



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Benedikt Steingrímsson  
Guðrún Sverrisdóttir  
Hjalti Franzson  
Helga Tulinius  
Ómar Sigurðsson  
Einar Gunnlaugsson

# **NESJAVELLIR, HOLA NJ-16**

**Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar**

**OS-86030/JHD-10**  
Reykjavík, maí 1986

**Unnið fyrir**  
**Hitaveitu Reykjavíkur**



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer: 611-113

**Benedikt Steingrímsson  
Guðrún Sverrisdóttir  
Hjalti Franzson  
Helga Tulinius  
Ómar Sigurðsson  
Einar Gunnlaugsson**

# **NESJAVELLIR, HOLA NJ-16**

**Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar**

**OS-86030/JHD-10**  
Reykjavík, maí 1986

**Unnið fyrir  
Hitaveitu Reykjavíkur**

Dags.  
1986.06.09  
Dags.

Tilv. vor  
BS/gb  
Tilv. yðar

Hr. Árni Gunnarsson  
Yfirverkfræðingur  
Hitaveita Reykjavíkur  
Grensásvegur 1  
108 REYKJAVÍK

**VARÐAR: RANNSÓKNIR Á HOLU NJ-16 Á NESJAVÖLLUM**

Hér með afhendum við Hitaveitunni lokaskýrslu um rannsóknir á holu NJ-16 á Nesjavöllum. Jarðhitadeild hefur þegar sent HR fjórar áfangaskýrslur um framgang verksins, en til hægðarauka eru þær einnig birtar hér sem viðaukar.

Lokaskýrslan er samantekt á niðurstöðum rannsókna á NJ-16. Hún tekur til rannsókna meðan á borun stóð, í upphitun eftir borun og blástursprófana fram til 1. apríl 1986. Skýrslan er unnin samkvæmt verksamningi nr 611113-1986 milli HR og JHD dagsettum 26. mars 1986.

Virðingarfyllt

*Benedikt Steingrímsson*  
Benedikt Steingrímsson

## ÁGRIP

Hola NJ-16 er um 600 metrum norðan við holu NJ-11, við túnjaðarinn á Nesjavöllum. Holan, sem er í 165 m y.s., var boruð á tímabilinu 24. október - 28. nóvember 1985. Í skýrslunni er fjallað um rannsóknir sem gerðar voru á holunni í borun, í upphitun eftir borun og í blæstri fram til 1. apríl 1986. Áfangaskýrslur sem út hafa komið um verkið fylgja sem viðaukar við skýrsluna.

Hola NJ-16 var boruð í 2025 m dýpi á 35 verkdögum, og er vinnslu-fóðring steypt í 790 m. Í jarðlagastaflanum er móberg ráðandi niður á rúmlega 700 m dýpi, en basalhraunlög þar fyrir neðan. Innskotaberg sást fyrst á um 700 m dýpi og eykst tíðni þess með dýpi, svipað og í öðrum holum á Nesjavöllum. Um fimmtungur innskotanna er úr ísúru eða súru bergi. Vatnsinnihald bergsins reiknast um 18%. Mest er það í túffinu, en minnst í innskotunum. Viðnám bergsins við NJ-16 fylgir að nokkru berggerð, en ekki síður ummyndunarstigi bergsins. Lægst viðnám mældist á bilinu 300-1000 metrar; það var hærra í háhitaummynduninni dýpra í holunni en hæst í ferska berginu í efstu 300 m holunnar. Viðnám bergsins við NJ-16 mælist ívið hærra en í öðrum holum á Nesjavöllum.

Berghiti er innan við 30°C í efstu 300 m NJ-16. Hiti hækkar síðan nokkuð hratt með dýpi og mældist um 110°C á 500 metrum og um 300°C á 1000 m dýpi. Þar er hitinn við suðumark, og virðist berghiti fylgja suðumarki frá 800 m dýpi og í holubotn. Áætlaður berghiti á 2000 m dýpi er um 340°C. Þokkalegt samræmi er milli ummyndunar og berghita neðan 1000 m dýpis í NJ-16. Í efri hluta holunnar bendir ummyndun sömuleiðis til lágs hitastigs, ef frá er talin staðbundin háhitaummyndun á 500-600 m dýpi. Bendir ósamræmið þar milli ummyndunar og hitastigs til þess, að háprýsta jarðhitakerfið, sem fannst í holu NJ-11 á u.þ.b. þessu dýpi, hafi einhverntíma náð norður til NJ-16.

Helsta vinnsluæð NJ-16 er á 1525 m dýpi, en alls fundust fjórtán æðar í holunni. Þrýstingur æðanna er mismunandi og virðast þær tengjast þremur kerfum. Efsta kerfið nær niður á 450 til 500 m dýpi. Það er undirþrýst og mældist skoltap við æðar. Mun hærri þrýstingur mældist síðan á vatnsæð á 580 m dýpi og var jafnvel yfirþrýstingur á þeirri æð. Neðan 800 m lækkar þrýstihæð á vatnsæðum. Þar er vinnslukerfi NJ-16 og er hiti þess við suðumark. Prófanir á holunni í lok borunar bentu til sprunguleiðni, og er það í samræmi við það að flestar æðar í vinnsluhluta holunnar koma fram við innskot líkt og í öðrum holum á Nesjavöllum. Vatnsleiðni NJ-16 reiknast  $kh/\mu = 3,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$ , sem er í meðallagi miðað við aðrar holur. Afl holunnar eftir að hún fór í blástur er sömuleiðis í meðallagi. Hún hefur reynst gefa um

28 kg/s við varmainnihald um 2300 kJ/kg, sem samsvarar um 64 MW afli í hrávarma. Hún er því áþekk að afli og hola NG-9. Holan gefur um 21 kg/s af háþrýstigufu (við 7 bar-a), sem samsvarar rúmlega 10 MW rafafli í eimsvalahverfli.

Efnasamsetning vökvans sem NJ-16 gefur bendir til um 280-290°C innstreymishita sem er nokkru lægra en áætlaður hiti á helstu vatnsæðum. Telja verður þó að efnasamsetning sé í jafnvægi við ríkjandi hitastig í jarðhitakerfinu. Styrkur gass í gufu við 7 bar-a er 0,4% af þunga og eru kolsýra og brennisteinsvetni um 90% þess.

Vinnslueiginleikar NJ-16 eru mjög góðir. Holan er aflmikil og í rekstri ættu kalkútfellingar ekki að setjast til í holunni fremur en í öðrum Nesjavallaholum. Kísilútfellingar ættu ekki heldur að verða í holunni, ef vinnsluþrýstingi verður haldið yfir 13 bar-a. Vegna þess hve lokunarþrýstingur er hár er ekki ráðlegt að láta holuna standa lokaða um lengri tíma. Hún verður því að blása stöðugt hvort sem hún er nýtt eður ei.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP .....	2
EFNISYFIRLIT .....	4
TÖFLUSKRÁ .....	5
MYNDASKRÁ .....	6
1 INNGANGUR .....	7
2 STAÐSETNING .....	9
3 BORSAGA .....	10
4 JARÐLÖG .....	13
4.1 Jarðlagalýsing .....	13
4.2 Innskot .....	31
4.3 Jarðlagamælingar .....	32
5 UMMYNDUN .....	37
5.1 Greiningaraðferðir .....	37
5.2 Dreifing ummyndunarsteinda .....	37
6 EÐLISÁSTAND JARÐHITAKERFIS .....	42
6.1 Staðsetning vatnsæða .....	42
6.2 Vatnsleiðni NJ-16 .....	45
6.3 Þrýstingur á vatnsæðum .....	47
6.4 Berghiti .....	48
7 AFL .....	51
8 EFNASAMSETNING BORHOLUVÖKVA .....	54
8.1 Efnasamsetning heildarrennslis .....	54
8.2 Áætlaður hiti .....	55
8.3 Vinnsluhæfni jarðhitavökvans .....	58
9 HELSTU VINNSLUEIGINLEIKAR .....	62
HEIMILDASKRÁ .....	63

	Bls.
VIÐAUKI V-1 Jarðlagasnið og mælingar .....	65
VIÐAUKI V-2 NESJAVELLIR HOLA NJ-16, 1. ÁFANGI. Borun fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu frá 67 m í 274 m ...	79
VIÐAUKI V-3 NESJAVELLIR HOLA NJ-16, 2. ÁFANGI. Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 274 m í 792 m ...	91
VIÐAUKI V-4 NESJAVELLIR HOLA NJ-16, 3. ÁFANGI Borun vinnsluhluta frá 792 m til 2025 m .....	113
VIÐAUKI V-5 NESJAVELLIR HOLA NJ-16, 4. ÁFANGI Upphitun, upphleyping og blástur .....	139
 <b>TÖFLUSKRÁ</b>	
1 Þunnsneiðar í holu NJ-16 .....	27
2 Flokkun og tíðni innskota .....	31
3 Mælingar í holu NJ-16 .....	36
4 Nesjavellir hola NJ-16. Áætlaður berghiti og þrýstingur ...	48
5 Aflmælingar í NJ-16 .....	53
6 Efnainnihald í heildarrennsli í holu NJ-16 á Nesjavöllum ..	54
7 Hlutföll nokkurra efna í rennsli í holu NJ-16 á Nesjavöllum	55
8 Útreiknaður efnahiti í holu NJ-16 á Nesjavöllum .....	57
9 Efnasamsetning djúpvökva við 290°C í holu NJ-16 á Nesjavöllum	57
10 Gas í gufu við 7 bar-a þrýsting .....	58
11 Samsetning gass í gufu (%) við 7 bar-a þrýsting .....	58
12 Hitastig ópalmettunar við hvellsuðu í holu NJ-16 á Nesjavöllum	59

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Staðsetning borhola á Nesjavöllum .....	9
2 Framvinda borunar NJ-16 .....	11
3 Frágangur NJ-16 .....	12
4 Jarðlagasnið og mælingar .....	14
5 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar .....	28
6 Hugsanleg tenging jarðlaga í NJ-11 og NJ-16 .....	30
7 Tíðnidreifing viðnáms, poruhluta og víddarleiðrétts gamma .	34
8 Dreifing ummyndunarsteinda .....	40
9 Staðsetning vatnsæða .....	44
10 Þrepaðaling. Mæli- og reikniferill .....	46
11 Samband heildarrennslis og varmainnihalds .....	46
12 Þrýstingur á vatnsæðum .....	49
13 Áætlaður berghiti .....	50
14 Afslaga NJ-16 .....	51
15 Aflferlar borhola með varmainnihald yfir 2400 kJ/kg .....	52
16 Hola NJ-16. Samanburður á hita, reiknuðum út frá efnasamsetningu .....	56
17 Hola NJ-16. Breytingar með tíma á hita reiknuðum út frá efnasamsetningu .....	60
18 Hola NJ-16. Jafnvægi kalsíts og útfellingahætta þess .....	60
19 Hola NJ-16. Jafnvægi kvars og ópals og útfellingahætta kísils .....	61



## 1 INNGANGUR

Síðasta verkefni Jötuns á Nesjavöllum 1985 var borun holu NJ-16. Hún er staðsett við túnjaðarinn á Nesjavöllum, undir hlíðum Kýrdalshryggs. Jötunn boraði holuna í 2025 m dýpi á 35 verkdögum og lauk verkinu 28. nóvember. NJ-16 var sjötta borhola Jötuns á Nesjavöllum 1985 og tók öll borvertíðin aðeins sjö og hálfan mánuð. Tæplega er hægt að finna dæmi um slíkan hraða í borunum á nokkru háhitasvæði. Fylgst var með upphitun NJ-16 eftir borun fram til 11. febrúar 1986, en þá var opnað fyrir holuna og henni hleypt í blástur. Hefur hún blásið síðan.

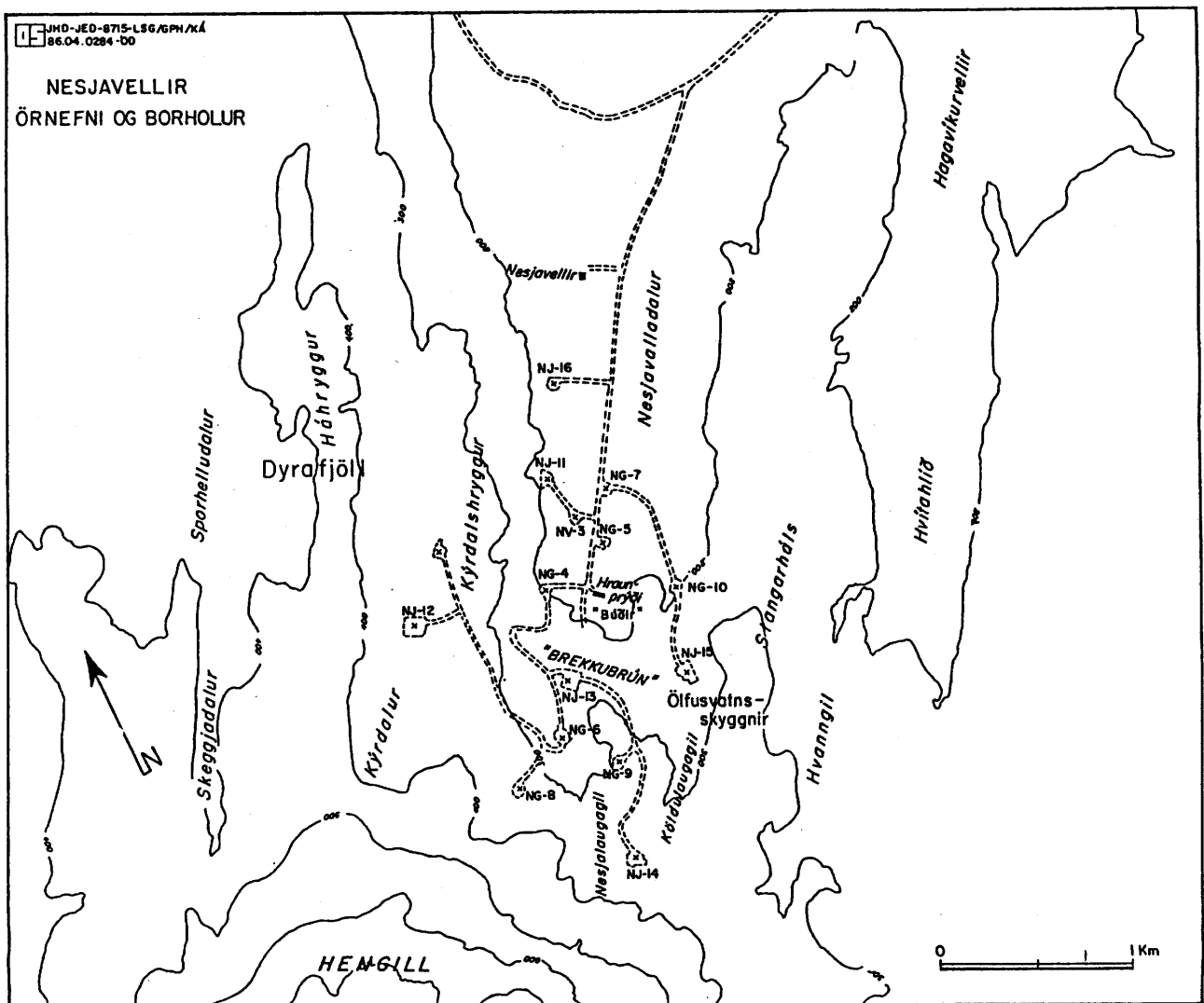
Frumgögn um borunina og rannsóknir á holunni eru geymd hjá Jarðborunum, Jarðhitadeild OS og Hitaveitu Reykjavíkur eftir því hver þau eru. Jarðboranir varðveita borskýrslur og fóðringarskýrslur og er þær fyrrnefndu að finna innbundnar í árbækur merktar Jötuni, en fóðringarskýrslur Jötuns eru geymdar í sérstökum möppum. Hjá JHD eru geymd svarfsýni og niðurstöður borholumælinga. Svarfsýnin er að finna í sérstakri svarfgeymslu. Þau eru í dósum merktum holunni og því dýpi sem sýnið er frá. Gögn frá jarðfræðilegri úrvinnslu er að finna á tveimur stöðum. Lýsingar á svarfsýnum og þunnsneiðum er að finna á borholujarðfræðideild í sérstakri möppu merktri holunni. Þunnsneiðar eru hins vegar geymdar í þunnsneiðageymslu JHD. Röntgengreiningar og túlkun þeirra eru á röntgenstofu JHD. Á borholumælingadeild má finna frumgögn um mælingar á tvennan hátt. Þar er annars vegar um að ræða gögn um mælingar meðan á borun stóð; þau er að finna í möppum merktum holunni. Hins vegar eru gögn um mælingar eftir borun (Ameradamælingar); er þeim 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. Síðastliðið ár hefur hins vegar verið unnið að því á JHD að koma upp gagnagrunni á tölvu Orkustofnunar fyrir borholumælingar og eru nú allar mælingar í borholum á Nesjavöllum aðgengilegar í þessum gagnagrunni. Um er að ræða skrá yfir þær mælingar sem til eru og niðurstöður hverrar mælingar. Gögn um blástur Nesjavallahola eru í vörslu HR. Fyrirferðarmest 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 IBM-einkatölvu. Í mælimöppunum er einnig að finna upplýsingar um rekstur og daglegt viðhald borholanna. Auk þessa varðveitir HR efnasýni sem tekin eru og efna-greiningar.

Í skýrslunni er gerð grein fyrir rannsóknum og helstu niðurstöðum sem fram hafa komið um NJ-16 í og eftir borun fram til 1. maí 1986. Út hafa þegar komið nokkrar áfangaskýrslur um rannsóknirnar, og fylgja þær þessari skýrslu í viðaukum.

Jarðhitadeild Orkustofnunar og Hitaveita Reykjavíkur hafa staðið sameiginlega að gerð skýrslunnar. Einar Gunnlaugsson er starfsmaður HR en aðrir höfundar eru starfsmenn JHD. Auk höfunda hafa fjölmargir unnið að einstökum rannsóknarpáttum. Má þar nefna Jóhann Kristjánsson og Má Gunnarson hjá HR, Ásgrím Guðmundsson, Hjalta Franzson, Guðmund Ó. Friðleifsson, Hilmar Sigvaldason, Guðjón Guðmundsson, Guðna Guðmundsson, Benný Baldursdóttur, Gyðríði Jónsdóttur, Jósef Hólmjárn, Vigdísi Harðardóttur og Guðlaug Hermannsson hjá JHD og Sigurð Benediktsson og áhöfn Jötuns hjá Jarðborunum.

## 2 STAÐSETNING

Holu NJ-16 var valinn staður í Nesjavalladal undir hlíðum Kýrdalshryggs. Hún er nyrsta holan á núverandi borsvæði, um 600 m norðan NJ-11, fast við túnjaðarinn á Nesjavöllum (mynd 1). Holutoppur er í 165 m hæð yfir sjó. Fyrri boranir við Kýrdalshrygg leiddu í ljós að meðfram hryggnum austanverðum gengur háhitatunga til norðurs. NJ-11 sýndi að eiginleikar þessa hluta kerfisins væru góðir, hiti hár og jarðhitakerfið í suðu á 1-2 km dýpi. Ofan 1000 metra væri yfirþrýstingur á vatnsæðum og sömuleiðis neðan 2000 metra dýpis. Dýpstu æðarnar reyndist hins vegar ekki mögulegt að hemja í NJ-11 og varð að setja mól neðst í holuna og stífla hana neðan 1600 m dýpis. Holu NJ-16 var valinn staður norður af NJ-11 svo að kanna mætti útbreiðslu hitatungunnar áfram til norðurs. Ákveðið var að bora ekki dýpra en í 2000 metra, og forðast þannig djúpkerfið, sem olli erfiðleikum í NJ-11.



MYND 1 Staðsetning borhola á Nesjavöllum

### 3 BORSAGA

Jötunn boraði holu NJ-16 á tímabilinu 24. október til 28. nóvember 1985. Borunin tók því 35 verkdaga, en borað var í 2025 m dýpi. Borsögu NJ-16 hefur verið gerð skil í þrem áfangaskýrslum sem fylgja þessari skýrslu í viðaukum V-2 til V-4. Hér verður því aðeins stiklað á helstu þáttum borsögu NJ-16, en vísað að öðru leyti til viðaukanna.

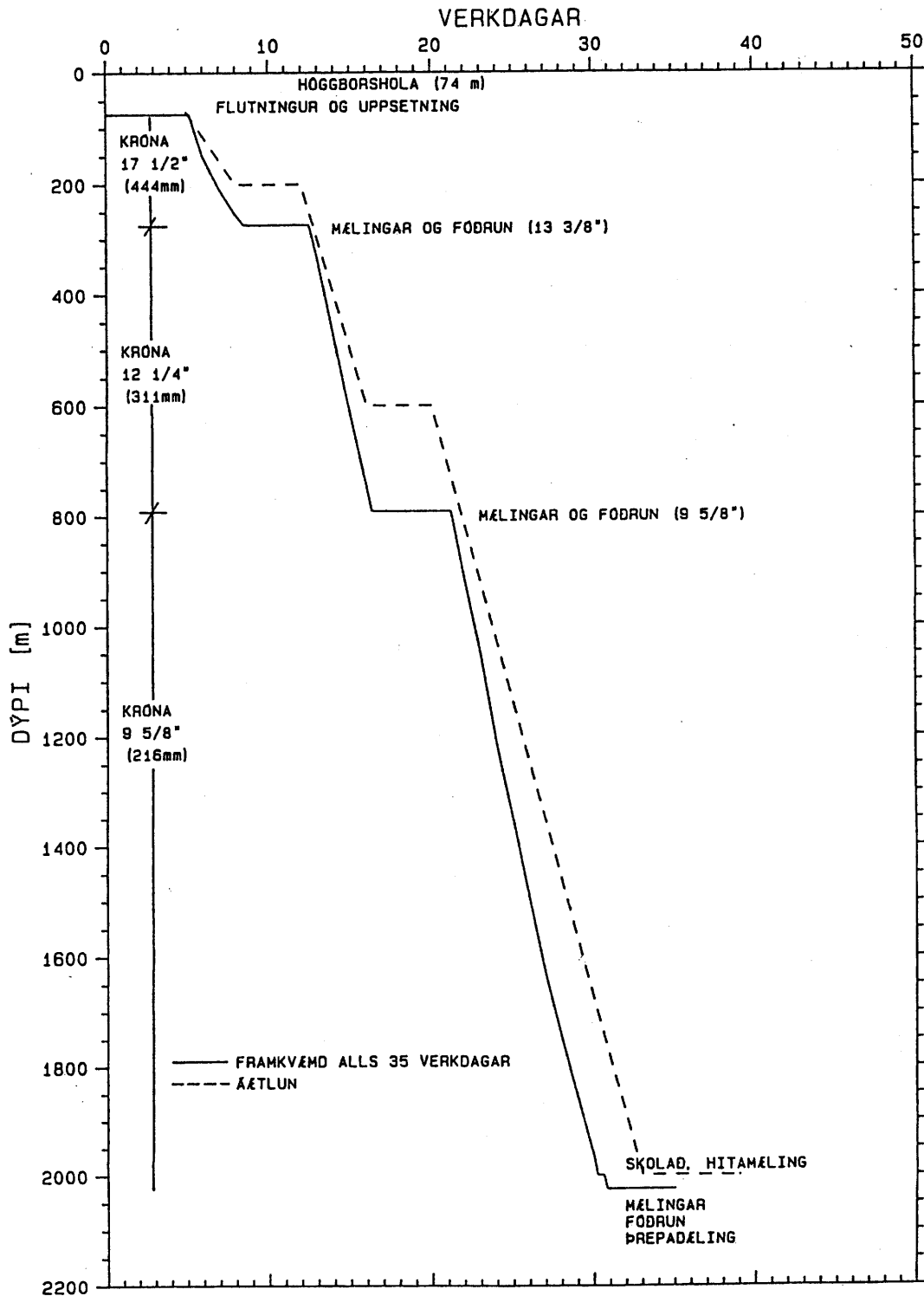
Á mynd 2 er framvinda borunar NJ-16 sýnd, en hönnun holunnar sést á mynd 3. Borun fyrir öryggisfóðringu hófst á 67 m dýpi og lauk á 274 m dýpi. Skoltap mældist mest um 7 l/s og virtist helsta vatnsæðin vera á rúmlega 100 metra dýpi. Ofan 200 metra gekk erfiðlega að skola svarfi upp úr holunni og varð vart við botnfall við stangarskipti. Ekki reyndist þó nauðsynlegt að steypa í hrunkaflana til að komast áfram niður. Neðan 200 m dýpis var borað í hörðu og sprungnu bergi og varð að draga úr álagi og minnka þannig borhraða til að takmarka slátt á borstrengnum. Um 5 metra botnfall var í holunni þegar komið var í fóðringardýpi og nær öryggisfóðringin í rúmlega 268 m dýpi. Að fóðringu lokinni mældist 5 l/s skoltap í holunni. Fóðringin steyptist upp í fyrstu tilraun. Steypan seig síðan niður á u.þ.b. 90 m dýpi og var fyllt upp utan fóðringar með 7 tonnum af steypu.

Borun fyrir vinnslufóðringu gekk viðstöðulaust í 792 m dýpi. Í borun mældist skoltap um 5-10 l/s, en var um 2,5 l/s eftir að komið var í fóðringardýpi. Eftir að fyrst var steypt mældist góð steypa upp í 270 metra, steypuhroði þaðan og upp í rúmlega 100 m dýpi, en í efstu 100 metrum holunnar mældist engin steypa. Reynt var að ná dælingu gegnum steypuhroðann og skotin göt á fóðringuna á 265 m og 253 m dýpi, en án árangurs. Var fóðringin því loks götuð við efsta borð steypunnar á 102,4-103,5 m dýpi og fóðringin steypt upp í topp.

Borun vinnsluhluta NJ-16 gekk mjög vel. Boruðust 108-164 m á hverjum degi. Tap í borun hélst hins vegar undir 10 l/s allt niður í 2000 m dýpi. Erfiðleikarnir við að hemja æðar í holu NJ-11 neðan 2000 m dýpis voru mönnum í fersku minni, og því ekki árennilegt að halda borun NJ-16 áfram, ef hár hiti og yfirþrýstingur fylgdi Kýrdals-hryggnum svo langt til norðurs. Var því ákveðið þegar 2000 m dýpi var náð að staldra við og kanna holuna með hitamælingu. Þegar borun var hætt var skoltap aðeins 8 l/s. Eftir tæplega tveggja tíma skolun opnaðist holan og tók hún þá við öllu skolvatninu og vel það (44 l/s). Hitamæling sýndi að holan tók við vatni allt niður í holubotn. Undirþrýstingur var því sýnilega á 2000 m dýpi og óhætt að dýpka holuna lítils háttar til að hafa sokk undir neðstu æðinni. Borað var í 2025 m dýpi og varð það endanlegt dýpi NJ-16.

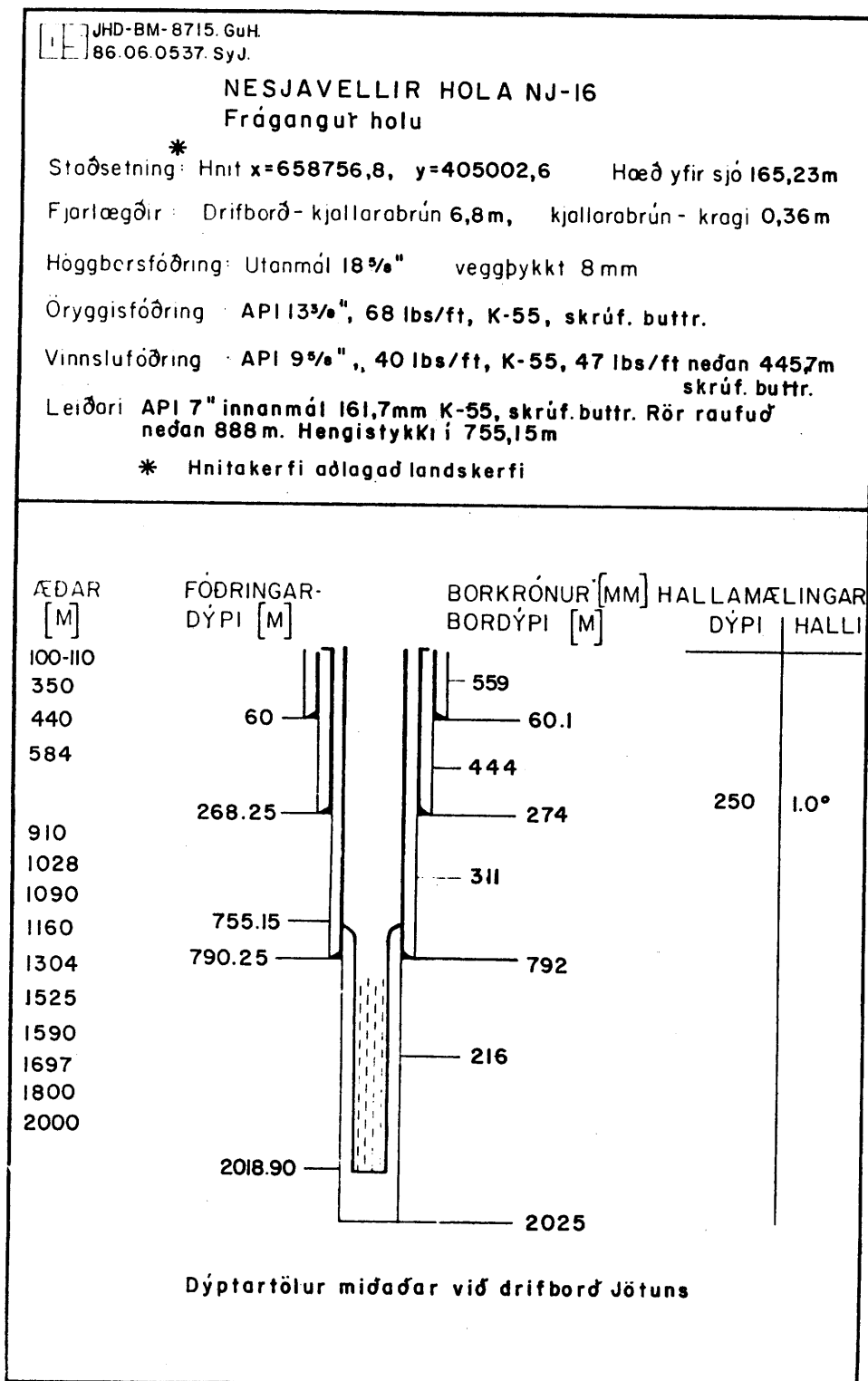
JHD-BM-8715 GuH  
86.03.0170 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 BORUN JÖTUNS 1985.10.24-11.28



MYND 2 Framvinda borunar NJ-16

Að mælingum loknum var leiðara komið fyrir í holunni. Hangir hann á 755 m dýpi, en neðri endi hans nær í tæplega 2019 m dýpi. Holan var loks þrepaðeld og lauk þar með borverki við NJ-16. Verkið gekk í heild sinni mjög vel. Borunin tók aðeins 35 verkdays og var fjórum dögum á undan áætlun.



MYND 3 Frágangur NJ-16

#### 4 JARÐLÖG

Jarðlagalýsingin 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. Ekki vannst tími til að greina svarf úr höggborsholunni fyrir þessa skýrslu og er því ekki birt hér. Tafla 1 sýnir skrá yfir þunnsneiðar úr holu NJ-16. Mynd 4 sýnir nákvæmt jarðlagasnið ásamt borhraða og mælingum sem gerðar voru í holu NJ-16. Á mynd 5 hefur jarðlagasniðið verið einfaldað og auk mælinga sýnir hún hlutfallslega innskotatíðni og ummyndunarbelti. Vatnsæðar eru teiknaðar á bæði jarðlagasniðin. Skipting jarðlaganna í myndanir hér að neðan er enn nokkur einföldun, en hana má auðveldlega lesa af einfaldaða sniðinu. Lýsing hverrar myndunar er gerð á sömu forsendum og nákvæma jarðlagasniðið.

##### 4.1 Jarðlagalýsing

Höggborshola 0-73 m.

Móberg og basaltbreksía 73-179 m.

Efstu 6 metrarnir eru plagióklasdílótt móberg, en það er eina dílóttalagið sem fannst í holunni. Næst er rúmlega 40 m þykkt móbergslag sem er hugsanlega tvískipt en einkennist af fínkornóttu, samlímdu túffi, svokölluðu settúffi. Í neðri hluta þessarrar myndunar skiptast á túfflög og basaltrík breksía. Öll syrpan nema efsta, dílóttalagið, hefur einkenni póleiíts og tilheyrir því líklega sömu mynduninni. Fyrsta vatnsæð holunnar er í þessari myndun á u.þ.b. 100 m dýpi.

Hraunlagamyndun 179-287 m.

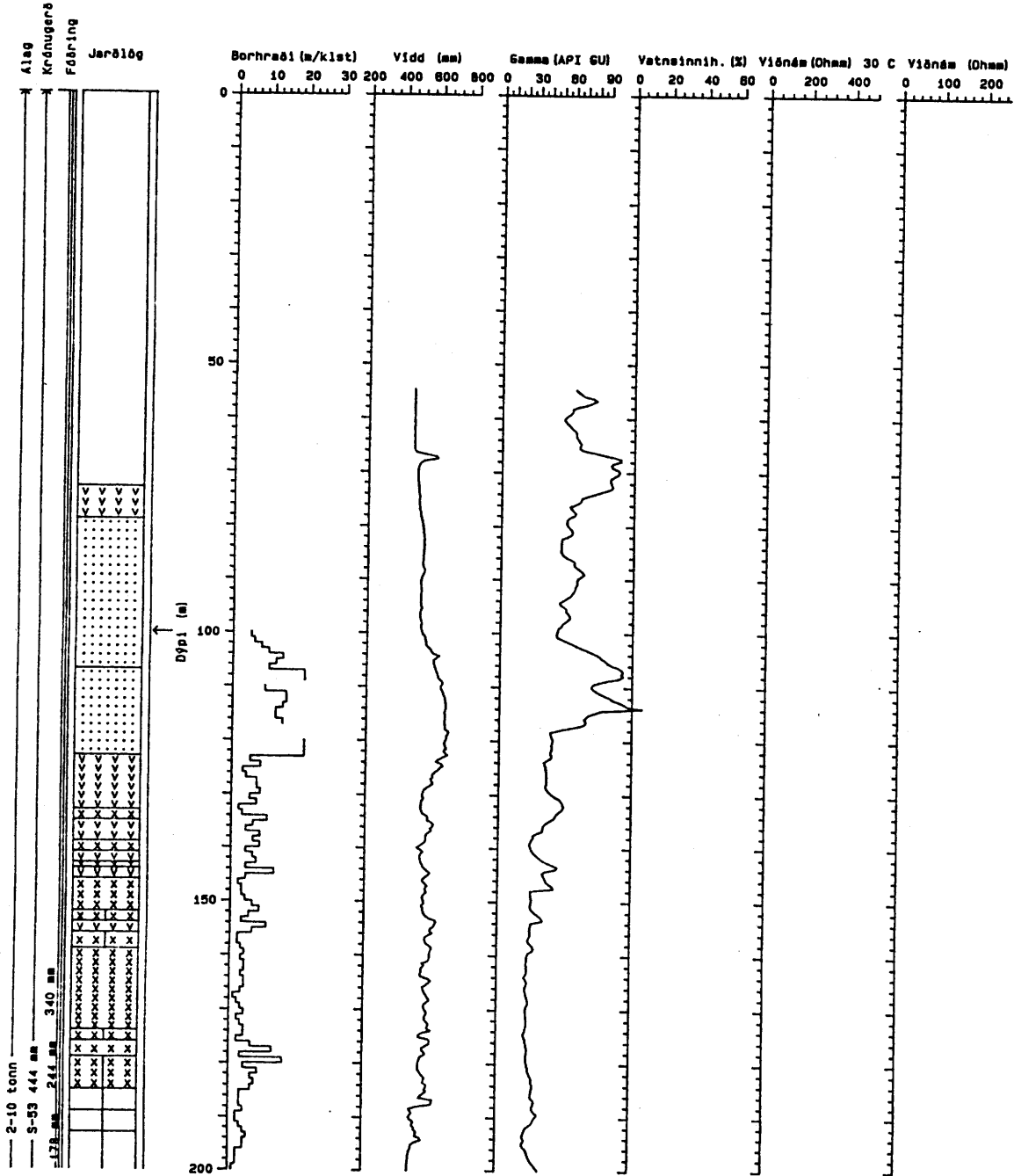
Þetta er syrpa a.m.k. 16 hraunlaga. Þau eru öll ferskleg, fínkornótt og þétt. Aðeins efsta lagið er nokkuð glerjað, en kargar eða breksiur sjást ekki milli hraunlaganna. Súbófítískur textúr er algengur og iddingserað ólivín. Oxun er talsverð. Þessi myndun er því sennilega gerð af ólivín-póleiíti að mestu leyti.

Móbergsmýndun 287-428 m.

Efsti hluti þessarrar myndunar er um 60 m þykkt, blöðrótt og fersklegt túff. Þá taka við fjögur hraunlög með þunnum túfflögum á milli. Þykkasta hraunlagið var skoðað í þunnsneið, og reyndist það hafa sterk póleiíteinkenni, m.a. flæðitextúr og jafndreifðan málm, og er stak-plagióklasdílótt. Túff er aftur ríkjandi berg í neðstu 50 metrunum. Túffið er blanda af blöðróttu, fersklegu glertúffi og fínkornóttara settúffi. Ummyndun eykst eftir því sem neðar dregur, og á um 400 m dýpi eru blöðrur hálfylltar zeólítum. Neðarlega í þessu túffi er önnur vatnsæð holunnar.

15 JHD-BM/BJ-8715 HTu1/GSv/HF  
88.03.0217 T/GuH

### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR

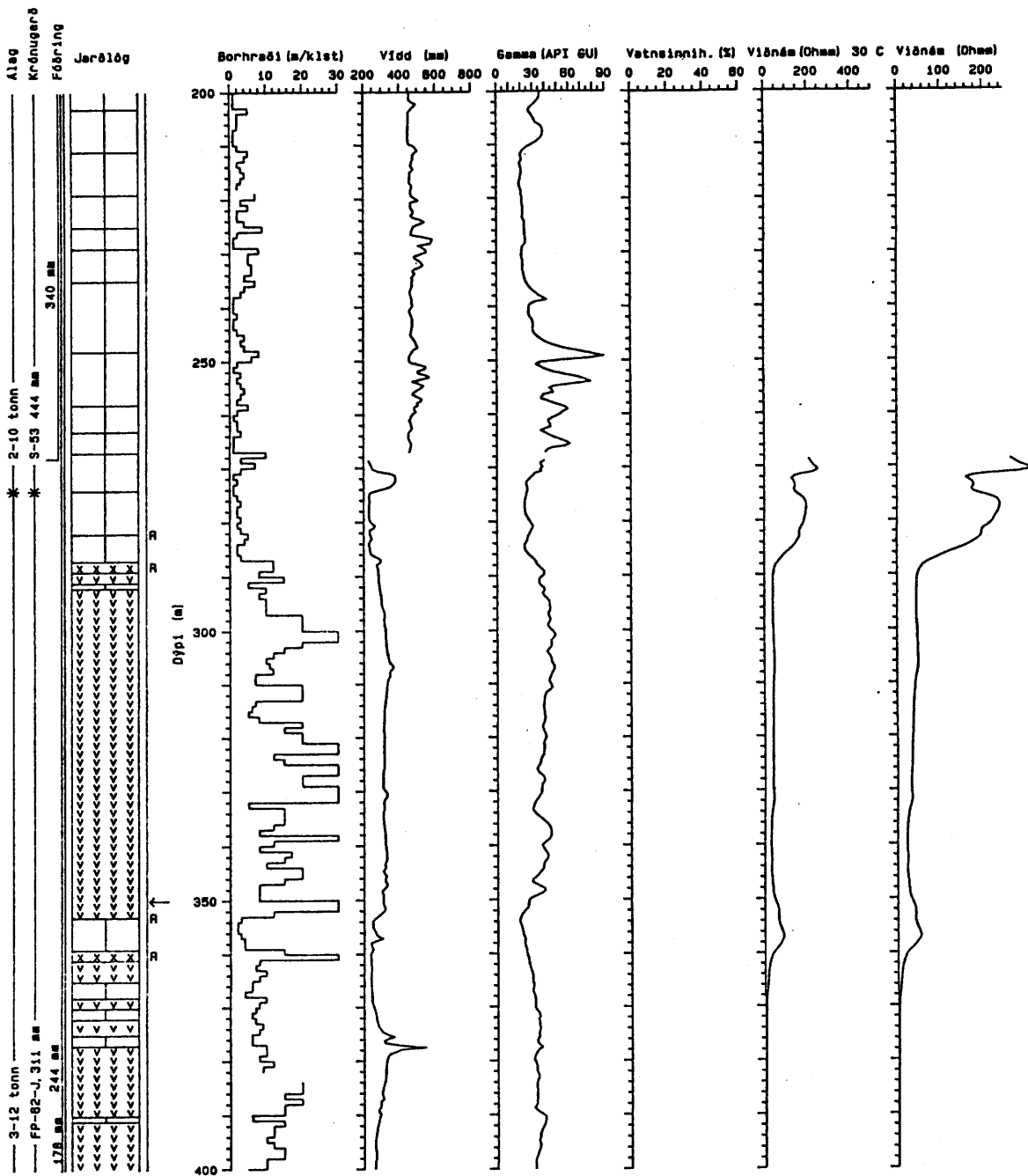


MYND 4 Jarðlagasnið og mælingar



JHD-BM/BJ-8715 HTU1/6SV/HF  
88.03.0217 T/GuH

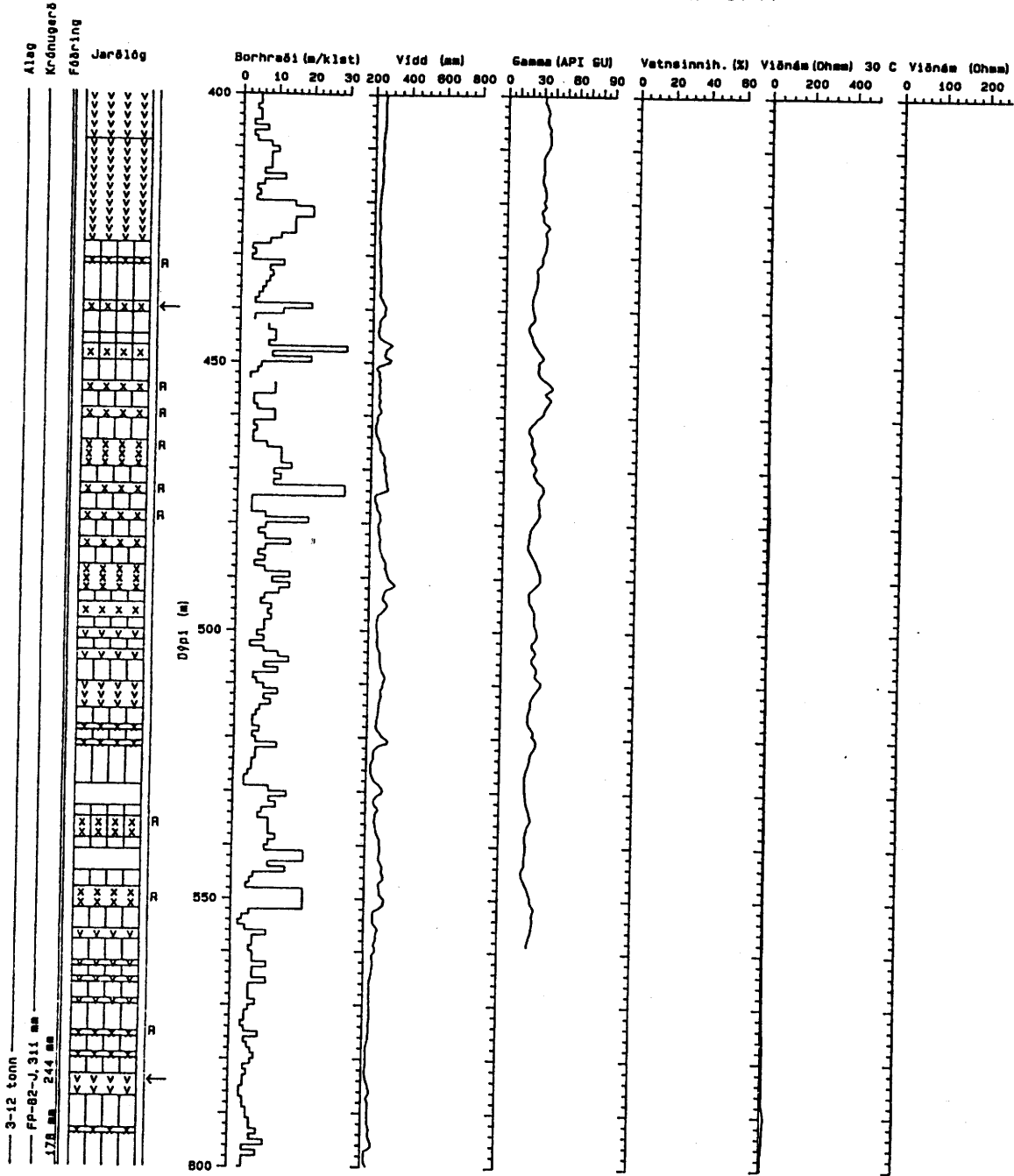
### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 NTU1/GSV/HF  
88.03.0217 T/GUH

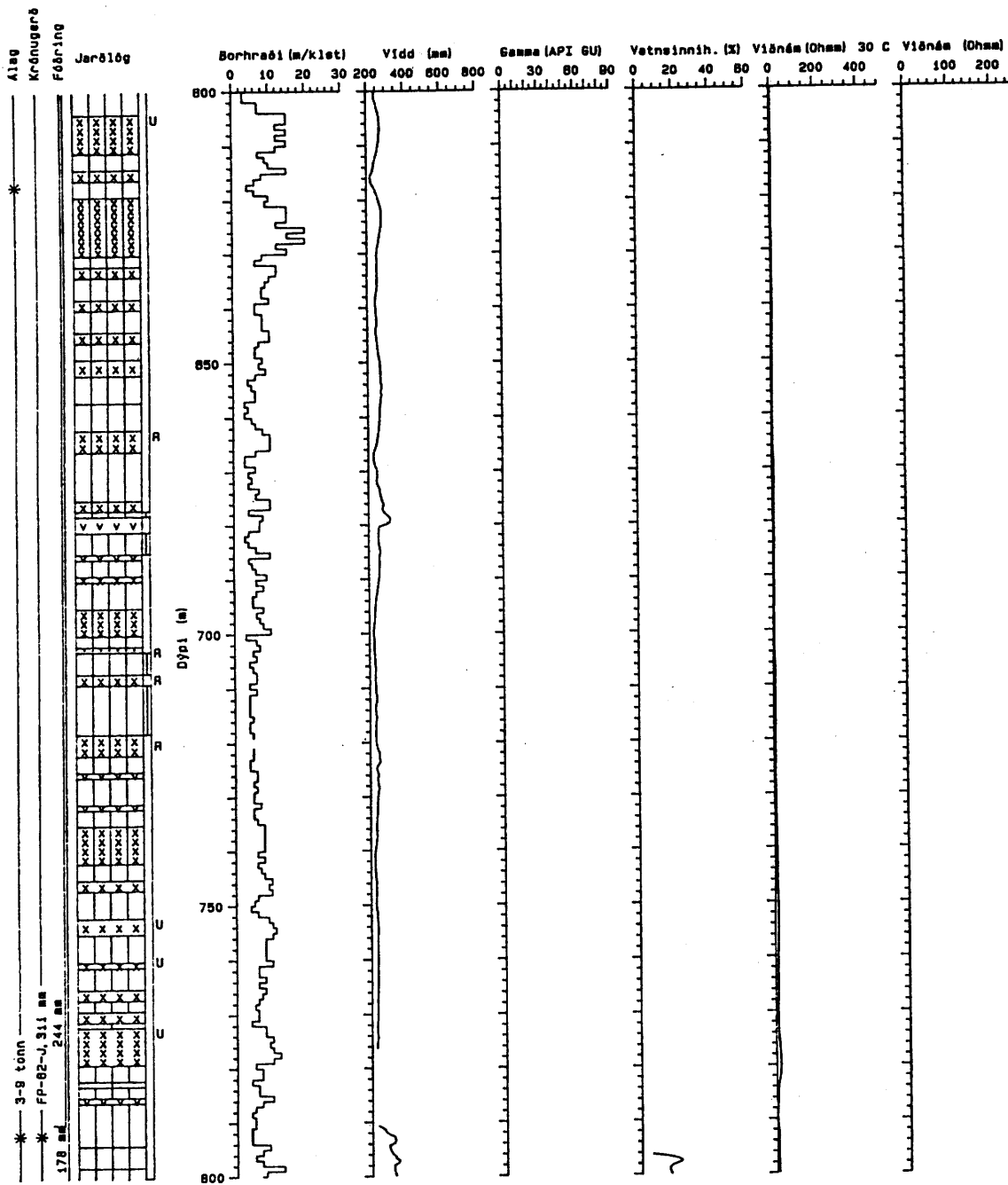
### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARFLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HTu1/GSv/HF  
86.03.0217 T/GuH

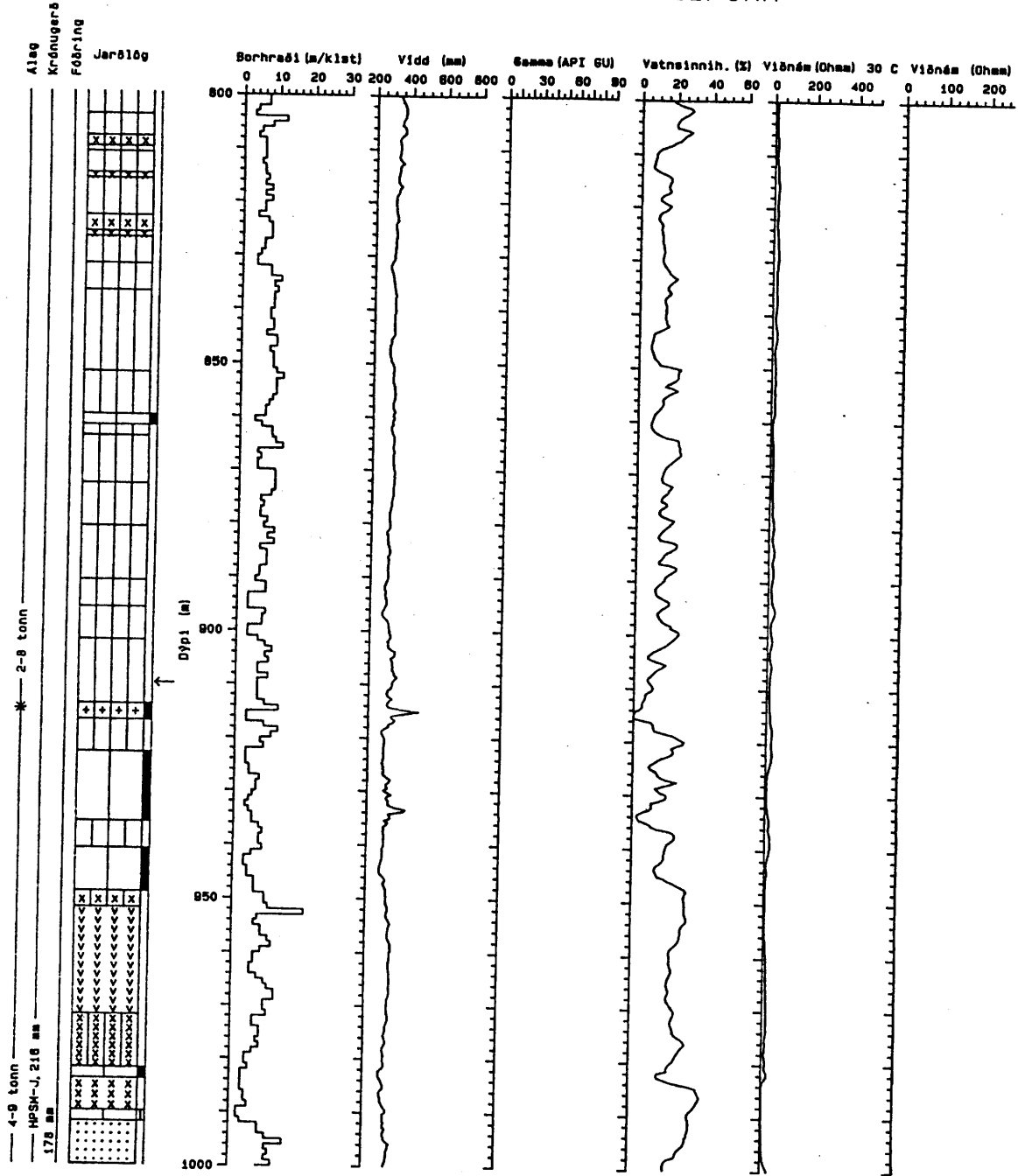
### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-9715 HTU1/6SV/HF  
88.03.0217 T/GuH

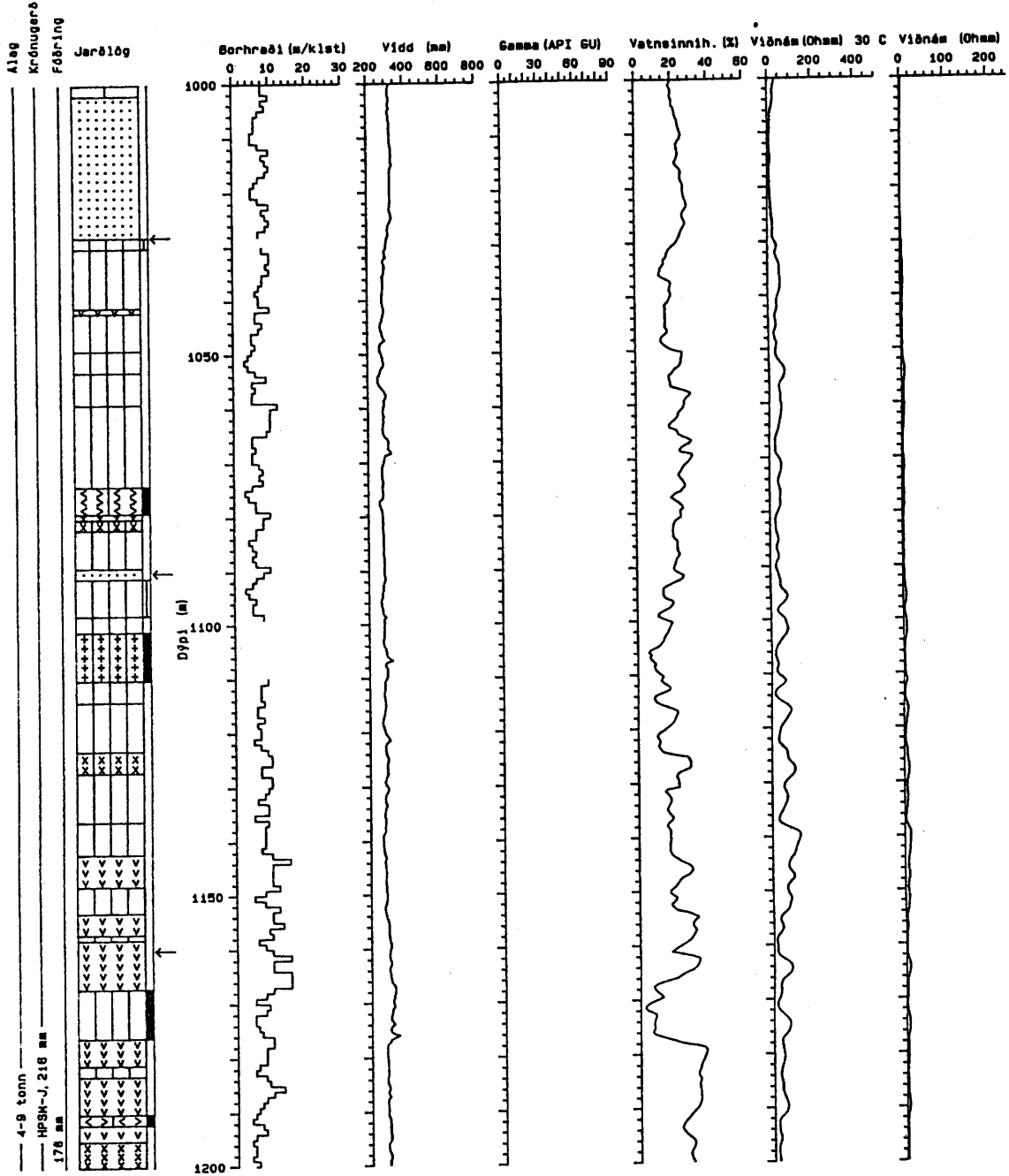
### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HTU1/GSV/HF  
88.03.0217 T/GuH

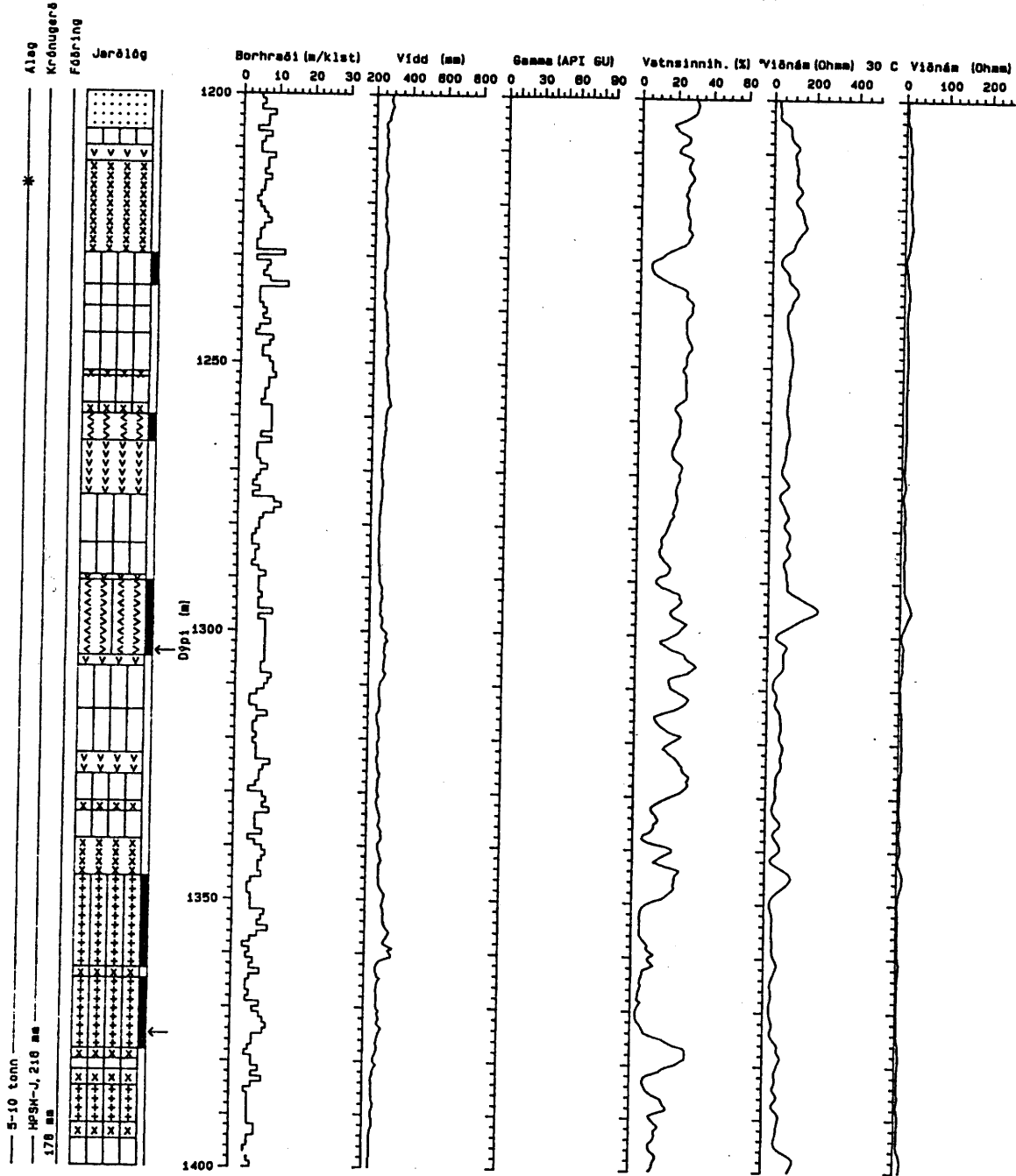
### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 4 Frh.

JHO-BM/BJ-8715 HTU/6SV/HF  
88.03.0217 T/GuH

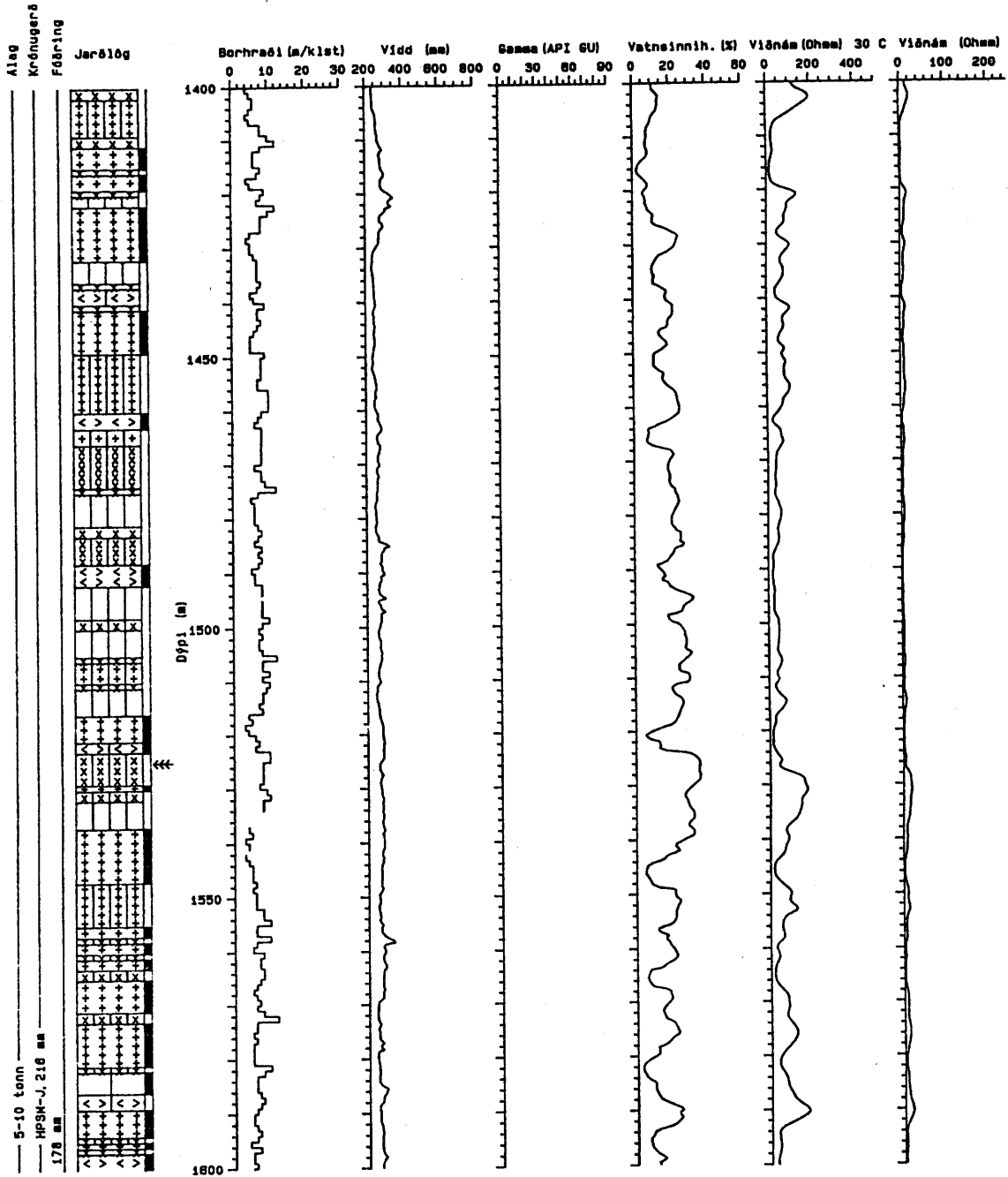
# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HTU1/6SV/HF  
88.03.0217 T/6UH

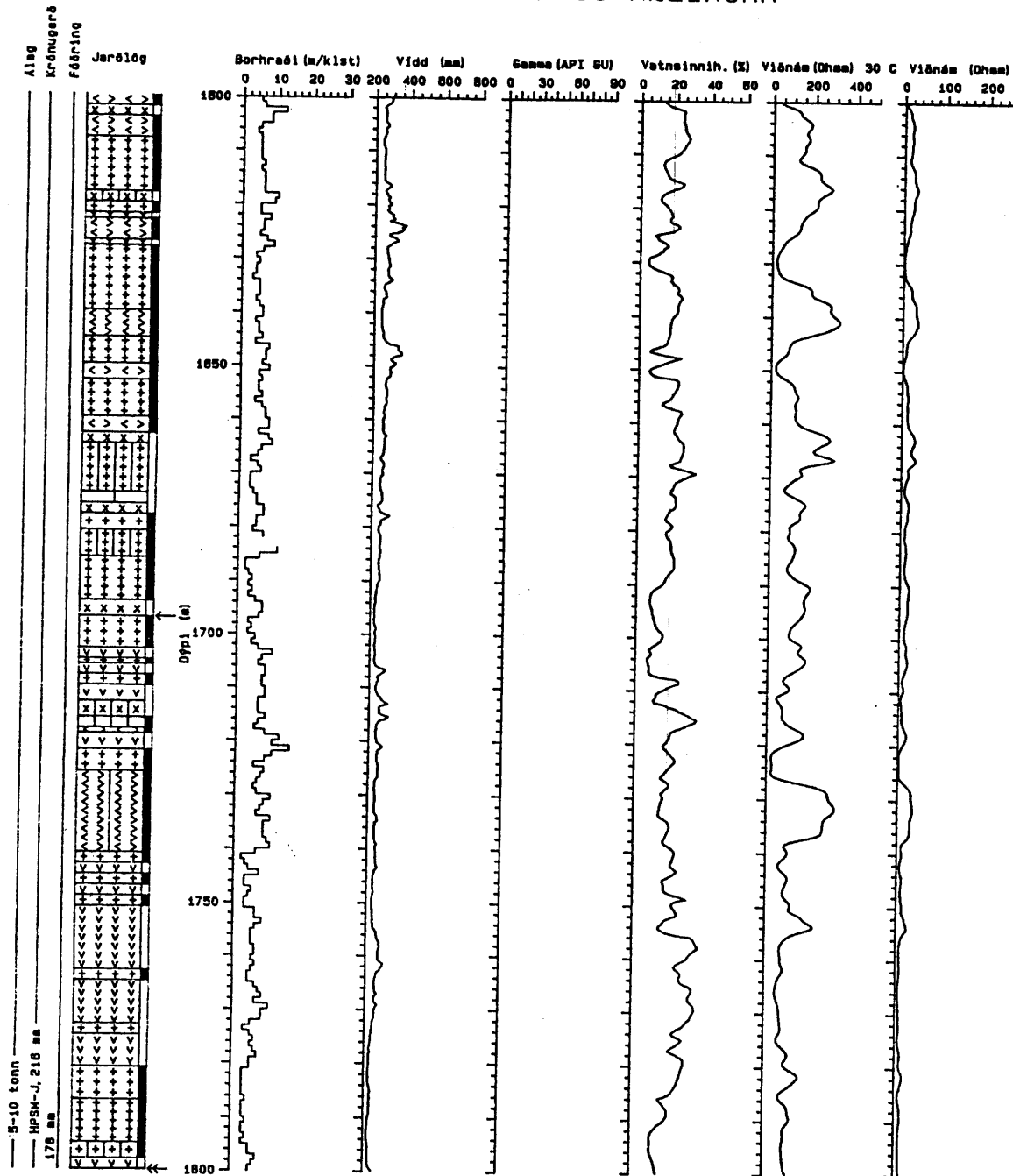
# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



MYND 4 Frh.

JHD-BM/BJ-8715 HTU1/GSV/HF  
86.03.0217 T/GuH

### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR

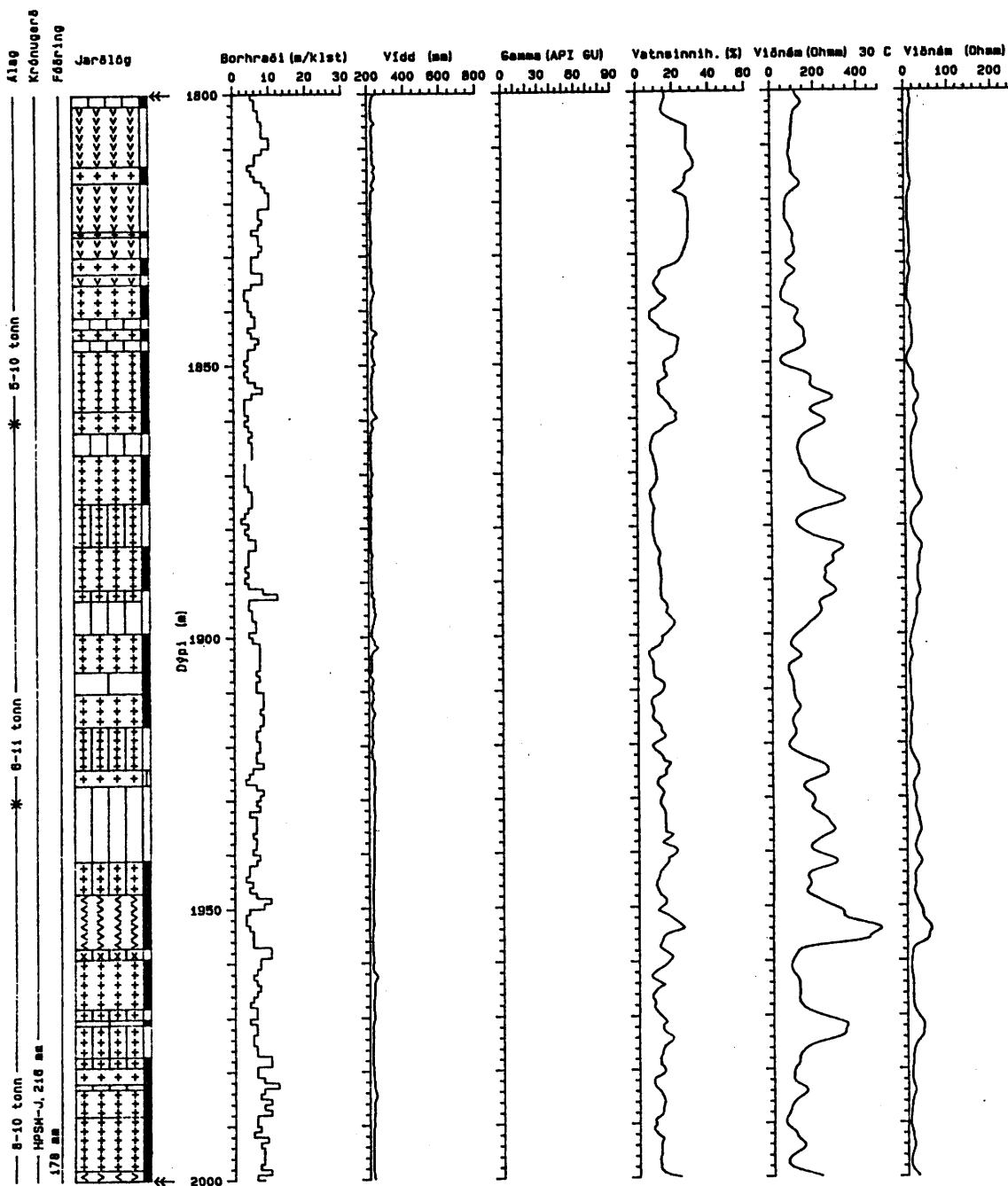


MYND 4 Frh.



JHD-BM/BJ-8715 HTu1/6Sv/HF  
86.03.0217 T/GuH

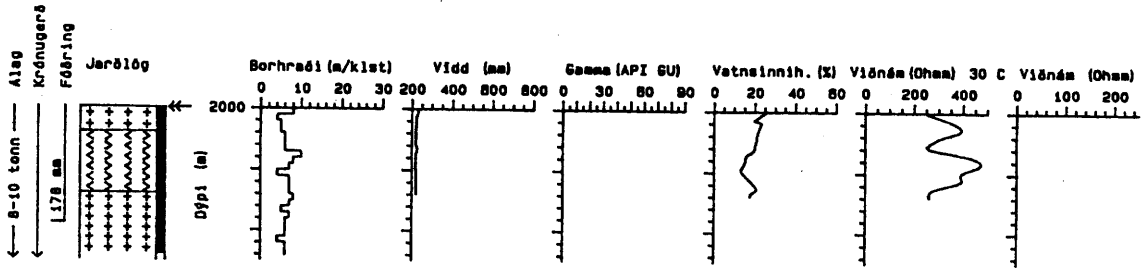
### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



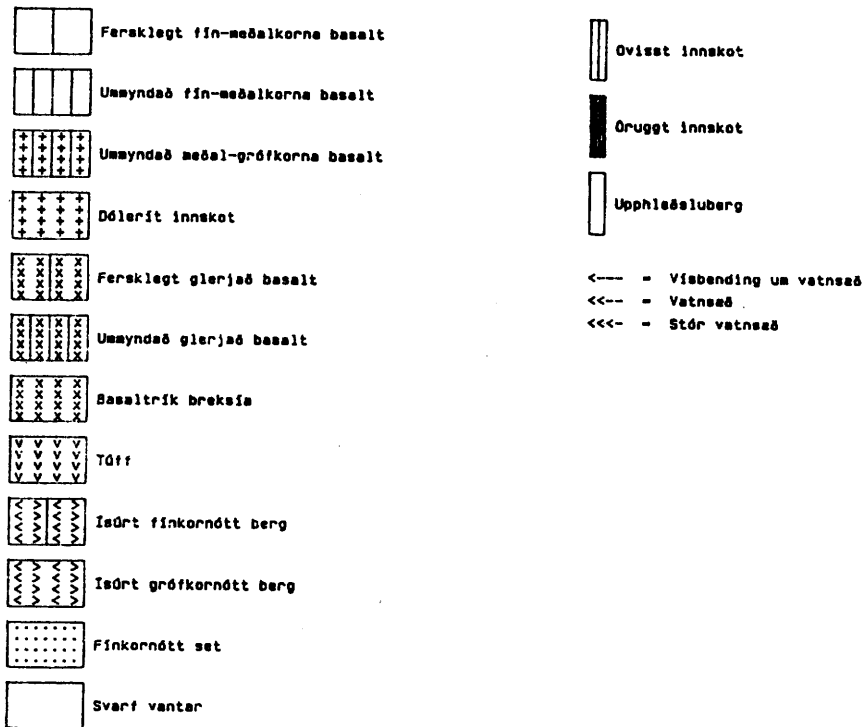
MYND 4 Frh.

JHD-BH/BJ-8715 HTu1/GSv/HF  
88.03.0217 T/GuH

## NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



### Skýringar við jarðlagasnið



#### Hraunlagamyndun 428-630 m.

Þessi myndun er byggð upp af u.þ.b. 35 þunnum hraunlögum (3-10 m) sem eru aðskilin af tiltölulega þykkum karga af basaltbreksíu. Á nokkrum stöðum eru millilögin úr móbergsbreksíu. Flest hafa lögin þóleiít-einkenni, sum þeirra eru þó blönduð. Neðstu 25 metrarnir eru að mestu byggðir upp af glerjuðu basalti. Á 440 m dýpi er þriðja vatnsæðin. Hún er í hraunlagakarga. Blandlagaleir fannst á þessu dýpi, svo og vottur af epidóti og hedenbergíti í einni þunnsneið. Þetta er staðbundið og líklega tímabundið frávik í ummyndunarhita, sennilega tengt vatnsæðinni.

#### Hraunlagamyndun 630-950 m.

Þetta er syrpa a.m.k. 40 ummyndaðra basalhraunlaga. Raunar eru skilin milli þessarar myndunar og þeirrar fyrir ofan ekki glögg, en ofarlega í syrpu skiptast á lög af þóleiíti og lög með einkenni ólivínþóleiíts. Neðan 700 m verður þóleiít aftur ríkjandi bergtegund. Líklega eru þrjú fínkornótt innskot á u.þ.b. 700 m dýpi og neðst í syrpu sjást fyrstu öruggu innskotin í holunni. Þau eru fínkornótt og ferskleg utan eitt sem er meðal-grófkorna. Rétt ofan þess er vatnsæð, en annars eru hraunlagasyrpurnar mjög þéttar. Frá um 720 m dýpi telst ummyndun til blandlagabeltis, en klórítbelti tekur við á 810 m.

#### Móbergsmyndun 950-1028 m.

Þessari syrpu má skipta í þrennt; efst er móbergsbreksía, þá basaltbreksía og neðst settúff. Þessa myndun reyndist erfitt að greina til bergtegundar, en ólivínþóleiíttextúr fannst í efri hlutanum. Þrjú ferskleg, fínkornótt basaltinnskot, hvert um tveggja metra þykkt, skera móbergsmyndunina. Vatnsæð, hin fimmta í röðinni, er neðarlega í settúffinu.

#### Hraunlagamyndun 1028-1142 m.

Þetta eru 12 hraunlög frá 2 til 12 m að þykkt, sennilega flest þóleiítlög. Fjögur innskot skera staflann, hið efsta er mjög fínkornótt og var við svarfgreiningu álitíð ísúrt. Gammamælingar í holunni tókust illa eins og gert er grein fyrir í kafla 4.3, en stundum sýndu þær þó aukningu í gamma þar sem ísúr lög fundust. Mælingin sýnir lítinn topp við þetta lag, en ekki tókst að staðfesta að um ísúrt lag væri að ræða í þunnsneiðagreiningu. Því verður þetta talið fínkornótt þóleiítinnskot þar til annað kemur í ljós. Ísúrt innskot er á 1080 m dýpi og mikil ummyndun fylgir því. Á um 990 m er komið í klórít-epidót ummyndunarbelti, og um 100 m neðar í epidót-aktínólítbelti. Meðalgrófkorna, 10 m þykkt basaltinnskot er á 1100 m dýpi. Vatnsæð er í þunnu setlagi milli hrauna á 1090 m dýpi.

Móbergsmýndun 1142-1230 m.

Þarna skiptast á móbergsbreksía, basaltbreksía og settúff. Hér er erfitt að greina bergtegund vegna ummyndunar, en líklega er ólivínþóleiít ríkjandi, a.m.k. í neðri hlutanum. Eitt tveggja metra þykkt, ísúrt, fínkornótt innskot sker myndunina á 1190 m dýpi. Vatnsæð er í túffi á 1160 m.

Hraunlagamyndun 1230-1536 m.

Það sem einkennir þessa hraunlagamyndun er meiri innskotatíðni en ofar í holunni, og mikil ummyndun sem torveldar að greina bergtegundir að. Tuttugu hraunlög greindust, flest fínkornótt. Sennilega eru sjö ísúr innskot, þar af tvö grófkornótt. Á um 1300 m dýpi er 15 m þykkt ísúrt innskot, en við botn þess er vatnsæð. Basaltinnskotin eru ýmist meðalkorna eða grófkorna. Mikil ummyndun fylgir þessum innskotum. Þrjár vatnsæðar eru í þessari myndun, þar á meðal stærsta æð holunnar á 1525 m dýpi undir þunnu ísúru lagi.

Innskotakafli 1536-1740 m.

Á þessum kafla eru innskot ríkjandi, en þunn lög af basaltbreksíu eru á milli þeirra. Dólerít og díorít innskotasyrpur skiptast á, og er díorít mest áberandi á 1600 til 1660 m dýpi. Blöndun þessara berggerða er mikil í svarfinu og skil milli innskota því ekki nákvæm. Tvær vatnsæðar eru milli innskota í þessum kafla.

Móbergsmýndun 1740-1830 m.

Þetta er túffmýndun, skorin af þunnum dólerítinnskotum og einni innskotasyrpu. Túffið er blöðrótt og allar blöðrur fylltar af háhitaummyndunarsteindum. Vatnsæð er milli innskota á 1800 m dýpi. Ummyndunarsteindin hedenbergít, sem ber vitni um mjög háan hita, sést fyrst á 1760 m.

Hraunlagamyndun 1830-1941 m.

Dólerítinnskot eru um helmingur þessarar syrpu, en upphleðslueining hennar eru þétt hraunlög, allt að 14 m þykk. Bergið er allt mjög ummyndað.

Innskotakafli 1941-2024 m.

Þessi hluti er nær samfelld innskotasyrpa, en þunn lög af meðalkorna-glerjuðu basalti gefa hugmynd um upprunalega bergið. Dólerít- og díorítinnskot skiptast á og sum eru mjög grófkornótt. Allt er bergið mjög ummyndað. Á 2000 m dýpi er neðsta vatnsæð holunnar, líklega á mörkum tveggja díorítinnskota. Holubotninn er í dólerítinnskoti.

Hér verður ekki farið út í ítarlegan samanburð og tengingu jarðlaga milli hola á svæðinu, en aðeins var reynt að glöggva sig á afstöðu jarðlaga í NJ-16 til næstu holu sem er NJ-11 (Benedikt Steingrímsson

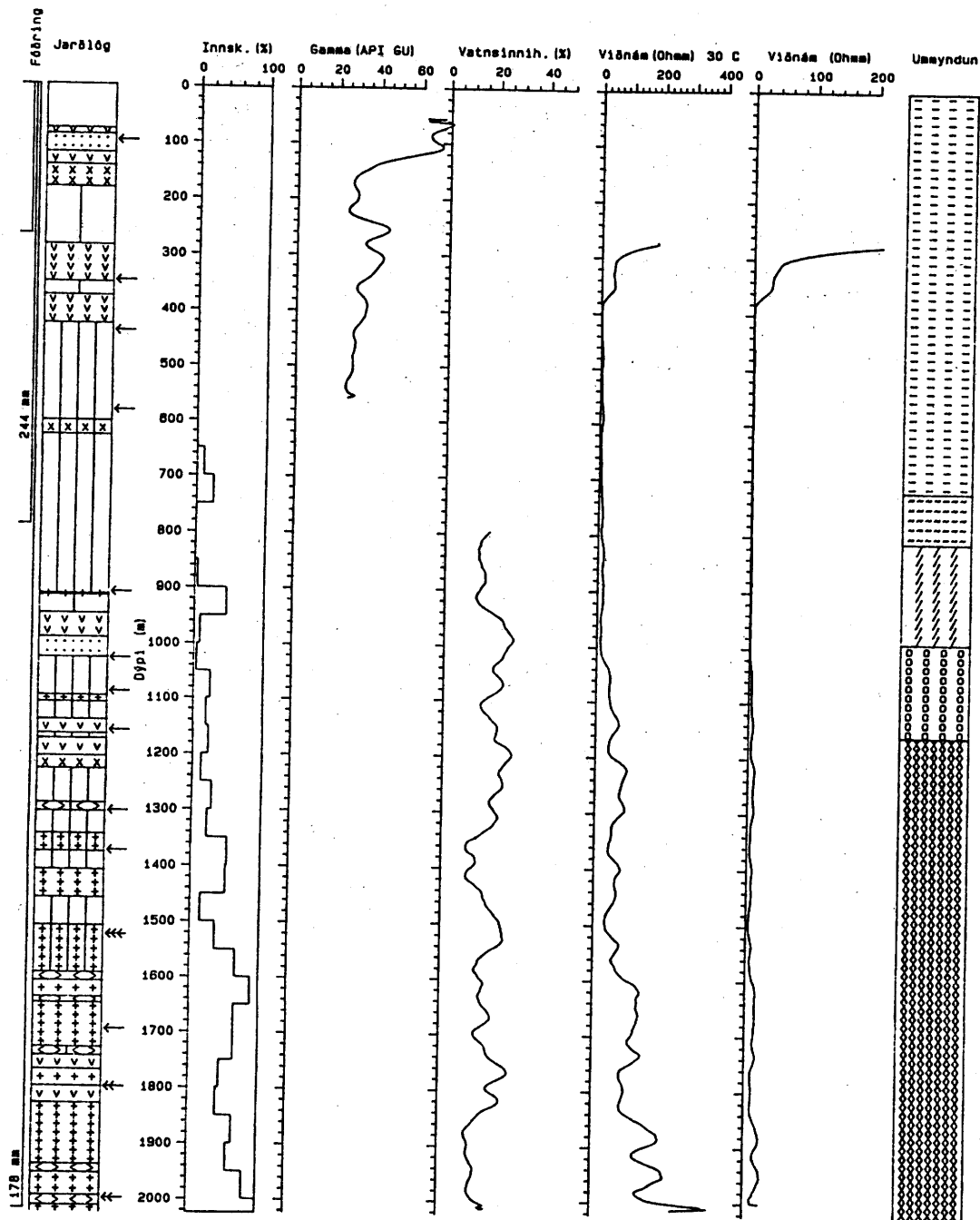
o.fl., 1986). Mynd 6 sýnir einfölduð jarðlagasnið þessara hola og fáein jarðlög sem hugsanlega mætti tengja saman. Sé þessi tenging rétt er um 100 m misgengi milli holanna, sem leiðir til að sömu jarðlög koma fram 100 m neðar í holu NJ-16 en í NJ-11. Basalthraunasyrpur í efri hluta staflans eru greinilega miklu algengari í NJ-16 en NJ-11. Ýmislegt mætti álykta um þessa tengingu, en það verður að bíða betri tíma og ítarlegri athugunar.

TAFLA 1 Þunnsneiðar í holu NJ-16

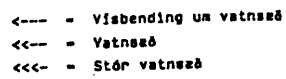
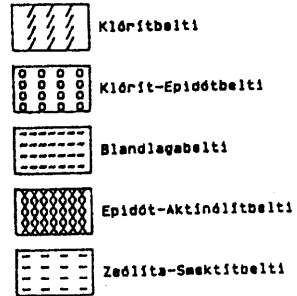
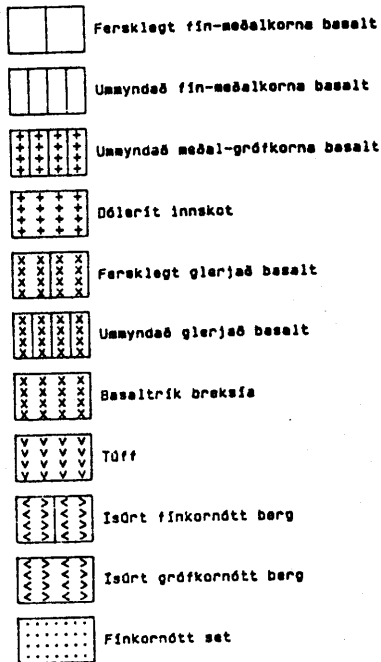
Númer	Dýpi (m)	Númer	Dýpi (m)	Númer	Dýpi (m)
14262	78	14282	770	14302	1346
14263	110	14283	778	14303	1390
14264	150	14284	810	14304	1420
14265	190	14285	856	14305	1466
14266	230	14286	886	14306	1496
14267	280	14287	930	14307	1530
14268	320	14288	970	14308	1570
14269	360	14289	1000	14309	1596
14270	400	14290	1050	14310	1616
14271	426	14291	1080	14311	1640
14272	460	14292	1092	14312	1660
14273	490	14293	1130	14313	1710
14274	520	14294	1160	14314	1728
14275	560	14295	1170	14315	1760
14276	590	14296	1196	14316	1796
14277	626	14297	1220	14317	1820
14278	654	14298	1264	14318	1860
14279	694	14299	1300	14319	1920
14280	736	14300	1330	14320	1958
14281	754	14301	1318	14321	2000

JHD-8J/BM-8715 Gsv/HTU1  
86.03.0218 T

### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 EINFALDAÐ JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



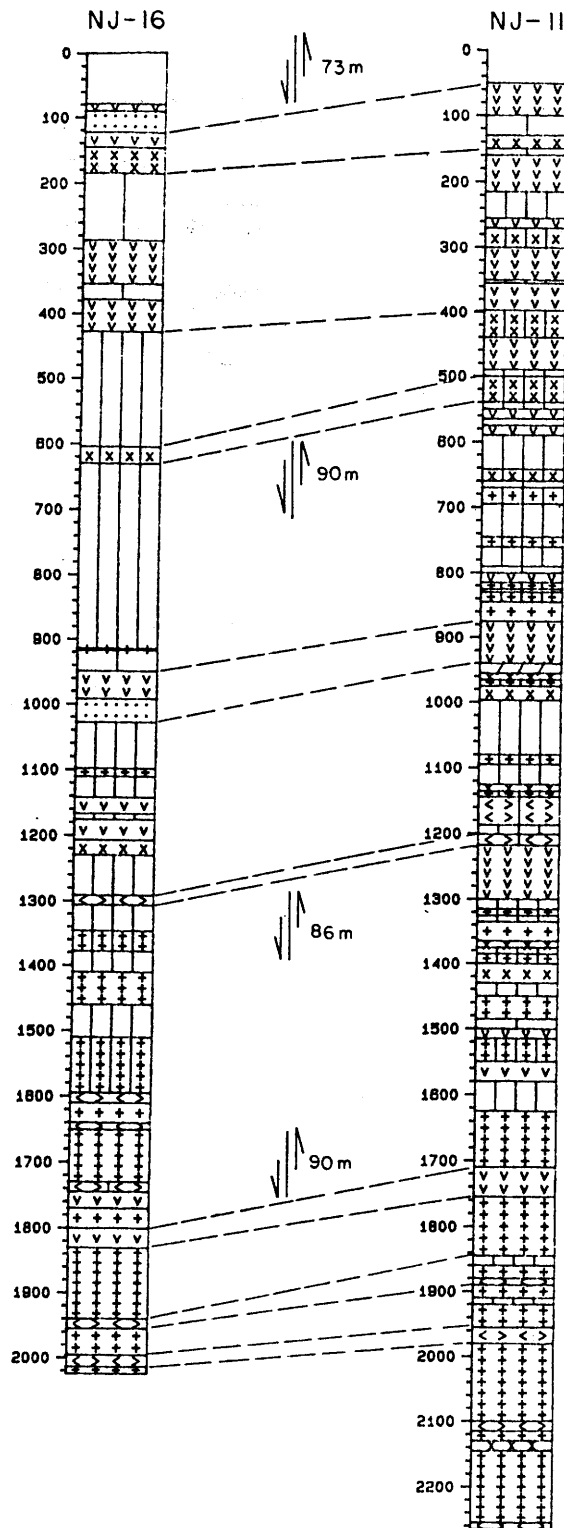
MYND 5 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar



MYND 5 Skýringar

JHD-BJ-8715 G Sv.  
86.06.0549 T

Hugsanleg tenging jarðlaga í holum NJ-16 og NJ-11



MYND 6 Hugsanleg tenging jarðlaga í NJ-11 og NJ-16



## 4.2 Innskot

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

TAFLA 2 Flokkun og tíðni innskota

Dýpi (m)	Fínkorna (m)	Meðalkorna (m)	Dólerít (m)	Ísúrt/súrt (m)	Alls	Fjöldi
0-600	0	0	0	0		0
600-700	5	0	0	0	5	2
700-800	12	0	0	0	12	2
800-900	2	0	0	0	2	1
900-1000	24	3	0	0	27	5
1000-1100	9	0	0	5	14	2
1100-1200	9	9	0	2	20	3
1200-1300	6	0	0	14	20	3
1300-1400	0	30	0	5	35	3
1400-1500	0	0	25	7	32	4
1500-1600	0	0	42	8	50	12
1600-1700	0	7	50	21	78	14
1700-1800	2	6	33	26	57	14
1800-1900	2	0	49	0	51	10
1900-2000	5	8	44	12	69	14
2000-2024	0	0	14	10	24	3
Samtals	76	63	257	100	24%	92

Taflan sýnir að 24% staflans eru greind sem innskot. Af þeim hafa 80%  
basíska efnasamsetningu en 20% ísúra eða súra. Raunar er aðeins  
greint ísúrt berg í þessari holu auk hins basíska, þar sem greiningar-  
aðferðir þóttu ekki bjóða upp á nákvæmari flokkun.

Innskot sjást fyrst í holunni á nær 700 m dýpi og eykst tíðni þeirra  
verulega neðan 1400 m og niður á botn. Tíðni innskota er mest á

bilinu 1600-1700 m þar sem grófkornótt innskot í basaltbreksíu eru yfirgnæfandi.

Akveðið mynstur má lesa út úr flokkun innskotanna. Mest er af fínkornóttum, fersklegum innskotum tiltölulega ofarlega í holunni, hæst er hlutfall þeirra á rúmlega 900 m dýpi. Meðalgrófkornótt innskot eru fá, en oft er erfitt að sjá í svarfi hvort meðalkornótt berg er innskots- eða upphleðsluberg og því er greining þessarar berggerðar fremur óáreiðanleg. Grófkornótt, basísk innskot sjást fyrst neðan 1400 m og eru þar ríkjandi. Ísúr innskot sjást fyrst á tæplega 1100 m dýpi og dreifast óreglulega niður holuna. Þau eru ýmist fín- eða grófkornótt, og eru öll ísúr lög neðan 1600 m grófkornótt. Eina þyrping ísúr innskota eru 6 díorítinnskot sem skiptast á við dólerítinnskot á 1600-1700 m dýpi. Mynstur innskotanna er að mörgu leyti svipað í holum í næsta nágrenni. Í NJ-11 eru fínkornóttu basaltinnskotin tíðust á 700-900 m dýpi, og þéttleiki innskota mestur neðan 1500 m. Hlutfall innskota er nokkru herra í NJ-11 og hlutur ísúr innskota þar ekki nema 10% af því.

Flestar vatnsæðar neðan 900 m dýpis eru tengdar innskotum.

#### 4.3 Jarðlagamælingar

Í töflu 3 eru skráðar allar jarðeðlisfræðilegar mælingar sem gerðar voru í holu NJ-16, bæði meðan á borun stóð og í upphitun eftir borun. Steypumælingar (CBL) ásamt hita- og þrýstimælingunum eru birtar í bráðabirgðaskýrslunum (V-2 til V-5) en dýptarleiðréttar jarðlagamælingar ásamt vídd, borhraða og jarðlagasniði eru í Viðauka I.

Jarðlagamælingarnar hafa verið leiðréttar fyrir áhrifum holuvíddar og afleiddar stærðir reiknaðar. Eins og gert var að því er viðkom holu NJ-14 (Benedikt Steingrímsson o.fl, 1986) er víddarleiðrétt gamma birt hér í stað reiknaðrar kísilsýru (mynd 4), en kísilsýrugildin eru notuð þegar meðaltal yfir einstök lög eða syrpur úr kristölluðu bergi var reiknað.

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

Í efstu 300 metrunum eru viðnámsmælingarnar ekki góðar; þó er hægt að sjá að viðnámið er þar mjög hátt eða allt upp í 1000 Ohmm. Lágt við-

viðnám er fyrir neðan 300 m í holu NJ-16 og var erfitt að mæla það, sérstaklega 64" viðnámið sem mældist mjög lágt. Því hefur orðið að styðjast eingöngu við 16" viðnámsgildin við frekari úrvinnslu eins og gert var við holu NJ-14. Viðnám borholuvökvans var áætlað 10 Ohmm við 23°C. Þegar búið var að víddarleiðrétta 16" viðnámsgildin voru þau leiðrétt gagnvart hita, fyrst að 30°C (R30), síðan að berghita (Rb). Þessir tveir viðnámsferlar eru teiknaðir á mynd 4 ásamt víddarleiðréttu gamma, vatnsinnihaldi, vídd, borhraða, jarðlagasniði og ýmsum upplýsingum um holuna.

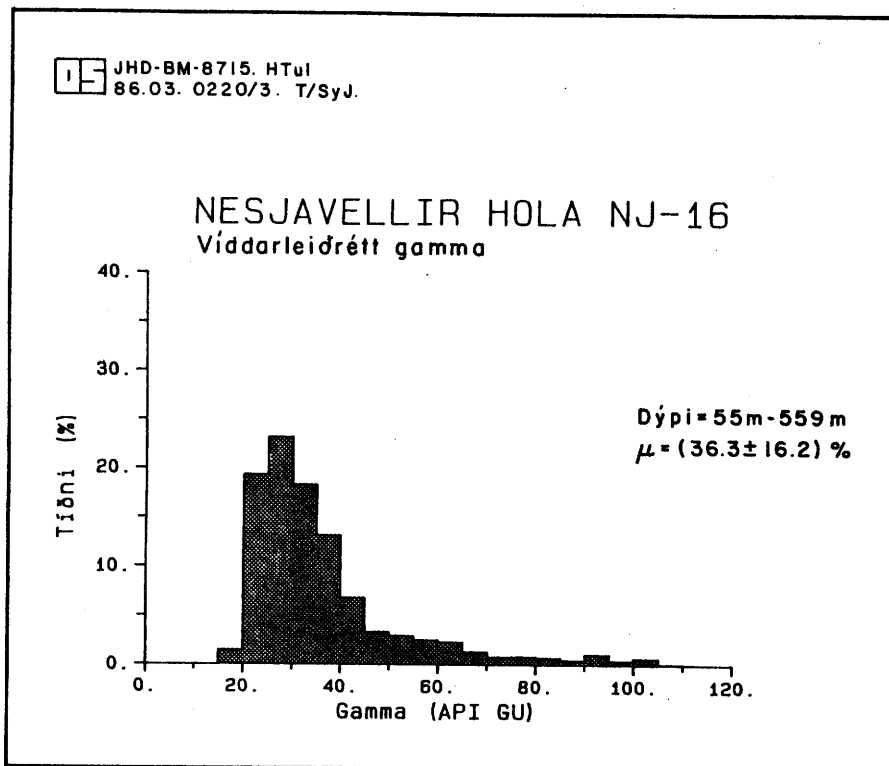
Myndir 7 a-d sýna tíðnidreifingu víddarleiðréttis gamma, vatnsinnihald, R30 og Rb. Þar sem viðnámsgildin ná yfirleitt yfir mjög stórt svið er skýrara að teikna tíðnidreifingu af  $\text{Log}(R30)$  og  $\text{Log}(Rb)$ .

Meðalgildi gammamælinganna er  $(36,3 \pm 16,2)$  API GU (mynd 7a), sem er nokkru hærra en í öðrum holum á Nesjavöllum. Þetta háa meðaltal stafar sennilega af því að allar gammamælingarnar í holu NJ-16 voru slæmar og aðeins var talið að hægt væri að nota ferilinn niður í 559 m en þar fyrir ofan er mikið af móbergi með háum mældum gammagildum. Hágildi dreifingarinnar er í  $(25-30)$  API GU.

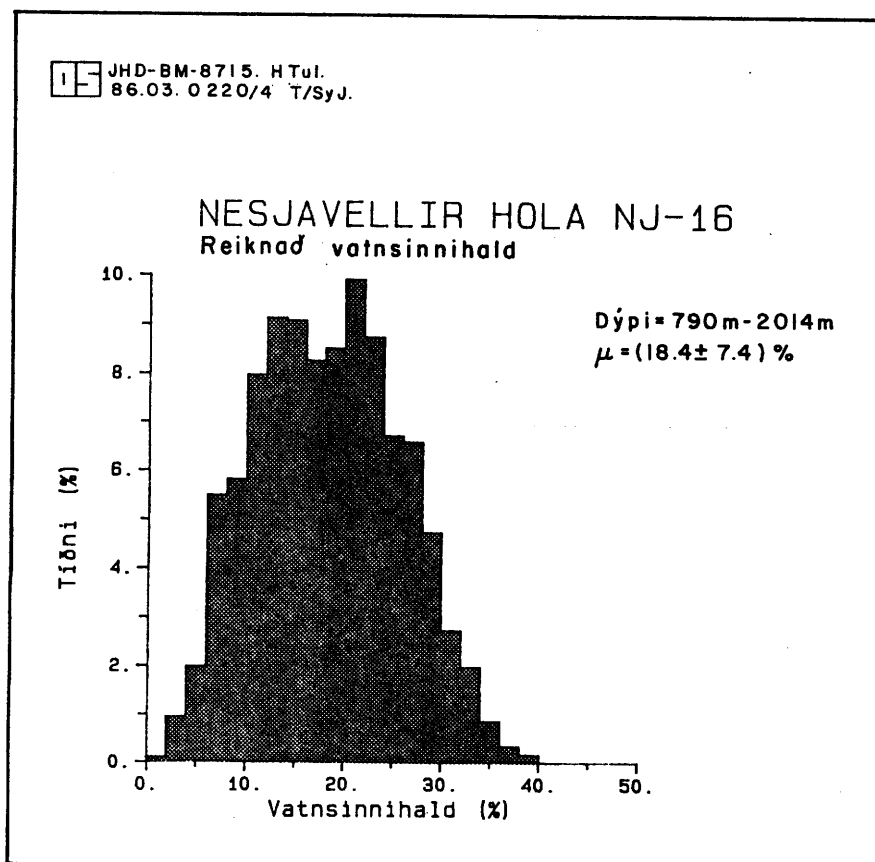
Vatnsinnihaldið er að meðaltali  $(18,4 \pm 7,4)\%$  (mynd 7b) á dýptarbilinu 790 m - 2014 m og er það svipað og í öðrum holum á svæðinu. Dreifingin sýnir tvö hágildi í  $(12-16)\%$  og í  $(20-22)\%$ . Þegar tíðnidreifingarnar fyrir viðnámsferlana eru skoðaðar sést að dreifingin í Rb hefur tvö vel afmörkuð hágildi, en fleiri smærri toppar eru í dreifingu R30 með tveim stærstum, sem samsvara toppunum í dreifingu Rb. Fyrri hágildi R30 dreifingarinnar er í kringum 5 Ohmm og 1 Ohmm fyrir Rb, seinna hágildið er í um 80 Ohmm (R30) og 8 Ohmm (Rb). Þessir tveir toppar benda til þess að aðallega sé um tvenns konar berg að ræða m.t.t. viðnáms. Meðalviðnám leiðrétt að 30°C er  $(64,4 \pm 72,6)$  Ohmm en  $(10,3 \pm 23,3)$  Ohmm leiðrétt að berghita og er þetta ívið hærra en í öðrum holum á Nesjavöllum.

Síaðir mæliferlar (Benedikt Steingrímsson o.fl., 1986) eru teiknaðir upp ásamt einfölduðu jarðlagasniði, innskotatíðni og ummyndunarsniði á mynd 5. Á þeirri mynd sést í stórum dráttum hvernig bergið er sem holan sker. Gangar og innskot sjást í vatnsinnihaldinu sem lággildi, enda er þar mjög þétt berg og gefur vatnsinnihaldið mat á poruhlutann. Túff er hins vegar mjög gropið berg og þar af leiðandi með hátt reiknað vatnsinnihald sem að hluta til er í ummyndunarsteindum og að hluta í porum.

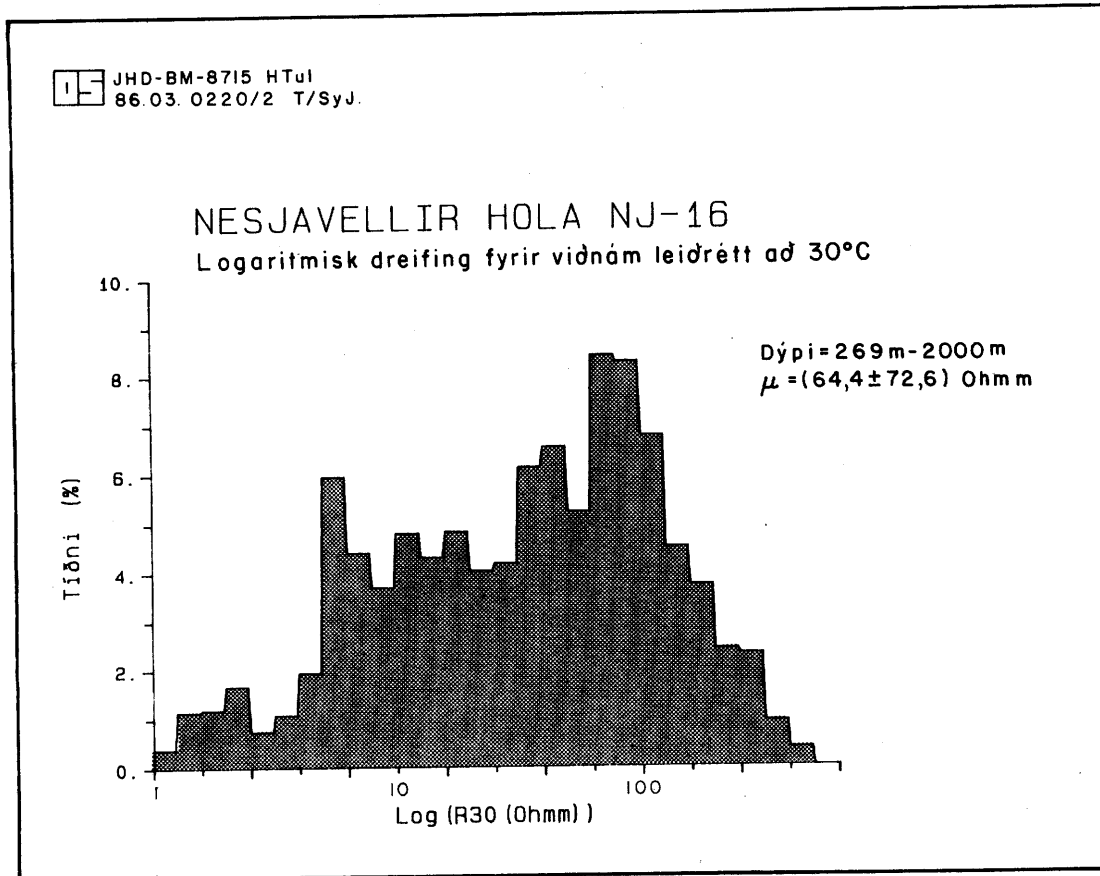
Ummyndun og innskotatíðni ráða miklu um það hvernig viðnámsferlarnir eru. Efstu 300 metrnir eru úr fersku bergi, og er þar hátt viðnám. Fyrir neðan 300 m eykst ummyndun og lækkar viðnámið mikið og er sama og ekkert niður í 1000 m en þar breytist ummyndunin og innskotatíðni eykst, og veldur það hækkuðu viðnámi.



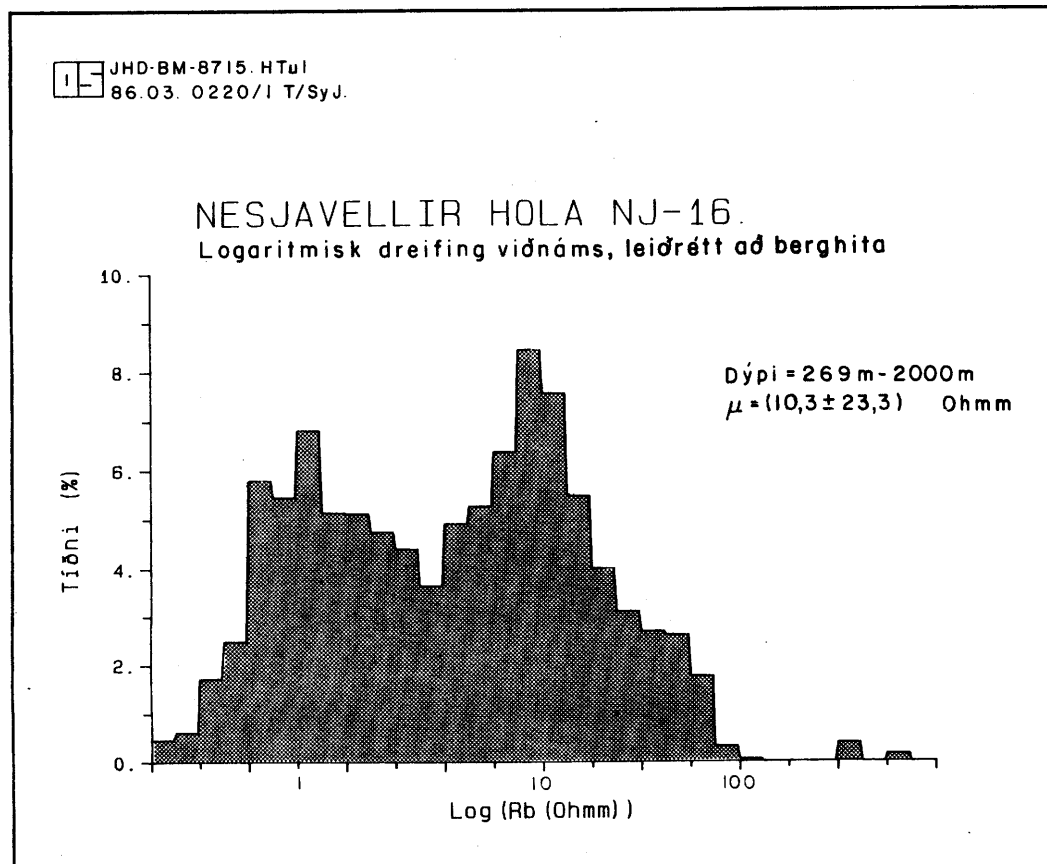
MYND 7a Víddarleiðrétt gamma, tíðnidreifing



MYND 7b Reiknað vatnsinnihald, tíðnidreifing



MYND 7c Tíðnidreifing viðnáms, leiðrétt að 30°C



MYND 7d Tíðnidreifing viðnáms, leiðrétt að berghita

Tafla 3 Mælingar í holu NJ-16

Dags.	Tími (kl)	Hvað mælt	Dýptarbil (m)	Athugasemdir
85.11.01	16:30-17:15	Hiti+dT+CCL	0-265	Í stöngum, upphitun, æðar
85.11.01	19:20-19:40	Hiti+dT+CCL	0-270	Eftir upptekt, upphitun, æðar
85.11.01	20:00-20:30	Vídd	0-268	Skápar, jarðlög
85.11.01	20:40-21:20	Nifteindir+gamma	0-270	Jarðlög
85.11.01	21:20-22:00	Viðnám	0-270	Jarðlög
85.11.09	13:30-15:00	Hiti,dT,CCL	0-764	Borun fyrir 9 5/8" lokið
85.11.09	22:00-23:20	Nifteindir+gamma	0-781	Mælt eftir upptekt, jarðlög
85.11.10	00:30-01:30	Hiti,dT,CCL	0-787	Upphitun, æðar
85.11.10	01:55-03:00	Vídd	0-782	Skápar
85.11.10	03:25-05:00	Viðnám 16" og 64"	0-787	Jarðlög
85.11.11	13:10-13:50	Hiti,dT,CCL	0-733	Upphitun, 1.steypingu lokið
85.11.11	14:30-17:00	CBL	0-500	Steypuborð
85.11.11	21:00	Skotið 8 eggjum	265,4-266,5	Hringdæling, náðist ekki
85.11.12	00:15	Skotið 8 eggjum	252,8-253,9	Hringdæling, náðist ekki
85.11.12	03:00-04:00	CBL	0-330	Steypuborð
85.11.12	05:00-06:00	CBL	0-400	Steypuborð
85.11.12	06:30	Skotið 8 eggjum	102,4-103,5	Hringdæling
85.11.13	14:15-14:40	Hiti-dT-CCL	0-774.6	Fóðring fullsteypt
85.11.13	15:00-16:45	CBL	0-760	Steypugæði
85.11.23	13:00-15:00	Hiti,dT,CCL	0-2000	Mælt í stöngum, upphitun, æðar
85.11.24	00:20-04:00	Hiti,dT,CCL	0-2025	Mælt í stöngum, upphitun, æðar
85.11.24	16:00-16:50	Hiti,dT,CCL	0-2025	Mælt eftir upptekt, upphitun
85.11.24	17:10-19:30	Vídd	0-2014	Skápar
85.11.24	19:45-21:20	Viðnám 16" og 64"	0-2025	Jarðlög
85.11.24	21:40-02:40	Nifteindir+gamma	0-2025	Jarðlög
85.11.25	02:45-03:30	Hiti,dT,CCL	0-2025	Upphitun
85.11.26	01:50	Þrýstingur	150-1800	Á undan þrepaðælingu
85.11.26	02:50-14:23	Þrepaðæling		
85.11.26	14:23	Hiti,dT,CCL	500-2023	Eftir þrepaðælingu
85.11.26	15:20	Þrýstingur	250-500	Eftir þrepaðælingu
85.12.03	14:55-15:12	Hiti	10-500	Upphitun, blætt af holunni fyrir mælingu. Hitastig því væntanlega truflað. Vatnsb. 68m kl 14:27
85.12.03	16:15-18:40	Hiti	500-1995	Upphitun, amerada, vatnsborð 83,9 m kl 14:39
85.12.03	20:00-21:30	Þrýstingur	110-1996	Upphitun, amerada
85.12.10	14:00-16:00	Hiti	500-2001	Upphitun, amerada, blætt af kl 11:30 vatnsborð í lok mælingar 60 m
86.01.16	13:50-14:10	Hiti	50-500	Upphitun
86.01.16		Hiti	600-1992	Upphitun, amerada, vatnsb. 33,1 m
86.01.16		Þrýstingur	100-1992	Upphitun, amerada, vatnsb. 33,1 m

## 5 UMMYNDUN

### 5.1 Greiningaraðferðir

Ummyndunarsteindir voru greindar á þrennan 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 XRD-tæki. Þessar greiningar eru notaðar til að skipta jarðlagastaflanum í ummyndunarbelti.

### 5.2 Dreifing ummyndunarsteinda

Mynd 8 sýnir dreifingu ummyndunarsteinda, og eru þær táknaðar 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 hiti 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 næmar á hitabreytingar að röð þeirra í útfellingu á sama dýpi gefur til kynna hvort svæðið er að hitna eða kólna.

Smektít-zeólítabeltið er hér teiknað frá yfirborði niður á 720 m dýpi. Innan þess er ríkjandi hiti undir 200°C. Ummyndun er þó allbreytileg innan beltisins. Í efstu 300 metrunum er gler að mestu ferskt og ummyndun á lægsta stigi. Smektít er þó byrjað að myndast í glerinu, oxun er víða talsverð og dálítið finnst af útfellingunum ópál, kalsedón, kalsíti og aragóníti. Zeólítar sjást fyrst á 300 m dýpi, fyrst analsím, skólesít og mesólít, en á um 400 m dýpi eru zeólítar orðnir ríkjandi, og stilbít, heulandít, mordenít og laumontít komnir inn í steindasamfélagið. Mordenít og laumontít verða þó ekki algengir fyrr en á rúmlega 500 m dýpi. Vottur af kvarsi finnst á 300-500 m en verður ekki áberandi fyrr en eftir 600 m. Á 400-600 m dýpi sjást strjálur vísbendingar um háhitatopp. Á 400 m greindist eitt sýni af blandlagaleir sem eitt sér segir ekki mikið. Á 490 m

greindust albít og hedenbergít í einni þunnsneið, en þessar steindir einkenna umhverfi sem hefur hitnað yfir 300°C. Þarna er einnig eyða að því er zeólítana varðar og vottur af albítiseringu sést í feldspati í næstu þunnsneiðum fyrir ofan og neðan. Á 590 m finnst aftur stök vísbending um epidót sem er líklega tengt vatnsæð á sama dýpi. Algjör breyting yfir í albít og hedenbergít er líklegust í tengslum við innskot, svk. snertimyndbreytingu (contact metamorphism). Ekkert innskot fannst nálægt 490 m dýpi í NJ-16. Næsta virka vatnsæð er á 440 m. Jarðlagaskipan einkennist af þunnum hraunlögum með miklum karga svo vatnsleiðni er líklega talsverð. Líklegasta skýringin á þessum hitatoppi er því forn vatnsæð, þ.e. tímabundið innrennsli háhitavatns. Neðan 550 m dýpis eru zeólítar einkennissteindir, en blandlagaleir og kvars finnst líka. Pýrít er algengt frá 500 m niður á botn holunnar.

Blandlagabelti tekur við á 720 m dýpi þegar wairakít og blandlagaleir sjást samtímis. Wairakít er síðan algengt niður á 1400 m og finnst niður undir botn holunnar. Blandlagaleir er hins vegar nær horfinn á rúmlega 800 m dýpi. Í þessu ummyndunarbelti er ríkjandi hiti milli 200°C og 230°C. Zeólítar finnst þó enn þarna, einkum mordenít og laumontít sem eru hitapolnastir zeólíta. Þeir eru þó ekki taldir í jafnvægi við hita yfir 200°C. Hugsanleg skýring á tilvist þeirra í heitara umhverfi er lítil vatnsleiðni í hraunlagasyrpunni; engin vatnsæð fannst á rúmlega 300 m kafla á 584 til 910 m dýpi. Samkvæmt þessu hafa zeólítarnir ekki enn náð að ummyndast í samræmi við ríkjandi hitastig. Þetta felur í sér að hiti sé að hækka á þessu bili. Ekki tókst að sjá útfellingaröð steinda í smásjá til að staðfesta þetta, en zeólítarnir eru á undanhaldi svo upphitun er talin líklegri en kólnun í þessu samfélagi.

Klórítbelti markar glögg ummyndunarskil á 800 m dýpi. Klórít er þar ríkjandi leirsteind og zeólítar eru horfnir nema laumontít, sem finnst niður allt beltidið og vottar jafnvel fyrir því enn neðar. Hiti í beltinu er frá 230°C til 250°C sem eru lægri hitamörk epidóts. Engin afgerandi ummyndun virðist fylgja mikilli innskotatíðni á rúmlega 900 m. Prenít sést fyrst neðst í þessu beltu og er áberandi eftir það niður holuna og kvars er nú orðið algengt.

Klórít-epidótbelti markast af tilkomu epidóts á 990 m dýpi. Það er síðan ríkjandi steind í beltinu ásamt klóríti, kvasi, preníti og wairakíti, auk þess sem wollastónít sést þar fyrst. Í þessu beltu fer hitinn úr 250°C allt upp í 280°C þar sem aktínólít sést fyrst. Laumontít er nú loks nær horfið þótt það finnst á stöku stað niður holuna. Albítisering í feldspati verður æ algengari, og granat og spene finnst á tæplega 1100 m, líklega tengd innskotum og vatnsæð á því dýpi.

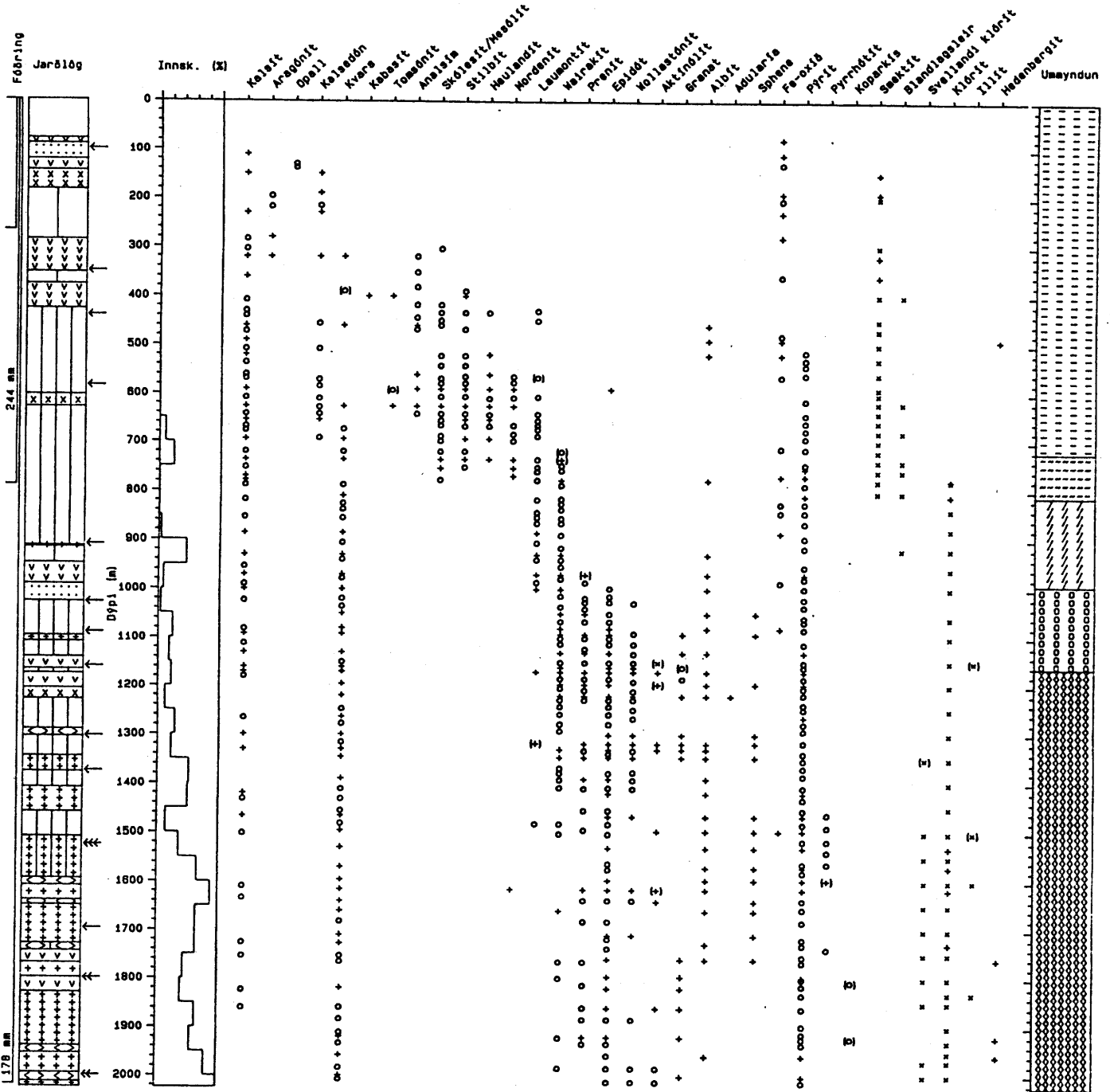


Epídót-aktínólítbelti hefst þar sem aktínólít sést fyrst og gefur því til kynna yfir 280°C ummyndunarhita. Það er á 1160 m dýpi og nær niður á botn holunnar. Aktínólít finnst strjált niður holuna, og oftast nærri ísúrum innskotum. Að öðru leyti eru þessi ummyndunarskil ekki mjög skörp; einkennissteindir auk aktínólíts eru þær sömu og í beltinu fyrir ofan, klórít, epidót, kvars, wairakít, prenit og wollastónít. Tíðni wollastóníts nær raunar hámarki í efri hluta beltisins. Það verður aftur á kostnað kalsíts, sem minnkar snögglega á tæplega 1200 m og hverfur á tæplega 1900 m. Ummyndun Fe-oxíða yfir í spene er áberandi í þessu beltu. Nálægt 1400 m dýpi eykst innskotatíðni verulega. Á svipuðu dýpi breytist ummyndunin nokkuð, þó ekki séu örugg tengsl þar á milli. Greiningar eru færri en ofar á wairakíti, prenit og wollastóníti, en klórít, kvars og epidót halda sér. Pyrrhotít, að mestu greint í svarfi, sést með pyrítinu. Ásamt klóríti greinist svellandi klórít frá 1450 m og niður úr. Einnig finnst vottur af illíti á sömu slóðum. Svipað sást í holu NJ-11, og er óútskýrt enn sem komið er. Í neðstu 250 metrum holunnar verður aftur nokkur breyting, sem er auðveldara að útskýra. Á 1760 m og neðar finnst hedenbergít jafnframt því að kalsít hverfur. Þetta bendir hvorttveggja til að hiti sé kominn vel yfir 300°C.

A mynd 13 í kafla 6.4 er sýndur áætlaður berghiti út frá hitamælingum og ummyndunarhita sem byggir á ofangreindum athugunum. Megindrættir myndarinnar eru að holan er köld í efstu 700-800 m miðað við aðrar holur á svæðinu. Hiti fer ekki yfir 100°C fyrr en í 400-500 m, en í næstu holu, NJ-11, er kominn yfir 200°C hiti á því dýpi. Hitamælingar styðja þá hugmynd að háhitaummyndunin nærri 500 m dýpi sé forn. Það er ekki fyrr en á um 700 m dýpi sem ummyndunarsteindir, sem eru í jafnvægi við 200°C eða meira, mynda steindasamfélög. Það er á svipuðu dýpi og fyrstu innskotin sjást í staflanum. Á um 800 m dýpi verða ummyndunarskil; hiti samkvæmt steindasamfélagi kemst yfir 230°C og er kominn í 250°C á 1000 m dýpi. Hér dregur holan nokkuð á NJ-11 að því er ummyndunarhita varðar, 230°C hita er náð á svipuðu dýpi, en hitinn stígur ekki eins hratt upp í 250°C og 280°C í NJ-16. NJ-11 nær 280°C ummyndunarhita á 900 m dýpi, en NJ-16 á 1160 m. Eftir það virðist hitaferill ummyndunarsteindanna svipaður í holunum. Eins og getið er um hér að ofan eru ummyndunarskil oft í einhverjum tengslum við innskotatíðni í staflann. Blandlagabeltið hefst um leið og fyrsta innskotasyrpan. Það er aftur athyglivert að klórítbeltið byrjar í innskotasnauðum, þéttum hraunakafla á 800 m. Á 900 m er kafla með háa innskotatíðni sem kann að valda upphitun í lögnum fyrir ofan. Þótt innskotatíðni sé ekki mikil í klórít-epidótbeltinu er þar mikið af vatnsæðum sem eru tengdar minniháttar innskotum. Um tengsl innskota og ummyndunar í epidót-aktínólítbeltinu hefur þegar verið rætt hér að ofan.

















JHD-BJ-8715 6SV  
86.03.0550 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 DREIFING UMMYNDUNARSTEINDA OG BELTASKIPTING



MYND 8 Dreifing ummyndunarsteinda

Skýringar við jarðлага- og ummyndunarsnið

	Færsklegt fin-meðalkorna basalt		Klárítbelti
	Ummyndað fin-meðalkorna basalt		Klárít-Epidótbelti
	Ummyndað meðal-grófkorna basalt		Blandlagabelti
	Dólerít innskot		Epidót-Aktíndítbelti
	Færsklegt glerjás basalt		Zeólíta-Smektítbelti
	Ummyndað glerjás basalt		
	Basaltrík breksía		
	Tóff		
	Ísdrót fínkornótt berg		
	Ísdrót grófkornótt berg		
	Fínkornótt set		

x	=	Röntgengreining
+	=	Punnaneisagreining
o	=	Svarfagreining
()	=	Óviss greining

<---	=	Viðbending um vatnsæð
<<---	=	Vatnsæð
<<<---	=	Stór vatnsæð

MYND 8 Skýringar

## 6 EÐLISÁSTAND JARÐHITAKERFIS

### 6.1 Staðsetning vatnsæða

Alls fundust fjórtán vatnsæðar í holu NJ-16, og eru tíu þeirra í vinnsluhluta hennar. Holan var þétt lengst af. Í borun fyrir fóðringum var skoltap innan við 8 l/s, og á meðan vinnsluhlutinn var boraður var skoltap einnig óverulegt; t.d. mældist tapið aðeins 8 l/s þegar komið var í 2000 m dýpi. Í skolun eftir borun opnaðist holan og tók hún þá við öllu tiltæku skolvatni (>44 l/s). Mælingar hafa sýnt að helsta vinnsluæðin er á um 1525 m dýpi.

Á mynd 9 er sýnd staðsetning vatnsæða í NJ-16 og afstæð stærð þeirra samkvæmt borholugögnum, en hér á eftir fer lýsing á helstu einkennum hverrar æðar.

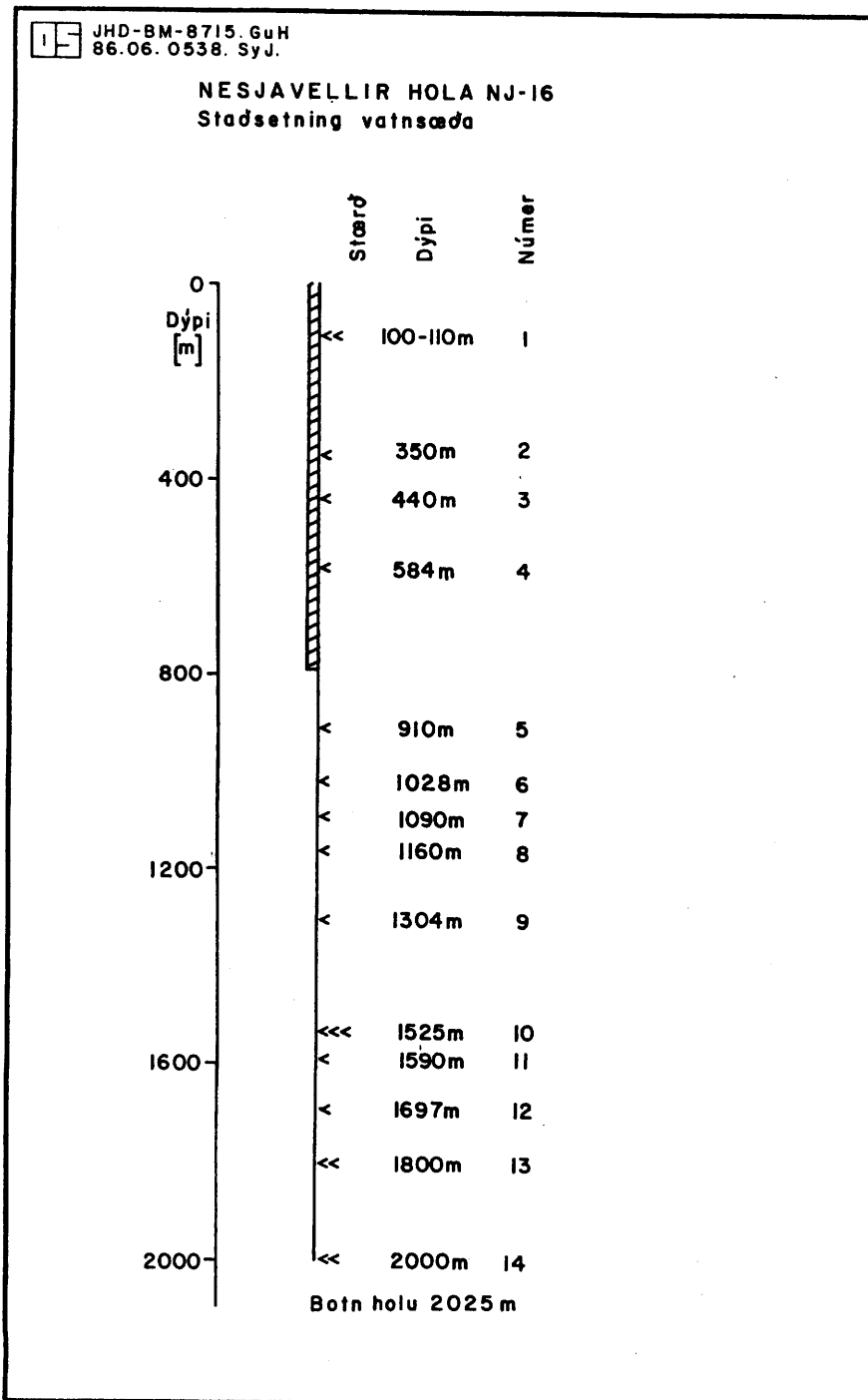
1. 100-110 m. Þetta er eina æðin sem fannst í borun fyrir öryggisfóðringu. Hún tók við um 4-5 l/s. Æðin er neðarlega í 40 m þykku setkenndu túfflagi. Samkvæmt svarflýsingu eru túffkornin kantaðri og seteinkenni minni neðan 108 m dýpis. Ummyndun er lítil, en leirmyndun er þó hafin og oxun sést í þunnsneið á 110 m.
2. 350 m. Skoltap varð á u.þ.b. þessu dýpi, en æðin sést ekki í hitamælingum. Á 300-350 m dýpi er mjög gropið túfflag. Er æðin líklega neðst í túfflaginu. Neðan þess, á 353 m er 6 m þykkt mjög þétt þóleiítbasaltlag. Ummyndun er á lágu stigi; smektít, kalsít, aragónít, kalsedón og límonít greindist á þessu dýpi.
3. 440 m. Æðin, sem sést í hitamælingum, er í glerjuðum basaltkarga milli tveggja hraunlaga. Karginn er oxaður, en ummyndun einkennist af lághitasteindunum smektíti, kalsíti og analsími. Leirinn er þó ívið dekkri en ofar í holunni og blandleir gæti verið að myndast.
4. 584 m. Í hitamælingum kom fram mjög skarpur hitatoppur á þessu dýpi. Hér er því trúlega vatnsæð með yfirþrýstingi. Hún er í 4 m þykku millilagi í hraunlagasyrpu. Lagið er túffbreksía, og er glerið ýmist ferskt eða ummyndað í lághitasteindirnar smektít, kalsedón og kalsít. Útfellingar, sem finnast í zeólíta- smektít-beltinu, eru mjög algengar við æðina.
5. 910 m. Æðin kemur greinilega fram í hitamælingum eftir að borverki lauk. Hún er neðst í basalhraunlagi, rétt ofan við fersklegt fín-meðalkorna þóleiítinnskot. Ummyndun er allmikil og er

klórít ríkjandi leirsteind. Wairakít, kvars og pýrít er algengt og laumontít finnst enn, sem bendir til upphitunar út frá innskotinu. Ummyndun bendir til 220-230°C hita, en áætlaður berghiti er mun hærri eða um 295°C.

6. 1028 m. Æðin kemur fram í hitamælingum eftir borun. Hún er neðst í tæplega 30 m þykku settúfflagi. Neðan þess er þunnt meðalkorna basaltlag sem gæti verið innskot. Ummyndun er mikil og farið að votta fyrir epidóti og wollastóníti. Ummyndun bendir til 230-270°C hita en berghiti er áætlaður yfir 300°C.
7. 1090 m. Æðin er í þunnu setlagi ofan við fín-meðalkorna basaltlag, sem líklega er innskot. Æðin sést í hitamælingum. Háhitasteindir eins og klórít og epidót eru ríkjandi, en einnig finnast steindirnar sphene, granat og hugsanlega aktínólít, sem eru líklega orðnar til þarna vegna snertimyndbreytingar við innskot. Ummyndunarhiti þessara steinda er 250-280°C.
8. 1160 m. Æðin er í túfflagi 7 m ofan við basaltinnskot. Túffið er pýrítríkt, einkum næst innskotinu. Ummyndunarhiti er á bilinu 250-270°C en berghiti er talinn um 310°C.
9. 1304 m. Skoltap í borun jókst á þessu dýpi og mátti greina æðina í hitamælingum. Hún er í þunnu túfflagi við neðri jaðar á 8 m þykku ísúru innskoti. Allar helstu háhitasteindirnar finnst í grennd við þetta innskot.
10. 1525 m. Æðin stjórnaði þrýstingi í holunni í upphitun eftir borun. Þetta er því aðalvinnsluæð holunnar. Eins og algengt er um vel opnar æðar í Nesjavallaholum kemur hún fram við þunnt ísúrt innskot. Pýrít er áberandi mikið við æðina og e.t.v. pyrrhotít. Epidót og aðrar háhitasteindir benda til hærri hita en 250°C. Berghiti er hins vegar áætlaður um 325°C.
11. 1590 m. Æðin kemur fram í hitamælingum eftir borun. Hún er á mörkum dólerítinnskots og lags sem sennilega er ísúrt. Pýrít er áberandi, ásamt epidóti og kvarsi. Dólerítið er blandað sprungnu fínkornóttu bergi, og eru sprungurnar fylltar kvarsi, epidóti og e.t.v. votti af aktínólíti.
12. 1697 m. Æðin er í basaltbreksíu milli tveggja þykkra dólerítinnskota. Hún sést í hitamælingum eftir borun.
13. 1800 m. Samkvæmt athugunum í borun virðist hér um meðalstóra æð að ræða. Hún er í þunnu túfflagi milli tveggja basaltinnskota. Túffið er mikið ummyndað. Í innskotinu neðan við æðina finnst

steindirnar epidót, prenit, granat, wollastónít og kalífeldspat. Ummyndunarhiti er yfir 280°C.

14. 2000 m. Þetta er dýpsta æð holu NJ-16. Æðin, sem sást í hita-  
mælingum, virðist vera á milli dólerít- og díórítinnskota. Ummyndun bendir til hærri hita en 280°C en berghiti er áætlaður um eða yfir 340°C.



MYND 9 Staðsetning vatnsæða

## 6.2 Vatnsleiðni NJ-16

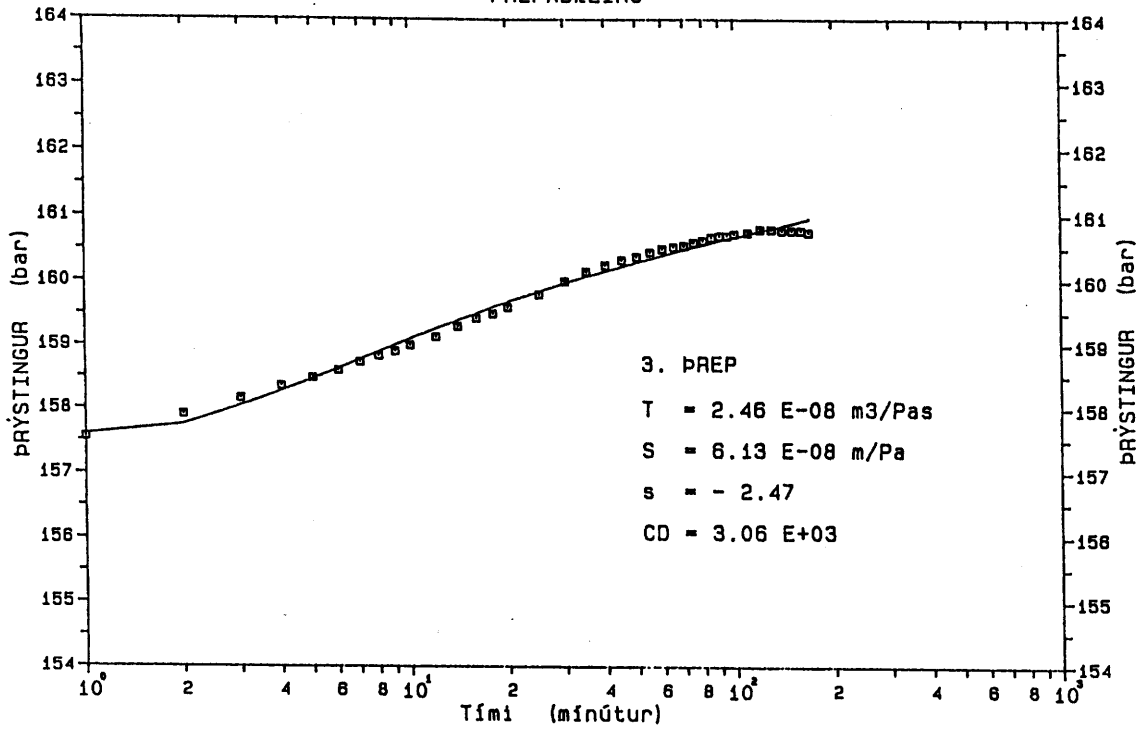
Við borun vinnsluhluta holu NJ-16 er áætlað að um 12540 m<sup>3</sup> af skolvatni hafi tapast út í jarðhitakerfið. Skoltöp voru mjög lítil þar til undir lok borunar er algjört tap (>44 l/s) varð í skolun holunnar fyrir upptekt úr 2000 m. Þetta magn af kælivatni nægir til að kæla svæði sem nær allt að 8,6 m út frá holunni ef mestallt skolvatnið hefur tapast í þröng bil við æðar holunnar. Ekki lítur út fyrir að þessi kæling geti haft veruleg áhrif í dæluþrófuninni því að þau ættu að vera hverfandi eftir um hálfu mínútu í hverju þrepi.

Holan var þrepaðeld 26. nóvember 1985 og er gangi dæluþrófunarinnar lýst í Viðauka 4. Í dæluþrófuninni var þrýstiskynjari hafður á 1800 m dýpi. Eins og sést á hitamælingamyndum í Viðauka 4 hafa æðar á bilinu 900-1100 m einhvern yfirþrýsting miðað við kalda vatnssúlu í holunni og gefa eitthvað inn í holuna jafnvel við nokkuð mikla ádælingu (38 l/s). Í þrepaðælingunni eru þessar æðar því óvirkar, þ.e. taka ekki við vatni frá ádælingunni. Enn fremur valda þær þeim hitasveiflum sem sjást á mynd 8 í Viðauka 4 þar sem þær gefa meira inn í holuna við minni ádælingu og hita þá upp vatnssúluna í holunni. Byrjun sumra þrepanna sýnir hegðun sem líkist áhrifum sprungustreymis en í hinum þrepunum er þessi hegðun týnd í holuáhrifum. Við úrvinnslu dæluþrófunarinnar var hvert þrep fyrir sig fellt að reiknuðum ferlum samkvæmt fræðilegu líkani fyrir óendanlegt kerfi. Þokkaleg samsvörun fékkst milli reiknaðra ferla og mældra gilda. Mynd 10 sýnir hvernig reiknaður ferill fellur að síðasta ádæluþrepi ásamt þeim stuðlum sem gefa ferilinn. Almennt sýna niðurstöður þessara reikninga að vatnsleiðnin sé á bilinu  $kh/\mu = (1,7-3,7) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$ . Samkvæmt framan-sögðu verður að álykta að þetta séu lágmarksgildi fyrir vatnsleiðnina. Prófað var að fella mæligildin að líkani fyrir kerfi með tvenns konar poruhluta en það tekur tillit til sprunguáhrifa. Nær sömu niðurstöður fengust og með fyrra líkaninu. Ádælingarstuðull holunnar var metinn út frá mestu þrýstingsbreytingum milli dæluþrepa. Ádælingarstuðullinn fékkst þannig á bilinu 2,3 - 3,8 (l/s)/bar og var hann vaxandi með aukinni ádælingu. Ádælingarstuðullinn er síðan notaður til að áætla vatnsleiðnina (Ómar Sigurðsson o.fl. 1983). Samkvæmt því gæti vatnsleiðnin verið á bilinu  $kh/\mu = (2,0-3,5) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$ .

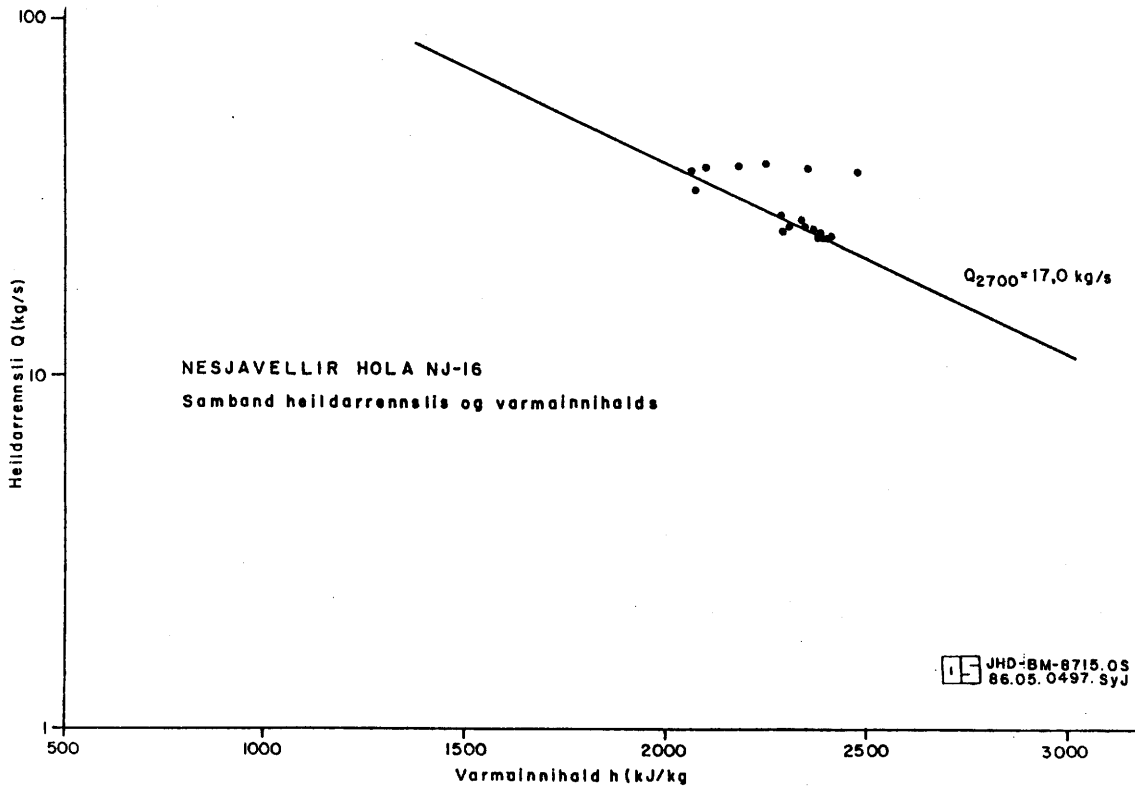
Að lokum hefur logarithminn af heildarrensli holunnar verið teiknaður á móti varmainnihaldi þess (mynd 11). Svonefnd kennilína hefur verið færð inn og hún framlengd til varmainnihalds 2700 kJ/kg (Valgarður Stefánsson o.fl. 1982). Þar er samsvarandi heildarrensli lesið af myndinni sem 17,0 kg/s. Samkvæmt reynslusambandi milli heildarrensli við 2700 kJ/kg og vatnsleiðni samsvarar þetta því að vatnsleiðni sé um  $kh/\mu = 9,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$ .

JHD-BM-8715 OMAR  
86.07.0615 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-16  
PREPADÆLING



MYND 10 Prepadæling, mæli- og reikniferill



JHD-BM-8715 OS  
86.05.0497. SyJ

MYND 11 Samband heildarrennslis og varmainnihalds



Af ofanskráðu er ljóst að ekki hefur fengist einhlít ákvörðun á vatnsleiðni fyrir holu NJ-16. Samband heildarrennslis og varmainnihalds ofmetur líklega vatnsleiðnina ef borið er saman við aðrar holur. Ástæðan er sú að hola NJ-16 er minna kæld en þær holur sem notaðar voru við gerð þessa reynslusambands og þær holur sem það hefur almennt verið notað á hingað til. Hola NJ-16 hefur því lægri tregðustuðul vegna hitaáhrifa en þær holur sem þetta reynslusamband hefur verið prófað á hingað til. Aftur á móti gefur dæluþrófunin lágmarks vatnsleiðni því að allar æðar holunnar taka ekki við vatni úr ádælingunni af ástæðum sem getið er hér á undan. Líklegt gildi fyrir vatnsleiðni holu NJ-16 er því um eða yfir

$$kh/\mu = 3,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}.$$

### 6.3 Þrýstingur á vatnsæðum

Þær upplýsingar, sem fengist hafa um þrýsting á vatnsæðum holu NJ-16, benda til þess að hún skeri þrjú vatnsæðakerfi með mismunandi þrýstihæð. Efst í holunni er kalt grunnvatnskerfi, en síðan taka við tvö jarðhitakerfi þar sem það efra er með yfirþrýstingi. Þessi skipting er mjög áþekkt þeirri þrýstimynd sem fékkst í holu NJ-11 (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986).

Eftir að borað hafði verið fyrir öryggisfóðringu í NJ-16 var skolun hætt og vatnsborð látið falla í 40 mínútur. Vatnsborð mældist á 33 m dýpi, en átti greinilega eftir að falla töluvert til að ná jafnvægi. Aðeins ein vatnsæð er í þessum hluta holunnar (100-110 m) og er giskað á að þrýstingur hennar sé nálægt því að vera í samræmi við vatnsborð Þingvallavatns (103 m y.s.). Samkvæmt því hefði vatnsborð í holunni átt að ná jafnvægi á 60-65 m dýpi. Í borun fyrir vinnslufóðringu tapaðist skolvatn út í vatnsæðar niður á 440 m dýpi. Hitamælingar í holunni sýndu hins vegar að vatnsæð á 584 m dýpi gæfi einhvern vatnsdreitil inn í holuna, þrátt fyrir að hola stæði full af köldu vatni. Þrýstingur æðarinnar er því a.m.k.  $58 \text{ kg/cm}^2$  og virðist hið yfirþrýsta kerfi, sem kom fram grunnt í holum NV-3 og NJ-11, teygja sig norður í holu NJ-16. Í vinnsluhluta NJ-16 stjórnaði æð á 1525 m dýpi þrýstingi í holunni í upphitun eftir borun. Þetta er helsta vinnsluæð holunnar og mældist þrýstingur hennar um  $122 \text{ kg/cm}^2$ .

Til að meta þrýsting á öðrum vatnsæðum NJ-16 hefur út frá þrýstingi ofangreindra æða verið reiknaður þrýstiferill vatnssúlu sem fylgir berghita við NJ-16. Þrýstiferillinn er sýndur á mynd 12, en reiknigildin eru sett fram í töflu 4. Mynd 12 sýnir skiptinguna í þrjú vatnsæðakerfi með mismunandi þrýstingi. Er þetta svipuð mynd og fékkst vegna vatnsæða í holu NJ-11, og er yfirþrýsta jarðhitakerfið á

um 600 m dýpi. Greinilegt er að dýpra er á þetta kerfi í NJ-16 en í NJ-11 (Benedikt Steingrímsson o.fl, 1986).

TAFLA 4 Nesjavellir hola NJ-16. Áætlaður berghiti og þrýstingur

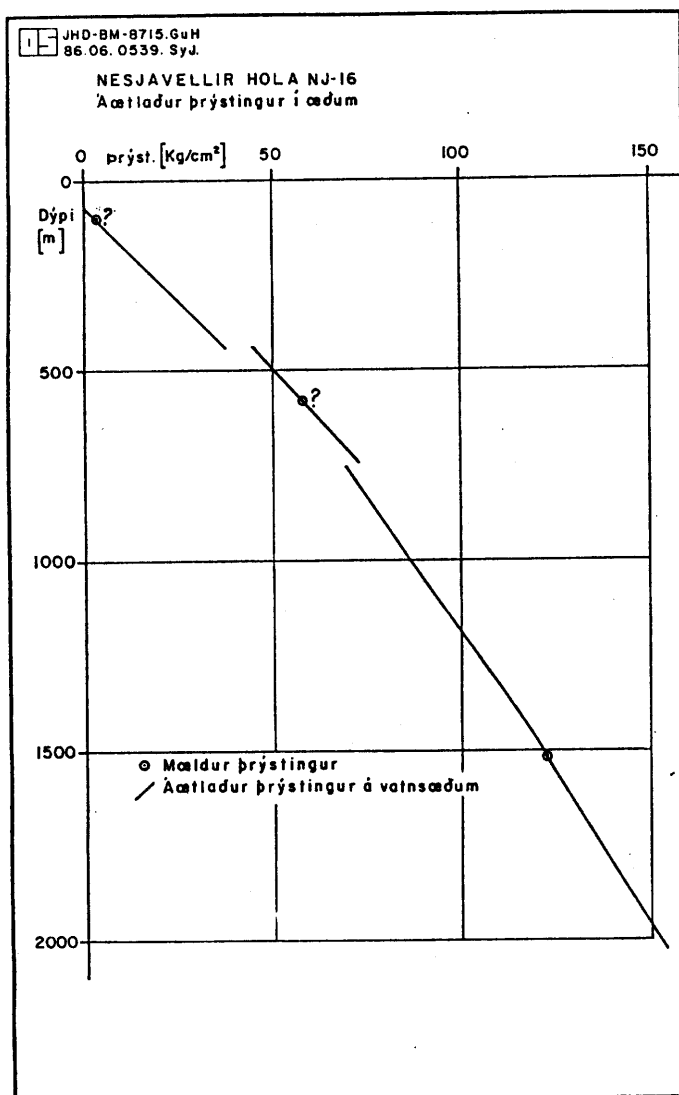
Dýpi (m)	Berghiti (°C)	Þrýstingur á vatnsæðum (kg/cm <sup>2</sup> )
100	9	3,5
200	15	13,5
300	27	23,5
400	72	33,4
500	110	50,2
600	170	59,5
700	240	68,1
800	281	72,5
900	294	79,8
1000	300	87,0
1100	306	94,1
1200	312	101,0
1300	317	107,8
1400	322	114,5
1500	325	121,1
1600	329	127,6
1700	332	134,0
1800	336	140,3
1900	339	152,5
2000	342	152,5

#### 6.4 Berghiti

Við mat á berghita við holu NJ-16 hefur verið stuðst við hitamælingar og ummyndunargreiningu. Út frá ummyndunarsteindum hefur fengist það sem kalla má ummyndunarhita og fæst þannig samanburður við mældan hita í holunni. Auk þessa hefur verið reynt að finna út hvort og þá hvar jarðhitakerfið við NJ-16 er við suðumark með samanburði á þrýstingi og hita.

Á mynd 13 eru helstu upplýsingar um hita í NJ-16 dregnar fram í dagsljósið. Þar er einnig skráður berghitaferill sem áætlaður er út frá mældum hita og ummyndun jarðlaga. Í töflu 4 eru síðan birt tölugildi fyrir þennan berghitaferil. Hitamælingar í upphitun eftir borun sýndu

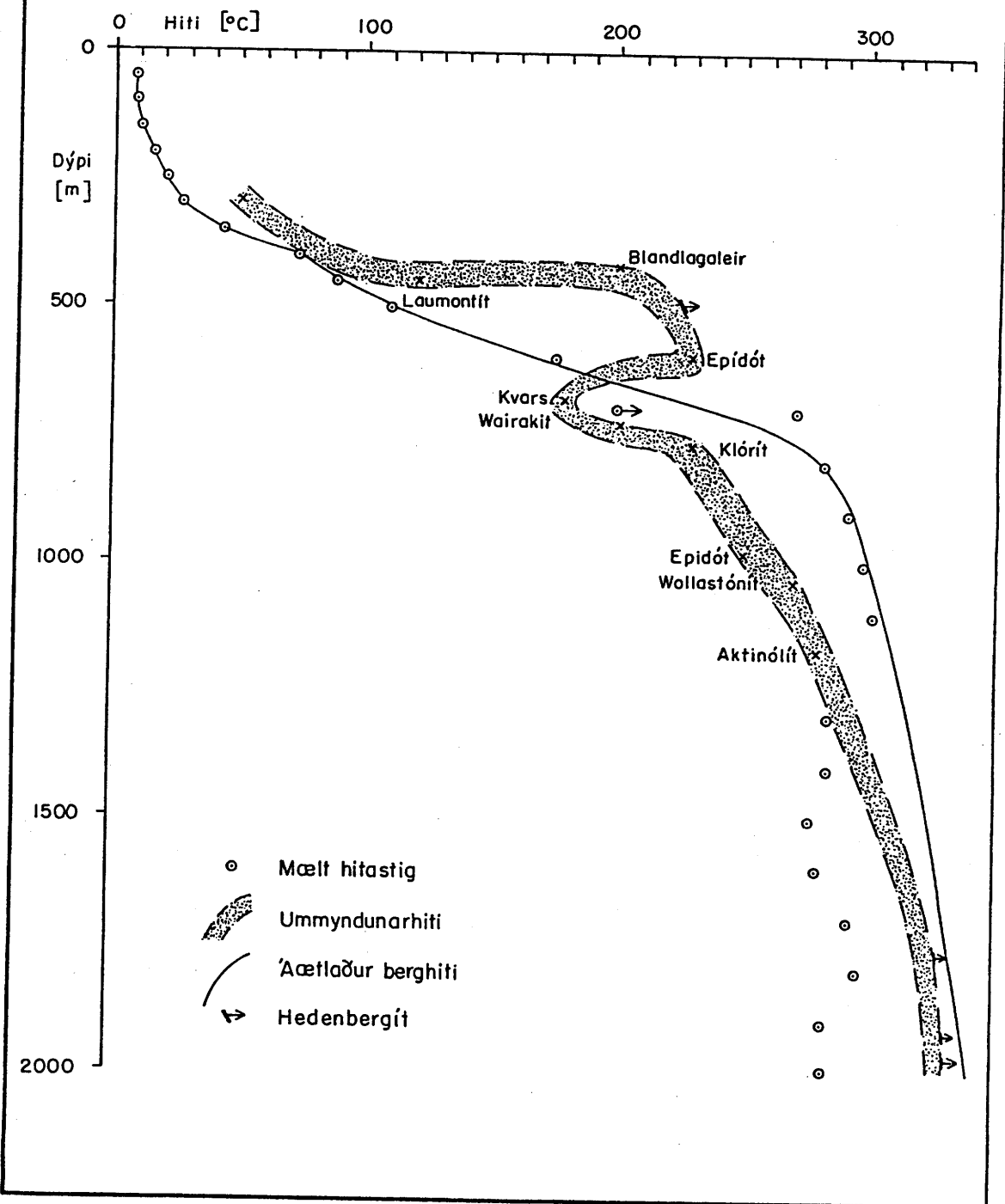
að berghiti er innan við 30°C niður á 300 m dýpi, en vex síðan hratt með dýpi, þegar holan fer inn í jarðhitakerfið. Hiti er um 110°C í 500 metrum, en um 300°C á 1000 m dýpi. Samkvæmt þrýsti- og hitamælingum er jarðhitakerfið sjóðandi neðan 800 m dýpis og niður í a.m.k. 1100 metra. Neðan 1100 m dýpis gætti enn kælingar frá borun í síðustu hitamælingu áður en holan fór í blástur og er næsta víst að berghiti fylgir suðumarksferli mun dýpra en mælingin sýnir. Ef tekið er mið af holu NJ-11 sem er næsta hola við NJ-16 má búast við því að jarðhitakerfið sé við suðumark niður fyrir 2000 m dýpi. Botnhiti NJ-16 er samkvæmt því um 340°C (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986). Ummyndunarhiti í NJ-16 er í þokkalega góðu samræmi við þessa hitamynd. Helsta frávikið er á 400-600 m dýpi þar sem ummyndun bendir til mun hærri hita en mælingar í holunni sýna. Athyglisvert er að á þessu dýptarbili er vatnsæð með yfirþrýstingi líkt og í NJ-11. Bendir það ásamt ummynduninni til þess að háþrýsta jarðhitakerfið, sem kemur fram í holunum sunnar með Kýrdalshryggnum, hafi til skamms tíma haft mun greiðara samband norður til NJ-16 en það hefur í dag.



MYND 12 Þrýstingur á vatnsæðum

JHD-BM-8715-GSv  
86.06.0548-0D

### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 Áætlaður berghiti



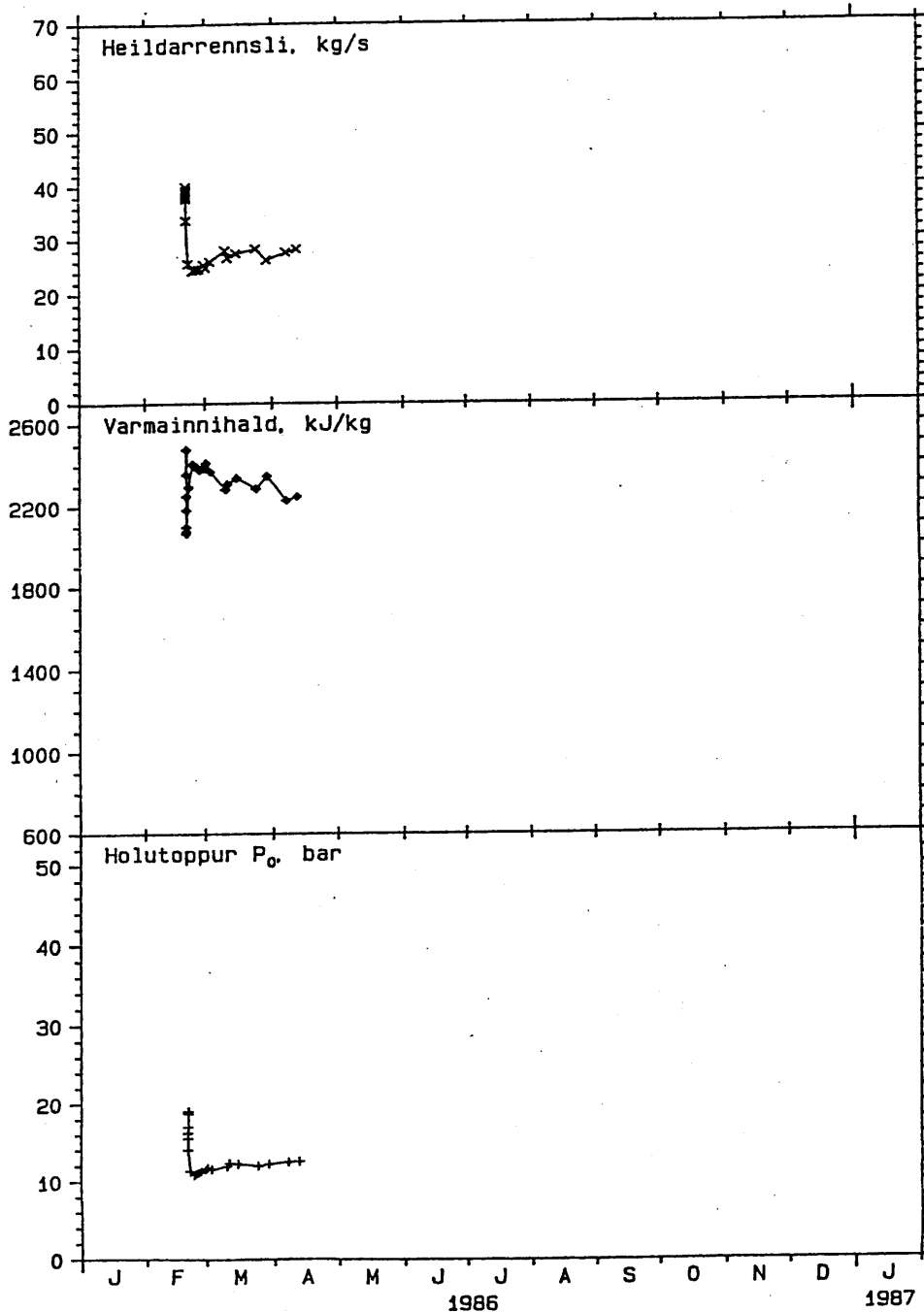
MYND 13 Áætlaður berghiti

7 AFL

Holu NJ-16 var hleypt í blástur 20. febrúar 1986. Fylgst hefur verið með afli hennar og það mælt a.m.k. vikulega. Í töflu 5 sjást niðurstöður mælinga fram til 1. apríl 1986, á mynd 14 má sjá hvernig helstu aflstærðir hafa breyst á þessu stutta tímabili. Holan hefur verið

JHD-BM-8715.BS  
86.05.0487. T/SyJ.

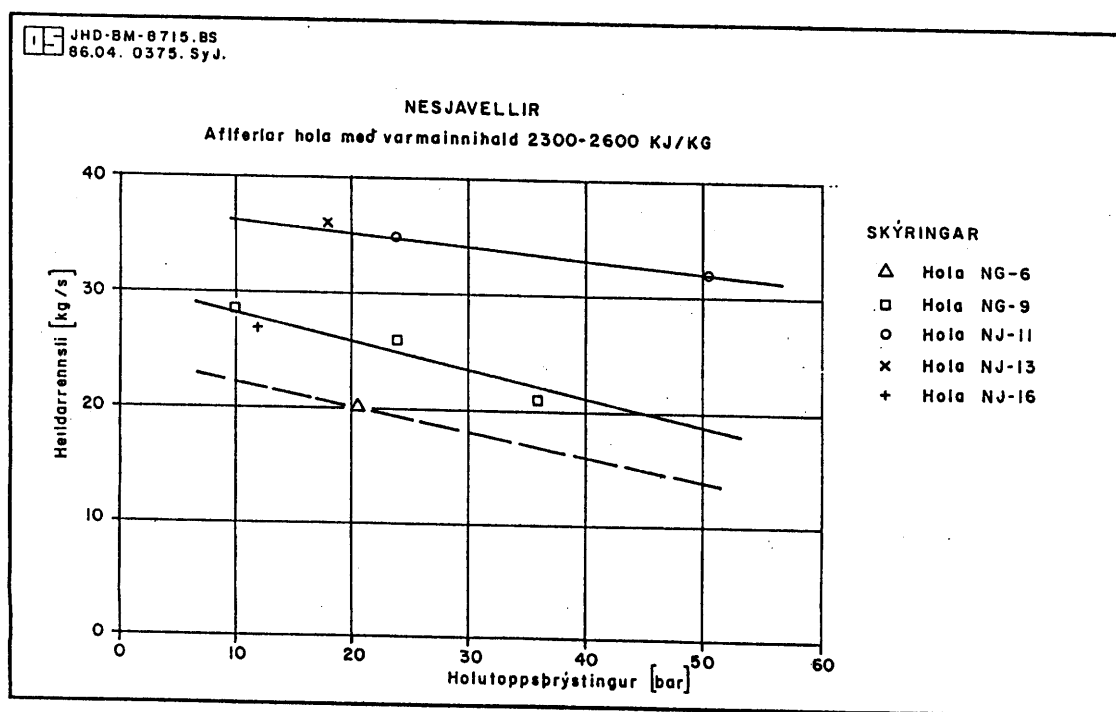
NESJAVELLIR HOLA NJ-16  
Aflsaga frá upphafi blásturs fram í apríl '86



MYND 14 Aflsaga NJ-16

látin blása gegnum 161 mm mælistút. Í byrjun blásturs urðu verulegar breytingar á aflri hennar, heildarstreymi fór minnkandi og sömuleiðis toppþrýstingur. Hins vegar var varmainnihald mjög hátt í byrjun upphleypingar og gaf hola á tímabili eingöngu gufu. Síðar fór að bera á vatni úr holunni og féll varmainnihald í rúmlega 2000 kJ/kg, en hækkaði síðan í u.þ.b. 2400 kJ/kg. Ofangreindar breytingar gerðust á aðeins örfáum dögum. Síðari breytingar hafa gengið mun hægar eins og sést af mynd 14. Heildarrensli hefur þó farið vaxandi og toppþrýstingur hækkaði, en varmainnihald er fremur á niðurleið. Samkvæmt síðustu tölum gefur NJ-16 um 28 kg/s við toppþrýstinginn 12,2 bar, en varmainnihald vökvans er um 2300 kJ/kg. Líklegt er að afl NJ-16 breytist eitthvað á næstu blástursmánuðum. Samkvæmt reynslu frá öðrum holum má frekar búast við því að toppþrýstingur og heildarrensli eigi enn eftir að hækka lítils háttar, en hins vegar er óvanalegt að varmainnihald minnki í langtíma blæstri, og því líklegt að þróunin í síðustu mælingum eigi eftir að snúast við og varmainnihald aukist á nýjan leik.

Afl NJ-16 er samkvæmt ofangreindum tölum um 64 MW í hrávarma við toppþrýstinginn 12,2 bar, en háþrýstigufa (7 bar) reiknast um 21 kg/s. Aflferill holunnar hefur ekki verið mældur, en víst er að hann líkist aflferli annarra borhola með varmainnihald yfir 2000 kJ/kg og að afl hennar sé lítið háð þrýstingi á holutoppi (sjá mynd 15). Hvað afl snertir líkist NJ-16 mest holu NG-9 af öðrum Nesjavallaholum eins og sést af mynd 15.



MYND 15 Aflferlar borhola með varmainnihald yfir 2400 kJ/kg

Tafla 5 Aflmælingar í NJ-16

Dags	(Kl)		bver- mál stúts,	Po	Pc	Vatns- rennsli	Vermi H	Heild. rennsli Q	Gufa við 1 bar abs.	Gufa við 7 bar abs.	MWt	Ath.	
			(mm)	(bar)	(bar)	(cm)	(kg/s)	(kJ/kg)	(kg/s)	(kg/s)			
860220	1436	BS	161,0	19,0	5,20	9,0	3,25	2488	39,0	35,7	33,8	97	150 mm bl.
860220	1439	BS	161,0	19,0	5,00	11,0	5,35	2373	39,8	34,4	32,3	94	
860220	1446	BS	161,0	18,7	4,90	12,5	7,35	2272	41,1	33,7	31,3	93	
860220	1500	BS	161,0	17,0	4,60	13,2	8,41	2206	40,4	31,9	29,5	89	
860220	1520	BS	161,0	16,2	4,30	14,0	9,74	2125	39,9	30,1	27,6	85	
860220	1615	BS	161,0	15,5	4,10	14,2	10,09	2094	39,1	29,0	26,4	82	
860220	1850	BS	161,0	14,0	3,50	13,4	8,73	2104	34,5	25,7	23,5	73	
860221	1530	EG	161,0	11,3	2,80	10,0	4,22	2315	26,4	22,1	20,7	61	
860223	1000	EG	161,0	10,8	2,80	8,5	2,82	2422	25,1	22,2	21,0	61	
860224	2145	JK	161,0	11,0	2,85	8,7	2,99	2412	25,5	22,5	21,2	62	
860225	1145	JK	161,0	11,1	2,80	8,7	2,99	2409	25,3	22,2	20,9	61	
860226	1630	MG	161,0	11,3	2,80	8,9	3,16	2395	25,4	22,2	20,9	61	
860228	1430	EG	161,0	11,5	2,95	8,9	3,16	2404	26,3	23,1	21,7	63	
860301	0000	MG	161,0	11,7	2,90	8,5	2,82	2428	25,7	22,8	21,5	62	
860303	0000	MG	161,0	11,6	3,00	9,2	3,44	2387	26,8	23,3	21,9	64	
860310	1345	JK	161,0	11,9	3,15	10,5	4,77	2303	28,9	24,1	22,4	66	
860311	400E	G	161,0	12,3	2,98	10,0	4,22	2328	27,4	23,1	21,6	64	
860315	1515	MG	161,0	12,2	3,18	9,8	4,02	2356	28,4	24,3	22,8	67	
860324	1050	JKSB	161,0	11,9	3,20	10,5	4,77	2307	29,2	24,4	22,7	67	
860329	1450	MG	161,0	12,1	3,00	9,5	3,72	2366	27,1	23,3	21,9	64	
860407	1315	EP	161,0	12,4	2,98	11,0	5,35	2251	28,4	23,1	21,4	64	
860412	1650	MG	161,0	12,5	3,10	10,9	5,23	2269	29,0	23,7	22,1	66	
860420	1320	JK	161,0	12,5	3,00	12,5	7,35	2130	30,4	23,0	21,1	65	
860426	1515	MG	161,0	12,6	3,15	11,2	5,60	2250	29,6	24,0	22,3	67	
860504	1615	JK	161,0	12,5	3,10	12,0	6,64	2181	30,3	23,6	21,8	66	
860511	1440	MG	161,0	12,8	3,08	11,5	5,97	2220	29,6	23,6	21,8	66	
860519	1420	JK	161,0	12,9	3,10	11,5	5,97	2222	29,7	23,7	21,9	66	
860525	1445	MG	161,0	12,9	3,08	11,7	6,24	2204	29,8	23,5	21,8	66	
860601	1345	EP	161,0	12,7	3,05	12,0	6,64	2177	30,0	23,3	21,5	65	
860610	1615	EP	161,0	12,4	3,10	12,0	6,64	2181	30,3	23,6	21,8	66	
860617	1055	EP	161,0	12,6	3,10	12,0	6,64	2181	30,3	23,6	21,8	66	
860622	1350	MG	161,0	12,8	3,20	12,0	6,64	2190	30,9	24,2	22,3	68	
860629	1605	EP	161,0	12,9	3,18	12,2	6,92	2172	31,0	24,1	22,1	67	
860630	1100	EG	161,0	13,3	3,20	12,5	7,35	2150	31,5	24,1	22,2	68	
860707	1058	GSSB	161,0	13,5	3,00	12,5	7,35	2130	30,4	23,0	21,1	65	
860713	1400	JK	161,0	12,6	3,00	12,5	7,35	2130	30,4	23,0	21,1	65	
860719	1410	GS	161,0	12,6	2,90	12,5	7,35	2120	29,8	22,4	20,5	63	
860727	1020	JK	161,0	12,4	2,90	12,5	7,35	2120	29,8	22,4	20,5	63	
860804	1120	GS	161,0	12,6	2,80	13,0	8,10	2065	29,9	21,8	19,8	62	
860810	1635	JK	161,0	12,5	3,10	13,0	8,10	2098	31,6	23,5	21,5	66	
860818	2145	JK	161,0	12,4	3,00	13,0	8,10	2087	31,1	22,9	20,9	65	
860824	1344	JK	161,0	12,4	3,10	13,0	8,10	2098	31,6	23,5	21,5	66	
860831	1320	MG	161,0	12,7	3,00	14,4	10,44	1966	33,2	22,7	20,4	65	
860908	1100	JK	161,0	12,3									
860913	1600	MG	161,0	12,5									
860928	1606	SJ	161,0	12,8									
861005	1425	JK	161,0	12,0									
861012	1632	SJ	161,0	12,4									
861018	1320	JK	161,0	12,3	2,81	12,1	6,78	2144	28,8	22,0	20,2	62	
861026	1520	GS	161,0	12,4	2,80	13,0	8,10	2065	29,9	21,8	19,8	62	
861104	1130	JK	161,0	12,5	2,80	13,5	8,90	2021	30,6	21,7	19,6	62	
861108	1520	MG	161,0	12,5	2,76	13,5	8,90	2016	30,4	21,5	19,4	61	
861116	1510	JK	161,0	12,7	2,80	13,2	8,41	2047	30,2	21,8	19,8	62	
861122	1130	GS	161,0	12,2	2,80	13,3	8,57	2038	30,3	21,7	19,7	62	
861130	1640	JK	161,0	12,3	2,80	13,0	8,10	2065	29,9	21,8	19,8	62	
861209	1055	SJ	161,0	12,3	2,90	13,0	8,10	2076	30,5	22,4	20,4	63	
861215	1100	JK	161,0	12,5	3,00	13,5	8,90	2044	31,8	22,9	20,7	65	
861221	1500	SJ	161,0	12,2	3,10	13,5	8,90	2055	32,3	23,4	21,3	66	
861228	1630	ISJS	161,0	12,2	2,90	13,6	9,06	2024	31,4	22,3	20,2	63	

## 8 EFNASAMSETNING BORHOLUVÖKVA

Tilgangur með rannsókn borholuvökvens er einkum að skilgreina efnasamsetningu og gasinnihald hans, áætla hita þess vökva sem inn í holurnar streymir, kanna hugsanlegar útfellingar og þar með vinnslueiginleika vökvens, kanna breytingar sem geta orðið með tíma og leita orsaka þeirra og að lokum setja öll gögn saman í heildarmynd af svæðinu ásamt öllum öðrum gögnum sem tiltæk eru þar um.

### 8.1 Efnasamsetning heildarrenslis

Á fyrsta einum og hálfra mánuði blásturs voru 5 sýni tekin til efnagreininga. Efnainnihald í heildarrenslis er sýnt í töflu 6. Holan þornaði mjög fljótt og var varmainnihald rúmlega 2000 kJ/kg strax á fyrstu klukkustundunum. Breytingar á samsetningu heildarrenslis með tíma eru mjög litlar. Helstu breytingar eru þverrandi styrkur súlfats og köfnunarefnis. Breytingar á þessum efnum eru vegna minnkandi áhrifa skolvatns. Hlutföll efna í heildarrenslis er sýnt í töflu 7. Þær breytingar sem þar koma fram í hlutföllum efna má einnig rekja til minnkandi áhrifa skolvatns. Jafnvægi með tilliti til skolvatns virðist því að mestu vera náð á fyrstu vikum blásturs.

Tafla 6 Efnainnihald í heildarrenslis í holu NJ-16 á Nesjavöllum. Styrkur efna í mg/kg.

Sýni dags.	86-5037	86-5042	86-5046	86-5047	86-5050
Po bar	11,3	10,8	11,5	12,3	12,6
Ho kJ/kg	2285	2400	2387	2308	2266
-----					
SiO <sub>2</sub>	222,9	162,1	169,3	218,2	243,6
Na	30,7	22,7	25,2	28,5	28,4
K	6,3	3,8	3,9	5,1	5,7
Ca	0,32	0,40	0,31	0,25	0,18
Mg	0,014	0,029	0,020	0,009	0,007
SO <sub>4</sub>	12,4	6,9	4,4	3,5	4,2
Cl	2,3	0,5	3,6	1,8	3,5
F	0,20	0,16	0,18	0,23	0,26
CO <sub>2</sub>	1760	2280	2002	1876	1682
H <sub>2</sub> S	541	1134	1211	1179	1066
H <sub>2</sub>	111,3	133,8	149,1	123,7	106,4
O <sub>2</sub>	0	0	2,87	1,26	0,72
CH <sub>4</sub>	5,12	6,83	7,70	5,49	4,76
N <sub>2</sub>	232,9	118,4	193,7	122,5	82,6
-----					



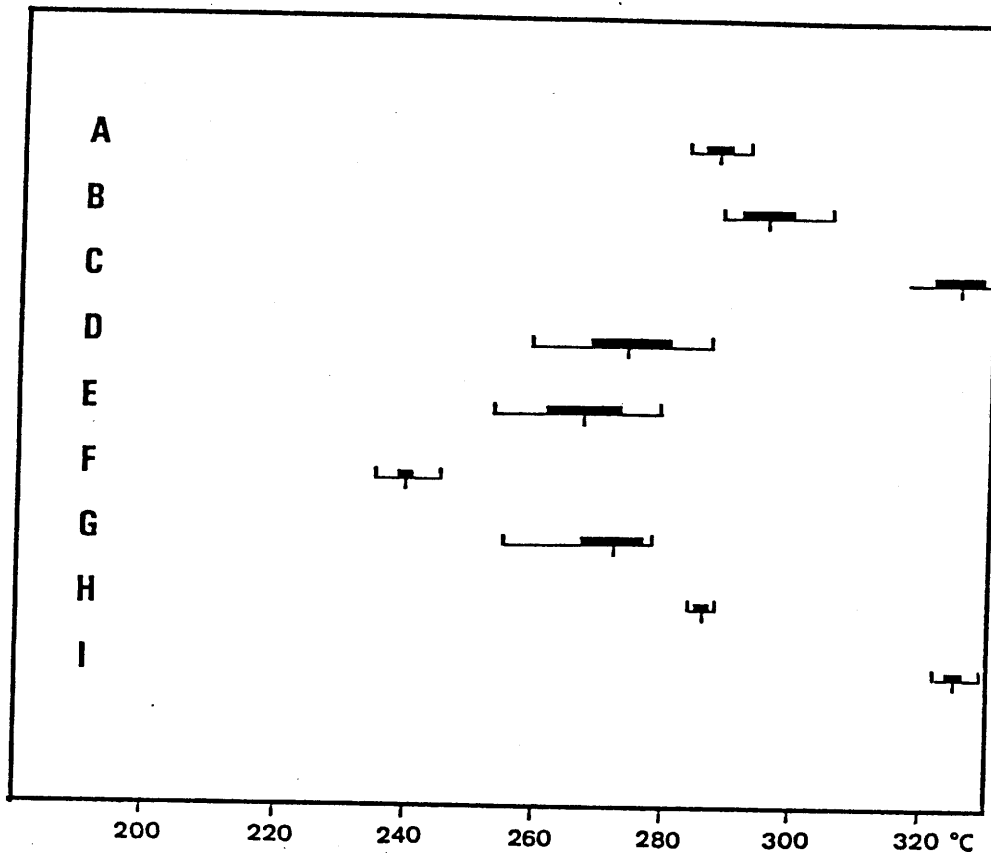
Tafla 7 Hlutföll nokkurra efna í rennsli í holu NJ-16 á Nesjavöllum.

Sýni	CO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S/SO <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	Na/Cl
86-5037	7,55	43,6	0,430	0,206	3,25	13,5
86-5042	19,25	164,3	0,104	0,118	2,01	42,8
86-5046	10,34	277,7	0,160	0,123	1,65	7,1
86-5047	15,31	339,6	0,104	0,105	1,59	16,2
86-5050	20,36	257,0	0,077	0,100	1,58	8,2

## 8.2 Áætlaður hiti

Efnasamsetningu vatns og gufu má nota til að segja til um hita á flæði inn í borholur. Aðallega hefur verið stuðst við kísil og alkalímálma í vatnsfasa til að áætla hita. Auk þess hefur á síðustu árum aukist notkun gashitamæla sem byggja á styrk ýmissa gastegunda í gufu. Nýtt jafnvægi milli bergs og vökva næst tiltölulega fljótt ef hiti er hærra en 250°C og gefa efnahitamælar þá oft þann hita sem ríkir við streymi inn í holuna. Kísilhiti er fljótari en alkalíhiti að ná nýju jafnvægi. Ef fleiri en ein æð með mismunandi hita á bilinu 200°C til 300°C eru í sömu holunni þá gefur kísilhiti meðalhita á þeim vökva sem streymir inn í holuna.

Yfirlit yfir útreiknaðan efnahita í holu NJ-16 er sýnt í töflu 8 og á mynd 16. Á myndinni táknar hver lína eina kvörðun, þykka strikið meðalfrávik og hakið niður úr því táknar meðaltal. Eins og við á um aðrar holur gefur ein kvörðun kísilhita (Kristín V. Ragnarsdóttir og Walter, 1983), langhæst gildi, og nokkru hærra hita en mælist í holunni. Þessi kvörðun sýnir því trúlega of há gildi og er ekki nothæf að því er Nesjavelli varðar. Aðrar kvarðanir fyrir kísilhita gefa um 290°C. Alkalíhiti gefur aftur á móti að meðaltali 270°C. Gashitamælar aðrir en þeir sem byggja á styrk kolsýru gefa hita 280-290°C. Mynd 17 sýnir breytingu á útreiknuðum efnahita með tíma.



- A.  $t(^{\circ}\text{C}) = 1498/5,70 - \log \text{SiO}_2) - 273,15$  (180-300 $^{\circ}\text{C}$ ). Stefán Arnórsson o.fl (1983). Styrkur efna í mg/kg.
- B.  $t(^{\circ}\text{C}) = -42,198 + 0,28831 (\text{SiO}_2) - 3,6686 \times 10^{-3} (\text{SiO}_2) + 3,1665 \times 10^{-4} (\text{SiO}_2) + 77,034 \log (\text{SiO}_2)$  (0-330 $^{\circ}\text{C}$ ). Fournier og Potter (1982). Styrkur efna í mg/kg.
- C.  $t(^{\circ}\text{C}) = 39,536 + 0,58127 (\text{SiO}_2) - 6,1713 \times 10^{-3} (\text{SiO}_2) + 3,7499 \times 10^{-4} (\text{SiO}_2) + 19,985 \log (\text{SiO}_2)$  (180-340 $^{\circ}\text{C}$ ). Kristín V. Ragnarsdóttir og Walter (1983). Styrkur SiO<sub>2</sub> í mg/kg.
- D.  $t(^{\circ}\text{C}) = 1217/(\log \text{Na/K} + 1,483) - 273,15$  (100-300 $^{\circ}\text{C}$ ). Fournier (1979). Styrkur Na og K í mg/kg.
- E.  $t(^{\circ}\text{C}) = 1319/(1,699 + \log \text{Na/K}) - 273,15$  (250-350 $^{\circ}\text{C}$ ). Stefán Arnórsson o.fl. (1983). Styrkur Na og K í mg/kg.
- F.  $t(^{\circ}\text{C}) = -44,1 + 269,25Q - 76,88Q + 9,52Q$ . Þar sem  $Q = \log \text{CO}_2$  (mmole/kg). Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1985).
- G.  $t(^{\circ}\text{C}) = 173,2 + 65,04 \log \text{H}_2\text{S}$ . Styrkur í mmole/kg. Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1985).
- H.  $t(^{\circ}\text{C}) = 212,2 + 38,59 \log \text{H}_2$ . Styrkur í mmole/kg. Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1985).
- I.  $t(^{\circ}\text{C}) = 311,7 - 66,72 \log (\text{CO}_2/\text{H}_2)$ . Styrkur í mmole/kg. Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1985).

Mynd 16 Hóla NJ-16. Samanburður á hita, reiknuðum út frá efnasamsetningu

Tafla 8 Útreiknaður efnahiti í holu NJ-16 á Nesjavöllum

Sýni	TSiO <sub>2</sub> A	TSiO <sub>2</sub> B	TSiO <sub>2</sub> C	TNaK D	TNaK E	TCO <sub>2</sub> F	TH <sub>2</sub> S G	TH <sub>2</sub> H	TCO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> I
86-5037	288	294	325	287	279	237	255	284	324
86-5042	283	286	317	265	259	245	276	286	322
86-5046	283	288	318	259	253	240	278	288	329
86-5047	290	300	330	272	266	239	278	286	325
86-5050	292	305	335	286	278	235	276	284	325

Útreiknuð efnasamsetning djúpvökva í NJ-16 er sýnd í töflu 9. Er þá gert ráð fyrir 290°C hita og mældu varmainnihaldi. Breytingar milli einstakra sýna eru mjög litlar. Helst má sjá þverrandi styrk súlfats og köfnunarefnis en slíkt kom einnig fram í efnasamsetningu heildarrennslis holunnar.

Tafla 9 Efnasamsetning djúpvökva við 290°C í holu NJ-16 á Nesjavöllum. Styrkur efna í mg/kg.

Sýni dags.	86-5037 860221	86-5042 860223	86-5046 860228	86-5047 860313	86-5050 860403
Po bar	11,3	10,8	11,5	12,3	12,6
Ho (kJ/kg)	2285	2400	2387	2308	2266
SiO <sub>2</sub>	683,2	652,3	658,2	702,3	718,5
Na	94,1	91,2	98,1	91,9	83,8
K	19,2	15,2	15,3	16,4	16,9
Ca	0,98	1,59	1,20	0,81	0,53
Mg	0,044	0,116	0,076	0,030	0,021
SO <sub>4</sub>	37,9	27,8	16,9	11,2	12,3
Cl	7,0	2,1	13,9	5,6	10,2
F	0,61	0,63	0,69	0,74	0,78
CO <sub>2</sub> (v)	77,7	69,4	60,8	60,6	57,4
H <sub>2</sub> S(v)	0,74	0,80	0,90	0,81	0,72
H <sub>2</sub> (v)	0,74	0,80	0,90	0,81	0,72
O <sub>2</sub> (v)	0	0	0,02	0,01	0,01
CH <sub>4</sub> (v)	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
N <sub>2</sub> (v)	1,29	0,59	0,97	0,66	0,47
CO <sub>2</sub> (g)	2570	3004	2669	2688	2510
H <sub>2</sub> S(g)	754	1461	1577	1640	1538
H <sub>2</sub> (g)	164,5	177,3	200,0	178,6	160,2
O <sub>2</sub> (g)	0	0	3,8	1,8	1,1
CH <sub>4</sub> (g)	7,6	9,1	10,3	7,9	7,2
N <sub>2</sub> (g)	344,3	157,0	259,9	177,0	124,5

### 8.3 Vinnsluhæfni jarðhitavökvans.

Tvennt ræður mestu um vinnsluhæfni borholuvökvans, útfellingarhætta og styrkur gass í gufu. Styrkur gass í gufu við 7 bar-a þrýsting er um 0,4% af þunga (sbr. töflu 10) svipað og í öðrum holum á svæðinu, ef undan eru skildar þær holur sem eru í vatnshluta svæðisins og sýna að einhverju leyti jaðareinkenni. Í töflu 11 er gefinn upp hlutfallslegur styrkur hveirrar gastegundar við 7 bar-a þrýsting. Samsetning gassins líkist helst heitustu holunum á svæðinu, holum NJ-11 og NJ-13. Í þessum holum er brennisteinsvetni ( $H_2S$ ) tiltölulega meira en í öðrum holum, aðallega á kostnað kolsýru. Kolsýra og brennisteinsvetni eru til samans um 90% af gasinu.

Tafla 10 Gas í gufu við 7 bar-a þrýsting.  
Nesjavellir hola 16

Sýni	Dags.	Gas í gufu þyngdar %
86-5037	86-02-21	0,34
86-5042	86-02-23	0,44
86-5046	86-02-28	0,44
86-5047	86-03-13	0,42
86-5050	86-04-03	0,39

Tafla 11 Samsetning gass í gufu (%) við 7 bar-a þrýsting.  
Nesjavellir hola NJ-16.

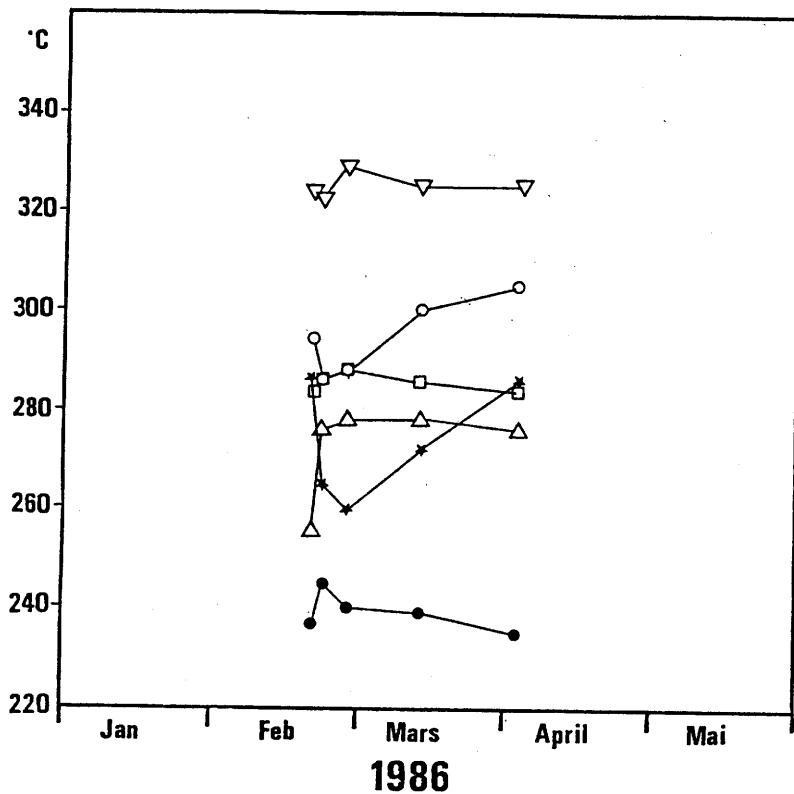
Sýni	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	AR
86-5037	66,68	19,45	4,34	0,00	0,20	9,17	0,16
86-5042	62,21	30,45	3,74	0,00	0,19	3,35	0,06
86-5046	56,15	33,50	4,30	0,08	0,22	5,64	0,10
86-5047	56,81	35,15	3,87	0,04	0,17	3,87	0,07
86-5050	57,38	35,65	3,77	0,03	0,17	2,96	0,06

Þær útfellingar sem helst má búast við eru kalk og kísill. Jarðhitavökvi er yfirleitt mettaður með tilliti til kalsíts (kalk). Þegar suða verður getur vökvinn orðið yfirmettaður af þessari steind og útfellingar myndast. Mynd 18 sýnir jafnvægisferil kalsíts sem fall af hita, svo og feril jarðhitavökva úr holu NJ-16 ef gert er ráð fyrir suðu niður í 100°C. Í jarðhitakerfinu er vökvinn mettaður eða lítillega yfirmettaður af kalsíti, en verður undirmettaður við suðu. Kalsítyfirmettun í upphafi er mjög lítil og eru því hverfandi líkur á útfellingum kalsíts.

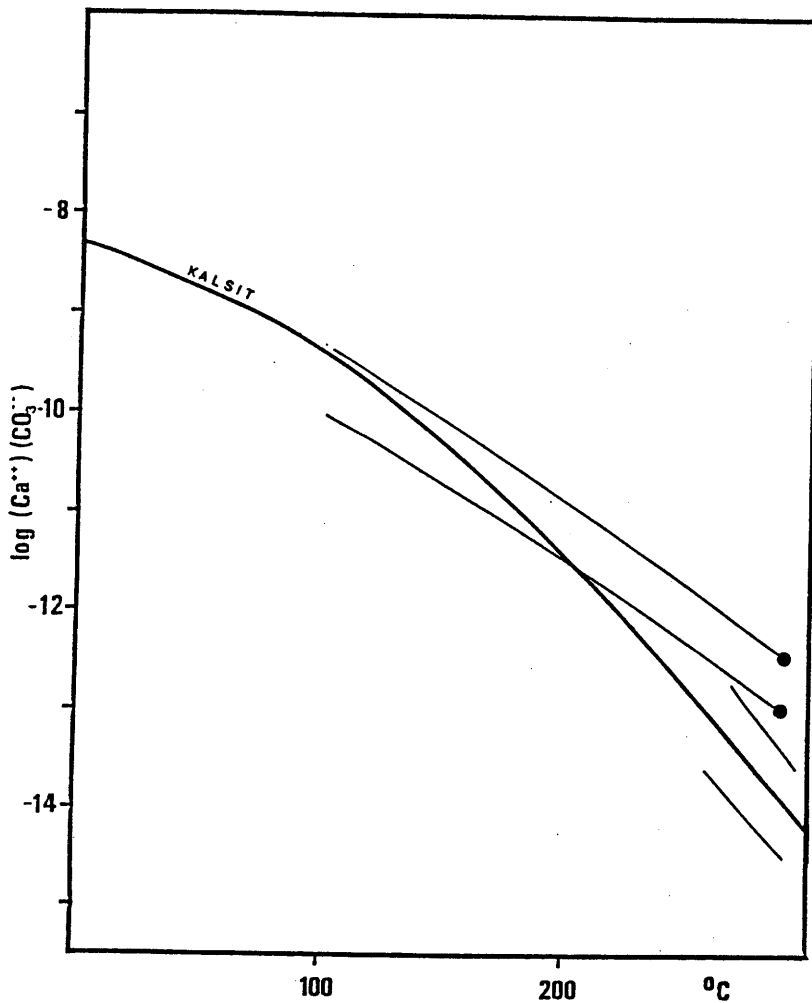
Jarðhitavökvinn er nálægt jafnvægi við kvars í jarðhitakerfinu, sbr. kísilhita. Mynd 19 sýnir ferla fyrir uppleysanleika kvars og ópals sem fall af hita. Þegar vökvinn sýður eykst styrkur kísils í þeim vökva sem eftir er. Inn á myndina eru dregnir ferlar fyrir breytingu á styrk kísils við suðu. Kísilútfellingar geta myndast þegar vökvinn nær mettunarferli ópals. Þessar niðurstöður er jafnframt að finna í töflu 12. Ef holan er rekin við yfir um 13 bar-a þrýsting, ætti ekki að vera hætt á kísilútfellingum í henni sjálfri. Hins vegar má búast við kísilútfellingum ef holutoppþrýstingur er lægri en 13 bar-a.

Tafla 12 Hitastig ópalmettunar við hvellsuðu í holu NJ-16 á Nesjavöllum.

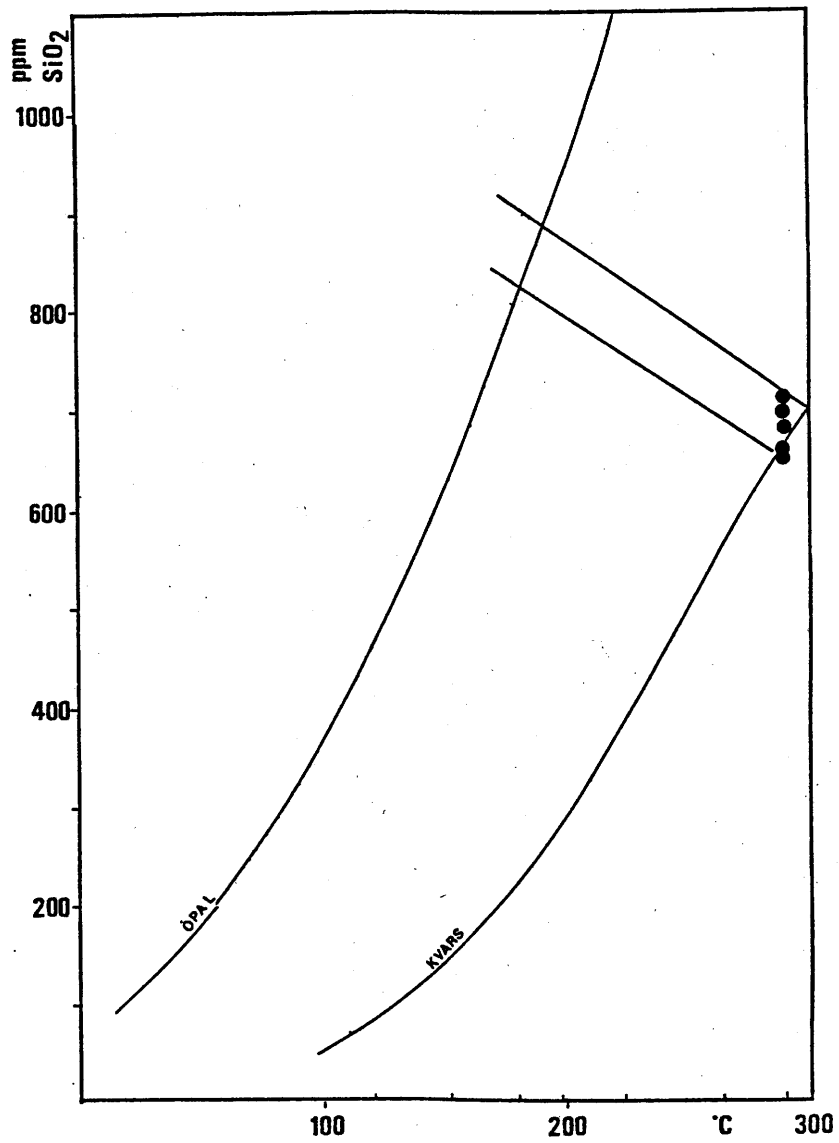
Sýni	Söfnunar þrýstingur bar-a	Hitastig ópalmettunar °C	P(óp) (bar-a)
86-5037	10,5	188	12,0
86-5042	10,5	183	10,7
86-5046	11,0	184	10,9
86-5047	11,6	190	12,5
86-5050	12,3	192	13,1



MYND 17 Breytingar með tíma á hita reiknuðum út frá efnasamsetningu



MYND 18 Jafnvægi kalsíts og útfellingahætta þess



MYND 19 Jafnvægi kvars og ópals og útfellingahætta kísils

## 9 HELSTU VINNSLUEIGINLEIKAR

Í undanfarandi köflum hefur verið minnst á vinnslueiginleika holu NJ-16. Engu að síður er rétt að draga saman hér í lok skýrslunnar það helsta sem vitað er um vinnslueiginleikana, enda þótt um nokkra endurtekningu verði að ræða.

Vinnslueiginleikar NJ-16 eru mjög góðir. Hún er ein þeirra borhola á Nesjavöllum sem gefa vökva með varmainnihaldi vel yfir 2000 kJ/kg, og er gufa um 80% af rennsli en aðeins 20% vatn. Líkist hún því holum NG-6, NG-9, NJ-11 og NJ-13.

NJ-16 hefur aðeins blásið í einn og hálfan mánuð og því tæplega hægt að segja að holan hafi enn náð blástursjafnvægi. Massastreymi er um 28 kg/s með varmainnihaldi um 2300 kJ/kg. Megnið af massanum er gufa, og fást t.d. um 21 kg/s af háprýstigufu (við 7 bar-a) úr holunni. Samkvæmt þessum tölum er varmaafli NJ-16 um 65 MW, en háprýstigufan stendur undir rúmlega 15 MW raforkuframleiðslu í eimsvalahverfli. Blásturseinkenni NJ-16 eru svipuð og í öðrum holum með hátt varmainnihald (NG-6 og NJ-11). Lokunarþrýstingur hennar er mjög hár (>75 bar) og fellur afl holunnar væntanlega hægt með hækkandi toppþrýstingi, en enn hefur aflferill hennar ekki verið mældur. Litlar sem engar breytingar hafa verið á rennslisstærðum holunnar á blásturtímanum og ef tekið er mið af holu NG-6 má búast við fremur hægfara breytingum næstu mánuði og ár. Líklegast er að varmainnihald aukist og gæti holan þróast yfir í þurrufuholu með tímanum. Afl ætti hins vegar ekki að dala að neinu marki á meðan holan helst blönduð vatns- og gufuhola.

Styrkur óþéttanlegra gastegunda í háprýstigufu frá NJ-16 er um 0,3-0,4% af massa, sem er svipað og í öðrum holum með hátt varmainnihald (NG-6, NJ-11). Um 90% gassins er brennisteinsvetni og kolsýra. Ekki er að vænta kalkútfellinga í holunni, og kísill fellur ekki út í henni, ef vinnsluþrýstingi á holutoppi verður haldið yfir 13,5 bar-a.

Lokunarþrýstingur holunnar er mjög hár eins og hjá öðrum holum með mikið varmainnihald. Hæst hefur mælst 75 bar á toppi. Ekki er talið ráðlegt að leggja slíkan þrýsting á toppbúnað og fóðringar í langan tíma, og verður því að láta holuna blása hvort sem hún er nýtt eður ei.



## HEIMILDIR

- Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson, Hilmar Sigvaldason, Ómar Sigurðsson og Einar Gunnlaugsson, 1986: Nesjavellir Hóla NJ-11. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS86026/JHD05, apríl.
- Fournier, R.O., 1979: A revised equation for Na/K geothermometer. Geothermal Resources Council Transactions, 3: 221-224.
- Fournier, R.O. and Potter, R.W. 1982: A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. Geothermal Resources Council Bulletin, Nov. 1982. 3-9.
- Kristín Vala Ragnarsdóttir and Walter, J.B. 1983: Pressure sensitive "silica geothermometer" determined from quartz solubility experiments at 250°C. Geochim. Cosmochim. Acta. 47: 941-946.
- Ómar Sigurðsson, Guðmundur S. Böðvarsson and Valgarður Stefánsson, 1983: "Nonisothermal Injectivity Index can Infer Well Productivity and Reservoir Transmissivity". Proceedings Ninth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, p. 211-216, Dec. 1983.
- Stefán Arnórsson and Einar Gunnlaugsson, 1985: New gas geothermometers for geothermal exploration - Calibration and application. Geochim. Cosmochim. Acta, í prentun.
- Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson and Hörður Svavarsson, 1983: The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. Geochim. Cosmochim. Acta, 47: 567-577.
- Valgarður Stefánsson, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Halldór Ármannsson, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson og Trausti Hauksson, 1982: Krafla Hóla KJ-13. Borun rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS82046/JHD07, 108 s.



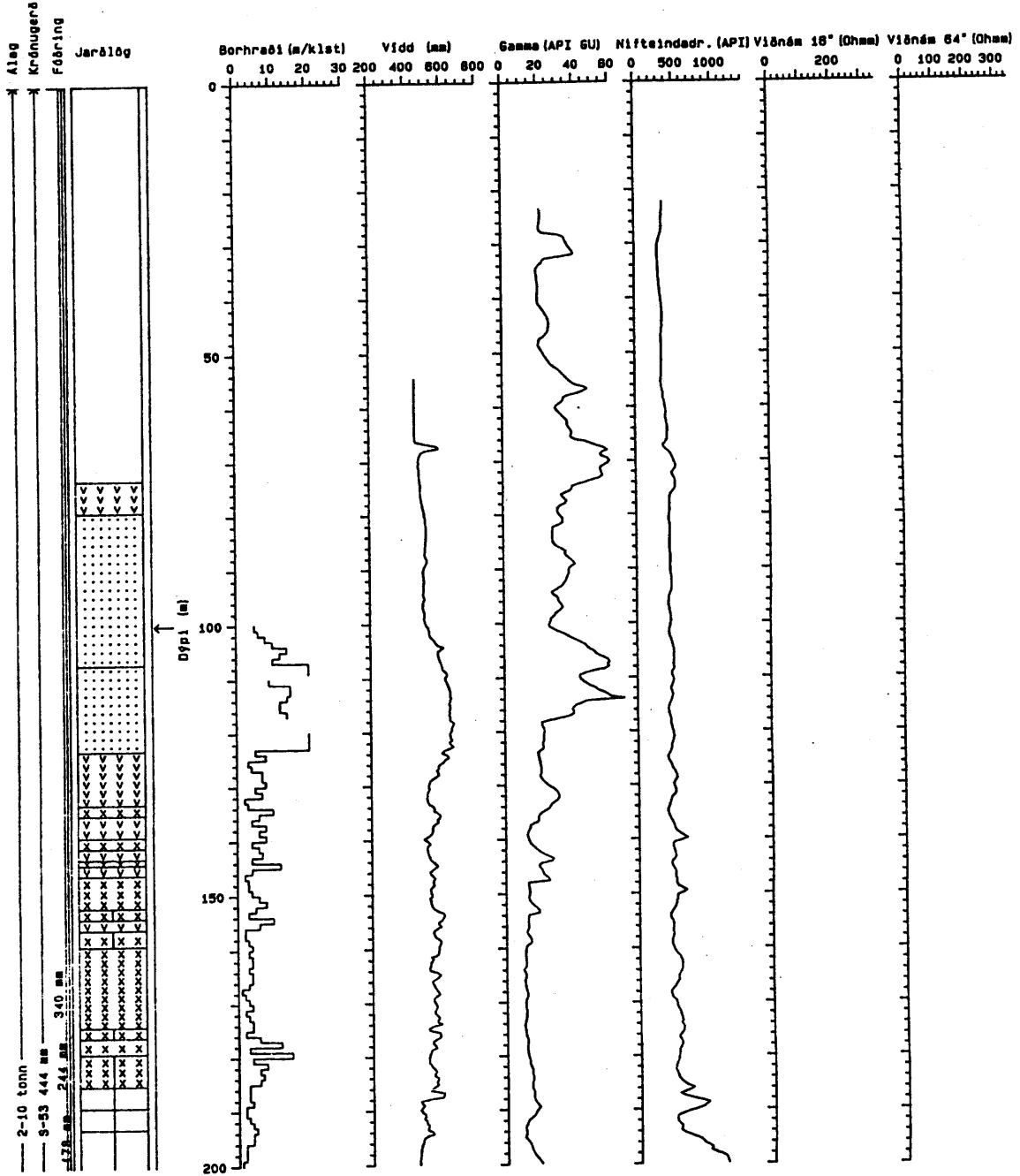
VIÐAUKI V-1

Jarðlagasnið og mælingar



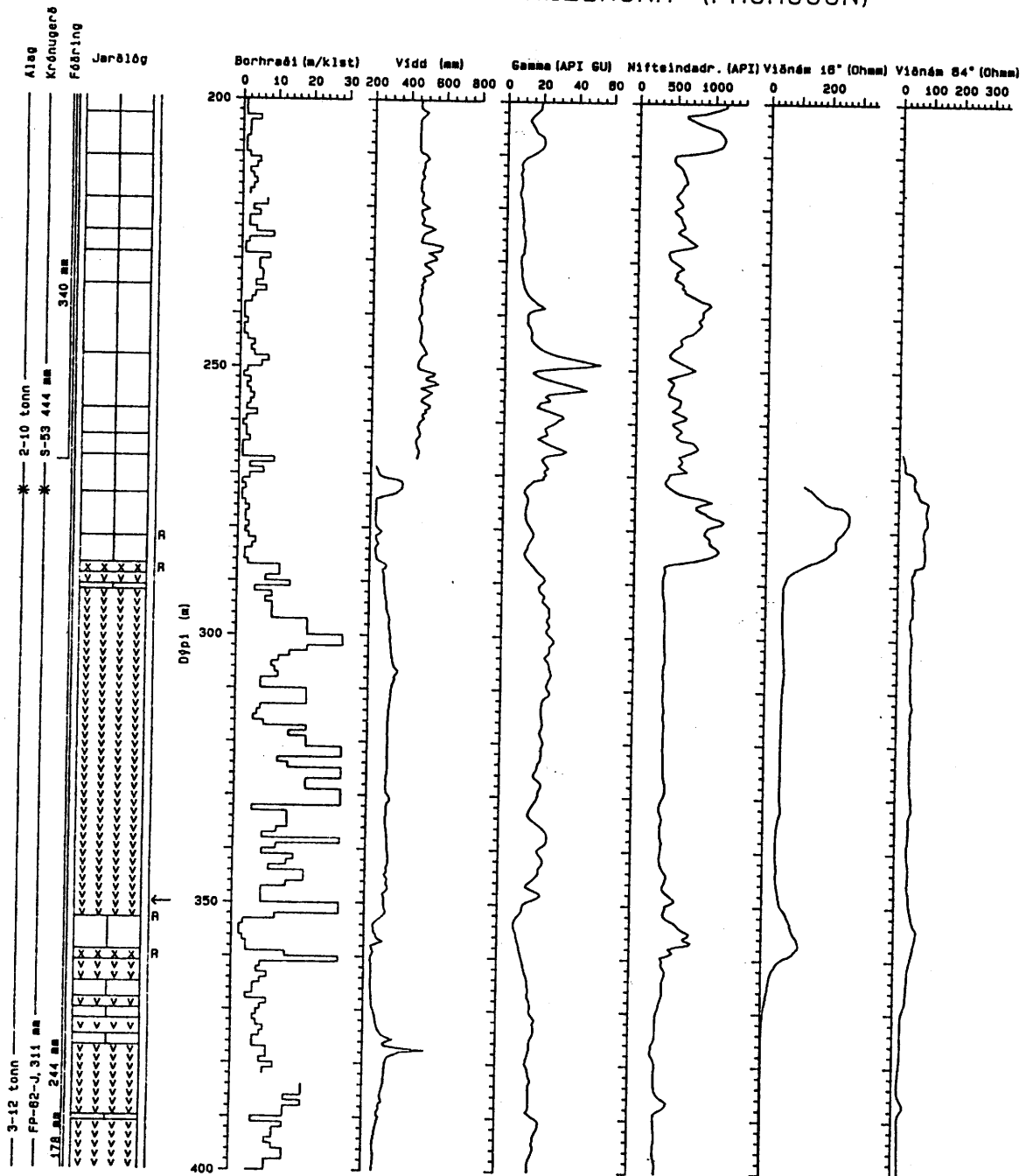
JHD-BM/BJ-8715 HTU1/6SV/HF  
88.03.0218 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



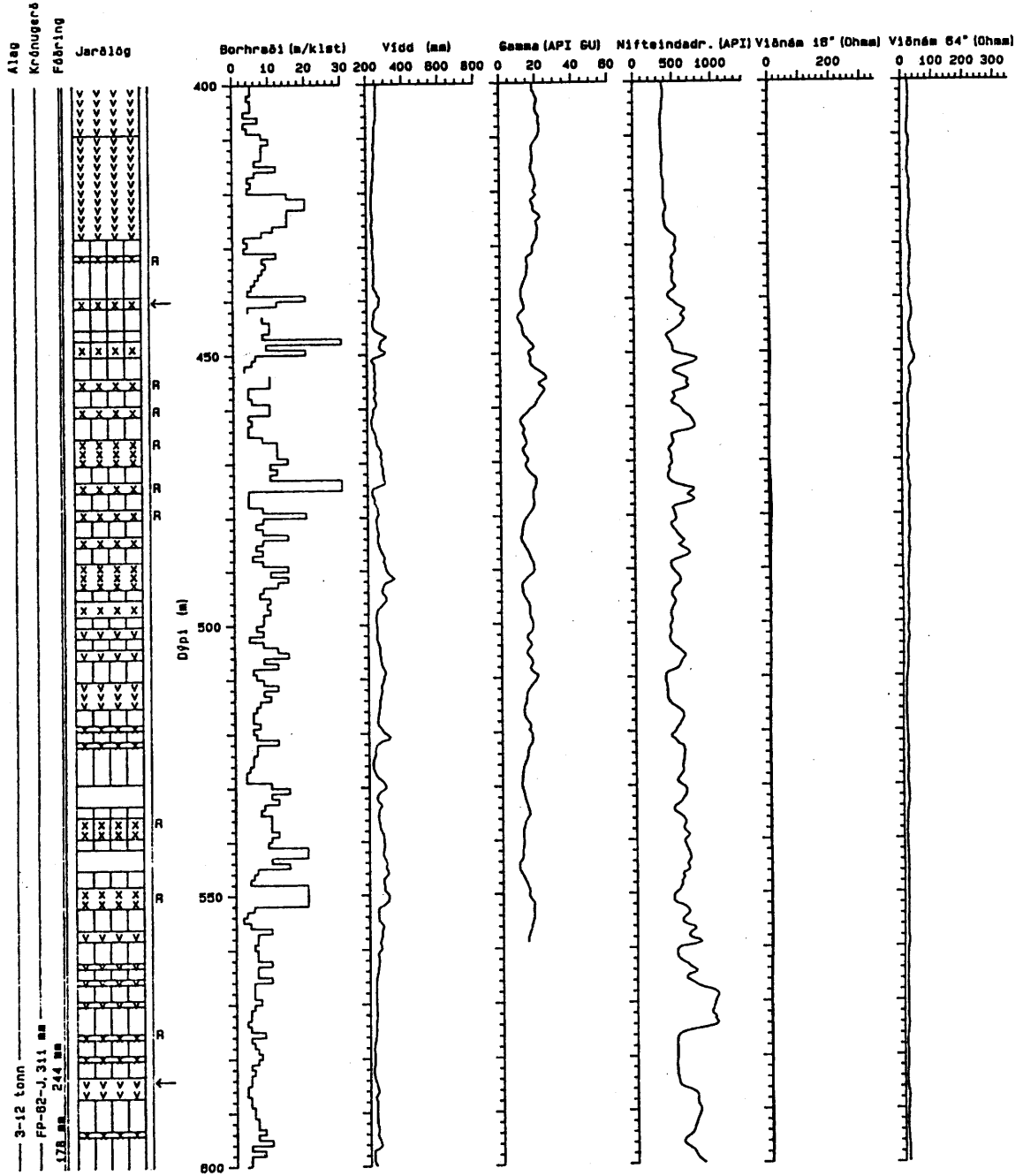
JHD-8M/BJ-8715 HTU1/GSV/HF  
88.03.0219 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



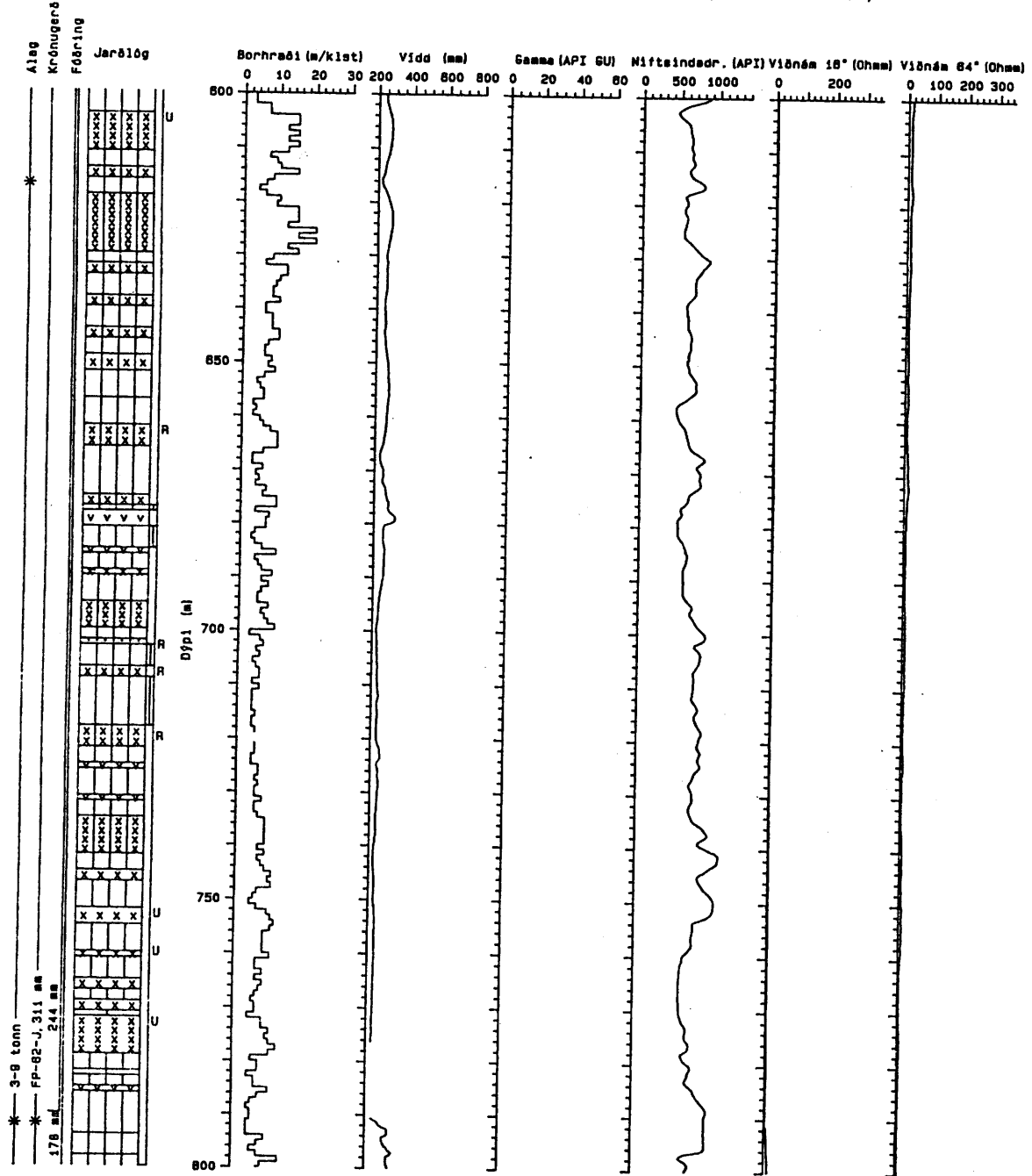
JHD-8M/BJ-8715 HTU1/GSV/HF  
86.03.0219 T

### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



JHD-BM/BJ-8715 HTUJ/6SV/HF  
88.03.0219 T

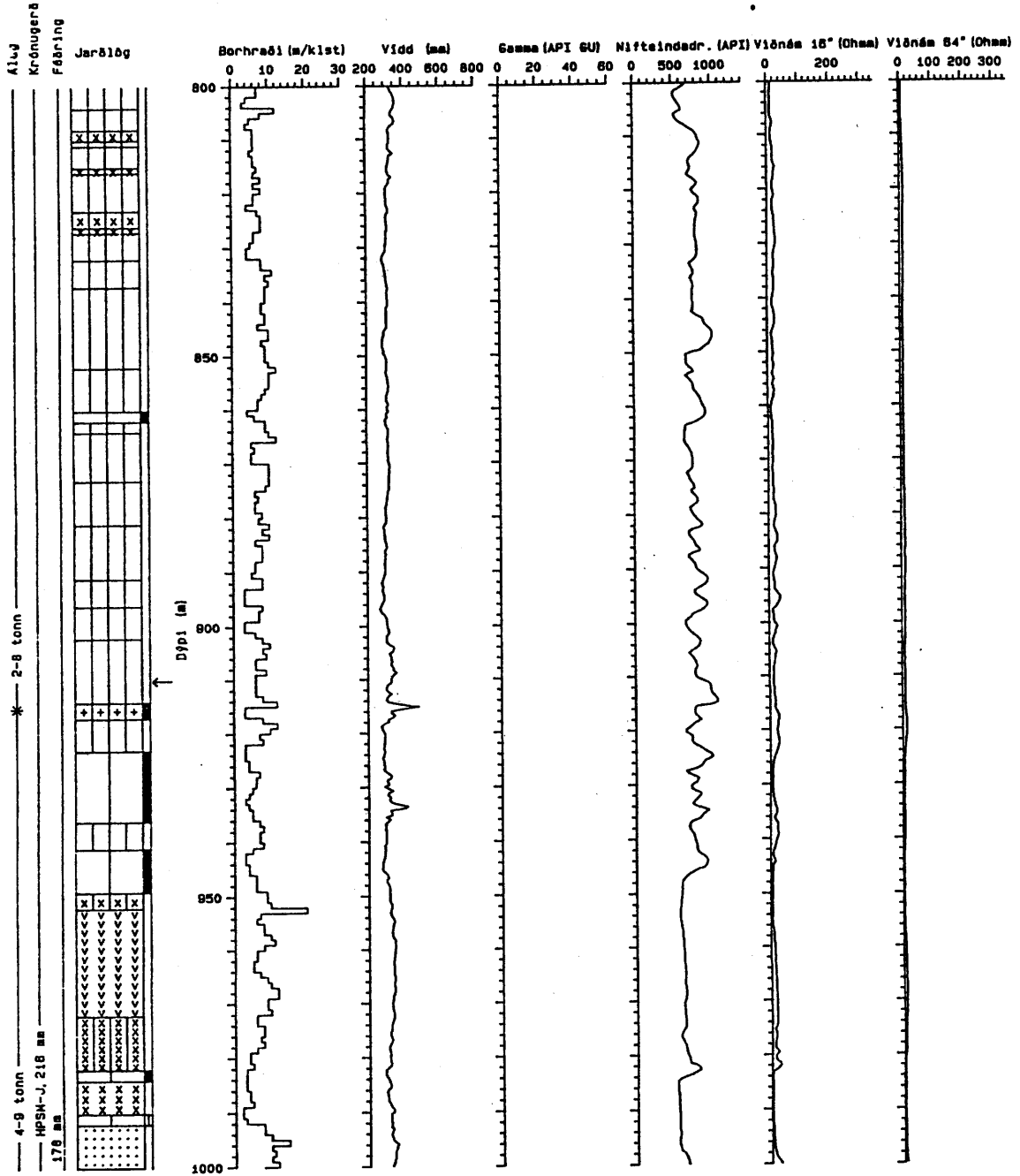
# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)





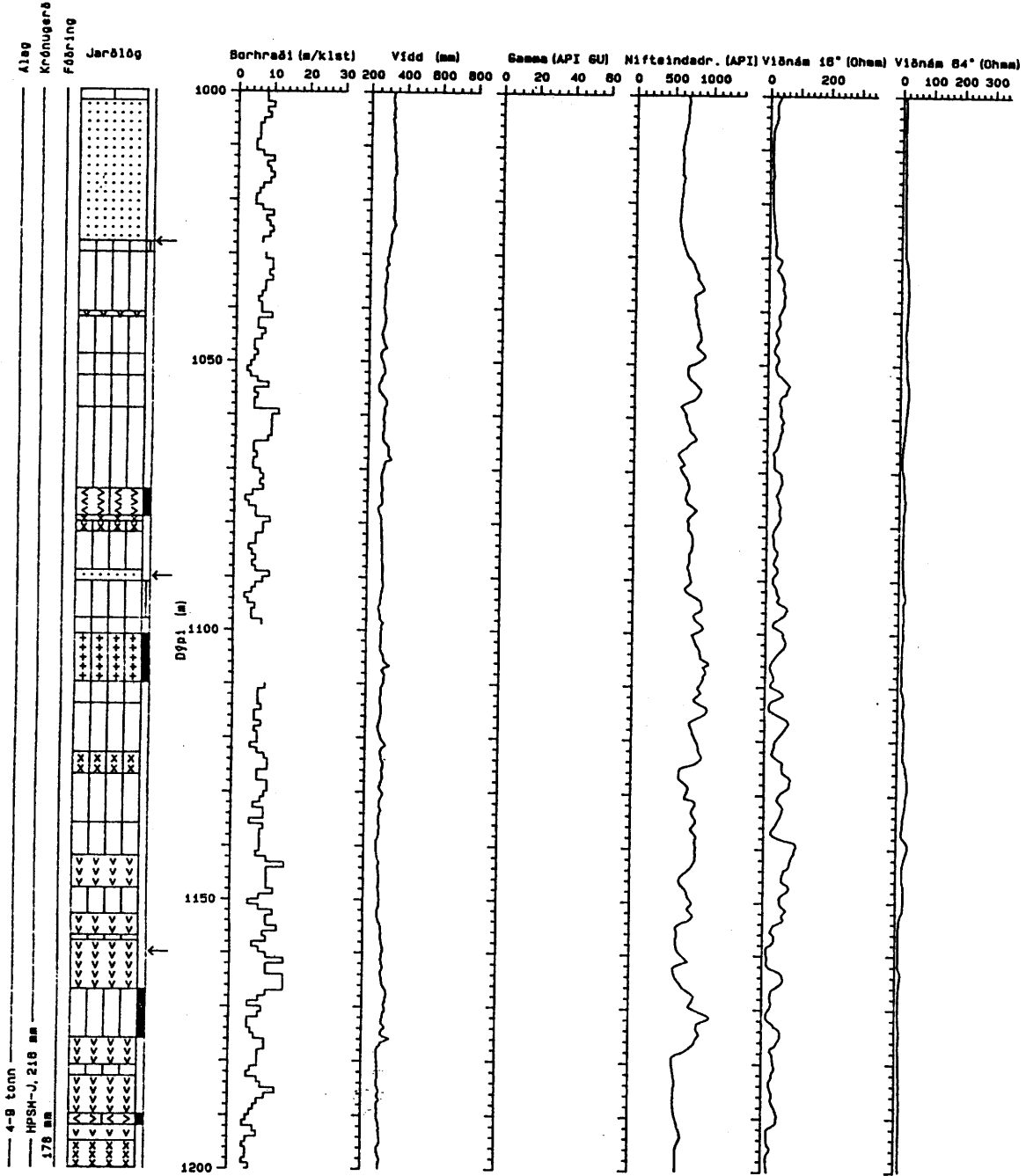
JHD-BM/BJ-8715 HTU1/GSV/HF  
88.03.0219 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



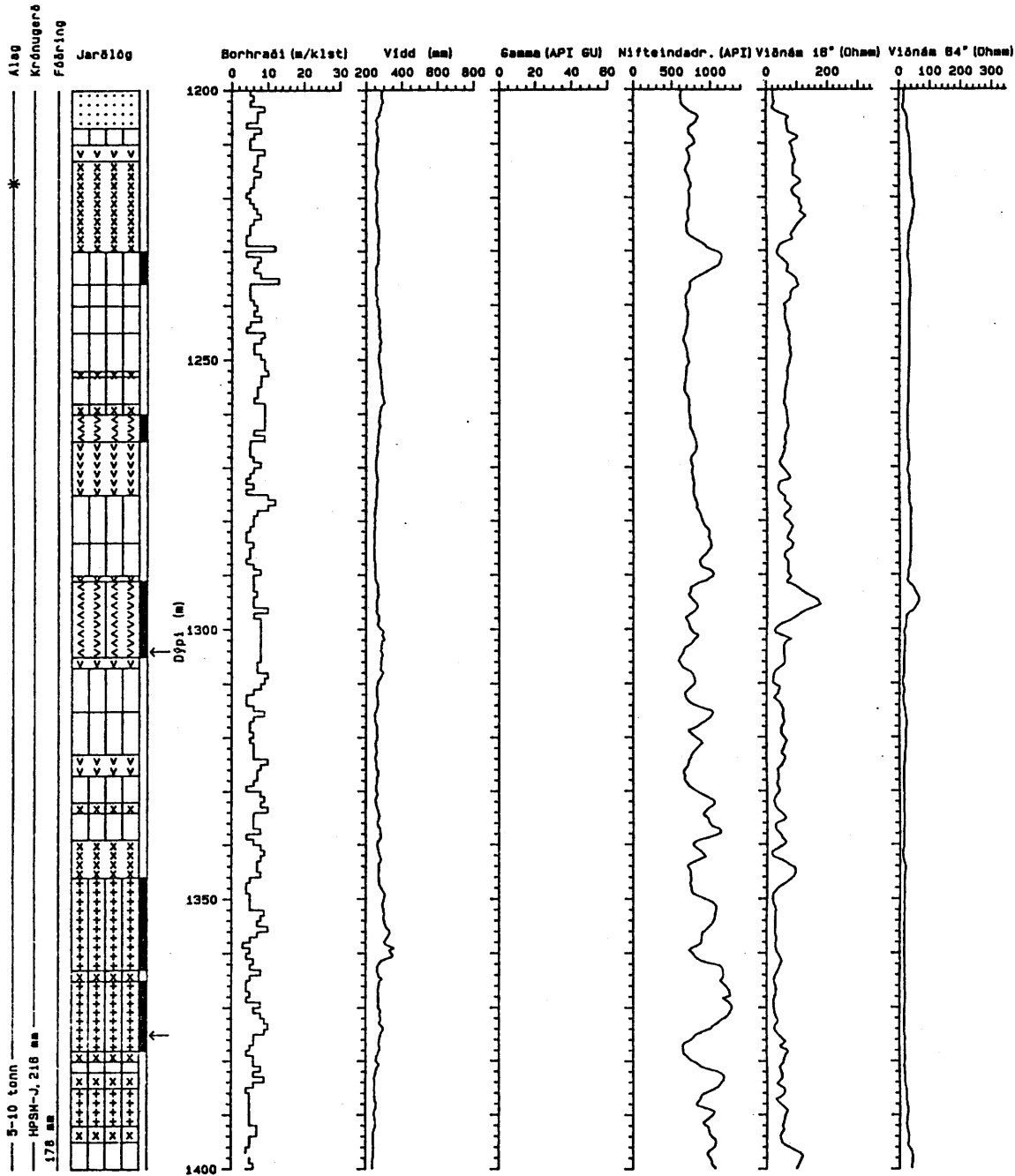
JHD-BM/BJ-8715 HTu1/6SV/HF  
86.03.0219 T

### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



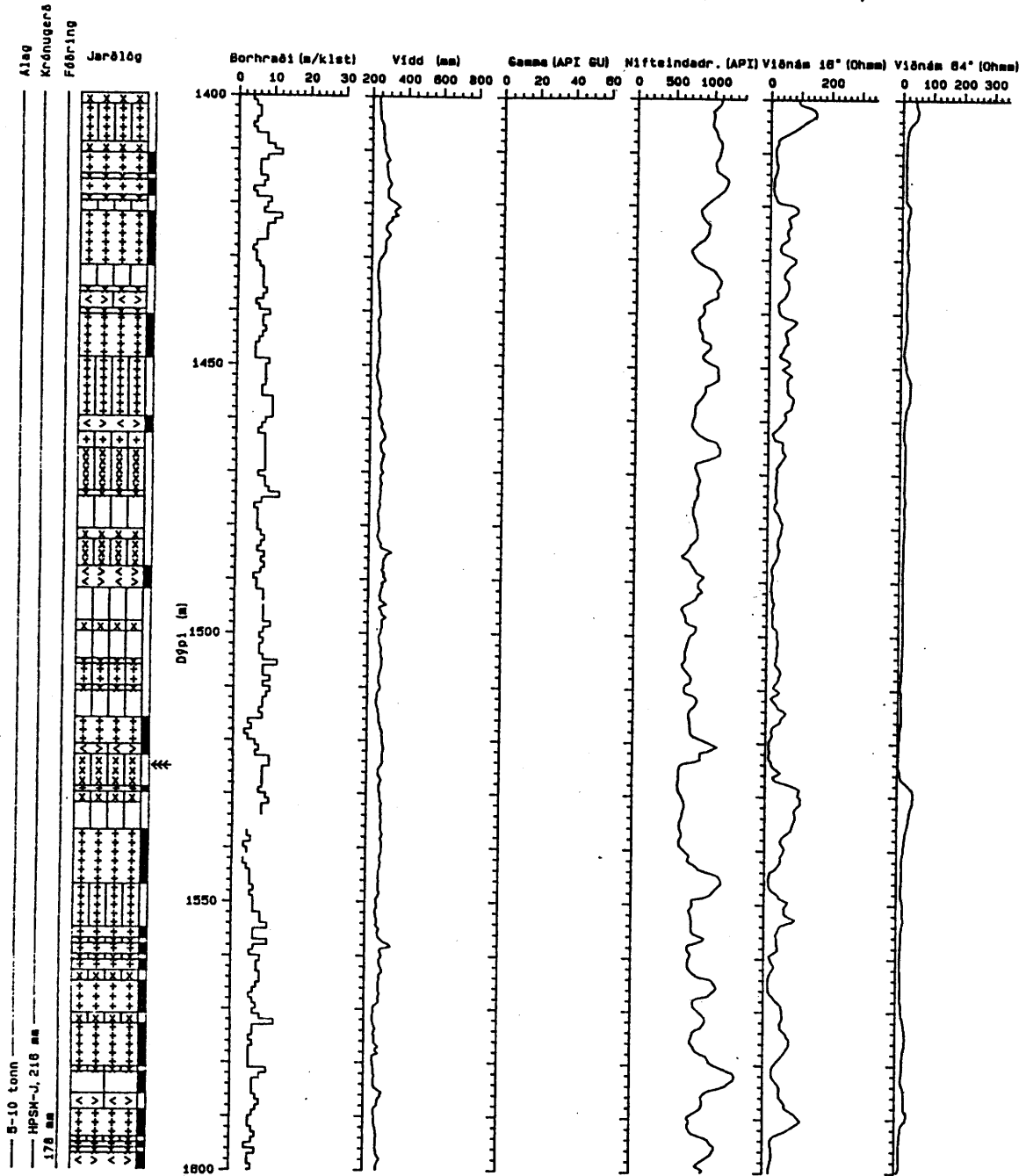
JHD-BM/BJ-8715 HTU1/GSV/HF  
88.03.0219 T

### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



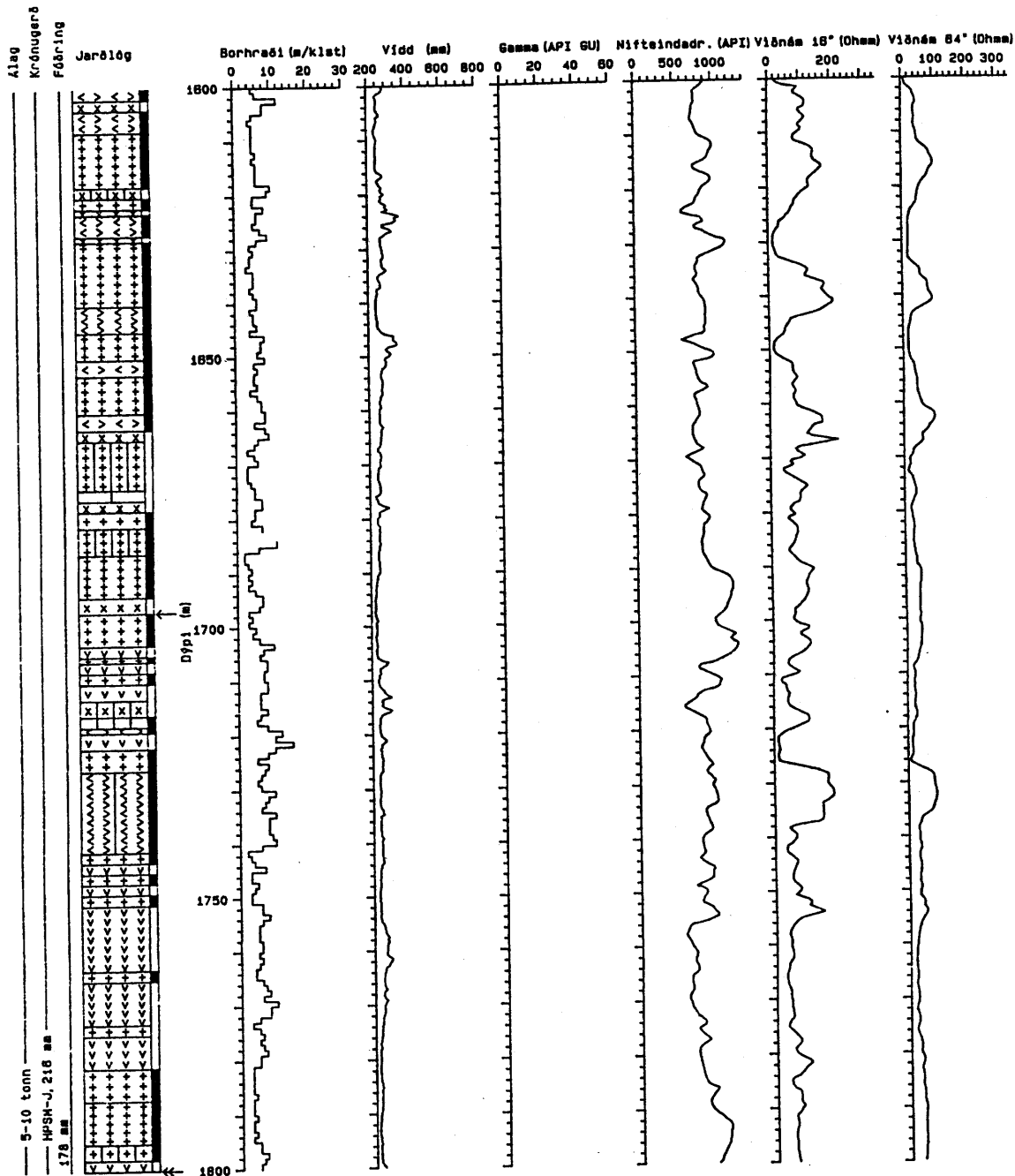
JHD-BM/BJ-8715 HTu1/6SV/HF  
88.03.0219 T

### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



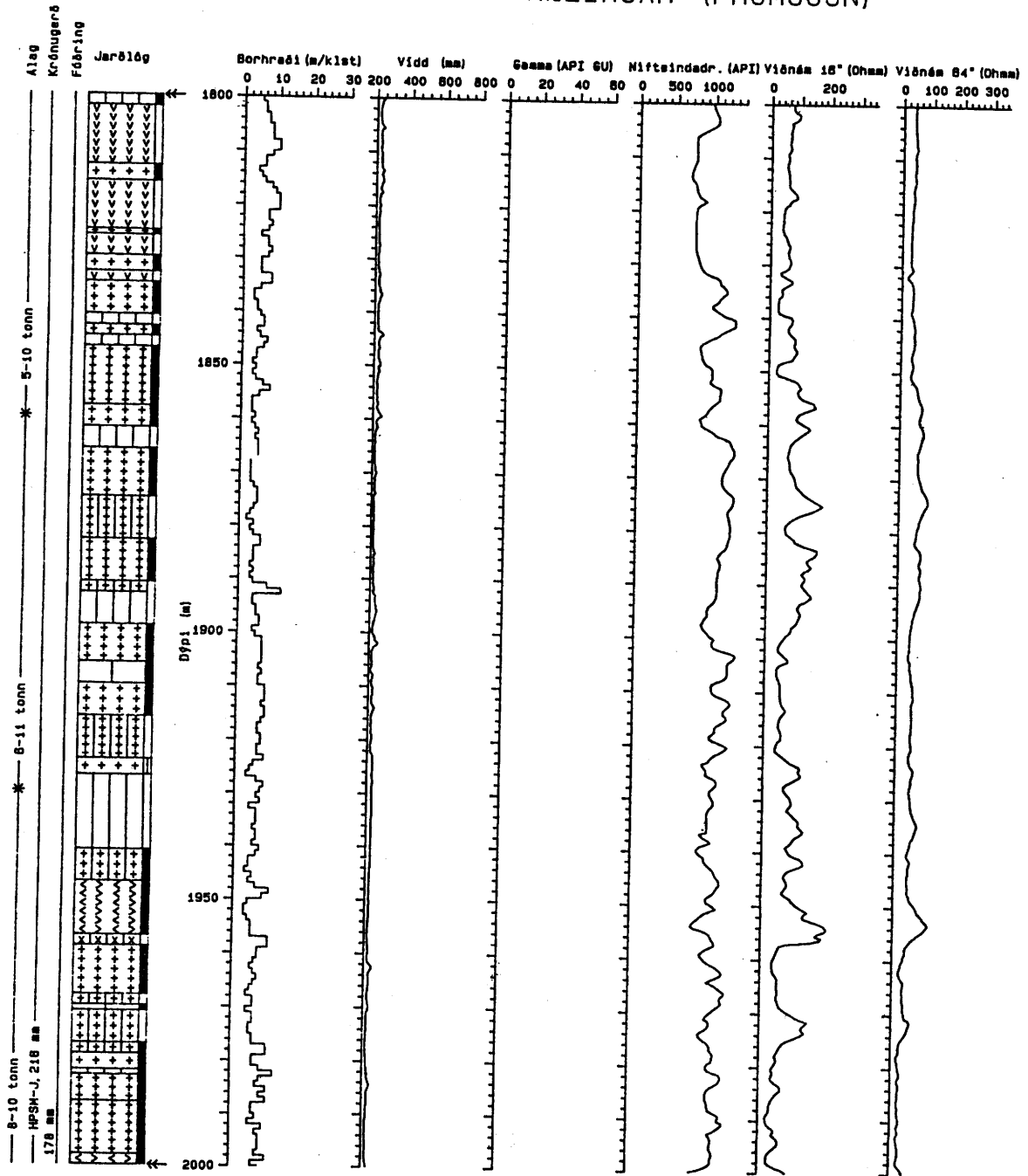
JHD-BM/BJ-8715 HTU1/GSV/HF  
88.03.0219 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



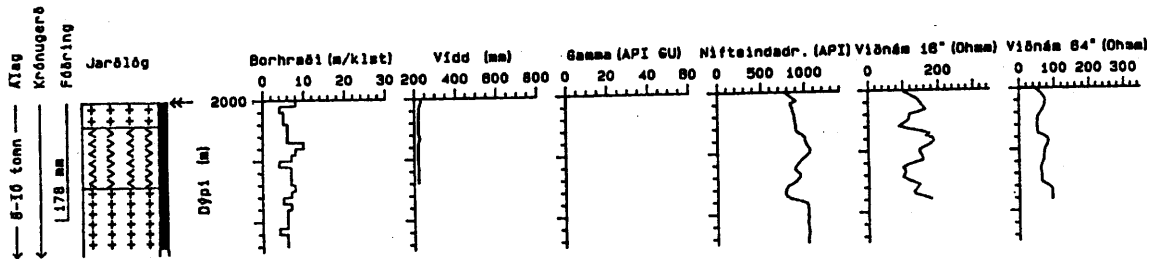
JHD-BM/BJ-8715 HTu1/GSV/HF  
88.03.0219 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)

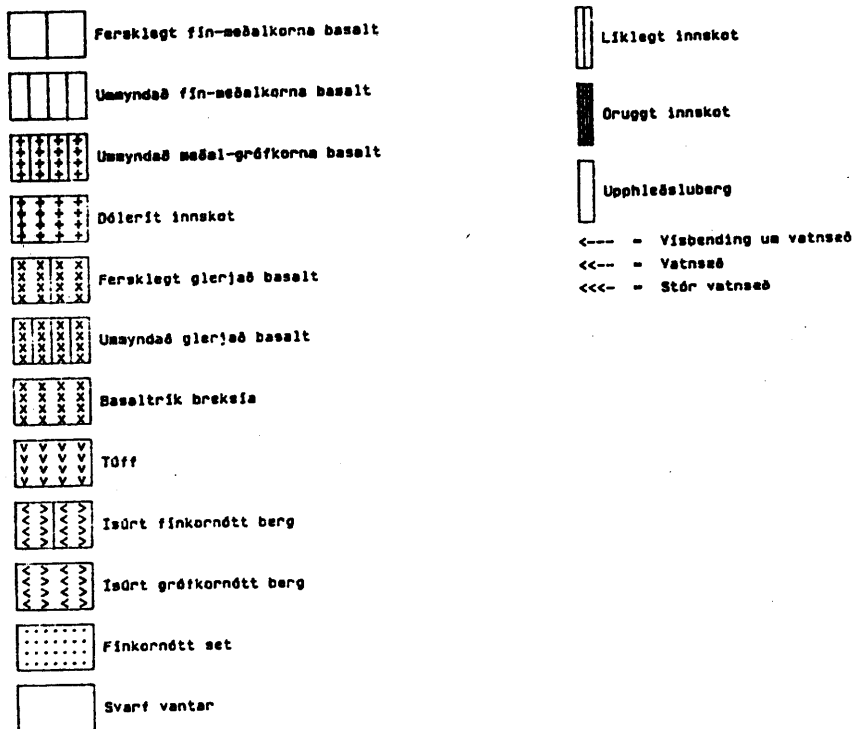


JHD-BM/BJ-8715 HTU1/GSV/HF  
86.03.0219 T

## NESJAVELLIR HOLA NJ-16 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



### Skýringar við jarðlagasnið







VIÐAUKI V-2

NESJAVELLIR HOLA NJ-16, 1. ÁFANGI

Borun fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu frá 67 m í 274 m

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT .....	80
TÖFLUSKRÁ .....	80
MYNDASKRÁ .....	80
1 INNGANGUR .....	81
2 BORSAGA .....	81
3 JAR ÆLÖG OG UMMYNDUN .....	82
4 BORHOLUMÆLINGAR .....	82
TÖFLUSKRÁ	
1 Fóðrunarskýrsla .....	83
2 Nesjavellir, hola NJ-16. Helstu atriði steypingar 13 3/8" öryggisfóðringar .....	84
3 Hola NJ-16. Mælingar í fyrsta áfanga .....	85
MYNDASKRÁ	
1 Framvinda borunar .....	86
2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun .....	87
3 Vatnsborðsmæling .....	88
4 Hitamælingar 1985.11.01 fyrir fóðringu .....	89

## INNGANGUR

Hola NJ-16 er staðsett um 600 m norðan við holu NJ-11, við túnjaðar bæjarins að Nesjavöllum. Meginmarkmið þessarar holu er að kanna jarðhitasvæðið til norðurs. Holutoppur er í um 170 m h.y.s. Í hönnun holunnar er gert ráð fyrir að borað skuli niður á 250-300 m dýpi fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu.

Að þessum áfanga unnu fyrir hönd JHD og JBR þeir Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Hjalti Franzson og áhöfn Jötuns.

## BORSAGA

Fyrsti áfangi borunar holu NJ-16 hófst með flutningi Jötuns frá holu NJ-15 þann 24. október og honum lauk þriðjudaginn 5. nóvember á 13. verkdegi. Helstu atriði boráfangans eru sýnd á mynd 1. Borun hófst á 6. verkdegi. Uppsetning borstrengs var eftirfarandi: Neðst var 17 1/2" króna, síðan tengibútur, rýmari, kolli, rýmari, 11 kollar, tengibútur og borstangir.

Eins og sést á mynd 1 var borað sleitulaust allt niður á 274 m dýpi, en þar var enda fóðurrörs valinn staður. Vegna skápamyndunar ofan 200 m gekk fremur erfiðlega að ná svarfinu til yfirborðs, t.d þurfti oft á tíðum að dæla í allt að klukkutíma við stangarskipti til að koma því upp. Auk þessa þurfti á tíðum að tempra borhraðann með minnkun álags vegna sama vandamáls. Helstu vandamál í borun neðan 200 m var harka bergsins og svo það að borstrengurinn lét svo illa að stundum varð að minnka álag.

Ekki varð vart umtalsverðs leka í holunni; hann fór aldrei yfir 7 l/s (sbr. mynd 2). Fóðurrörsdýpið var valið með hliðsjón af hörðu basaltlagi. Hallamælt var í 250 m dýpi og reyndist hallinn vera 1 gráða frá lóðréttu. Eins og getið er í kafla 4 var hitamælt í stöngum fyrir upptekt og svo framkvæmt hefðbundið mælingaprógram er strengur var kominn úr holu.

Áður en steyping fóðurrörs fór fram reyndist skoltap vera 5 l/s og vatnsborð eftir 41 mín var á 32,5 m (sjá mynd 3).

Fóðrunarskýrslan (tafla 1) sýnir legu röra í holunni. Einnig sýnir hún nokkur atriði steypingarinnar, en í töflu 2 er sýndur gangur steypingarinnar og hvernig eðlisþyngd steypunnar breyttist með tíma. Eins og fram kemur í töflu 1 þurfti að steypa í tvígang; í fyrri

steypuna fóru um 49 tonn (reiknað hafði verið með 43 tonnum) en í þá seinni um 7 tonn. Steypt var í gegnum strenginn í fyrri steypingunni en í gegnum "killline" í þeirri seinni.

## JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Á mynd 2 er sýnt einfaldað jarðlagasnið og meðalborhraði yfir hvert 10 m dýptarbil. Jarðlögum er skipt á einfaldaðan hátt í þrjár einingar; frá um 80 m niður á um 125 m er fremur lint settúff ráðandi. Þetta lag er það lint að skápamyndun varð allveruleg. Þaðan og niður á um 185 m dýpi er frauðkennt móbergstúff frekar laust í sér, og fremur "skápagjarnt". Neðan þessa dýpis er fersklegt hart basalt ráðandi. Fremur er hallast að því að þessi basaltkaflar samanstandi af hraunlögum en bólstrabergi, en ekki eru gögnin einhlít hvað þetta varðar.

Í stuttu máli má segja að ummyndun berglaga niður á 274 m dýpi sé nánast engin. Sem dæmi má nefna að vart örlar á kalsíti, ekkert pýrít sést. Einu útfellingarnar sem sjást á stangli eru ljósleitir lagskiptar kúlulaga útfellingar, og neðan um 200 m sjást á stangli tærir aragonít stönglar. Í basaltkaflanum neðan 200 m varð vart við nokkra oxun og límonít.

## BORHOLUMÆLINGAR

Í töflu 3 eru skráðar þær mælingar, sem gerðar voru í fyrsta áfanga borverks við holu NJ-16. Allar mælingarnar voru gerðar eftir að komið var í fóðringardýpi, og var sú fyrsta þeirra hitamæling áður en tekið var upp úr holunni. Mælingin er sýnd á mynd 4 og er lítið markvert þar að sjá. Hitastig við holutopp var um 16°C en 17°C við borkrónu í 265 m dýpi. Fylgst var með hitastigi "í botni" í 12 mínútur, og hélst það stöðugt allan þann tíma. Meðan á mælingu stóð var dælt á holuna, og tók hún við um 4-5 l/s af vatni, ekki sást í mælingunni hvar vatnið tapaðist út.

Eftir upptekt var hitamælt að nýju (mynd 4). Þar sést að helsta vatnsæðin er á 100-110 m dýpi. Neðan þess dýpis hafði holan lítið breytst frá fyrri mælingu, og var hitaaukningin í botni aðeins 0,3°C. Er ótrúflaður hiti á þessu dýpi því tæplega mikið hærri en þar 17°C sem mældust í holunni.

Að hitamælingum loknum var víddarmælt, en síðan gerðar jarðlagamælingar. Fjallað verður síðar um þær mælingar.

Tafla 1 Fóðrunarskýrsla

**ORKUSTOFNUN**  
JARÐBORANIR RÍKISINS

**FÓÐRUNARSKÝRSLA**

Jötuns

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR	VERKKAUPI
648-1	NJ-16	Nesjavellir	Hitaveita Reykjavíkur
VIÐD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.
17 1/2"	274 m.	2	1985.11.01.-04.
			ÚTFYLLT
			1985.11.04. D.S.

FJARLEGD KJALLARABRÚN—KRAGI		0,36	m	
FÓÐRING	PVERM. UTAN 13 3/8"	INNAN 315,3	mm.	
	GERÐ K-55	ÞYNGD 68	lbs/ft	
	TENGI Skrúfuð Buttress			
	NOTAÐ 272,29	m	FRÁ KRAGA 261,07	m
	KRAGI (FLANGS) 12" ser 900			
	SKÓR Float Shoe & Float Collar á 2.röri			
	MÍÐJUST. 8 stk.	STEYPUT. 0	stk.	
STEYPING	SEMENT G blanda		49.000 kg	
	SEMENT		kg	
	ÍBL.EFNI		kg	
	ÍBL.EFNI		kg	
	TAFAEFNI kg		EDLISP. STEYPU 1.76	
	STEYPUTÆKI Haliburton steypusamstæða			
	STEYPINGARTÍMI		37 mín	
	EFTIRDÆLING. MAGN 2400		I TÍMI 7 mín	
	STEYPA KOM UPP		<input checked="" type="checkbox"/> JÁ <input type="checkbox"/> NEI	
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA		ca. 90 m	
FRÁGANGUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR		2 h	
	SEMENT G bl. 7000kg	ÍBL.EFNI	kg	
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR		8 h	
	STEYPA BORUD EFTIR		58 h	
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI		237 m	
VERKTÍMI RÖR		STEYPA	TOPPUR	
h 11,0		2,0	14	
		22	84,0	
ATH. 3,5 m sandur var í holunni er fódurrör voru komin á botn.				
Góð steypa kom upp en 5 l/sek tap var í holunni og seig steypa því niður á ca. 90 m. dýpi. Steypt var utanmeð eftir 2 klst. og ætti fóduringin því að vera vel steypt.				

RÖRATALNING		
LENGD	NR <sup>1)</sup>	ALLS m
10,97	1	10,97
11,84	2 x	22,81
12,84	3	35,65
12,75	4	48,40
11,14	5 x	59,54
12,86	6	72,40
12,87	7	85,27
11,49	8 x	96,76
13,00	9	109,76
12,56	10	122,32
11,62	11 x	133,94
12,47	12	146,41
11,68	13	158,09
12,78	14 x	170,87
12,48	15	183,35
13,05	16 x	196,40
12,94	17	209,34
12,38	18 x	221,72
12,42	19	234,14
0,72	Float Collar	234,86
12,89	20 x	247,75
12,70	21	260,45
0,62	Float Shoe	261,07

05.82 20x30FDH

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

Tafla 2 Nesjavellir, hola NJ-16  
Helstu atriði steypingar 13 3/8" öryggisfóðringar

Tími	Ps	Po	Ep.	Kar 2	Athugasemdir
5:06	0.9	0		31 cm	Steyping hefst
5:08	1.5	2	1.86	36 cm	
5:09			1.64	41 cm	
5:10	1.6	2	1.72	46 cm	
5:12				51 cm	Rennur í kar 2
5:14	1.85	2	1.75		
5:16	1.85	2	1.80		
5:18	1.87	2	1.76		
5:20	1.8	2	1.81		
5:21					Lokast f. sement í augnablik
5:22	1.9	2	1.69		
5:24	1.9	1	1.67		
5:26	2.0	2	1.79		
5:28	2.0	2	1.75		
5:30	2.0	2	1.80		
5:32	1.75	3	1.79		
5:35	2.15	2	1.81		
5:37	2.1	2	1.70		
5:39	2.15	2	1.81		Skol orðið vel litað
5:41	2.25	5	1.82		
5:43				49 cm	Eftirdæling hefst
5:45				58 cm	Steypuborð fellur
5:47				62 cm	
5:50				?	Dæling minnkuð og síðan hætt

Ps = Þrýstingur í steypumixara (bar)  
 Po = " " " " steypudælu (bar)  
 Ep = Eðlisþyngd steypu (g/cm )  
 Kar 2 = Mæling á vatnsmagni; 1 cm = 185 l

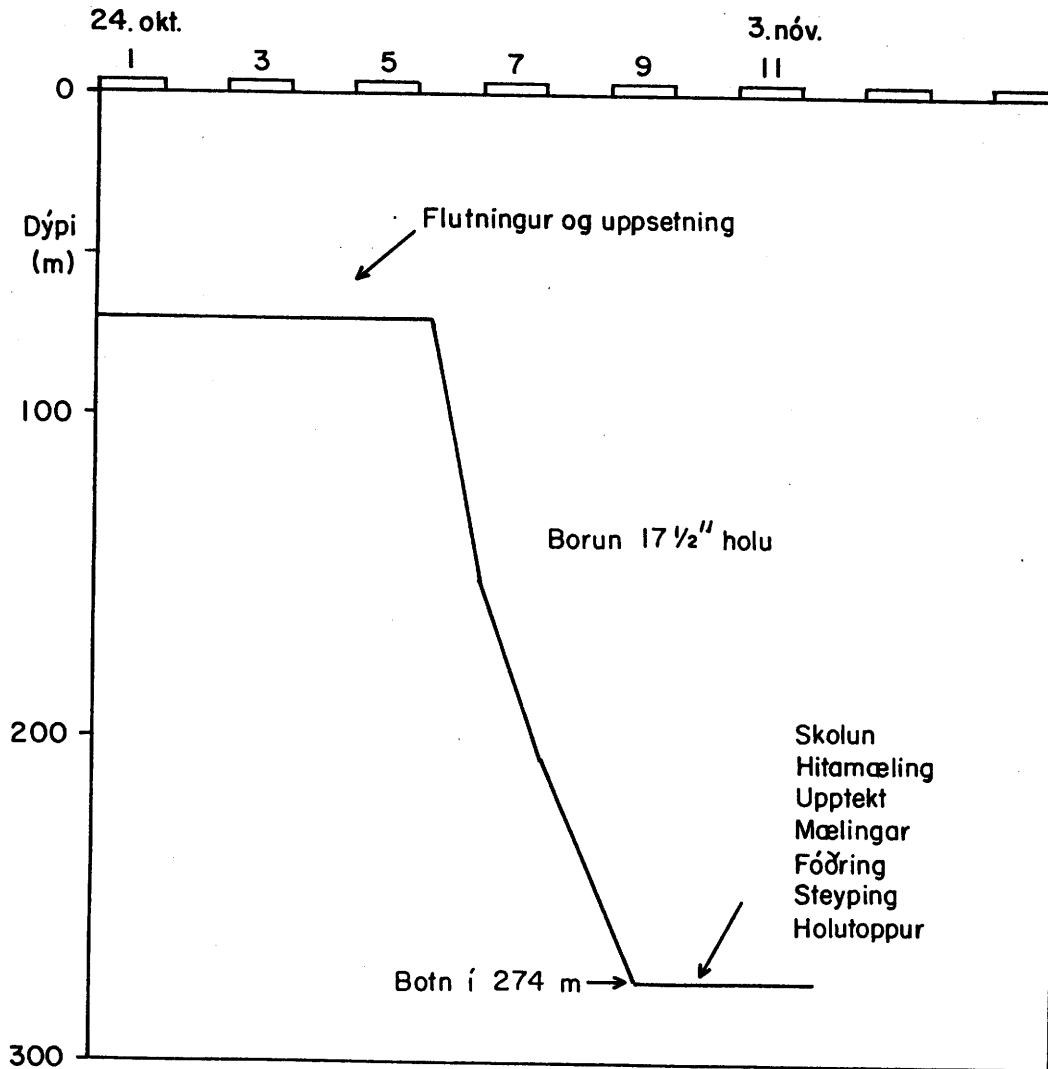
Tafla 3 - Hóla NJ-16. Mælingar í fyrsta áfanga.

Dags.	Tími (kl)	Hvað mælt	Dýptarbil (m)	Athugasemdir
1985.11.01	16:30-17:15	Hiti+dT+CCL	0-265	Í stöngum
1985.11.01	19:20-19:40	Hiti+dT+CCL	0-270	Eftir upptekt
1985.11.01	20:00-20:30	Vídd	0-268	Skápar, jarðlög
1985.11.01	20:40-21:20	N-N+gamma	0-270	Jarðlög
1985.11.01	21:20-22:00	Viðnám	0-270	Jarðlög

JHD-BJ-8715-HF  
85.II.1399-0D

Mynd 1

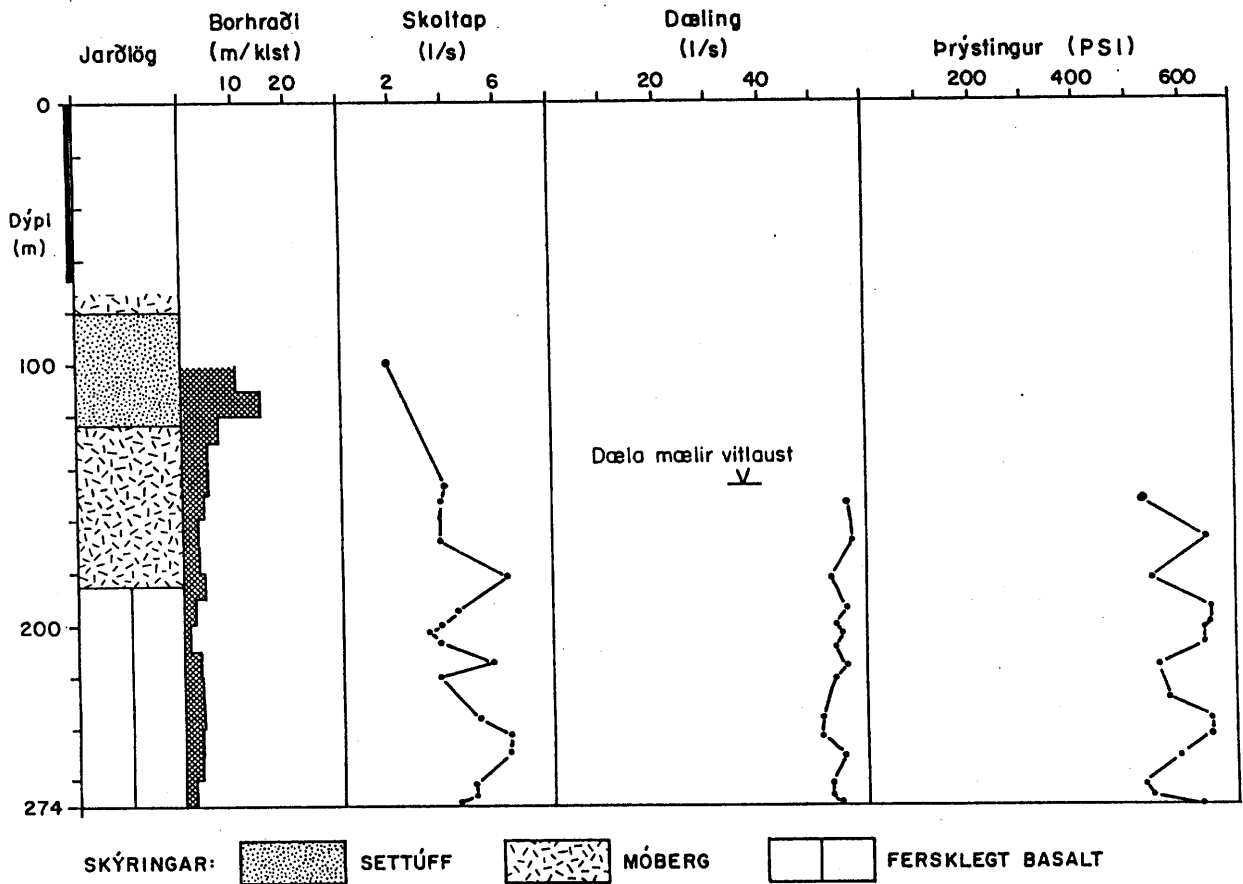
Nesjavellir, hola NJ-16, l.áfangi.  
Gangur borunar





JHD-BJ-8715-HF  
85.II.1398-00

### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 I ÁFANGI. EINFALDAD JARÐLAGASNHÐ OG MÆLINGAR Í BORUN

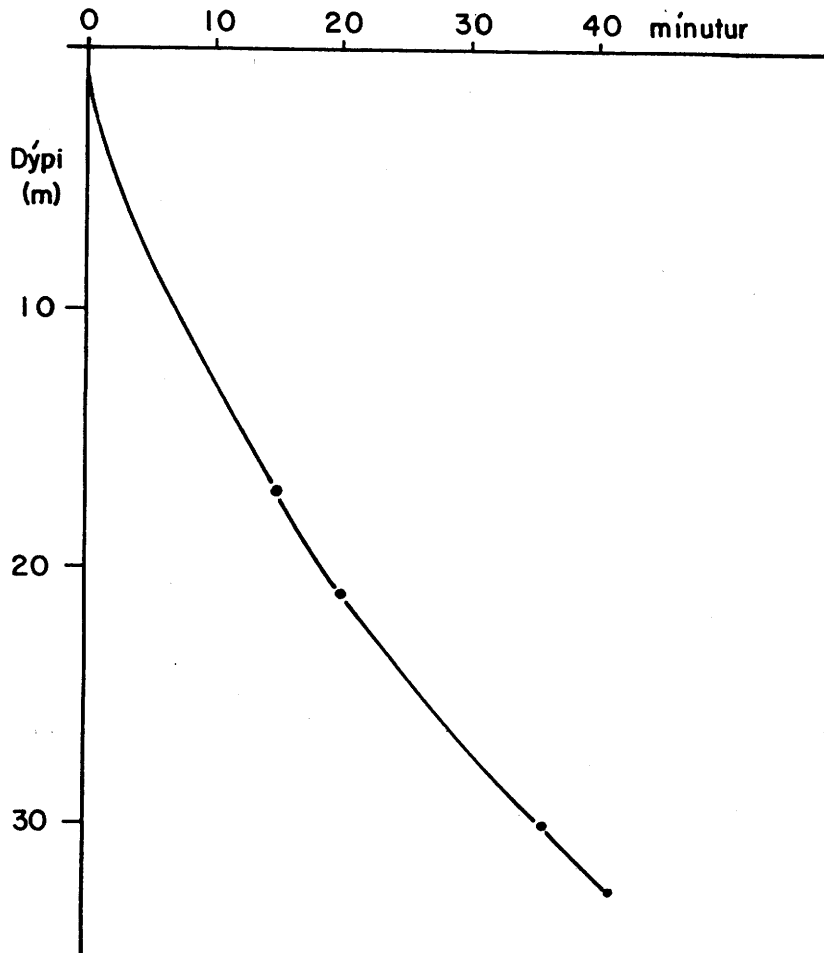


Mynd 2

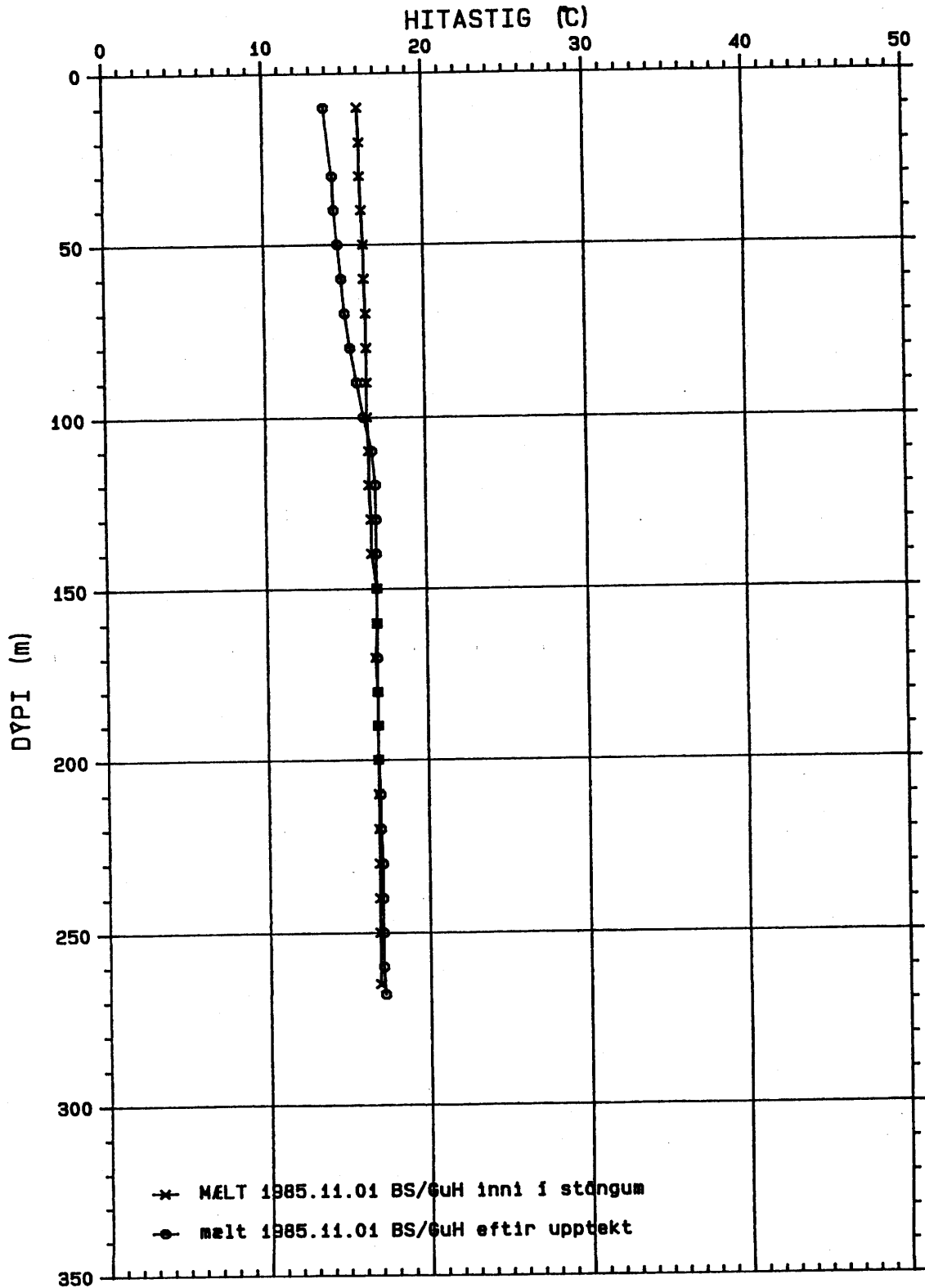
1 JHD-BJ-8715-HF  
85.II. 1400-00

Mynd 3

Nesjavellir, hola NJ-16. Vatnsborðsmæling fyrir  
steypingu öryggisfóðringar



# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 HITAMÆLINGAR





VIÐAUKI V-3

NESJAVELLIR HOLA NJ-16, 2. ÁFANGI

Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 274 m í 566 m

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT.....	92
TÖFLUSKRÁ.....	92
MYNDASKRÁ.....	93
1 INNGANGUR.....	94
2 BORSAGA.....	94
3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN.....	96
4 BORHOLUMÆLINGAR.....	97

## TÖFLUSKRÁ

1 Gangur borunar.....	94
2 Borholumælingar í 2. áfanga.....	98
3 Fóðrunarskýrsla.....	99

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Hitamæling inni í stöngum.....	111
2 Hitamælingar eftir upptekt.....	112
3 Sprenging 85.11.11. ....	113
4 Sprenging 85.11.12. ....	114
5 CBL-mæling 85.11.12. ....	115
6 Sprenging 85.11.12. ....	116
7 Hitamæling fyrir CBL-mælingu 85.11.13. ....	117
8 CBL-mæling 85.11.13. ....	118
9 Framvinda borunar.....	119
10 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun.....	120
11 Einfaldað jarðlagasnið og dreifing ummyndunarsteinda..	121

## 1 INNGANGUR

Hönnun holu NJ-16 gerir ráð fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu niður á 800 - 850 m dýpi í 2. áfanga þessa verks.

Að þessum áfanga unnu fyrir hönd JHD og JBR Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðjón Guðmundsson, Guðni Guðmundsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson og áhöfn Jötuns.

## 2 BORSAGA

Borun fyrir vinnslufóðringu NJ-16 hófst þriðjudaginn 5. nóvember kl. 13:05 á 274 m dýpi. Til verksins var notuð 12 1/4" (311 mm) króna af gerðinni FP-62-J. Borstrengurinn var byggður upp sem hér segir: 12 1/4" króna, tengistykki, stýring, álagsstöng, stýring, 11 álagsstengur, "cross over" tengistykki og borstengur.

Eins og fram kemur í töflu 1 var borun jöfn frá degi til dags og gekk áfallalaust fyrir sig. Álag var nokkuð breytilegt eða frá 3 -12 tonn og réðist það af þeim jarðlögum sem borað var í. Borun fyrir vinnslufóðringu lauk kl. 7:10 að morgni laugardagsins 9. nóvember á 792 m dýpi. Þar var gott berg til að fóðra í og ennfremur voru háhitasteindirnar kvars og wairakít til staðar, en þær saman gefa til kynna að hitastig sé um eða yfir 200 ° C. Að borun lokinni var holan skoluð og kæld í tæpar 6 klukkustundir, en þá var botnfall og skoltap mælt. Holan reyndist vera hrein og skoltap var aðeins 2,5 l/s.

Tafla 1. Gangur borunar.

	Borun á dag (m)	Tími (klst.)	Meðalborhraði (m/klst.)	Tími á krónu (klst.)	Dýpi (m)
13. verkd.	61	9	6,7	9	335
14. verkd.	142	22,5	6,3	31,5	477
15. verkd.	140	22,5	6,2	54	617
16. verkd.	131	22	6,0	76	748
17. verkd.	44	7	6,3	83	792



Næst var hitamælt inni í stöngum og eru mælingarnar sýndar á mynd 1. Þar kom m.a. fram að utanádælingin kældi holuna niður á 300 - 400 m dýpi og upphitun við krónu á 750 m dýpi var 7 gráður á 30 mínútum, en hitatoppur kom fram á 580 m dýpi og var upphitunin þar hröðust eða 16 gráður á 45 mínútum. Eftir upphitunarmælingu í stöngum um kl. 15 var athugað á ný botnfall og skoltap. Skoltap var það sama eða um 2,5 l/s, en 3 m af sandi voru komnir á holubotn. Ekki þótti annað ráðlegt en að kæla holuna í tvo tíma til viðbótar í gegnum borstreng. Síðan var tekið upp úr holu og var því lokið kl. 21, en þá hófst mælingarprógram (sjá kafla um borholumælingar). Í hitamælingu kom m.a. fram að utanádæling kældi holuna niður á 440 m dýpi (mynd 2). Mælingum var lokið kl. 5 og þá byrjað að fódra. Vel gekk að koma fóðringunni niður og kl. 12:30 á sunnudeginum var því lokið. Klukkan rúmlega 18 var búið að tengja stangarlengjuna við stungustykkið í fóðringunni og þá sett á dæling til að kæla holuna fyrir steypingu. Þar sem holan hafði náð að hitna upp neðan við neðsta lekastað þá var ekki tilbúið til steypingar fyrr en skömmu fyrir kl 22.

Steyping byrjaði kl. 21:45 og var lokið kl. 22:47 þar af tók eftirdæling 12 mínútur. Vatn kom upp mest allan tímann meðan á steypingu stóð. Þegar steypingin hafði staðið yfir í 40 mínútur þá fór perlusteinn að koma upp og skömmu síðar hætti að streyma upp úr holu. Síðan ýmist vætlaði eða ekkert kom upp þangað til eftirdælingu var lokið. Undir lokin var dælt niður 10 - 15 l/s af sementsleðju en upp komu á sama tíma 3 - 5 l/s af vatni. Aldrei kom nein steypa upp. Alls voru notuð 62,5 tonn af sementi þar af voru 54,1 tonn af sementsblöndu og 8,4 tonn af portlandi. Meðaleðlisþyngd steypu var 1.66 g/cm<sup>3</sup>. Að steypingu lokinni voru stangir losaðar frá stungustykkinu og teknar upp í mastur síðan var ekki um annað að gera en að bíða þar til steypa væri orðin nægilega hörð þannig að finna mætti steypuborð með CBL-mælingu. Upp úr hádegi mánudaginn 11. nóvember var hita- og CBL-mælt. Erfiðlega gekk með CBL-mælinguna, en fram kom að góð steypa var upp í u.p.b. 270 m dýpi og frá 270 m upp í 110 m virtist hún vera léleg og frá 110 m upp í topp engin. Ákveðið var að skjóta göt á fóðringuna á 265 m dýpi og það gert kl. 21:00 (mynd 3), en engin hringdæling náðist þar á eftir. Þá voru skotin göt á 253 m dýpi (mynd 4) skömmu eftir miðnætti, en ekki náðist hringdæling heldur í þetta sinn. Þá um nóttina var CBL-mælt á ný (mynd 5) og síðan ákveðið að skjóta á 103 m dýpi. Skotið var kl. 6:30 að morgni þriðjudagsins 12. nóvember (mynd 6). Hringdæling náðist eftir það og um kl. 10 um morguninn var byrjað að steypa. Steypt var úr 6,8 tonnum af sementsblöndu og var eðlisþyngd þess er niður fór 1.66 g/cm<sup>3</sup>, en þess sem upp kom 1.56 g/cm<sup>3</sup>. Allar nánari upplýsingar um fóðrun og steypingu er að finna í töflu 3.

Beðið var eftir hörðun steypu í u.p.b. 5 tíma síðan var gengið frá

holutoppi fyrir borun vinnsluholu NJ-16. Um miðnætti hófst niðursetning borstrengs og steyputappi á móts við skotgötin boraður út. Hann náði frá 71 - 101 m dýpi. Síðan var boruð út steypa frá 753 m niður á stungustykkið í 763 m dýpi. Því næst var sturgustykkið, steypa í tveimur neðstu fódurrörurum og fódurrörsskór boruð út. Að því loknu var tekið upp og kl. 14:15 miðvikudaginn 13. nóvember var byrjað að hitamæla (mynd 7) á undan CBL-mælingu (mynd 8) sem var gerð frá kl. 15:00-16:45. Þar kom fram góð steypa bak við fóðringu að undanskyldum kaflanum frá 100 - 240 m dýpi. Framvinda borunar þessa áfanga er sýnd á mynd 9.

Á mynd 10 er sýnt einfaldað jarðlagasnið, meðaltalsborhraði fyrir hverja 10 metra, skoltöp, dæling og þrýstingur á dælum. Fyrsta skoltap mældist á bilinu frá 285 - 315 m og er það líklega þar sem borað er niður úr basaltinu í túffið. Hitamælingar eftir upptekt (mynd 2) gefa til kynna að neðsta skoltap sé á 440 m dýpi, en það er nokkurn veginn á mótum móbergs- og basaltmyndunar. Ennfremur kemur fram skarpur hitatoppur á u.þ.b. 580 m dýpi og þar getur verið æð með yfirþrýstingi.

### 3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Á mynd 11 er sýnt í grófum dráttum jarðlög sem hola NJ-16 skar og dreifing ummyndunarsteinda. Jarðlagasniðið sýnir að á um 290 m dýpi er borað niður í túff og nær það niður í 430 m, en 20 m basaltkafla frá 355 - 375 m skiptir túffinu í tvær myndanir. Síðan er nánast samfelldur basaltkafla niður í botn á 792 m dýpi.

Í dreifingu ummyndunarsteinda er það markverðast að ferskt gler sést samfelld niður á 585 m dýpi að undanskyldum stuttum kafla frá 380 -400 m dýpi og kvars og wairakít sjást samfelld á nokkuð svipuðu dýpi eða í grófum dráttum á bilinu frá 700 -800 m dýpi. Þessar steindir gefa til kynna hitastig um eða yfir 200 gráður. Af öðrum steindum er það að segja, að zeólítar sjást frá u.þ.b. 300 m dýpi, pýrít er lítt áberandi í þessum kafla og sést ekki fyrr en á 500 m dýpi og kalsít sést allan tímann.

#### 4 BORHOLUMÆLINGAR

Mælingar í þessum verkáfangu eru teknar saman í töflu 2. Þegar borun fyrir 9 5/8" fóðringu lauk var hitamælt inni í stöngum til að fylgjast með upphitun holunnar (mynd 1). Upphitunin á 750 m dýpi var um 15° C á klukkustund.

Eftir upptekt borstrengs var byrjað á að N-N og gamma mæla en síðan hitamælt aftur (mynd 2) og mældist þá hæstur hiti 114,5° C í botni. Þá var einnig víddar- og viðnámsmælt. Víddarmælingin sýnir að lítið er um skápa í holunni, en þó er einn skápur í 375 m dýpi um 25" að vídd.- Holan er útvöskuð niður í tæplega 400 m, en lítið þar fyrir neðan. Á viðnámsmælingu kemur fram að viðnámið mælist um 50 ohmm niður í 360 m en þar fyrir neðan er það mjög lágt ( < 20 ohmm ).

Að lokinni fyrri steypingu fóðurrörs var CBL-mælt (mynd 5) og náðist hringdæling eftir að skotið hafði verið 8 eggjum á 103 m dýpi (mynd 6).

Eftir að borað hafði verið niður úr fóðringunni að lokinni síðari steypingu var hitamælt (mynd 7) og CBL-mælt (mynd 8). CBL-mælingarnar eru sýndar á myndum 5 og 8 og kemur fram á þeim að á kaflanum 100 - 240 m mælast mjög léleg steypugæði, en ekki eru ljósar ástæður þess.

TAFLA 2. Borholumælingar í 2. áfanga.

Dags.	Tími	Hvað mælt	Dýpi (m)	Athugasemdir
851109	13:30-15:00	Hiti, dT, CCL	0-764	Borun fyrir 9 5/8" lokið
851109	22:00-23:20	N-N+Gamma	0-781	Mælt eftir upptekt, jarðlög
851110	00:30-01:30	Hiti, dT, CCL	0-787	Upphitun
851110	01:55-03:00	Vídd	0-782	Skápar
851110	03:25-05:00	Viðnám	0-787	Jarðlög
851111	13:10-13:50	Hiti, dT, CCL	0-733	Upphitun, 1. steypingu lokið
851111	14:30-17:00	CBL	0-500	Steypuborð
851111	21:00	Skotið 8 eggjum	265,4- 266,5	Hringdæling
851112	00:15	Skotið 8 eggjum	252,8- 253,9	- " -
851112	03:00-04:00	CBL	0-330	Steypuborð
851112	05:00-06:00	CBL	0-400	- " -
851112	06:30	Skotið 8 eggjum	102,4- 103,5	Hringdæling
851113	14:15-14:40	Hiti-dT-CCL	0-774.6	Fóðring fullsteyp
851113	15:00-16:45	CBL	0-760	Steypugæði

Tafla 3. Fóðrunarskýrsla.

ORKUSTOFNUN  
JARDBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA

Jötuns

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTADUR	VERKKAUPI
648-1	NJ-16	Nesjavellir	Hitaveita Reykjavíkur
VIDD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.
12 1/4"	792 m	3	1985.11.10 - 13
			ÚTFYLLT
			1985.11.13. D.S.

FJARLÆGD KJALLARABRÚN - KRAGI		0,36	m
FÓÐRING	PVERM. UTAN	9 5/8"	INNAN 226,6-220,5 mm
	GERÐ	K-55	PYNGD 40 - 47 lbs/ft
	TENGI	Skrúfuð	Buttress
	NOTAÐ	790,48 m	FRÁ KRAGA 783,13 m
	KRAGI (FLANGS) í sliff í kraga		
	SKÓR Float Shoe + Float Collar		
	MÍÐJUST.	13 stk.	STEYPUT. 0 stk.
STEYPING	SEMENT	G Blanda	54,100 kg
	SEMENT	Portland	8.400 kg
	ÍBL.EFNI		kg
	ÍBL.EFNI		kg
	TAFÆFNI	kg	EDLISP. STEYPU 1,66
	STEYPUTEKI Haliburton Steypusamstæða		
	STEYPINGARTÍMI 50 mín		
	EFTIRDELING. MAGN	7.100	Í TÍMI 12 mín
	STEYPA KOM UPP <input type="checkbox"/> JÁ <input checked="" type="checkbox"/> NEI		
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA 100 m		
FRÁGANGUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR 34 h		
	SEMENT	6800 kg	ÍBL.EFNI 0 kg
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR 4,5 h		
	STEYPA BORUD EFTIR 56,0 h		
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI (70-100m) og frá 741 m		
VERKTÍMI RÖR STEYPA TOPPUR TAFIR ALLS			
h 8,0 1,5 10,0 18,0 88,5			
ATH. Efstu 33 rörin eða 438,61 m. er af bygndarflokki 40 lbs/ft en rörin þar fyrir neðan eru 47 lbs/ft.			
Illa gekk að steypumæla. Skotið var tvisvar í 260 - 270 m. en að lokum mældist steypan í 100 m. og var skotið þar og steyppt úr 6,8 tn			
Við steypumælingu eftir að steypa var boruð út kemur fram léleg steypa frá 100 - 165 m.			

RÖRATALNING		
LENGD	NR <sup>1)</sup>	ALLS m
5,17	1	5,17
13,53	2	18,70
13,38	3	32,08
13,64	4	45,72
13,55	5	59,27
13,81	6	73,08
13,56	7	86,64
13,76	8	100,40
13,75	9	114,15
13,57	10	127,72
13,74	11	141,46
13,25	12	154,71
13,52	13	168,23
13,44	14	181,67
13,86	15	195,53
13,56	16	209,09
13,64	17	222,73
13,68	18	236,41
13,71	19	250,12
13,23	20	263,35
13,74	21	277,09
13,65	22	290,74
11,89	23	302,63
13,50	24	316,13

15.12.2008

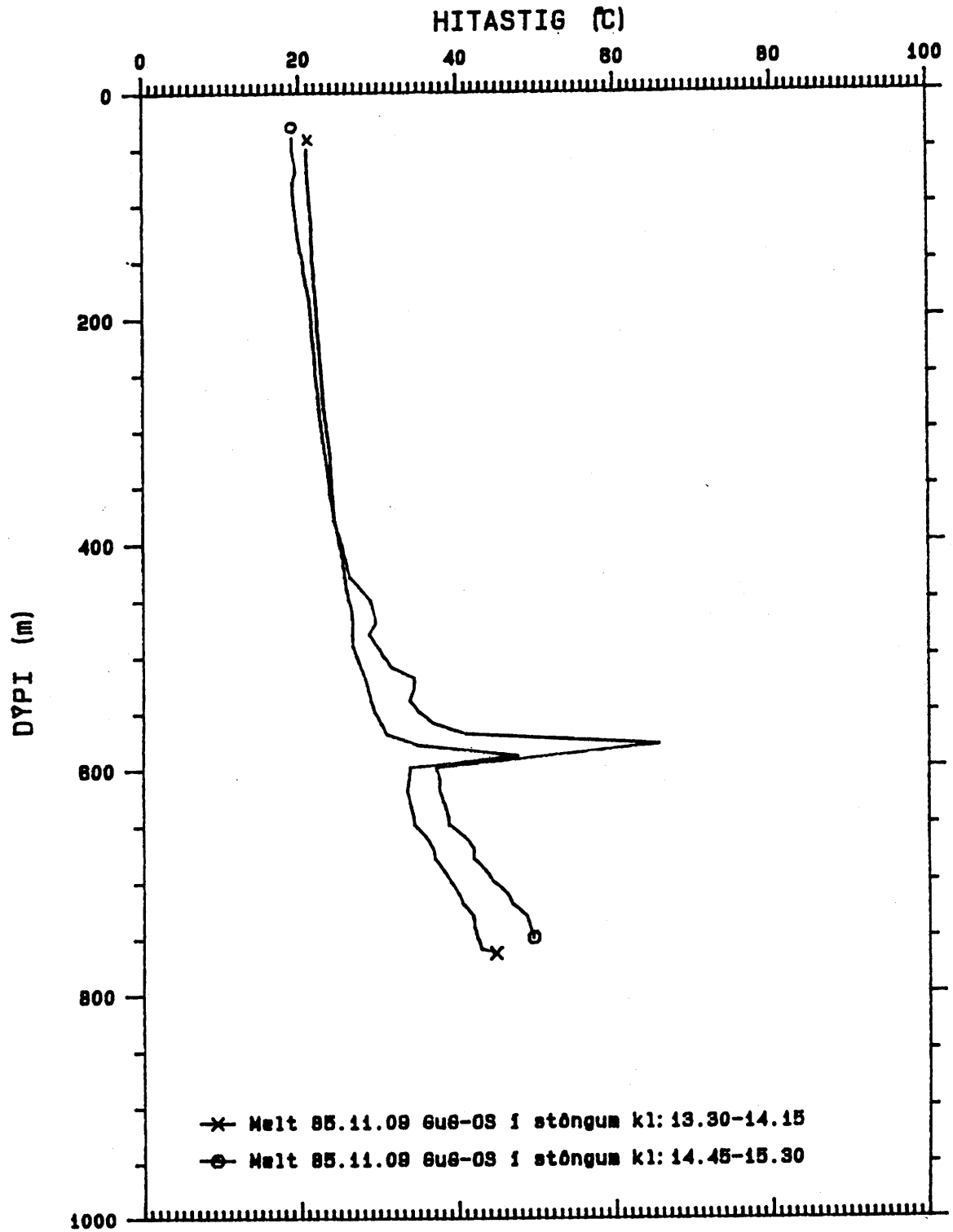
1) X=MÍÐJUSTILLAR. ÁVALLT ER TALID FRÁ FLANGSI EÐA UPPHENGJU



JHD-BM-8715-HS  
85.11.1438 T

Mynd 1

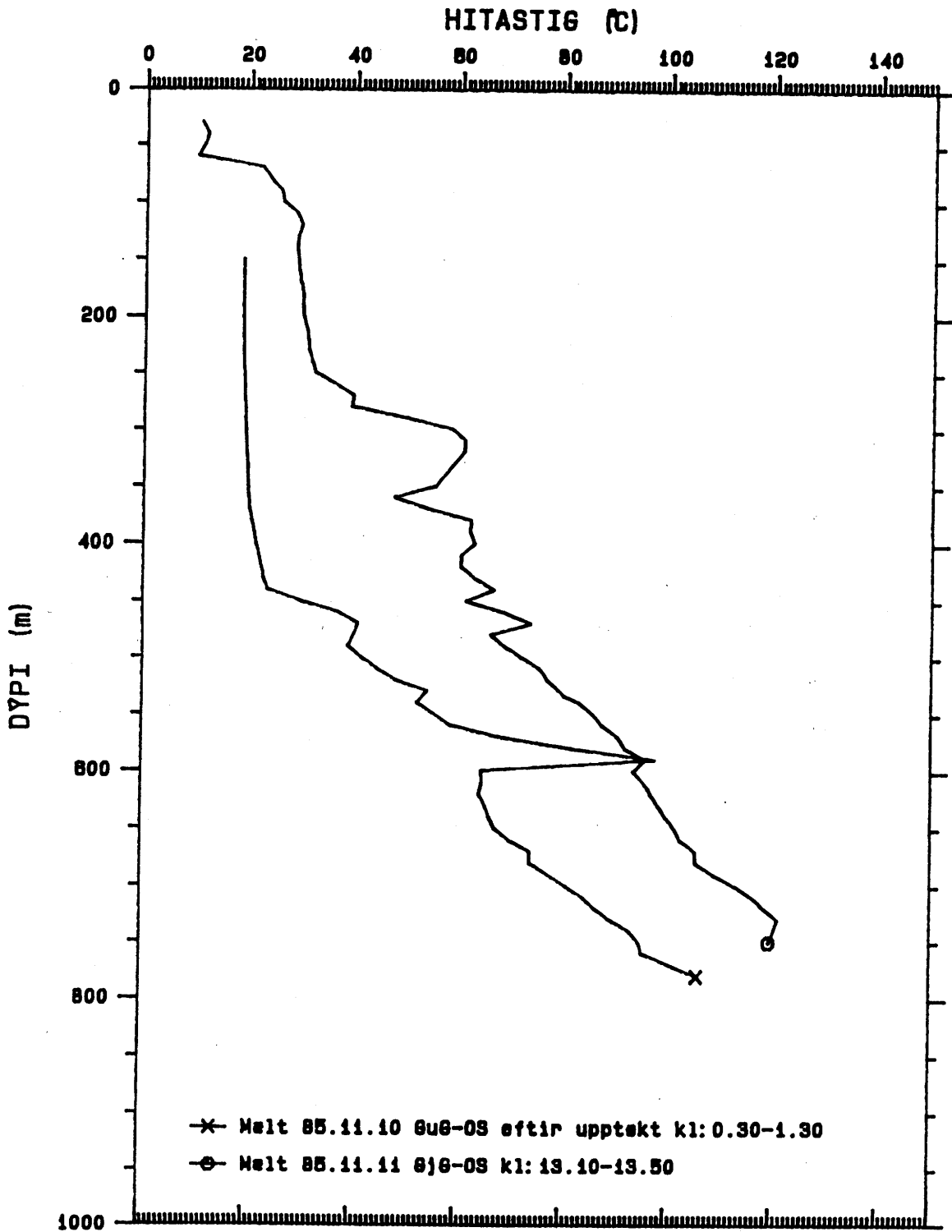
# NESJAVELLIR NJ-16 HITAMÆLINGAR 85.11.09 MÆLT INNI Í STÖNGUM



**05** JHD-BM-8715-HS  
85.11.1437 T

Mynd 2

# NESJAVELLIR NJ-16 HITAMÆLINGAR 85.11.10/11





SPRENGINGAR I BORHOLU

ORKUSTOFNUN  
JARÐHITAEILD

Mynd 3

1. Sýsla, kaupstaður ÁRNESSÝSLA		2. Hreppur GRAFNINGSHREPPUR
3. Staður NESJAVELLIR		4. Hóla nr. NJ-16
5. Dýpi. m	6. Fóðringar. m. þv.	7. Bortími

8. Ástand holu fyrir aðgerð  
Gert eftir 1. steypingu 9 5/8" fóðringar, steypa kom ekki upp

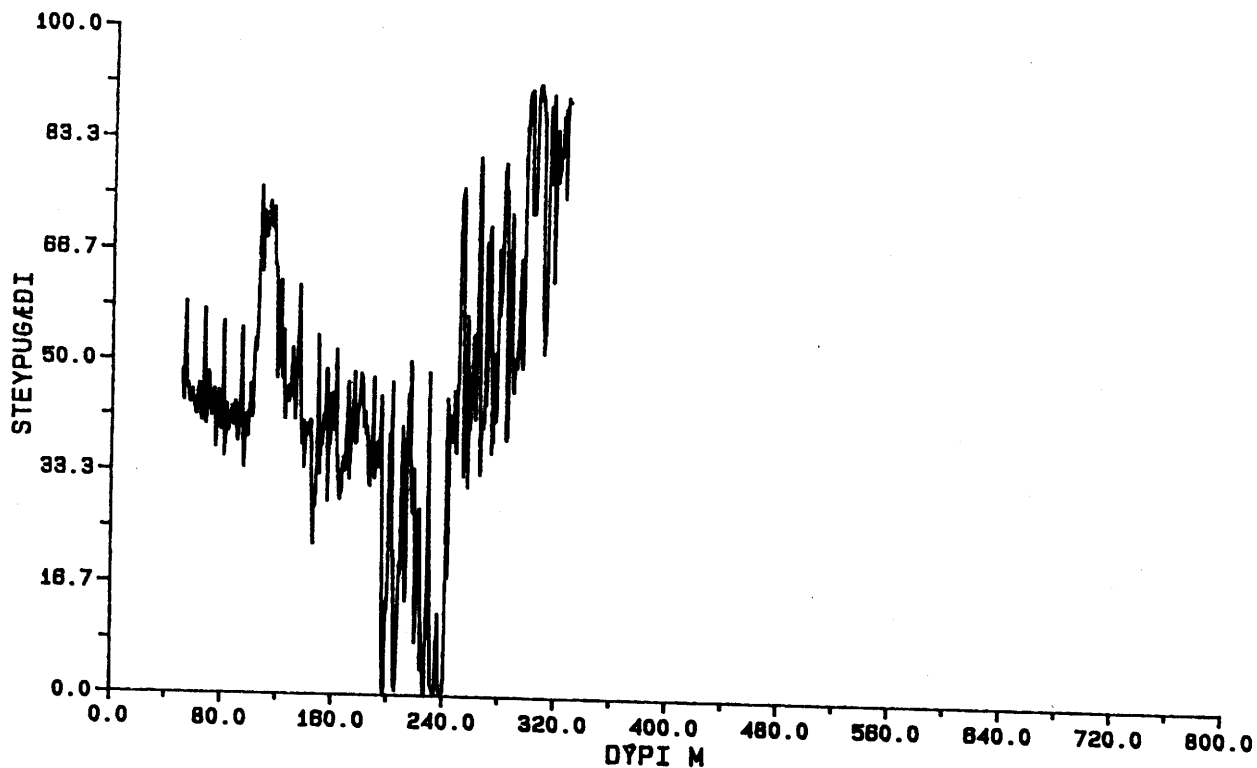
9. Verkkaupi HR	10. Tilgangur Götun á fóðurröri	
11. Mælitoeki R-50402	12. Dagset. 85.II.II.	13. Mælingamenn GjG/Ómar
14. Núllpunktur á dýpi ROTARY JÖTUNS	15. Skotstaður 265.4 - 266.5 m dýpi	16. Fjöldi skota 8 egg

<p>17. Lýsing á sprengju</p> <p style="text-align: right;">I kl. 2100</p>	<p>18. Ath.</p> <p>Öll eggin sprungu og allur búnaður kom upp</p>
---	---

JHD-BM-8715-HS  
85.11.1451 T

MYND 4

# NESJAVELLIR NJ-16 85.11.12 CBL



SPRENGINGAR I BORHOLU

ORKUSTOFNUN  
JARÐHITAEILD

Mynd 5

1. Sýsla, kaupstaður ÁRNESSÝSLA		2. Hreppur GRAFNINGSHREPPUR
3. Staður NESJAVELLIR		4. Hóla nr. NJ-16
5. Dýpi. m	6. Fóðringar. m. þv.	7. Bortími

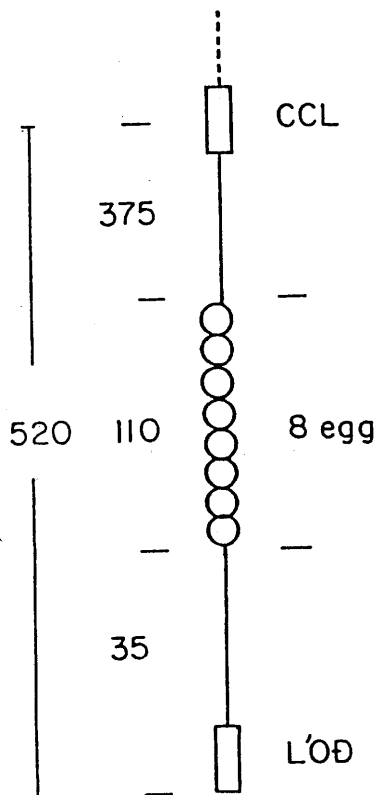
8. Ástand holu fyrir aðgerð

Gert eftir 1. steypingu 9 5/8" fóðringar, steypa kom ekki upp

9. Verkkaupi HR	10. Tilgangur Götun á fóðurröri	
11. Mælitœki R-50402	12. Dagset. 85.11.12	13. Mælingamenn GjG/Ómar
14. Núllpunktur á dýpi ROTARY JÖTUNS	15. Skotstaður 252.85-253.95 m dýpi	16. Fjöldi skota 8 egg

17. Lýsing á sprengju

II  
kl. 00<sup>15</sup>



18. Ath.

Öll eggin sprungu og  
allur búnaður kom upp

1. Sýsla, kaupstaður ÁRNESSÝSLA		2. Hreppur GRAFNINGSHREPPUR
3. Staður NESJAVELLIR		4. Hóla nr. NJ-16
5. Dýpi. m	6. Fóðringar. m. þv.	7. Bortími

8. Ástand holu fyrir aðgerð  
Gert eftir I. steypingu 9 5/8" fóðringar, steypa kom ekki upp

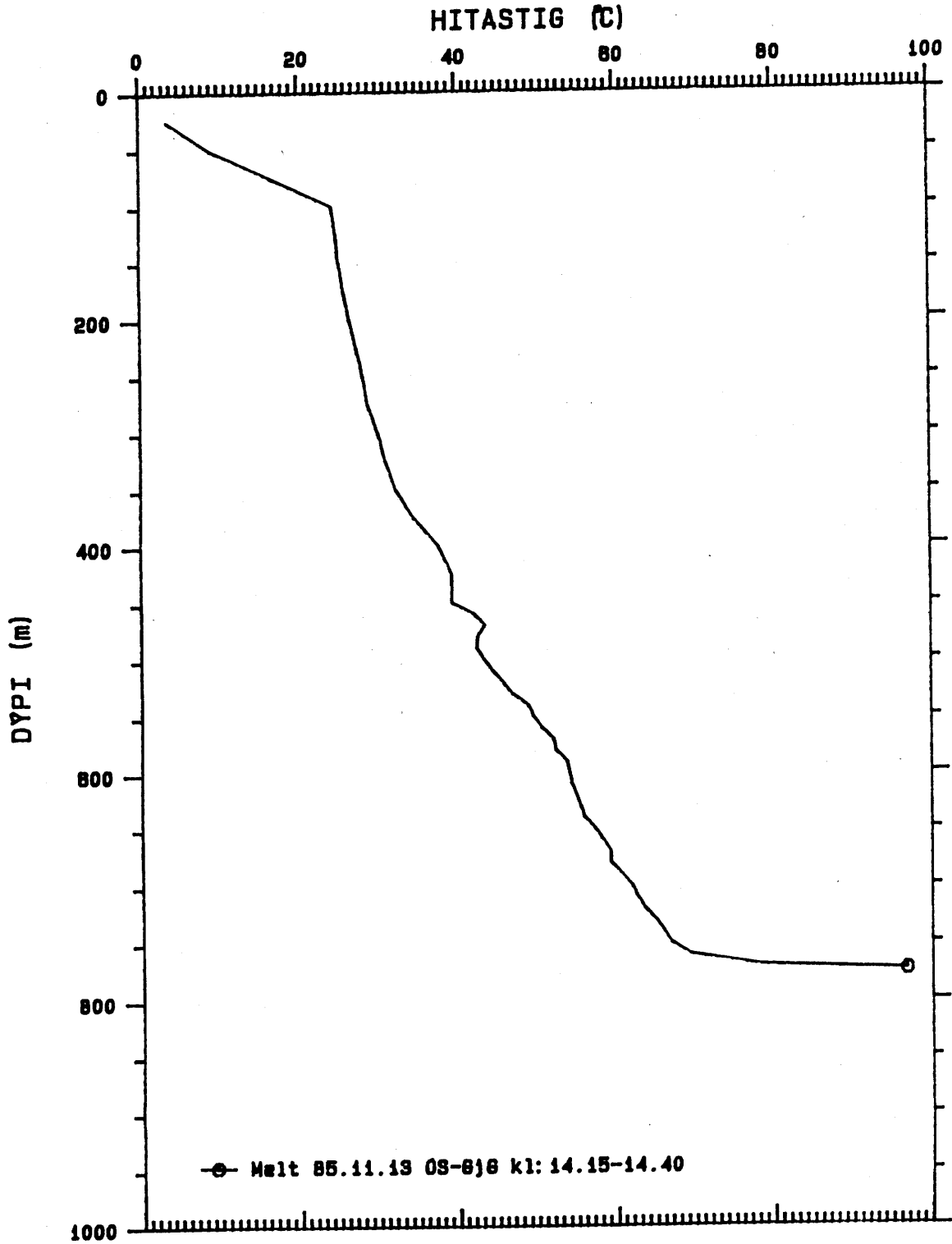
9. Verkkaupi HR	10. Tilgangur Götun á fóðurröri	
11. Maelitœki R-50402	12. Dagset. 85.11.12	13. Mælingamenn GjG/Ómar
14. Núllpunktur á dýpi ROTARY JÖTUNS	15. Skotstaður 102.4 - 103.5	16. Fjöldi skota 8 egg

<p>17. Lýsing á sprengju</p> <p style="text-align: center;">III kl. 06<sup>30</sup></p>	<p>18. Ath.</p> <p>Öll eggin sprungu og allur búnaður komi upp</p>
---	--

JHD-BM-8715-HS  
85.11.1450 T

Mynd 7

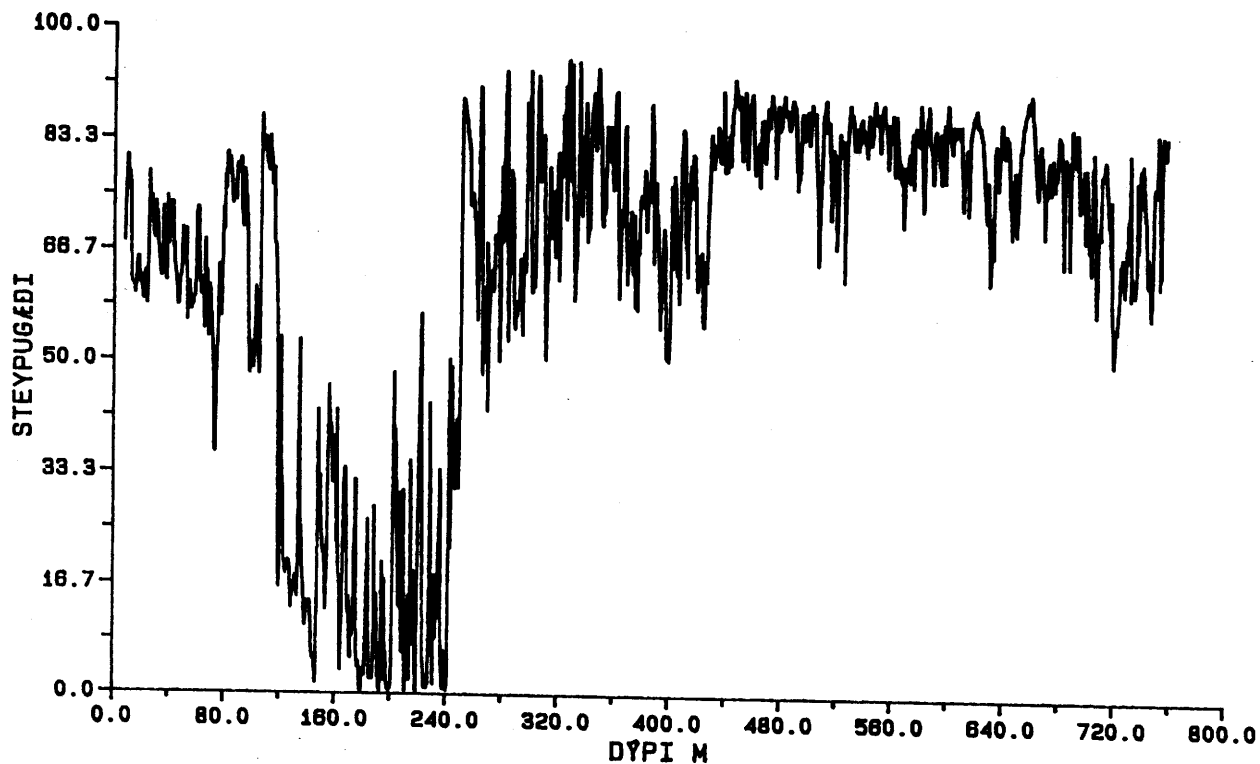
# NESJAVELLIR NJ-16 HITAMÆLING 85.11.13



JHD-BM-8715-HS  
85.11.1452 T

MYND 8

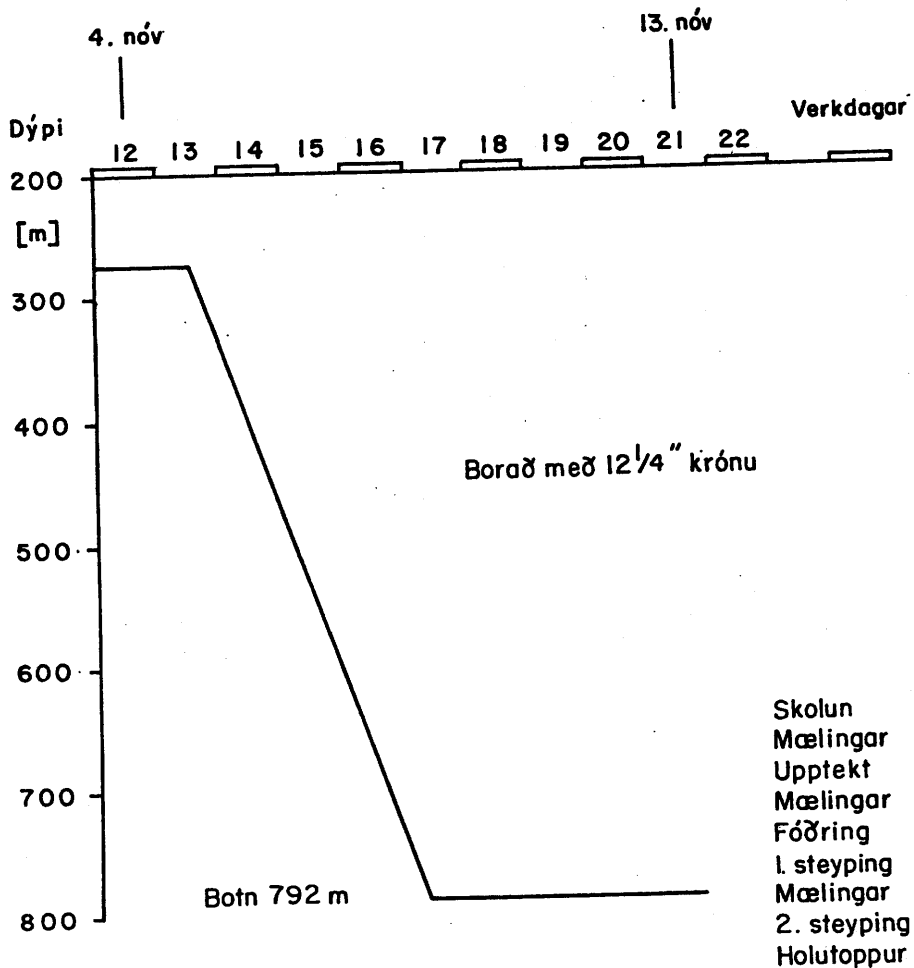
### NESJAVELLIR NJ-16 85.11.13 CBL



JHD-BJ-8715-AsG  
85.11.1453-0D

Mynd 9

### Nesjavellir, hola NJ-16, 2. áfangi Framvinda borunar

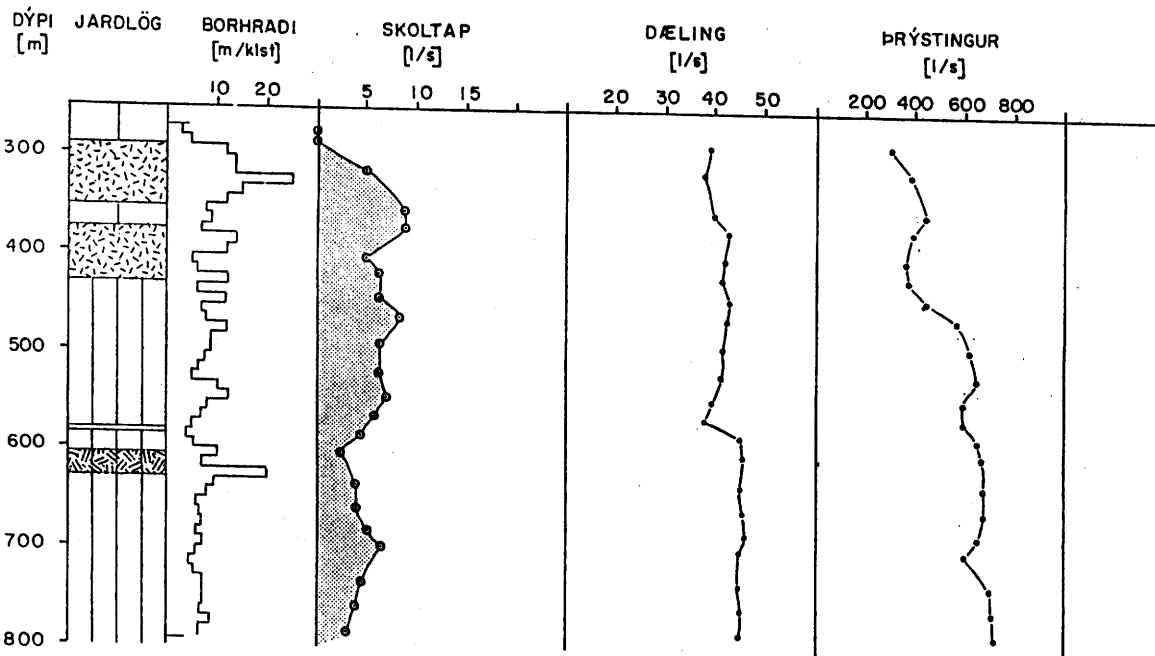


JHD-BJ-8715-ÁsG  
85.II.1429-0D

### NESJAVELLIR NJ-16

Mynd 10

Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun



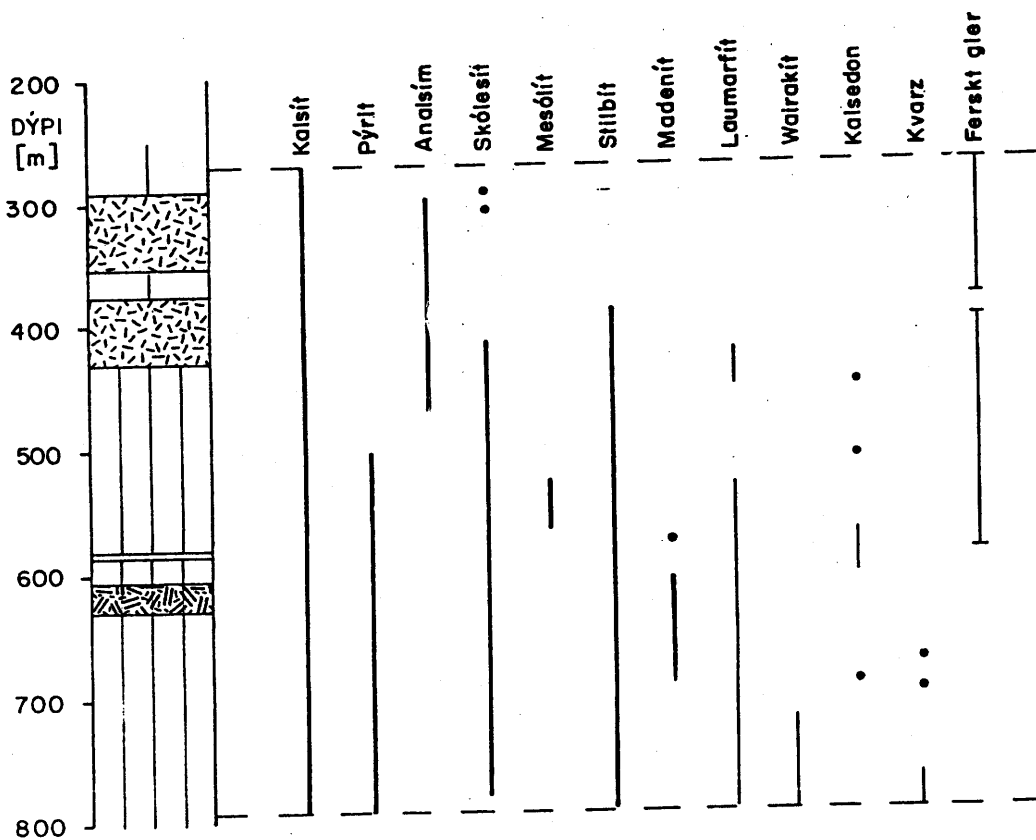


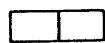
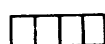

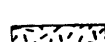
JHD-BJ-8715- ÁsG  
85. II. 1428

Mynd 11

### NESJAVELLIR NJ-16

Einfaldað jarðlagasnið og dreifing ummyndunarstunda



-  Fínkornótt ferskt basalt
-  Fínk - meðalgr. ummyndað basalt
-  Glerjað ummyndað basalt
-  Túff



VIÐAUKI V-4

NESJAVELLIR HOLA NJ-16, 3. ÁFANGI

Borun vinnsluhluta frá 792 m til 2025 m

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT.....	114
TÖFLUSKRÁ.....	114
MYNDASKRÁ.....	115
1 INNGANGUR.....	116
2 BORSAGA.....	116
3 JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR.....	118
4 BORHOLUMÆLINGAR.....	120
5 ÞREPADÆLING.....	120

TÖFLUSKRÁ

1 Gangur borunar.....	116
2 Helstu vatnsæðar.....	119
3 Fóðrunarskýrsla.....	122
4 Borholumælingar í 3. áfanga.....	120
5 Þrepaðæling.....	125

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Framvinda borunar.....	129
2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun.....	130
3 Hitamælingar fyrir upptekt.....	131
4 Hitamælingar fyrir upptekt.....	132
5 Upphitun í 1920 m dýpi.....	133
6 Hitamæling eftir upptekt.....	134
7 Þrýstimæling.....	135
8 Þrepaðæling.....	136
9 Hitamæling eftir þrepaðælingu.....	137

## 1 INNGANGUR

Verk þetta er unnið samkvæmt samningi milli Jarðhitadeildar Orku-  
stofnunar og Hitaveitu Reykjavíkur. Þar er gert ráð fyrir að holan  
verði 2000 m djúp og í hana verði settur raufaður leiðari í allan  
vinnsluhlutann. Gerð leiðara er API 7" 23,0 lbs/ft J55 BTC.

Að þessum áfanga unnu fyrir hönd JHD og JBR Ásgrímur Guðmundsson,  
Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðni Guðmundsson,  
Hjalti Franzson, Jósef Hólmjárn, Ómar Sigurðsson og áhöfn Jötuns.

## 2 BORSAGA

Borun vinnsluhluta NJ-16 hófst fimmtudaginn 14. nóvember kl. 04:10 á  
792 m dýpi og lauk þegar dýpið var 2025 m þann 27. nóvember á 35.  
verkdegi. Til verksins var notuð 8 1/2" (216 mm) króna af gerðinni  
HPSM-J. Borstrengurinn var byggður upp sem hér segir: 8 1/2" króna,  
stýring, álagsstöng, stýring, 11 álagsstengur, "cross over" tengi-  
stykki og borstengur.

Borun gekk vel eins og fram kemur í töflu 1 og mynd 1. Mest var borað  
yfir sólarhringinn 164 m en minnst 108 m og er þá miðað við borun  
heilan verkdag.

Tafla 1. NESJAVELLIR HOLA NJ-16. Gangur borunar.

	Borun á dag (m)	Tími (klst.)	Meðalborhraði (m/klst.)	Tími á krónu (klst.)	Dýpi (m)
22. verkd.	123	18	6,8	18	915
23. verkd.	138	22,5	6,0	40,5	1053
24. verkd.	164	22,5	7,3	63	1217
25. verkd.	137	21,5	6,4	84,5	1354
26. verkd.	142	22	6,5	106,5	1496
27. verkd.	137	22	6,2	128,5	1633
28. verkd.	116	22	5,3	150,5	1749
29. verkd.	111	22	5,0	172,5	1860
30. verkd.	108	22	4,9	194,5	1968
31. verkd.	57	9	6,3	203,5	2025

Álag var nokkuð breytilegt eða frá 2 - 11 tonn og réðist það af þeim jarðlögum sem borað var í. Ákveðið var að bora holuna ekki dýpra en í 2000 m dýpi og var þá höfð í huga reynslan af borun holu NJ-11, sem er nálægasta holan. Þegar komið var niður í 2000 m dýpi var útlitið ekki bjart með holuna þar sem skoltap í henni var óverulegt eða um 8 l/s (mynd"2), þegar það mældist mest á 2000 m dýpi. Borun var hætt kl. 5 aðfaranótt laugardagsins 23. nóvember og holan skoluð. Eftir eins tíma og þriggja stundarfjórðunga skolun þá tapaðist allt skolvatn eða um 44 l/s. Ekki var ljóst hvar í holunni vatnið tapaðist og var ekki hægt að fá úr því skorið nema með hitamælingu. Eftir 7 tíma skolun var tekið til við hitamælingar eða um kl. 13. Mælt var í gegnum borstreng en drifskaft og ein borstöng voru tekin úr þannig að króna var á u.p.b. 1980 m dýpi (ath. 5 m af drifskaftinu stóðu upp úr þegar borun var hætt í 2000 m). Jafnframt var dælt ofan frá á holuna 39 l/s. Eins og greinilega kemur fram á mynd 3 þá fór allt vatnið að eða niður fyrir krónu. Hitamælingu var lokið um kl. 15 og þá var ákveðið að bora sokk niður fyrir æðina. Áður en að því kom var kannað hvort botnfall væri í holunni og reyndist hún vera hrein. Holan var síðan dýpkuð í 2025 m og er það endanlegt dýpi hennar. Það var talið óhætt að dýpka holuna, þar sem undirþrýstingur mældist á 2000 m dýpi. Samt var farið að öllu með gát vegna þess möguleika að yfirþrýstingur og mikill hiti gætu verið skammt undan. Fljótlega eftir að borun hófst á ný byrjaði vatn að koma upp á nýjan leik, en skoltap var breytilegt meðan á dýpkun stóð eða 10-20 l/s. Dýpkun holunnar var lokið kl. 19:30 þá um kvöldið og hún síðan skoluð fram að miðnætti. Upp úr miðnætti var hafist handa við að hitamæla. Mælt var í gegnum borstreng, en krónan var nú á 2016 m dýpi. Til að byrja með var dælt niður 40 l/s og fylgst með kælingu, en síðan var dæling minnkuð í 27 l/s og höfð svipuð því og hún mundi verða meðan á niðurstetningu leiðara stæði. Eins og fram kemur á mynd 4 þá kældi holan sig niður í botn í báðum tilfellum. Hitinn hækkaði samt aðeins í neðsta hlutanum við að minnka ádælingu. Stoppað var á 1920 m dýpi í eina klukkustund og fylgst með upphitun meðan holan drakk í sig 27 l/s. Upphitunin er sýnd á mynd 5 og reyndist vera 2,7 gráður C á klukkustund. Ekki var því ástæða til að hafa neinar áhyggjur af því að holan færi að láta illa. Hitamælingum var lokið kl. 4 aðfaranótt sunnudagsins 24. nóvember.

Fljótlega eftir að mælingum var lokið hófst upptekt á borstreng. Allt var brotið út nema um 800 m sem nota þurfti við niðurstetningu leiðara og var það tekið upp í mastur. Upptekt var lokið skömmu eftir kl. 14 og var þá byrjað á reglubundnum mælingum kl. 14:45. Í töflu 4 er getið þeirra mælinga sem gerðar voru í þessum boráfangi og nánar er gerð grein fyrir þeim í kafla 4.

Að mælingum loknum um kl. 4 aðfaranótt mánudagsins 25. nóvember var

byrjað að setja niður 7" (178 mm) leiðara. Búið var að skrúfa saman allan leiðarann um hádegisbilið, en þegar setja átti hengistykkið á kom í ljós að gengjur þess og leiðarans féllu ekki saman. Rétt hengistykki kom skömmu fyrir kvöldmat og þá þegar var því komið fyrir á sínum stað. Síðan var leiðaranum slakað niður. Í ljós kom 1,5 m botnfall og var leiðaranum lyft 5 m frá botnfalli eða 6,5 m frá botni og hengdur neðst í vinnslufóðringuna. Nánari upplýsingar um leiðarann eru í fóðrunarskýrslu í töflu 3.

Niðursetningu leiðara lauk um miðnætti og um kl. 2 aðfaranótt mánu dagsins 26. nóvember var búið að brjóta út allar stangir nema 300 m, sem nota þurfti við þrepaðælingu. Þrepaðæling hófst kl. 4 og stóð yfir í u.p.b. 12 tíma. Nánar er fjallað um hana hér að aftan í kafla 5.

Meðan á borun stóð var fylgst reglubundið með skoltapi, dælingu og þrýstingi á dælum og er það sýnt á mynd<sup>2</sup> auk meðaltalsborhraða fyrir hverja 10 metra. Þar kemur m.a. fram, að fyrsta marktæka skoltapið var mælt á dýptarbilinu frá 1290-1315 m. Annars voru óverulegar breytingar í skoltapi meðan á borun stóð, enda voru sveiflurnar á bilinu 5-8 l/s þar sem þær voru mestar. Aðal skoltapið kom ekki fyrr en borun var lokið eins og getið var um hér á undan.

Framvinda borunar er sýnd á mynd 1, en alls tók 3. verkáfangi 14 daga og verkið í heild 35 verkdaga.

### 3 JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Á mynd 2 eru sýnd í grófum dráttum þau jarðlög sem hola NJ-16 sker. Þar má sjá að basalthraunlög eru einkennandi fyrir holuna. Á þremur dýptarbilum eru túffríkar móbergsmýndanir: frá 950-1030 m, frá 1140-1230 m og frá 1710-1830 m. Ekki verður að sinni fjallað um tengingar jarðlaga milli hola, en þó er rétt að geta þess að neðsta móbergsmýndunin sést á sama dýpi í holu NJ-11. Líðni innskota er lág þar til komið er niður fyrir 1500 m eins og sýnt er á mynd 2.

Í 2. áfanga var þess getið að kvars og wairakít væru til staðar frá 700-800 m dýpi. Laumontít hverfur að mestu leyti á rúmlega 900 m dýpi. Epidót sést fyrst á 1000 m dýpi, prenit á 1026 m dýpi og wollastónit á um 1070 m dýpi. Lítið sem ekkert er af kalsíti neðan 1200 m dýpis. Neðan 1900 m dýpis er komið í aktínólít.

Þær sprungufyllingar sem sáust á þeim slóðum sem aðalæðin í holunni



er, á 1980 m dýpi, voru aðallega wollastónít, aktínólít, epidót og prenit. Um aðrar æðar er erfitt að fjölyrða, þar sem þær virðast vera í smærri kantinum. Samt kom ótvírætt fram í skoltapsmælingum (mynd 2) aukið tap á bilinu frá 1290-1315 m. En þar er andesít innskot og líklegt að æðin sé við neðri mörk þess á 1306 m dýpi. Lítilsháttar sveiflur eru í skoltapi í neðri hluta neðstu móbergsmýndunarinnar þar sem hún er skorin af innkotum. Fyrst er að nefna við súrt innkot frá rúmum 1720 m í 1740 m og svo við dólerít innkot í tæpum 1800 m. Hitamælingar eftir upptekt (mynd 6 og mynd 9) gefa til kynna æðar sem streymir úr frá u.þ.b. 900 m niður í 1100 m dýpi. Í töflu 2 er yfirlit yfir vatnsæðar, sem hola NJ-16 skar.

TAFLA 2. NESJAVELLIR HOLA NJ-16. Helstu vatnsæðar.

Dýpi (m)	Hlutfallsleg stærð	Berggerð	Vísbending	Hiti °C skv. ummyndun
900 - 1100	?	Við basalt- og andesítinnsk.	Hitamæling	200 - 250
um 1300	?	Ísúrt innkot	Skoltap	250 - 300
um 1750	?	Súrt innsk.	Skoltap	250 - 300
um 1800	?	Dolerítinnskot	Skoltap	250 - 300
1980 - 2015	Aðalæð	Innkot	Skoltap/ Hitamæling	250 - 300

#### 4 BORHOLUMÆLINGAR

Í töflu 2 eru skráðar allar mælingar sem gerðar voru við þriðja áfanga holu NJ-16. Að lokinni borun í 2000 m dýpi var hitamælt í stöngum og sýndi sú mæling æð niður undir botni holunnar (mynd 3). Í framhaldi af því var ákveðið að dýpka holuna. Að lokinni dýpkun niður í 2025 m dýpi var hitamælt á ný inni í stöngum (mynd 4). Í bæði skiptin var upphitun mæld nálægt botni, í fyrra skiptið í 40 mínútur en því seinna 60 mín (mynd 5).

Eftir að borstrengur hafði verið tekinn upp hófst hefðbundið mælinga-  
prógram með hita- (mynd 6) og víddarmælingu. Því næst komu jarðlaga-

mælingarnar: nifteindadreifing, gamma og viðnám 16" og 64". Að síðustu var hitamælt (mynd 6) öryggisins vegna fyrir niðursetningu leiðara. Nánar verður fjallað um jarðlagamælingar í væntanlegri loka-skýrslu.

TAFLA 4. Borholumælingar í 3. áfanga.

Dags.	Tími	Hvað mælt	Dýpi (m)	Tilgangur	Aths.
851123	13:00-15:00	Hiti,dT,CCL	0-2000	Upphitun	Mælt inn í stöngum
851124	00:20-04:00	Hiti,dT,CCL	0-2025	- " -	- " -
851124	16:00-16:50	Hiti,dT,CCL	0-2025	- " -	Mælt eftir upptekt
851124	17:10-19:30	Vídd	0-2014	Útvíkkun	- " -
851124	19:45-21:20	Viðnám 16" og 64"	0-2025	Jarðlög	- " -
851124	21:40-02:40	N-N og Gamma	0-2025	- " -	- " -
851125	02:45-03:30	Hiti,dT,CCL	0-2025	Upphitun	- " -

## 5 ÞREPADÆLING

Undirbúningur að þrepaðælingu hófst skömmu eftir kl. 1 aðfaranótt 26. nóvember 1985, en áður hafði raufaður leiðari verið settur í holuna. Byrjað var á því að mæla þrýsting niður í 1800 m dýpi með sambyggðum hita- og þrýstingsmæli (mynd 7). Meðan það var gert var dæling látin vera óbreytt frá því sem verið hafði meðan leiðari var settur í holuna eða 27,1 l/s. Við þessa dælingu fannst vatnsborð á 101 m dýpi miðað við drifborð á Jötni. Mælirinn var hafður á 1800 m dýpi meðan þrepaðælingin var gerð. Byrjað var á að minnka í 15,7 l/s. Þessari dælingu var haldið í tæpar 2,5 klst. en þá var hún aukin í 28,7 l/s og síðar í 43,4 l/s. Þessi þrep stóðu í um það bil 3 klst. hvort, en að lokum var dæling stöðvuð og fylgst með þrýstingslækkuninni í 2,5 klst. Framgangur þrepaðælingarinnar er sýndur á mynd 8 og í töflu 5.

Að endingu var svo holan hitamæld upp í 500 m dýpi (mynd 9) og þrýstingur síðan mældur frá 500 m og upp (mynd 7). Án dælingar fannst vatnsborð á 241 m dýpi. Mælingum lauk um kl. 15:30 síðdegis sama dag.

Frumathugun gagna frá þrepaðælingunni sýnir, að æðar á bilinu 1520 til 2000 m taka aðallega við ádælingunni (mynd 9). Æðar á um 910 m, 1030 m og 1080 m virðast gefa inn í holuna þegar engin ádæling er, en koma veikt fram í ádælingu. Þær virðast því hafa einhvern yfirþrýsting miðað við þá þrýstingsaukningu sem næst með ádælingunni. Virkni þeirra í mati holunar er því ekki ljós. Fyrir holu NJ-16 er vatnsleiðni áætluð:

$$kh/\mu = 2,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$$

Þetta er sambærileg vatnsleiðni og hefur verið áætluð fyrir holu NJ-15. Aftur á móti er þetta töluvert minni vatnsleiðni en fékkst fyrir holur NG-10 og NJ-11, en nokkru herra en var áætlað fyrir holu NG-7. Að öðru leyti virðist hola NJ-16 hafa svipaða hegðun og aðrar holur þarna niðri á völlumum.

TAFLA 3. Fóðrunarskýrsla.

**ORKUSTOFNUN**  
JARÐBORANIR RÍKISINS

**FÓÐRUNARSKÝRSLA**

Jötunn

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR		VERKKAUPI
648-1	NJ-16	Nesjavellir		Hitaveita Reykjavíkur
VÍÐD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.	ÚTFYLLT
8 1/2"	2025	4	1985.11.25..	1985.11.26. D.S.

FJARLEGD KJALLARABRÚN — KRAGI		0,36 m		
FÓÐRING	PVERM. UTAN 7"	INNAN	161,7 mm.	
	GERÐ K-55	ÞYNGD	23,00 lbs/ft	
	TENGI Skrúfuð Buttress			
	NOTAÐ	1262,61 m	FRÁ KRAGA	2011,77 m
	KRAGI (FLANGS) Burns hengistikki í			747,03 m
SKÓR Veg 7" Stýriskór				
MIÐJUST.		0 stk.	STEYPUT.	0 stk.
STEYPIG	SEMENT		0 kg	
	SEMENT		kg	
	ÍBL.EFNI		kg	
	ÍBL.EFNI		kg	
	TAFAEFNI	kg	EDLISP. STEYPU	
	STEYPUTEKI			
	STEYPIGARTÍMI			mín
	EFTIRDÆLING. MAGN	I 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 10,0	0	0	5,0	18,0

RÖRATALNING		
LENGD	NR <sup>1)</sup>	ALLS m
0,75	Upphengi	747,03
		747,78
0,20	Milli stykki	747,98
12,27	1	760,25
12,19	2	772,44
11,94	3	784,38
12,51	4	796,89
11,96	5	808,85
10,57	6	819,42
12,11	7	831,53
11,66	8	843,19
12,14	9	855,33
12,24	10	867,57
12,36	11	880,93
12,51	12	893,44
11,92	13	905,36
12,32	14	917,68
12,85	15	930,53
12,24	16	942,77
11,76	17	954,53
12,52	18	967,05
12,68	19	979,73
11,92	20	991,65
12,25	21	1003,90
11,60	22	1015,50

ATH. Rúmur 1 m var í holunni af svarfi er leiðari kom niður. Skór er um 6 m frá botni. Fyrstu 11 rörin eða 132,95 m. er óraufað. Raufuð rör eru frá 880,93 m. niður í botn eða 1130,84 m. Skór er í 2011,77 m.

05.82 20x30FDH

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

TAFLA 3 (frh.)

 ORKUSTOFNUN  
JARDBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA (frh.)

Jötunn

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTADUR	FÓÐRING NR.	BLS.
648-1	NJ-16	Nesjavellir	4	2

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
12,23	23	1027,73
12,24	24	1039,97
11,98	25	1051,96
12,09	26	1064,04
11,64	27	1075,68
11,62	28	1087,30
11,63	29	1098,93
11,92	30	1110,85
11,89	31	1122,74
11,99	32	1134,73
12,40	33	1147,13
12,55	34	1159,68
12,31	35	1171,99
12,53	36	1184,52
13,01	37	1197,53
12,64	38	1210,17
12,42	39	1222,59
11,77	40	1234,36
12,01	41	1246,37
11,62	42	1257,99
12,50	43	1270,49
11,94	44	1282,43
12,55	45	1294,98
12,24	46	1307,22
11,64	47	1318,86
12,37	48	1331,23

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
11,87	49	1343,10
11,83	50	1354,93
11,76	51	1366,69
11,91	52	1378,60
11,97	53	1390,57
12,07	54	1402,64
11,92	55	1414,56
11,90	56	1426,46
12,15	57	1438,61
12,11	58	1450,72
12,00	59	1462,72
11,24	60	1473,96
12,55	61	1486,51
11,57	62	1498,08
11,91	63	1509,99
11,84	64	1521,83
11,00	65	1532,83
11,23	66	1544,06
11,17	67	1555,23
11,40	68	1566,63
11,81	69	1578,44
11,19	70	1589,63
12,40	71	1602,03
11,62	72	1613,65
12,12	73	1625,77
13,19	74	1638,96

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
11,58	75	1650,54
12,16	76	1662,70
12,05	77	1674,75
12,02	78	1686,77
12,06	79	1698,83
12,43	80	1711,26
11,58	81	1722,84
11,30	82	1734,14
11,66	83	1745,80
12,65	84	1758,45
11,15	85	1769,60
12,00	86	1781,60
12,18	87	1793,78
12,29	88	1806,07
11,71	89	1817,78
11,16	90	1828,94
12,85	91	1841,79
12,60	92	1854,39
12,54	93	1866,93
11,92	94	1878,85
11,48	95	1890,33
11,70	96	1902,03
12,20	97	1914,23
12,52	98	1926,75
12,86	99	1939,61
11,28	100	1950,84

TAFLA 3 (frh.)

ORKUSTOFNUN  
JARÐBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUN-AR SKÝRSLA (frh.)  
Jötunn

VERK NR. 648-1	HOLA NR. NJ-16	BORSTADUR Nesjavellir	FÓÐRING NR. 4	BLS. 3
-------------------	-------------------	--------------------------	------------------	-----------

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
12,18	101	1963,02
12,02	102	1975,04
12,34	103	1987,38
11,74	104	1999,12
12,42	105	2011,54
0,23	Stýri Skór	2011,77

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m

09.84 10x30FDH

TAFLA 5. Prepaðaling.

NFSJAVELLIR HOLA NJ-16

HRNR: 8715 SVÆÐISNR: 153 STADS.NR: 116 ADF.NR: 3120

DÆLUPROFUN

Dagsetning	Tími	Tímabresting min	Þrestingur bar	Dæling l/s	Þvfi s nema m	Hiti C
851126	0250	0.0	157.38	27.06	1800.00	41.70
851126	0305	15.0	157.38	27.06	1800.00	41.70
851126	0312	22.0	157.35	27.06	1800.00	41.70
851126	0313	1.0	156.25	15.75	1800.00	41.70
851126	0314	2.0	155.53	15.75	1800.00	41.70
851126	0315	3.0	155.15	15.75	1800.00	41.70
851126	0316	4.0	154.85	15.75	1800.00	41.70
851126	0317	5.0	154.63	15.75	1800.00	41.70
851126	0318	6.0	154.45	15.75	1800.00	41.70
851126	0319	7.0	154.35	15.75	1800.00	41.70
851126	0320	8.0	154.23	15.75	1800.00	41.70
851126	0321	9.0	154.15	15.75	1800.00	41.70
851126	0322	10.0	154.10	15.75	1800.00	41.70
851126	0324	12.0	153.98	15.75	1800.00	41.70
851126	0326	14.0	153.85	15.75	1800.00	41.70
851126	0328	16.0	153.80	15.75	1800.00	41.70
851126	0330	18.0	153.70	15.75	1800.00	41.70
851126	0332	20.0	153.65	15.75	1800.00	42.70
851126	0337	25.0	153.55	15.75	1800.00	42.70
851126	0342	30.0	153.48	15.75	1800.00	42.70
851126	0347	35.0	153.38	15.75	1800.00	42.70
851126	0352	40.0	153.28	15.75	1800.00	42.70
851126	0357	45.0	153.23	15.75	1800.00	44.20
851126	0402	50.0	153.13	15.75	1800.00	44.20
851126	0407	55.0	153.03	15.75	1800.00	44.20
851126	0412	60.0	152.95	15.75	1800.00	47.30
851126	0417	65.0	152.88	15.75	1800.00	47.30
851126	0422	70.0	152.83	15.75	1800.00	50.40
851126	0427	75.0	152.80	15.75	1800.00	50.40
851126	0432	80.0	152.78	15.75	1800.00	52.70
851126	0437	85.0	152.75	15.75	1800.00	52.70
851126	0442	90.0	152.75	15.75	1800.00	52.70
851126	0447	95.0	152.73	15.75	1800.00	54.70
851126	0452	100.0	152.70	15.75	1800.00	54.70
851126	0502	110.0	152.68	15.75	1800.00	54.70
851126	0512	120.0	152.63	15.75	1800.00	55.90
851126	0522	130.0	152.58	15.75	1800.00	55.90
851126	0532	140.0	152.53	15.75	1800.00	56.50
851126	0533	141.0	152.53	15.75	1800.00	56.50
851126	0534	1.0	153.53	28.73	1800.00	56.50
851126	0535	2.0	154.13	28.73	1800.00	56.50
851126	0536	3.0	154.53	28.73	1800.00	56.50
851126	0537	4.0	154.83	28.73	1800.00	56.50
851126	0538	5.0	155.05	28.73	1800.00	56.50
851126	0539	6.0	155.23	28.73	1800.00	56.50
851126	0540	7.0	155.38	28.73	1800.00	56.50
851126	0541	8.0	155.50	28.73	1800.00	56.50
851126	0542	9.0	155.63	28.73	1800.00	56.50
851126	0543	10.0	155.73	28.73	1800.00	56.50
851126	0545	12.0	155.85	28.73	1800.00	56.50

TAFLA 5 (frh.)

NESJAVELLIR HOLA NJ-16

HRNR: 8/15 SVÆÐISNR: 153 STADS.NR: 116 ADF.NR: 3120

DÆLUPROFUN

Dagsetning	Tími	Tímabresting min	Þröstingur bar	Dæling l/s	Dýfi s nema m	Hiti C
851126	0547	14.0	155.95	28.73	1800.00	56.50
851126	0549	16.0	156.05	28.73	1800.00	56.50
851126	0551	18.0	156.10	28.73	1800.00	56.50
851126	0553	20.0	156.18	28.73	1800.00	56.50
851126	0558	25.0	156.30	28.73	1800.00	55.30
851126	0603	30.0	156.43	28.73	1800.00	55.30
851126	0608	35.0	156.53	28.73	1800.00	55.30
851126	0613	40.0	156.65	28.73	1800.00	55.30
851126	0618	45.0	156.73	28.73	1800.00	48.80
851126	0623	50.0	156.75	28.73	1800.00	48.80
851126	0628	55.0	156.70	28.73	1800.00	45.30
851126	0633	60.0	156.65	28.73	1800.00	45.30
851126	0638	65.0	156.65	28.73	1800.00	43.30
851126	0643	70.0	156.63	28.73	1800.00	43.30
851126	0648	75.0	156.65	28.73	1800.00	43.30
851126	0653	80.0	156.65	28.73	1800.00	43.30
851126	0658	85.0	156.65	28.73	1800.00	43.30
851126	0703	90.0	156.68	28.73	1800.00	41.60
851126	0708	95.0	156.70	28.73	1800.00	41.60
851126	0713	100.0	156.73	28.73	1800.00	41.60
851126	0723	110.0	156.75	28.73	1800.00	41.00
851126	0733	120.0	156.80	28.73	1800.00	41.00
851126	0743	130.0	156.83	28.73	1800.00	41.00
851126	0753	140.0	156.83	28.73	1800.00	41.00
851126	0803	150.0	156.85	28.73	1800.00	40.30
851126	0813	160.0	156.85	28.73	1800.00	40.30
851126	0823	170.0	156.85	28.73	1800.00	40.00
851126	0833	180.0	156.85	28.73	1800.00	40.00
851126	0843	190.0	156.88	28.73	1800.00	40.00
851126	0847	194.0	156.90	28.73	1800.00	40.00
851126	0848	1.0	157.55	43.36	1800.00	40.00
851126	0849	2.0	157.90	43.36	1800.00	40.00
851126	0850	3.0	158.15	43.36	1800.00	40.00
851126	0851	4.0	158.35	43.36	1800.00	40.00
851126	0852	5.0	158.48	43.36	1800.00	40.00
851126	0853	6.0	158.60	43.36	1800.00	40.00
851126	0854	7.0	158.73	43.36	1800.00	40.00
851126	0855	8.0	158.83	43.36	1800.00	40.00
851126	0856	9.0	158.90	43.36	1800.00	40.00
851126	0857	10.0	159.00	43.36	1800.00	40.00
851126	0859	12.0	159.13	43.36	1800.00	40.00
851126	0901	14.0	159.30	43.36	1800.00	40.00
851126	0903	16.0	159.43	43.36	1800.00	40.00
851126	0905	18.0	159.50	43.36	1800.00	38.70
851126	0907	20.0	159.60	43.36	1800.00	38.70
851126	0912	25.0	159.80	43.36	1800.00	38.70
851126	0917	30.0	160.00	43.36	1800.00	37.30
851126	0922	35.0	160.15	43.36	1800.00	37.30
851126	0927	40.0	160.25	43.36	1800.00	37.30
851126	0932	45.0	160.33	43.36	1800.00	35.30



TAFLA 5 (frh.)

NESJAVELLIR HOLA NJ-16

HRNR: 8715 SUÐDISNR: 153 STADS.NR: 116 ADF.NR: 3120

DÆLUPROFUN

Datasetnings	Tími	Tímabrestings min	Þryggingur bar	Dæling l/s	Þyppi á nema m	Hiti C
851126	0937	50.0	160.38	43.36	1800.00	35.30
851126	0942	55.0	160.45	43.36	1800.00	35.30
851126	0947	60.0	160.50	43.36	1800.00	35.30
851126	0952	65.0	160.53	43.36	1800.00	35.30
851126	0957	70.0	160.55	43.36	1800.00	35.30
851126	1002	75.0	160.60	43.36	1800.00	34.40
851126	1007	80.0	160.63	43.36	1800.00	34.40
851126	1012	85.0	160.68	43.36	1800.00	34.40
851126	1017	90.0	160.70	43.36	1800.00	34.40
851126	1022	95.0	160.70	43.36	1800.00	34.40
851126	1027	100.0	160.73	43.36	1800.00	34.30
851126	1037	110.0	160.75	43.36	1800.00	34.30
851126	1047	120.0	160.80	43.36	1800.00	34.30
851126	1057	130.0	160.80	43.36	1800.00	34.30
851126	1107	140.0	160.78	43.36	1800.00	35.00
851126	1117	150.0	160.78	43.36	1800.00	35.10
851126	1127	160.0	160.78	43.36	1800.00	35.20
851126	1136	169.0	160.75	43.36	1800.00	35.20
851126	1137	1.0	157.65	0.00	1800.00	35.20
851126	1138	2.0	155.88	0.00	1800.00	35.20
851126	1139	3.0	154.90	0.00	1800.00	35.20
851126	1140	4.0	154.25	0.00	1800.00	35.20
851126	1141	5.0	153.80	0.00	1800.00	35.20
851126	1142	6.0	153.43	0.00	1800.00	35.20
851126	1143	7.0	153.10	0.00	1800.00	35.20
851126	1144	8.0	152.85	0.00	1800.00	35.20
851126	1145	9.0	152.53	0.00	1800.00	35.20
851126	1146	10.0	152.23	0.00	1800.00	35.20
851126	1148	12.0	152.03	0.00	1800.00	35.20
851126	1150	14.0	151.73	0.00	1800.00	38.60
851126	1152	16.0	151.48	0.00	1800.00	38.60
851126	1154	18.0	151.30	0.00	1800.00	38.60
851126	1156	20.0	151.13	0.00	1800.00	38.60
851126	1201	25.0	150.78	0.00	1800.00	39.70
851126	1206	30.0	150.48	0.00	1800.00	39.70
851126	1211	35.0	150.23	0.00	1800.00	39.70
851126	1216	40.0	150.05	0.00	1800.00	39.70
851126	1221	45.0	149.90	0.00	1800.00	39.70
851126	1226	50.0	149.73	0.00	1800.00	39.70
851126	1231	55.0	149.60	0.00	1800.00	39.70
851126	1236	60.0	149.45	0.00	1800.00	39.70
851126	1241	65.0	149.38	0.00	1800.00	39.70
851126	1246	70.0	149.28	0.00	1800.00	46.50
851126	1251	75.0	149.18	0.00	1800.00	46.50
851126	1256	80.0	149.10	0.00	1800.00	46.50
851126	1301	85.0	149.00	0.00	1800.00	46.50
851126	1306	90.0	148.93	0.00	1800.00	46.50
851126	1311	95.0	148.88	0.00	1800.00	50.00
851126	1316	100.0	148.80	0.00	1800.00	50.00
851126	1326	110.0	148.70	0.00	1800.00	50.00

TAFLA 5 (frh.)

NESJAVELLIR HOLA NJ-16

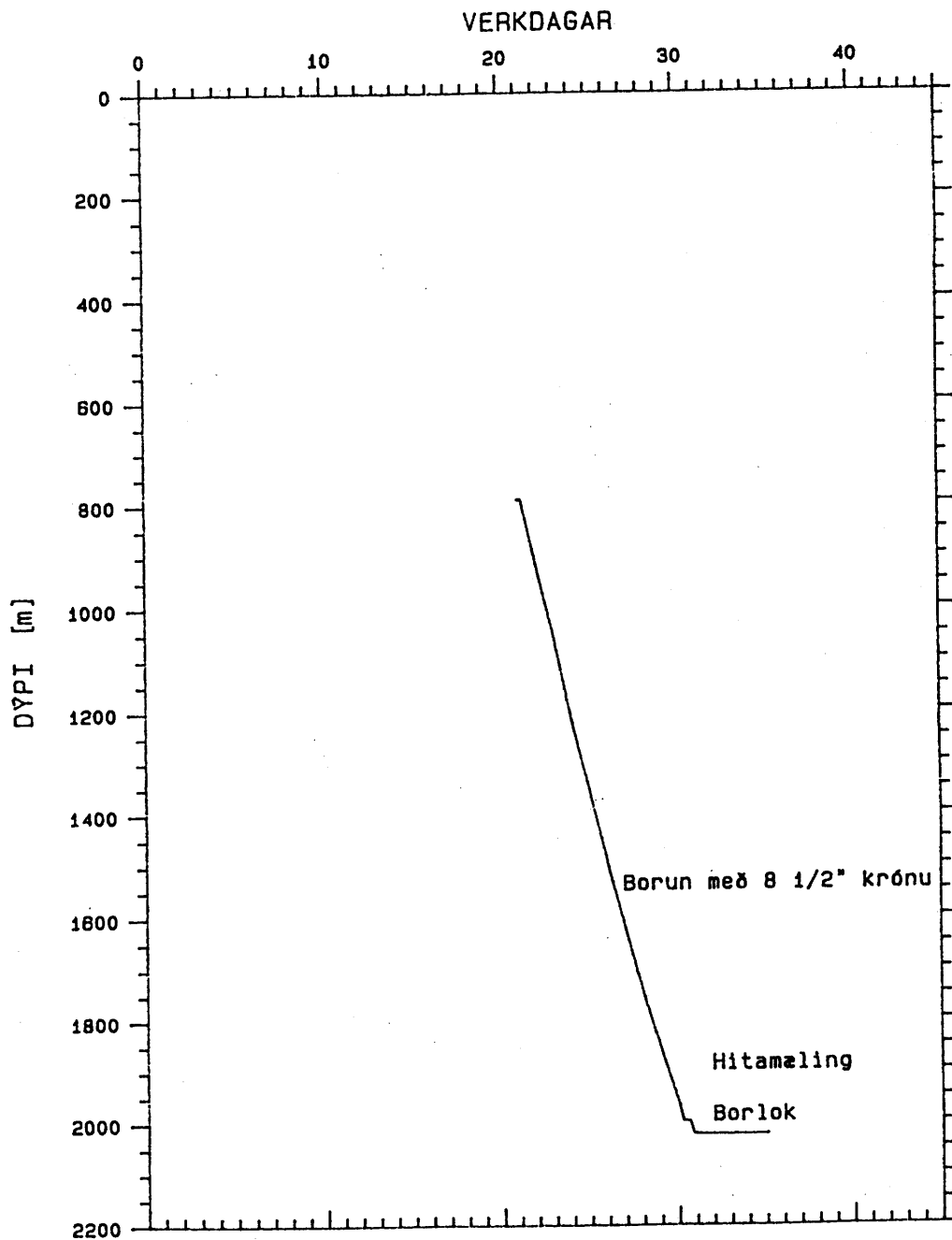
HRNR: 8715 SVÆDISNR: 153 STADS.NR: 116 ADF.NR: 3120

DELUPROFUN

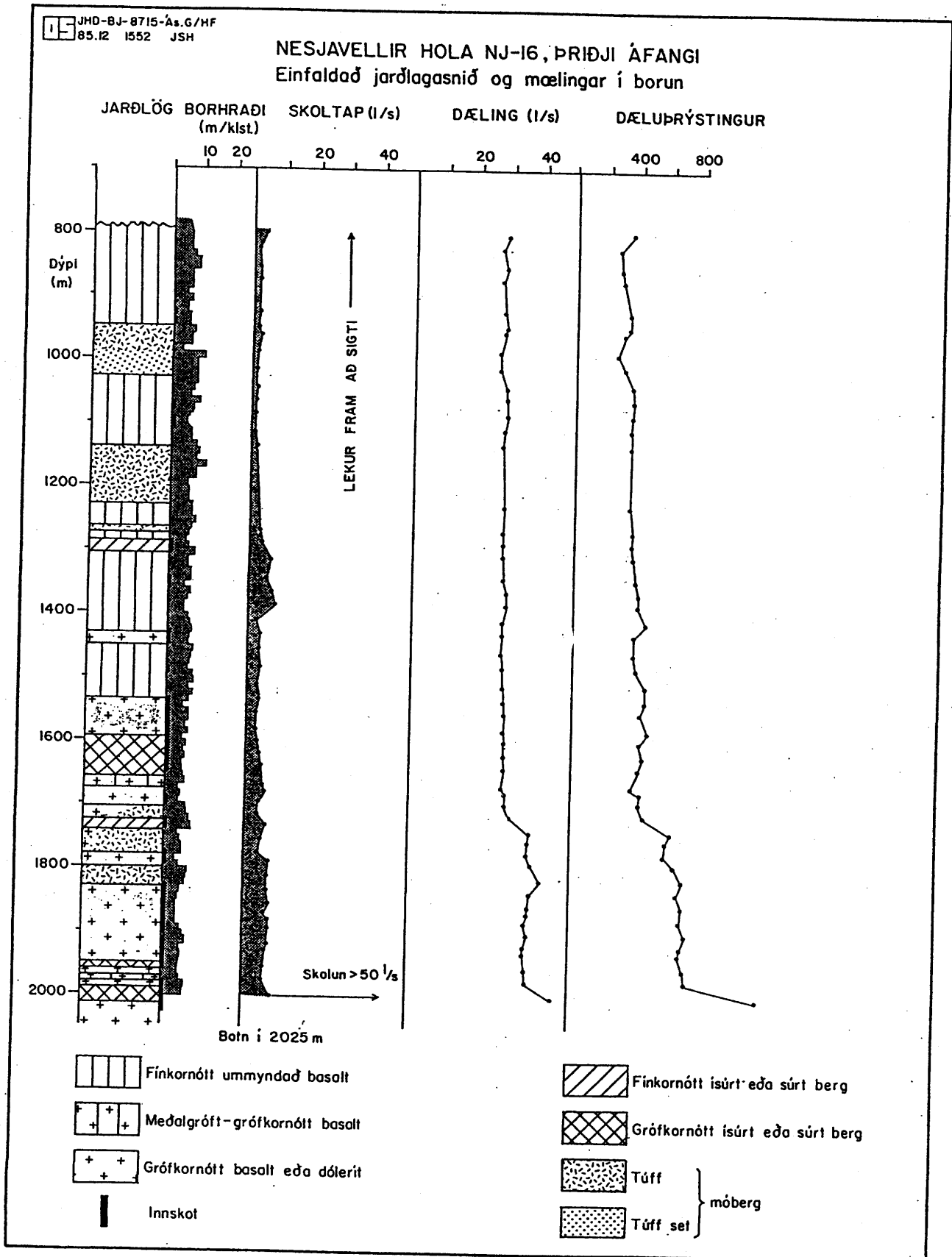
Dagsetning	Tími	Tímabresting min	Þryggingur bar	Dæling l/s	Þyppi nema m	Hiti C
851126	1336	120.0	148.60	0.00	1800.00	53.10
851126	1346	130.0	148.48	0.00	1800.00	53.10
851126	1356	140.0	148.40	0.00	1800.00	55.40
851126	1406	150.0	148.30	0.00	1800.00	57.40
851126	1407	151.0	148.30	0.00	1800.00	57.40

15 JHD-BJ-8715 ÁsG  
85.12.1578 T

NESJAVELLIR  
HOLA NJ-16 3. ÁFANGI  
FRAMVINDA BORUNAR



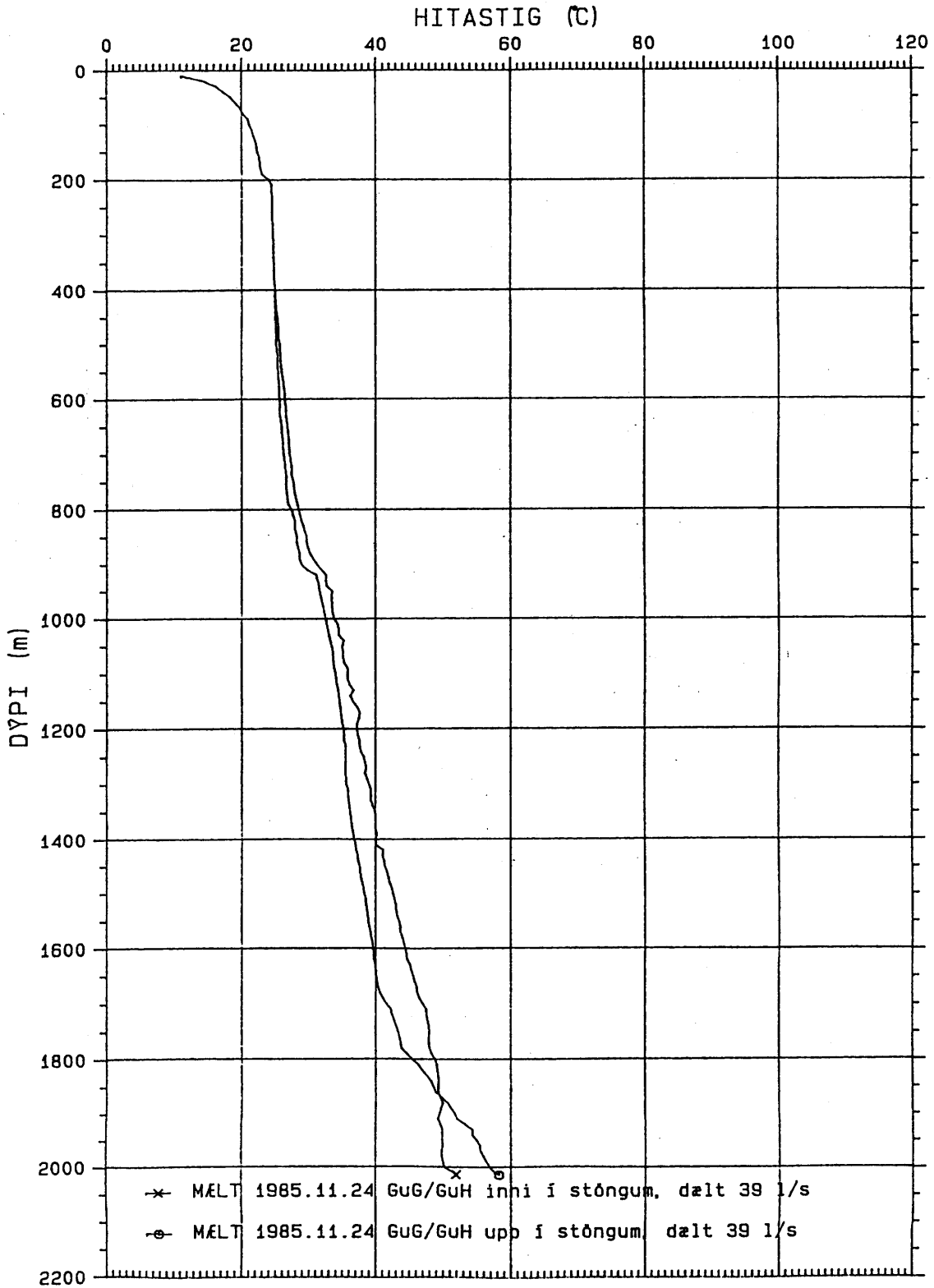
MYND 1 Framvinda borunar



MYND 2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun

JHD-BM-8715 GuH  
85.12.1554 T

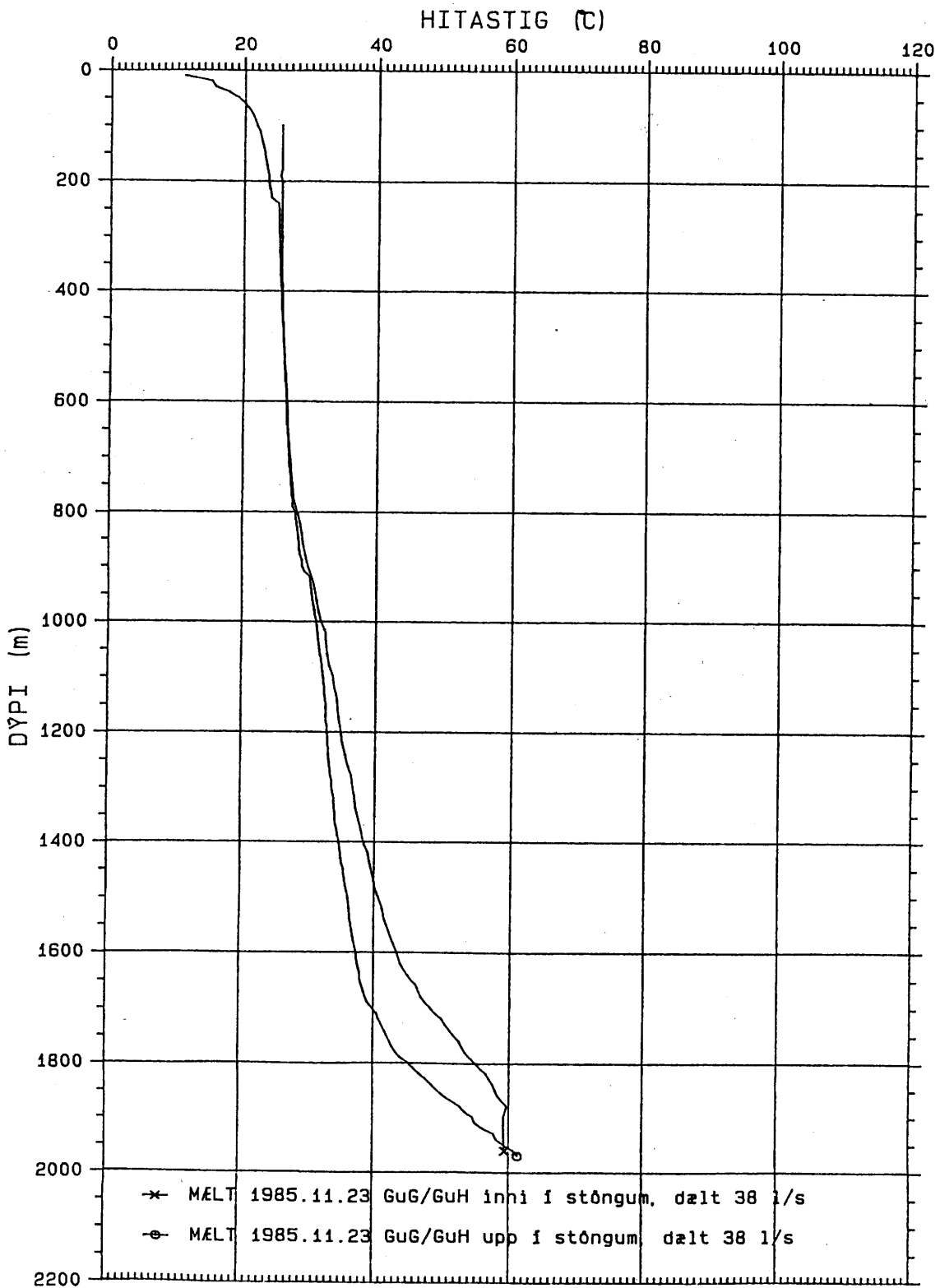
# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 HITAMÆLINGAR



MYND 3 Hitamælingar fyrir upptekt

JHD-BM-8715 GuH  
85.12.1553 T

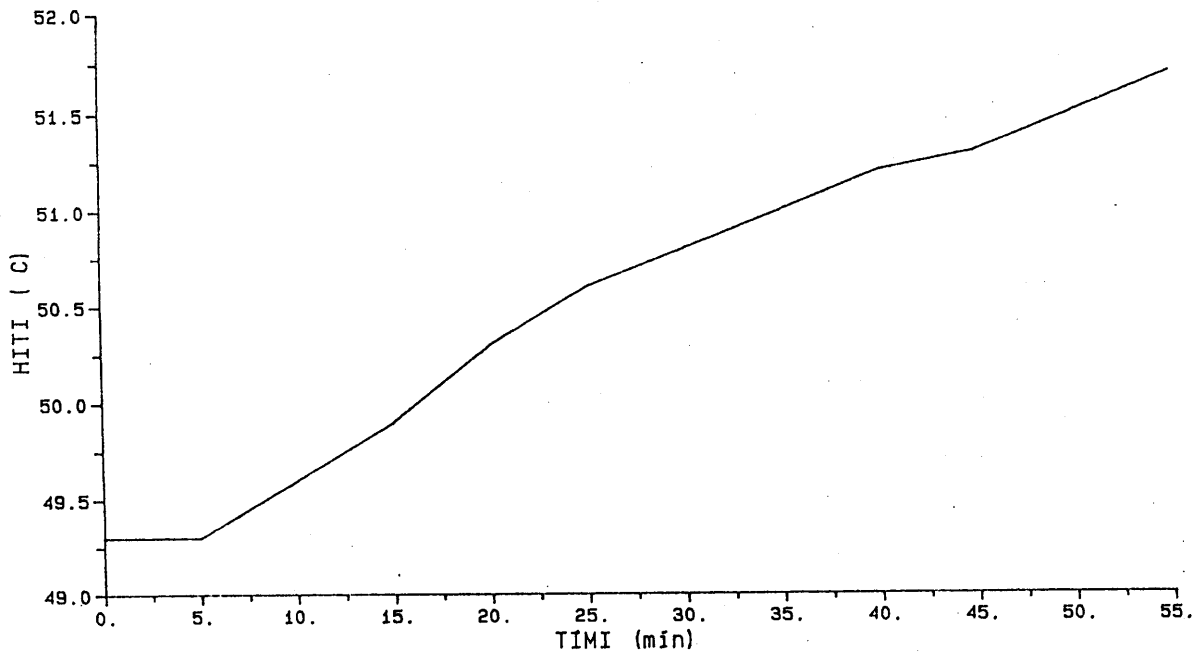
# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 HITAMÆLINGAR



MYND 4 Hitamælingar fyrir uppteikt

JHD-BM-8715 GuH  
85.12.1557 T

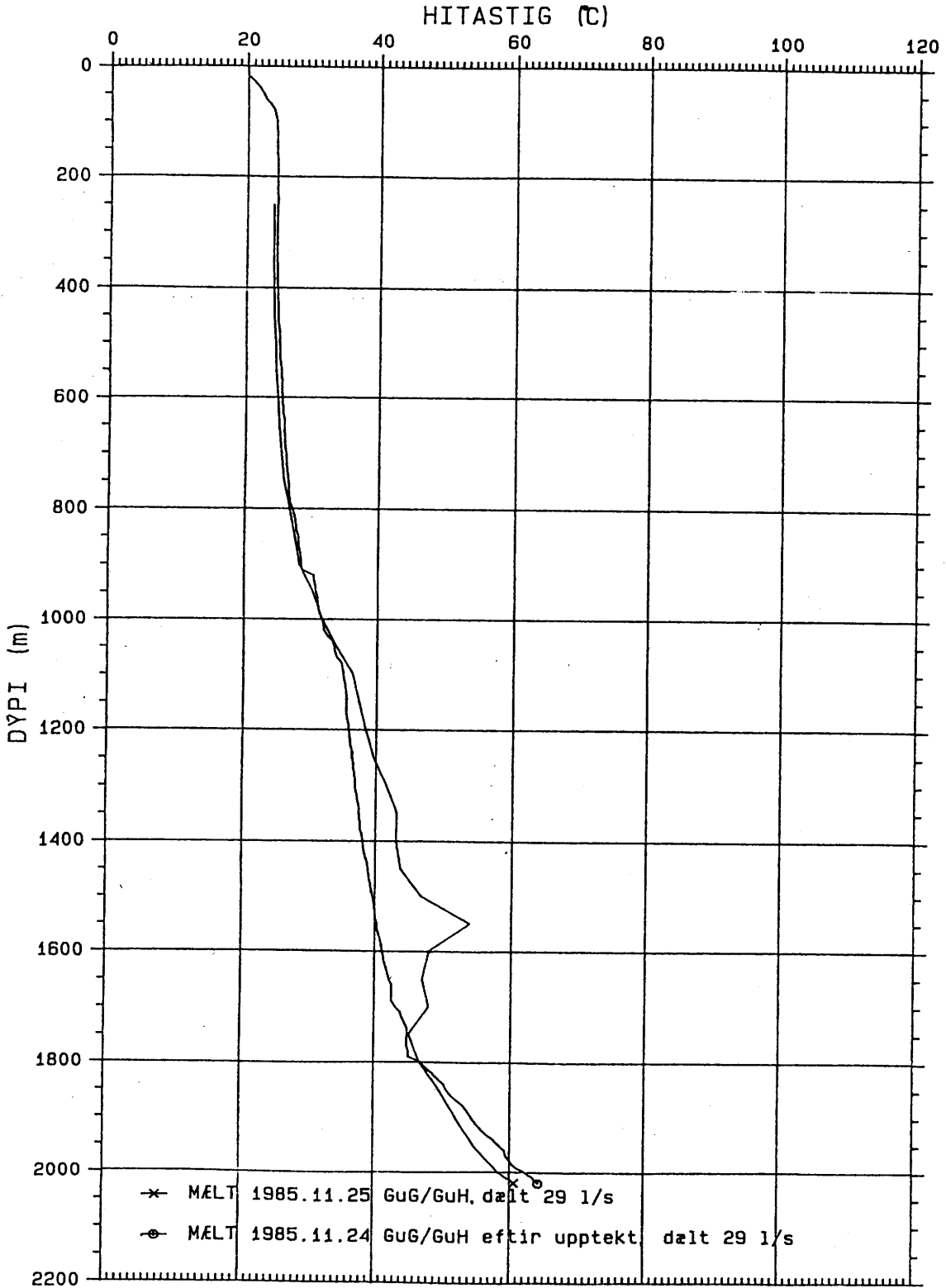
### NESJAVELLIR NJ-16 UPPHITUNARMÆLING 1985.11.24



MYND 5 Upphitun í 1920 m dýpi

JHD-BM-8715 GuH  
85.12.1555 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 HITAMÆLINGAR

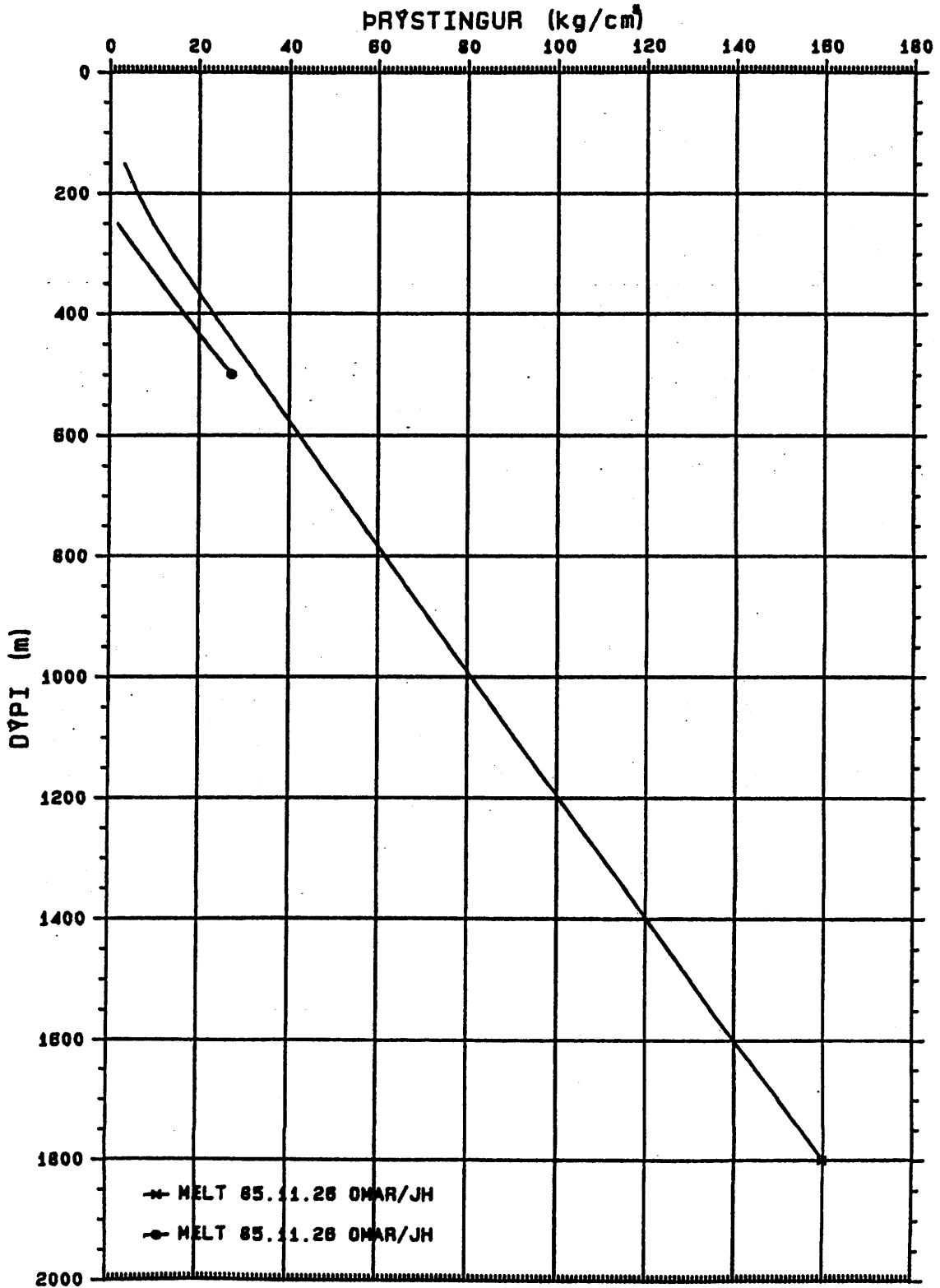


MYND 6 Hitamæling eftir upptekt



05 JMD-SM-8713 0MAR  
85.12.1575 T

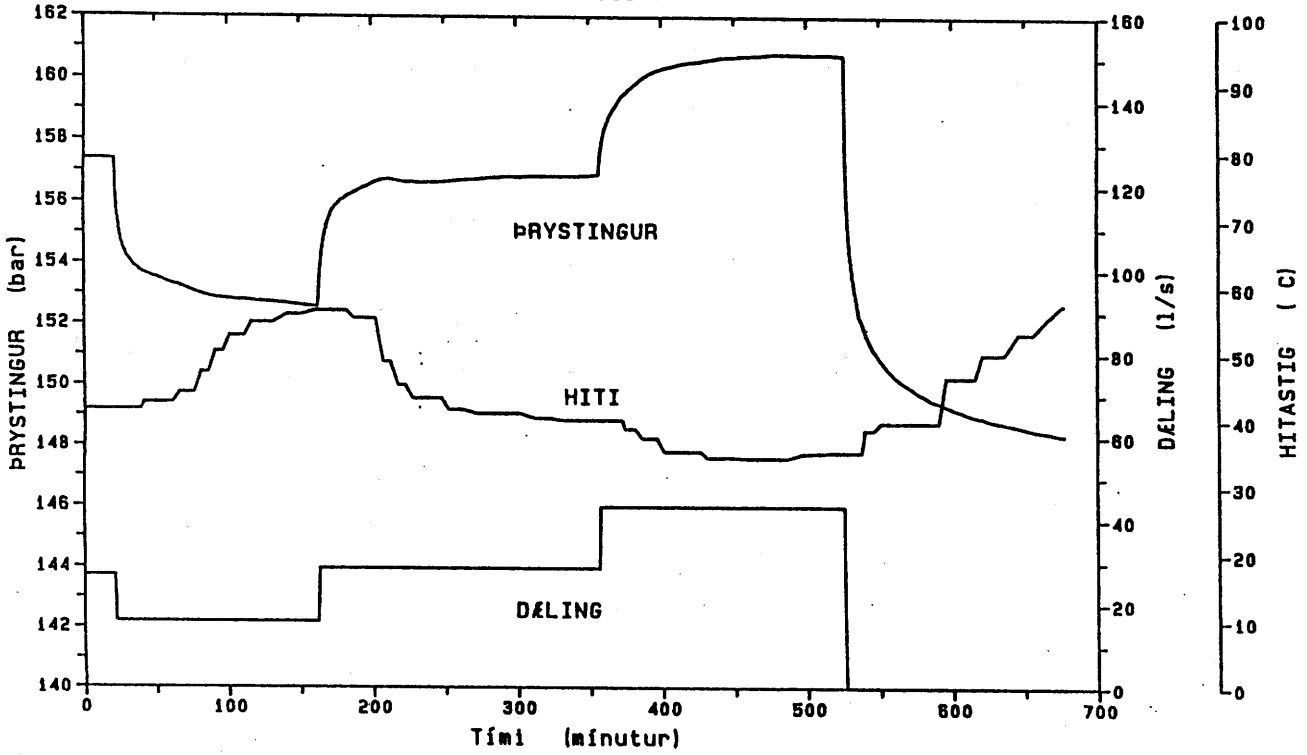
# NESJAVELLIR HOLA NJ-16



MYND 7 Þrýstimæling

JHD-BM-8715-0mar  
85.11.1577 T

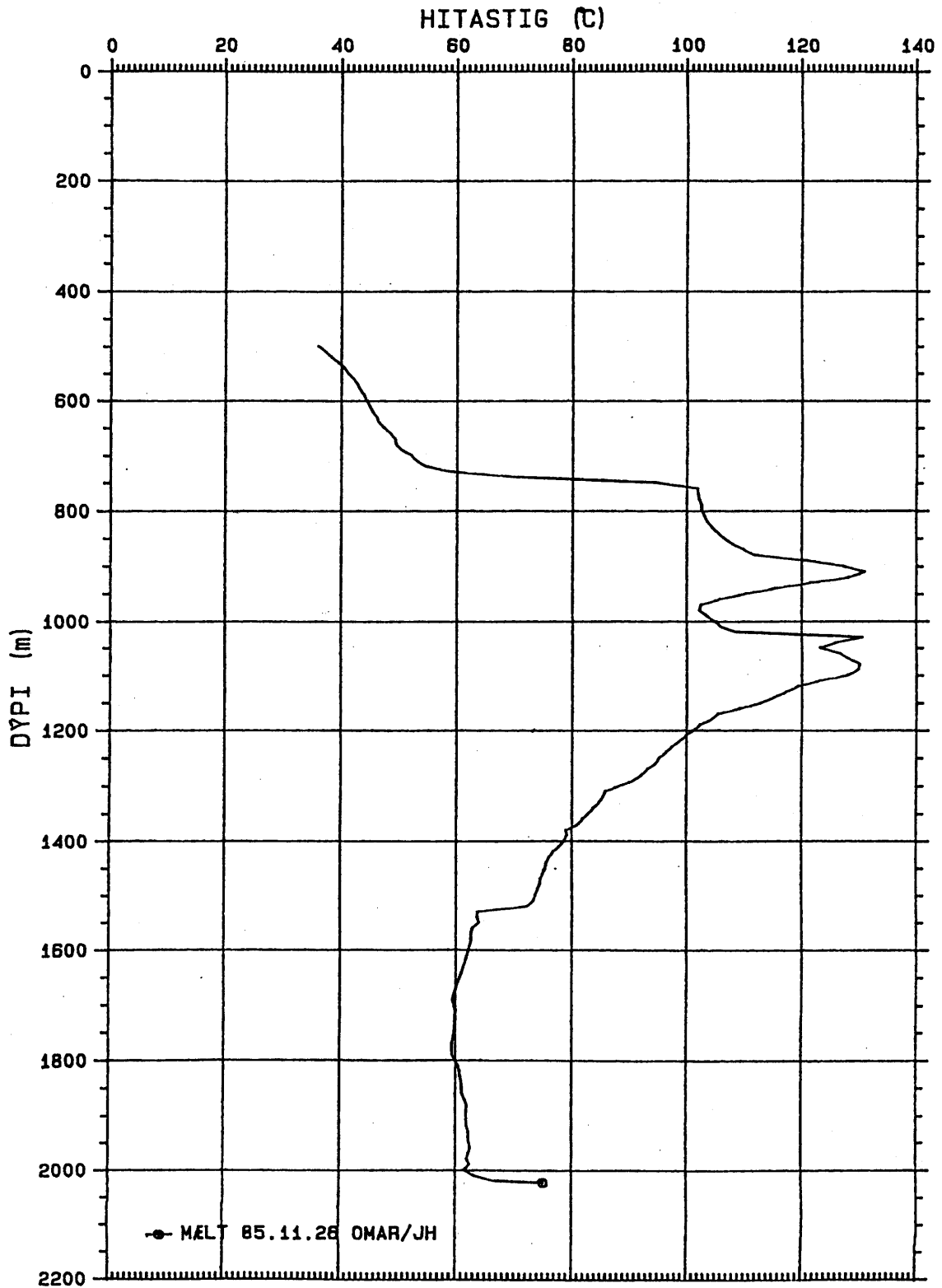
NESJAVELLIR HOLA NJ-16  
PREPADÆLING



MYND 8 Prepadæling

JHD-BM-8715 OMAR  
85.12.1574 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16



MYND 9 Hitamæling eftir þrepaðælingu



VIÐAUKI V-5

NESJAVELLIR HOLA NJ-16, 4. ÁFANGI

Upphitun, upphleyping og blástur

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
1 INNGANGUR .....	141
2 YFIRLIT YFIR TÍMABILID 26. NÓV 86 - 20. FEB 87.....	141
3 MÆLINGAR Í UPPHITUN .....	142
4 UPPHLEYPING .....	143
HEIMILDIR .....	144

## TÖFLUSKRÁ

1 Yfirlit yfir athuganir 85.11.26 - 86.02.20 .....	145
2 Mælingar á toppbrýstingi í upphleypingu .....	146

## MYNDASKRÁ

1 Þrýstimælingar í upphitun .....	147
2 Hitamælingar í upphitun .....	148
3 Toppbrýstingur í upphleypingu .....	149

## 1 INNGANGUR

Hola NJ-16 er staðsett í Nesjavalladal vestanverðum um 600 m norðan við holu NJ-11. Hún var boruð á tímabilinu 24. október - 28. nóvember 1985 og tók verkið 35 verkdaga. Vinnslufóðring er steyppt í 790 m dýpi, en holan var boruð í 2025 m dýpi og nær raufaður leiðari í 2019 m dýpi.

Frá borun holu NJ-16 hefur verið greint í þremur áfangaskýrslum (sjá heimildir). Þessi skýrsla fjallar hins vegar um þær athuganir, sem gerðar voru á holunni eftir að borun lauk og fram til þess, að blástur hófst. Spannar skýrslan tímabilið 26. nóvember 1985 til 20. febrúar 1986. Verkið var unnið samkvæmt rannsóknarsamningi milli Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar Orkustofnunar og unnu eftirtaldir að verkinu: Benedikt Steingrímsson, Guðjón Guðmundsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðni Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason frá JHD, og Einar Gunnlaugsson, Jóhann Kristjánsson og Már Gunnarsson frá HR.

## 2 YFIRLIT YFIR TÍMABILID 26. NÓVEMBER 1985 - 20. FEBRÚAR

Upphitun holu NJ-16 eftir borun hófst kl 17, 26 nóvember 1985, en þá stöðvuðu bormenn vatnsdælur Jötuns. Fylgst var með upphitun holunnar næstu vikur, og mældir hita- og þrýstiferlar auk einstakra mælinga á vatnsborði í holunni. Örlítill vottur var af gasstreymi úr holunni, þegar leið á upphitunina og var holan því höfð í stöðugri blæðingu.

Strax eftir að dæling var stöðvuð seig vatnsborð niður á 250 m dýpi, en hækkaði síðan hratt aftur, þegar holan hitnaði. Mældist það á um 100 m dýpi 3. desember og á 60 m dýpi viku síðar. Í janúar og febrúarbyrjun var vatnsborð komið í 33-34 m dýpi. Alla upphitunina var holan kvik og var hún fús til að gjósa, ef gasi og/eða lofti var blætt of hratt af henni. Um miðjan febrúar 1986 virðist gasstreymið úr holunni hafa aukist og vatnsborð náð holutoppi. Svo ólánlega vildi til, að 3" topplokinn stóð opinn og fór holan í gos. Blés hún upp um toppinn í a.m.k. klukkustund 18. febrúar. Við lokun fór toppþrýstingur í 51 bar. Reynt var að blæða þrýstingnum af holunni. Virkaði blæðingin vel í byrjun og féll þrýstingur í 5,8 bar, en það reyndist skammgóður vermir, því þrýstingurinn hækkaði fljótlega aftur og mældist 32 bar 19. febrúar og 68,5 bar degi síðar. Ástæðan fyrir því að holunni var ekki leyft að blása áfram 18. febrúar var sú, að til stóð að ná hitamælingu af holunni áður en eiginleg blástursprófun hæfist. Ekki var talið vogandi að mæla holuna undir þetta háum

þrýstingi (68.5 bar) og því ekki um annað að ræða, en að hleypa henni í gos. Hófst blástur NJ-16 kl rúmlega 13, 20. febrúar 1986.

Í töflu 1 er yfirlit yfir helstu athuganir, sem gerðar voru á NJ-16 á tímabilinu 26. nóvember 1985 til 20. febrúar 1986. Hér verður því ekki farið út í umfjöllun á niðurstöðum frá blástursprófun holunnar og vísast um það til lokaskýrslu um rannsóknir á holu NJ-16.

### 3 MÆLINGAR Í UPPHITUN

Upphitun NJ-16 eftir borun stóð í tæplega þrjá mánuði. Á því tímabili var hola tvívegis þrýstimæld og hitamæld þrívegis, auk þess sem fylgst var með vatnsborði, eins og greint er frá hér að framan.

Á mynd 1 eru niðurstöður þrýstimælinganna sýndar. Mælingarnar sýna að þrýstijafnvægi hefur verið í holunni á um 1500 m dýpi. Á þessu dýpi er því að finna öflugustu vinnsluæð holunnar. Ber því saman við mælingar á holunni við lok borunar, en þar sést m.a. sterk vatnsæð á 1525 m dýpi. Þrýstingur æðarinnar mældist um 122 kg/sm<sup>2</sup>.

Hitamælingar úr NJ-16 í upphitun eru sýndar á mynd 2. Alls eru þetta þrjár mælingar. Þær sýna að berghiti er lágur í efri hluta holunnar, og er ekki komið niður í jarðhitakerfið fyrr en neðan 500 m dýpis. Í síðustu mælingunni fylgir hitinn suðumarksferli frá um 700 m dýpi niður í 1100 metra. Þar er hitinn yfir 300°C. Neðan 1100 m dýpis er hitinn á bilinu 280-300°C en greinilegt er af mælingunni, að enn gætir í holunni kælingar frá borun. Hefði því verið æskilegt, að ná hitamælingu síðar í upphituninni til að negla betur berghitann neðan 1100 m dýpis. Það reyndist hins vegar ekki hægt vegna mikils þrýstings á holutoppi, eins og áður hefur komið fram. Telja verður þó líklegt að hitinn fylgi suðumarki áfram niður í kerfið líkt og við holu NJ-11 og er áætlaður berghiti á 2000 m dýpi í NJ-16 um 342°C.



#### 4 UPPHLEYPING

Hola NJ-16 fór í gos upp um topploka 18. febrúar 1986. Ekki er fyllilega ljóst hvenær holan fór nákvæmlega í gos. Heimafólk á Nesjavöllum telur sig hafa heyrt hávaða aðfaranótt 18. febrúar, sem gæti hafa verið frá holunni. Hins vegar tóku vélstjórar HR, sem voru á ferð um svæðið fyrri part dags, ekki eftir neinu óvenjulegu. Fyrst var tekið eftir því að holan var komin í gos rétt um kl. 12 18. febrúar. Lokað var síðan fyrir þennan ótímabæra blástur um kl. 13 og holan sett í blæðingu. Ekki tókst að blæða þrýstingi af holunni, og var því holunni hleypt í gos út í hljóðdeyfi 20. febrúar. Byrjað var að opna fyrir holuna klukkan 13:23, og tók upphleypingin réttan klukkutíma. Á mynd 3 er sýnt hvernig toppþrýstingur breyttist í upphleypingunni. Áður en byrjað var að opna fyrir holuna var þrýstingur 68,5 bar og jókst hann fyrst eftir opnun í 78 bar, en fór síðan að falla. Þegar þrýstingur hafði fallið í um 70 bar fór að leka út á milli flansa við leggventil og einnig út um blæðingarstúta á WKM-loka. Var því ekki um annað að ræða, en að opna hratt fyrir holuna til að fella þrýstinginn og stöðva lekann. Hætti að leka, þegar þrýstingur var kominn í um 50 bar. Fullopið var fyrir holuna klukkan 14:23. Þrýstingur var þá fallinn í 22 bar og féll áfram á næstu tveimur tímum í 15,5 bar. Í upphleypingunni gekk holutoppurinn upp um 5 mm.

## HEIMILDIR

Vinnuhópur JHD/JBR, 1985. Nesjavellir, hola NJ-16, 1. áfangi. Borun fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu frá 67 m í 274 m. Orkustofnun, OS-85093/JHD-50 B.

Vinnuhópur JHD/JBR, 1985. Nesjavellir, hola NJ-16, 2. áfangi. Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 274 m í 792 m. Orkustofnun, OS-85098/JHD-54 B.

Vinnuhópur JHD/JBR, 1985. Nesjavellir, hola NJ-16, 3. áfangi. Borun vinnsluhluta frá 792 m í 2025 m. Orkustofnun, OS-85110/JHD-64 B.

Tafla 1 Hóla NJ-16. Yfirlit yfir tímabilið 85.11.26 - 86.02.20

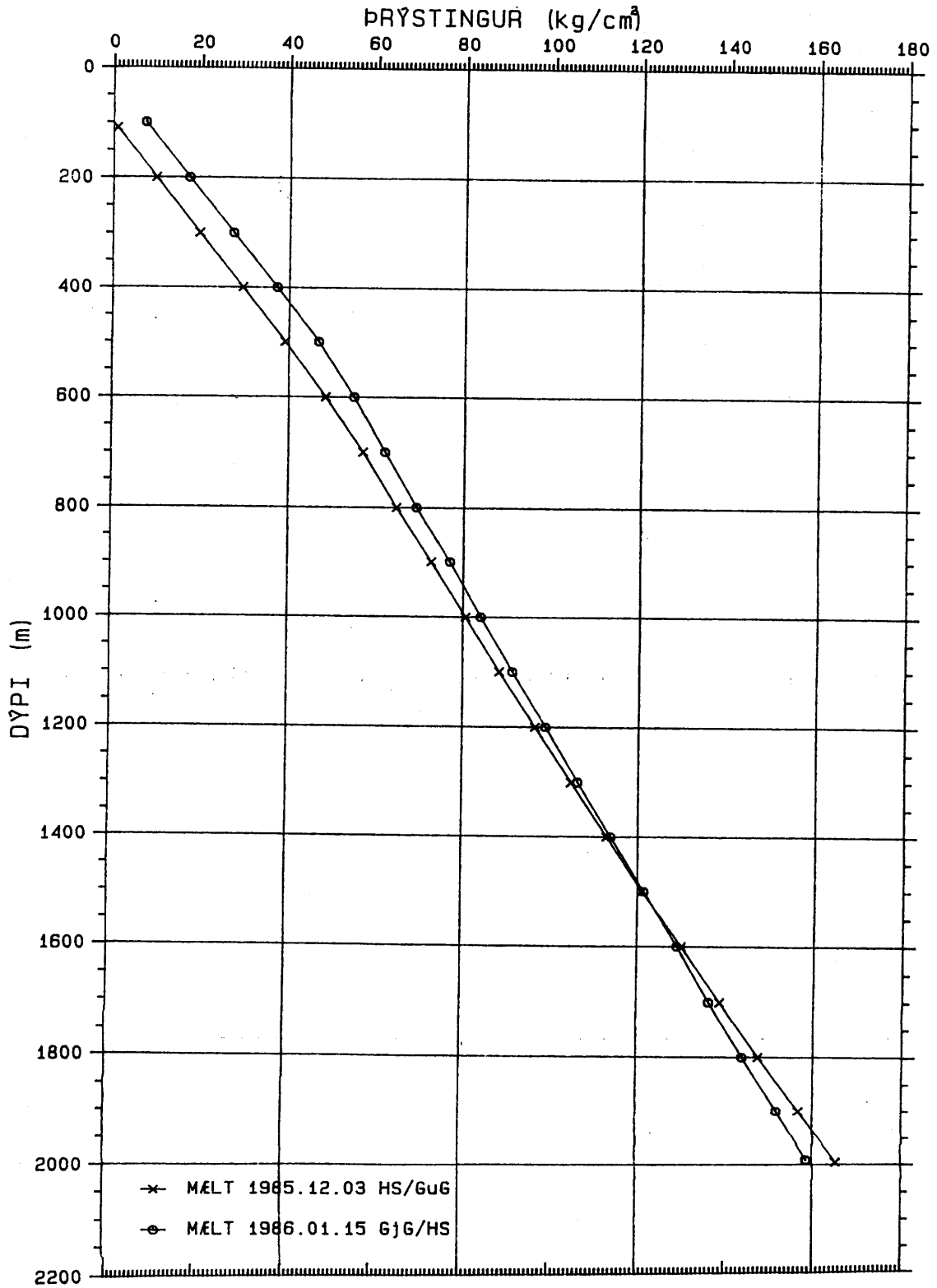
Dagsetning	Klukkan	Mælingar	Athugasemdir
85.11.26	17:00		Dælingu hætt (Q=25 l/s)
85.12.03	13:11	Blæðing	Vatn kemur upp
85.12.03	14:27		Vatnsborð í 68,0 m
85.12.03	14:39		Vatnsborð í 83,9 m
85.12.03	14:45-15:20	Go. hitamæl.	
85.12.03	16:15-18:40	Am. hitamæl.	
85.12.03	20:00-21:30	Am. þrýstimæl.	Vatnsborð í 99,0 m
85.12.10	14:00-16:00	Am. hitamæl.	Vatnsborð í 60,0 m
86.01.15	13:50-14:10	Go. hitamæl.	Vatnsborð í 33,1 m
86.01.15	14:20-15:45	Am. hitamæl.	
86.01.15	16:20-17:15	Am. þrýstimæl.	
86.02.10			Vatnsborð í 34,0 m
86.02.18	ca 12:00		Hóla í gos upp um 3" topploka.
86.02.18	ca 13:00		Lokað. Po fór í 51 bar
86.02.18	14:45		Po 21,1 bar. Blæðing um 3 mm
86.02.18	15:30		Po 17,9 bar
86.02.18	16:50		Po 10,0 bar
86.02.18	18:30		Po 5,8 bar
86.02.19	08:45		Po 32 bar
86.02.20	13:20-18:50	Upphleyping	Po 68,5 bar fyrir gos.

Tafla 2 Hóla NJ-16. Mælingar á toppþrýstingi á meðan  
upphleyping stóð yfir 20. febrúar 1986

Klukkan	Toppþrýstingur	Athugasemdir
13:20	68,5 bar	Lokað fyrir blæðingu.
13:23		Opnað 1/2 snúning
13:28	71,0 bar	
13:33	72,0 bar	Vatn 4,1 kg/s
13:43	75,0 bar	Vatn 3,0 kg/s
13:47	76,0 bar	Opnað 1/2 snúning
13:50	77,0 bar	Vatn 6,8 kg/s
13:55	78,0 bar	Opnað 1 snúning
13:58	78,0 bar	Vatn 15,4 kg/s
14:02	76,0 bar	Opnað 1 snúning
14:04	72,0 bar	Vatn 13,9 kg/s
14:05	70,0 bar	
14:09	68,0 bar	Leki milli flansa við legg- loka. Opnað um 4 snúninga.
14:10	50,0 bar	
14:11	45,0 bar	Sog í hljóðdeyfi. Vatn 0 kg/s
14:12	35,0 bar	Opnað 2 snúninga.
14:17	30,0 bar	
14:21	26,0 bar	
14:23		Fullopnað.
14:24	22,0 bar	Vatn 0 kg/s
14:25	21,0 bar	Vatn 0 kg/s
14:32	19,5 bar	Vatn 0 kg/s
14:36	19,5 bar	Vatn 3,4 kg/s
14:39	19,0 bar	Vatn 5,5 kg/s
14:46	18,7 bar	Vatn 7,5 kg/s
15:00	17,5 bar	Vatn 8,6 kg/s
15:20	16,7 bar	Vatn 10,0 kg/s
16:15	15,5 bar	Vatn 10,3 kg/s
18:50	14,5 bar	Vatn 9,0 kg/s

JHD-BM-8715 GuH  
87.02.0176 T

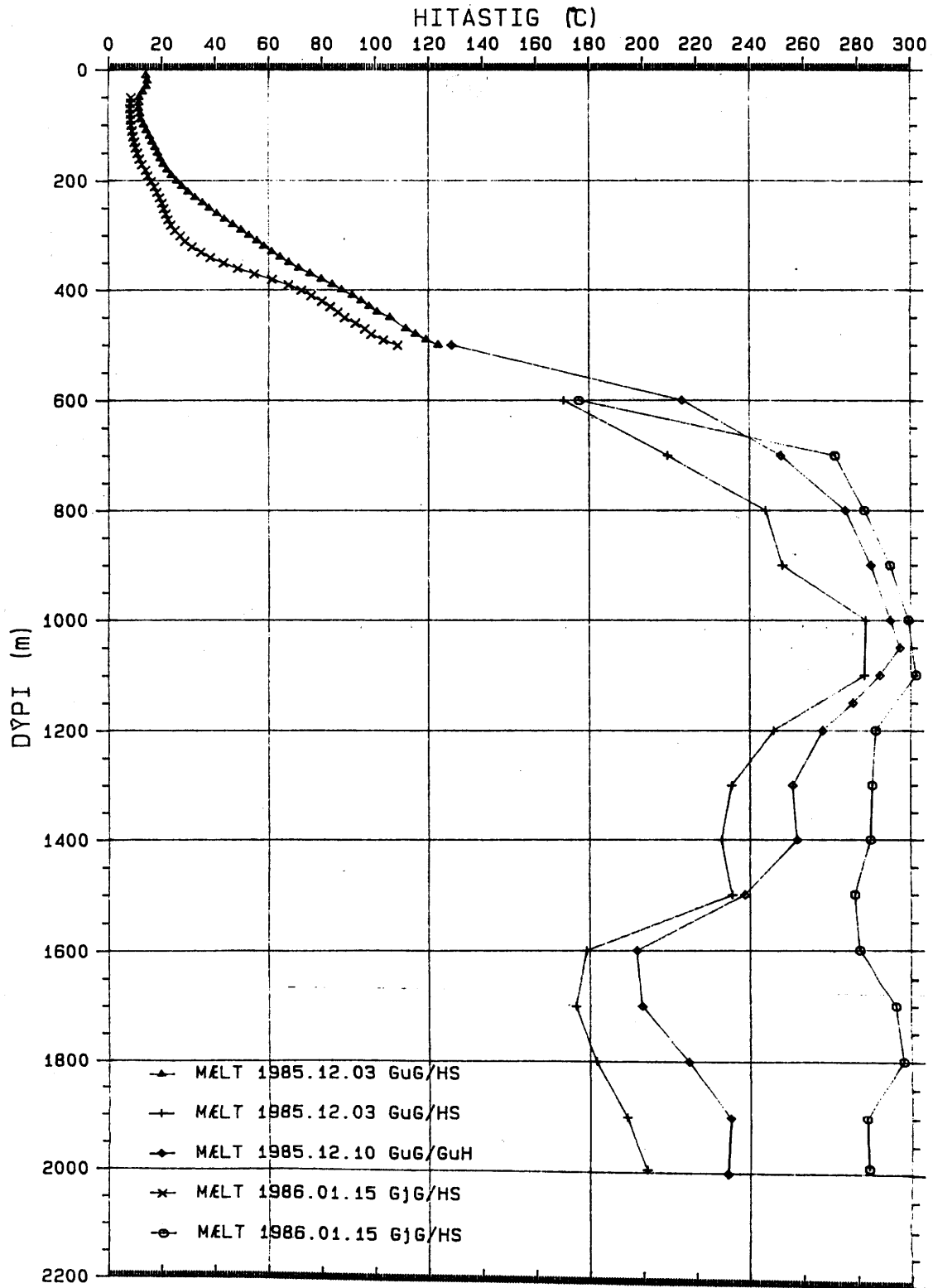
### NESJAVELLIR HOLA NJ-16 ÞRÝSTIMÆLINGAR



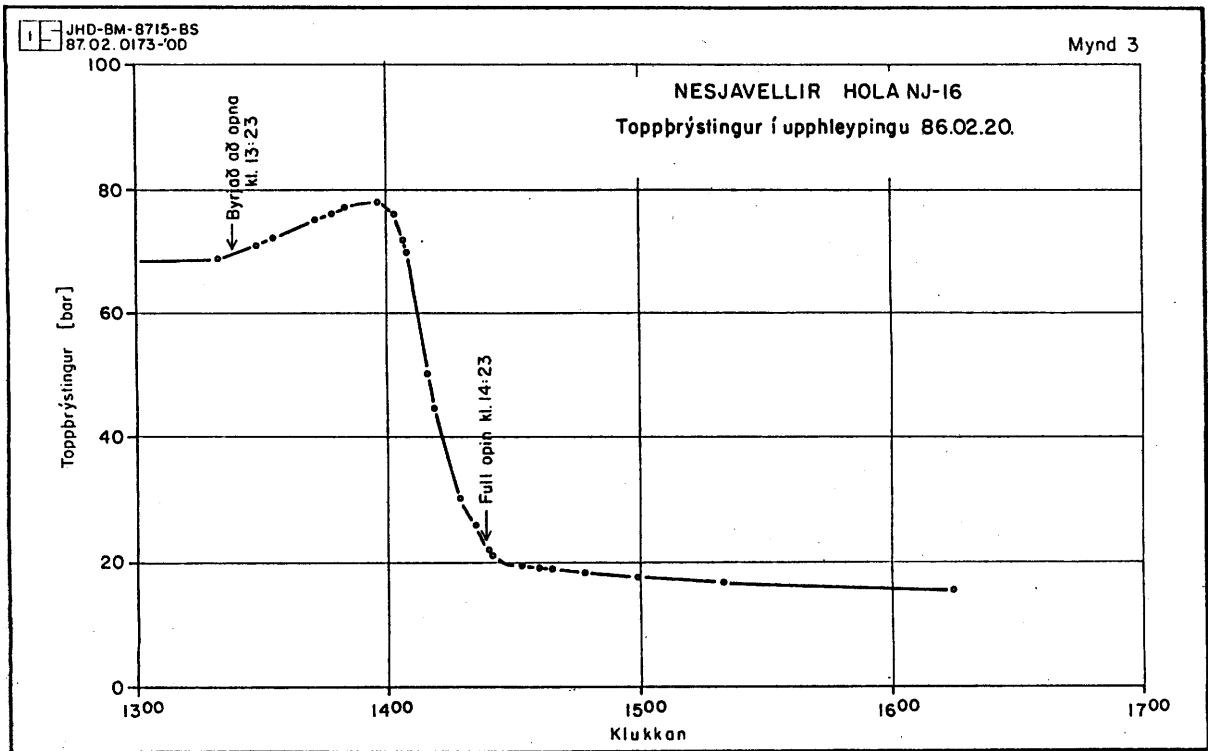
Mynd 1 Þrýstimælingar í upphitun

JHD-BM-8715 GuH  
87.02.0175 T

# NESJAVELLIR HOLA NJ-16 HITAMÆLINGAR



Mynd 2 Hitamælingar í upphleypingu



Mynd 3 Toppbrýstingur í upphleypingu