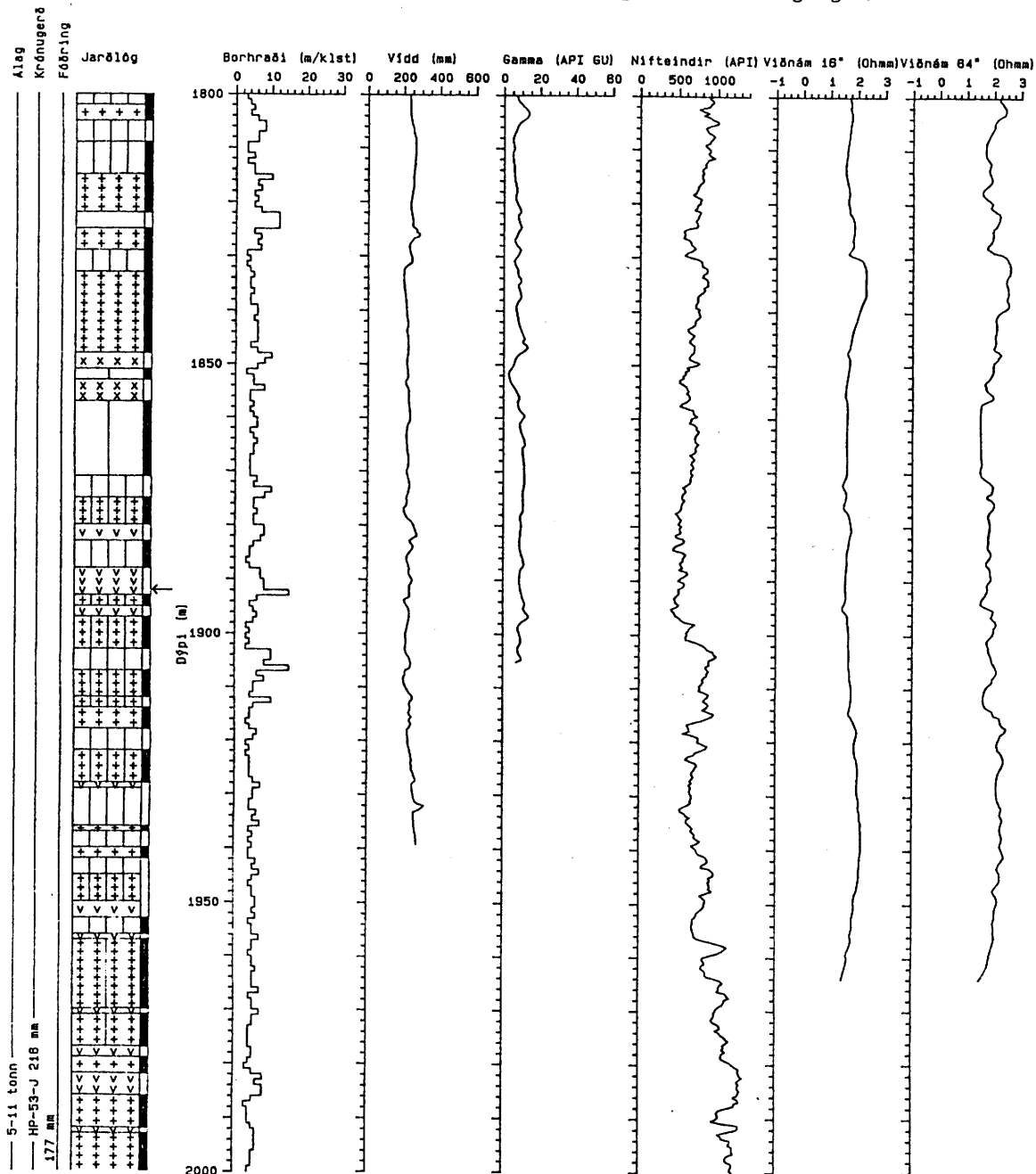
JHD-BM/BJ-8715 HE/GSV
87.06.0610 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



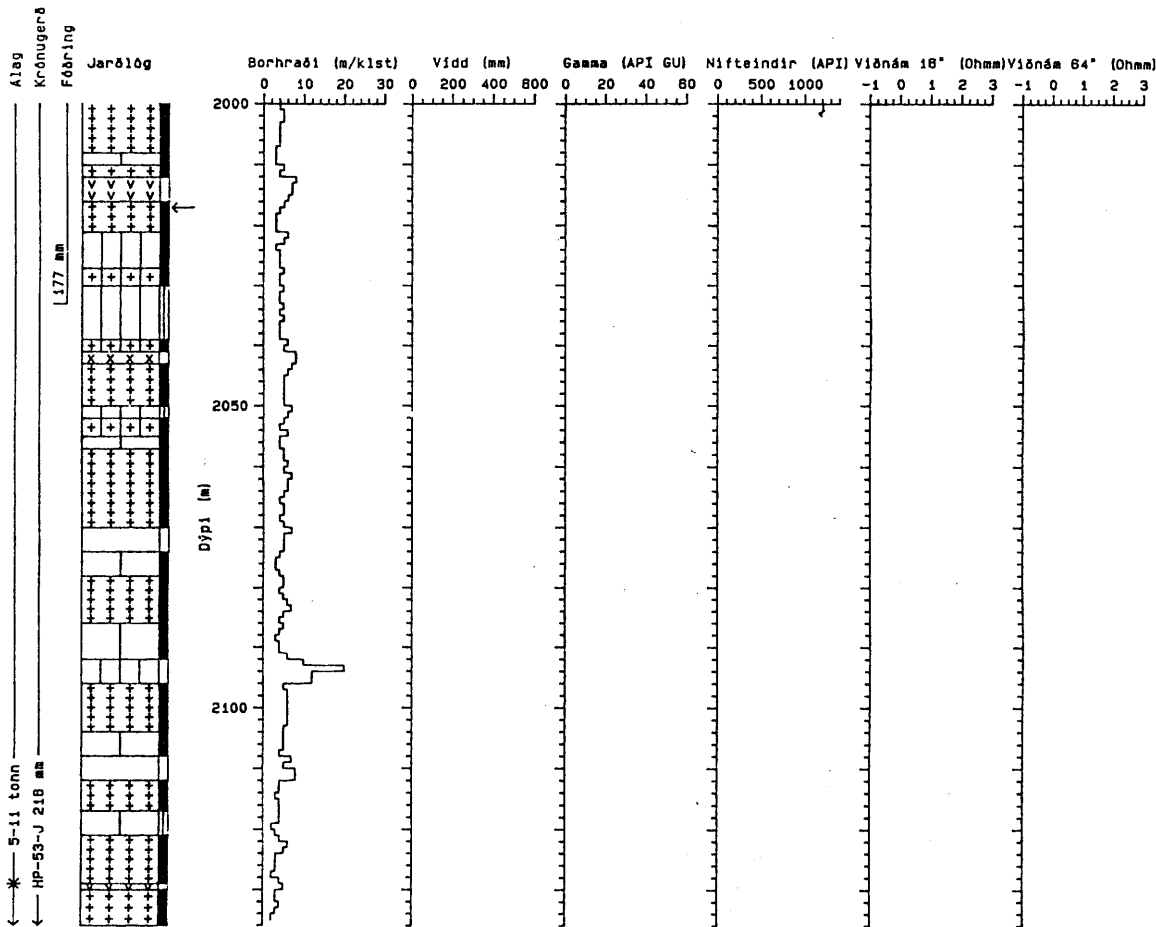
JHD-BM/BJ-8715 HE/65v
87.06.0610 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



















JHD-BM/BJ-8715 HE/GSv
87.06.0610 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Jarðlagasnið og mælingar (frumgögn)



Skýringar við jarðlagasnið

	Fersklegt fin-meðalkorna basalt		Ovísst innskot
	Ummyndað fin-meðalkorna basalt		Druggt innskot
	Fersklegt meðal-grófkorna basalt		Upphleðsluberg
	Ummyndað meðal-grófkorna basalt	<--	= Vísbending um vatnsæð
	Dólerit innskot	<<--	= Vatnsæð
	Fersklegt glerjað basalt	<<<--	= Stór vatnsæð
	Ummyndað glerjað basalt		
	Basaltrik breksía		
	Túff		
	Ísúrt finkornótt berg		
	Ísúrt grófkornótt berg		
	Finkornótt set		
	Svarf vantar		

EFNISYFIRLIT

Bls.

EFNISYFIRLIT	66
TÖFLUSKRÁ	66
MYNDASKRÁ	66
1 INNGANGUR	67
2 BORSAGA	68
3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN	70
4 BORHOLUMÆLINGAR	70

TÖFLUSKRÁ

1 Gangur borunar	68
2 Fóðrunarskýrsla	71
3 Borholumælingar	72

MYNDASKRÁ

1 Framvinda borunar	73
2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun	74
3 Hitamælingar fyrir steypingu.....	75
4 Hitamælingar eftri að borun lauk.....	76
5 Steyping 13 3/8" fóðringar.....	77

1 INNGANGUR

Önnur og seinni hola Jötuns á Nesjavallasvæðinu sumarið 1986 er hola NJ-18. Hún er staðsett á Litluvöllum sunnan við námurnar og skammt vestan við gossprunguna, sem liggur eftir hryggnum að vestanverðu í Nesjavalladal. Vorið 1986 meitlaði Búi niður í 60,5 m og fóðraði (höggborshola P). Hnit holunnar eru $X=658.648,7$ og $Y=406.125,2$ og hún er í 195 m.y.s. Hönnun holunnar var áætluð sem hér segir:

Steyptar fóðringar í holunni eru áætlaðar:

- a) Höggborsfóðring er í 60,5 m.
Utánmál 473 mm, veggþykkt 8 mm.
- b) Öryggisfóðring 250-300 m
API 13 3/8", 61 lbs/ft og 68 lbs/ft. K-55 BTC, innanmál 317,9 og 315,3 mm. A.m.k. þrjú efstu rör öryggisfóðringar skulu vera 68 lbs/ft.
- c) Vinnslufóðring 800-1000 m.
API 9 5/8" 47,0 lbs/ft, K-55 BTC, innanmál 220,5 mm.

Heildardýpt holu verður allt að 2000 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.

Allar dýptartölur hér á eftir eru miðaðar við drifborð Jötuns.

Eftirfarandi skýrsla greinir frá fyrsta áfanga borverksins þ.e. borun fyrir öryggisfóðringu og steypingu hennar. Verkið var unnið samkvæmt rannsóknarsamningi milli Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar. Að þessum áfanga unnu fyrir hönd JHD og JB h/f þeir Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðni Guðmundsson, Hjalti Franzson, Sigurður Benediktsson og áhöfn Jötuns.

2 BORSAGA

Flutningur Jötuns af holu NJ-17 að holu NJ-18 byrjaði 29. ágúst og var lokið að morgni 5. september. Borun hófst um hádegisbil sama dags. 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, stýring, tengistykki, álagsstöng, stýring, tengistykki, 11 álagsstengur, "cross over" tengistykki og borstengur.

Eins og áður segir þá hófst borun á hádegi föstudagsins 5. september, sem jafnframt var 7. verkdagur, eða nánar tiltekið kl. 12:35. Á mynd 1 er sýnd framvinda borunar en gangur hennar nánar útlistaður í töflu 1. TAFLA 1. Gangur borunnar.

	Borun á dag (m)	Tími (klst.)	Meðalborhraði (m/klst.)	Tími á krónu (klst.)	Dýpi (m)
1. verkd.	0	0	0	0	67
2. "	0	0	0	0	67
3. "	0	0	0	0	67
4. "	0	0	0	0	67
5. "	0	0	0	0	67
6. "	0	0	0	0	67
7. "	47	10	4,7	10	114
8. "	83	21	4	31	197
9. "	35	12,5	2,8	43,5	232
10. "	0	0		43,5	232
11. "	57	16,5	3,5	60	289
12. "	0	0	0	60	289
13. "	0	0	0	60	289

Komið var niður á botn höggborsholu á 67 m dýpi og borað þaðan samfelld niður á 218 m dýpi, en þar flóðopnaðist holan. Þar töpuðust rúmir 40 l/s og var ekki um annað að ræða en að þetta þann leka. Áður en að því kom voru boraðir 14 m til viðbótar eða niður á 232 m dýpi til þess að ná inn í holuna öllum skoltapstöðum er vera kynnu á þessu dýptarbili og einnig til að koma í veg fyrir að botnfall hyldi lekasvæðið þegar að þéttingu þess væri komið. Áður en þéttisteypu var dælt niður þá voru kallaðir til mælingamenn til að skápa- og hitamæla (mynd 3) holuna. Hitamælingin sýndi jafnkalda holu, þar sem ekki var nokkur leið að sjá hvar stungið var á lekasvæðinu. Víddarmælingin sýndi fremur útvaskaða holu ofan u.þ.b. 120 m dýpis en neðan þess stóð holan nokkuð vel mál. Vatnsborð reyndist vera á um 70 m dýpi

miðað við snúningsborð Jötuns. Enda borstanga var komið fyrir á um 219 m dýpi og var þá gengið út frá þeirri forsendu að æðin hefði verið skorin á því dýpi sem skoltapsins varð vart í holunni. Í fyrstu steypu var stept úr 8 tonnum sements. Vatnsborðsmæling eftir steypingu sýndi vatnsborð á um 66 m dýpi og ekki hafði tekist að þétta lekann. Önnur steyping úr sama magni sements fór á svipaðan veg og sú fyrri. Vatnsborð var áfram á um 66 m dýpi og lekinn var um 25 l/s. Efra borð steypu var á rúmlega 160 m dýpi og var neðri endi borstanga hafður þar við í þriðju steypingu. Stept var úr 11 tonnum af sementi. Vatnsborð var eftir steypingu á um 44 m dýpi og sýndi að æðin hafði stíflast. Steypuborð í 3. steypingu reyndist í um 114 m, og því sýnt að æðin hafði verið á 114-160 m dýpi en ekki nærri botni eins og fyrst hafði verið talið. Borun steypu hófst skömmu eftir hádegi mánudaginn 8. september. Þrátt fyrir langan steypukafla þá hélst krónan allan tímann inn í gömlu holunni og borsvarf var 99 % steypa. Komið var niður úr steypu litlu eftir miðnætti. Borun í berg hélt áfram fram á dag, en kl. 19:20 þann 9. september var fóðringardýpi náð á 289 m. Eftir þéttisteypur var lekinn í holunni um 3 l/s og var við fóðringardýpið 4-5 l/s. Á annan tug metra af svarfi var á botni að borun lokinni og var blandað gel til að hreinsa það upp til yfirborðs.

Meðan á borun stóð var fylgst reglulega með skoltapi, dælingu og þrýsing á bordælum. Það er sýnt á mynd 2 ásamt jarðlagasniði, meðsl-talsgildum borhraða fyrir hverja 10 m og víddarmælingu, sem gerð var eftir að fóðringardýpi var náð. Á myndinni sést stór skoltapsbreyting á bilinu 210-220 m, en síðar kom í ljós við þéttingaraðgerðir að opningin í holunni er ofan við 160 m dýpi.

Klukkan 5:05-5:47 að morgni 10. september var hitamælt í stöngum fyrir upptekt (mynd) og sýndi kalda holu. Þá var borstrengur tekinn upp og holan hita- og víddarmæld (mynd 4). Mælingum var lokið kl. 13:10 og var þá tekið til við að fóðra. Skömmu eftir miðnætti var borstöngum smellt í stungustykkið og litlu síðar var allt tilbúið til steypingar. En samkvæmt víðtækri reynslu þykir ekki ráðlegt að fara út eins mikla aðgerð eins og fóðringarsteypingu í skjóli myrkurs enda heyrir það ekki myrkraverkum til. Beðið var til birtingar og með fyrstu geislum morgunsólar var athöfnin undirbúin. Áður en steyping byrjaði mældist skoltap í holunni um 5-6 l/s, en steyping hófst kl. 6:55 og stóð yfir í 33 mínútur (mynd 5). Steypa kom upp en seig síðan niður á 50 m dýpi. Eðlisþyngdin var 1,66 g/cm³. Eftir á var stept ofan frá og seig steypa þá ekki neitt og er nú á 7 m dýpi. Allar nánari upplýsingar um fóðrunina og steypinguna er að finna í fóðrunar-skýrslu í töflu 2. Alls tók 1.áfangi þessa verks 13 verkdays.

3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Jarðlagastaflinn, sem skorinn var í þessum áfanga, er sýndur á mynd 2. Jarðlög einkennast af fersku túffi niður á 195 m dýpi þar fyrir neðan tekur við fersklegt fínkornótt basalt niður á 230 m dýpi. Túff sést niður á 238 m dýpi og síðan er komið í fersklegt basalt á ný. Á 248 m dýpi verða plagíóklasdýlar áberandi og síðan áfram niður. Aftur er komið í túff en nú á 254 m og sést á næstu 6 metrum og eru plagíóklasdýlar þar áberandi. Þá taka við 10 m af basalti, niður á 270 m dýpi og eru plagíóklasdýlar enn mjög áberandi. Þar fyrir neðan og niður í fóðringardýpi á 289 m er glerjað basalt og basaltríkar breksíur einkennandi.

Bergið er að jafnaði fersklegt. Oxun er til staðar á nokkrum stöðum. Eina útfellingin, sem sést á þessum kafla, er aragónít. Í heildina séð er þetta óummyndað og kalt svæði.

4 BORHOLUMÆLINGAR

Í töflu 3 eru skráðar þær mælingar, sem gerðar voru, í fyrsta áfanga borverks við NJ-18. Vegna mikils skoltaps og erfiðleika við að skola svarfi upp úr holunni var borun stöðvuð á 232 m dýpi og hita- og víddarmælt. Skoltapið kom fram þegar komið var í 218 m dýpi (> 40 l/s). Hitamælingin sýndi hins vegar ekki ótvírætt hvar æðin væri (mynd 3). Líklegasti lekastaðurinn virtist þó vera ofarlega í holunni eða á um 110-120 m dýpi. Í víddarmælingunni kom fram að holan hafði lítið þvegist út neðan 120 m dýpis, en þar fyrir ofan og upp að fóðurrörsendanum í 65 m dýpi var holan 20-25 tommur á vídd. Að mælingum loknum var holan þétt með steypu og gekk borun síðan áfallalaust í 289 m, sem varð fóðringardýpi fyrir öryggisfóðringuna. Hitamælt var fyrir og eftir upptekt. Óverulegt skoltap var í holunni og lítið að sjá í mælingunum (mynd 4). Hitabreytingar milli mælinganna voru litlar sem engar og því ljóst að berghiti ofan 300 m dýpis er mjög lágur á þessum stað. Að hitamælingum loknum var víddarmælt. Mælingin er sýnd á mynd 2. Helsti munur frá mælingunni, sem gerð var þegar holan var 232 m djúp er sá, að steypa hefur greinilega fyllt að nokkru upp í skáp á 100-120 m dýpi. Neðan 225 m er holan síðan nokkuð útpvegin og er stærsti skápurinn (um 30 tommu víður) á 265-275 m dýpi.

ORKUSTOFNUN
JARÐBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA

Jötunn

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR	VERKKAUPI	
650-1	NJ-18	Nesjavellir	Hitaveita Reykjavíkur	
VÍDD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.	ÚTFYLLT
17½"	289,0	2	1986.09.11.- 16.	1986.09.16. D.S.

FJARLÆGD KJALLARABRÚN—KRAGI					0,30 m
FÓÐRING	PVERM. UTAN	13 3/8"	INNAN	315,3 m.m.	
	GERÐ	K-55	ÞYNGD	68 lbs/ft	
	TENGI	Skrúfuð	Buttress	-	
	NOTAÐ	285,50 m	FRÁ KRAGA	275,19 m	
	KRAGI (FLANGS)	12" Ser. 900			
	SKÓR	Float Shoe + Float Collar			
STEYPING	MÍÐJUST.	6 stk.	STEYPUT.	0 stk.	
	SEMENT G Blanda		48,400 kg		
	SEMENT		kg		
	ÍBL.EFNI Bentonite, Perlite, Kísilsalli		kg		
	ÍBL.EFNI		kg		
	TAFAEFNI	0 kg	EDLISP. STEYPU	1,66	
	STEYPUTÆKI	Haliburton	steypusamstæða		
	STEYPINGARTÍMI		33 mín		
	EFTIRDELING. MAGN	3493	I TÍMI	4 mín	
	STEYPA KOM UPP		<input checked="" type="checkbox"/> JÁ <input type="checkbox"/> NEI		
FRÁGANGUR	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA		50 m		
	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR		6 h		
	SEMENT Port 4000 kg	ÍBL.EFNI	0 kg		
	SKORID OFAN AF EFTIR		5 h		
	STEYPA BORUD EFTIR		120 h		
DÝPI Á STEYPU Í RÖRI		257,5 m			
VERKTÍMI RÖR	STEYPA	TOPPUR	TAFIR	ALLS	
h 9,5	3,0	11,0		137,0	
ATH. Float Shoe er soðinn á 97 cm 13 3/8"					
rörbút með múffu og telst það með Float Shoe.					
Gengjur á tveim neðstu rörum mjög riðgaðar.					
Góð steypa kom upp í fyrstu steypingu en					
seig niður í ca. 50 m. Seinni steypa seig ekki.					
svo fóðringin er örugglega vel steyppt.					
Steypa innan röra var 7 m. neðan Float Collars					

RÖRATALNING		
LENGD	NR ¹⁾	ALLS m
11,73	1	11,73
12,82	2	24,55
12,98	3 x	37,53
12,99	4	50,52
11,62	5	62,14
12,08	6	74,22
12,52	7 x	86,78
12,35	8	99,09
12,17	9	111,26
12,12	10	123,38
12,82	11 x	136,20
12,81	12	149,01
12,47	13	161,48
12,92	14	174,40
12,12	15 x	186,52
12,48	16	199,00
12,56	17	211,56
12,64	18	224,20
12,45	19 x	236,65
13,06	20	249,71
0,74	Float Collar	250,45
11,66	21	262,11
11,62	22	273,73
1,46	Float Shoe	275,19

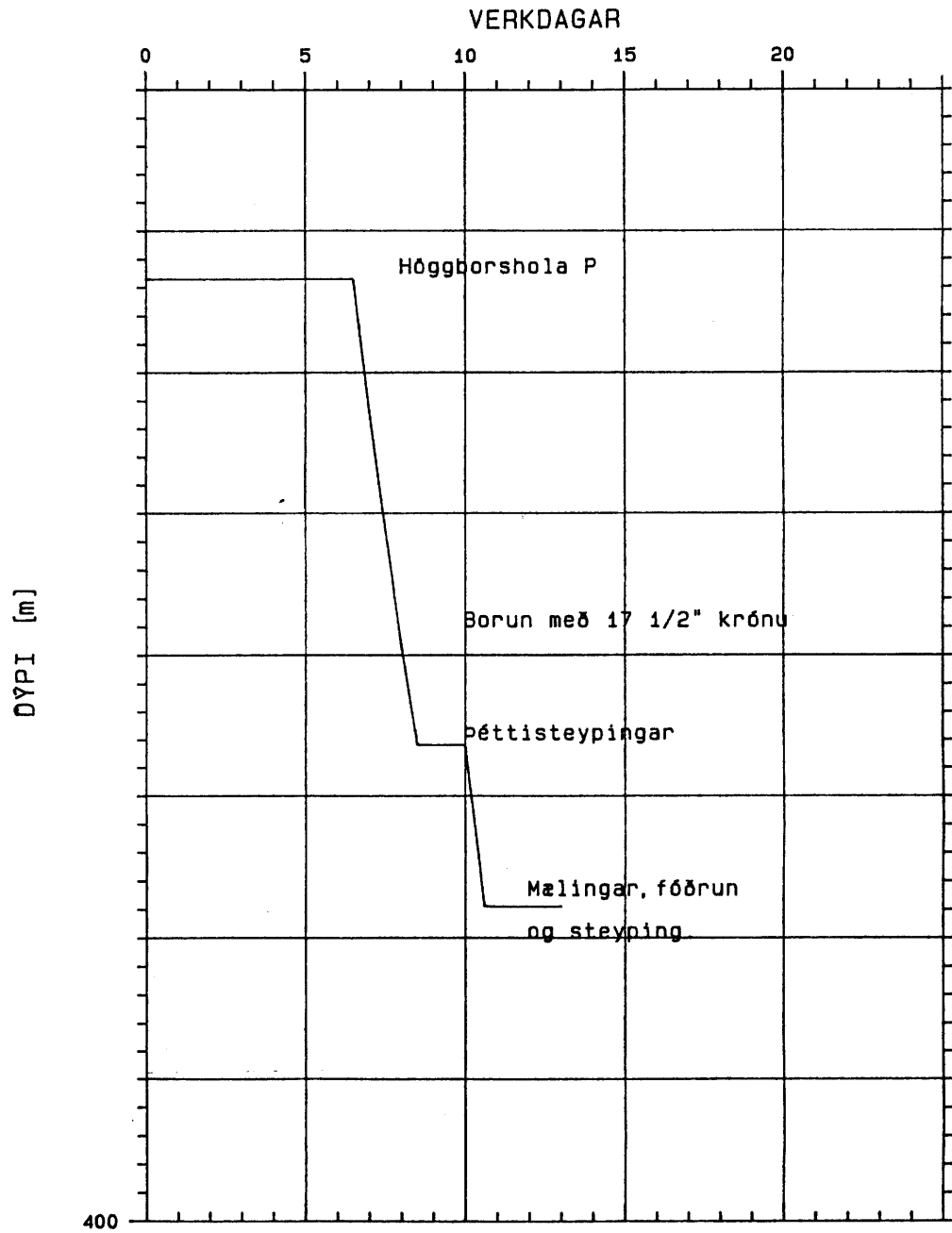
05.82 20x30FDH

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

Tafla 3 Hóla NJ-18. Borholumælingar í fyrsta áfanga

Dagsetn.	Tími (kl)	Hvað mælt	Dýptarbil (m)	Athugasemdir
86.09.07	16:45-17:45	Hiti+dT+CCL	0-220	Hrun, skoltap
86.09.07	18:00-18:30	Vídd	0-220	Hrun, skápar
86.09.10	05:05-05:47	Hiti+dT+CCL	0-274	Í stöngum
86.09.10	09:40-10:00	Hiti+dT+CCL	0-283	Eftir upptekt
86.09.10	12:30-13:10	Vídd	0-280	Skápar

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 FRAMVINDA BORUNAR 1. ÁFANGI

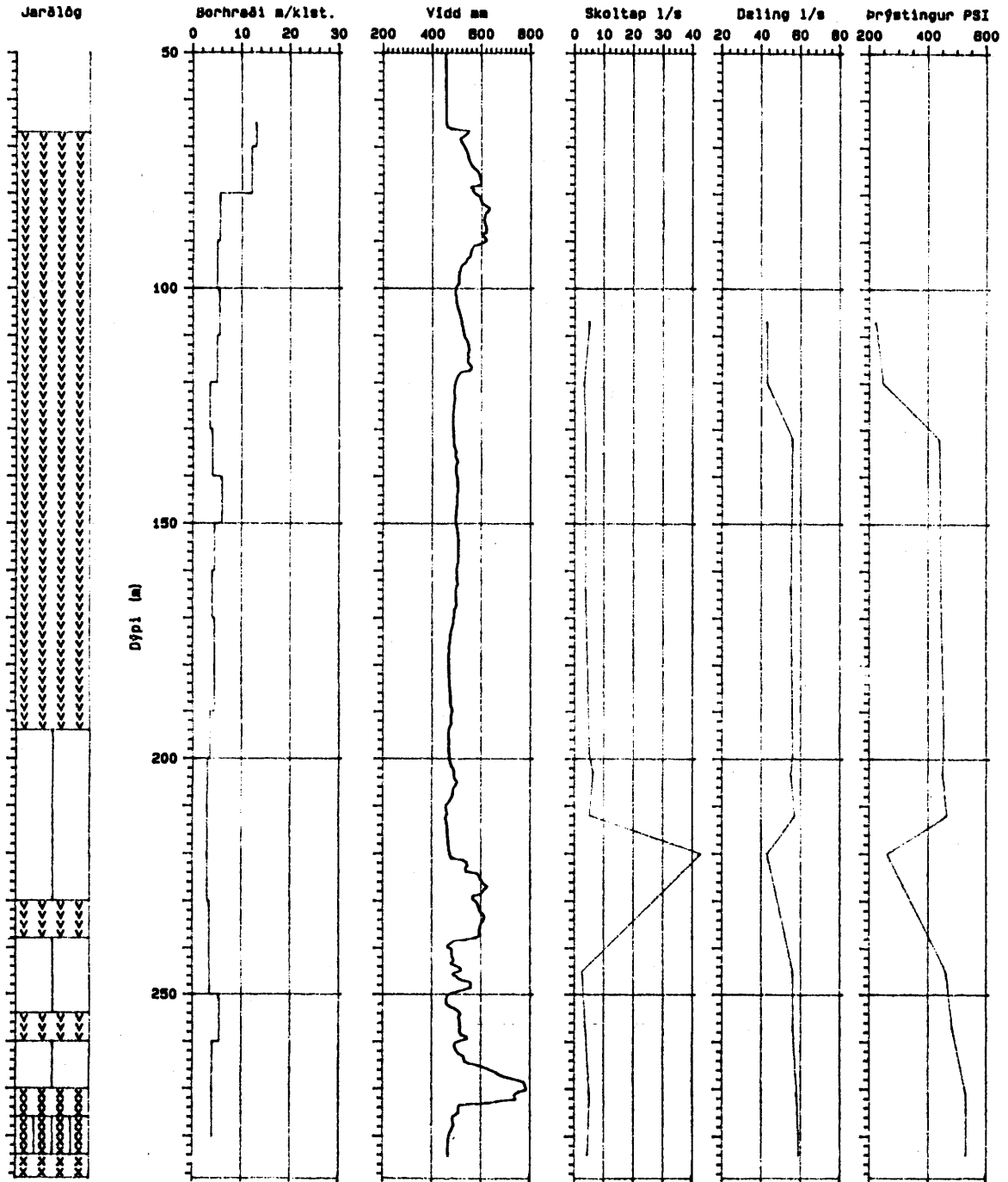


JHD-SJ-8715 Ásg
08.10.0789 T

MYND 2

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun



Fersklegt fin-meðalkorna basalt Basaltrik breksia Tuff

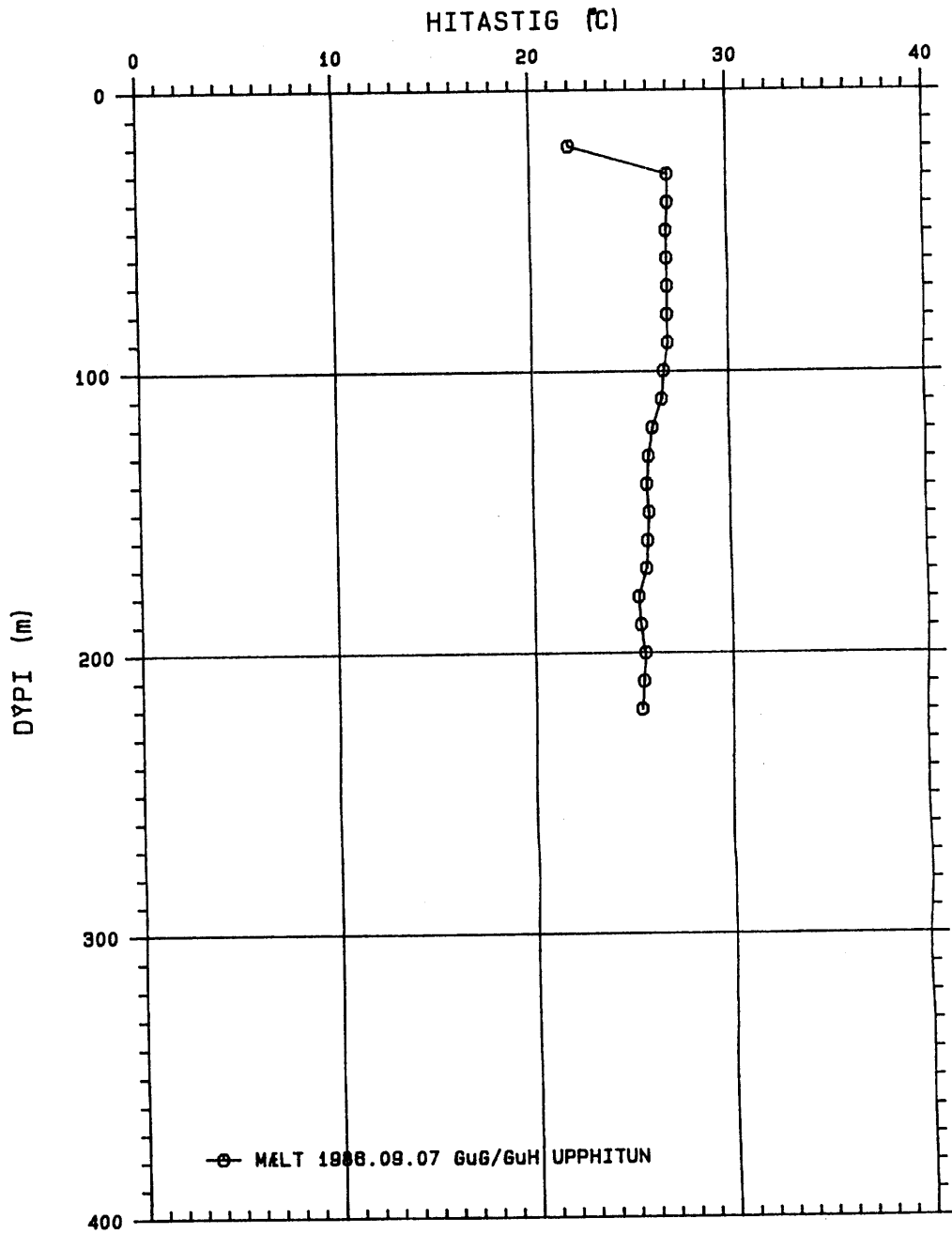
Amyndað glerjað basalt



JHD-BM-8715 GuH
86.10.0849 T

MYND 3

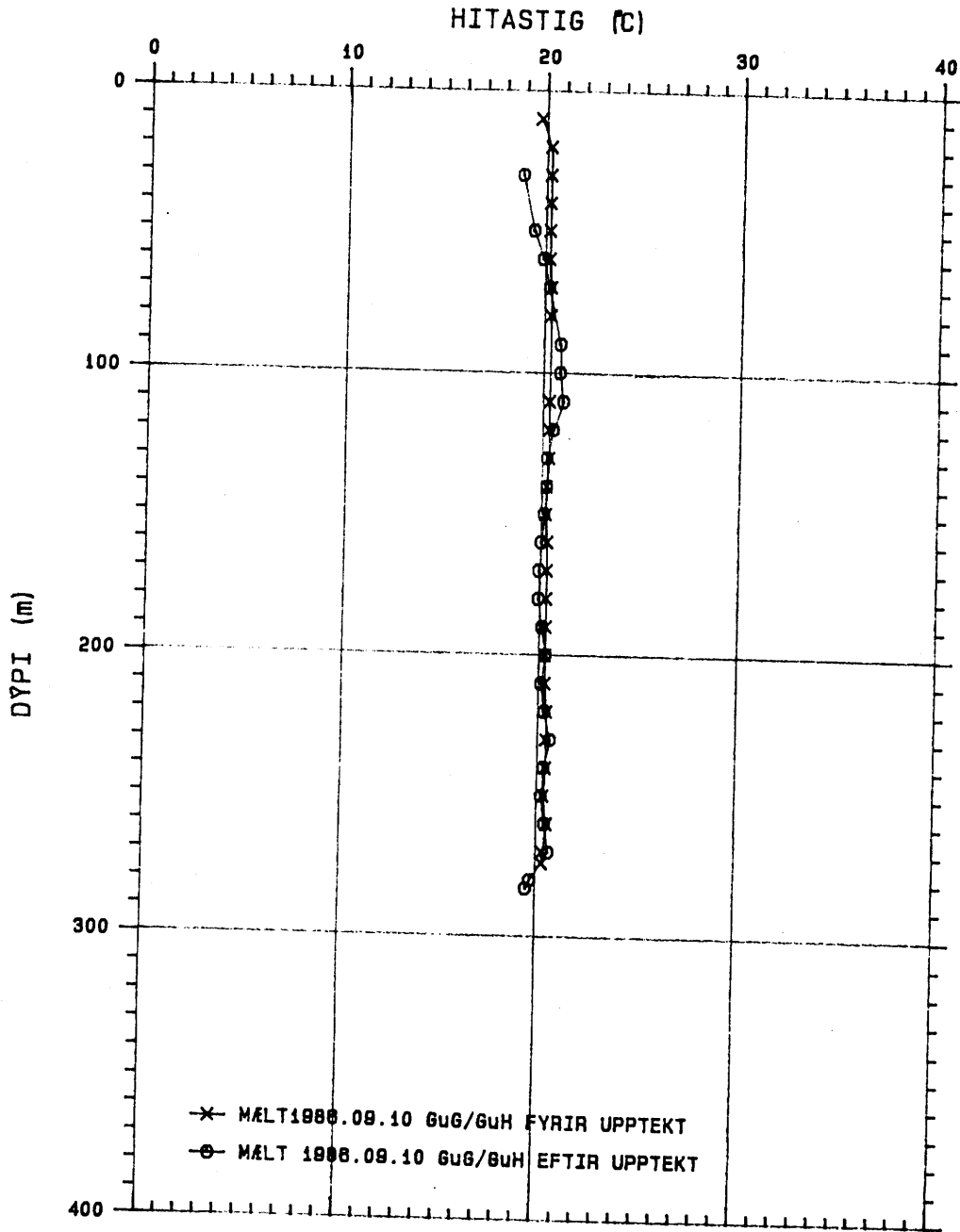
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 HITAMÆLING



JHD-BM-8715 GuH
86.10.0853 T

MYND 4

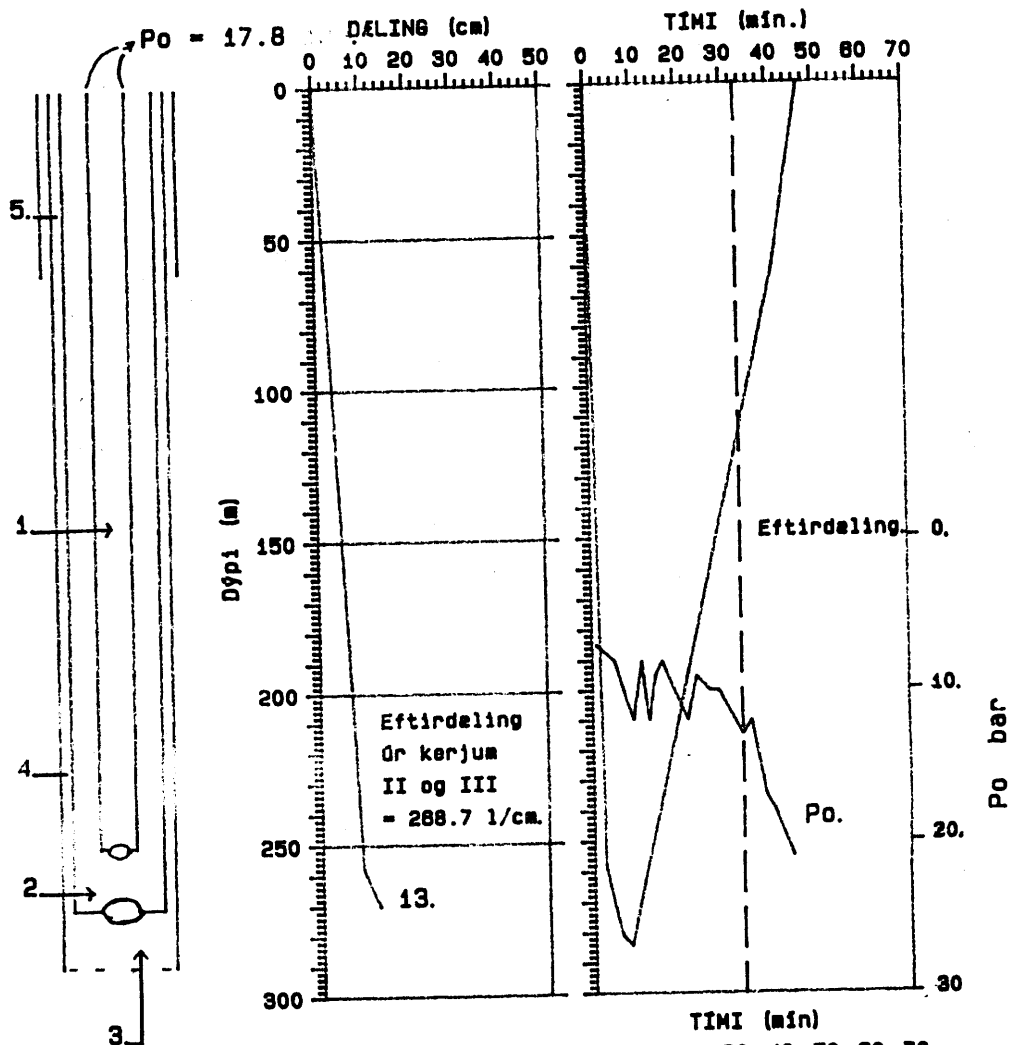
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 HITAMÆLINGAR



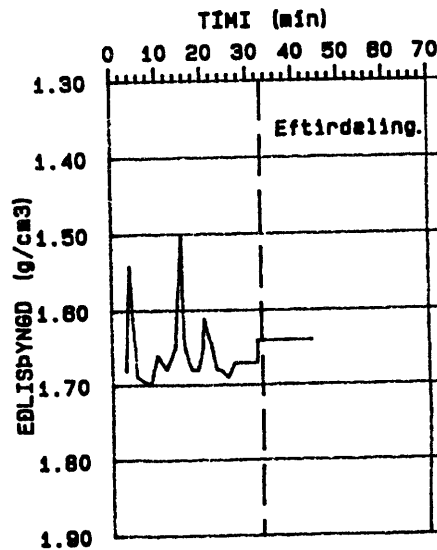
15 JHD-SJ-0715 Aes
08.09.0782 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

Steyping 13 3/8" fóðringar



1/m	m	l	+100%
1. 9.28	x 258	= 2394	
2. 85.6	x 24	= 2054	
3. 155	x 6	= 930	1880
4. 65	x 222	= 14430	28860
5. 74	x 80	= 4440	
			= 24248/840 = 28.9 tn



EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 INNGANGUR	81
2 BORSAGA	81
3 JARÐFRÆÐI OG UMMYNDUN	82
4 BORHOLUMÆLINGAR.....	83

TÖFLUR

1 Gangur borunar	81
2 Fóðrunarskýrsla	84
3 Borholumælingar	86

MYNDIR

1 Gangur borunar	87
2 Steyping fóðringar	88
3 Jarðfræði og mælingar í borun	89
4 Hitamælingar	90
5 Steypugæði í fóðringu	91
6 Hitamælingar	92

1 INNGANGUR

Vekpáttur þessi er unninn samkvæmt samningi Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Eftirtaldir aðilar unnu að þessu verki: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Hjalti Franzson, Jósep Hólmjárn, Sigurður Benediktsson og áhöfn Jötuns.

2 BORSAGA

Annar áfangi í borun holu NJ-18 hófst þann 16. september og honum lauk 25. september, og tók því alls 10 verkdaga. Samkvæmt verklýsingu var búist við að bora þyrfti holuna niður í 800-1000 m dýpi þar sem grunur lék á að fremur djúpt yrði á nýtanlegt jarðhitakerfi. Hætt var borun á 950 m dýpi þrátt fyrir að ekki hefði náðst niður í kvars og wairakít, en þær steindir áttu að merkja að komið væri niður í jarðhitakerfið. Borað var með 12 1/4" krónu af gerðinni FP-62 og framleiðslunúmeri 890004.

Borun gekk áfallalaust fyrir sig og urðu engar tafir sem heitið gætu. Á þremur stöðum í holunni, í 436 m, 617 m, 718 m og 943 m, festist borstrengur, en losun hans tók innan við klukkustund í hvert skipti. Í töflu 1 gefur að líta daglegan gang borunar.

TAFLA 1. Gangur borunar

Verkd.	Borun/dag m	Tími klst.	Meðalborhr. m/klst	Tími/krónu klst	Dýpi m
14	58	11	5.3	11	347
15	92	19.5	4.7	30.5	439
16	110	22.5	4.9	53	549
17	95	20.5	4.6	73.5	644
18	112	22.5	4.9	96	760
19	102	22.5	4.5	118.5	862
20	88	20.5	4.3	139	950

Meðalborhraði holunnar reyndist 4.34 m/klst. Skoltöp, dæling og dæluþrýstingur er sýndur á mynd 2. Engin afgerandi skoltöp urðu í borun en aukningar upp á 2-4 l/s varð vart á tveimur stöðum, á milli 412 og 431 m og svo á milli 626 og 650 m. Hitamæling í lok boráfangans sýndi æð á samsvarandi dýpi og neðri skoltapsstaðurinn.

Tvær hallamælingar voru gerðar í borun, sú fyrri í 500 m þar sem hallinn var 1.9 gráður, en sú seinni í 900 m og hallaði holunni þar um 3 gráður frá lóðréttu.

Fóðringardýpi, 950 m, var náð að kvöldi 22. september. Að venju var skolað í um 2 klst og reyndist botnfallið eftir þá aðgerð um 3 m og var það látið gott heita. Hitamælt var inni í stöngum fyrir upptekt, og þar á eftir var mælt í borholunni samkvæmt áætlun. Fóðrað var með 9 5/8" rörum niður í um 943 m dýpi en botnfall reyndist vera um 5 m. Helstu atriði fóðringarinnar eru sýnd í töflu 2. Þrátt fyrir djúpa fóðringu tókst að steypa hana í fyrstu atrennu og er steypingin sýnd á mynd 2. Eðlisþyngd steypunnar reyndist vera um 1.6 g/cm³, og alls var steyppt úr 85 tonnum sements, en þar af fóru 3 tonn í eftirsteypingu utan með að ofan. Steypuafköst reyndust vera 1.5 tonn/mín. Síðasta verk annars áfangans var að koma fyrir öryggislokum til borunar 3. áfanga.

3 JARÐFRÆÐI OG UMMYNDUN

Á mynd 3 er sýnt einfaldað jarðlagasnið þar sem meginskipting bergsins er í móbergsmýndanir og hraunlagamýndanir. Mögulegt er að bergið frá um 270 m og niður undir 395 m dýpi sé móbergsmýndun. Um 20 m þykkt móberg kemur fram neðan 440-460 m, það þriðja á 530-592 m og það fjórða á 650-780 m. Á öðrum dýptarbilum eru hraunlög ráðandi.

Eins og áður er getið er ummyndun fremur lítil í þessum hluta holunnar. Niður undir 460 m örlar aðeins á aragoníti, en þar tekur að votta fyrir einstaka kalsíti. Zeólítar birtast ekki fyrr en neðan 530 m dýpis. Fyrst örlar á kabasíti og thomsoníti, síðan fer að sjást analsím neðan 664 m, skólesít neðan 712 m, heulandít neðan 726 m, stilbít neðan 746 m, mordenít neðan 940 m og laumontít neðan 940 m dýpis. Fyrstu merki um pýrít finnast neðan 780 m dýpis. Ljóst er af þessari upptalningu að ummyndun er hér minni niður á svo mikið dýpi en annarsstaðar á Nesjavallasvæðinu.

4 BORHOLUMÆLINGAR

Borun fyrir vinnslufóðringu í NJ-18 gekk áfallalaust og þurfti því ekki að mæla í holunni fyrr en fóðringardýpi var náð, í 950 metrum. Þær mælingar sem gerðar voru áður en borun vinnsluhluta holunnar hófst eru skráðar í töflu 3.

Fyrir upptekt var hitamælt í stöngum til að kanna upphitun og síðan aftur eftir upptekt (mynd 4). Skoltap í holunni var um 7-9 l/s og sýndu hitamælingarnar að áðælingin kældi holuna niður á rúmlega 600 m dýpi. Þar fyrir neðan var hæg upphitun og var upphitunarhraðinn á 900 m dýpi t.d. um 3-4 gráður á klukkustund. Að hitamælingum loknum var víddarmælt og síðan gerðar jarðlagamælingar. Ekki verður fjallað um þessar mælingar hér, en þó ber að nefna að víddarmælingin sýndi að nokkrir skápar voru í holunni. Sá stærsti var á tæplega 350 m dýpi og mældist víddin þar um 30 tommur, en einnig komu fram skápar í rúmlega 600-615 og 770-780 m dýpi.

Eftir að vinnslufóðringin hafði verið steyppt og bormenn farnir í frí voru gæði fóðringarsteypunnar mæld. Mælingin er sýnd á mynd 5. Steyping fóðringarinnar gekk mjög vel og því ekki að undra að mælingin sýni þokkalega steypu bak við rörið endilangt. Jöfnust eru steypugæðin efst í holunni, þ.e. svo langt niður sem öryggisfóðringin nær, og neðst, þ.e. neðan við dýpstu æð holunnar, í rúmlega 600 m dýpi. Holan var hitamæld fyrir steypumælinguna og sömuleiðis tveimur dögum síðar þegar bormenn komu úr fríi. Báðar hitamælingarnar eru sýndar á mynd 6. Þar kemur fram að holan hitnar milli mælinga neðan 620 m dýpis og var hæsta hitastig um 113°C á 912 m dýpi. Bendir upphitunin til þess að við fóðringarendann á 950 m dýpi sé berghiti ekki undir 150°C. Í efri hluta holunnar er hitastig hins vegar lágt og lækkar milli mælinga jafn undarlegt og það nú er. Virðist berghiti ofan 500 m dýpis vera lægri en 35°C. Í mælingunum sést kæling við æðina á 600-615 m dýpi, og einnig bendir kæling á 320 og 510 metrum til þess að þar hafi tapast skolvatn út í bergið.

ORKUSTOFNUN
JARÐBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA
Jötuns

VERK NR. 560	HOLA NR. NJ-18	BORSTAÐUR Nesjavellir		VERKKAUPI Hitaveita Reykjavíkur
VIDD HOLU 12 1/4"	DÝPT HOLU 950	FÓÐRING NR. 3	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS. 21-22-09-1986	ÚTFYLLT H.Á: H.S.

FJARLEGD KJALLARABRÚN — KRAGI		0,30 m		
FÓÐRING	PVERM. UTAN	95/8	INNAN 220,5 og 224,4 mm.	
	GERÐ	K-55	PYNGD 47 og 40 lbs/ft	
	TENGI	Skrúfuð Buttress		
	NOTAÐ	945,84 m	FRÁ KRAGA 934,49m	
	KRAGI (FLANGS)	Slíf í holuflansi		
	SKÓR	Float shoe & Float collar		
MÍÐJUST.	16 stk.	STEYPUT.	stk.	
STEYPIG	SEMENT G-blanda:	55,9 tn.	kg	
	SEMENT Portland:	32 tn.	kg	
	ÍBL.EFNI Perlusteinn, Kísilsalli, Gel.		kg	
	ÍBL.EFNI		kg	
	TAFAEFNI	0 kg	EDLISP. STEYPU 1,63	
	STEYPUTÆKI	Halliburton steipusamstæða		
	STEYPIGARTÍMI	56	mín	
	EFTIRDÆLING. MAGN	8950	1 TÍMI 23 mín	
	STEYPA KOM UPP	<input checked="" type="checkbox"/> JÁ	<input type="checkbox"/> NEI	
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA	Ca. 30 m		
FRÁGANGUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR	2,5	h	
	SEMENT	1500 kg	ÍBL.EFNI 0 kg	
	SKORID OFAN AF EFTIR	5,5	h	
	STEYPA BORUD EFTIR	118	h	
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI	914	m	
VERKTÍMI RÖR	STEYPA	TOPPUR	TAFIR	ALLS
h 15	4,0	19	5	62
ATH. 13 efstu rörin eru 40 lbs/ft. Hin eru öll 47 lbs/ft. Fóðring og steyping gengu vel í alla staði. 5½m. botnfall var í holunni.				

RÖRATALNING		
LENGD	NR ¹⁾	ALLS m
10,78	1 x	10,78
12,21	2	22,99
12,12	3	35,11
11,80	4	46,91
11,68	5	58,58
11,93	6 x	70,51
12,17	7	82,68
13,58	8	96,26
13,60	9	109,86
13,72	10	123,58
13,14	11 x	136,72
12,36	12	149,08
13,62	13	162,70
12,91	14	175,61
13,16	15	188,77
12,98	16 x	201,75
13,12	17	214,87
13,41	18	228,28
13,18	19	241,46
13,11	20	254,57
13,17	21	267,74
13,30	22 x	281,04
13,23	23	294,27
11,91	24	306,18

05.82 20x30FDH

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

ORKUSTOFNUN
JARÐBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA (frh.)
Jötuns

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTADUR	FÓÐRING NR.	BLS.
650	NJ-18	Nesjavellir	3	2

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
13,12	25	319,30
13,26	26 x	332,56
13,12	27	345,68
13,22	28	358,90
12,75	29	371,65
13,20	30	384,85
12,45	31 x	397,30
13,17	32	410,47
13,10	33	423,57
13,05	34	436,62
13,16	35	449,78
13,17	36 x	462,95
13,14	37	467,09
13,09	38	489,18
13,02	39	502,20
13,12	40	515,32
13,11	41 x	523,43
12,83	42 x	541,26
12,73	43	553,99
13,21	44	567,20
13,09	45	580,29
12,91	46 x	593,20
13,15	47	606,35
13,34	48	619,69
12,94	49	632,63
12,98	50	645,61

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
13,19	51 x	658,80
13,29	52	672,09
13,14	53	685,23
13,13	54	698,36
13,31	55	711,67
13,30	56 x	724,97
13,07	57	738,04
13,24	58	751,28
12,95	59	764,23
13,13	60	777,36
13,16	61 x	790,52
13,18	62	803,70
13,14	63	816,84
13,24	64	830,08
13,12	65	843,20
12,30	66	855,50
12,67	67 x	868,17
13,21	68	881,38
13,23	69 x	894,61
12,26	70	906,87
0,60	Flot Coll	907,47
12,42	71	919,89
13,20	72	933,09
0,80	rör bítur x	933,89
0,60	Flot skór	934,49
-----	-----	-----

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m

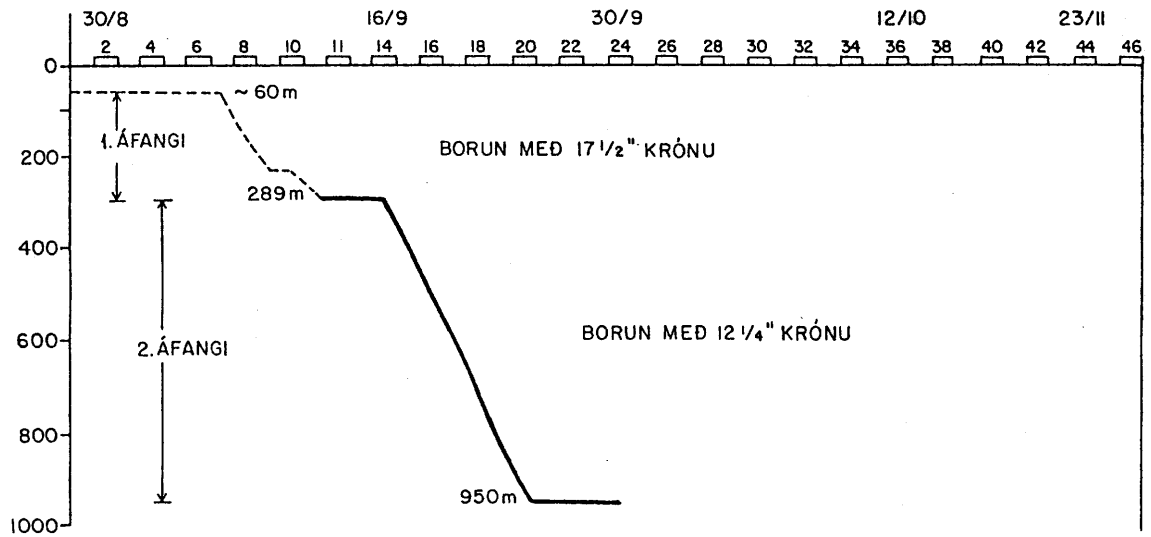
TAFLA 3. Hóla NJ-18. Borholumælingar í öðrum áfanga

Dags.	Tími (kl)	Hvað mælt	Dýptarmet	Athugas.
86.09.23	00:50-01:55	Hiti+dl+CCL	0-929	Í stöngum
86.09.23	06:20-07:30	Hiti+dl+CCL	0-950	Eftir upptekt
86.09.23	08:30-09:30	Vídd	0-940	Skápar
86.09.23	10:00-11:50	N-N og Gamma	0-940	Jarðlög
86.09.23	12:20-13:50	Viðnám	0-945	Jarðlög
86.09.26	13:50-14:50	Hiti+dl+CCL	0-912	Upphitun
86.09.26	15:00-17:00	CBL	0-912	Steypugæði
86.09.28	18:00-19:30	Hiti-dl-CCL	0-912	Upphitun

JHD BJ 8715 HF
86 12 1130 1S

NESJAVELLIR, HOLA NJ-18

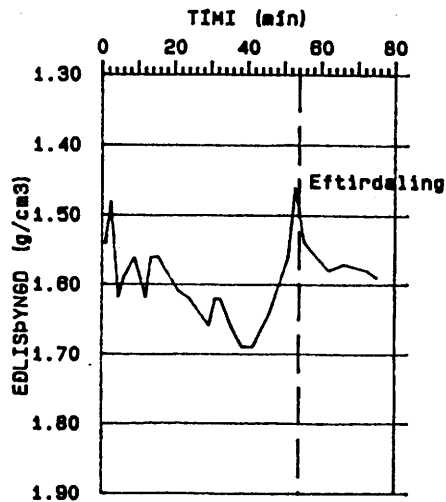
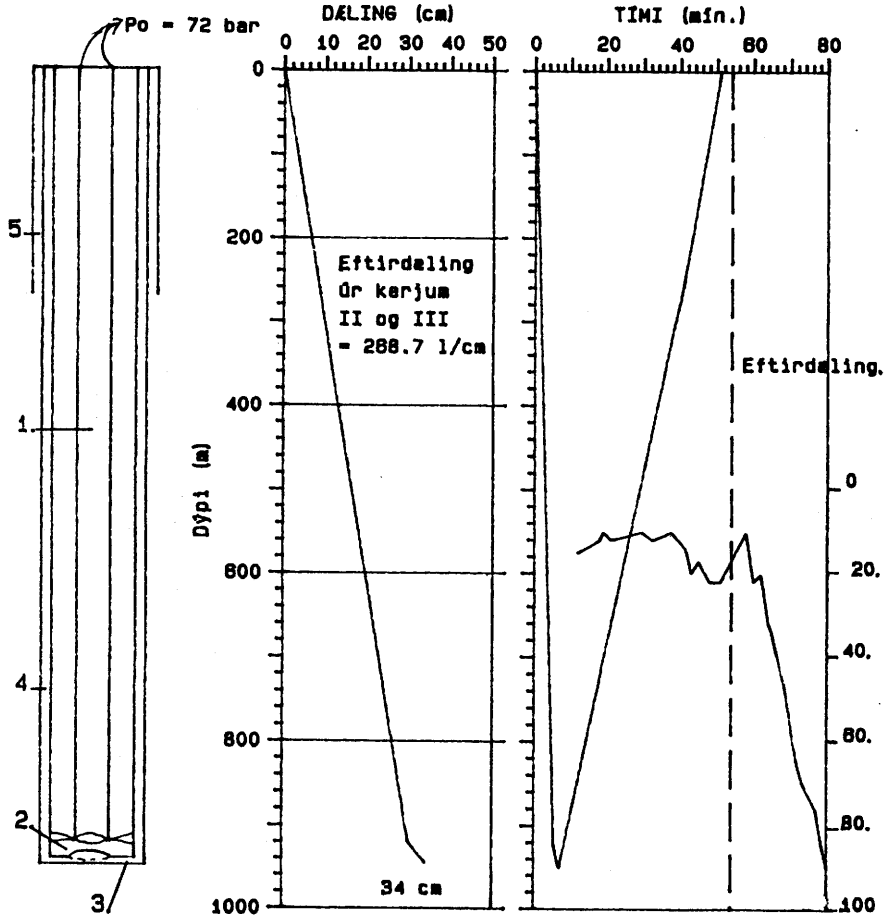
Gangur borunar, annar áfangi



JMD-BJ-8715 Aes
88.10.0778 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

Steyping 9 5/8" fóðringar



1/m = 1 +100%

1.	9.28	x 920	=	8538	
2.	39	x 24	=	938	
3.	78	x 10	=	780	1520
4.	29	x 680	=	19140	38280
5.	33.7	x 290	=	9773	

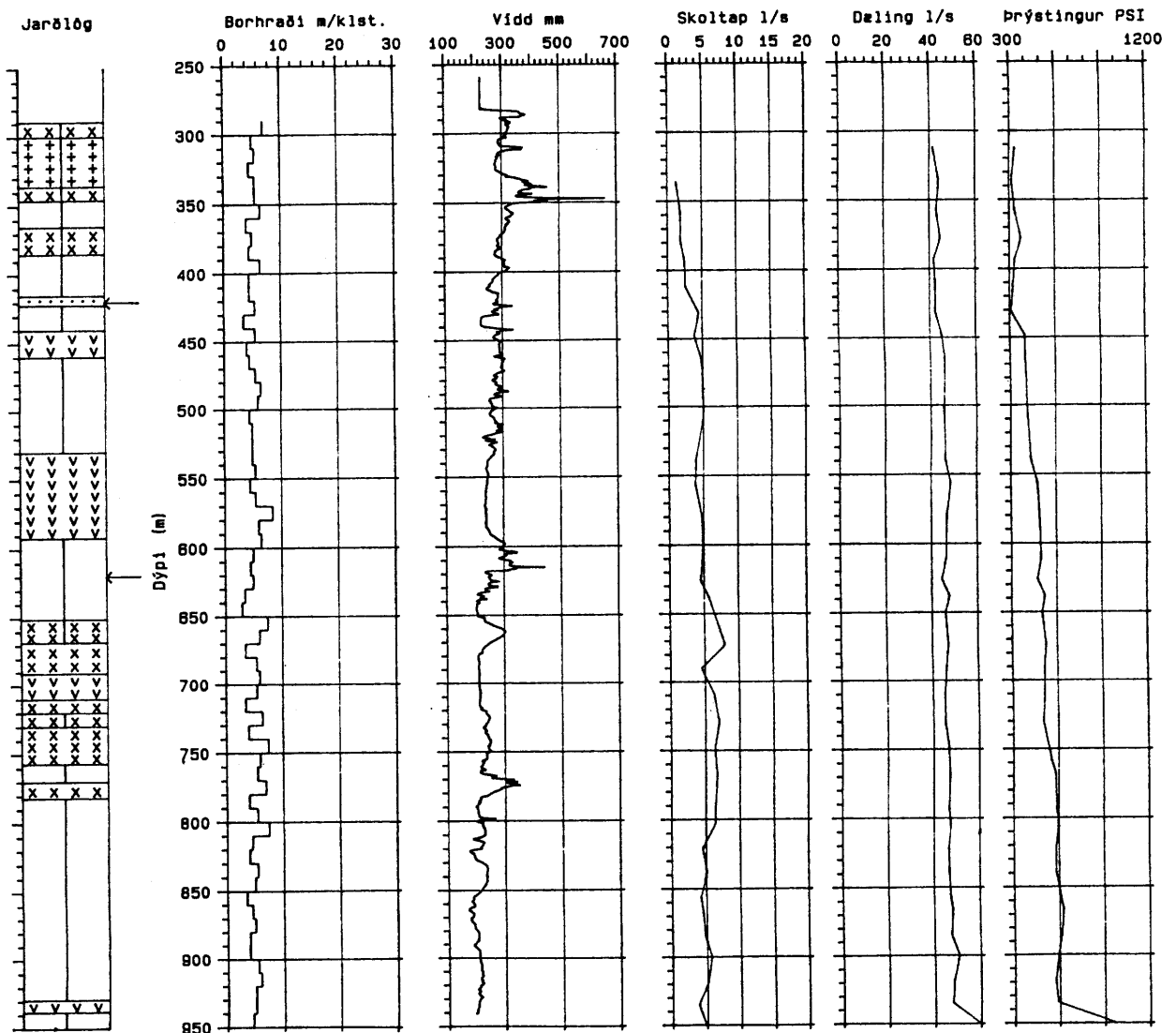
= 38197/840 = 46.8 tonn

Alls voru notuð 87.8 tonn af sementi.







JHD-BJ-8715 A66
88.10.0778 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun



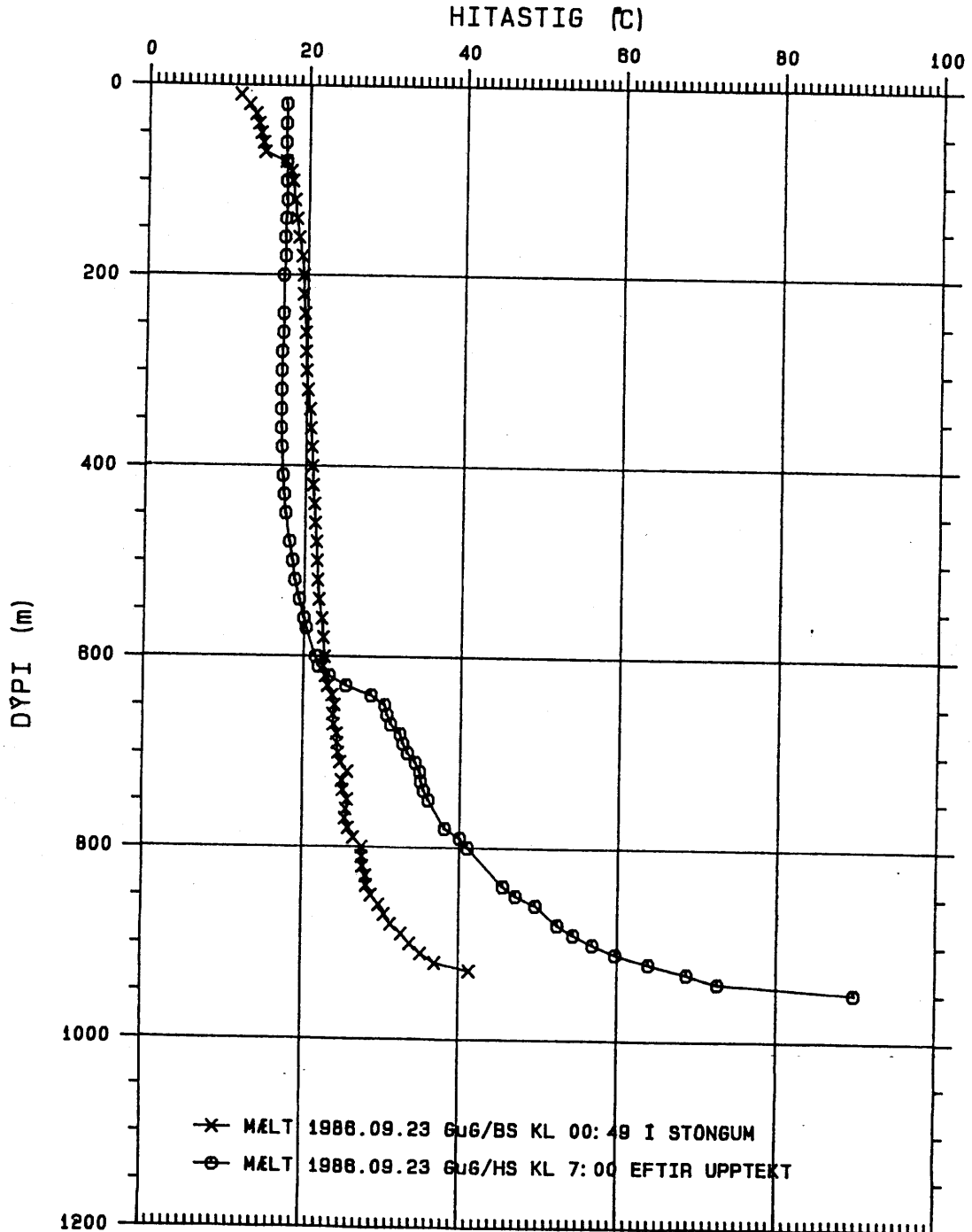
Skýringar við jarðlagasnið

- | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------|
|  | Fersklegt fín-meðalkorna basalt |  | Basaltrík breksía |
|  | Fersklegt meðal-grófkorna basalt |  | Túff |
|  | Fersklegt glerjað basalt |  | Fínkornótt set |

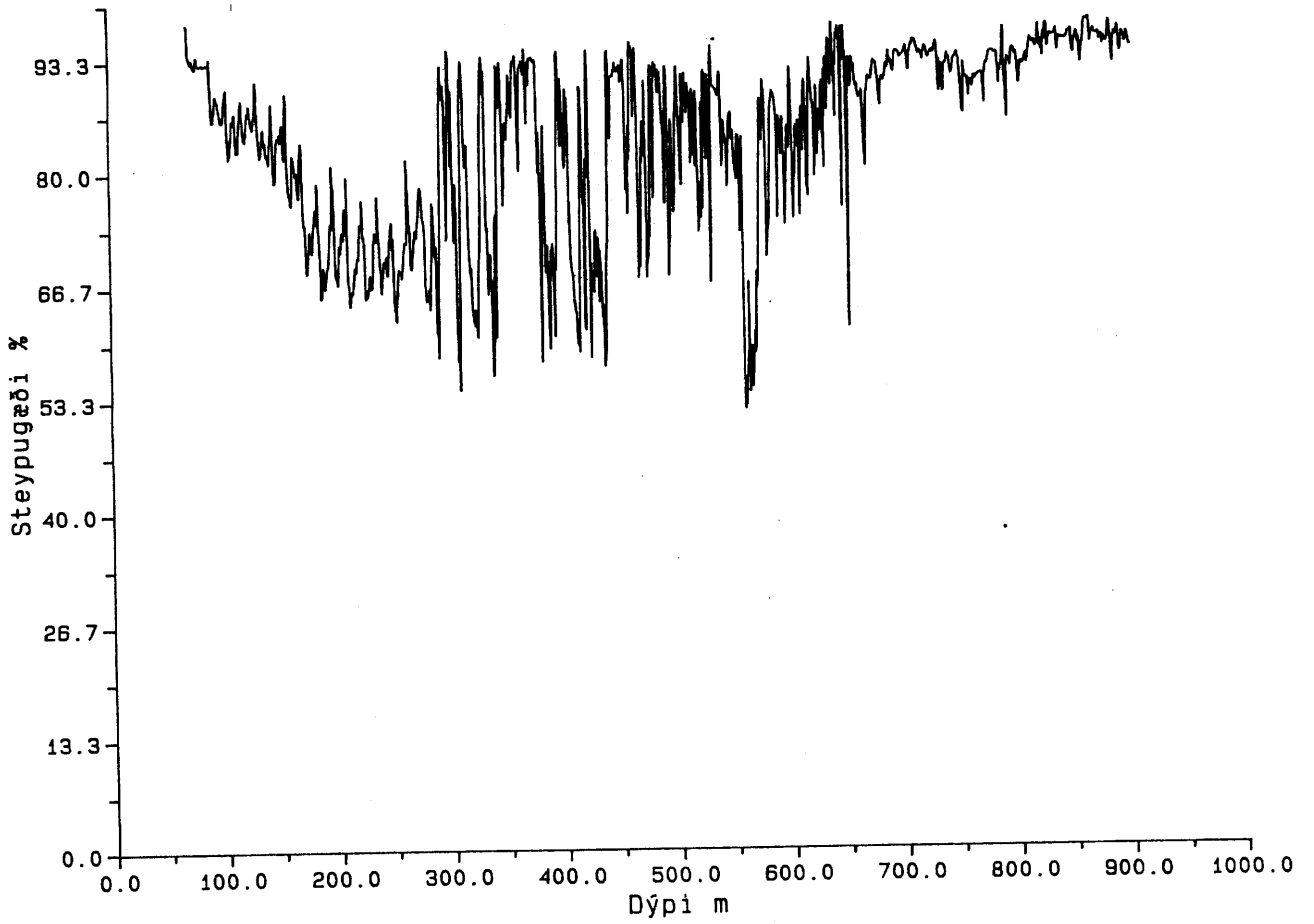


JHD-BM-8715 GuH
86.10.0850 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 HITAMÆLINGAR



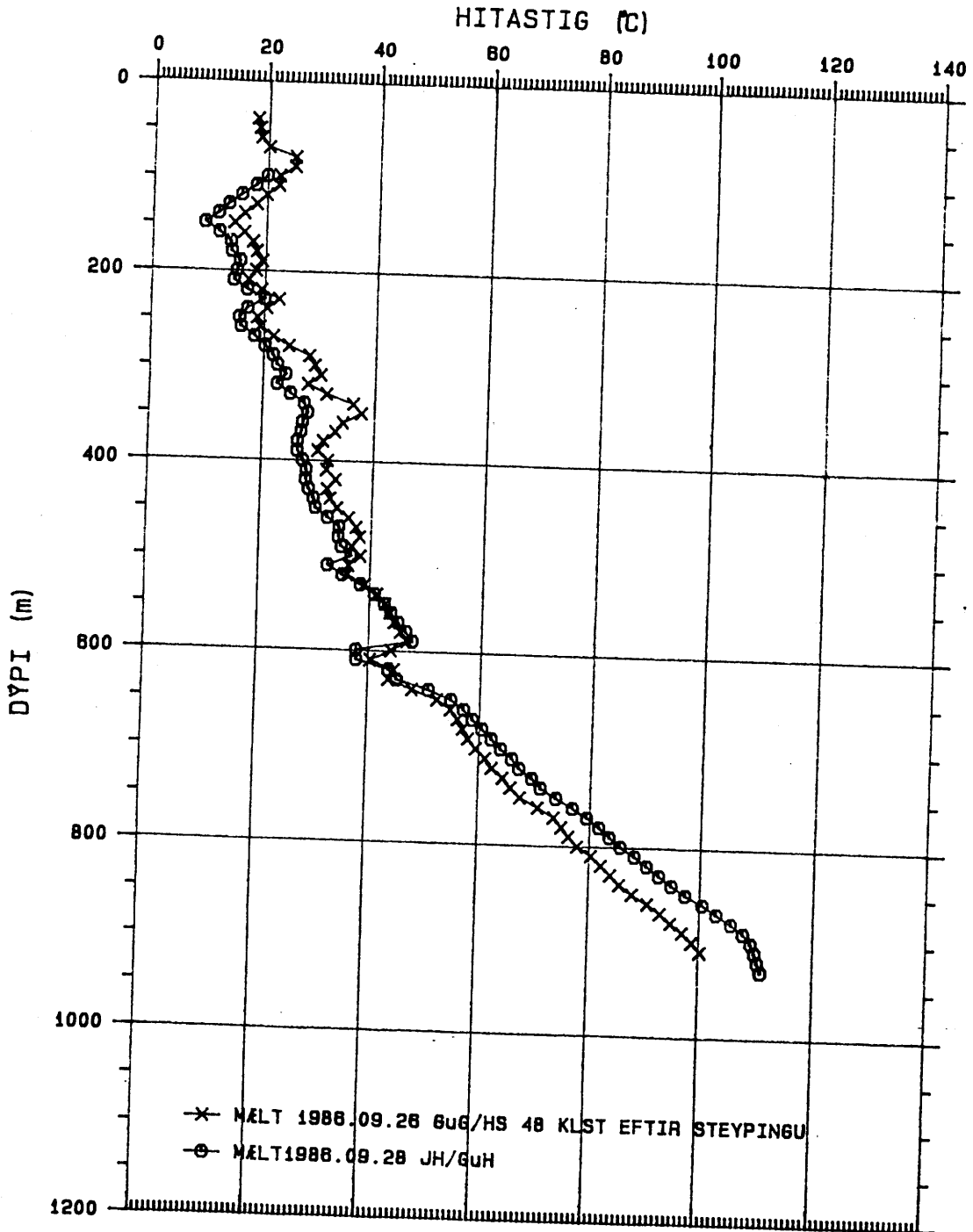
NESJAVELLIR NJ-18 STEYPUMÆLING 86-09-26





JHD-BM-8715 GuH
86.10.0854 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 HITAMÆLINGAR



EFNISYFIRLIT

	Bl.s.
1 INNGANGUR	96
2 BORSAGA	96
3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN	101
4 BORHOLUMÆLINGAR	101
5 ÞREPADÆLINGAR	103

TÖFLUSKRÁ

1 Gangur borunar	96
2 Fóðrunarskýrsla	99
3 Hallamælingar í borun	101
4 Borholumælingar	104
5 Hallamælingar með segulhallamælum	105
6 Þrepaðælingar	106

MYNDASKRÁ

1	Gangur borunar	109
2	Jarðlög og mælingar í borun	110
3	Skoltöp í lok borunar	111
4	Borstrengur sprengdur í sundur	112
5	Hitamælingar	113
6	Hitamælingar	114
7	Þrýstimælingar	115
8	Vatnsborðsstaða við breytilega ádælingu	116
9	Hitamælingar	117
10	Þrepaðæling	118

1 INNGANGUR

Verkpáttur þessi er unninn samkvæmt samningi Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Eftirtaldir aðilar unnu að þessu verki: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðjón Guðmundsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Guðni Guðmundsson, Guðni Axelsson, Hjalti Franzson, Jósep Hólmjárn, Ómar Sigurðsson, Sigurður Benediktsson og áhöfn Jötuns.

2 BORSAGA

Á mynd 1 er sýndur gangur borunar í þriðja áfanga. Sá áfangi hófst 29. september (á 24. verkdegi) og lauk 23. október (á 44. verkdegi) með fellingunni bormasturs. Lokadýpi holunnar varð 2136 m.

Áfanginn hófst með niðursetningu borstrengs, og voru allar álagsstengur sprungukannaðar með röntgenljósmýndun áður en þær voru sendar niður í holuna. Borkrónan var 8 1/2", af gerðinni HP-53-J og framleiðslunúmeri A43541. Í eftirfarandi töflu gefur að líta gang borunar frá degi til dags.

TAFLA 1 Gangur borunar

Verkd.	Borun/dag (m)	Tími (klst)	Meðalborhr. (m/klst)	Tími/krónu (klst)	Dýpi (m)
24	30	6.5	4.6	6.5	980
25	118	22.5	5.2	29.0	1068
26	91	22.0	4.1	51.0	1159
27	106	22.5	4.7	73.5	1265
28	116	21.5	5.4	95.0	1381
29	114	22.5	5.1	117.5	1495
30	111	22.5	4.9	140.0	1606
31	114	22.5	5.1	162.5	1720
32	113	22.5	5.0	185.0	1833
33	107	22.5	4.8	207.5	1940
34	101	22.0	4.6	229.5	2041
35	88	21.0	4.2	250.5	2129
36	7	2.0	3.5	252.5	2136

Meðalborhraði reiknast á grundvelli töflunnar 5 m/klst. Borun gekk áfallalaust fyrir sig allt niður í rúma 2100 m.

Þann 10. október, þegar holan var orðin rúmlega 2000 m djúp, var haldinn verkfundur þar sem fjallað var um hve djúpt yrði reynt að bora. Talið var líklegt að komið væri út fyrir þann hluta svæðisins sem vænta mætti samsvarandi hita og þrýstings og fannst í holu NJ-11. Samkomulag náðist um að freista þess að komast í allt að 2400 m dýpi. Einnig var samþykkt að nýta nýfengið vökvabólutæki til að greina myndunarhitastig útfellinga, og var þess vænst að með því gæfist áreiðanlegri vitneskja um líklegt hitastig í jarðhitageyminum. Þessar mælingar og svo auðvitað ummyndunarstúdía í svarfsjánni áttu að tryggja eins og kostur væri að hætt yrði borun áður en komið yrði í svipaðan óskapnað og vermir holubotn NJ-11.

Ekki kom þó til að borað yrði mikið dýpra, því að í 2107 m varð vart við festu borstrengs og í 2117 m festist borstrengurinn eftir stangaríbætingu og skolvatn hætti að koma upp. Þrýstingur á dælum jókst upp í 1600 psi og því greinilegt að fallið hafði að strengnum. Dæling var minnkuð og reynt að toga og snúa borstrengnum. Eftir um stundarfjórðung tókst að losa um borstrenginn og skolvatn streymdi upp á ný. Ein stöng var boruð til viðbótar, og í næstu stangaríbætingu endurtók sama sagan sig, festur og vandræði. En losa tókst um borstrenginn og enn var ein stöng boruð í viðbót allt í 2136 m. Að því loknu var borstrengur hífður í 2100 m og látinn dingla þar með rólegum snúningi. Þegar kanna átti botnfallið settist að borstrengnum og festi hann og ennfremur stíflaðist vatnsrásin. Í þetta skipti tókst ekki að losa borstrenginn, þrátt fyrir að togað væri í hann með allt að 300.000 punda togi, og með breytilegum snúningi og dælingu. Um miðjan dag þess 11. október (á 34. verkdegi) var ákveðið að frekari losunaraðgerðir væru tímæþjófur og ákveðið þess í stað að sprengja neðsta hluta strengsins í sundur (við neðri brún efri rýmara). Meginástæða þess að farið var í svona "drastískar" aðgerðir var sú, að þrátt fyrir að strengurinn losnaði á endanum, var nokkuð ljóst að ekki yrði farið út í að bora lengra niður vegna hrúnhættu, og að ólíklegt væri að í botni holunnar neðan borstrengsins leyndist þýðingarmikil vatnsæð sem fengur væri að ná til. Áður en til sprengjuaðgerða kom þurfti að hitamæla holuna þar sem ógerlegt er að sprengja í miklum hita. Mælingin sýndi að þörf var á að kæla holuna neðan 1700 m dýpis. Er kælingu var lokið með 3 klst dælingu í gegnum krónu var sprengju komið fyrir við efri rýmara. Sett var um 40.000 punda umframtog á strenginn við festustaðinn (um 180.000 pund á vikt). Strengurinn reyndist laus eftir sprenginguna. Tvær hallamælingar voru framkvæmdar; önnur í 1600 m, hin í 2000 m. Er þeirra getið frekar síðar. Ekki var strengur tekinn úr holu með það sama heldur dælt á holuna í gegnum stangir, en það var gert til að kæla í örvunarskyni neðan 1700 m, en

sem áður sagði náði vatnsstreymi í ádælingu aðeins niður í það dýpi. Ekki varð vart við neina umtalverða aukningu í tapi við þessa hringdælingu og var henni því hætt eftir um 3-4 klst. Tók nú við upptekt á borstreng, en afsprengd álagsstöng, rýmari, tengibútur og króna skilin eftir á holubotni. Að upptekt lokinni hófst venjubundið mælinga-
prógramm í holunni og var ádælingu haldið áfram. Mælingar tókust að því er virtist vel og var þeim lokið um miðjan dag 14. okt. (39. verkd.). Tók þá við fóðrun holunnar með raufuðum leiðara. Gerð leiðara og framkvæmdaratriði eru sýnd í töflu 2. Að fóðrun lokinni tók við þrepaðæling og er henni lýst í kafla 5 hér að aftan.

Er hér var komið sögu var komið að þeim tíma er bormenn færu í sitt samningsbundna fjögurra daga frí. Von þótti á að takast mætti að örva leiðni við holuna með því að láta hana hitna upp í fríinu en kæla hana síðan aftur niður með ádælingu að því loknu. Um árangur þessarar auka ádælingar er getið hér fyrir neðan og svo í kaflanum um þrepaðælingu. Mastur var fellt 23. október á 44. verkdegi.

Skoltöp í borun eru sýnd á mynd 2. Þar fór skoltap aldrei yfir 10 l/s. Vísbendingar um aukin skoltöp er unnt að sjá á rúmum 1400 m, um 1600 m, á um 1700 m og rúmum 1800 m. Ekki eru þær þó einhlýtar þar sem bæði eru um að ræða litla skoltapsaukningu (2-5 l/s), og einnig að á þeim tíma er ætíð verið að auka dælingu sem mögulega hefur aukið leka fram af hristisigtinu. Skoltöpin sýna því ekki í þetta sinn sannfærandi mynd af staðsetningum vatnsæða.

Athyglisverðar breytingar verða í skoltapi í dælingu á holuna eftir að borun lýkur eins og sýnt er á mynd 3. Í lok borunar mælist tapið undir 10 lítrum en eykst í 20-25 l/s næsta sólarhring á eftir, og síðan kemur önnur skörp aukning 13-14. okt. upp í allt að 53 l/s. Í ádælingu á holuna eftir upphitun hennar er skoltapið í upphafi um 30 l/s en eykst í 54 l/s á nokkrum klukkustundum. Ekki er sjáanlegt að vatnsæðar hafi opnast við áður nefnda upphitun og kælingu.



ORKUSTOFNUN
JARDBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA

Jötuns

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR		VERKKAUPI
650-1	NJ-18	Nesjavellir		Hitaveita Reykjavíkur
VIÐD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.	ÚTFYLLT
8 1/2"	2136	4	1986.10.14	1986.10.15. D.S.

FJARLÆGD KJALLARABRÚN — KRAGI		0,30 m		
FÓÐRING	PVERM. UTAN 7"	INNAN	161,7 mm.	
	GERÐ K-55	ÞYNGD	23,00 lbs/ft	
	TENGI Skrúfuð Buttress			
	NOTAD 1189,25 m	FRÁ KRAGA	835,77 m	
	KRAGI (FLANGS) Í Hengistykki		835,77m.	
	SKÓR 7 5/8" VEG Stýriskór			
MÍÐJUST.	stk.	STEYPUT.	stk.	
STEYPING	SEMENT		kg	
	SEMENT		kg	
	ÍBL.EFNI		kg	
	ÍBL.EFNI		kg	
	TAFAEFNI	kg	EDLISP. STEYPU	
	STEYPUTÆKI			
	STEYPINGARTÍMI		mín	
	EFTIRDÆLING. 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 9,0				14,0
ATH. Efstu 17 rörin 207,10 m. eru óraufuð eða frá 836,81 m. til 1043,91 m.				
Afgangurinn 74 rör eða 982,15 m. eru raufuð.				

RÖRATALNING		
LENGD	NR ¹⁾	ALLS m
0,78	Upphengja milli stykki	835,77
0,26		836,55
12,06	1	836,81
11,62	2	848,87
12,24	3	860,49
10,67	4	872,73
12,24	5	883,40
12,03	6	895,64
12,12	7	907,67
11,79	8	919,79
12,08	9	931,58
12,01	10	943,66
11,85	11	955,67
12,35	12	967,52
12,38	13	979,87
11,88	14	992,25
13,47	15	1004,13
13,44	16	1017,60
12,87	17	1031,04
12,17	18	1043,91
13,60	19	1056,08
12,30	20	1069,68
12,53	21	1081,98
11,85	22	1094,51
		1106,36

05.82 20x30FTH

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

ORKUSTOFNUN
JARÐBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA (frh.)
Jötuns

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTADUR	FÓÐRING NR.	BLS.
650-1	NJ-18	Nesjavellir	4	2

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
13,32	23	1119,68
13,65	24	1133,33
13,31	25	1146,64
13,67	26	1160,31
13,54	27	1173,85
13,44	28	1187,29
13,62	29	1200,91
13,18	30	1214,09
13,64	31	1227,73
13,19	32	1240,92
13,53	33	1254,45
13,45	34	1267,90
13,36	35	1281,26
13,41	36	1294,67
13,26	37	1307,93
13,44	38	1321,37
13,53	39	1334,90
13,05	40	1347,95
13,07	41	1361,02
13,47	42	1374,49
13,26	43	1387,75
13,23	44	1400,98
13,55	45	1414,53
13,44	46	1427,97
13,63	47	1441,60
12,94	48	1454,54

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
13,41	49	1467,95
13,29	50	1481,24
13,09	51	1494,24
13,25	52	1507,58
13,34	53	1520,92
13,60	54	1534,52
13,23	55	1547,75
13,25	56	1561,00
13,19	57	1574,19
13,56	58	1587,75
13,05	59	1600,80
13,06	60	1613,86
13,46	61	1627,32
13,52	62	1640,84
13,40	63	1654,24
13,18	64	1667,42
13,27	65	1680,69
12,98	66	1693,67
13,47	67	1707,14
13,34	68	1720,48
13,39	69	1733,87
13,46	70	1747,33
13,30	71	1760,63
13,28	72	1773,91
13,39	73	1787,30
13,23	74	1800,53

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
13,20	75	1813,73
13,18	76	1826,91
13,13	77	1840,04
13,41	78	1853,45
13,41	79	1866,86
13,44	80	1880,30
13,46	81	1893,76
13,22	82	1906,98
13,63	83	1920,61
13,10	84	1933,71
13,53	85	1947,24
13,61	86	1960,85
13,28	87	1974,13
13,34	88	1987,47
12,89	89	2000,36
13,59	90	2013,95
12,09	91	2026,04
0,20	Stýri Skór	2026,24

Alls voru gerðar fjórar hallamælingar í borstrengnum:

TAFLA 3 Hallamælingar í borun

1082 m	3.1 gráða
1321 m	3.8 -
1600 m	4.0 -
2000 m	6.7 -

Að auki voru gerðar 6 stefnuhallamælingar í opinni holu. Megintilgangur þeirra síðarnefndu var að fá úr því skorið hvort holunni hallaði í átt að gossprungunni fyrir austan holuna, en vitað er að sú sprunga er ein af meginvatnsleiðurunum sunnar á svæðinu. Frekar er fjallað um hallamælingar í kaflanum um borholumælingar.

3 JARÐFRÆÐI OG UMMYNDUN

Einfaldað jarðlagasnið er sýnt á mynd 2. Niður á um 1300 m eru hraunlög fremur ráðandi, en þar koma þó fyrir <30 m þykkar móbergseiningar á þremur stöðum. Um 150 m þykk móbergsmýndun er á um 1300-1450 m dýpi og í rúmlega 1700 m vottar fyrir annarri. Innskot verða mjög algeng neðan u.þ.b. 1500 m dýpis, og eru yfir 50 %. Ísúr innskot eru algengust á milli 1400 og 1850 m dýpis og eru með líkum einkennum og í öðrum holum á svæðinu.

Helstu atriði ummyndunar eru þau að kvars og wairakít komu í ljós á um 1110 m dýpi, og epidót í um 1180 m dýpi. Rétt vottar fyrir wollastóníti á þremur stöðum; ca. 1350 m, 1600 m og 1950 m. Preníts varð fyrst vart neðan um 1380 m dýpis.

4 BORHOLUMÆLINGAR

Borholumælingar sem gerðar voru í 3. áfanga NJ-18 eru sýndar í töflu 3. Eins og að framan greinir festist borinn í rúmlega 2100 m dýpi og var strengurinn sprengdur sundur með dýnamíti á 2099 m dýpi (mynd 4). Í tengslum við þá aðgerð og einnig örvunaraðgerðir voru fleiri hitamælingar gerðar en ella eða alls 6 eftir að borun lauk. Auk þess var holan hallamæld á 6 stöðum með segulhallamæli.

Hitamælingarnar (myndir 5 og 6) sýna að við utanádælingu tekur holan vel við vatni allt niður á rúmlega 1700 m dýpi, þar sem aðalæð hennar virðist vera, en litlu þar fyrir neðan og engu neðan við 1920 m. Erfitt er að greina aðrar æðar ofar í hitamælingunum. Við borlok stoppuðu allir mælar í 2008 m dýpi. Þar er skápur (sbr víddarmælingu) og halli holunnar líklega nálægt 7 gráðum og því ekki óeðlilegt að mælar stoppi. Að öðru leyti gengu jarðlagamælingar vel.

Hallamælingar í borun eru gerðar inni í borstrengnum. Í holu NJ-18 voru mældir 4 punktar í strengnum (tafla 3) og sýndu þær að halli á vinnsluhluta holunnar var 3-7 gráður. Þótti því forvitnilegt að reyna að fá hugmynd um stefnu holunnar með tilliti til gossprungunnar. Jarðhitadeild á tvo mæla (svokallaða "single shot" þ.e. aðeins hægt að taka einn punkt í ferð) sem báðir hafa seguláttavita til að sýna stefnu hallans. Skiptar skoðanir hafa verið á notagildi seguláttavita í íslensku bergi. Gerðar voru nokkrar tilraunir með slíkt 1982 og þar segulhallamæli í flestum tilfellum þokkalega saman við gýróhallamæli (sem talinn er mjög áreiðanlegur). Þó komu fram punktar, t.d. í Kröflu, þar sem verulega munaði eða allt að 180 gráðum.

Í töflu 5 eru mælingarnar sýndar. Mælistaðirnir voru valdir með hliðsjón af jarðlagagreiningu og víddar- og viðnámsmælingunum. Þegar þær eru skoðaðar þar hallanum vel saman við mælingarnar sem gerðar voru í borun. Varðandi stefnuna þá læðist að sá grunur að punktarinn í 1285 og 1385 m dýpi séu ekki trúverðugir miðað við hina og fá ekki staðist út frá bortæknilegu sjónarmiði ("dog leg" yfir 5). Því var horft fram hjá þessum 2 punktum þegar reiknað var út hvar holan liggur. Niðurstaðan er sú að holan getur á 2100 m dýpi verið rúmlega 100 m norðan (N-10°-A) við lóðlínu og á 1500 m dýpi tæpum 60 m norðan lóðlínu. Þá er lega holunnar framlengd (í 2100 m) í sömu stefnu en stuðst við hallann sem mældur var í 2000 m. Við útreikninga í töflu 5 er notuð "minimum curvature method" og misvísun 23 gráður vestur.

Eins og áður er getið þá voru skoltöp í borun fremur lítil og því ekki unnt að ákvarða vatnsæðar með mikilli vissu á þann hátt. Hitamælingar í borlok gefa þó nokkra vísbendingu um vatnsæðar og eru þær helstu á um 1050 m, 1150 m, 1500 m, 1600 m, 1720 m og 1850 m dýpi.

5 PREPADÆLING

Undirbúningur að þrepaðælingu hófst skömmu fyrir kl 6 þann 15. október 1986 eftir að raufaður leiðari hafði verið settur í holuna. Byrjað var á að mæla þrýsting niður holuna um leið og sambyggðum hita- og þrýstingsmæli var rennt niður fyrir þrepaðælinguna (mynd 7). Meðan það var gert var ádæling höfð óbreytt frá því sem verið hafði meðan leiðari var settur í holuna eða 24.2 l/s. Við þessa dælingu fannst vatnsborð á 81.5 m dýpi en eins og sést af mynd 8 er þessu vatnsborði haldið uppi af lofti í efstu tugum metra vatnssúlunnar. Líklegt er að rétt vatnsborð fyrir þessa dælingu sé á nálægt 100 m dýpi miðað við drifborð Jötuns. Síðar, eftir dælingu, var stöðugt vatnsborð holunnar á um 236 m dýpi.

Mælunum var komið fyrir á 1710 m dýpi eða neðan til í virkasta hluta holunnar og rétt fyrir ofan neðstu æð sem hafði sýnt marktæka virkni samkvæmt hitamælingum. Til glöggvunar sést á mynd 9 að skoltap er lítið neðan 1750 m dýpis fyrir þrepaðælinguna. Þrepaðælingin hófst með því að ádæling var aukin upp í 36.7 l/s og haldið þannig í rúma 3 tíma. Þá var ádælingin minnkuð aftur í 24.2 l/s í 3 tíma en síðan var dælingin stöðvuð og fylgst með þrýstingslækkuninni og upphitun holunnar. Framgangur þrepaðælingarinnar er sýndur nánar á mynd 10 og í töflu 6. Að endingu var holan hitamæld upp í 600 m dýpi (mynd 9) og þrýstingur þaðan og upp (mynd 7). Mælingum lauk skömmu eftir kl 18:30 síðdegis sama dag.

Ef lítið er á fyrsta þrepið í þrepaðælingunni þegar ádæling er aukin sést að undir lok þrepsins fellur þrýstingurinn aðeins. Þetta gæti bent til að holan hafi opnað sig aðeins undir lok þessa þreps. Mynd 7 bendir til þess sama þar sem vatnsborð er lægra síðar í þrepaðælingunni heldur en fyrir hana. Þessi opning er þó mjög lítil. Við fyrsta mat á vatnsleiðni holu NJ-18 sker ádæliprepið sig frá fallprepunum. Fyrir ádæliprepið fæst vatnsleiðnin $kh/\mu = 1.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$ og tregðustuðullinn $s = -2$. Fallprepin gefa aftur á móti vatnsleiðnina $kh/ = (3.2 - 3.5) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa s}$ og tregðustuðulinn $s = 2.9 - 3.7$. Í háhitaholum er algengt að fallprepin gefi of hátt mat fyrir vatnsleiðnina vegna hitajöfnunar í holunni við litla ádælingu. Mynd 7 bendir þó ekki til að hitinn í holunni hækki neitt að ráði fyrr en undir lok mælingarinnar. Þessi skýring á því ekki nema óbeint við um holu NJ-18. Ádælingarstuðull holunnar er um 2.0 (l/s)/bar sem samsvarar að vatnsleiðnin gæti verið um $kh/\mu = 2.0 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$.

Ákveðið var að þegar bormenn kæmu úr fríi þann 20. október skyldi holan kæld niður og athugað hvort það myndi örva hana. Holunni hafði

verið leyft að hitna upp frá 15. október. Byrjað var að dæla á hana um kl 15 þann 20. október og þurfti þá um 30 l/s dælingu til að halda holunni fullri. Vatnsborðið seig síðan niður þegar vatnssúlan í holunni kólnaði, og var ádæling þá aukin í 41.15 l/s. Þannig var ádælingin höfð frá því um kl 21 til kl 6 að morgni 21. októbers. Vatnsborð var þá mælt á 26.2 m dýpi. Á mynd 8 sést að þetta samsvarar því sem fékkst við þrepaðælinguna og hefur þessi aðgerð því ekki haft nein áhrif til örvunar. Þegar ádælingu var hætt fór vatnsborð niður á sama dýpi og í þrepaðælingunni.

Vatnsleiðni holu NJ-18 er því á bilinu $kh/ = (2.0 - 3.0) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{Pa s}$ sem er nálægt því meðaltali sem fengist hefur fyrir aðrar holur á Nesjavöllum þó í lægri kantinum. Tregðustuðull holu NJ-18 er í herra lagi miðað við aðrar Nesjavalla-holur. Þetta þýðir að holan er í tregu sambandi við þá vatnsleiðara sem hún sker. Ennfremur má vegna þess búast við að þrýstifallið inn í holuna verði mikið þegar hún verður sett í blástur. Hvaða áhrif það hefur á afköst holunnar er ekki ljóst að svo stöddu.

TAFLA 4 Yfirlit mælinga í 3. áfanga NJ-18

Dagsetn.	Tími	Hvað mælt	Tilgangur	Ástand holu	Aths.
86.10.11	18:50-21:14	Hiti, dt, CCL	Upphitun	Bor fastur	Ádæl. 28 l/s
86.10.11		Sprengt	Festa	Bor fastur	
86.10.12	10:30-13:30	Hiti, dt, CCL	Upphitun	Mælt í stöngum	Ádæl. 24 l/s
86.10.13	12:30-14:45	Hiti, dt, CCL	Upphitun	Mælt í stöngum	Ádæl. 22 l/s
86.10.13	18:00-19:10	Vídd	Skápar	Eftir upptket	Ádæl. 22 l/s
86.10.13	19:30-20:30	Viðnám	Jarðlög	"	Ádæl. 27 l/s
86.10.13	21:00-21:35	Hiti, dt, CCL	Upphitun	"	Ádæl. 27 l/s
86.10.13	23:00-02:00	N-N, Gamma	Jarðlög	"	Ádæl. 22 l/s
86.10.14		Hallamælingar í 1240, 1285, 1385, 1430, 1541 og 1732 m			
86.10.15	06:30-18:40	Hiti, dt, CCL, þryst.	Upphitun	Leiðari í holu	Þrepaðæl.
86.10.19	14:10-15:20	Hiti, dt, CCL	Upphitun		Engin ádælin

TAFLA 5 Hallamælingar með segulhallamælum

Dýpi m	Halli*	Stefna	Hliðrun		Hliðrun í stefnu 10° m	ATH.
			norður m	austur m		
1240	3.8	25	37,3	17,4	39,7	
1285	4.0	(144)				Sleppi útreikn.
1385	3.9	(155)				" "
1430	4.1	348	49,6	18,6	52,1	
1541	3.9	339	57,0	16,4	59,0	
1732	4.3	7	70,2	15,0	71,7	
(2100)	(7.0)	(7)	(105)	(25)	(107,7)	
1385	4.0	145				TOTCO-mælir
1732	4.3	355				- " -

* Landfræðilegt norður

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

HRNR: 8715 SVÆBISNR: 153 STADS.NR: 118 ADF.NR: 3120

NJ18D.DMP

DÆLUPROFUN

Dæsetnings	Tími	Tímabresting min	Þrýstingur bar	Dæling l/s	Dæpi a nema m	Hiti C	ATHUGASEMDIR	SKRMR
861015	1146	4.0	158.50	24.20	1710.00	15.10		52
861015	1147	5.0	158.13	24.20	1710.00	15.10		53
861015	1148	6.0	157.80	24.20	1710.00	15.10		54
861015	1149	7.0	157.53	24.20	1710.00	15.10		55
861015	1150	8.0	157.30	24.20	1710.00	15.10		56
861015	1151	9.0	157.15	24.20	1710.00	15.10		57
861015	1152	10.0	157.00	24.20	1710.00	15.10		58
861015	1154	12.0	156.75	24.20	1710.00	15.10		59
861015	1156	14.0	156.60	24.20	1710.00	15.10		60
861015	1158	16.0	156.48	24.20	1710.00	15.10		61
861015	1200	18.0	156.38	24.20	1710.00	15.80		62
861015	1202	20.0	156.28	24.20	1710.00	15.80		63
861015	1207	25.0	156.10	24.20	1710.00	15.80		64
861015	1212	30.0	155.98	24.20	1710.00	15.80		65
861015	1217	35.0	155.88	24.20	1710.00	15.80		66
861015	1222	40.0	155.85	24.20	1710.00	15.80		67
861015	1227	45.0	155.83	24.20	1710.00	17.10		68
861015	1232	50.0	155.78	24.20	1710.00	17.10		69
861015	1237	55.0	155.73	24.20	1710.00	17.10		70
861015	1242	60.0	155.70	24.20	1710.00	17.10		71
861015	1247	65.0	155.70	24.20	1710.00	17.10		72
861015	1252	70.0	155.70	24.20	1710.00	17.70		73
861015	1257	75.0	155.68	24.20	1710.00	17.70		74
861015	1302	80.0	155.68	24.20	1710.00	17.70		75
861015	1307	85.0	155.68	24.20	1710.00	17.70		76
861015	1312	90.0	155.65	24.20	1710.00	18.10		77
861015	1317	95.0	155.65	24.20	1710.00	18.10		78
861015	1322	100.0	155.65	24.20	1710.00	18.10		79
861015	1332	110.0	155.63	24.20	1710.00	18.10		80
861015	1342	120.0	155.60	24.20	1710.00	18.60		81
861015	1352	130.0	155.58	24.20	1710.00	18.60		82
861015	1402	140.0	155.58	24.20	1710.00	18.80		83
861015	1412	150.0	155.58	24.20	1710.00	18.80		84
861015	1422	160.0	155.55	24.20	1710.00	18.80		85
861015	1432	170.0	155.55	24.20	1710.00	18.80		86
861015	1442	180.0	155.53	24.20	1710.00	18.80		87
861015	1444	182.0	155.53	24.20	1710.00	18.80		88
861015	1445	1.0	153.18	0.00	1710.00	18.80	DÆLINGU HATT PRIDJA PREP	89
861015	1446	2.0	151.30	0.00	1710.00	18.80		90
861015	1447	3.0	149.90	0.00	1710.00	18.80		91
861015	1448	4.0	148.93	0.00	1710.00	18.80		92
861015	1449	5.0	148.23	0.00	1710.00	18.80		93
861015	1450	6.0	147.65	0.00	1710.00	18.80		94
861015	1451	7.0	147.20	0.00	1710.00	18.80		95
861015	1452	8.0	146.85	0.00	1710.00	18.80		96
861015	1453	9.0	146.60	0.00	1710.00	18.80		97
861015	1454	10.0	146.38	0.00	1710.00	18.80		98
861015	1456	12.0	146.03	0.00	1710.00	18.80		99
861015	1458	14.0	145.80	0.00	1710.00	18.80		100
861015	1500	16.0	145.65	0.00	1710.00	18.80		101

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

HRNR: 3715 SVÆÐISNR: 153 STADS.NR: 118 ADF.NR: 3120

NJ19D.DMP

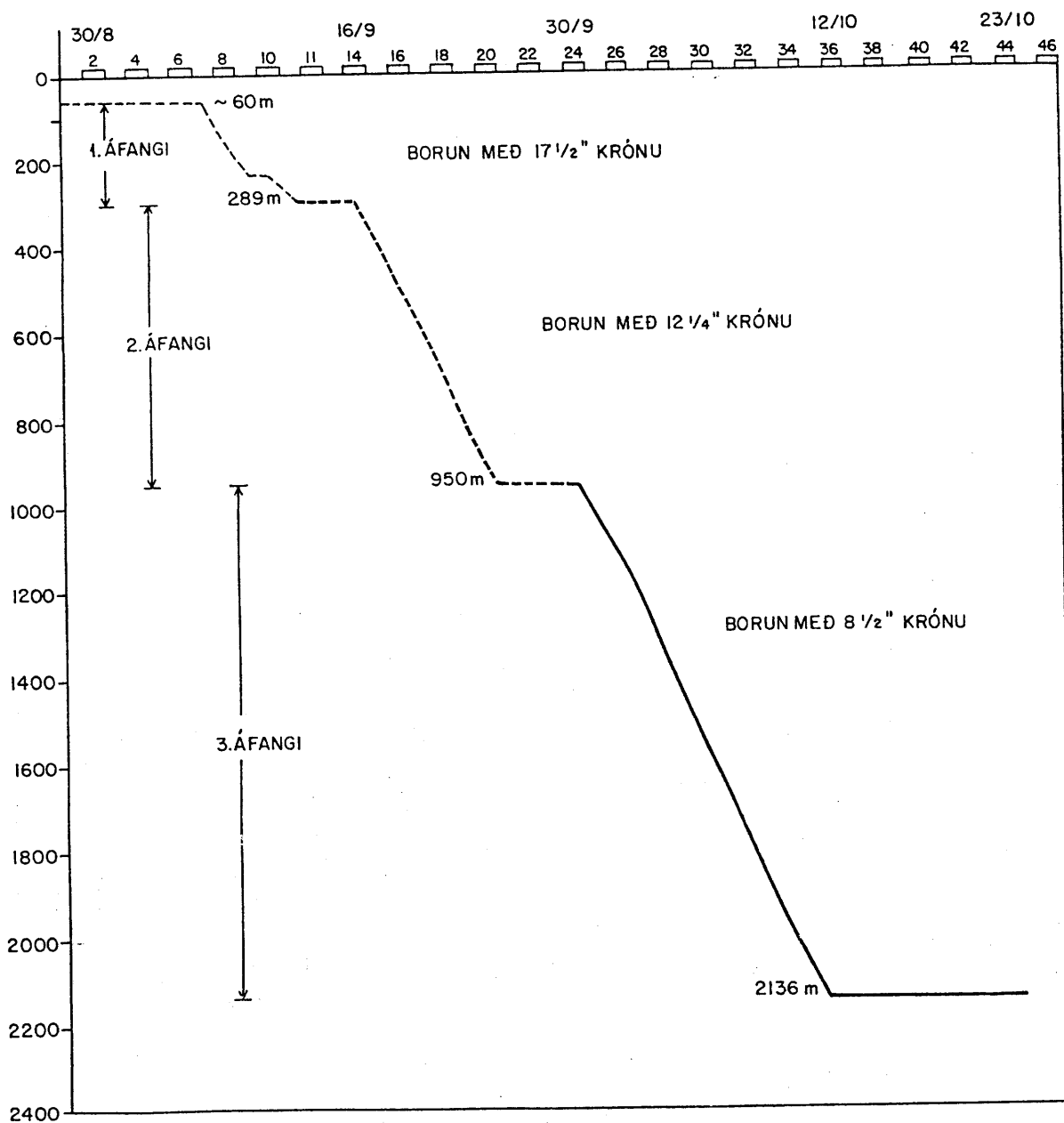
DÆLUPROFUN

Dassetnings	Tími	Tímabresting min	Þrestingur bar	Dæling l/s	Dýpi á nema m	Hiti C	ATHUGASEMDIR	SKRNR
861015	1502	18.0	145.50	0.00	1710.00	18.80		
861015	1504	20.0	145.33	0.00	1710.00	20.80		102
861015	1509	25.0	145.05	0.00	1710.00	20.80		103
861015	1514	30.0	144.88	0.00	1710.00	20.80		104
861015	1519	35.0	144.73	0.00	1710.00	20.80		105
861015	1524	40.0	144.60	0.00	1710.00	20.80		106
861015	1527	45.0	144.53	0.00	1710.00	20.80		107
861015	1534	50.0	144.45	0.00	1710.00	23.10		108
861015	1539	55.0	144.38	0.00	1710.00	23.10		109
861015	1544	60.0	144.33	0.00	1710.00	23.10		110
861015	1549	65.0	144.28	0.00	1710.00	23.10		111
861015	1554	70.0	144.23	0.00	1710.00	23.10		112
861015	1559	75.0	144.20	0.00	1710.00	24.70		113
861015	1604	80.0	144.18	0.00	1710.00	24.70		114
861015	1609	85.0	144.13	0.00	1710.00	24.70		115
861015	1614	90.0	144.10	0.00	1710.00	24.70		116
861015	1619	95.0	144.10	0.00	1710.00	26.60		117
861015	1624	100.0	144.05	0.00	1710.00	26.60		118
861015	1634	110.0	144.03	0.00	1710.00	26.60		119
861015	1644	120.0	143.98	0.00	1710.00	28.40		120
861015	1654	130.0	143.95	0.00	1710.00	28.40		121
861015	1704	140.0	143.93	0.00	1710.00	29.70		122
861015	1714	150.0	143.90	0.00	1710.00	29.70		123
861015	1718	154.0	143.90	0.00	1710.00	31.80		124
							MRLINGU HÆTT	125

JHD BJ 8715 HF
86 12 1129 IS

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

Gangur borunar, þriðji áfangi

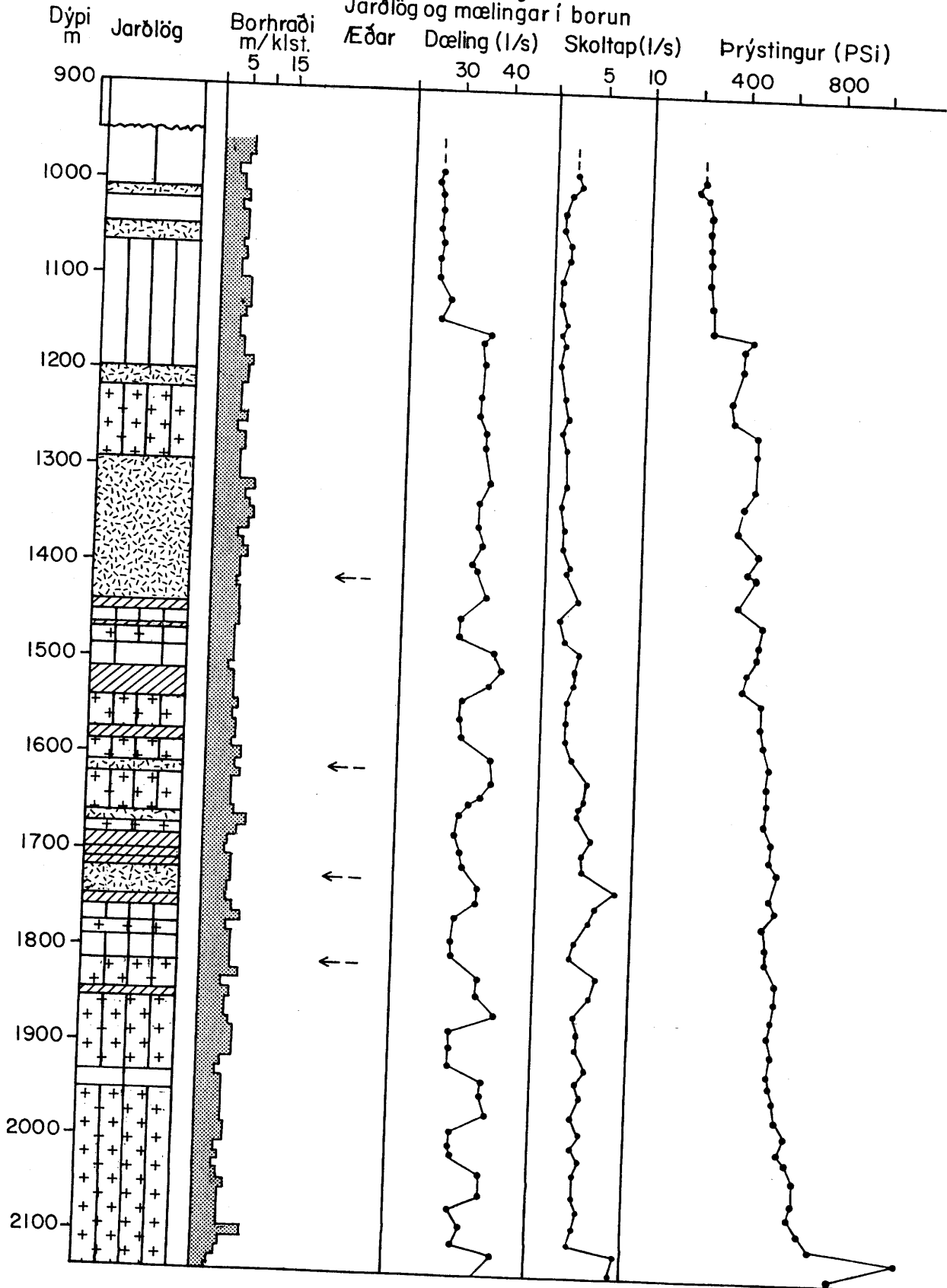


JHD BJ 8715 HF
86.12.1131 IS

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

3. áfangi

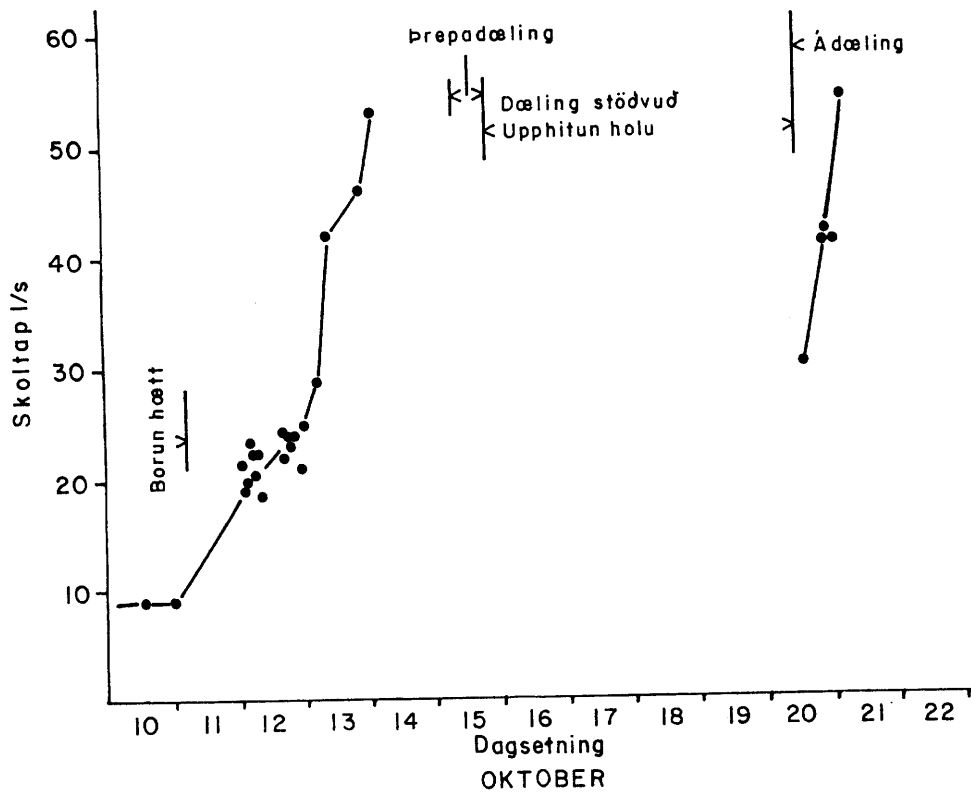
Jarðlög og mælingar í borun





JHD-BJ-8715. HF
87.01. 0045. SyJ.

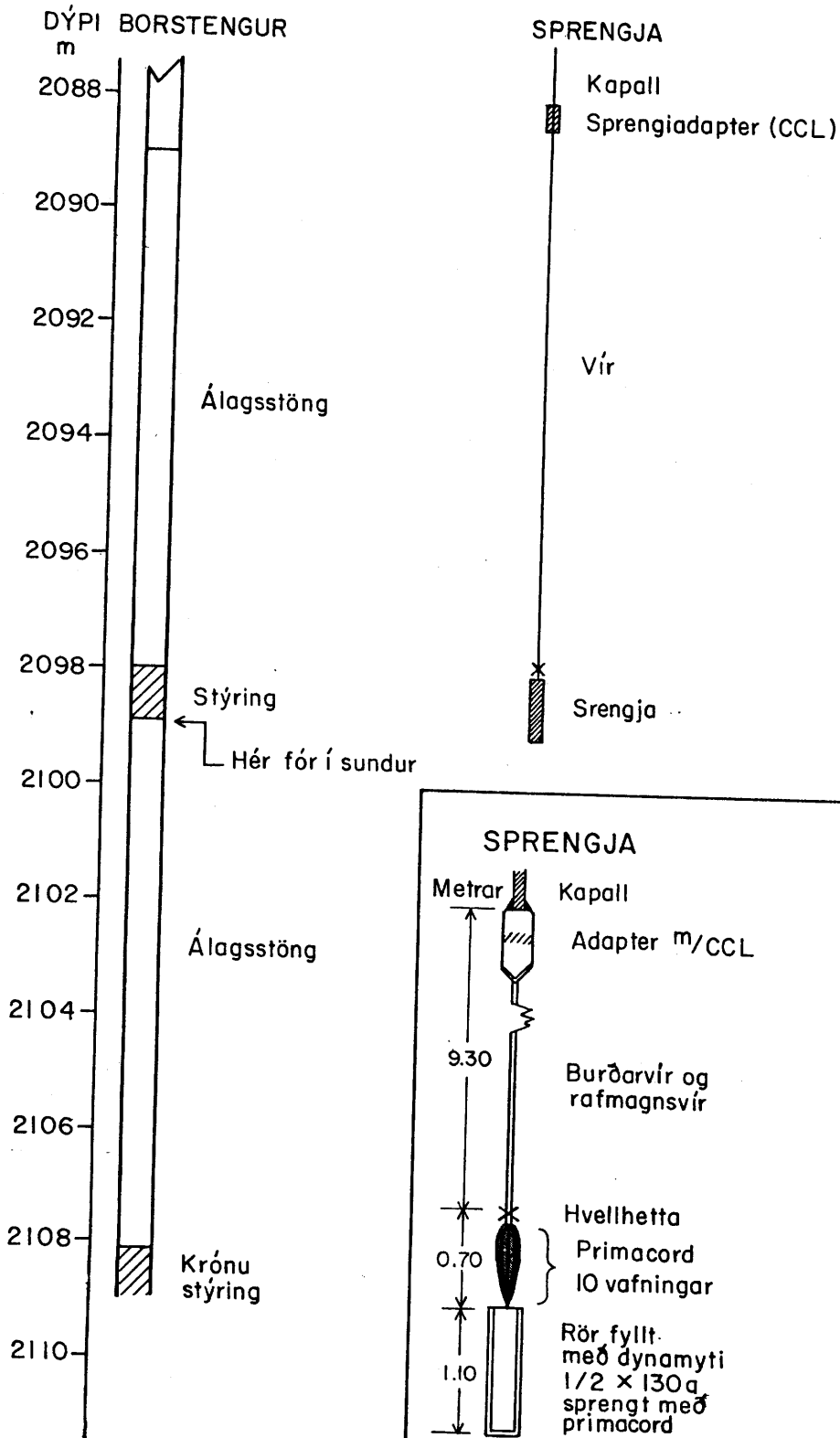
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 Skoltapsmælingar í lok borunar

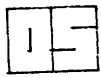


JHD BM 8715 GJG/GuG/JH
86.10.0838 IS

NESJAVELLIR HOLA NJ-18

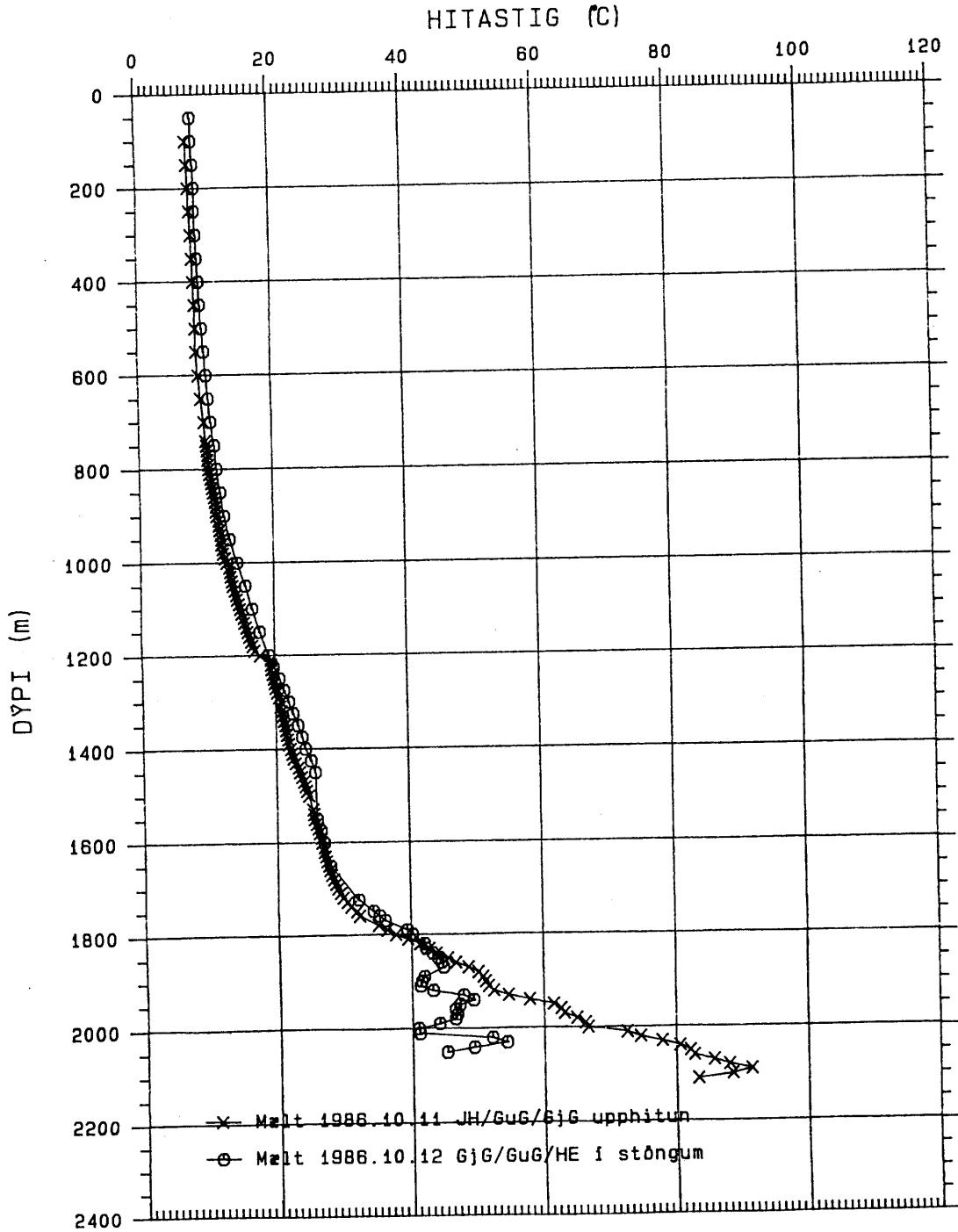
Borstrengur sprengdur sundur





JHD-BM-8715 GuH
87.01.0005 T

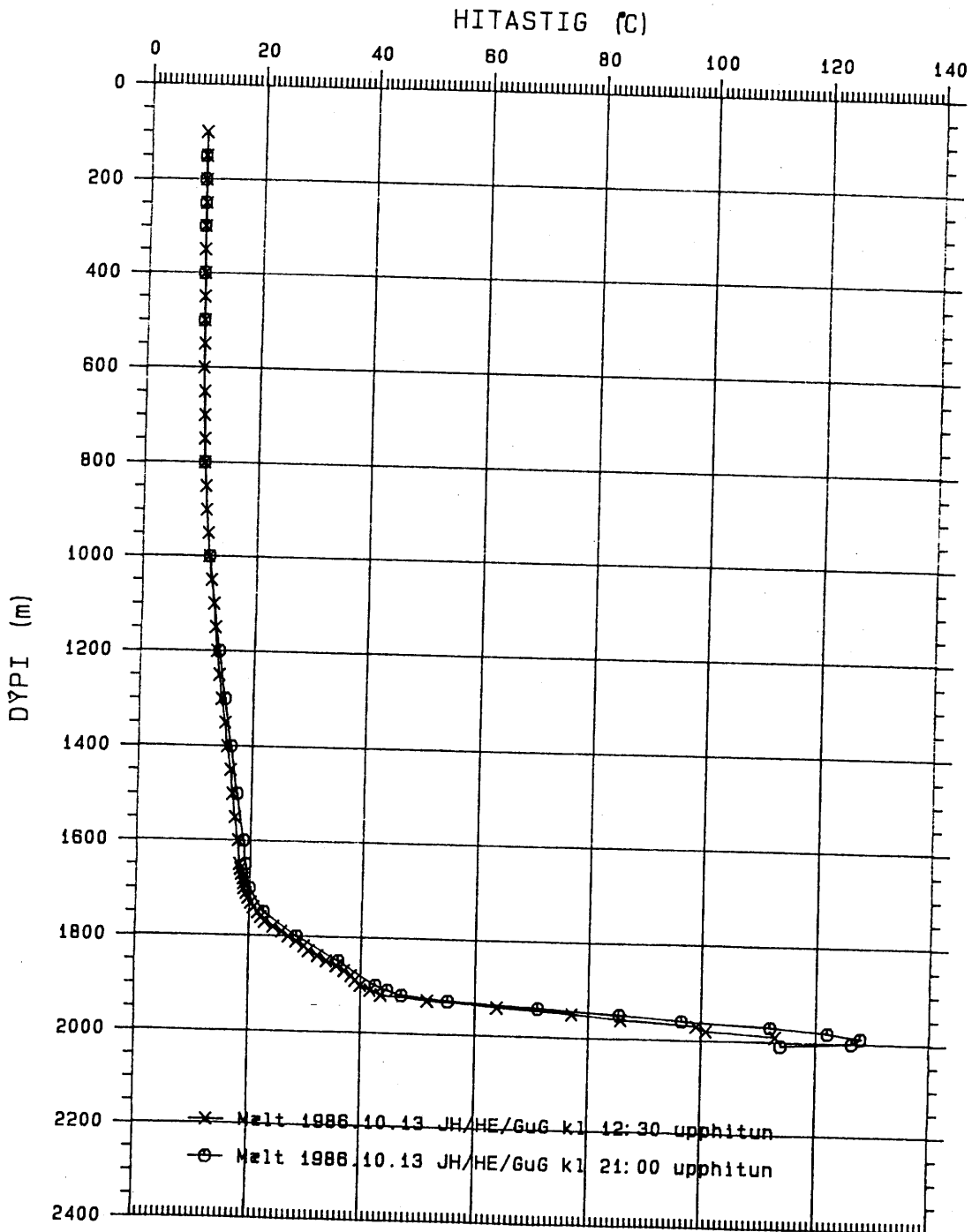
NESJAVELLIR HOLA NJ-18 HITAMÆLINGAR



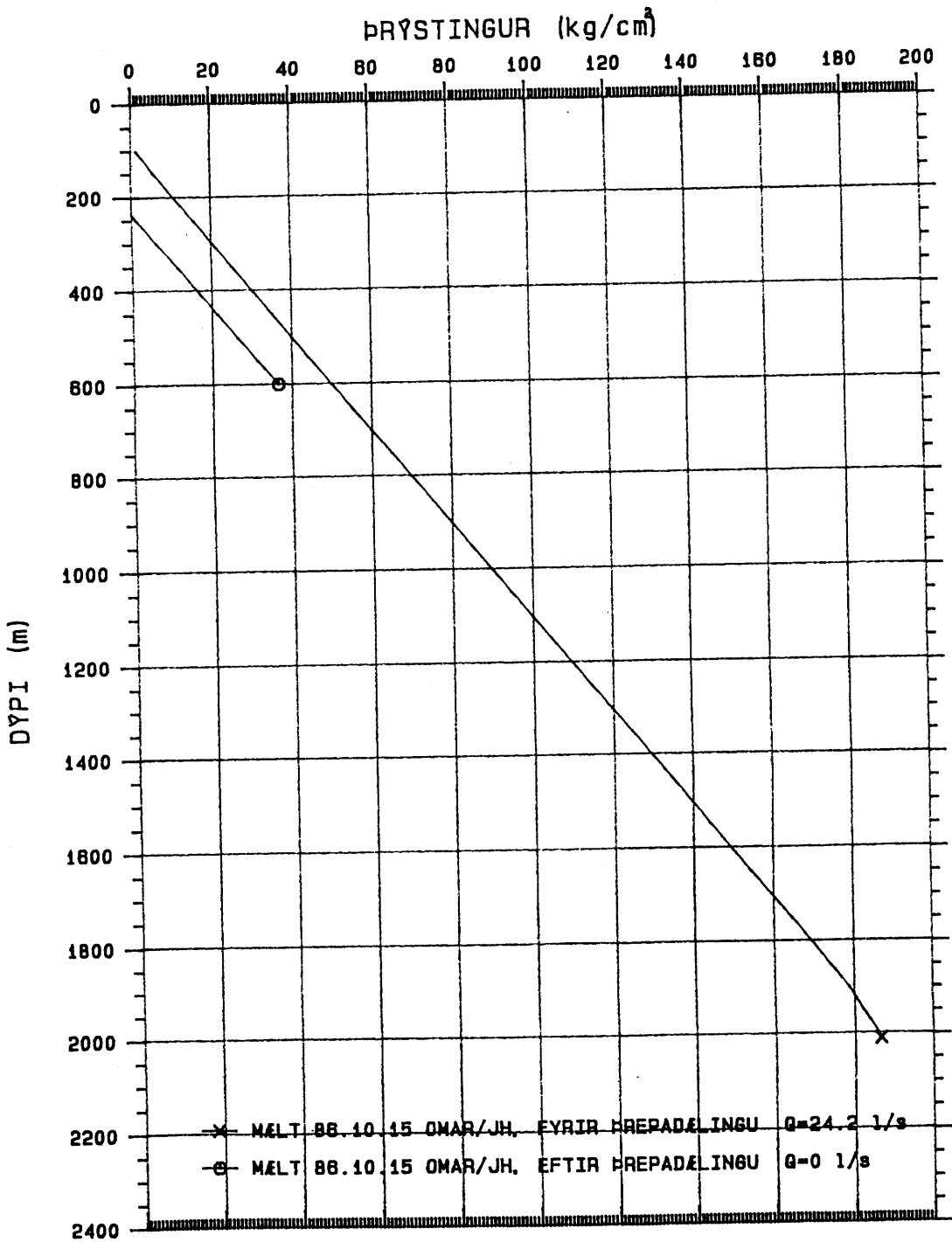


JHD-BM-8715 GuH
87.01.0006 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 HITAMÆLINGAR



NESJAVELLIR HOLA NJ-18 ÞRYSTIMÆLINGAR

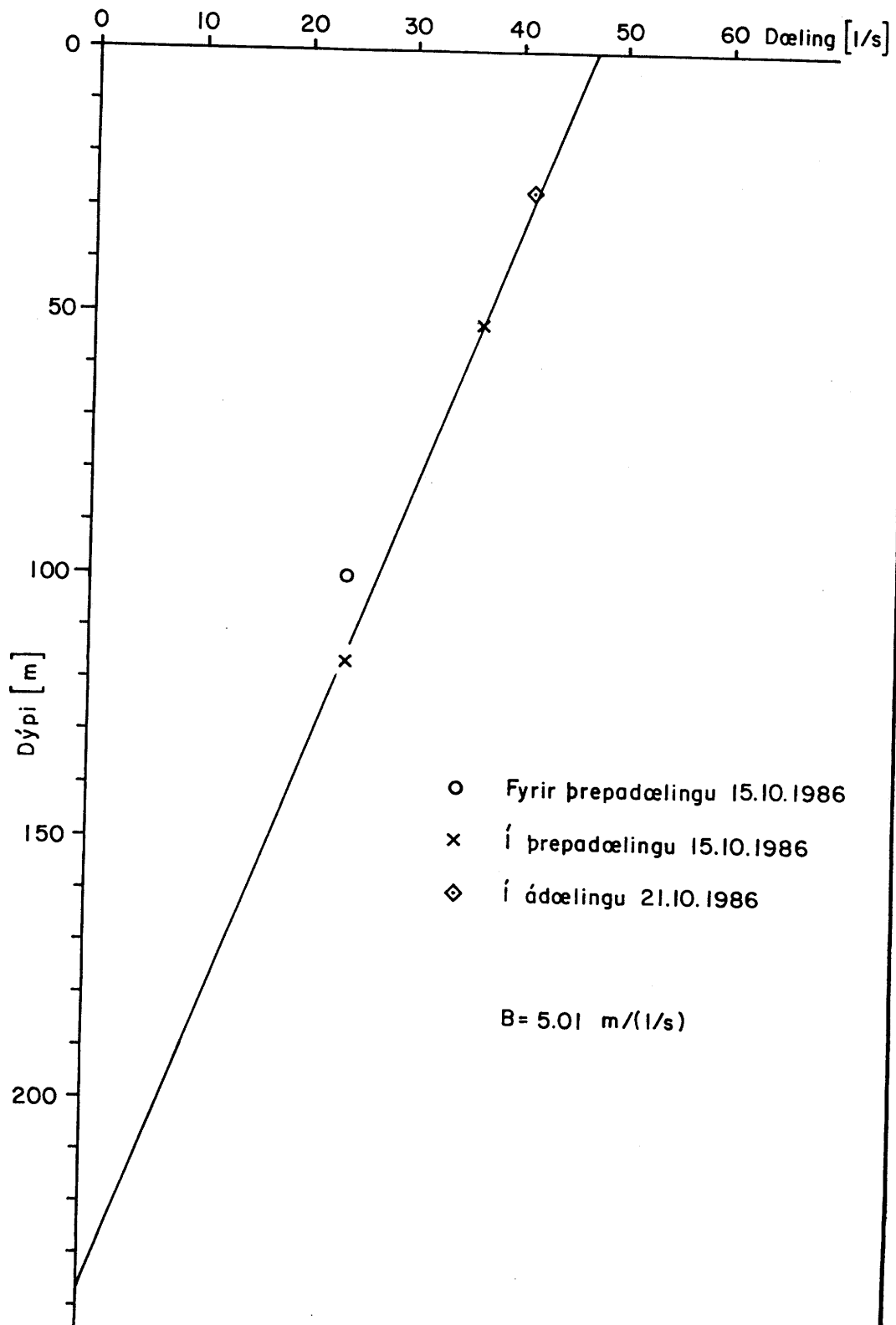


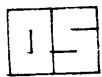


JHD·BM·8715·Ómar
'86.II.0960·EK

NESJAVELLIR HOLA - NJ - 18

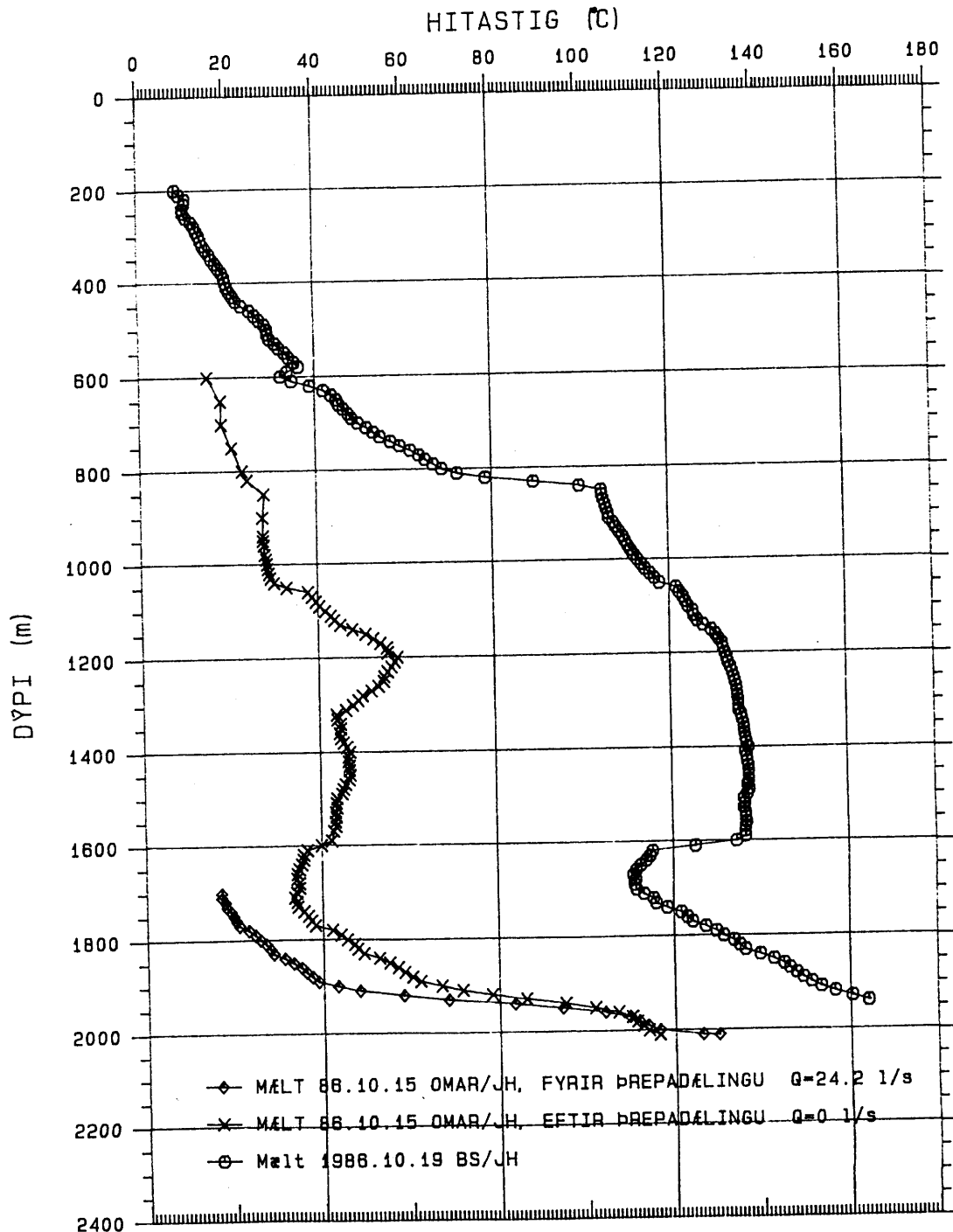
Vatnsborðsstaða fyrir breytilega áðælingu





JHD-BM-8715 GuH
87.01.0007 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-18 HITAMÆLINGAR



JHD-BM-8715-Omar
86.11.

NESJAVELLIR HOLA NJ-18
PREPADÆLING

