



**ORKUSTOFNUN**  
Jarðhitadeild

**Hjalti Franzson  
Hilmar Sigvaldason**

# **NESJAVELLIR, HOLA NG-9**

**Jarðlög, ummyndun, mælingar og vatnsæðar**

**OS-85123/JHD-17**  
Reykjavík, desember 1985

**Unnið fyrir  
Hitaveitu Reykjavíkur**



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer: 611-113

**Hjalti Franzson  
Hilmar Sigvaldason**

# **NESJAVELLIR, HOLA NG-9**

## **Jarðlög, ummyndun, mælingar og vatnsæðar**

**OS-85123/JHD-17**  
Reykjavík, desember 1985

**Unnið fyrir  
Hitaveitu Reykjavíkur**

## ÁGRIP

Skýrsla þessi fjallar um borun holu NG-9 og þær rannsóknir sem tengjast jarðfræði, ummyndun, hitamælingum og jarðlagamælingum.

Borun holunnar hófst þann 23. ágúst og lauk 22. september 1984, stóð samtals 35 verkdaga. Borað var með 17 1/2" krónu niður á 301 m fyrir öryggisfóðringu og náði neðri endi hennar niður á 299,4 m dýpi. Borað var með 12 1/4" krónu fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu niður á 824 m dýpi. Náði neðri endi fóðringar niður á 820,8 m. Báðar fóðringar voru steyptar. Vinnsluhluti holunnar náði aðeins niður á 1055 m dýpi, en ekki reyndist unnt að bora dýpra vegna skoltaps.

Samkvæmt svarfgreiningu sker holan sjö upphleðslumyndanir; sex móbergs- og eina hraunlagamyndun. Samanburður við holu NG-8 og NG-6 virðist benda til að engin meiriháttar misgengi séu á milli holanna. Aðeins fundust tvö innskotslög í holunni á milli 700 og 800 m dýpis.

Ummyndunarmynstrið bendir til tvenns konar jarðhitavirkni: í fyrsta lagi lághitakerfi þar sem zeólitar ráða, og hins vegar háhitakerfi (kvars klórít, wairakít, epidót, prenít, wollastonít, pýrit og kalsít). Greinilegt er að háhitakerfið er yngra og yfirprentar hitt. Sú yfirrentun er sérstaklega greinileg þar sem holan sker vatnsæðar, en þar hafa zeólítarnir ummyndast yfir í kvars (pseudomorphism). Ummyndun frumhluta bergsins (glers, ólivíns, pýroxens og plagíóklasa) gefur svipaða mynd af jarðhitakerfinu, þ.e. sýnir mun meiri magnummyndun þar sem háhitakerfið er virkast.

Samanburður á ummyndun í NG-9 og NG-6 gefur til kynna að háhitakerfið liggi 100-200 m hærra í NG-9, en það jarðhitakerfi sem skóp zeólítamynstrið liggur aftur á móti á mjög svipuðu dýpi í báðum holunum.

Alls fundust merki um sjö vatnsæðar sem holan sker. Fimm þeirra eru ofan 400 m dýpis og liggja eftir skilum á milli móbergsmyndana. Þær tvar vatnsæðar, sem holan sker í vinnsluhluntanum (870 og 900 m) orsökuðu algert skoltap, og er því ekki unnt að geta sér til um jarðfræðilegu þeirra.

EFNISYFIRLIT

bls.

|   |    |
|---|----|
| ÁGRIP                                       | 4  |
| 1 INNGANGUR                                 | 5  |
| 2 ÁGRIP BORSÖGU                             | 6  |
| 3 JARÐLAGASKIPAN                            | 16 |
| 3.1 Upphleðslumyndanir                      | 16 |
| 3.2 Innskot                                 | 17 |
| 3.3 Samanburður berglaga NG-9, NG-8 og NG-6 | 17 |
| 4 UMMYNDUN                                  | 19 |
| 4.1 Dreifing ummyndunarsteinda              | 19 |
| 4.2 Ummyndun frumhluta bergs                | 21 |
| 4.3 Samanburður á ummyndun í NG-9 og NG-6   | 23 |
| 5 MÆLINGAR                                  | 25 |
| 6 VATNSÆÐAR                                 | 32 |
| 7 HELSTU NIÐURSTÖÐUR                        | 35 |
| HEIMILDASKRÁ                                | 36 |
| ENGLISH SUMMARY                             | 37 |

## MYNDASKRÁ

|   |    |
|---|----|
| Mynd 1 Staðsetning borhola á Nesjavöllum          | 7  |
| Mynd 2 Framvinda borunar                          | 8  |
| Mynd 3 Frágangur holu                             | 9  |
| Mynd 4 Járðlagaskipan og mælingar                 | 10 |
| Mynd 5 Samanburður bergmyndana NG-9, NG-6 og NG-8 | 18 |
| Mynd 6 Dreifing ummyndunarsteinda                 | 20 |
| Mynd 7 Ummundun frumhluta bergs                   | 22 |
| Mynd 8 Samanburður ummyndunar í NG-9 og NG-6      | 24 |
| Mynd 9 Hitamælingar 28.08.84 - 02.09.84           | 26 |
| Mynd 10 Hitamælingar 12.09.84                     | 27 |
| Mynd 11 Hitamælingar 12.09.84 Upphitun            | 27 |
| Mynd 12 Hitamælingar 13.09.84                     | 28 |
| Mynd 13 CBL-mæling, steypugæði                    | 28 |
| Mynd 14 Hitamælingar 16.09.84                     | 29 |
| Mynd 15 Hitamælingar 20.09.84                     | 29 |
| Mynd 16 Tíðnidreifing viðnáms                     | 30 |
| Mynd 17 Tíðnidreifing poruhluta                   | 30 |
| Mynd 18 Staðsetning vatnsæða                      | 33 |

## 1 INNGANGUR

Hola NG-9 er staðsett um 300 m í suðausturátt frá holu NG-6, eins og sýnt er á mynd 1. Tilgangurinn með borun hennar var að kanna einkenni jarðhitageymisins til suðausturs. Einnig var hönnun holunnar hattáð á þann veg að fá úr því skorið, hvort "neðra kerfið" væri gufupúði eða ekki. Það var gert með því að fóðra holuna niður á 800-900 m dýpi. Í skýrslunni er í fáum orðum lýst borsögu (kafli 2) en síðan jarðlagaskipan og ummyndun (kaflar 3 og 4). Jarðlagamælingunum sem gerðar voru á vinnsluhluta holunnar og svo hitamælingunum á bortíma eru gerð skil í kafla 5. Gerð er grein fyrir vatnsæðum og líklegum tengslum þeirra við jarðlagaskipanina (kafli 6). Í kafla 6 eru svo settar fram helstu niðurstöður þessara rannsókna.

Verkið er unnið af Jarðhitadeild Orkustofnunar samkvæmt samningi við Hitaveitu Reykjavíkur. Auk höfunda hafa fjölmargir lagt hönd á plóginn við þessa rannsókn, og má þær nefna Ásgrím Guðmundsson, Bennýju Baldursdóttur, Erlu Kr. Harðardóttur, Guðjón Guðmundsson, Guðlaug Hermannsson, Gyðríði Jónsdóttur og Vigdísí Harðardóttur. Höfundar þakka framlag þeirra.

## 2 AGRIP BORSÖGU

Framvindu borunar NG-9 hefur verið lýst allítarlega í þremur áfangaskýrslum (Ásgrímur Guðmundsson o.fl. 1984a, Hjalti Franzson o.fl. 1984, Ásgrímur Guðmundsson o.fl. 1984b) og verður því hér aðeins getið helstu þátta þessa verks.

Helstu atriði borverksins eru sýnd á mynd 2. Borun niður úr höggborsholunni hófst þann 23. ágúst, og mastur fellt í borlokum þann 22. september. Borverkið tók alls 35 verkdaga og er þá með talið flutningur borsins frá holu NG-8 og uppsetning hans.

Að fenginni reynslu í borun holu NG-8, var ekki talið ráðlegt að hafa einn öryggisloka á holutoppi meðan borað var fyrir öryggisfóðringu. Var því fyrst boruð  $8\frac{1}{2}$ " (216 mm) könnunarhola niður á það dýpi sem öryggisfóðringin átti að ná (301 m), og voru við þá borun hafðir þrír öryggislokar á holutoppi. Að því loknu var holan rýmuð í  $17\frac{1}{2}$ " (445 mm) og  $13\frac{3}{8}$ " (340 mm) öryggisfóðring síðan steypt.

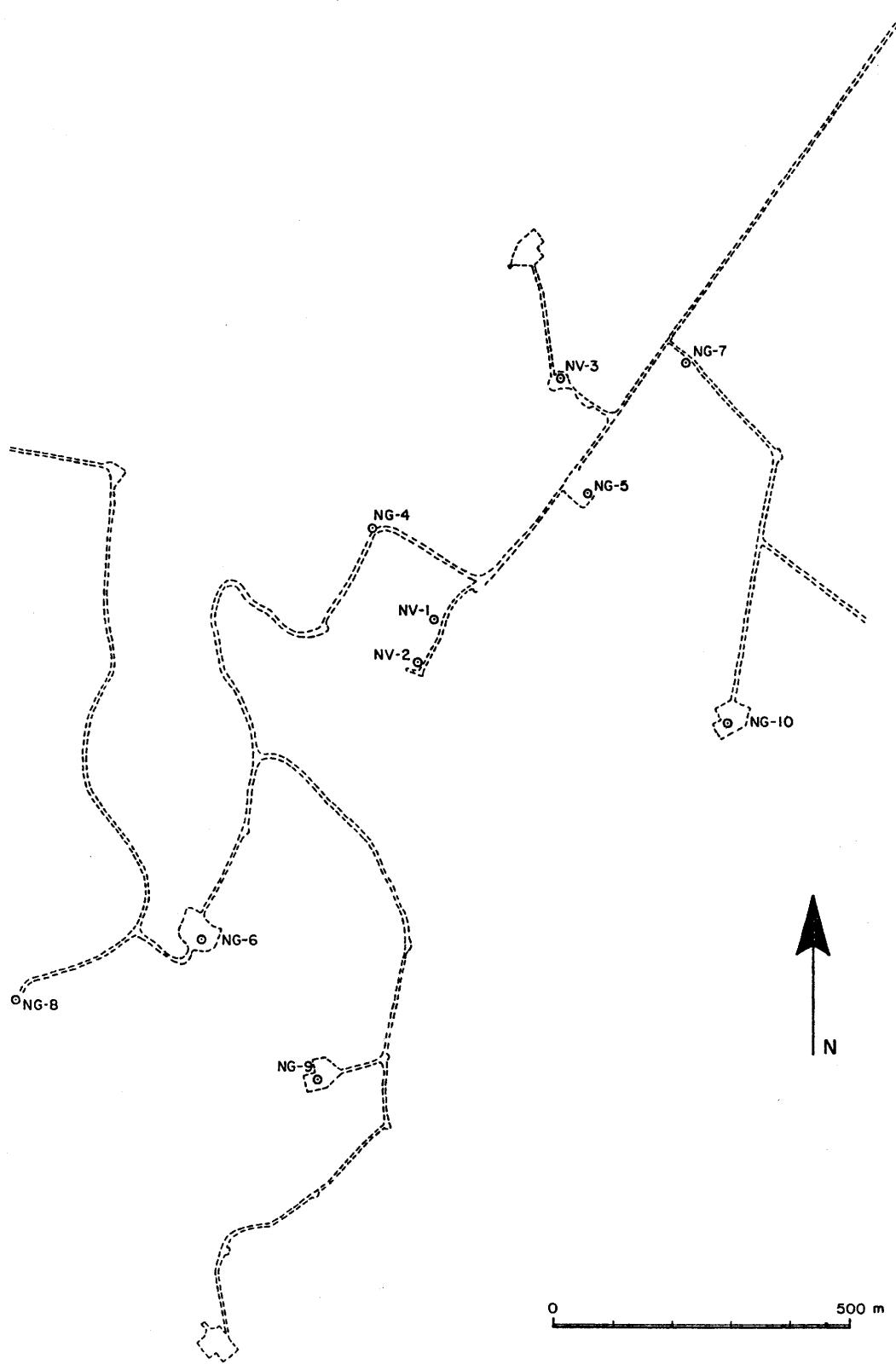
Borun fyrir vinnslufóðringu gekk hnökralaust nema að því leyti að steypa þurfti í vatnsæð rétt neðan við öryggisfóðringar (306 m). Eins og getið er um í inngangi þá skyldi þess freistað að fóðra af "efra" jarðhitakerfið og sannreyna þannig tilvist "gufulagsins" sem mögulega var skorið neðan 800-900 m dýpis í holu NG-6. Sú ákvörðun, að hætta borun í 824 m og fóðra, var tekin á grundvelli mikillar aukningar í wairakíti, sem talið var merkja að komið væri niður í "neðra kerfið". Steypa varð vinnslufóðringuna í tveimur áföngum og var síðari steypan frá um 350 m til yfirborðs.

Borun vinnsluhluta holunnar tók aðeins um þrjá daga. I um 870 m varð algert skoltap. Borun var þó haldið áfram allt niður á 1055 m, en þá var borun hætt, þæði vegna þess að talið var að árangur væri orðinn vel góður og einnig hins að aukin hætta var á festu vegna skoltapsins.

Að lokinni fóðrun með leiðara og þrepadælinga var mastur fellt sem ádur sagði þann 22.september 1984. Frágangur holu er sýndur á mynd 3.

I JHD-BJ-8715-VS  
85.II.-1550- DD

STAÐSETNING BORHOLA Á NESJAVÖLLUM

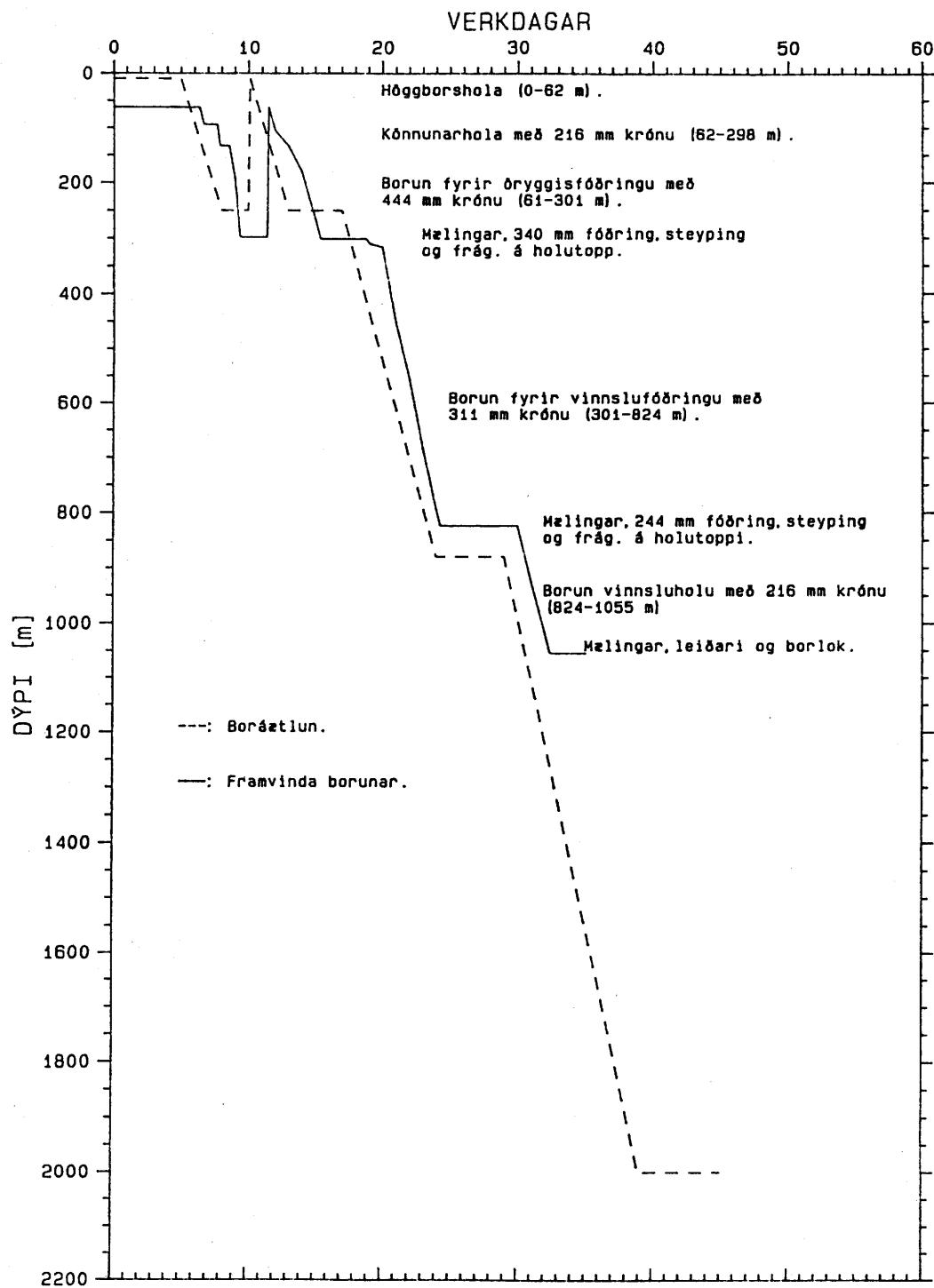


MYND 1 Staðsetning borhola á Nesjavöllum

JHD-BJ-8715 HF/AsG  
85.12.1614 T/AA

## Nesjavellir hola NG-9

### Framvinda borunar



MYND 2 Framvinda borunar

I JHD - BJ-8715-HF  
85.11 1547 JSH

NESJAVELLIR  
Frágangur holu NG-9

Staðsetning : Hnit x = 659378,5 y=403208,25 Hæð yfir sjó ca.305 m

Fjarlægðir : Drifbord - kjallarabrun 2,5m, kjallarabrun - kragi 2,7 m

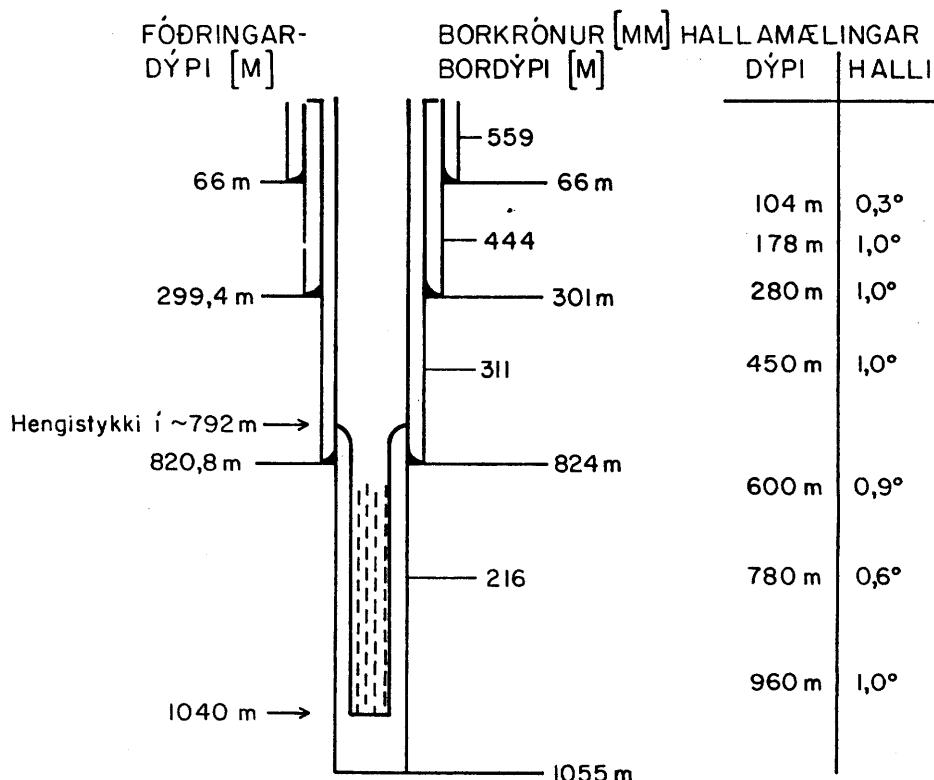
Höggborsfóðring : Utanmál 473 mm, veggþykkt 8 mm

Öryggisfóðring : API 13  $\frac{3}{8}$ ", 68 lbs/ft og 61 lbs/ft , K-55 BTC

Vinnslufóðring : API 9  $\frac{5}{8}$ ", 40 lbs/ft K-55 BTC , skrúfuð

Leiðari : API 7  $\frac{5}{8}$ ", 24,4 lbs/ft, K-55 , soðinn

Dýpi miðað við drifbord Gufubors

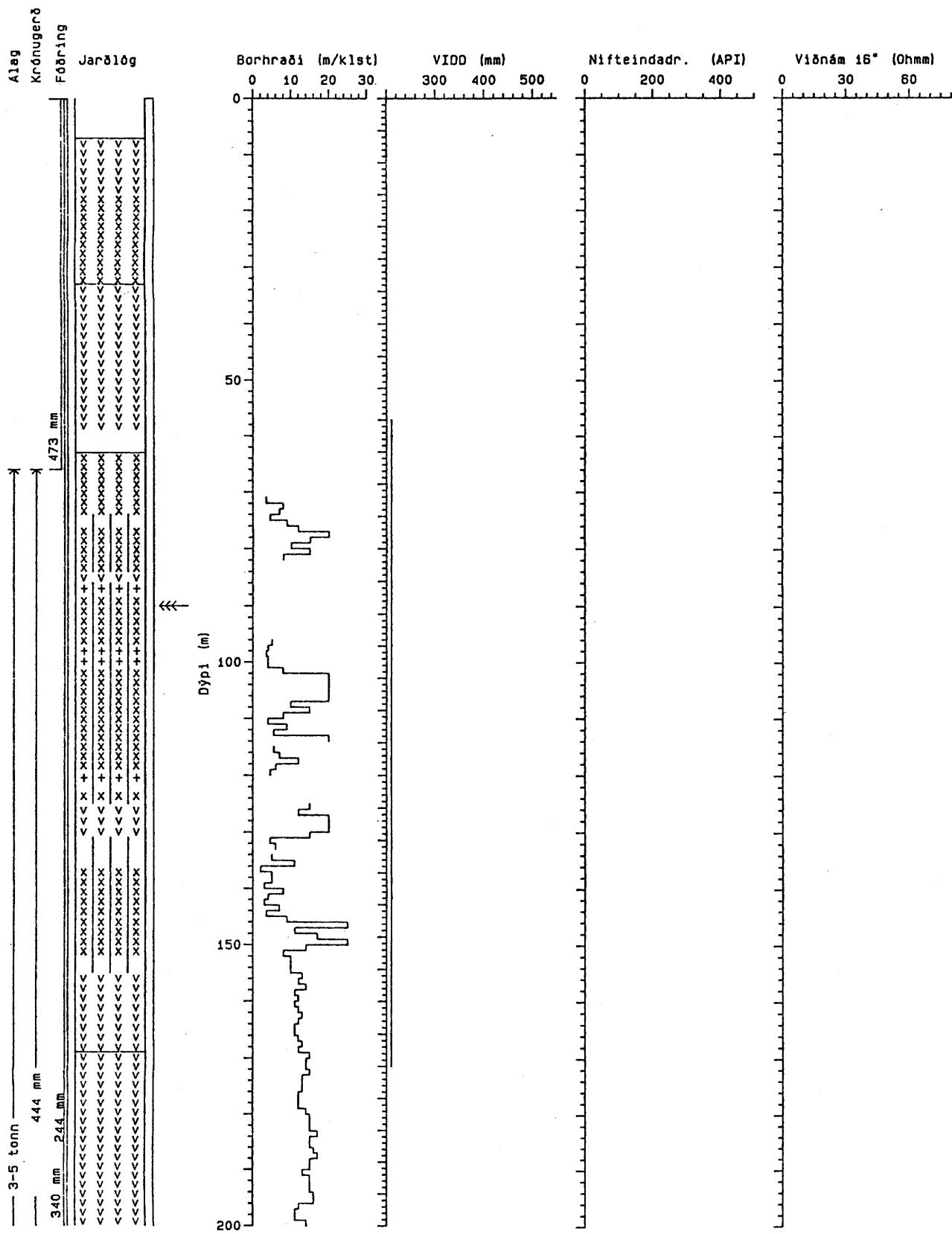


MYND 3 Frágangur holu



JHD-BJ/BM-8715-HF/GuH  
85-01-0128 T

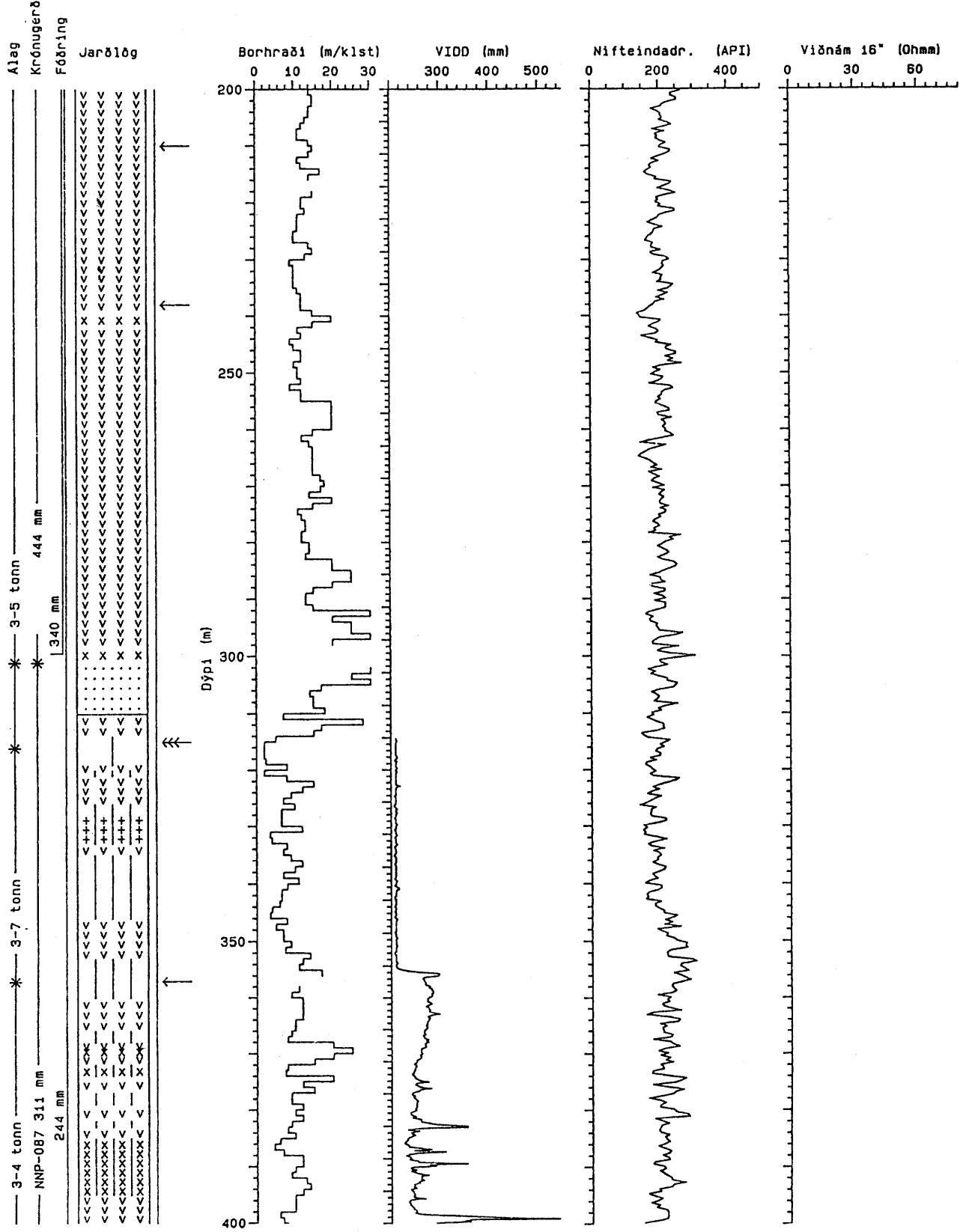
NESJAVELLIR  
Jarðlög og mælingar



MYND 4 Jarðlagaskipan og mælingar

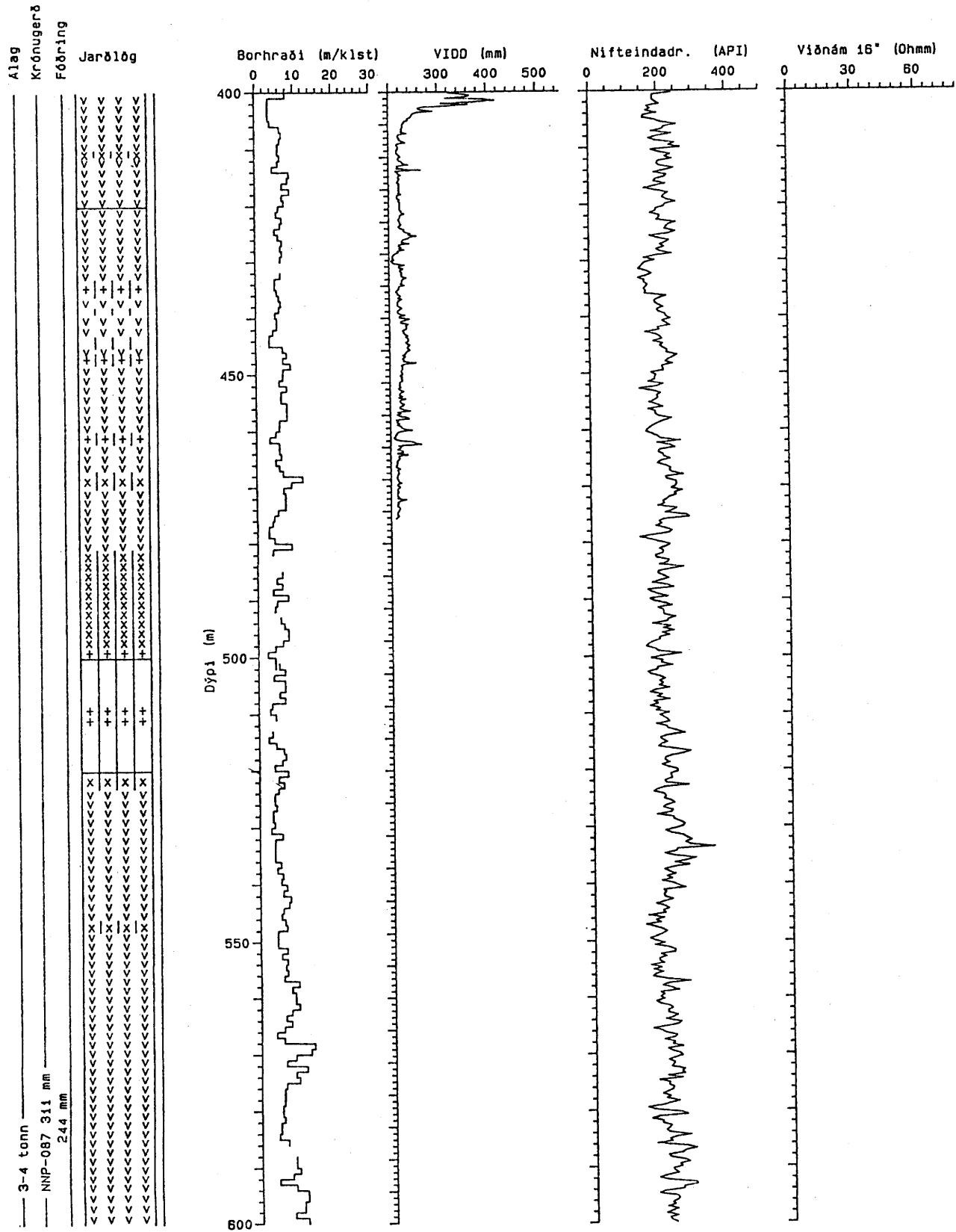
JHD-BJ/BM-8715-HF/GuH  
85-01-0128 T

NESJAVELLIR  
Jarðlög og mælingar



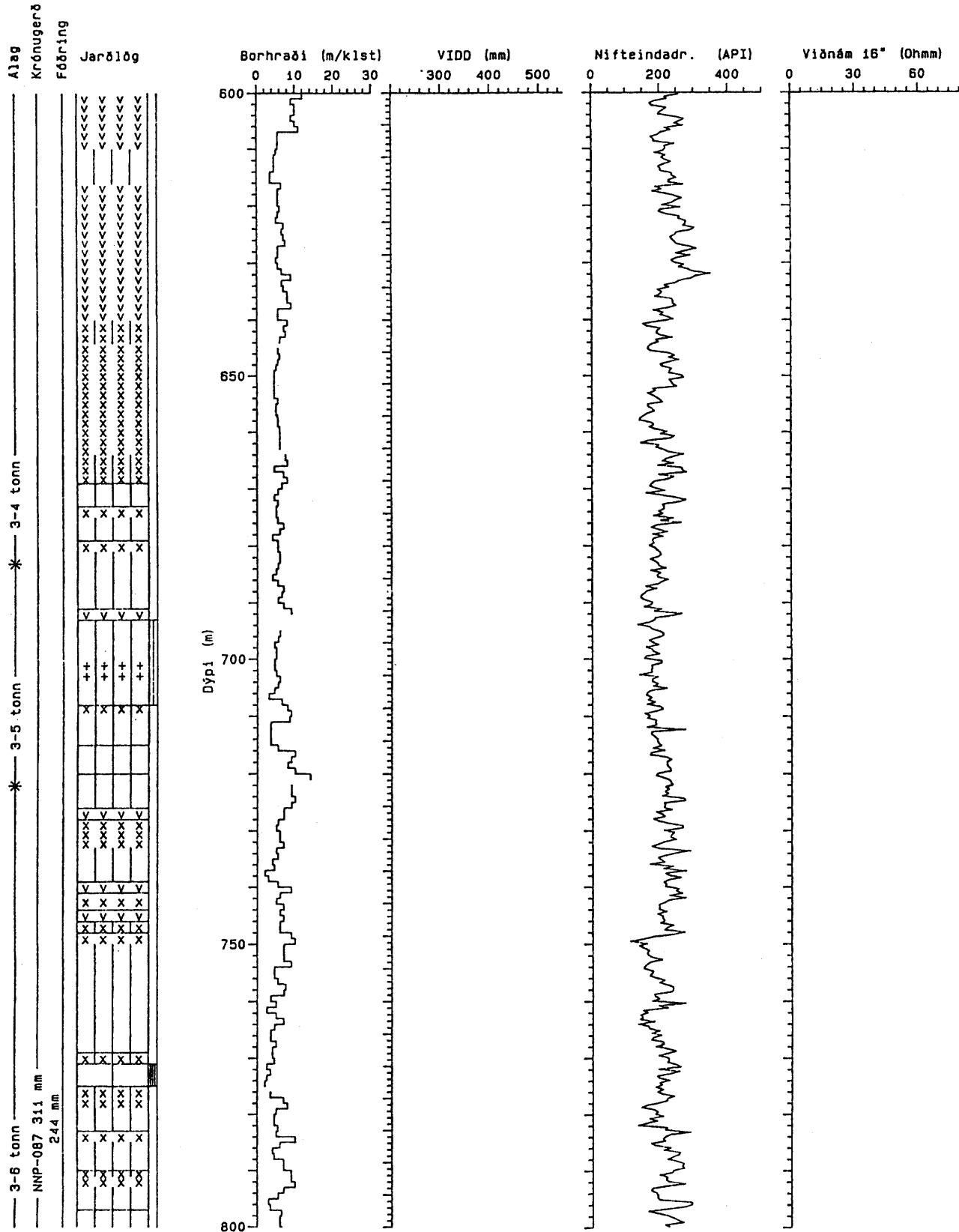
I JHD-BJ/BM-8715-HF/GuH  
85-01-0128 T

NESJAVELLIR  
Jarðlög og mælingar



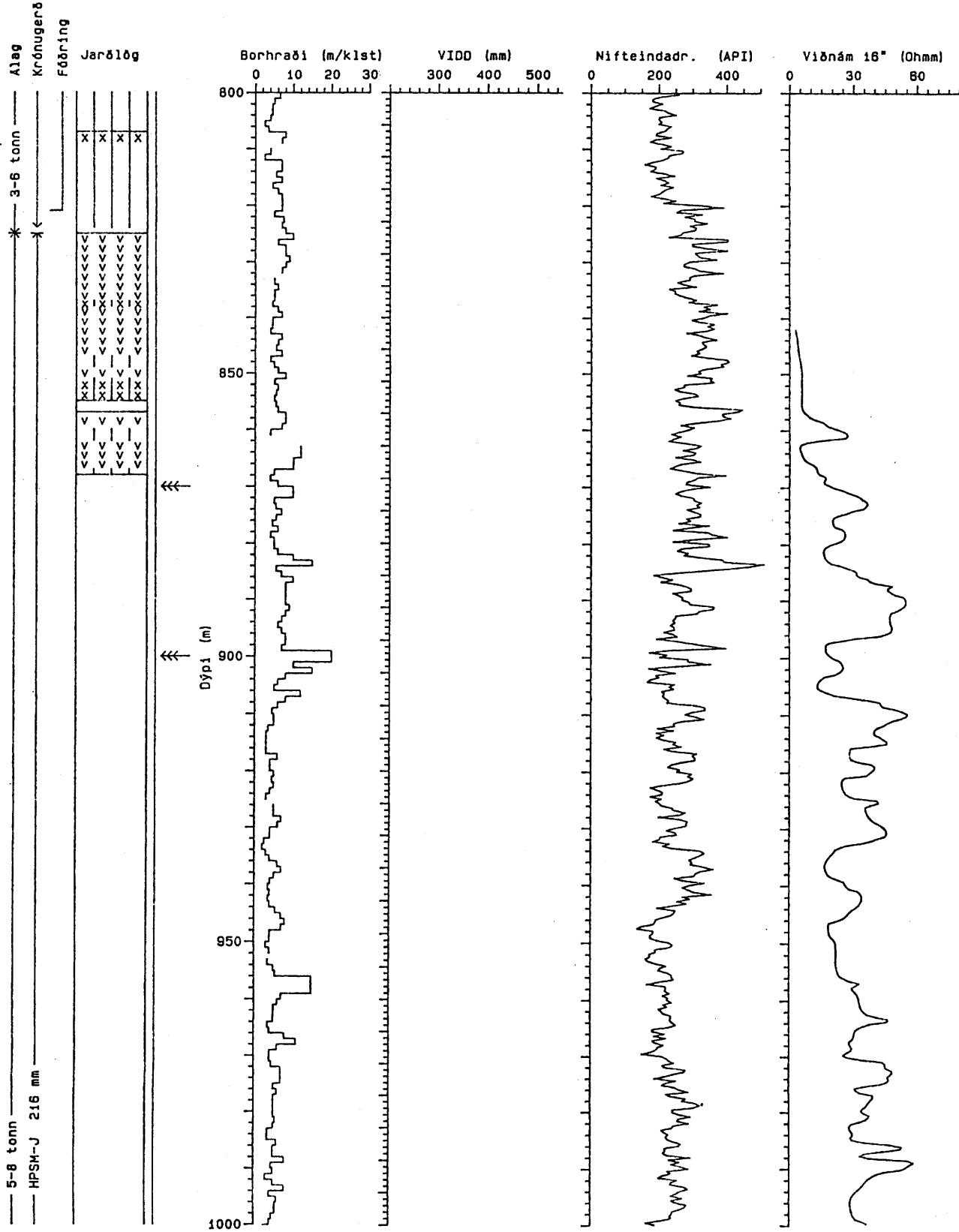
JHD-BJ/BM-8715-HF/GuH  
85-01-0128 T

NESJAVELLIR  
Jarðlög og mælingar



I JHD-BJ/BM-HF/GuH  
85-01-0128 T

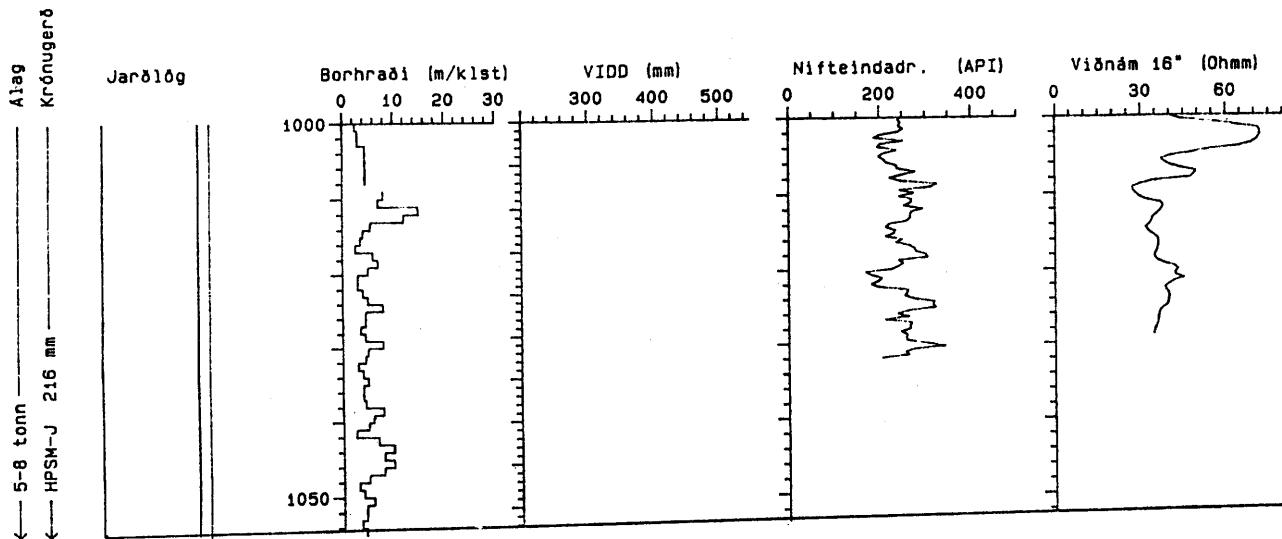
NESJAVELLIR  
Jarðlög og mælingar



MYND 4 (frh.)

JHD-BJ/BM-8715-HF/GuH  
85-01-0128 T

NESJAVELLIR  
Jarðlög og mælingar



Skýringar við jarðlagasnið

|  |                                 |  |                   |
|--|---------------------------------|--|-------------------|
|  | Fersklegt fin-meðalkorna basalt |  | Overuleg vatnszð  |
|  | Ummynðað fin-meðalkorna basalt  |  | Greinileg vatnszð |
|  | Ummynðað meðal-grófkorna basalt |  | Stór vatnszð      |
|  | Ummynðað glerjað basalt         |  | Upphleðsluberg    |
|  | Basaltrík breksía               |  | Líklegt inniskot  |
|  | Tuff                            |  | Oruggt inniskot   |
|  | Finkornótt set                  |  |                   |
|  | Svarf vantar                    |  |                   |

MYND 4 (frh.)

MYND 4 (frh.)

### 3 JARÐLAGASKIPAN

Í þessum kafla er lýst þeim bergmyndunum sem hola NG-9 sker. Þeim aðferðum sem notaðar eru við greiningu borsvarfsins er lýst í viðauka við skýrslu um holu NG-7 (Hjalti Franzson og Hilmar Sigvaldason 1985). Kaflanum er skipt í þrjá hluta: Fyrst er fjallað um upphleðslueiningar, þ.e. jarðlög sem hlaðist hafa upp í gosum á yfirborði. Síðan er gerð grein fyrir þeim innskotslögum sem holan sker, og svo í lokin er gerður samanburður á einfaldaðan hátt við þau jarðlög sem holar NG-6 og NG-8 skera.

#### 3.1 Upphleðslumyndanir

Jarðögum í holunni er skipt upp í alls sjö myndanir. Af þeim eru sex móbergemyndanir, sem hver um sig er rakin til eins goss undir jökli ísaldar. Sjöunda myndunin er svo hraunlagamyndun sem talin er hafa orðið til á hlýskeiði. Á mynd 4 er sýnd nákvæm jarðlagagreining en á mynd 5 er sýnd skipting upphleðslueininganna í myndanir.

Móbergemyndun-1 (0-35 m). Móbergið er tvískipt; efstu 18 m eru túff en bólstraberg(-breksía) í neðri hlutanum. Þetta móberg sést vel í gilinu austan holunnar, þar sem þétt túffið liggur ofan á bólstrabergi. Þar sést vel að jarðhitinn á greiða leið um bólstrabergið en ekki nema að mjög takmörkuðu leyti um túffið. Þar sem kristöllun hefur átt sér stað í móberginu er bergið jafnkorna og stak-ólivin og plagióklasdílótt.

Móbergemyndun-2 (35-169 m). Langmestur hluti myndunarinnar telst vera bólstraberg (-breksía) nema neðstu 15 m sem eru úr túffi. Bergið er stak-plagióklas/ólivín dílótt. Kristöllun í grunnnassa bendir til ólivín þóleiít samsetningar bergsins.

Móbergemyndun-4 (169-310 m). Túff er mjög ráðandi í mynduninni og í neðstu 9 m koma fram í því seteinkenni. Myndunin er mjög plagióklasdílótt. Annað sérkenni er að dílarnir eru mjög oft brotnir. Móbergið er mjög líklega þóleiít.

Móbergemyndun-5 (310-420 m). Niður í 395 m dýpi skiptast á þunn basalt- og túflög, en túff er ríkjandi í neðstu 25 m myndunarinnar. Kristöllun bendir til þóleiítsamsetningar.

Móbergemyndun-6 (420-670 m). Þetta 250 m þykka móberg er hér talið til einnar myndunar þótt ekki sé alveg víst að svo sé. Hún er að miklum hluta hlaðin upp af túffi en bólstraberg(-breksía) kemur fram á

dýptarbiliðu 480-525 m og svo neðan 640 m. Kristöllun móbergsins bendir til þess að það sé af ólivínbóleit kyni og er einnig stak-plagióklas dílótt. Þó er slíkt ekki einhlítt þar sem bóleit kristöllun er nokkuð einkennandi. Sá möguleiki er fyrir hendi að hér séu þrjár móbergsmýndanir.

Hraunlagamyndun-1 (670-824 m). Á þessu dýpi koma fram fyrstu óyggjandi merki um hraunlög (þ.e. upphleðsla á hlýskeiði). Alls er unnt að greina 14 hraunlög, en túffset á milli þeirra eru fá og þunn. Í svarfgreiningu sýna þau nokkuð einkenni bóleiti í fremur jafnkorna og jafndreifðri megetít kristöllun. Í þunnsneiðum er fremur jafnkorna kristöllun algeng, en einnig má greina ólivín í grunnmassa.

Móbergsmýndun-7 (824-?). Neðri mörk þessarar myndunar eru ekki þekkt þar sem algjört skoltap varð á 870 m dýpi og því engar svarfheimtur þar fyrir neðan. Meiri hluti móbergsins er gerður úr túffi nema nokkuð bregður fyrir bólstrabergi á 845-855 m. Erfitt er að greina móbergið til tegundar en þó talið líklegt að um bóleit sé að ræða.

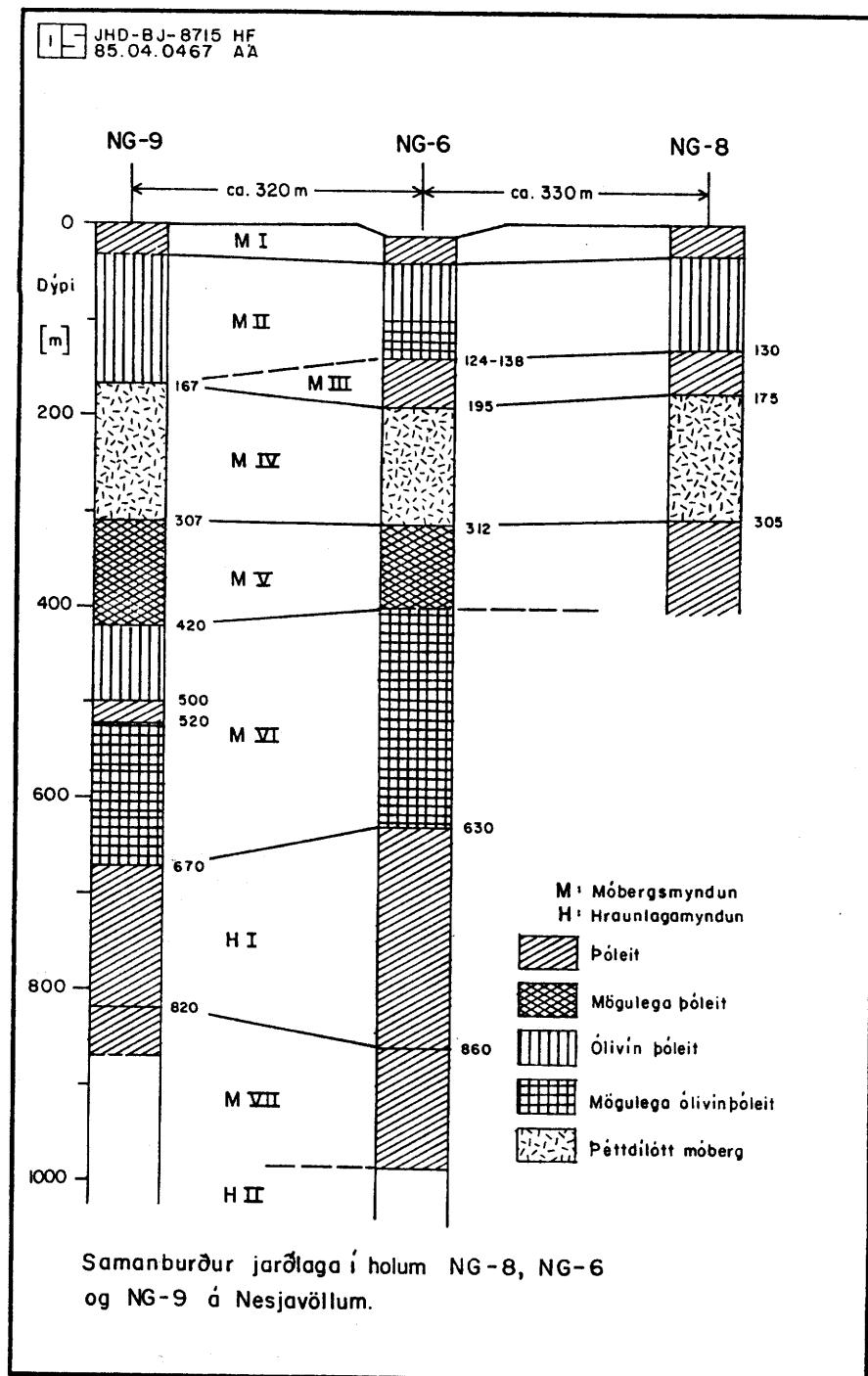
### 3.2 Innskot

Aðeins var á tveimur stöðum vart við berglög í holunni sem líktust innskotsbergi, en það var á 692-708 m og svo 770-774 m dýpi. Það efra er fín-grófkorna ólivín bóleit en það neðra mun líkara bóleiti. Svonefndrar hitaummyndunar (contact metamorphism) verður vart neðan um 735 m dýpis og þá sérstaklega í grennd við neðra innskotið en ekki í því sjálfu. Slikri ummyndun (clino-pyroxen, magnetít og oxun) hefur verið lýst í holu NG-7 (Hjalti Franzson og Hilmar Sigvaldason 1985) og víðar, en hún er talin myndast við jaðra innskota. Mögulega er holan nærri innskoti á þessu dýpi og beinist grunur óneitanlega að neðra innskotinu. Þar við bætist að neðan þess sem innskotið kemur fram verður mjög áberandi aukning í sprungufyllingum (sjá mynd 8). Hvorutveggja, hitaummyndunin og svo sprungufyllingarnar, er talið merkja sprungubelti við jaðar lóðréttis berggangs.

### 3.3 Samanburður berglaga NG-9, NG-8 og NG-6

Á mynd 5 er sýnd líkleg jarðlagatenging á milli Ng-9, NG-6 og NG-8. Jarðlagamyndanir virðast tengjast fremur auðveldlega á milli holanna, þó með undantekningum: Móbergsmýndun 3, sem finnst bæði í holum NG-6 og NG-8, er ekki að finna í NG-9, en það gæti merkt að endamörk þeirrar myndunar væru á milli holanna. Önnur undantekningin er bóleitið á 500-520 m dýpi í móbergsmýndun 6, en hennar verður ekki vart í NG-6. Sú þriðja er að um 40 m dýptarmunur er á hraunlagamyndun

1. Þegar hraunlög renna á yfirborði, sem hver annar vökti, leitast þau við að jafna út og sléttu misfellur í landslagi. Um 40 m hæðarmunur bendir til um 8 gráðu halla á þessum berglagaskilum. Það er því vel hugsanlegt að misgengi með um 40 m sigi austan megin liggi á milli borholanna. Ekki er ljóst hvort það sker þær berglagamyndanir sem ofar liggja.



## MYND 5 Samanburður bergmyndana NG-9, NG-6 og NG-8

#### 4 UMMYNDUN

Í þessum kafla verður gerð grein fyrir nokkrum hluta þeirra ummyndunargagna sem safnað hefur verið. Honum verður skipt í þrjá hluta: Verður fyrst fjallað almennt um dreifingu ummyndunarsteinda í holunni en síðan um ummyndun frumhluta bergsins í holunni, sérstaklega glersins og plagióklasans. Að síðustu er gerður samanburður ummyndunar á einfaldan hátt í holu NG-9 og NG-6. Gögnum er varða röðun útfellinga í tíma hefur verið safnað en gerð skýrslu þar um verður að biða betri tíma.

##### 4.1 Dreifing ummyndunarsteinda

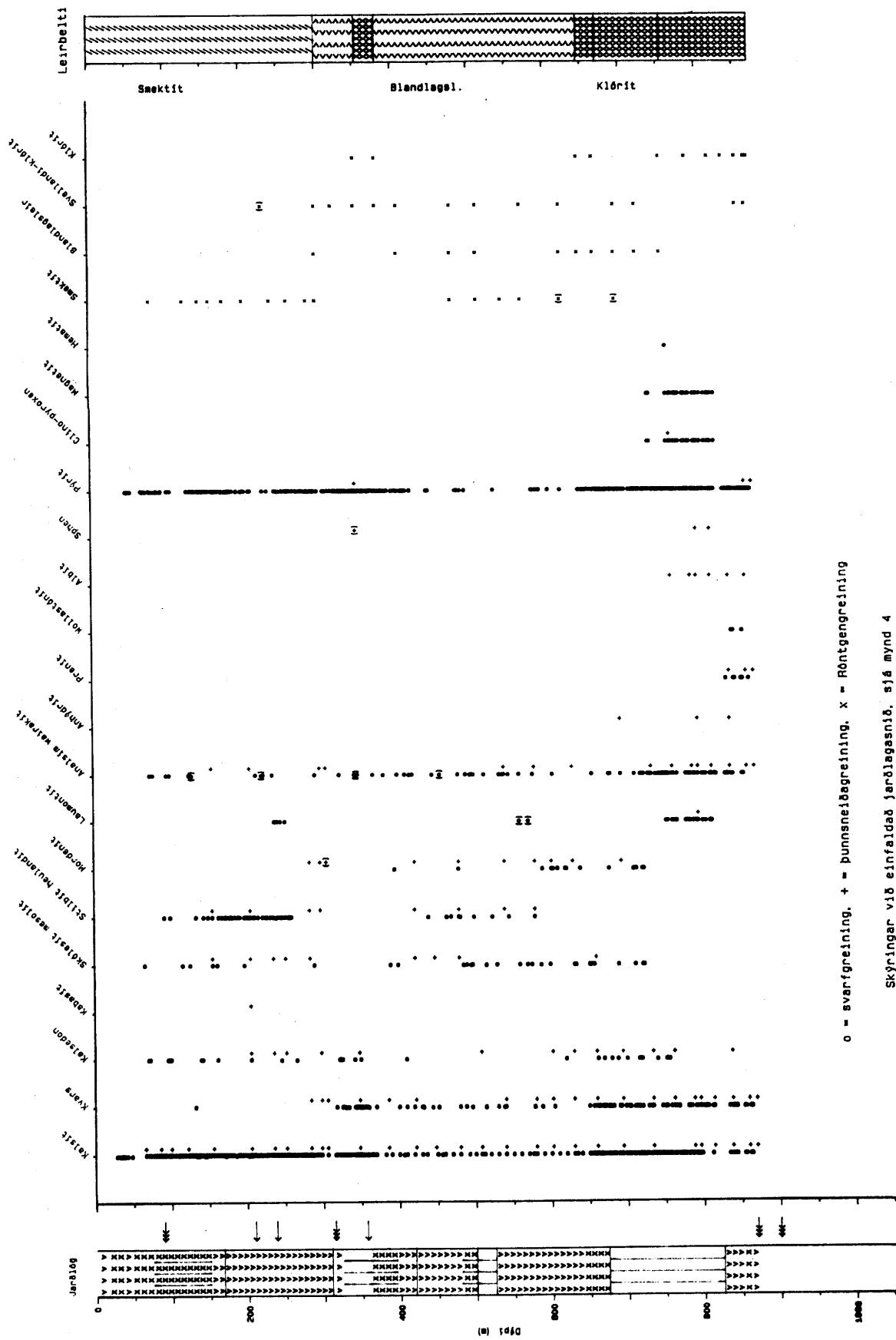
Í rannsókn á ummyndun í holum NG-6 og NG-7 var sýnt fram á að nokkur atriði ummyndunarinnar öðrum fremur tengjast því jarðhitakerfi sem nú er virkt á Nesjavöllum. Reynt hefur verið í ummyndunarrannsóknum í holum NG-8 og NG-9 að einblína nokkuð á þau atriði.

Á mynd 6 er sýnd dreifing ummyndunarsteinda með dýpi í holu NG-9. Eftirfarandi atriðum í mynd 6 er vert að vekja athygli á:

1. Ummyndun á 300-380 m dýpi, þar sem holan skar fremur stórar æðar, er nokkuð afgerandi. Kvars er mjög algengt, vart verður við sphén og smektít hverfur en í þess stað greinist svellandi klórít og klórít. Pýrit er sérstaklega algengt á þessu dýpi eins og best sést á mynd 8. Einkar athyglisvert er að á sama dýptarbili hverfa allir zeólítar.
2. Frá um 400 m niður á rúma 600 m er ummyndun mun minni sem sést á minnkun í kalsíti og pyríti (sjá einnig mynd 7) svo og kvarsi. Aftur á móti eru zeólítar mun algengari. Klórít greinist ekki á þessu dýpi.
3. Neðan 650 m kemur fram aukning á ný í ummyndun, sem best sést á því hve kalsít, kvars og pýrit eykst (sjá líka mynd 7). Zeólítarnir mesolít/skólesít og mordenít hverfa á rúmlega 700 m dýpi.

JHD-BJ-8715-HF  
85-12-1551 T

NESUAVELLIR HOLA NG-9  
Dreifing ummyndunarsteinda



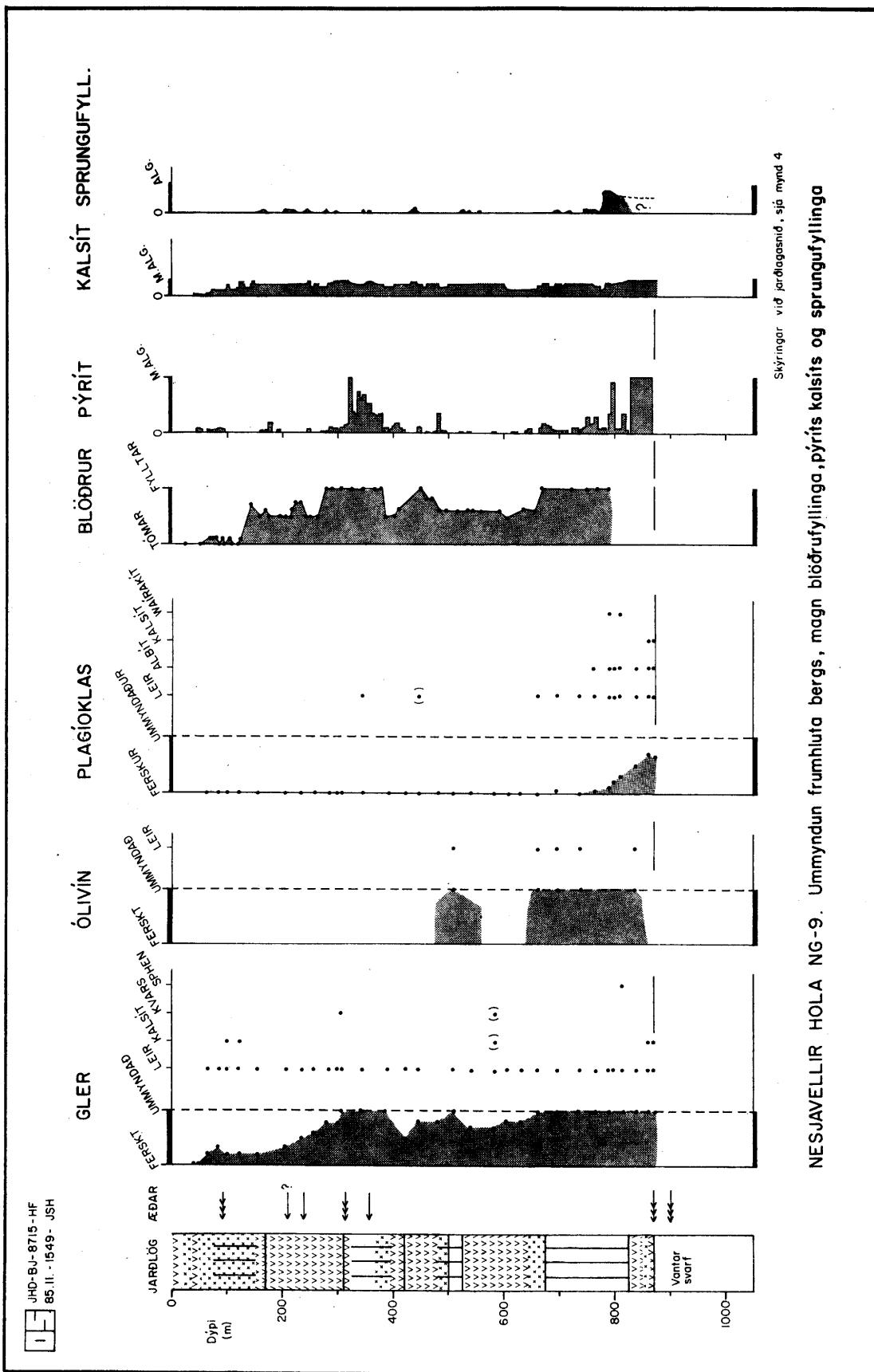
MYND 6 Dreifing ummyndunarsteinda

4. Á rúmlega 700 m dýpi kemur fram mjög áberandi clino-pýroxen og magnetít hitaummyndun (contact metamorphism), en þessi ummyndun er talin geta tengst þóleiít innskoti á 770 m dýpi. Rétt neðan þess innskots kemur fram mjög greinileg aukning í sprungufyllingum þar sem wairakít er mjög áberandi steind. Þessi atriði eru túlkuð á þann veg að holan skeri lóðréttan berggang og sprungubelti á dýptarbilinu frá um 750 m a.m.k. niður að móberginu í 824 m. Eftirtektarvert er að á svipuðu dýptarbili hverfur blandlagsleirinn og klórít verður ráðandi. Mögulegt er að þessi ákveðna aukning í ummyndun fylgi sprungubeltinu.
5. Hægra megin á mynd 6 er sýnd beltaskipting leirsteinda. Nokkuð ljóst er að skilgreina má a.m.k. tvö klórít belti; það efra á ca 350-380 m og það neðra neðan um 640 m. Efra beltið er á nokkuð augljósan hátt unnt að tengja við jarðhita þann sem í holuna kemur á því dýptarbili, og sama má segja um efri mörk blandlagsleirsteindanna.

#### 4.2 Ummundun frumhluta bergs

Ummundun glers, ólivíns, pýroxens, plagióklasa og í minna mæli magnetíts hefur verið nokkur gaumur gefinn. Ummundun þeirra er með nokkuð mismunandi hætti: Gler og ólivín sýna mjög afgerandi svörun gagnvart auknum hita (og vatnsgæfni). Pýroxen og plagióklas eru mun tregari að brotna niður í ummyndunarsteindir. Á mynd 7 er sýnt hvernig ummyndun glers og plagióklasa gefa til kynna breytileika í ummyndun. Mjög auðvelt er að sjá samsvörun á milli ummyndunar bergsins og dreifingar ummyndunarsteindanna (sbr. 4.2). Ummundun glersins er algjör á 300-400 m dýpi en minni þaðan og niður undir 700 m. Plagióklasinn byrjar fyrst að ummyndast yfir í leir á rúmlega 650 m dýpi en fer ekki að brotna niður í albit fyrr en neðan 780 m (þ.e. þegar holan kemur í sprungubeltið).

Á mynd 7 er einnig lagt gróft mat á hvað útfelli ngar fylla mikið holrými í bergen. Eins og vel sést er mjög gott samræmi á milli ummyndunar í glerinu og blöðrufyllinganna.



MYND 7 Ummyndun frumhluta bergs

NESJAVELLIR HOLANGUR. Ummyndun frumhluta bergs, magn blöðrufyllinga, pýrits kalsíts og sprungufyllinga

#### 4.3 Samanburður á ummyndun í NG-9 og NG-6

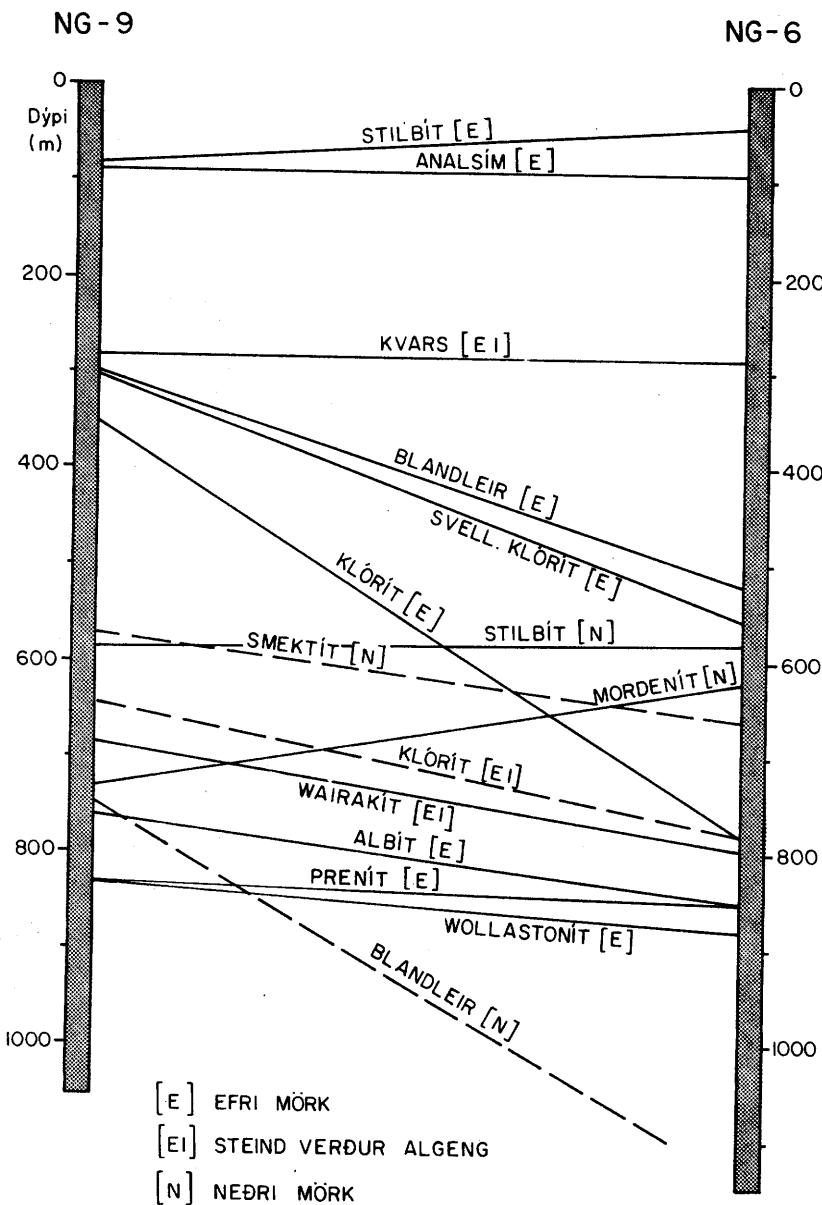
Á mynd 8 er með tengilínum sýndur samanburður á efri og neðri mörkum nokkurra ummyndunarsteinda í NG-9 og NG-6. Myndin sýnir a.m.k. þrjú áhugaverð atriði:

1. Efri og neðri mörk zeólíta svo sem anal síms, stilbíts og mordeníts eru á mjög svipuðu dýpi í holunum; liggja reyndar eilítið hærra í NG-6.
2. Háhitasteindirnar wairakít, albít, prenít og wollastónít liggja 20-120 m nærra í NG-9.
3. Leirsteindir liggja mun hærra í NG-9 en í NG-6 allt frá 90 m í 430 m en um 250 m að meðaltali. Þær tengilínur leirsins sem liggja við 300-350 m dýptarbilið í NG-9 eru vegna áberandi ummyndunar í kringum vatnsæðarnar sem holan sker á því dýptarbili.

Í NG-6 og einnig í holu NG-8 komu æðar í holuna á rúmlega 300 m dýpi, en það dýpi samsvarar nokkuð vel skilum á milli móbergsmýndana, og benda líkindi til þess að jarðlagamótin séu almennt vel leiðandi og liggi nær láréttu í berggrunninum. Ummyndunin bendir til að jarðhitinn sé öflugri og jafnvel heitari í NG-9 en í NG-6. Einnig bendir ummyndun til að jarðhitakerfið liggi grynnra í NG-9 en NG-6. Almennt séð bendir samanburður á ummyndun til að NG-9 liggi í öflugra jarðhitakerfi en NG-6.

Einnig er ljóst að leirgreiningar hljóta að skipa æruverðugan sess í ummyndunarrannsóknum, þar sem þær gefa vel til kynna staðsetningar á vatnsæðum, sérstaklega í efri hluta jarðhitakerfisins.

JHD-BJ-8715-HF  
85.II-1548 - JSH



NESJAVELLIR. Tengilínur efri og neðri marka nokkurra ummyndunarsteinda á milli holanna NG-9 og NG-6

#### MYND 8 Samanburður ummyndunar í NG-9 og NG-6

## 5 MÆLINGAR

Í NG-9 voru gerðar 20 mælingar eins og fram kemur í töflu 1, en hún sýnir allar mælingar í og eftir borum. Mest ber þarna á hitamælingum 13 að tölu enda var jarðfræðilegum mælingum sleppt í fyrsta og öðrum áfanga af öryggisástæðum.

Hitamælingar í fyrsta áfanga eru sýndar á mynd 9. Fyrsta hitamælingin er frá 84.08.28 er borað hafði verið í 298 m og steypt hafði verið þrisvar sinnum í holuna til að þétta leka í henni. Stærsti lekinn var á 85-94 m dýpi og sjást engin merki hans á hitamælingunni, né þeim hitamælingum sem gerðar voru fyrir og eftir upptekt í 301 m.

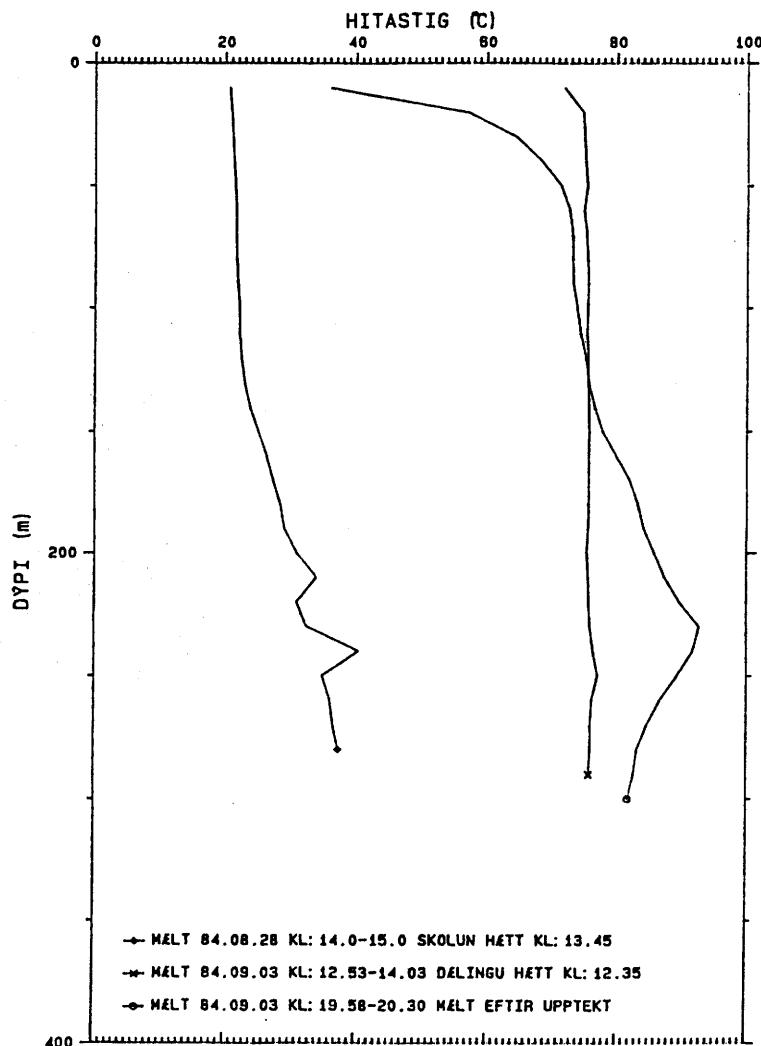
Í öðrum áfanga var holan hitamæld alloft til að fylgjast með upphitun á að í 310-320 m dýpi (myndir 10-12). Á þessum hitamælingum kom í ljós að holan var mjög þétt fyrir neðan 400 m en þótt steypt hafi verið í 310-320 m æðina var hún farin að gefa 3,5 l/s inn í holuna eð upptekt lokinni. Var því ljóst að holan yrði illviðráðanleg ef æðin opnaðist betur og var því ákveðið að sleppa frekari mælingum og fóðra holuna. Eftir 1. steypingu var holan CBL-mæld (mynd 13) og sýnir hún steypuborð í 315 m. Eftir steypingu rann um 1 l/s upp úr holunni og var því dælt á hana utan með fóðringu og mælt hve djúpt kælingin næði (mynd 14). Á myndinni sést að kælingin nær allt niður í 345 m dýpi, og var því ráðist í að steypa þennan hluta ofan frá.

Í þriðja áfanga var hitamælt inni í stöngum fyrir og eftir upptekt (mynd 15), en á þessum hitamælingum sést að öll ádæling tapast út ofan 900 m dýpis. Þá var vídd holunnar, viðnám og poruhluti mældur og eru þessar mælingar sýndar á mynd 4 ásamt jarðlagasniði og borhraða. Erfitt er að bera niðurstöður mælinganna saman við jarðlagasnið þar sem svarfgreining er engin til fyrir neðan 870 m vegna þess að ekkert skol náðist upp úr holunni eins og áður sagði.

Viðnámsmæling sýnir að viðnám neðan fóðringar er allt lægra en 80 ohmm, en á mynd 16, sem sýnir dreifingu viðnámsgilda á þessum kafla sést að viðnámið er að meðaltali  $30 \pm 13$  ohmm. Útreiknaður poruhluti fyrir vinnsluhluta holunnar gefur að meðalporuhluti er  $21,5 \pm 8,8\%$  (mynd 17) en ekki var unnt að reikna út poruhlutann fyrir ofan 824 m þótt N-N mælingin sýni neftrónudreifingu fyrir alla holuna þar sem fóðringar deyfa mæligildin verulega.

I- JHD-BM-8715 HS  
85.12.1290 T

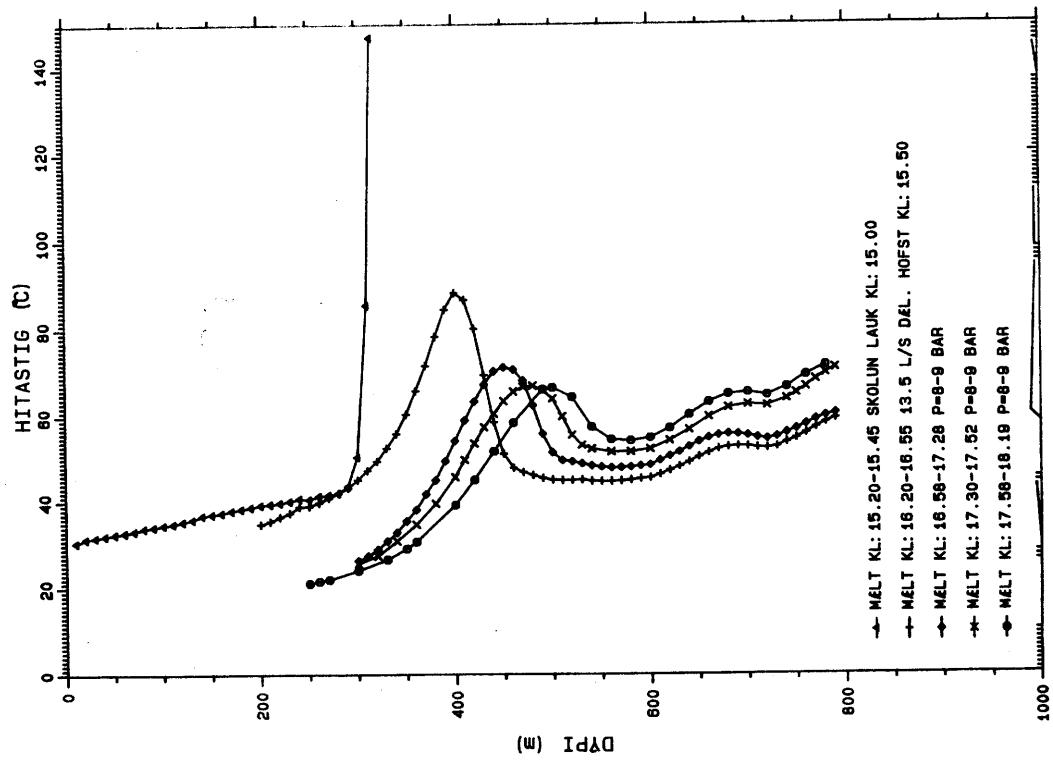
NESJAVELLIR NG-9  
HITAMÆLINGAR



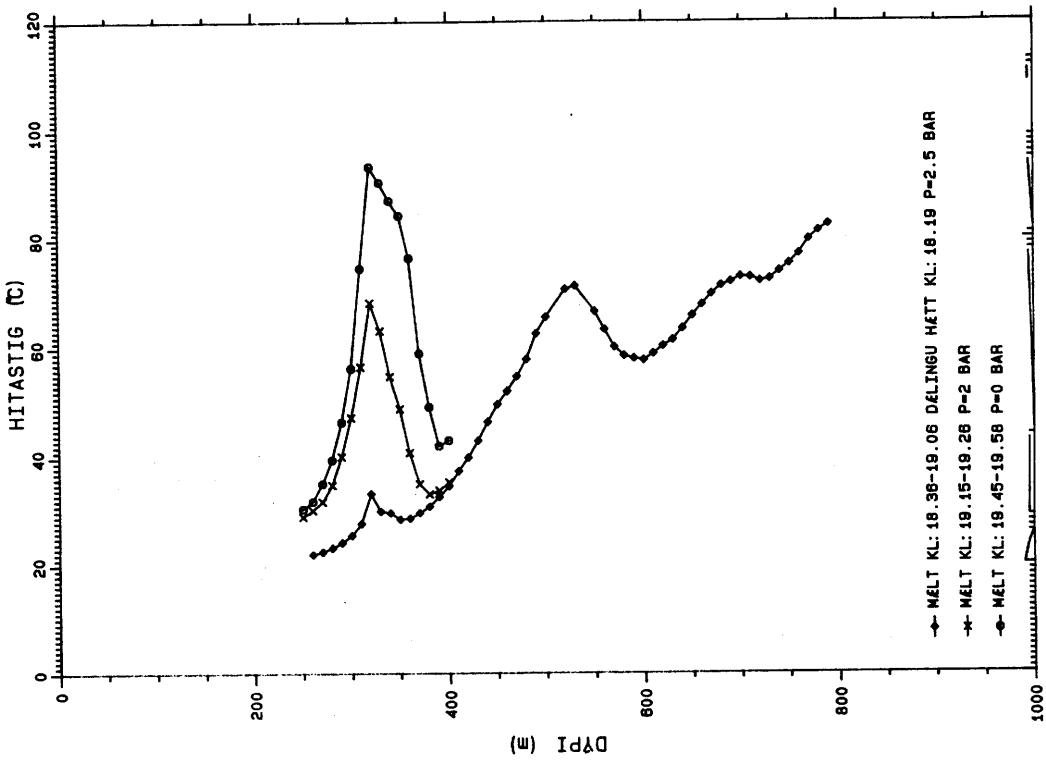
MYND 9 Hitamælingar

JHD-BW-8715 HS  
84.09.1177 T

HITAMÆLING I NG-9 12. SEPT

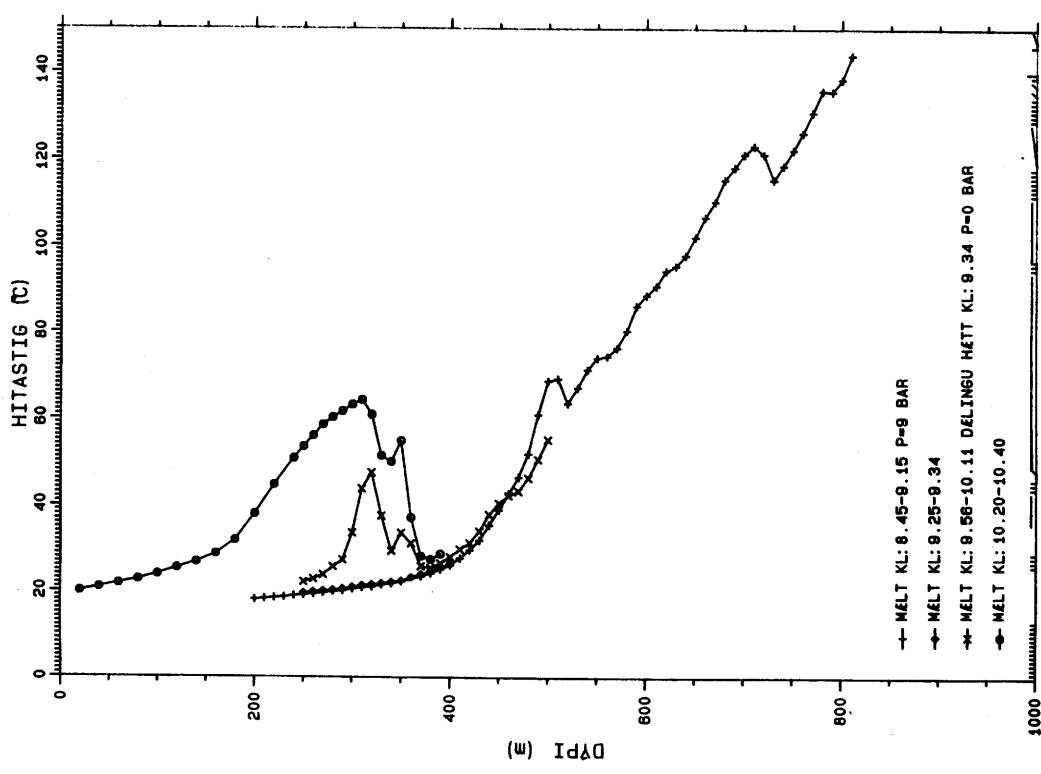


HITAMÆLING I NG-9 12. SEPT

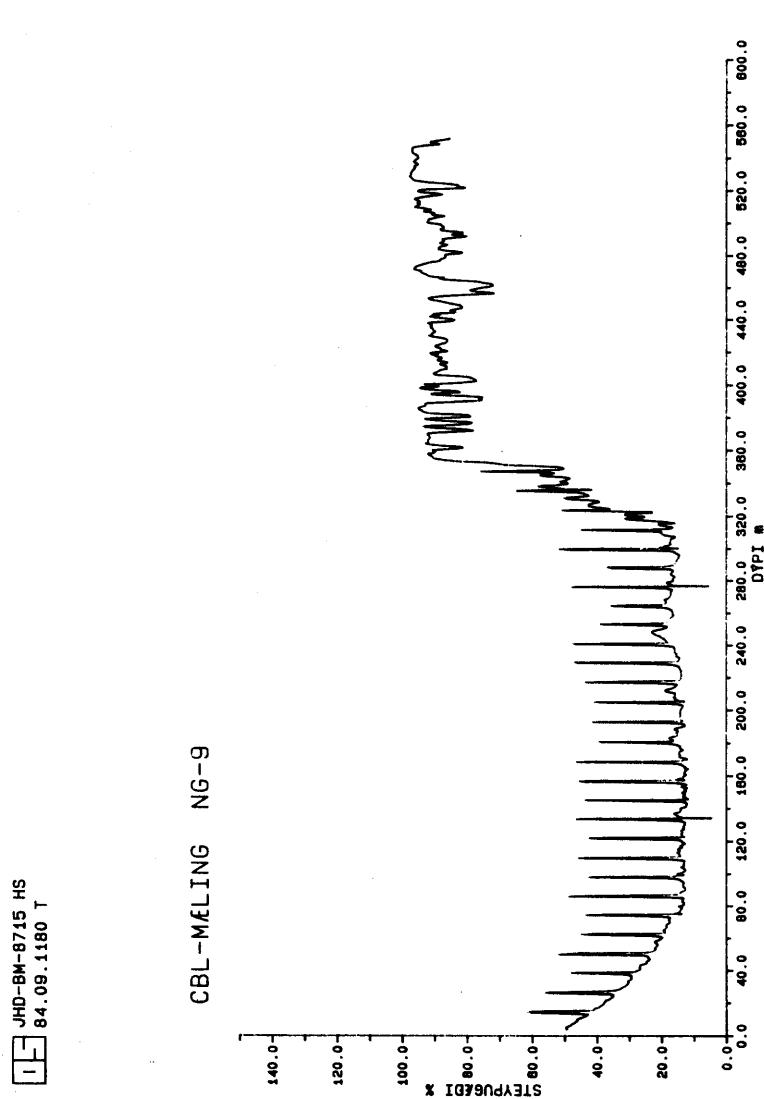


[ ] JHD-BM-8715 HS  
[ ] 84.09.1178 T

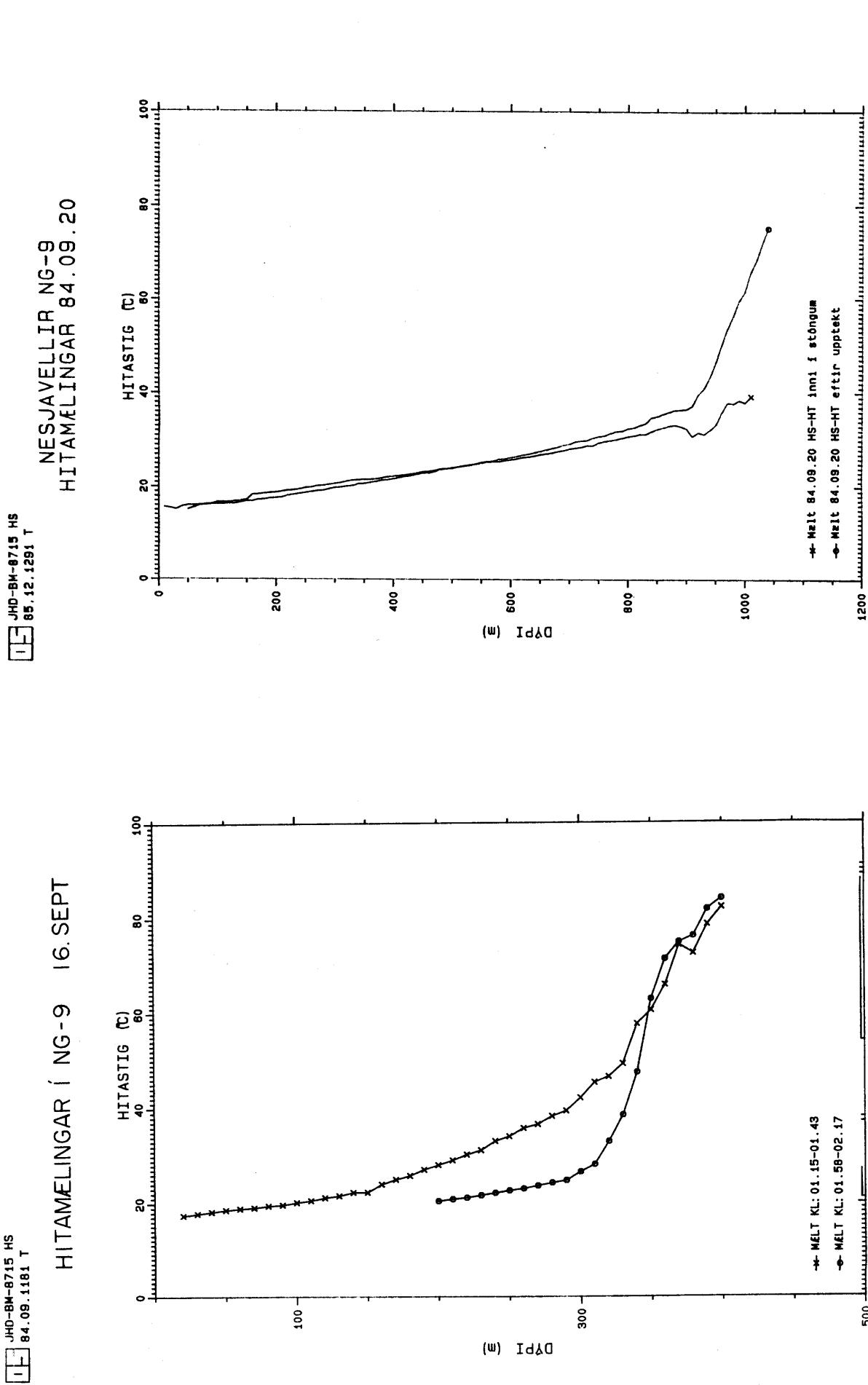
### HITAMÆLINGAR I NG-9 13. SEPT



MYND 12 Hitamælingar 13.09.84



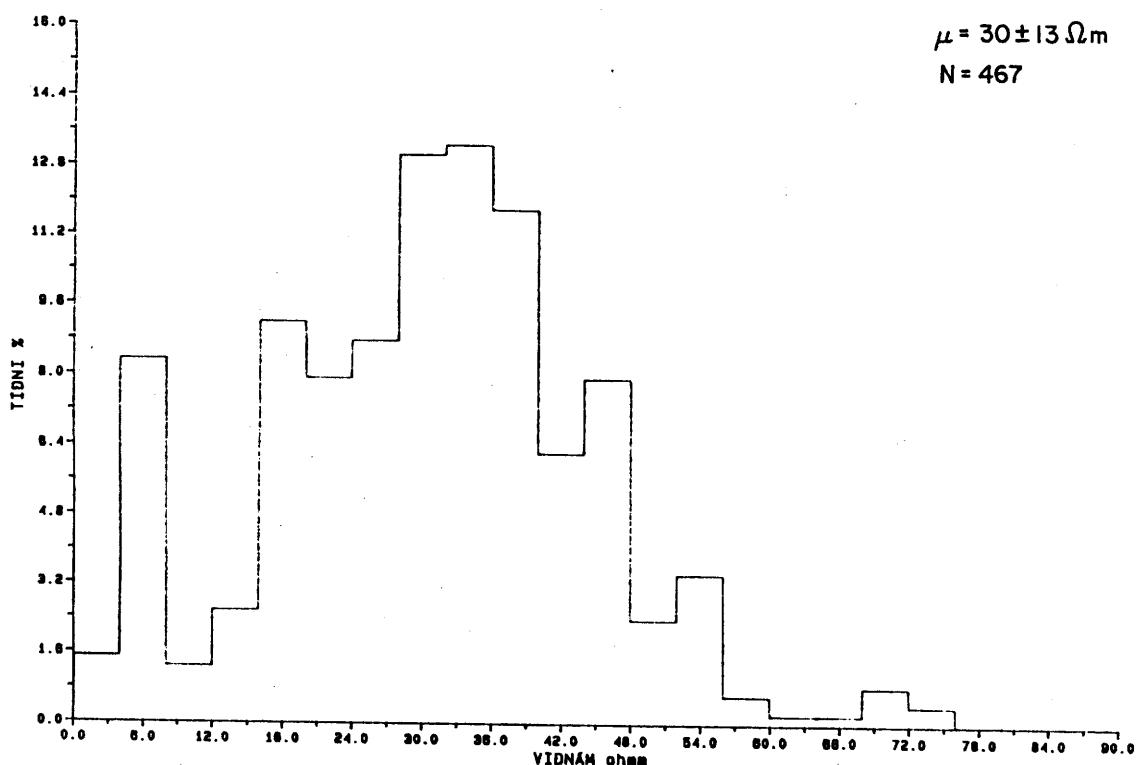
MYND 13 CBL-mæling, steypuðgæði



MYND 15 Hitamælingar 20.09.84

JHD-BM-8715 HS  
85.12.1293 T

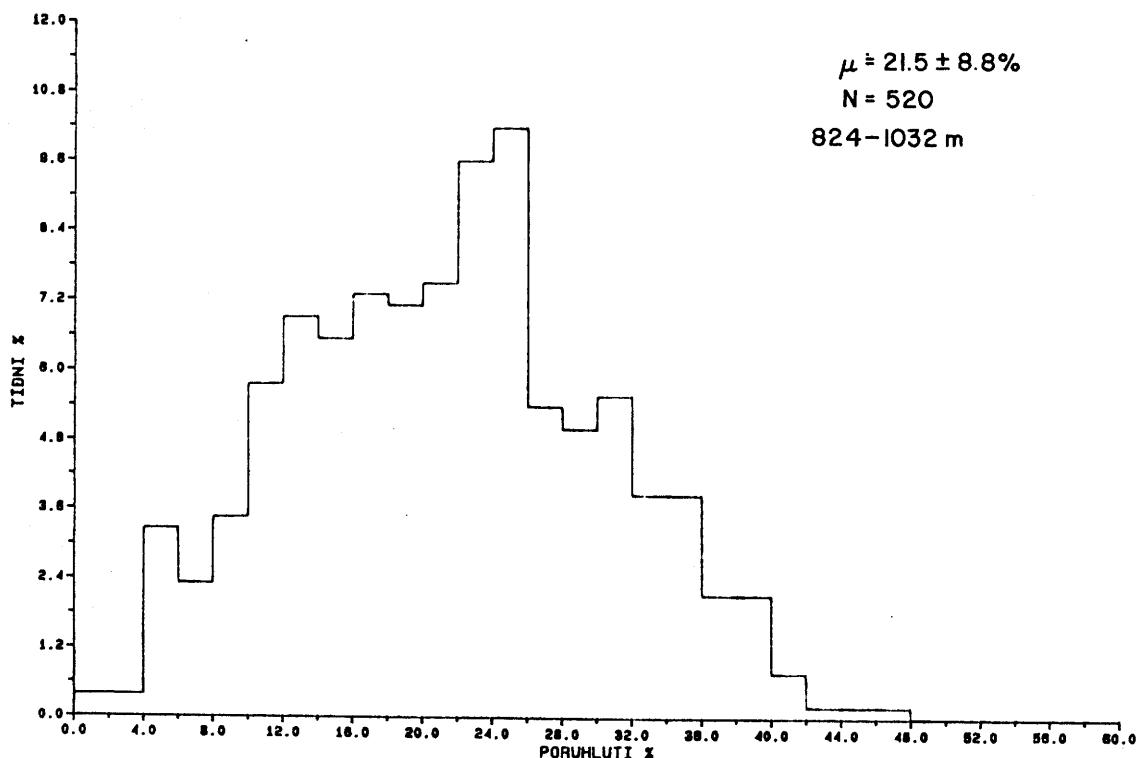
NESJAVELLIR NG-9 16" VIÐNÁM



MYND 16 Tíðnidreifing viðnáms

JHD-BM-8715 HS  
85.12.1292 T

NESJAVELLIR NG-9 PORUHLUTI



MYND 17 Tíðnidreifing poruhluta

Tafla 1.

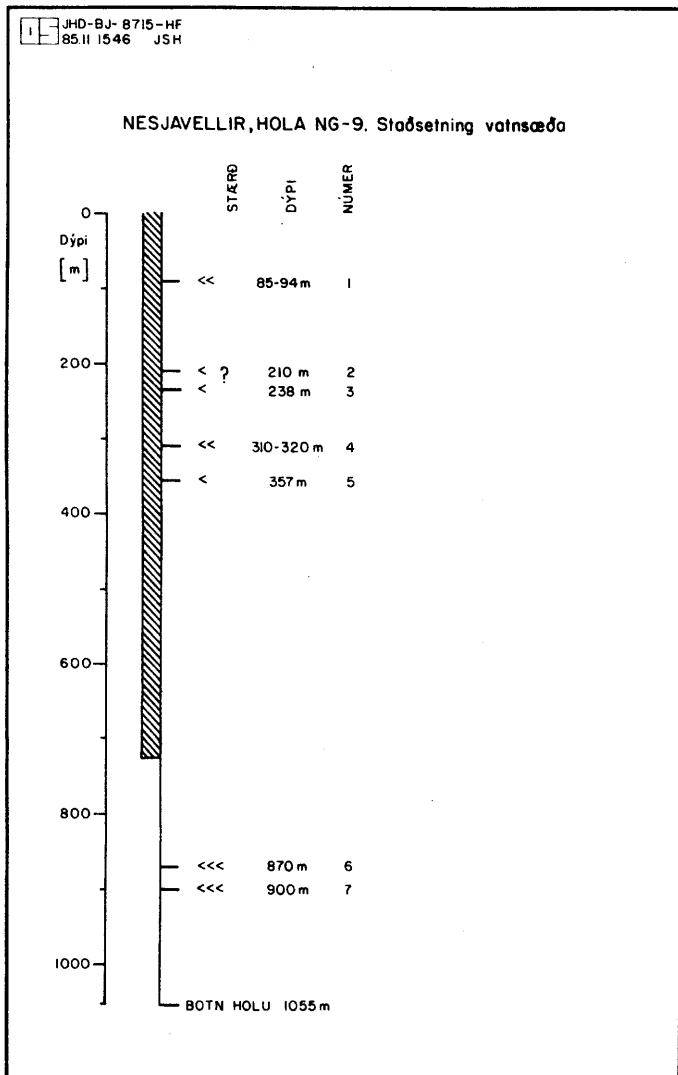
NESJAVELLIR NG-9 Mælingar í borun og upphitun eftir borun

| Dags.    | Kl.         | Hvað<br>mælt        | Dýptarbil<br>(Dýpi) | Ástand<br>holu                 | Tilgangur                                       | Aths.                             |
|----------|-------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|
| 84.08.28 | 13:58       | HITI-dT-CCL         | 0-278<br>(298)      | Skolun hætt<br>kl 13:45        | Upphitun  | Mælt inni í<br>borstreng          |
| 84.09.03 | 12:53-14:03 | HITI-dT-CCL         | 0-290<br>(301)      | Skolun hætt<br>kl 12:35        | - " -   | - " -                             |
| 84.09.03 | 19:58-20:30 | HITI-dT-CCL         | 0-300<br>(301)      | Borun lokið<br>f.13 3/8"       | - " -   | Mælt eftir<br>upptekt<br>fóðringu |
| 84.09.12 | 15:20-19:35 | HITI-dT-CCL         | 0-794<br>(824)      | Skolun hætt<br>kl 15:00        | - " -   | Mælt inni í<br>borstreng          |
| 84.09.13 | 08:45-10:35 | HITI-dT-CCL         | 0-810<br>(824)      | Dæling hófst<br>kl 07:00       | - " -   | Mælt eftir<br>upptekt             |
| 84.09.15 | 21:15-21:50 | HITI-dT-CCL         | 0-790<br>(824)      | Steypingu lauk<br>kl 12:00     | Mælt fyrir Skolað í<br>CBL-mæl. botni til 17:30 |                                   |
| 84.09.15 | 22:45-00:20 | CBL                 | 0-550<br>(824)      | - " -                          | Steypuborð                                      | Steypuborð<br>í 315 m             |
| 84.09.16 | 01:15-02:17 | HITI-dT-CCL         | 0-400<br>(824)      | Útanádæl.<br>hófst<br>kl 00:20 | Upphitun  | Æðar í<br>300-350 m               |
| 84.09.20 | 16:00-18:00 | HITI-dT-CCL         | 0-1032<br>(1055)    | Borun hætt<br>kl 10:00         | Upphitun  | Útanádæling<br>10-15 l/s          |
| 84.09.20 | 23:30-00:30 | HITI-dT-CCL         | 0-1040<br>(1055)    | Upptekt<br>lokið               | - " -   | Ádæling<br>10-15 l/s              |
| 84.09.21 | 00:30-01:43 | VÍDD                | 0-1039<br>(1055)    | - " -                          | Holuvídd  | - " -                             |
| 84.09.21 | 02:00-03:30 | N-N+gamma           | 0-1038<br>(1055)    | - " -                          | Jarðlög   | - " -                             |
| 84.09.21 | 03:30-04:30 | VIÐNÁM              | 0-1040<br>(1055)    | - " -                          | - " -   | - " -                             |
| 84.09.21 | 05:00-07:00 | N-N+gamma           | 0-1040<br>(1055)    | - " -                          | - " -   | - " -                             |
| 84.09.22 | 00:45-11:00 | ÞREPADÆLING<br>HITI | 0-1000<br>(1055)    | Borun<br>lokið                 |   |                                   |
| 84.09.25 |             | HITI-dT-CCL         | 0-245<br>(1055)     | - " -                          | Upphitun  | VATNSBORD<br>134 m                |
| 84.09.25 |             | Am. HITI            | 0-1018<br>(1055)    | - " -                          |   | - " -                             |
| 84.09.25 |             | Am. ÞRÝSTINGUR      | 0-1018<br>(1055)    | - " -                          |   | - " -                             |
| 84.09.28 |             | Am. HITI            | 0-1018<br>(1055)    | - " -                          |   | VATNSBORD<br>74,5 m               |
| 84.09.28 |             | Am. ÞRÝSTINGUR      | 0-1018<br>(1055)    | - " -                          |   | - " -                             |

## 6 VATNSÆÐAR

Í holu NG-9 fundust merki um alls sjö vatnsæðar, en af þeim eru aðeins tvær í vinnsluhluta holunnar. Staðsetning þeirra og afstæð stærð samkvæmt borholugögnum er sýnd á mynd 18. Á eftirfarandi lista er helstu einkennum vatnsæðanna lýst:

1. 85-95 m. Á þessu dýpi varð 6 l/s skoltap, og þurfti að steypa tvisvar sinnum til að þétta holuna. Fyrstu merki um ummyndun glers og blöðrufyllinga. Aukning í pýríti og kalsíti. Að því er best verður séð er æðin í bólstrabergi.
2. 210 m. Gögn um þessa æð eru mjög af skornum skammti; helst er miðað við óverulegan hitatopp í hitamælingu frá 28. ágúst. Æðin liggur í túffi.
3. 230-237 m. Vísbending um þessa æð kemur fram í sömu hitamælingu og æð 2 og einnig kemur hitatoppur fram í mælingu 3. september. Mjög greinileg aukning verður í blöðrufyllingum á 225-230 m. Á þessu bili greinist laumontít, og í leirgreiningu af svipuðu dýpi virðist smektít vera að breytast jafnvel í svellandi klórít. Æðin kemur fram mjög nærrí lagskilum í móberginu.
4. 306-ca 320 m. Þegar borun hafði náð á 306 m dýpi jókst ummyndun mjög í svarfi og um 6 l/s skolaukning mældist og fylgdi því gasfnykur. Þessi æð kemur mjög vel fram í hitamælingum frá 12. og 13. september. Steypt var í æðina og hún þétt að miklu leyti. Mjög greinileg aukning sést í ummyndun á gleri í leir og einnig fannst vottur af kvarsi. Blöðrur allar fylltar og mjög áberandi pýríttoppur og aukning í kvarsi. Kalsít virðist aukast. Zeólitar og smektít hverfur en í staðinn koma svellandi klórít og blandlagsleir. Þessi æð eða æðar koma fram efst í móbergsmýndun 5.
5. 357 m. Á þessu dýpi varð vart við festu í snúningi og einhverja hitaukningu á skolvatni, en engar breytingar í rennsli. Æðin kemur vel fram í hitamælingu eftir upptekt úr 824 m dýpi. Klórít og svellandi klórít greinast á svipuðu dýpi. Í þunnsneið rétt ofan þessa dýpis greinist óveruleg leirmýndun í plagióklasa. Kvars er algengt við þetta dýpi. Æðin er innan móbergsmýndunar 5.



MYND 18  
Staðsetning vatnsæða

Ummyndun á 300-380 m dýpi ber nokkuð með sér að holan skeri vatnsæðanet á þessu dýpi en í því neti eru vatnsæðar 4 og 5 mest áberandi. Þar sem sprungufyllingar eru óverulegar á dýptarbilinu verður að telja líklegt að primer leiðni móbergsins stjórni streymi jarðhitavökvans.

6. 870 m. Á þessu dýpi tapaðist allt skolvatn um tíma, en þéttist lítillega, þótt ekki fengist upp svarf þegar hér var komið. Á þessu dýpi hitnaði holan hraðast upp eftir að ádælingu lauk. Skápamyndun kemur fram í víddarmælingu og er í samræmi við aukinn borhraða.

7. 900 m. Á þessu dýpi jókst borhraði skyndilega og skolvatn tapaðist alveg á nýjan leik. Þessi að tekur áberandi við ádælingu í borlok eins og sést á hitamælingu 20. september eftir upptekt. Á dýptarbilinu 898-904 m er mjög áberandi skápamyndun, sérstaklega í 898 m og er líklegt að þar megi helst staðsetja aðalvatnsæðina.

Eins og lýsing æða 6 og 7 ber með sér eru skápamyndun og aukinn borhraði vísbindingar um æðar. Á milli þessara æða verður einnig vart

við skápmeyndun og hraðari borun, t.d. 878 m og 883 m, og gæti það bent til að þar séu æðar. Eins og að framan er getið kom ekkert svarf til yfirborðs og því ekki unnt að gera sér grein fyrir jarðfræði í námunda við neðstu vatnsæðarnar tvær.

## 7 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður rannsókna á jarðfræði, ummyndun og mælingum í NG-9 eru eftirfarandi:

Holan sker a.m.k sjö upphleðslumyndanir, sex móbergs- og eina hraunlagamydun. Þessar myndanir er unnt að tengja við sams konar myndanir í holum NG-6 og NG-8. Ekki er að sjá að nein höggun hafi átt sér stað í efstu 600 m jarðlagastaflans. Innskot eru fremur fátíð í holunni.

Ummyndun fylgir nokkuð eftir dreifingu vatnsæða í holunni. Á dýptarbilinu frá 300- 400 m dýpi, þar sem holan sker áberandi vatnsæðar, hverfa zeólítar (nema wairakít), og háhitaummyndun verður áberandi (kvarts, klórít, wairakít), en sú ummyndun gæti bent til allt að 230 gráðu hita. Ummyndun neðan 800 m bendir til að hiti sé þar kominn yfir 270 gráður C. Beltaskipting ummyndunar sýnir á sama máta tvö klórítbelti, það eftir tengist áðurnefndu eftir vatnskerfi, en það neðra tekur við neðan um 650 m dýpis. Samanburður á ummyndun við holu NG-6 bendir til hærri hita ofar í berggrunninum í holu NG-9.

Vatnsæðar ofan 400 m dýpis eru taldar orsakast af "primerri" lekt upphleðslumyndana. Vegna skorts á svarfsýnum er ekki unnt að tengja vatnsæðar neðan 870 m við jarðfræði berggrunnsins.

## HEIMILDASKRÁ

Ásgrímur Guðmundsson, Héðinn Ágústsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalti Franzson og Sigurður Benediktsson 1984a: Nesjavellir, hola NG-9. Borun fyrir 340 mm (13 3/8") fóðringu og steyping. Orkustofnun, OS-84102/JHD-45 B, 13 s.

Ásgrímur Guðmundsson, Héðinn Ágústsson, Helga Tuliníus, Hilmar Sigvaldason og Ómar Sigurðsson 1984b: Nesjavellir, hola NG-9. Borun vinnsluhluta frá 824 í 1055 m. Orkustofnun, OS-84104/JHD-46 B, 22 s.

Hjalti Franzson, Jens Tómasson, Benedikt Steingrímsson, Héðinn Ágústsson og Sigurður Benediktsson 1984: Nesjavellir, hola NG-9. Borun frá 301 m í 824 m og steyping 9 5/8" fóðringar. Orkustofnun, OS-84115/JHD-51 B, 21 s.

Hjalti Franzson og Hilmar Sigvaldason 1985: Nesjavellir, hola NG-7. Jarðlög, ummyndun, mælingar og vatnsæðar. (í handriti á Orkustofnun).

Valgarður Stefánsson, Jens Tómasson, Einar Gunnlaugsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalti Franzson og Ómar Sigurðsson 1983: Nesjavellir, hola NG-6. Borun, rannsóknir og vinnslueiqinleikar. Orkustofnun, OS-83023/JHD-04, 100 s.

## ENGLISH SUMMARY

This report deals with the geological and geophysical study of the rocks penetrated by the well NG-9 at the Nesjavellir high-temperature field in SW-Iceland.

The well was drilled from August 23rd to September 22nd 1984, or a total of 35 days. The well design was as follows: Drilling for safety casing with 17 1/2" down to 301 m depth and a 13 3/8" casing sunk down to 299.4 m. Drilling for the 9 5/8" production casing reached down to 824 m (and cased to 820.8 m), followed by drilling of the production part down to a depth of 1055 m. That part of the well was cased with a 7 5/8" slotted liner.

Drill cutting analyses of samples collected at 2 m interval revealed that the well dissects at least seven accumulative formations; i.e. six hyaloclastites and one lava series. This succession can be correlated with the nearby wells of NG-6 and NG-8, and such correlation implies the absence of faults between the wells. Intrusions are relatively scarce, except in the depth interval of about 700-800 m where the well dissects apparently two finegrained intrusives, where the lower one can be inferred to be a dyke.

Hydrothermal alteration shows two types of alteration; one is a zeolite zonation (analcite, stilbite, heulandite, thomsonite, laumontite) down to about 800 m depth, and the other a superimposed high temperature mineral assemblage (e.g. chlorite, quartz, wairakite, epidote, prehnite, wollastonite, pyrite, calcite). There is an apparent relation between the active aquifers and the high-temperature condition e.g. as where relatively large aquifers are intersected at 300-400 m depth, chlorite, quartz and wairakite are found but zeolites are absent. Indications of pseudomorphism of zeolites into quartz are observed in that depth range indicating the instability of the former. It is also implied that the instability of the zeolites may be attributed more to the increased permeability rather than to the increased temperature.

The alteration of the primary rock constituents (glass, olivine, pyroxene and plagioclase) shows a similar pattern as the distribution of the alteration minerals.

A correlation of alteration in NG-9 with that of NG-6 shows in

general a higher alteration pattern in the former, except that the upper parts of the zeolite zones appear to conform to each other.

The seven aquifers located in the well are grouped at two depth intervals: Five aquifers above 400 m appear to be controlled by the primary permeability of the accumulative units. The aquifers that were encountered in the production part of the well caused a total circulation loss and it is thus difficult to assess the geological conditions that control these two aquifers.