



**ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið - Reykjavík, Akureyri**

## **Nesjavellir, hola NJ-21**

### **1. Áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 285 m dýpi**

**Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Guðmundsson,  
Grímur Björnsson, Guðlaugur Hermannsson,  
Hjalti Franzson, Kjartan Birgisson,  
Sigurður Sveinn Jónsson og Sigvaldi Thordarson**

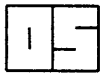


**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**2000**

**OS-2000/047**





**Ásgrímur Guðmundsson**  
**Bjarni Guðmundsson**  
**Grímur Björnsson**  
**Guðlaugur Hermannsson**  
**Hjalti Franzson**  
**Kjartan Birgisson**  
**Sigurður Sveinn Jónsson**  
**Sigvaldi Thordarson**

## **NESJAVELLIR, HOLA NJ-21**

**1. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 285 m dýpi**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**OS-2000/047**

**Júlí 2000**

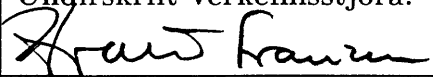
ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

Akureyri: Glerárgötu 36, 600 Ak. - Sími 463 0957 - Fax 463 0998

Netfang: os@os.is - Veffang: <http://www.os.is>



<b>Skýrsla nr:</b> OS-2000/047	<b>Dags:</b> Júlí 2000	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> NESJAVELLIR, HOLA NJ-21 1. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 285 m dýpi	<b>Upplag:</b> 35	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 36	
<b>Höfundar:</b> Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Guðmundsson, Grímur Björnsson, Guðlaugur Hermannsson, Hjalti Franszon, Kjartan Birgisson, Sigurður Sveinn Jónsson, Sigvaldi Thordarson	<b>Verkefnisstjóri:</b> Hjalti Franszon	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Áfangaskýrsla, 1. áfangi borverks	<b>Verknúmer:</b> 8-630003	
<b>Unnið fyrir:</b> Orkuveitu Reykjavíkur		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er lýst borun fyrsta áfanga holu NJ-21 á Nesjavöllum og þeim gögnum sem safnað var í þessum áfanga. Holan, sem er boruð með jarðbornum Jötni, er uppi á stallinum sunnan Nesjavalladals skammt frá holu NG-8. Áformað er að bora lóðrétt niður á um 500 m en sveigja síðan holuna til suðurs undir Hengilinn með 2-3°/30 m halla þar til 30° halla er náð. Áætlað dýpi holunnar er 2000 m. Tilgangurinn með boruninni er að afla hávermi-orku fyrir Nesjavallavirkjun með stækkun virkjunarinnar í huga. Í þessum áfanga var borað niður á 285 m dýpi með 444 mm (17 1/2") krónu. Borverkið hófst 22. maí og borun lauk 14. júní en frágangi á holunni 19. júní. Sýnum af borsvarfi var safnað á tveggja metra fresti og jarðlög og ummyndun greind eftir því samhliða borun eins og venja er, og hefðbundnar borholumælingar gerðar, s.s. á upplitun, holuvídd, jarðlögum og steypugæðum. Plagíóklasdílótt móbergstúff er ráðandi berggerð og bergið allt ummyndað. Vatnsæðar komu fram á tveimur dýptarbilum. Borverkið var unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verksamningi við Orkuveitu Reykjavíkur, en rannsóknarhlutinn af Rannsóknasviði Orkustofnunar samkvæmt samningi þar um.		
<b>Lykilorð:</b> Nesjavellir, háhitasvæði, borhola, skáborun, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 	
	<b>Yfirfarið af:</b> HF, PI	

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR .....	3
2. BORSAGA.....	5
3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR.....	17
3.1 Jarðlög.....	17
3.2 Ummyndun.....	17
3.3 Vatnsæðar.....	18
4. BORHOLUMÆLINGAR.....	20
VIÐAUKI: Dagskýrslur.....	25

### Töfluskrá

Tafla 1. Gangur borunar með 17 1/2" krónu fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu.	7
Tafla 2. Mælingar á skolvökva í borun	9
Tafla 3. Fóðrunarskýrsla	16
Tafla 4. Mælingar í borun	20
Tafla 5. Mælingar á toppþrýstingi NJ-21 þegar ádæling hætti að morgni 16. júní 2000	22

### Myndaskrá

Mynd 1. Staðsetning holu NJ-21 á Nesjavöllum	4
Mynd 2. Gangur borunar	5
Mynd 3. Þrýstimælingar fyrir og eftir að þéttingarsteyping var boruð út (ath ferlar sýna hegðunina en tölugildin eru of lág)	6
Mynd 4. Mælingar á mismunahita niður og upp í kari	8
Mynd 5. Skráning á hita á skoli niður og upp	10
Mynd 6. Mismunahiti á eins metra fresti frá 166 m dýpi	10
Mynd 7. Hitamælingar í stöngum eftir að borun lauk	11
Mynd 8. Víddarmæling með 3-arma mæli	12
Mynd 9. Upphitunarmælingar þegar fóðrað var og eftir að fóðring var komin niður	13
Mynd 10. Útreiknað steypurúmmál í fóðringarsteypingu byggt á víddarmælingu	14
Mynd 11. CBL-mælingar eftir steypingu öryggisfóðringar	15
Mynd 12. Jarðlagasnið	19
Mynd 13. Hitamælingar innan öryggisfóðringar eftir steypingu	23

## 1. INNGANGUR

Holu NJ-21 á Nesjavöllum var valinn staður uppi á stallinum sunnan Nesjavalladals, skammt frá holu NG-8, sem Gufubor boraði sumarið 1984. Holan var forboruð með jarðborunum Aza og Ými, en verður síðan boruð í fulla dýpt með Jötni. Forborun hófst á útmánuðum ársins 2000 og var verkinu lýst í greinargerð þar um sem ber nafnið "Nesjavellir – Forborun holu NJ-21" (ROS HF-SÞ-00/01). Jötunn kom á svæðið 22. maí og mun og áformað er að skábora holuna og sveigja í suðurátt undir Hengilinn. Miðað við 2000 m bordýpi má reikna með að holubotn verði um 700 m sunnan holutopps. Staðsetning holunnar er sýnd á mynd 1. Hnit holu NJ-21 eru:

$$X = 659906,65$$

$$Y = 403378,96$$

$$Z = \sim 310 \text{ m}$$

Holan hefur fengið staðarnúmerið 95021 í gagnagrunni Orkustofnunar.

Markmiðið borana á árinu 2000 er að útvíkka vinnslusvæði Nesjavallavirkjunar og afla orku fyrir hugsanlega stækkun virkjunarinnar. Sérstaklega er miðað að því að fá hávermiholur, en holur uppi á stallinum hafa allar reynst mjög gufuríkar. Jarðhitarannsóknir á Nesjavöllum hafa leitt í ljós að uppstreymi jarðhitans sé að finna undir Henglinum, og berist hann inn á svæðið eftir gosprungunum í Kýrdalsbrúnum. Fýsilegasti kosturinn til að útvíkka vinnslusvæðið er talinn sá að bora inn undir Hengilinn í átt að uppstreyminu. Því var ákveðið að bora næstu holur sem næst gosprungunum í Kýrdalsbrúnum og sem næst Henglinum. Þetta þýðir að bora verður mjög nærri holu NG-8, sem var boruð sumarið 1984. Þar var komið í mjög yfirþrýst jarðhitakerfi og reyndist vera um eða yfir 20 bar þrýstingur á gufuæðum á 115-125 m dýpi. Jarðborinn Dofri (Gufubor), sem vann verkið, var ekki búinn til að fást við svo háan þrýsting í holunni og var verkinu að lokum hætt á 400 m dýpi. Nokkru eftir borun var holan fyllt upp í topp af steypu. Við borun NJ-21 verður að taka tillit til reynslunnar frá borun NG-8 og allur búnaður, þar með talinn öryggisbúnaður boranna, verður að miðast við að hægt verði að ráða við háan þrýsting grunnt í jörðu. Fjarlæðin milli holu NJ-21 og NG-8 er um 43 m.

Við hönnun holu NJ-21 hefur verið horft til þess hve búast má við háum þrýstingi grunnt, jafnvel strax á 100 m dýpi. Vegna þessa var ákveðið að víkja frá hefðbundinni hönnun hvað varðar forborun og fyrstu fóðringar. Við forborunina var beitt forkönnun með 7 7/8"-borkrónu til að kanna vatnsæðar og þrýsting þeirra og var verkinu skipt í tvo áfanga. Í fyrri áfanganum var borað með 7 7/8" í 40 m og holan síðan rýmd (boruð) með 26" og fóðruð með 22 1/2" yfirborðfóðringu. Í seinni áfanganum var borað með 7 7/8" í 90 m, rýmt (borað) með 21" og fóðrað með 18 5/8". Eftir forborunina er hönnun holunnar hefðbundin, en sídd fóðringanna er eftirfarandi:

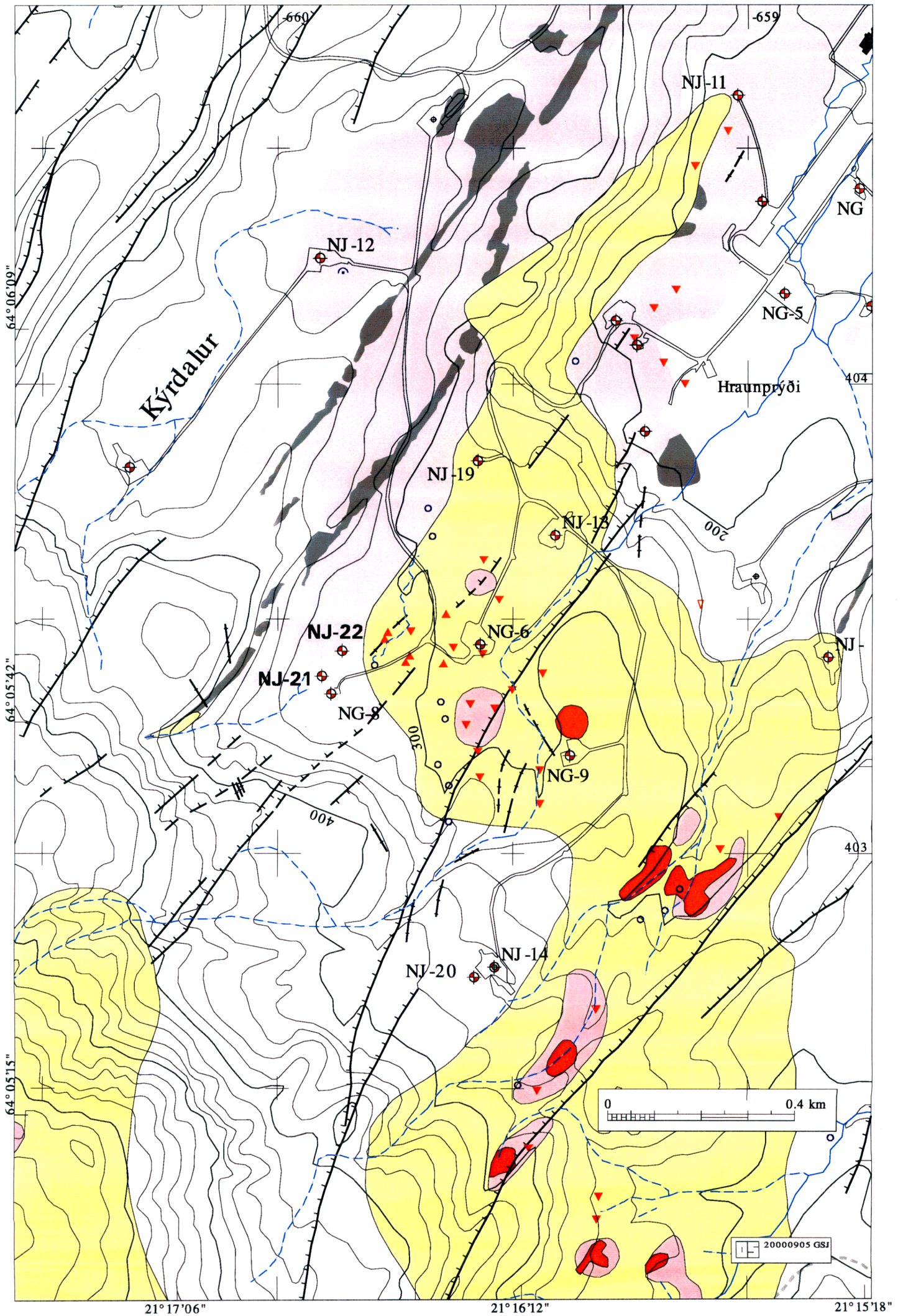
- |  |         |                    |
|--|---------|--------------------|
| 1. Yfirborðsfóðring I                          | 22 1/2" | 40 m dýpi.         |
| 2. Yfirborðsfóðring II                         | 18 5/8" | 90 m dýpi          |
| 3. Öryggisfóðring                              | 13 3/8" | Allt að 300 m dýpi |
| 4. Vinnslufóðring                              | 9 5/8"  | Allt að 800 m dýpi |
| 5. Raufaður 7"-leiðari í vinnsluhluta holunnar |         |                    |

Dýptartölur hér að ofan miðast við bordýpi.

Gert er ráð fyrir að skáborunin hefjist á um 500 m dýpi eða ofar og byggður verði upp 30° halli með hallauppyggingunni 2-3°/30 m og áætlað er að NJ-21 verði boruð í stefnuna 210°. Gert er ráð fyrir að bora holuna í 2000 m, en samkvæmt reynslunni af borunum uppi á stallinum er viðbúið að algjört skoltap stöðvi borun áður en komið er svo djúpt. Það skal tekið fram að boranir á stallinum hafa gengið mjög vel, ef frá er talin hola NG-8.

**Mynd 1.** *Staðsetning holu NJ-21 á Nesjavöllum.* ▶▶





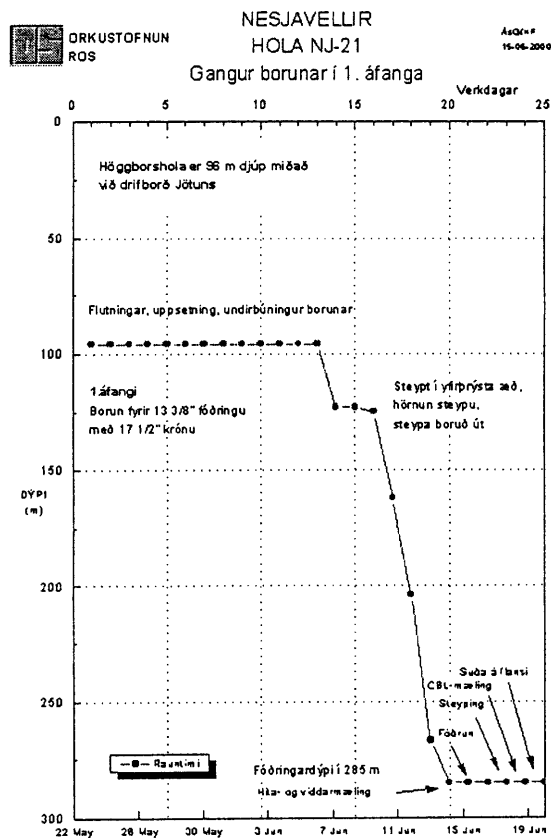


## 2. BORSAGA

Borverk 1. áfanga NJ-21 hófst 22. maí þegar byrjað var að flytja Jötunn á Nesjavelli.

Uppbygging borstrengsins var sem hér segir: 444 mm (17½") borkróna af gerðinni EMS 53 L, stýring (einstreymisloki), álagsstöng, stýring, tengistykki með einstreymisloka, 11 álagsstangir, tengistykki ("cross-over") og borstangir. Öryggislokar voru þrýstiprófaður áður en borun hófst.

Borun í berg hófst að kvöldi 7. júní á 96 m dýpi eins mælt frá drifborði Jötuns. Eins og sést á yfirlitsmynd um gang borunar (mynd 2) og í töflu 1 þá voru nokkrar tafir á fyrstu dögum borunar vegna steypingar í yfirþrýsta æð á 123 m dýpi. Á 120 m dýpi komu tveir guspúlsar út um frárennsli (flowline), sem stóðu í örskamma stund. Í ljós kom að borstrengurinn var fastur og var hann dreginn upp í rúmlega 100 m dýpi með um 220 þúsund punda togi. Þrátt fyrir dælingu í gegnum borstreng kom ekkert vatn út um frárennslið, en dæluþrýstingur fór upp í 1200 psi, og vegna þessa mikla vatnsþrýstings frá dælingunni lyftist borstrengur rúma tvo metra upp. Sínið af 122 m dýpi sýndi að ummyndaða túffið var afar mjúkt og leirkennt. Talið er líklegt að gaspoki hafi losnað úr læðingi þegar holan skar æðina, sprengt með sér hluta af berginu, sem æðin var í, og farið upp fyrir stýringuna og krónuna og stíflað holuna og fest strenginn.

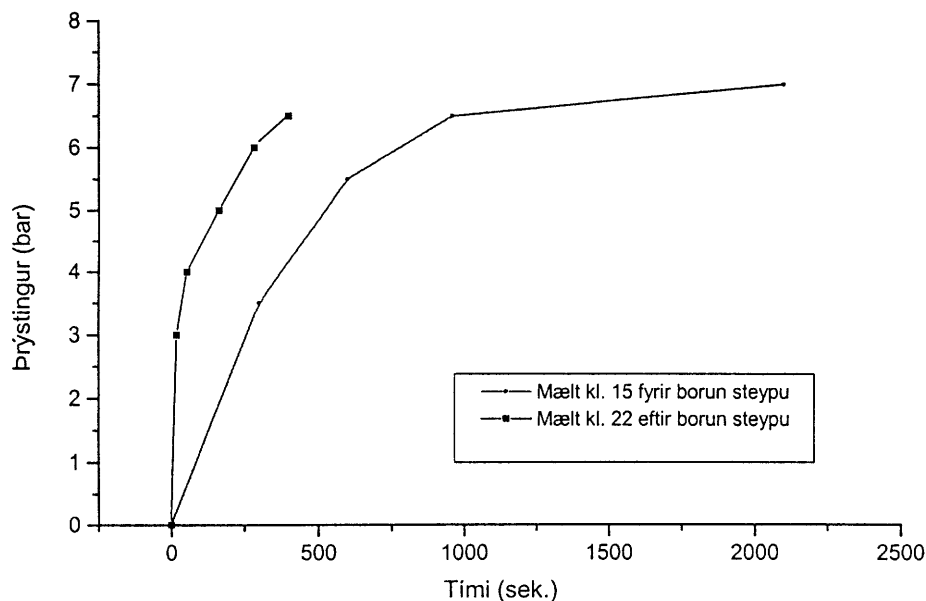


Mynd 2. Gangur borunar.

Dæling náðist niður fyrir krónu og inn í æðina, og var dælt um 17,5 l/s með um 42 bar (600 psi) mótþrýstingi. Dælt var ofan á holuna í gegnum kæfingarstút (killline) með lokaðan öryggisloka (Hydrill) og rauk þrýstingur upp í um 46 bar, og því ljóst að ekkert samband var þá leið niður í æðina. Tekin var ein álagsstöng úr strengnum og náðist þá að toga strenginn upp í föðringuna og losa um festuna. Lokað var að holunni og dælingu hætt og mældist þá um 11,5 bar yfirþrýstingur á holutoppi og ljóst að þrýstingur var álíka og mældist á svipuðu dýpi

í holu NG-8. Mælt var sjálfrennsli úr holu og reyndist það tæpir 5 l/s. Þegar þrýstingur var á holuna með dælingu reyndist æðin taka illa við og byggðist upp 39-42 bar þrýstingur (um 550-600 psi) við um 8 l/s dælingu, en það benti til að botnfall lægi ofan á æðinni sem þrýsti að henni í ádælingu og hálflokaði henni. Því var ákveðið að reyna að hreinsa botnfallið. Reyndist það vera um 8 m. Þegar krónan var komin í um 4 m niður í botnfallið jókst gasfnykur í kringum holuna. Króna var á botni um klukkan 16:00 og var strengnum snúið hægt og holan skoluð. Ætlunin var að stöðva dælingu að lokinni skolun og kanna sjálfrennsli, og athuga að því loknu hvort botnfall væri í holunni, og síðan þrýsta á æðina til að kanna hversu opin hún væri. Klukkan 17:11 var slökkt á dælum og rennsli úr holunni metið. Varla var greinanlegt sjálfrennsli og var það langt undir einum lítra á sekúndu. Þegar 5 mínútur voru liðnar frá því slökkt var á dælum var tekið botnfall og reyndist það vera 2,5 metrar. Miðað við botn holunnar á 123-124 m dýpi er efri brún botnfallsins á um 121 metra dýpi eða rétt við æðina. Neðsta öryggisventli var lokað að stöngum og dælt á æðina. Fyrst var dælt 4 l/s og sýndi þrýstimælir á kæfingarstút engan þrýsting. Dæling var þá aukin í 9 l/s og fór þrýstingur í 4 bar. Dæling var aukin í um 19 l/s og óx þrýstingur í 25 bar á kæfingarstút og var stöðugur. Dæling var tekin af og datt þá þrýstingur úr 25 bar í 8 bar á um hálfri mínútu. Nokkuð gott samræmi var á milli þrýstimæla á flæðilögn frá dælum (stand-pipe) Jötuns og á kæfingarstút.

Upptekt hófst síðan um sexleytið þann 8. júní og var ein álagsstöng tekin úr með drifskaftri og dælt á milli. Sex álagsstangir voru brotnar út á rekka og síðan teknir tveir standar í mastur. Álagsstangir voru mjög svartar og greinilega mikið gas í holunni. Steypingu var frestað til morguns 9. júní vegna bilunar í dælu. Áætlað steypumagn var um 20 tonn sem nægði til að fylla holuna með steypu. Hraði steypudælingar í gegnum borstöng á toppi var 12 l/s. Eftir steypingu var dælt rúmlega 10.000 l af vatni sem rak steypuborð nður á um 70 m dýpi og jafngildir að sambærilegt rúmmál hefur þá farið út í æðina. Í lokin var vatni einnig dælt í stutta stund í gegnum kæfingarstút til að reka óaskilega steypu frá öryggislokum. Þrýstingur á kæfingarstút meðan á steypingu stóð var í um 35-40 bar en fór í allt að 46 bar í eftirdælingu. Eftir steypingu fór þrýstingur niður í rúmlega 13 bar.



**Mynd 3.** Þrýstimælingar fyrir og eftir að þéttingarsteyping var boruð út (ath ferlar sýna hegðunina en tölugildin eru of lág).

Beðið var til kl. 17 sama dag með að opna holuna. Að steypingu lokinni var þrýstingur á holutoppi 13,5 bar og lækkaði hann rólega þegar leið á daginn. Rétt áður en holan var opnuð kl. 17 þá sýndi mælir á holutoppi 9,5 bar. Fljótlega eftir að opnað var fór að vætla upp úr

holunni vel innan við 1 l/s. Sett var niður og þreifað eftir steypu. Engin fyrirstaða var þrátt fyrir að komið væri niður fyrir 70 m, þar sem steypuborð átti að vera. Skolað var niður í rúmlega 80 m án þess að finna fyrir neinu. Sementslitur var á vatninu og perlusteinn kom upp við skolun eftir að komið var niður fyrir áætlað steypuborð. Einnig bólaði og stundum ólgaði í svarfkassanum vegna gasstreymis en það var lyktarlaust. Ákveðið var að bíða fram undir morgun laugardagsins 10. júní og sjá hvort steypan mundi taka sig betur á þeim tíma. Milli kl 6 og 7 um morguninn var reynt á ný og var ástandið svipað og þar sem frá var horfið kvöldið áður. Breyting varð loks þegar komið var niður úr fóðringu. Þar rétt neðan við var ekki lengur hægt að skola krónunni niður og var þá látið snúast niður á um 100 m dýpi. Það var svipað því að stinga heitum hníf í smjörva. Það tók litla vigt við borunina. Það sem upp kom var grautlint sem áður og ekkert vætlaði upp við meðan bætt var í álagsstöngum. Með það í huga að steypan gæti enn verið að harðna eða taka út þroska þá var ákveðið að bíða enn frekar. Klukkan 14 var harka steypunnar könnuð og enn var hún sem grautur. Aðeins var farið nokkra metra niður en síðan ákveðið að doka enn og gera næstu atlögu á vaktaskiptum, um kvöldmatarleytið. Í millitíðinni eða um þrjúleytið var dæling stöðvuð og lokað að stöngum til að kanna hvort holan byggði upp þrýsting. Svo reyndist vera eins og sést á mynd 3. Þrýstingur steig hratt á fyrstu mínútum og hægði síðan verulega á og virtist vera nokkuð stöðugur við 7 bar. Þegar hörðun steypu var næst könnuð var smá fyrirstaða fyrst en síðan rann krónan næstum viðstöðulaust niður á 108 m dýpi. Þar neðan við var góð steypa niður á 112 m. Næstu 1,5 m var lítil fyrirstaða en síðan var góð steypa niður á 120 m dýpi eða niður að botnfallinu eins og það var fyrir steypingu. Farið var niður á 123 m dýpi eða eins og holan var fyrir steypingu. Holan var síðan skoluð þar til að svarf hætti að koma upp. Botnfallið var eftir það 3 m. Æðin virtist vera alveg þétt, en til að sannreyna það var lokað að stöngum og kannað hvort hún byggði upp þrýsting. Niðurstaðan virtist vera sambærileg við mælinguna fyrr um daginn nema hvað þrýstingur steig öllu hraðar í fyrstu (mynd 3). Næst var dælt á holuna þar til 15 bar þrýstingi var náð. Það dugði að dæla með 20 slögum (1 slag = 0,19 l/s) í örskamma stund til að ná þeim þrýstingi og féll hann nokkuð hratt eftir að dæling var stöðvuð. Að þessum prófunum loknum var borun haldið áfram með vatni, þar sem búist var við önnur æð gæti komið inn litlu neðar. Álag var á bilinu 5-10 þúsund pund, snúningur á krónu um 50 sn/mín og dæling rúmlega 50 l/s (tafla 2). Undir morgun var dýpið 132 m. Þrátt fyrir að vel skolaðist upp úr holunni mældist 6 m botnfall. Þrjúdællunni var bætt við með 20 l/s án sýnilegs árangurs. Þá var brugðið til þess ráðs að blanda leðju (gelblanda) til að auðvelda flutning svarfs til yfirborðs.

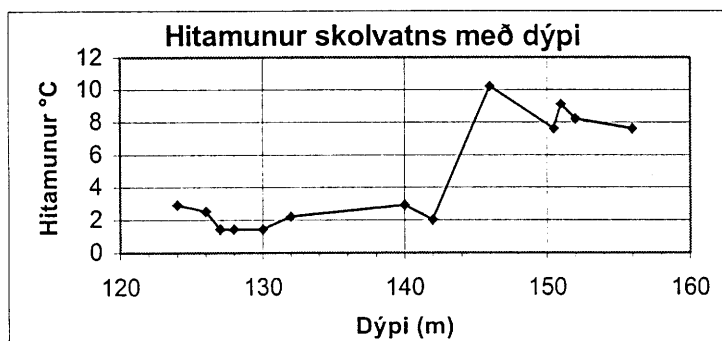
**Tafla 1.** Gangur borunar með 17 1/2" krónu fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu.

Borkróna 17 1/2" EMS 53 L	Dagur	Borun (m)	Bortími (klst.)	Meðalborhr. (m/klst.)	Tími á Borkrónu (klst.)	Dýpi (m)
	7. júní	12	4	3	4	108
	8. júní	15	4,5	3,3	8,5	123
	9. júní	0	0	0	8,5	123
	10. júní	2	1	2	1	125
	11. júní	37	17	2,2	18	162
	12. júní	50	19	2,6	37	212
	13. júní	56	19	2,9	56	268
	14. júní	17	5	3,4	61	285
Samtals	.	189	69,5	2,4	69,5	285

Hitnun leðjunnar frá upphafi stangar til loka (~9,5 m borun) reyndist vera um 60°C, og ljóst að það væri langt frá því að hún næði að kælast í karinu. Því var breytt aftur yfir í vatnsskolun. Eftir að ein stöng var komin með vatnsskolun niður á 152 m dýpi var áfram um 6 m botnfall eftir um klukkustundar dælingu, og var þá leðju dælt niður og samsvaraði það þá um rúmmáli holunnar (sem geymt hafði verið í karinu). Leðjunni var síðan safnað aftur í mið- og

endakarið. Tveggja metra botnfall reyndist vera eftir. Átta metrar voru á holubotni eftir að næsta stöng var komin niður, en þá var holudýpi 161 m. Leðju var dælt til að hreinsa það og skolaðist vel upp, en ekki nægilega því 5 m botnfall var eftir. Eftir að komið var niður á 170 m dýpi var svipað botnfall og var á undan. Blönduð var þykkari leðja og skolaðist þá vel upp. Ekki fannst fyrir neinu í niðursetningu með fullri dælingu, en við næstu stangaríbætingu á undan var einungis önnur dælan höfð á. Borun holunnar gekk eftir það ágætlega og var fóðringardýpi náð á 285 m dýpi. Eftir hverja stöng var samansöfnuðu botnfalli skolað úr holunni með leðju. Ástæða þess að borun var stöðvuð á 285 m var vegna mögulegrar vatnsæðar í um 300 m, og þótti ekki æskilegt að fá hana inn í þessum verkáfangi. Bormenn luku við að hreinsa svarf upp úr holunni fyrir hádegi. Þá höfðu fimm gelskammtar farið niður í holuna skömmu eftir klukkan 11. Árangurinn var góður og aðeins um 1 m botnfall sat eftir á holubotni. Holan var síðan kæld í tvær stundir þar til mælingamen ROS tóku til hendinni við hitamælingar.

Á meðan borun stóð yfir var fylgst náið með breytingum á skoli bæði hvað varðar magn og hita. Bormenn skráðu eins og venja hefur verið á fjögurra stunda fresti á hversu miklu var dælt niður, þrýsting á dælum, breytingar á skolmagni og hita niður og upp. Þegar ástæða þótti til var skráningin tíðari. Tafla 2 sýnir skráninguna ásamt reiknuðum gildum byggðum á skolmælingunum. Sú nýbreytni var höfð við borunina með Jötni nú að hefja tölvuskráningu á mikilvægum upplýsingum. Viss byrjunarvandamál voru þess valdandi að ekki náðist að tengja alla þá skynjara er stóð til að nota, en frá 166 m dýpi var skráður skolhiti niður og upp ásamt átaki á snúning borstrengs, snúningur krónu og þungi strengsins. Skráningin fór fram í “data-logger” en tölvuforritið Easy View var notað til að sýna upplýsingarnar bæði grafískt og í tölugildum. Meðan skráningartækið var óvirkt skráðu bormenn skolhita niður og upp á 1 m fresti. Á mynd 4 er sýnt mismunagildi á hita upp og niður. Þar kemur fram áberandi breyting þegar skipt er úr gelborun yfir í vatn á, en aðeins var borað með geli frá 132 m í 142 m. Um það leyti sem skipt var yfir í vatnsborun á ný þá hitnaði skolið um 8°C. Ekki er hægt að fullyrða hvort það sé vegna æðar sem komið hefur inn og hitað skolvökvann eða hvort það hafi stafað af breytingu við borun. Ekki varð vart við skolaukningu.



**Mynd 4.** Mælingar á mismunahita niður og upp í kari.

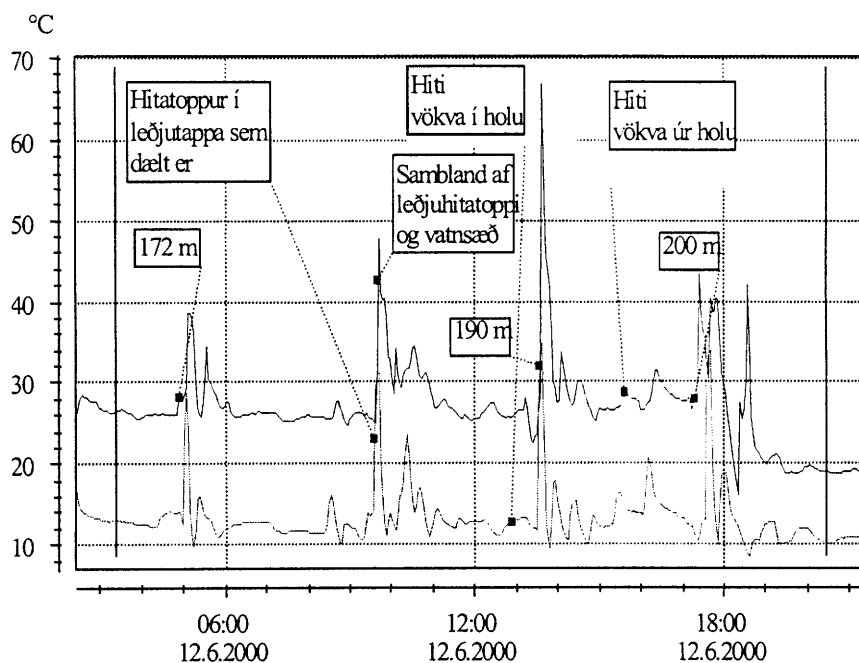
Eftir að skráningartækið kom til sögunnar urðu allar upplýsingar mikið ítarlegri eins og mynd 5 sýnir, og er hún bein afurð forrits tengdu skráningartækinu. Á myndinni eru sýndar breytingar í skolhita með tíma. Helstu breytingar urðu þegar bætt var í stöng, því þá nær æðin að flæða inn í holuna og mynda hitapúls í skolvatninu þegar dæling er sett á á ný. Einnig komu fram hitapúlsar þegar leðjutappar voru sendir í holuna.

Tafla 2. Mælingar á skolvökva í borun.

Dags.	Tími	Dýpi m	Þrýstingur PSI	Dæla 1 slög	Dæla 1 l/s	Dæla 2 slög	Dæla 2 l/s	Dæling alls l/s	Tap cm	Tap l/s	Skolhraði m/min	Tími frá botni min	Svarf m/min	TFB min	Hiit upp °C	Hiit niður °C	Mismunur delta T
07-06-1999	22:00	100	280	114	21,12	113	20,94	42,06	0	0,00	17,71	5,65	2,71	36,89	8	7,9	0,1
08-06-2000	03:30	117	500	152	28,17	146	27,05	55,22	0	0,00	23,25	5,03	8,25	14,18	11,6	8,1	3,5
11-06-2000	02:00	129	450	137	25,39	137	25,39	50,77	0	0,00	21,38	6,03	6,38	20,23	9,3	8,6	0,7
11-06-2000	22:00	158	510	154	28,54	144	26,68	55,22	0	0,00	23,25	6,80	8,25	19,15	21	15	6
12-06-2000	02:00	166	550	150	27,80	160	29,65	57,44	0	0,00	24,19	6,86	9,19	18,07	26	13	13
12-06-2000	06:00	172	540	157	29,09	152	28,17	57,26	0	0,00	24,11	7,13	9,11	18,88	28,6	11,4	17,2
12-06-2000	10:00	182	500	153	28,35	146	27,05	55,40	0	0,00	23,33	7,80	8,33	21,85	31,6	23	8,6
12-06-2000	16:00	197	520	153	28,35	149	27,61	55,96	0	0,00	23,56	8,36	8,56	23,01	27,6	13,8	13,8
12-06-2000	18:40	201	520	152	28,17	146	27,05	55,22	0	0,00	23,25	8,65	8,25	24,36	24,5	10	14,5
12-06-2000	22:00	208	525	154	28,54	145	26,87	55,40	0	0,00	23,33	8,92	8,33	24,98	20	12	8
13-06-2000	02:20	215	540	155	28,72	151	27,98	56,70	0	0,00	23,87	9,01	8,87	24,23	36	22	14
13-06-2000	07:00	227	540	153	28,35	151	27,98	56,33	0	0,00	23,72	9,57	8,72	26,04	21	11	10
13-06-2000	22:00	267	600	155	28,72	152	28,17	56,89	0	0,00	23,95	11,15	8,95	29,82	22	11,5	10,5
14-06-2000	03:30	276	620	155	28,72	155	28,72	57,44	0	0,00	24,19	11,41	9,19	30,04	22,2	10,6	11,6

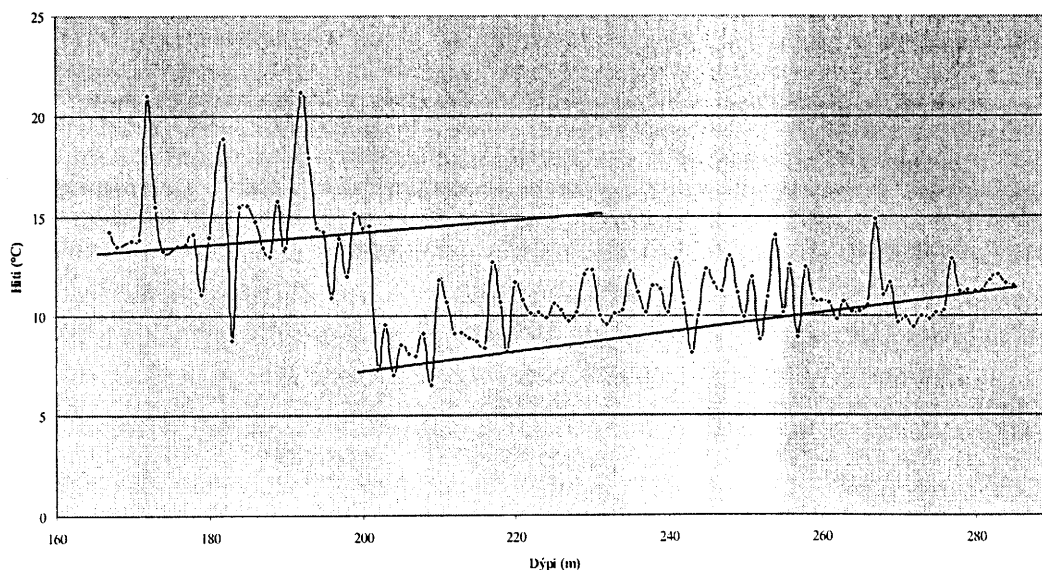


Í stangaríbætingu í 190 m dýpi var ákveðið að stöðva dælingu í 10 mínútur til að kanna hve hitapúls æða í holunni næði háum hita. Eins og sést á mynd 5 komst hitinn í um 70°C, sem sýnir hve fljótt holan hitnaði við æðarnar. Í 200 m var ákveðið að kanna frekar æðar með því að loka holunni og dæla á hana 3,7 l/s. Holan byggði upp 15 bar þrýsting á um 15 mínútum. Þá var dælingin tekin af og lækkaði þrýstingurinn á örfáum mínútum niður í 7 bar. Ljóst þótti að æðin væri lítið opin. Til samanburðar runnu upp úr holunni 0,5-1 l/s við stangaríbætingar.



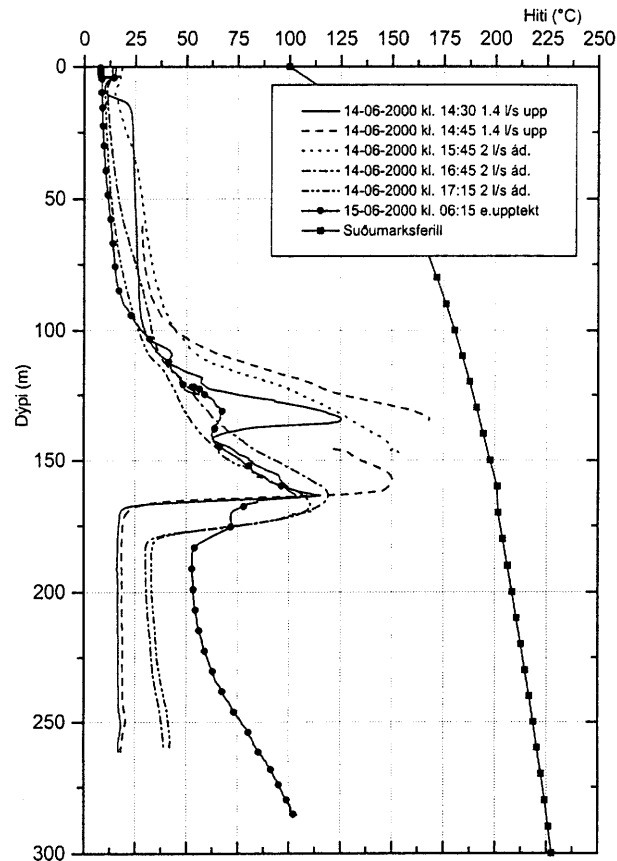
**Mynd 5.** Skráning á hita á skoli niður og upp.

Til að hreinsa út áhrif við skolon og stangaríbætingar voru valin hitagildi úr skráningartækinu á eins metra fresti og þau teiknuð upp hiti á móti dýpi eins og fram kemur á mynd 6.



**Mynd 6.** Mismunahiti á eins metra fresti frá 166 m dýpi.

Hugmyndin með því var að fá ítarlegri upplýsingar til að staðsetja æðar sem oft er erfitt. Data-loggerinn hafði lesið skolhitagildi upp og niður á 20 sek. fresti frá því dýpið var 166 m. Áhugaverðar upplýsingar höfðu komið út úr því að skoða mismun skolhita niður og upp. Á mynd 6 sést meðal annars breyting á 200 m dýpi. Þar féll mismunahitinn og var sambærilegur því þegar æðar eru skornar þar sem undirþrýstingur er til staðar. Síðan hækkaði hitinn eins og engar æðar væru þar neðan við. Þetta þótti benda til þess að æð hafði verið skorin á 200 m dýpi.



Mynd 7. Hitamælingar í stöngum eftir að borun lauk.

Miðvikudaginn 14. júní var fóðringardýpi náð í 285 m og komu mælingamenn á staðinn kl. 14 til að mæla hita innan í stöngum. Settur var 2" ventill (poor boy) ofan á strenginn, og mælirinn síðan innan í 2" röri og tappi efst þar á. Síðan var mælt niður. Hægt var að mæla að einstefnuloka í strengnum á tæplega 260 m dýpi. Meginmarkmið mælinganna var að kanna hita- og þrýstiástand holunnar áður en borstrengur væri tekinn upp. Fyrstu niðurstöður hitamælinga eru sýndar á mynd 7, en þar sjást mjög skýrt æðar á 120-130 m dýpi og í 160 m sem streymir úr inn í holuna.

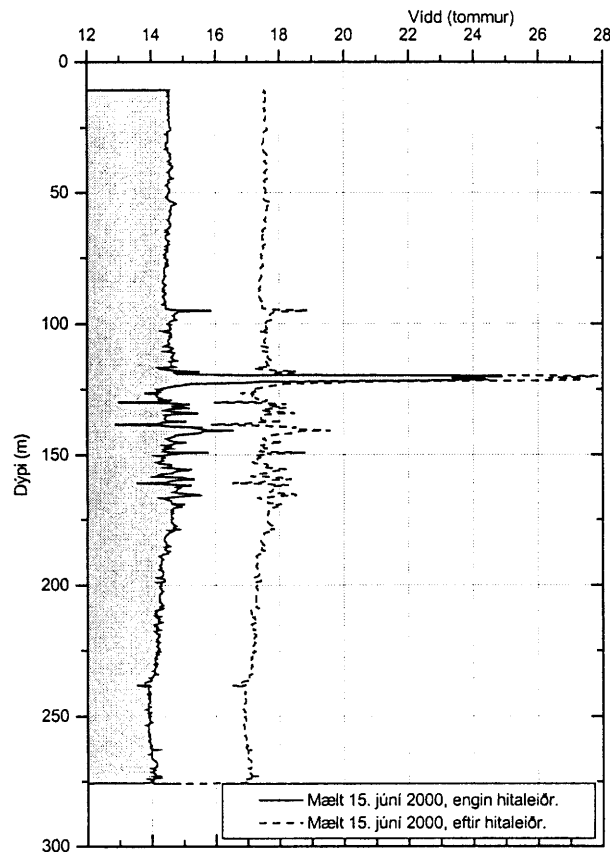
Viðbrögð kælingar voru könnuð og komu eftirfarandi atriði í ljós:

- Holan hitnaði hratt upp og gæti þannig náð gosstöðu á skömmum tíma. Þurfti því að takmarka mjög þann tíma sem engin ádæling var á holuna.
- Væg ádæling undir þrýstingi kældi holuna nægilega tímabundið. Miðað við reynslu frá mælingum, var mælt með að láta ekki líða meira en 30 mínútur án þess að ádæling væri á holuna. Síðan var nauðsynlegt að kæla a.m.k. þrefaldan þann tíma.

- Meðan holan var opin í upptekt/niðursetningu var nauðsynlegt að fylgjast vel með hita og magni frárennslis. Ef hiti frárennslis færi yfir 30°C eða að rennslid færi vel yfir þann 1,4 l/s sem mældist í opinni holu, bæri að loka holutoppnum og hefja kælingu á ný.

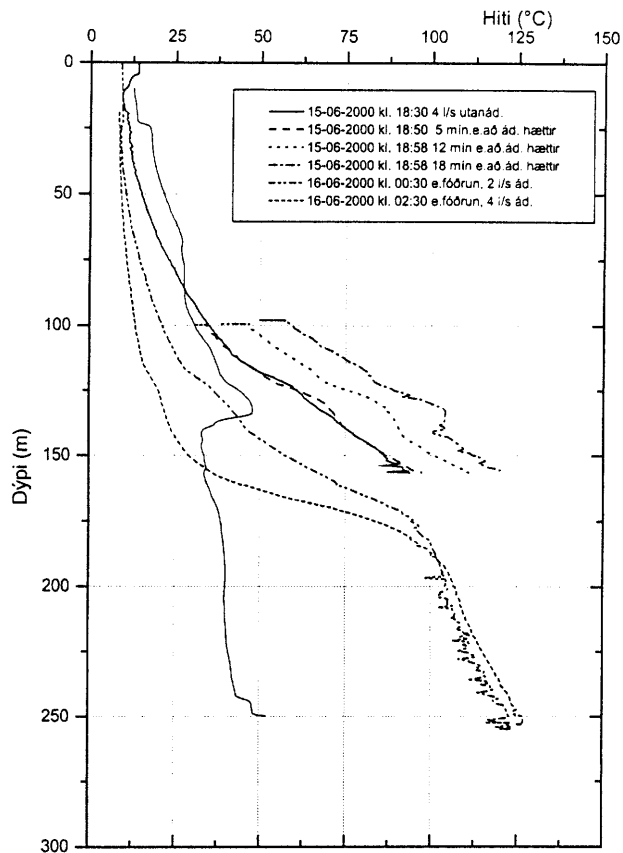
Bormenn fengu þar með vitneskju, sem nýttist við áætlun um upptekt borstrengs og niðursetningu fóðurröra. Mælingum og niðurstöðum þeirra er lýst í kafla 4.

Aðfaranótt fimmtudagsins 15. júní kl. 3:20 var búið að taka upp borstrenginn og byrjað að kæla holuna fyrir mælingar. Mælingamenn komu til starfa kl. 6 og hita- og víddarmældu. Hitamælingar (mynd 7) voru í góðu samræmi við það sem búið hafði verið við út frá fyrirbyggjandi vitneskju. Víddarmælingin sýndi myndalegan skáp á 120–125 m dýpi eins og fram kemur á mynd 8.



Mynd 8. Víddarmæling með 3-arma mæli.

Annars var holan snyrtilega boruð niður án neinna umtalsverðra skápa. Að mælingum loknum var undirbúin niðursetning 340 mm (13 3/8”) öryggisfóðringar. Um morguninn fóru fyrstu fóðurrörin niður og gekk niðursetning að öllu leyti vel. Framkvæmdin gekk þannig fyrir sig að rörum var slakað niður og lokað að þeim með öryggisventli (gosvara). Þá var dælt á holuna um kæfingarstút til að halda henni kaldri á meðan næsta rör var gert klárt. Öðru hvoru var stoppað og dælt aukalega á holuna til að halda henni örugglega kaldri. Klukkan 18 voru mælingamenn komnir á stjá á ný og mældu hitann innan fóðringar á móts við æðarnar frá 160 m upp í 120 m. Greinilegt var að bormenn höfðu náð tókum á þeim við fóðringuna með þeirri ádælingu sem var viðhöfð. Eftir að síðasta fóðurrör var komið niður þá voru viðbrögð holunnar könnuð með hitamælingum (mynd 9). Annars vegar með 2 l/s dælingu og hins vegar 4 l/s. Ekki var annað að sjá en að mikið munaði um hvern sekúndulíter sem niður fór. Við þessa dælingu hélt holan áfram að hitna frá æðum niður að botni.



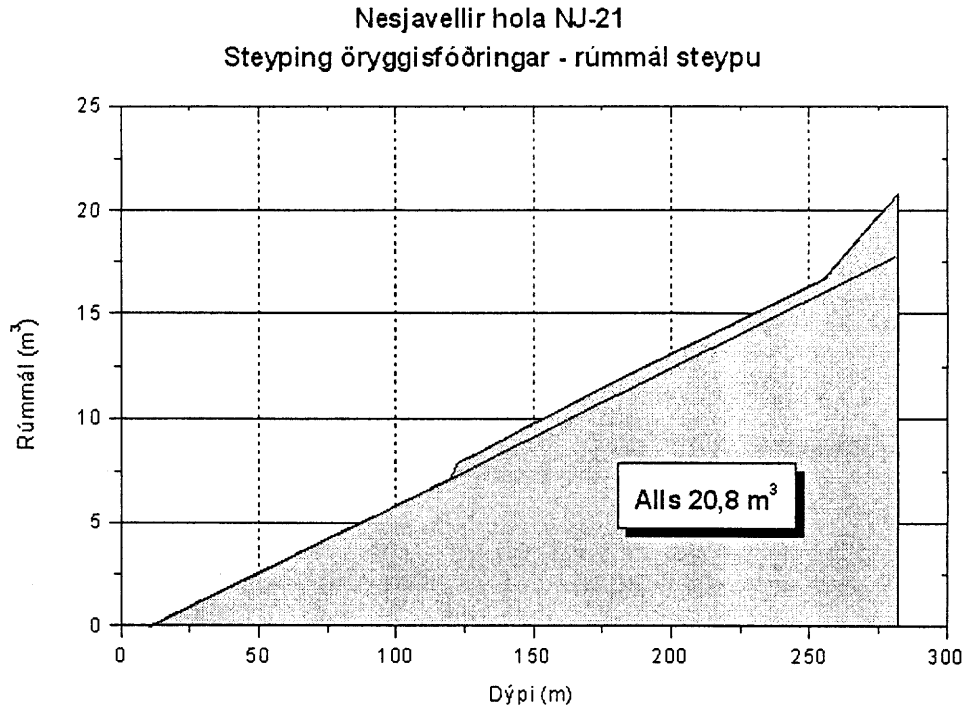
**Mynd 9.** Upphitunarmælingar þegar fóðrað var og eftir að fóðring var komin niður.

Á 250 m dýpi var hún t.d. komin í um 125°C. Með 2 l/s dælingu fór þrýstingur í 12,5 bar. Við 4 l/s dælingu fór þrýstingur upp í 16 bar en athyglisvert var að þrýstingur féll ekki lengra niður en í 12 bar, eftir að dæling var tekin af og holu var haldið lokaðri. Ennfremur kom í ljós að munur var á þrýstimælum sem notaðir höfðu verið. Þegar mælingamenn settu nákvæmari mæli í stað þess er fyrir var og kom þá þessi munur í ljós. Það gerði það að verkum að vangaveltur út frá mældum þrýstingi áttu sér litla stoð og þrýstimælingar fram að þessum tíma sýndu eingöngu lágmarksgildi og hegðun við viss skilyrði. Aðfaranótt föstudagsins 16. júní voru stangir settar niður og tengdar við stungustykki. Um klukkan 5 var dælt í gegnum streng og upp holu með um 50 l/s dælingu. Klukkan 7:30 var síðan sett á 4 l/s dæling í gegnum streng og lokað að fóðringu til að halda áfram kælingu á yfirþrýstu æðarnar.

Ákveðið var að steypa í gegnum borstengur sem þegar höfðu verið tengdar við stungustykki sem er á milli 2. og 3. fóðurrörs, talið frá botni. Meðan steypingin stæði yfir skyldi haldið 15 bar mótþrýstingi til að hindra streymi inn í holuna úr yfirþrýstu æðunum. Meðfylgjandi er útreiknað rúmmál fyrir steypu samkvæmt niðurstöðum víddarmælingar (mynd 10).

Sú umhverfisvæna nýjung var gerð á steypubúnaði að tilsniðin seglkápa var sett á milli sements"silós" og trektar þannig að bormenn, sem gættu þess að ekki yrði skortur á sementi í steypublönduna, fengu ekki sementsryk í öll vit meðan á aðgerð stæði, en slíkt kom gjarnan fyrir áður. Steyping hófst 16. júní kl.11:36 og var lokið kl. 12:06 og tók þá við eftirdæling vatns (2600 l) til að losa hreinsa steypu úr borstreng og tók það um 6 mínútur. Steypa kom upp og var henni beint út um kæfingarstút. Síðasta eðlisþyngdarmæling á þeirri steypu sem upp kom var 1,5. Eins og sagt var frá að ofan var 15 bar mótþrýstingi haldið á holutoppi

meðan á steypingu stóð, og fór sá þrýstingur upp í 26 bar í lok hennar. Áætlað var að steypthafi verið úr alls 37 tonnum af háhitasementi.



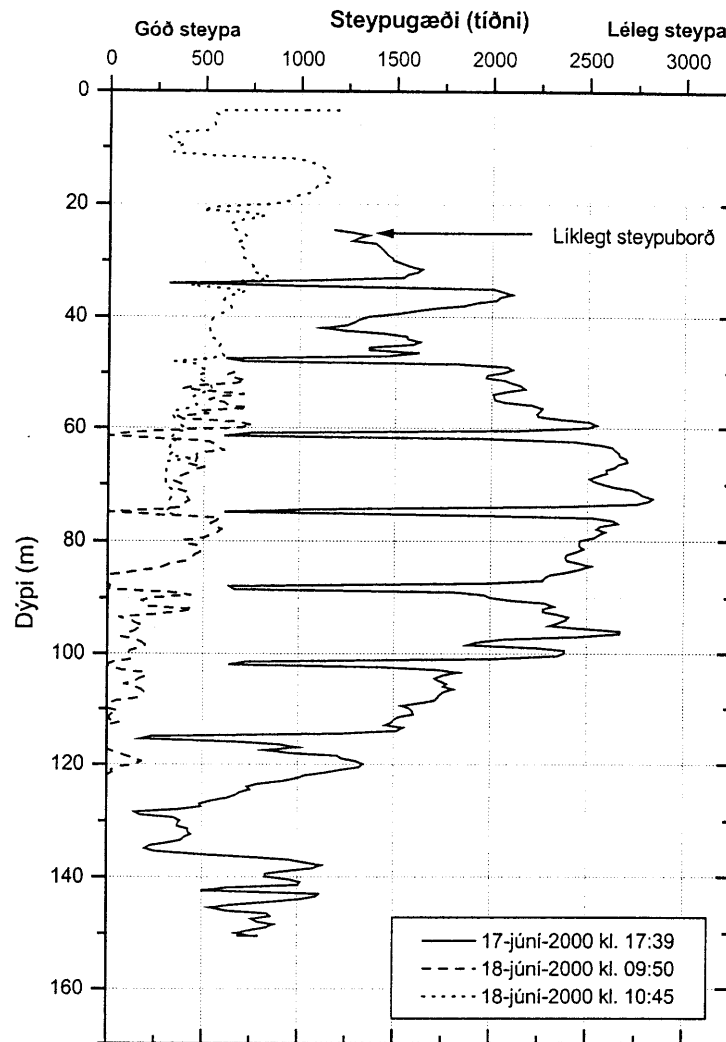
**Mynd 10.** Útreiknað steypurúmmál í fóðringarsteypingu byggt á viddarmælingu.

Eftir að steypingu lauk lækkaði þrýstingur á kæfingarstút niður í um 4-5 bör. Hélt sá þrýstingur á holunni fram undir morgun, en á hádegi hækkaði hann upp í um 12 bör. Ljóst var að einhver leki væri í gegnum steypuna upp til yfirborðs á milli fóðringa. CBL-mæling á gæðum steypunnar, sem gerð var um miðnætti 16. júní, sýndi sæmilega hörðun steypunnar upp í um 120 m dýpi en ofan þess var steypa enn lítt hörðnuð (mynd 11). Mikilvægt var að þetta lekann. Ýmsar aðgerðir komu til tals, meðal annars að láta æðina hreinsa óharðnaða steypu og steypa síðan á móti henni. Önnur hugmynd var að steypa strax á móti gasstreyminu. Í fyrstu var ákveðið að mæla streymið, og var opnað frá kæfingarstút klukkan 14:15. Fyrst kom upp steypufroða sem mæld var um 0,7 l/s og jókst síðan í um 0,8 l/s klukkan 14:23 en minnkaði aftur í um 0,5 l/s 15 mínútum síðar. Breyting varð á streyminu er á leið; fyrst kom upp sambland af steypu og gasi, en síðan komu upp gas- og vatnskenndir púlsar með um 2 mínútna millibili. Eðlisþyngd á steypuhroðanum sem upp kom var 1,09 g/cm<sup>3</sup>.

Er hér var komið sögu var komið að þeirri ákvörðun að þrýsta á holuna til að sjá hvort tengsl væri niður í æðina frá yfirborði. Þá reið yfir Suðurlandskjálfti. Í kjölfar hans var þrýst á steypuna, en engin tengsl fundust við æðina niðri því þrýstingur fór upp í yfir 30 bör við nánast enga dælingu. Þótti sennilegast að Fjallkonan hafi skekið jörð svo harkalega að hálfhörðuð steypa hafi þjappast (víbrast) og þéttst. Þrýstingur féll niður í núll og ekki varð vart við neitt gasstreymi. Hitamæling, sem gerð var um klukkan 18, sýndi að æðin á 135 m hafði kólnað lítilllega. Daginn eftir mældist 1 bar á holutoppi og þegar opnað var rann óvera að vatni sem gat verið vegna hitaþennslu. Holan var CBL-mæld bæði 17. og 18. júní eins og fram kemur á mynd 11, en nánar er fjallað um það í kafla um mælingar hér að aftan. Nánari upplýsingar um fóðrun og steypingu öryggisfóðringar er að finna í fóðrunarskýrslu í töflu 3.




Fyrsta áfanga lauk 19. júní á 25. verkdegi þegar holuflans var soðinn á öryggisfóðringuna og öryggislokum var komið fyrir. Einnig var unnið að því að setja tölvutengdan rafeindabúnað til að fylgjast með ýmsum aðgerðum borunarinnar með stöðugri skráningu.



Mynd 11. CBL-mælingar eftir steypingu öryggisfóðringar.

Tafla 3. Fóðrunarskýrsla

 <b>JARDBORANIR HF</b> SKIPHOLTÍ 50D - 105 REYKJAVÍK	FÓÐRUNARSKÝRSLA		Eyðublað nr. 68-051

Verk nr. <b>42674</b>	Hola nr. <b>Nj-21</b>	Borstaður <b>Nesjavellir</b>	Bor <b>Jötunn</b>	Verkkaupi <b>Orkuveita Reykjavíkur</b>
Vidd holu <b>17 1/2"</b>	Dýpt holu mv. drifborð <b>285m</b>	Fóðring nr. <b>3</b>	Fóðrun framkv. dags. <b>15-16 /06. 2000</b>	Utfyllt af: <b>Ó.G.</b>

Holudýpi frá flangsi				277,24 m		Fóðringard. frá fl.		270,63 m		Röratalning			
FÓBRING	Gerð	K-55		Þyngd		68 lbs/ft							
	Utánmál	13 3/8"		Innánmál		315,3 mm		LENGD	NR	MS	ALLS m		
	Veggþykkt	12,2 mm		Þóntunar nr.									
	Tengi	Buttress og AMS						11,74	1		11,74		
	Flangsi	12" x 900						13,54	2		25,28		
	Stungutengi	Float Collar						13,70	3	x	38,98		
	Skór	Float Shoe						13,58	4		52,56		
	Miðjustillar	8	stk	Steyputappar		stk		13,62	5	x	66,18		
							13,40	6		79,58			
STEYPING	Steypa 1 þurrefni	37.000	kg	Tafefni	175	kg	13,53	7		93,11			
	Eðlisþyngd	1,62	kg/l	Steypingartími	32	mín	13,51	8	x	106,62			
	Steyputæki	Jett mixari						13,41	9		120,03		
	Steypa kom upp	?	Já	Eðlisþyngd steypu upp	1,53	kg/l	13,75	10		133,78			
	Eftirdæling	2.618	ltr	Eftirdæling	6	mín	13,44	11	x	147,22			
	Steypa 2 þurrefni		kg					13,51	12		160,73		
							13,44	13		174,17			
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra	10	m	Steypt utan með eftir		klst	13,60	14	x	187,77			
	Steypa þurrefni		kg	Skorið ofan af eftir	49	klst	13,49	15		201,26			
	Dýpi á steypu í röri	744,0	m	Steypa boruð eftir	74	klst	13,66	16		214,92			
							13,75	17	x	228,67			
						13,23	18		241,90				
<b>ATHUGASEMDIR</b>							0,85	collí		242,75			
Float shoe, collar og 2 neðstu rör eru með buttress gengjum. 3. neðsta er breitrör úr							13,65	19		256,40			
buttress í A.M.S.gengjum. Öll rör þar fyrir ofan eru með A.M.S.gengjum. Efsta rör er 14"20,13mm							13,73	20	xx	270,13			
efnisrör 113 lbs/ft. Steypt var gegnum stangir og stungustykki en vegna 12 bara yfir							0,50	shoe		270,63			
þrýstings á holu var haldið 15 bara þrýsting á holutopp til að varna því að æðin kæmi													
inn í steypingu. Æðin er á 120-125m dýpi. Steypa kom upp og lokunar þrýstingur féll													
niður í 4 bar og steig svo upp í 6 bar. Steypa látin harðna í 26 klst. Þegar þrýstingi var													
hleipt af kom upp froðu kennt sement sull og talsvert gas. Ljóst er að illa er steipt milli													
fóðringa. Ákveðið var að steypa ekki frekar. Þétti hringur var settur milli 13 3/8" og													
18 5/8" fóðringa og soðinn við 18 5/8" fóðr. Lóðað var á steypu í 10m frá flangsi.													

### 3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Svarfsýni voru tekin á tveggja metra fresti eins og venja er við boranir. Sýnin voru greind samhlíða borun, bæði jarðlög og ummyndun, og stuðst verður við niðurstöður greininga við frekara áframhald. Á mynd 12 er jarðlagasnið og borhraði sýnt ásamt mælingum á skoli meðan á borun stóð.

Jarðlögin eru keimlík því er áður hafði sést í holu NG-8. Plagióklasdílótt móbergstúff er ráðandi berggerð, allt ummyndað. Öðru hvoru var borað í gegnum bólstra sem eru líklega á stangli í móberginu. Í þeim tilfellum er bergið oxað, glerjað upp í það að vera fínkristallað með öllum stigum þar á milli. Allt gler er ummyndað og leir er mest áberandi ummyndunarsteinda en kalsít og smáir pýrítkristallar eru í öllum sýnum. Aðrar ummyndunarsteindir eru kvars, wairakít og zeólítar og sjást þær óreglulega.

#### 3.1 Jarðlög

Jarðlög í þessum fyrsta áfanga borunarinnar niður á 285 metra dýpi eru sambærileg og búist var við miðað við niðurstöður úr holu 8, sem er um 43 m norðvestan við NJ-21. Lýsing jarðlaga sem borað var í neðan yfirborðsfóðringar er sem hér segir:

*Móbergsmýndun 2. 60–118 m.* Efri mörk móbergsins voru greind á um 60 m dýpi í fyrri áfanga. Móbergið er dílalaust, en kristöllun þess bendir til að það sé ólivín-þóleítt basalt. Túff ríkir niður í 100 m, en þaðan tekur við bólstrabreksía en neðst kemur í túff. Ferskt gler nær allt að 10% af berginu.

*Móbergsmýndun 3. 118-174 m.* Efstu 6 m þessa móbergs eru fremur settúffslegir. Í móberginu, sem er ríkjandi túff, er tiltölulega mikið af fersklegu þéttu fínkorna þóleítt basalti. Skyldleiki þessa basalts er óljós, og er sá möguleiki settur fram að um sé að ræða basaltinnskot. Fersklegt basalt kemur fyrir einnig í holu 8, en ekki í eins ríkkum mæli. Gera þarf bergsamanburð á holunum til að dæma freka á um hvort téð þóleítt sé innskot eða hluti móbergsmýndunarinnar.

*Móbergsmýndun 4. 174-285 m.* Það sem aðgreinir þetta móberg frá öðrum eru plagióklasdílar, og það gerir það að einu áreiðanlegasta leiðarlaginu í efri hluta jarðlagastaflans. Dílarnir finnast þó í mismiklu magni, eru fremur strjálir í efsta hluta móbergsins en aukast er neðar dregur í myndunina. Efri mörk móbergsins liggja á svipuðu dýpi og fannst í holu 8.

#### 3.2 Ummyndun

Unnt hefur verið að skipta ummyndun í efsta hluta jarðhitakerfisins í tvo hluta; eldra útfellingatímabil þar sem zeólítar eru ráðandi, og svo yngri útfellingar, svo sem kvars, wairakít og pýrít sjást. Einkenni yngra kerfisins eru þau helst að hitinn, sem nær yfir 200°C leysir upp fyrirleggjandi steindir eins og zeólítana og í stað þeirra koma kvars og wairakít. Yngra kvars, og wairakít að nokkru leyti, einskorðast nokkuð við 118-160 m dýpi. Einnig verður vart við kvars og wairakít á um 156 m dýpi en einmitt á því dýpi kemur fram væg óregla í a.m.k. tveimur hitamælingum, sem bent gæti til að þar vottaði fyrir leka. Ummyndun bergs er að nokkru metin á mynd 12, þar sem dökkskyggðu fletirnir sýna mikla ummyndun, en þeir skástrikuðu hlutfallsleg minni. Það sem er ómerkt er millistig þar á milli. Efra skyggða svæðið fellur saman við vatnsæðina sem mestum usla olli í borun, en við þann neðri varð ekki vart við neinn leka. Aftur á móti sést í hitamælingum minniháttar streymi inn í holuna. Þar er bergið afar sprungið, en sprungurnar eru allar mikið til fylltar af zeólítum sem merkir að lekt hafi verið þar mikil á þeim tíma sem zeólítarnir féllu út, og að vatnsæðar hafi stíflast að mestu af þeim steindum.

### 3.3 Vatnsæðar

Upplýsingar um vatnsæðar koma frá mælingum á skolvökva, jarðfræði, ummyndun og síðast en ekki síst frá hitamælingum. Vatnsæðar koma fram á tveimur dýptarbilum, en vafi leikur á um æð á 200 m dýpi. Þar neðan við eru engar vísbendingar um vatnsæðar.







120-135 m. Æðin sem kemur hér fram olli gosi í holu og festu borstrengs. Eftir steypingu reyndist hún enn virk og bar mest á henni á um 135 m dýpi. Fyrir steypingu orsakaði hún um 5 l/s skolaukningu en eftir steypingu reyndist streymið úr henni vera um 0,7-0,8 l/s eins og lýst er í borsögukaflanum. Æðin kemur skýrt fram í hitamælingum á mynd 7.

155-160 m. Æðin kemur fram í mismunahita skolvatns, þótt nokkurrar ónákvæmni gæti þar vegna þess að verið var að skipta úr vel heitri leðju yfir í kalt skolvatn nærri því dýpi. Þá sést æðin greinilega í hitamælingum að lokinni borun á mynd 7.



200 m. Ekki er ljóst hvort um eiginlega æð sé að ræða. Í skolhitamælingum á myndum 6 og 12 kemur fram nokkuð sterk vísbending en engin merki um æð er sjánleg í hitamælingum.

## Skýringar við jarðlagasnið og bergummyndun





### Berggerðir

	Basalttúff
	Basaltbreksía
	Glerjað basalt
	Fín-meðalkorna basalt
	Sandsteinn
	Svarf vantar




### Innskot

	Innskot
	Hugsanlegt innskot

### Ummyndunarstig

	Engin ummyndun
	Lítill ummyndun
	Meðal ummyndun
	Mikil ummyndun

### Vatnsæðar

	Lítill æð
	Meðal æð
	Stór æð

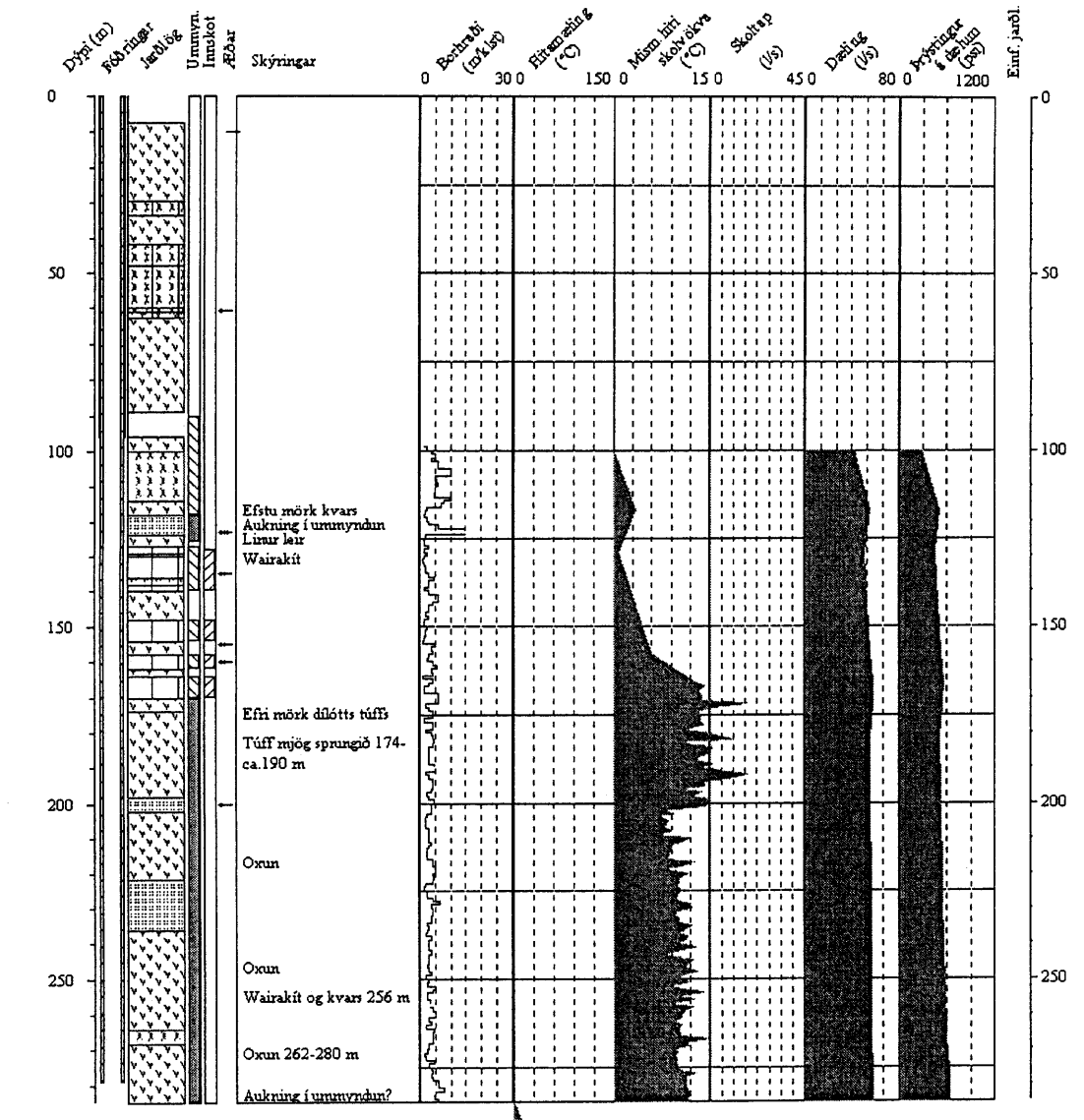


Staður: Nesjavellir  
Holunafni: NJ-21

Bor: Jötunn  
Dýptarbil: 90-285 m

Skolvökví: Vatn  
Verkhlufti: 1. áfangi

Staðarnúmer: 95021  
Starfsmenn: ASG/HF



Mynd 12. Jarðlagasnið.



#### 4. BORHOLUMÆLINGAR

Yfirlit um borholumælingar í 1. áfanga er sýnt í töflu 4, en borun fyrir 13 3/8" föðringu lauk á 285 m dýpi þann 14. júní 2000.

Mælingamenn mættu á staðinn kl. 14 miðvikudaginn 14. júní. Gerðar voru hitamælingar í stöngum milli kl. 14:25 og 17:25, og eru þessar mælingar sýndar á mynd 7. Settur var 2" ventill (poor boy) ofan á strenginn, og mælirinn síðan innan í 2" röri og tappi efst þar á. Síðan var mælt niður. Hægt var að mæla að einstefnuloka í strengnum á tæplega 260 m dýpi. Í ljós kom að æðar á u.þ.b. 130 og 160 m dýpi veittu vökva inn í holuna og hituðu upp í 100 til 120 °C (mynd 7). Engin ádæling var í holuna meðan á þessu stóð. Hætti kæling um streng kl. 14:15. Beðið var í botni í u.þ.b. 15 mínútur og síðan haldið upp á ný. Hafði þá aukist mjög hitinn frá æðunum, fór sú neðri upp í 150°C og eftir það sló hitamælirinn út. Híft var upp í lægri holuhita og lifnaði þá hitamælirinn við á ný. Farið var niður aftur og upp að u.þ.b. 165°C hita og vildu þá báðir hætta, mælingamaður með því að hífa á ný en mælirinn með því að deyja. Híft var í toppinn og lifnaði þá mælirinn á aftur.

Tafla 4. Mælingar í borun.

Dags.	Tími	Mæling	Dýptar bil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
14-06-2000	14:25-14:40	Hitamæling	0-260	Upphitun	h14jun2000k11425	Í stöngum
14-06-2000	14:40-14:47	Hitamæling	260	Upphitun	t14jun2000k11440	
14-06-2000	14:47-15:00	Hitamæling	260-60	Upphitun	h14jun2000k11447	Mælir ofhitnaði – d út
14-06-2000	15:38-15:48	Hitamæling	0-140	Upphitun	h14jun2000k11538	Mælir ofhitnaði – d út
14-06-2000	16:35-16:45	Hitamæling	0-258	Upphitun	h14jun2000k11634	Q=-2 l/s, holan kæling sig
14-06-2000	17:15-17:25	Hitamæling	258-0	Upphitun	h14jun2000k11712	Mælir ofhitnaði – d út
15-06-2000	05:55-06:15	Hitamæling	0-280	Upphitun	h15jun2000k10555	Eftir upptekt, ád. 2
15-06-2000	06:19-06:30	Hitamæling	280-0	Upphitun	h15jun2000k10619	og Po 10 bör
15-06-2000	06:58-07:30	Víddarmæling	275-0	Skápar	h15jun2000k10658	
15-06-2000	18:25-18:40	Hitamæling	0-155	Upphitun	h16jun2000k11825	Ád. 2,2 l/s og Po=1 bör
15-06-2000	18:45-18:51	Hitamæling	100-155	Upphitun	h15jun2000k11845	Engin ád. og opið ú
15-06-2000	18:52-18:57	Hitamæling	100-155	Upphitun	h15jun2000k11852	“ “ “
15-06-2000	18:58-19:10	Hitamæling	100-155	Upphitun	h15jun2000k11858	“ “ “
16-06-2000	00:32-00:04	Hitamæling	0-250	Kæling æða	h16jun2000k10032	Fóðring í botni, ád. l/s
16-06-2000	00:41-00:50	Hitamæling	250-0	Kæling æða	h16jun2000k10041	“ “ “
16-06-2000	02:24-02:45	Hitamæling	0-250	Kæling æða	h16jun2000k10224	Ád. aukin í 4 l/s kl 01:30
16-06-2000	18:23-18:33	Hitamæling	0-250	Steypgæði	H200006161823	
16-06-2000	21:39-21:57	Steypumæling	250-0	Steypgæði	B200006162139	
16-06-2000	22:05-22:12	Hitamæling	20-250	Steypgæði	H200006162205	
17-06-2000	08:28-08:34	Hitamæling	0-255	Steypgæði	H200006170828	
17-06-2000	08:49-08:56	Steypumæling	100-255	Steypgæði	H200006170849	
17-06-2000	08:57-09:19	Steypumæling	255-0	Steypgæði	H200006170857	
17-06-2000	11:02-11:07	Hitamæling	20-150	Upphitun	H200006171102	
17-06-2000	11:31-11:37	Hitamæling	150-254	Upphitun	H200006171131	
17-06-2000	11:38-11:49	Hitamæling	255-5	Upphitun	H200006171138	
17-06-2000	12:04-12:11	Hitamæling	5-147	Upphitun	H200006171204	
17-06-2000	12:15-12:20	Hitamæling	80-170	Upphitun	H200006171215	

17-06-2000	13:20-13:45	Steypumæling	250-10	Steypugæði	B200006171326	25 tímum eftir steypingu
17-06-2000	14:19-14:25	Hitamæling	50-200	Upphitun	H200006171419	~0,2 l/s af steypufró komu upp utan með fóðringunni
17-06-2000	14:30-14:35	Hitamæling	50-200	Upphitun	H200006171430	~1 l/s af steypufró komu upp utan með fóðringunni
17-06-2000	14:52-14:57	Hitamæling	50-200	Upphitun	H200006171452	~0.5 l/s af steypufró komu upp utan með fóðringunni
17-06-2000	15:18-15:23	Hitamæling	50-200	Upphitun	H200006171518	Lítill steypufroða (mest megnis vatn kemur upp í púlsum)
17-06-2000	15:50-15:56	Hitamæling	11-200	Upphitun	H200006171550	Mælt eftir skjálfta kl. 15:41
17-06-2000	16:32-16:37	Hitamæling	40-200	Upphitun	H200006171632	Dælt var á kill line brot úr mín P rauk upp síðan allt fast og síðan hleypt af.
17-06-2000	16:59-17:05	Hitamæling	30-200	Steypugæði	H200006171659	Kemur nánast ekki upp úr holunni
17-06-2000	17:39-17:54	Steypumæling	200-3	Steypugæði	B200006171739	Steypa virtist fara í lag eftir skjálftan
17-06-2000	18:35-18:41	Hitamæling	13-203	Upphitun	H200006171835	
18-06-2000	09:10-09:23	Hitamæing	0-250	Steypugæði	H200006170910	
18-06-2000	09:53-10:03	Steypumæling	50-130	Steypugæði	B200006170953	
18-06-2000	10:48-10:58	Steypumæling	5-80	Steypugæði	B200006171048	

Að þessum mælingum fengnum var ákveðið að hefja ádælingu á holutoppinn undir þrýstingi hið snarasta. Hófst hún rétt um kl. 15:00. Dælt var 2 l/s og fór þrýstingur fyrst í 5 bör og svo fljótlega í 10 bör og loks í 12 bör. Þessari ádælingu var svo haldið til 17:20. Í millitíðinni var skoðað með hitamælinum hvernig holan brást við kælingunni. Skemmst er frá því að segja að þó lítil væri, megnaði ádælingin hægt og rólega að snúa við æðarennslinu og kæla hitatoppinn við æðarnar. Ekki var farið nema í 150 m dýpi eftir 45 mínútna ádælingu vegna hita. Síðan tókst að mæla til botns eftir tæplega 2 tíma ádælingu. Var þá einungis neðri hitatoppurinn á lífi og kominn niður að 120 °C hita. Af þessu má ráða að sá 10-12 bar yfirþrýstingur, sem ádælingin skapaði, yfirvinnir æðarþrýstinginn. Þar með var áætlað að æðakerfið í holunni væri undir 23 til 26 bar þrýstingi. Það jafngildir 220 til 230 °C hita ef kerfið er í suðu. Ef þetta er skoðað með hliðsjón af suðumarksferlinum á mynd 7 og æðarnar ná að skila fullum hita inn í holuna færir hún í gos (hitinn er vel yfir suðumarksferli).

Aðfaranótt fimmfundagsins 15. júní kl. 3:20 var búið að taka upp borstrenginn og byrjað að dæla á holuna til kælingar fyrir mælingar, sem hófust kl. 6. Skemmst er frá því að segja að holan hélst þökkalega köld í alla nóttina og virtist virka vel víxládæling undir þrýstingi og síðan stöpp meðan standar voru teknir úr. Mælt var hiti og vídd. Hitamælingin var í góðu samræmi við það sem búið hafði verið við út frá fyrirliggjandi vitneskju. Þó virtist orðin sú breyting að æðin á u.þ.b. 130 m dýpi náði ekki að skjóta sér inn í hitaferilinn með sama krafti og áður (mynd 7). Sennilega fer mest öll ádælingin út í þessa æð og hefur hún þá þétt suðuna í henni, næst holunni. Öðru máli gegndi um 160 m æðina. Hún kom skart inn í hitaferilinn. Þar með var ályktað að sáralítið vatn færi út í hana í ádælingunni. Jafnframt að þrýstingur hennar væri nærri 26 bar, þ.e. 16 bar úr kaldri vatnssúlunni plús síðan þau 10 sem voru á holutoppi við 2 l/s ádælinguna.

Næst var víddarmælt (mynd 8). Notaður var gamall og grannur 3ja arma mælir þar sem 4" sver XY-víddarmælir var ekki talinn komast í gegnum borstangir Jötuns (sem reyndar er rangt) og öryggisbúnaðinn þar ofan á (poor boy og tappi með mælingavír). Holan mældist tiltölulega slétt utan að stór skápur var á 120-125 m dýpi. Þrír nabbar sáust í mælingunni og þrengja holuna niður í 16" þvermál. Metið var að þeir mundu ekki að verða til vandræða í niðursetningu fóðringar. Rétt er að taka fram að kvörðun víddarmælis er gerð við herbergishita meðan holan er að jafnaði 50-100°C heit, sem ruglar mælinn. Því var gerð sú einfalda hitaleiðrétting að bæta 3" við víddina og passar ferillinn þá vel að fóðringu og borkrónu. Annars var holan snyrtilega boruð niður án neinna umtalsverðra skápa, ef frá er talinn skápurinn á 120-125 m dýpi.

Síðar um daginn um kl. 18 var mældur hiti innan fóðringar á móts við æðarnar frá 160 m upp í 120 m. Eftir að síðasta fóðurrör var komið niður voru viðbrögð holunnar könnuð með hitamælingum (mynd 9), annars vegar með 2 l/s dælingu og hins vegar 4 l/s. Ekki var annað að sjá en að mikið munaði um hvern sekúndulíter sem niður fór. Við þessa dælingu hélt holan áfram að hitna frá æðum niður að botni. Á 250 m dýpi var hún komin um 130°C. í 2 l/s dælinguna fór þrýstingur í 12,5 bar. Við 4 l/s dælingu fór þrýstingur upp í 16 bar en athyglisvert var að þrýstingur féll ekki lengra niður en í 12 bar, eftir að dæling var tekin af og holu var haldið lokaðri. Ennfremur kom í ljós að munur var á þrýstimælum sem notaðir höðu verið. Þegar mælingamenn settu nákvæmari mæli í stað þess er fyrir var þá kom þessi munur í ljós.

Lokunarþrýstingur var 12 bar. Við 2,2 l/s ádælingu er holutoppsþrýstingur 13-13,5 bar. Við 4,0 l/s ádælingu er holuþrýstingurinn 15 bar. Tafla 5 sýnir síðan hvernig toppþrýstingur féll þegar 4 l/s ádælingin var tekin af og sett á á ný. Mælt var með stafrænum þrýstimæli ROS.

**Tafla 5.** Mælingar á toppþrýstingi NJ-21 þegar ádæling hætti að morgni 16. júní 2000.

Tími dags	Toppþrýst. (bör)	Ádæling (l/s)	Athugasemdir
02:42	15,2	4,0	Ádæling hættir 02:43
02:43,5	12,9	0,0	
02:44	12,5	0,0	
02:44,5	12,4	0,0	
02:45	12,3	0,0	
02:45,5	12,25	0,0	
02:46	12,19	0,0	
02:47	12,14	0,0	
02:48	12,20	0,0	
02:49	12,08	0,0	
02:50	12,06	0,0	4 l/s ádælingin fer aftur í gang
02:50,1		4,0	
02:52	14,4	4,0	
02:55	14,9	4,0	
02:56	15,0	4,0	

Að fengnum þessum niðurstöðum má nú giska á hita og þrýsting æðanna á 125 og 160 m. Er þá gert ráð fyrir að báðar séu sjóðandi og tveggja fasa. Óvissan hér er að ekki er vitað hvor

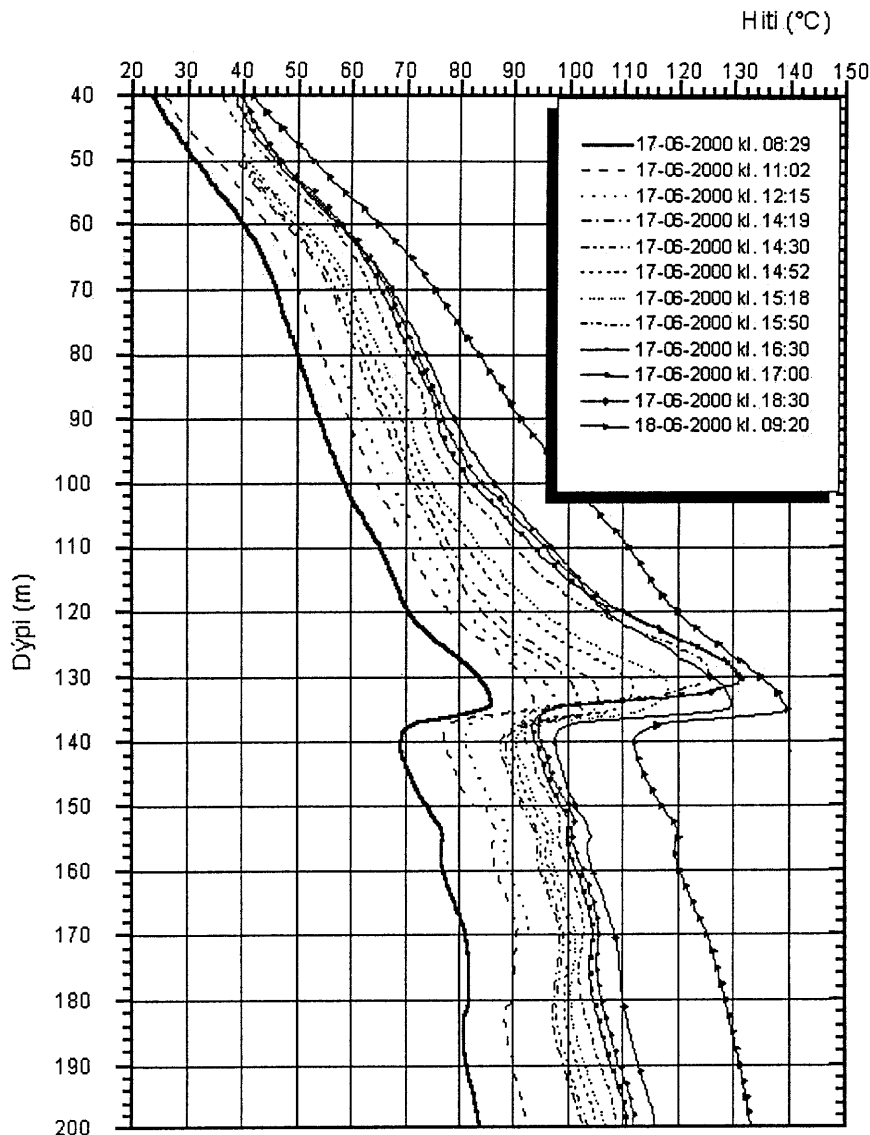
æðanna stjórni holubrýstingnum. Þó má telja að efri æðin hafi aðeins lægri þrýsting en sú neðri. Er þá æðaprýstingurinn á bilinu 24,5 til 28 bör og hitinn þar með kringum 230°C.

Að lokinni steypingu fóðringarinnar á hádegi þann 16. júní var hafinn undirbúningur að CBL-mæla. Ákveðið var að mæla viðmiðunar CBL fyrir steypugæðin meðan steypan væri örugglega blaut. Mælingar hófust um kvöldmatarleytið. Hitamælt var og síðan steypumælt í framhaldinu með “nýja” steypumælinum. Hitamælingin er sýnd á mynd 13 og steypumælingin á mynd 11. Að vonum reyndist steypan enn verulega lin og aðalniðurstaða mælingarinnar var að fóðurrörin eru skrúfuð saman með múffum sem síðan koma fram sem pinnar góðrar steypu á ca. 13,5 m fresti. Til að tryggja að ályktunin um óharðnaða steypu væri rétt, var opnað örlítið á kæfingarloka holutoppsins og vall þá út steypa án gasbóla.

Orkustofnun  
Borholumælingar

## Nesjavellir NV-21

16. júní 2000  
GRB/KB



Mynd 13. Hitamælingar innan öryggisfóðringar eftir steypingu.

Aftur var mælt að morgni þjóðhátiðardagsins, 17. júní. Var þá engin launung að hörðnuð steypa var í holunni frá holubotni og upp á 90-100 m dýpi. Þar slappast harkan mjög enda komið upp í ytri fóðringu og því er hörðnunartími lengri. Til að tékka betur á þessum lágu steypugæðum var aftur opnað á kæfingarloka og enn vall út honum grautlin steypa. Var því

áætlað að bíða fram að síðdegiskaffi og mæla aftur. En skömmu síðar tók holan að byggja hratt upp þrýsting á kæfingalokanum. Þar með virtist sem þrýstingur einhverrar æðar niðri í holunni væri að skila sér upp í topp gegnum hálfharðnaða steypuna. Til að kanna þetta var farið í að hitamæla stöðugt holuna milli 50 og 200 m dýpis. Niðurstöður eru á mynd 13. Ekki sjást þar nein afgerandi merki um þetta. Síðan var ákveðið upp úr hádegi að hleypa út þeim 12 börum sem voru komin á holutoppinn og mæla um leið hvernig hitnaði niðri í holunni. Enn geymir mynd 13 niðurstöðuna. Skemmst er frá því að segja að holan hitnaði hratt upp við æð á 135 m jafnframt því sem holutoppurinn skilaði af sér sementsfroðu. Síðan ríður Suðurlandsskjálftinn yfir um kl 15:40 og víbrast þá steypan saman og æðin í 135 m hættir að hitna. Eins byggði toppurinn ekki upp neinn þrýsting. Hést svo um nóttina og þegar hitamælt er að morgni sunnudags 18. júní er ekki að sjá að hiti við æðina hafi hækkað neitt hraðar en annars staðar í holunni.

Tvisvar var steypumælt eftir afblæðingu steypufroðunnar og Suðurlandsskjálfta. Niðurstöður eru á mynd 11. Þar sést að enn er góð steypa neðan 130 m síðdegis þann 17. júní en mjög slöpp þar fyrir ofan. Þá virtist steypuborð í holunni vera á 20-30 m dýpi. Í mælingu að morgni 18. júní sést síðan að steypan í holukaflanum milli 130 m og topps hefur tekið sig. Virðist þarna því kominn sæmilega þéttur massi milli fóðringa frá því sem var deginum áður. Þessar mælingar voru gerðar með nýrri steypupróbu sem seljendur fullyrtu að mældi að 160 °C hita. Það reyndist alrangt og dofnaði merki frá mælinum jafnt og þétt eftir því sem meir var reynt að mæla niðri í rúmlega 100°C hita. Líklega er mælirinn bilaður að loknu þessu brasi. Hann sýndi þó form hljóðmerkisins mest allan tímann og var það síamfellt steypulegt neðan 20-30 m holudýpis, þar sem talið er að steypuborðið sé í holunni.

Fylgst var áfram með þrýstingi á kæfingarloka frá því á hádegi daginn áður. Þar má sjá að skömmu eftir að steypingu lauk seig toppþrýstingurinn hratt í u.þ.b. 4 bar. Stemmir það ágætlega við þann 12 bar yfirþrýsting sem kemur frá vatnsæðunum á 130 og 160 m (viðbótarþrýstihæð 130 m steypusúlu með eðlisþyngd 1,6 er einmitt um 8 bar). Síðan gengur þrýstingurinn upp, að öllum líkindum út af hitnun og eðlisþyngdarbreytingum, en eins af því að steypan gæti fyrst hafa tekið sig úti í æðunum og þar með lokað á að hitnandi holusteypan slyppi út í jarðhitakerfið.

## **VIÐAUKI**

Dagskýrslur

**BORVAKT Á NESJAVÖLLUM,  
NJ-21 DAGSKÝRSLA # 1**

<b>Verkskipi:</b> Orkuveita Reykjavíkur	<b>Verktaki:</b> Jarðboranir hf.
<b>Hola:</b> NJ-21	<b>Bortæki:</b> Jötunn
<b>Staðarnúmer:</b> 95020	<b>Jarðfr. á vakt:</b> HF/SS/Jo
<b>Holuvídd:</b> 17 1/2"	<b>13-15. verkdagur</b>
<b>Dýpi síðustu fóttingar:</b> 97 m	
<b>Skalvökv:</b> Vatn	
<b>Dýpi kl. 8:</b> 123,5 m	<b>Borun alls í berg: 26 m</b>
<b>Skotlap kl. 8:</b> 0	

**Lýsing á borverki**

Klukkan 20:00 miðvikudaginn 6. júní (13. verkdegi) hófst borun í berg í forboranri holu NJ-21 á Nesjavöllum. Dýpi hola var um 97 m miðað við drifborð Jötuns. Borað var með 17 1/2" krónu og var notað vatn sem skalvökv.

Borað var í möbergi, mestmegnis tuff og bólsrabreksiu. Í 120 m dýpi var borað í gegnum lagskil þar sem við tók settkennt möbergisuff. Á þeim lagskilum varð gjökbreyting á ummyndun. Fyrir ofan hafði verið óökkleitt lítið ummyndað tuff og breksia með allt að 10% af fersku gleri og útfellingum af heulandútsilbiti, skótesítu/mesófiti, en neðan þess var tuffið afar ljóseitt af ummyndun, og aubugt af píryti. Zeólítar hafa alveg horfið í þessari ummyndun, en í staðinn sást nokkuð af kvarsí, en það er einkenni háþrýsta gulfurkerfinsins.

Á 120 m dýpi komu tvær gossplisar út um "flowline", sem stóðu í órskamma stund. Í ljós kom að borstrengurinn var fastur og var hann dreginn upp í rúmlega 100 m dýpi með um 220 búsend punda tog. Þrátt fyrir dælingu í gegnum borstreng kom ekkert vatn upp í gegnum flowline, en dælubrýstingur jókst í 4 að gaðka 1200 psi, og vegna þessa mikla vatnsþrýstings frá dælingunni lýfist borstrengur rúna tvo metra enn frekar upp í holu. Sýnið af 122 m dýpi sýndi að ummyndaða tuffið var afar mjúkt og leikkennt. Talið er líklegt að gasspóki hafi losnað úr læðingi þegar holan skar æðina, sprengt með sér hluta af berginu, sem æðin var í, og farið upp fyrir stýringuna og krónuna og stíflað holuna og fest strenginn.

Dæling náðist niður fyrir krónu og inn í æðina, og var dælt um 17,5 l/s með um 600 psi mölþrýstingi. Dælt var ofan á holuna í gegnum "killline" með lokabán Hydril-lokann og rauk þrýstingur upp í um 46 bór, og því ljóst að ekkert samband var þá leið niður í æðina, og staðfesting á festu borstrengs.

Tekin var ein álagsstöng úr strengnum og náðist þá að toga strenginn upp í fóttinguna og losa um festuna. Lokað var að holunni og dælingu hætt og mældist þá um 11 1/2 bær yfirþrýstingur á holutoppi og þá ljóst að þrýstingur var svipaður og mældist á svipuðu dýpi í holu 8. Mælt var sjálfrennsli úr holu og reyndist það tæpir 5 l/s. Þegar þrýst var á holuna með dælingu reyndist æðin taka illa við og byggðist upp þrýstingur (um 550-600 psi við um 8 l/s dælingu), en það bentu til að botnfalli lægi ofan á æðinni sem brýsti að henni í ádælingu og hálf lokaði henni. Því var ákveðið að reyna að hreinsa botnfallið. Reyndist það vera um 8 m. Þegar krónan var komin í um 4 m niður í botnfallið jókst gasfnykur í kringnum holuna.

Króna var á borni um klukkan 16:00 og var strengnum snúit hægt og holan skolið. Ættunin er að stöðva dælingu að lokinni skulun og kanna hvað rennur af holunni í sjálfrennsli. Að því loknu verður kannað hvort botnfall er í holunni og síðan þrýst á æðina til að kanna hversu opin hún er.

Klukkan 17:11 var slökkt á dælum og rennsli úr holunni metið. Vart var greinanlegt sjálfrennsli og var það langt undir einum lítra á sekúndu. Þegar 5 mínútur voru líðnar frá því slökkt var á dælum var tekið botnfall og reyndist það vera 2,5 metrar. Miðað við botn holunnar sé í 123 til 124 metrum er efri brún botnfallins á um 121 metra dýpi eða rétt við æðina. Neðsta öryggisventili var lokað að stöngum og byrjað á dæla á holuna til að kanna opnun æðarinnar. Fyrst var dælt 4 l/s og sýndi þrýstímælir á "kill-

line" (kæfingarloka) engan þrýsting. Dæling var þá aukin í 9 l/s og fór þrýstingur þá í 4 bær. Dæling var þá aukin í um 19 l/s og ók þrýstingur í 25 bær á kæfingarloka og var stöðug. Dæling var tekin af og dælt þá þrýstingur úr 25 bær í 8 bær á um hálfri mínútu. Nokkuð gott samræmi var á milli þess sem stand-pípe þrýstímælir á Jötni og þrýstímælir á kæfingarloka sýndu.

Uppteki hófst síðan um sexteytöð og var ein álagsstöng tekin úr með kelly og dælt á milli. Sex álagsstangir voru brotnar út á rekka og síðan teknir tveir standar í mastur. Kollarnir voru mjög svartir og greinilega mikið gas í holunni.

Steypingu var frestað til morguns 9. júní vegna bilunar í dælu. Áætlað steypumagn var um 20 tonn sem nægði til að fylla holuna með steypu, og var henni dæling hennar 12 l/s í gegnum borstöng í holutoppi. Eftir steypingu var dælt rúmlega 10.000 l af vatni sem rak steypuborð niður á um 70 m dýpi, og þar með að steypa, jángildi þessara 70 m, fór inn í æðina. Í lokin var vatni einnig dælt í stutta stund í gegnum "killline" til að reka óæskilega steypu frá öryggislokum. Þrýstingur á killline meðan á steypingu stóð var í um 35-40 bær en fór í allt að 46 bær í eftirdælingu. Eftir steypingu fór þrýstingur niður í rúmlega 13 bær.

Nú verður beðið í 8 klst. og þrýstingi haldið á holunni. Þá verður opnað og aðstæður kannaðar. Ef allt er með teiluð verður strengur settur í holu og harka steypu könnuð. Ef hún er nægilega hörð verður borað alla leið í gegn. Hver staðan verður þá er erfið um að segja, nema að lesendur þessa fréttabréfs hida spennur eftir næsta tölublaði. (hluti af markaðssökn blaðutgefenda.)

HF/SS/Jo



**BORVAKT Á NESJAVÖLLUM,  
NJ-21 DAGSKÝRSLA # 2**

Verkaupi: Orkuveita Reykjavíkur  
Hóla: NJ-21  
Staðarnúmer: 95021

Verktaki: Jarðboranir hf.  
Bortæki: Jötunn  
Jarðfr. á vakt: ÁsG

Holuváddi: 17 1/2"  
Dýpi síðustu fjóðringar: 97 m  
Skolvákví: Vatn

16. verkdagur

Dýpi kl. 8: 123.5 m  
Skoltap kl. 8: 0

Borun alls í berg: 0 m

**Lýsing á borverki**

Eins og fram kom í síðustu dagskýrslu þá lauk steypingu um kl. 10 um morguninn. Tilgangur með henni var að þétta æð sem gaf inn í holuna. Að steypingu lokinni var þrýsingur á holuþoppi 13.5 bar og lækkaði hann rólega þegar leið á daginn. Rétt áður en holan var opnuð kl. 17 þá sýndi mælir á holuþoppi 9.5 bar. Fijótlega eftir að opnað var fór að vætla upp úr holunni vel innan við 1 l/s. Sett var niður og þreifað eftir steypu. Engin fyrirstaða var þrátt fyrir að komið væri niður fyrir 70 m, þar sem steypuborð átti að vera. Skolað var niður í rúmlega 80 m án þess að finna fyrir neinu. Sementslitur var á vatninu og perlusteinn kom upp við skolon eftir að komið var niður fyrir áætlað steypuborð. Einnig bólaði og stundum ógæði í svartkassanum vegna gassstreymis en það var lyktaust. Ákveðið að biða fram undir morgun og sjá hvort steypan mundi taka sig betur á þeim tíma.

Milli kl. 6 og 7 var reynt á ný og var ástandið svipað og þar sem frá var horfið kvöldið áður. Breyting varð loks þegar komið var niður úr fjóðringu. Þar rétt neðan við var ekki lengur hægt að skola krónunni niður og var þá látið snúast niður á um 100 m dýpi. Það var svipað því að stínga heitum hnif í smjóruva. Það tók litla vikt við borunina. Það sem upp kom var grautlit sem áður og ekkert vætlaði upp við meðan blett var í kollum. Með það í huga að steypan gæti enn verið að harðna eða taka út þroska þá var ákveðið að biða til kl. 14 í dag með frekari aðgerðir.

ÁsG



**BORVAKT Á NESJAVÖLLUM,  
NJ-21 DAGSKÝRSLA # 3**

Verkaupi: Orkuveita Reykjavíkur  
Hóla: NJ-21  
Staðarnúmer: 95021

Verktaki: Jarðboranir hf.  
Bortæki: Jötunn  
Jarðfr. á vakt: ÁsG

Holuváddi: 17 1/2"  
Dýpi síðustu fjóðringar: 97 m  
Skolvákví: Vatn

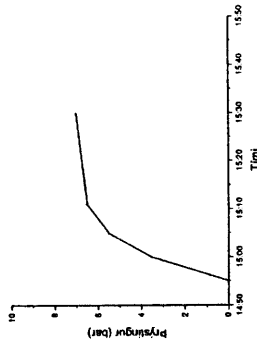
17. verkdagur

Dýpi á miðnætti: 125 m  
Dýpi kl. 8: 133 m  
Skoltap kl. 8: 0 l/s

Borun síðasta sólarhring 2 m  
Meðalborhræði 2 m/klst

**Lýsing á borverki**

Klukkan 14 var harka steypannar könnuð og enn var hún sem grautur. Aðeins var farið nokkra metra niður en síðan ákveðið að doka enn og gera næstu autögu á vaktaskiptum, um kvöldmálarleytið. Í milliðinni eða um þrjúleytið var dæling stöðvuð og lokað að stöngum til að kanna hvort holan byggði upp þrýsing. Svo reyndist vera eins og sést á meðfylgjandi línuriti. Þrýsingur steig hratt á fyrstu mínútum og hegði síðan verulega á og virtist vera nokkuð stöðugur við 7 bar. Þegar hördun steypu var næst könnuð var smá fyrirstaða fyrst en síðan rann krónan nestum viðstöðulaust niður á 108 m dýpi. Þar neðan við var góð steypa niður á 112 m. Næstu 1,5 m var litil fyrirstaða en síðan var góð steypa niður á 120 m dýpi eða niður að botnfallinu eins og það var fyrir steypingu. Farið var niður á 123 m dýpi eða eins og holan var fyrir steypingu. Holan var síðan skolið þar til að svarf var hætt að koma upp. Botnfall var eftir það 3 m. Æðin virtist vera alveg þét, en til að sannreyna það var lokað að stöngum og kannað hvort hún byggði upp þrýsing. Niðurstæða var á sama veg og fyrir um daginn. Næst var dælt á holuna þar til 15 bar þrýsingi var náð. Það dægti að dæla með 20 slögum (1 slag = 0,19 l/s) í örskamma stund til að ná þeim þrýsingi og féll hann nokkuð hratt eftir að dæling var stöðvuð. Að þessum prófunum lókum var borun haldið áfram með vatni, þar sem búist var við önnur æð gæti komið inn litlu neðar. Borað var alla nóttina. Alag var á bilinu 5-10 þúsund pund, snúningur á krónu um 50 snr/mín og dæling rúmlega 50 l/s. Undir morgun var dýpið 132 m. Þrátt fyrir að vel skolaðist upp úr holunni þá mældist 6 m botnfalli. Þrjúdælinni var blett við með 20 l/s án sýnilegs árangurs. Þá var brugðið til þess ráðs að blanda gel.



Borað var í tuff þar til komið var í 128 m en þá tók við basalhraunlag. Af ummýndunarsteindum sést m.a. kvars, wairakit og þýrft saman sem hefur verið öræk viðsending um æðar og hita yfir 200 °C. Einnig sést zeólítar og klastir, sem gefa upplýsingar um lægri hita. Samkvæmt því er háhituummyndunin bundin við afmarkaða rás en lægri hit er ofan og neðan við.



**BORVAKT Á NESJAVÖLLUM,  
NJ-21 DAGSKÝRSLA # 5**

<b>Verkkaupi:</b> Orkuveita Reykjavíkur	<b>Verktaki:</b> Jarðboranir hf.
<b>Hola:</b> NJ-21	<b>Borttaki:</b> Jöunn
<b>Staðarnúmer:</b> 95021	<b>Jarðfr.-á vaka:</b> ÁsG/HF
<b>Holuhvæði:</b> 17 1/2"	<b>19. verkdagur</b>
<b>Dýpi síðustu fjóðringar:</b> 97 m	
<b>Skoluhvæði:</b> Vann/gel	
<b>Dýpi á miðnætti:</b> 212 m	<b>Borun síðasta sólarhring</b> 50 m
<b>Dýpi kl. 8:</b> 228 m	<b>Meðalborhraði</b> 2,6 m/klst
<b>Skolaukning kl. 8:</b> 0,5-1 l/s	

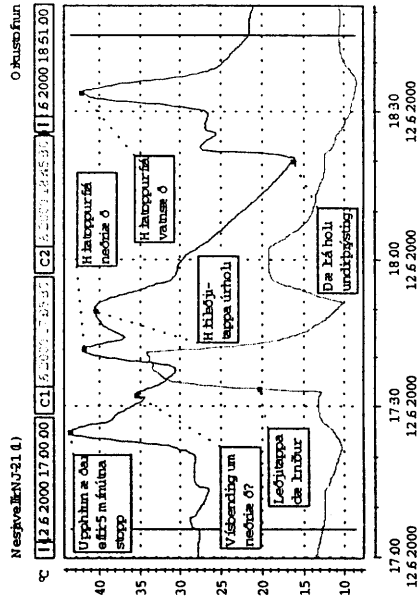
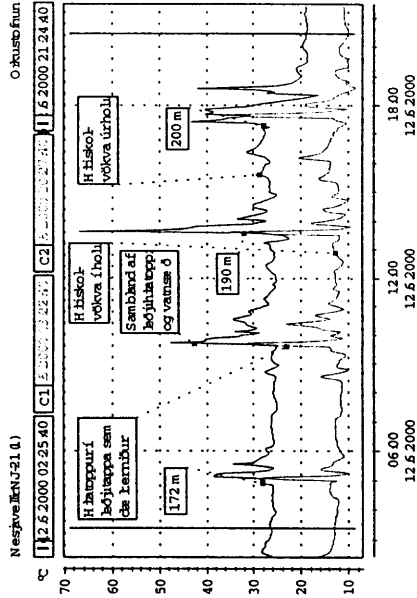
**Lýsing á borverkni**

Borun hefur gengið vel síðasta sólarhring, og hafa borast alls 50 metrar. Borfall hefur reynt vera 6-8 m fyrir stangarbætingu. Lagað var gel í mið- og endakarð og hefur það verið sent niður til að hreinsa holuna fyrir stangarbætingar og safnað síðan aftur á sama stað í karð. Þannig hefur gelid verið nýtt aftur og aftur en alltaf hefur þurft að bæta nokkrum pokum út í það sem fyrir var vegna þýmningar sem það hefur orðið fyrir á ferðalaginu niður og upp holuna. Á þennan hátt hefur borfall verið að mestu hreinsað fyrir stangarbætingar. Á meðfylgjandi mynd af sískráningu á hita niður og upp holuna kemur þetta mjög skýrt fram

Á mynd 1 eru sýndar breytingar í skolhita með tíma. Helstu breytingar verða þegar bætt er í síong, þar sem þá nær æðin sem í holunni er að flaða inn í holuna og myndu hitauplís í skolvatninu þegar dæling er sett á á ný. Einnig kemur fram hitauplís þegar lejutappinn er sendur í holuna.

Í stangarbætingu í 190 m dýpi var ákveðið að stöðva dælingu í 10 mínútur til að kanna hve hitauplís æða í holunni næði háum hita. Eins og sést á myndinni komst hitinn í um 70°C, sem sýnir hve fljótt holan hitnar við vatnsæðar. Í 200 m var ákveðið að kanna frekar æðar með því að loka holunni og dæla á hana 3,7 l/s. Holan byggði upp 15 bar þrýsting á um 15 mínútur. Þá var dælingin tekin af og lækkaði þrýstingurinn á örfáum mínútum niður í 7 bar. Ljóst þótti að æðin væri litið opin. Til samantburðar renna upp úr holunni 0,5-1 l/s við stangarbætingar.

Á mynd 2 eru breytingar í skolvatnshita sýndar og hugsanlegar skýringar þar við. Þar má m.a. sjá lítinn hitatopp sem túlka má sem lítið innstreymi neðan við meginæð holunnar. Sterkasta æðin sem vituð er um fram til þessa er æðin sem steypt var í á 123 m. Önnur æð virðist vera á 140-150 m dýpi samkvæmt mismunahita. Þar skiptir að vísu um boradferð, farið er úr vatnsborun yfri í gelborun og svo aftur yfri í vatn vegna örur upphitunar á gelinu. Neðan við 160 m dýpi er data-logger kominn í gang og hefur skráð upplýsingar nákvæmlega (ath. þar ofan við eru ekki til eins nákvæm gögn). Æð er talin vera á 140-150 m dýpi og minni æð gæti verið kominn inn í 172 m, en þar jókst ummyndun áberandi og mikið af sprungufyllingum er í berginu.



14.06.2020

**BORVAKT Á NESJAVÖLLUM,**

**NJ-21 DAGSKÝRSLA # 6**

<b>Verktæpi:</b> Orkuveita Reykjavíkur	<b>Vertæki:</b> Jarðboranir hf.
<b>Hola:</b> NJ-21	<b>Bortæki:</b> Jötunn
<b>Staðarnúmer:</b> 95021	<b>Jarðfr. á vakt:</b> ÁsG/SSJo
<b>Holuvídd:</b> 17 1/2"	<b>20. verkdagur</b>
<b>Dýpi síðustu fóðringar:</b> 97 m	
<b>Skalvævi:</b> Vatn/gel	
<b>Dýpi á miðnætti:</b> 268 m	<b>Borun síðasta sólarhring</b> 56 m
<b>Dýpi kl. 8:</b> 285 m	<b>Meðalborhraði</b> 2,9 m/klst
<b>Skolaukning kl. 8:</b> 0,5-1 l/s	

**Lýsing á borverki**

Borun hélt áfram án sérstakra tölunda. Eftir hverja stöng var dælt gelli til að hreinsa upp botnfall sem var í öllum tilfellum 7-8 m. Í hvert sinn var eftir um 4 m sem var ekki til trafala fyrir framhaldið. Lítið var á streymi úr holunni meðan á stangarþætingum stóð og hæðin þáð ekkert breyst. Undir morgun var komið í fóðringardýpi á 285 m. Umnið er við að hreinsa botnfall úr holunni og er meiningin að hafa hana tándur hreina áður fóðringin fer niður. Því næst verður hún kæld í einhverja klukkutíma áður en mælingameinn ROS hitamæla í stöngum fyrir upptekt. Reynt verður að fá sem bestar upplýsingar um hitaástandið niðri áður en strengurinn verður tekin upp.

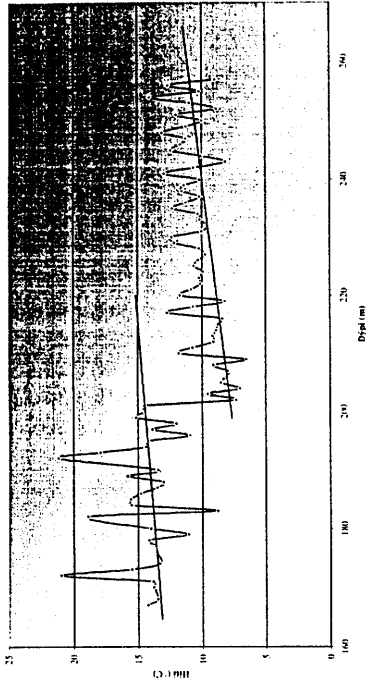
Jarðlöggin eru keimlík því er áður hafði sést í holu KG-8. Plagóklasíflótt móbergstúff er ráðandi berggerð allt ummyndað. Öðru hvoru var borað í gegnum bólstra sem eru líklega á stangli í móberginu. Í þeim tilfellum er bergið oxað, glerjað upp í það að vera fínkríallað með öllum stígum þar á milli. Allt gler er ummyndað og leir er mest áberandi ummyndunarsteinda en kalsít og smáir pýrítkrístallar eru í öllum sýnum. Aðrar ummyndunarsteindir eru kvars, wairakít og zeólítar og sjást þær óreglulega. Erfitt hefur verið að staðsetja æðar og spurning hvort nokkrar séu neðan 200 m dýpis. Data-loggerinn hefur lesið hitagildi upp og niður á 20 sek. fresti frá því dýpið var 166 m. Afturgaverðar upplýsingar hafa komið út úr því.

Meðal annars er vert að skoða breytingu sem á sérstað á 200 m dýpi. Þar hagar mismunahitinn sér á þá leið að hann lækkar sambærilegt við það þegar æðar eru skornar þar sem undirþrýstingur er til staðar. Síðan hækkar hitinn eins og engar æðar séu þar neðan við. Ef þetta er rétt þá er 7 bara þrýstingur á æðinni í 123 m þrýstingur gufupóða og á 200 m dýpi er þá kalda súlan í holunni með hærrí þrýsting en jarðhitakerfið. Gott ef svo væri en þetta eru aðeins vangaveltur eins og gefur að skilja. Á meðfylgjandi mynd er mismunahitinn sýndur.

Verkefnissjófjórinn okkar ROS-manna bað fyrir kveðju en hann hringdi frá Köben í morgun. Starðurinn nýir tímarnum græmlega vel enda lítið annað að gera þegar maður bíður eftir stráði í útlöndum.

Síðuru botnfallstölur voru 4 m kl. 8. en gel er á leiðinni niður í holuna en fréttir um því síðar. ÁsG/SSJo

Mismunahiti í NJ-21



15.06.2009

**BORVAKT Á NESJAVÖLLUM**

**NJ-21 DAGSKÝRSLA # 7**

<b>Verkaupi:</b> Orkuveita Reykjavíkur	<b>Verkaki:</b> Jarðboranir hf.
<b>Hola:</b> NJ-21	<b>Borteki:</b> Ístunn
<b>Staðarnúmer:</b> 95021	<b>Jarðfr. á vakt:</b> ÁS/G/GrB/SThor
<b>Holuvádd:</b> 17 1/2"	<b>21. verkdagur</b>
<b>Dýpi síðustu fóðringar:</b> 97 m	
<b>Skotivöki:</b> Vatn/gel	

<b>Dýpi á miðnætti:</b> 285 m	<b>Borun síðasta sólarhring</b> 17 m
<b>Dýpi kl. 8:</b> 285 m	<b>Mæðalborhraði</b> 3,4 m/klst
<b>Skolalukning kl. 8:</b> 1,4 1/s	

**Lýsing á borverki**

Bomenn luku við að hreinsa svarf upp úr holunni fyrir hádegi fimmtí og síðasti getiskammturinn fór niður í holuna skömmu eftir klukkan 11. Árangurinn var góður aðeins um 1 m botnfall sat eftir á holubotni. Holan var síðan kæld í tveir stundir þar til mælingamen ROS tóku til hendinni við hitamælingar.

Mælingamenn komu á borplanið um kl 14:00 í gær og grajuðu sig til að mæla hita í stöngum. Settur var 2" ventill (poor boy) ofan á strenginn, og mælirinn síðan innan í 2" röri og tappi efst þar á. Síðan var mælt niður. Hægt var að mæla að einstefnuloka í strengnum á tæplega 260 m dýpi. Í ljós kom að æðar á u.þ.b. 130 og 160 m dýpi veittu vökva inn í holuna og hituðu upp í 100 til 120 °C (mynd 1). Engin ádæling var í holuna meðan á þessu stöð. Hætti kæling um streng kl 14:15. Beðið var í botni í u.þ.b. 15 mínútur og síðan haldið upp á ný. Hafði þá aukist mjög hitinn frá æðunum, fór sú neðri upp í 150°C og eftir það sló hitamælirinn út. Hift var upp í lægri holuhita og lifnaði þá hitamælirinn við á ný. Farið var niður aftur og upp að u.þ.b. 165°C hita og vildu þá báðir hæsta, mælingamaður með því að hifa á ný en mælirinn með því að deyja. Hift var í toppinn og lifnaði þá mælirinn á aftur.

Að þessum mælingum fengnum var ákveðið að hefja ádælingu á holutoppinn undir þrýstingi hið snarasta. Höfst hún rétt um kl 15:00. Dælt var 2 1/8 og fór þrýstingur fyrst í 5 bór og svo fljótlega í 10 bór og lokt í 12 bór. Þessari ádælingu var svo haldið til 17:20. Í milliþönni var skoðað með hitamælinum hvornig holan brást við kælingunni. Eru mælingamar einnig á mynd 1. Skermt er frá því að segja að þó lítil væri, megnaði ádælingin hægt og rólega að snúa við aðarenslinu og kæla hitatoppinn við æðarnar. Ekki var farið nema í 150 m dýpi eftir 45 mínútna ádælingu vegna hita. Síðan tókst að mæla til botns eftir tæplega 2 tíma ádælingu. Var þá einungis neðri hitatoppurinn á lífti og kominn niður að 120 °C hita. Af þessu má ráða að sá 10-12 bara yfirþrýstingur, sem ádælingin skapaði, yfirvinnur aðalþrýstinginn. Þar með má giska á að aðakerfið í holunni sé mest undir 23 til 26 bar-yþrýstingi. Það jafngildir 220 til 230 °C hita ef kerfið er í suðu. Þetta má bera saman við suðumarksfællinn á mynd 1 og sjá að ef æðarnar ná að skila fullum hita inn í holuna fer hún í gos (hitinn er vel yfir suðumarksfælli).

Höfst nú heilabrot með borsjóra, eftirlits og ROS manna um öryggisráðstafanir vegna upptektar strengs og niðurstetningar leiðara. Eftirfarandi aðalatriði komu fram:

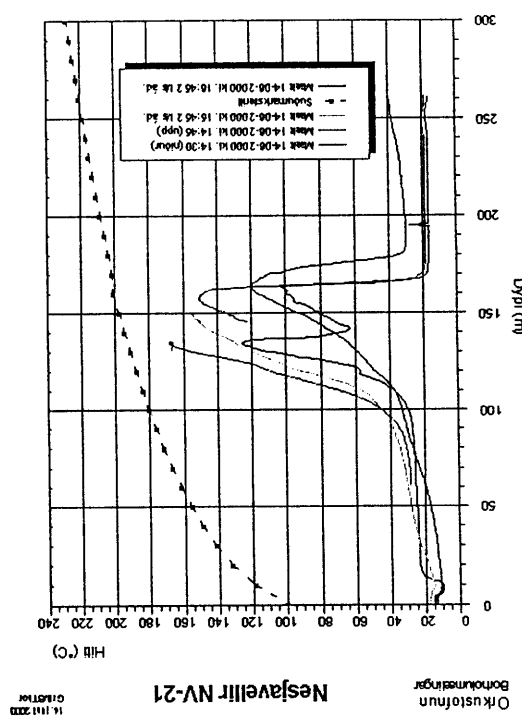
- Holan hitnat hratt upp og gæti þannig náð gosstöðu. Þarf því að takmarka mjög þann tíma sem engin ádæling er á holuna.
- Væg ádæling undir þrýstingi nær að kæla holuna að viðnandi hita þ.a. að aftur verði öruggt að hæta kælingu um stund. Sýndist mönnum að ef miðað er við reynslu dagsins, þá megi helst ekki lífa meir en 30 mínútur án þess að ádæling sé á holuna. Síðan verði að kæla a.m.k. þrefaldan þann tíma.

- Méðan holan er opin í upptékt/niðurstetningu þarf að fylgjast vel með hita og magni frárennsils. Ef hiti þess fer yfir 30°C eða að rennslið fer vel yfir þann 1,4 1/s sem mældist í opinni holu í dag, beri að loka holutoppnum og hefja svo kælingu á ný.

Lauk þar með mælingum í bili. Sem stendur virðast líkur á að upptékt klárast að áliðinni nótru og að síðan verði kælt til morguns. Ætí holluhitinn þá vonandi að fara niður fyrir 100°C hvarvetna sem gerir viddarmælingu með 3ja arma mæli mögulega.

Í nótt aðfaranót fimmtudagsins 15. júní kl. 3:20 var búið að taka upp borstrenginn og byrjað að dæla á holuna til kælingar fyrir mælingar. Mælingamenn mætu kl. 6 og hita- og viddar-mældu. Hitamælingin var í góðu samræmi við það sem búist hafði verið út frá fyrirliggjandi vitneskju. Viddarmælingin sýndi myndalegan skáp á 120-125 m dýpi. Annars var holan snýrtilega boruð niður án neinna umalsverðra skápa. Verði er að undirbúa niðurstetningu 13 3/8" öryggisfóðringar.

ÁS/G/GrB/SThor



16.06.2000

**BORVAKT Á NESJAVÖLLUM,  
NJ-21 DAGSKÝRSLA # 8**

**Verkaupi:** Orkuveita Reykjavíkur  
**Hola:** NJ-21  
**Staðarnúmer:** 95021

**Verktaki:** Jarðboranir hf.  
**Borttæki:** Jötunn  
**Jarðfr. á vaka:** ÁsG/Gr/BKB

**Holuvídd:** 17 1/2"  
**Dýpi síðustu föðringar:** 97 m  
**Stokhviki:** Vatn/gel

**22. verkdagur**

**Dýpi á miðnætti:** 285 m  
**Dýpi kl. 8:** 285 m  
**Skolaukning kl. 8:** -2,5 l/s

**Borun síðasta sólarhring** 0 m  
**Meðalborhraði** 0 m/klst

**Lýsing á borverki**

Önnur mælingahritina fyrsta áfanga hollu 21 hófst klukkan 06:00 í morgun, fimmtudag. Áð þessu sinni var hita- og víddarmælt eftir upptekt. Niðurstöður eru á meðfylgjandi myndum. Stemmst er frá því að segja að hollan hélt þokkalega köld í alla nótt og virðist virka vel víxláðing undir þrýstingi og síðan stöpp meðan standar voru teknir úr. Þá virðist orðin sú breyting að æðin á u.þ.b. 130 m dýpi nær ekki að skjóta sér inn í hitaferillinn með sama krafti og áður (mynd 1). Kann hér að valda að mest öll áðeilingin fer út í þessa æð og hefur hún þá þétt súðuna í henni, næst hollunni. Öðru máli gegnir um 160 m æðina. Hún stingur sér skart inn í hitaferil dagsins. Er þar með ályktað að séraltíð vatn fari út í hana í áðeilingunni. Jafnframt að þrýstingur hennar sé þá nærri 26 börum, þ.e. 16 bör úr kaldri vatnsútlunni, plús síðan þau 10 sem eru á hlottoppi við 2 l/s áðeilinguna.

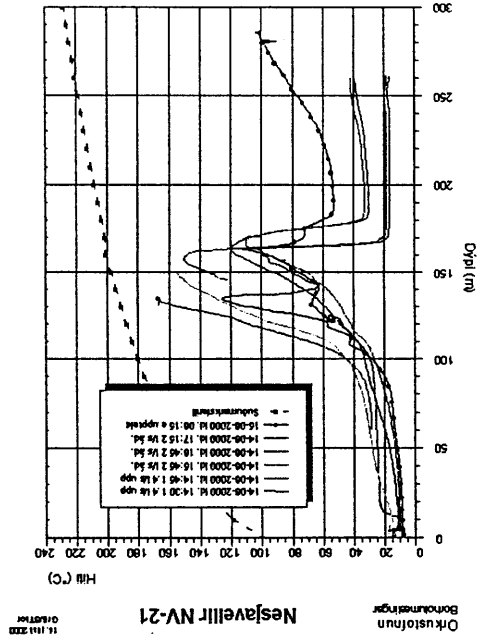
Næst var víddarmælt (mynd 2). Notaður var gamall og grannur 3ja arma mælir þar sem 4" sver XY víddarmælir gengur ekki gegnum borslangir Jötuns og öryggisúnaðinn þar ofan á (poor boy og tappi með mælingavír). Hollan mælist útlöðulega slétt utan að stór skápur er á 120-125 m dýpi. Þrjú nabbar sjást í mælingunni og þrengja holluna niður í 16" þvermál. Þeir eru ætlu þvi ekki að verða til vandræða í niðurstöðunni. Rétt er að taka fram að kvörðun víddarmælis er gerð við herbergishita meðan hollan er að jafnaði 50-100°C heit, sem ruglar mælinni. Því var gerð sú einfalda hitaleiðfétting að beta 3" við víddina og passar ferillinn þá vel að föðringu og borkrónu.

Meðfylgjandi er útreiknað rúmmál fyrir steypu samkvæmt niðurstöðum víddarmælingar (mynd 3).

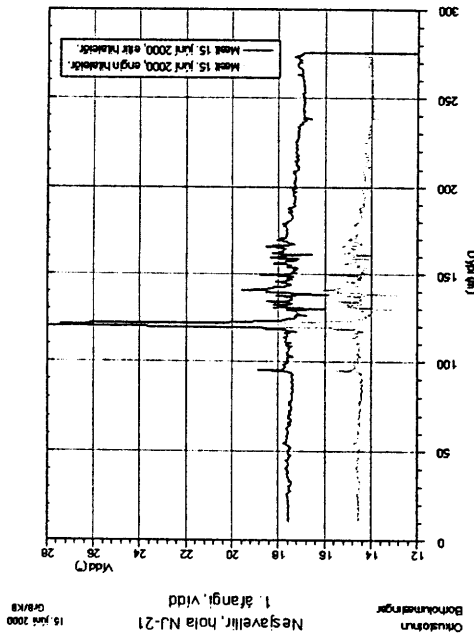
Byrjað var að setja niður föðurrör í holluna eftir að mælingum lauk í gærmorgun. Frankvæðin gekk þannig fyrir sig að rorum var slakað niður og lokað að þeim með öryggisventli. Þá var dælt á holluna undir ventlum til að halda henni kaldri á meðan næsta rör var gert klárt. Öðru hvoru var stoppað og dælt á holluna til að halda henni örugglega kaldri. Klukkan 18 voru mælingamenn komnir á sjá á ný og mældu hitann innan föðringar á mótis við æðarnar frá 160 m upp í 120 m. Greinilegt var að bormenn höfðu náð tökum á þeim við föðringuna með þeirri áðeilingu sem var viðhöfð. Eftir að síðasta föðurrör var komið niður þá voru viðbrögð hollunnar könnuð með hitamælingum (mynd 4), annars vegar með 2 l/s dælingu og hins vegar 4 l/s. Ekki var annað að sjá en að mikið munaði um hvern sekúndulíter sem niður fór. Við þessa dælingu hélt hollan áfram að hita frá æðum niður að botni. Á 250 m dýpi var hún komin um 130°C. Í 2 l/s dælinguna f'ro þrýstingur í 12.5 bar. Við 4 l/s dælingu fór

þrýstingur upp í 16 bar en auðgljstvert var að þrýstingur féll ekki lengra niður en í 12 bar, eftir að dæling var tekin af og hollu var haldið lokaðri. Ennfremur kom í ljós að munur var á þrýstimælum sem notaðir höfðu verið. Þegar mælingamenn settu nákvæmari mæli í stað þess er fyrir var og kom þá þessi munur í ljós. Í nótt voru stangir settar niður og tengdar við stungustykki. Um klakkann 5 var dælt í gegnum streng og upp hollu með um 50 l/s dælingu. Síðan var sett á 4 l/s dæling í gegnum streng og lokað að föðringu til að halda áfram kælingu á yfirþrýstu æðarnar.

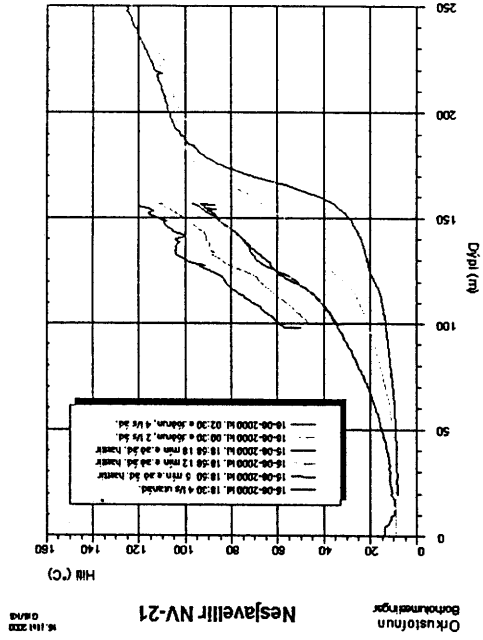
Vertó er að ræða fyrirkomulag steypingar á föðringu og fer aðgerðin væntanlega í gang nú fljótlega.



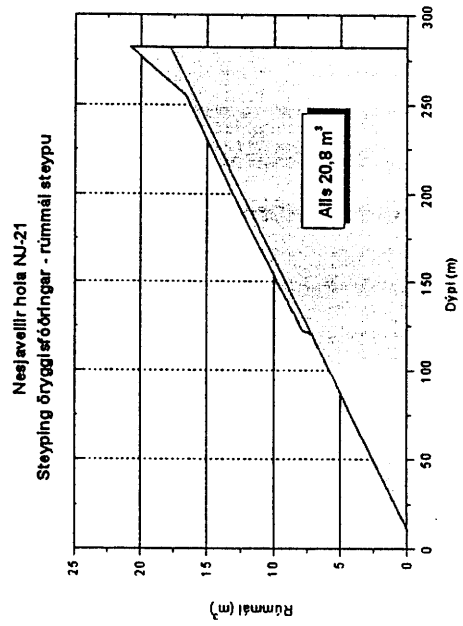
Mynd 1. Hitamælingar fyrir og eftir upptekt ásamt subúmarksferli



Mýnd 2. Viddarmæling með 3-sarvas mæli.



Mýnd 4. Upphitunarmælingar þegar fóðrað var og eftir að fóðring var komin niður.



Mýnd 3. Útreiknað steypurúmmál í fóðringarsteypingu byggt á viddarmælingu.



ORKUSTOFNUN  
Rannsóknasvið

17-18.06.2000

## BORVAKT Á NESJAVÖLLUM

### NJ-21 DAGSKÝRSLA #9

<b>Verkkaup:</b>	Orkuveita Reykjavíkur	<b>Verktaki:</b>	Jarðboranir hf.
<b>Hola:</b>	NJ-21	<b>Borttaki:</b>	Jötum
<b>Staðarnúmer:</b>	95021	<b>Jarðfr. á vakt:</b>	HF/G/B/K/B
<b>Holuváði:</b>	17 l/2"	<b>23-24. verkdagur</b>	
<b>Dýpi síðustu fjóringar:</b>	97 m		
<b>Skalvöki:</b>			
<b>Dýpi á miðnætti:</b>	285 m	<b>Borun síðasta sólarhring</b>	0 m
<b>Dýpi kl. 8:</b>	285 m	<b>Meðalborhraði</b>	0 m/klst
<b>Skolaukning kl. 8:</b>			

### Lýsing á borverki

Þar var komið í síðustu dagskýrslu að steyping 13 3/4" fjóringar var næst á dagskrá. Aðstæður í holu voru þær að tver vel yfirbrýstar æðar voru á um 130-135 m og í um 160 m. Með um 4 l/s ádælingu með um 15 bar þrýstingur var ljóst að umt var á halda þeim frá holunni, og að í steypingu yrði að viðhalda þeim þrýstingi á holutoppi til að æðarnar streymdu ekki inn og blönduðust við aðvifandi steypu. Því var 15 bar þrýstingi haldið á toppi meðan á steypingu stóð.

Sú umhverfisvána nýjung var gerð að tilsmíðin seglkápa var sett á milli sements"slóss" og trekkar þannig að bormenn, sem gætu þess að ekki yrði skortur á sementi í steypublönduna, fengu ekki sements rykský í öll vit, en slíkt kom glæman fyrir áður.

Steyping hófst 11:36 og var henni lokið 12:06 (16. júní) og tók þá við eftirdæling vatns (2600 l) til að losa borstreng við steypuna, og tók stú aðgerð til kl. 12:12. Steypa kom upp og var henni beint í gegnum kill line. Síðasta eðlisþyngdarmæling á þeirri steypu sem upp kom var 1.5. Eins og sagt var frá að ofan var 15 bar möþrýstingi haldið á holutoppi meðan á steypingu stóð, og fór sá þrýstingur upp í 26 bör í lok hennar. Ætlað er að steypri hafi verið úr alls 37 tonnum.

Eftir að steypingu lauk lækkaði þrýstingur á "kill line" niður í um 4-5 bör. Hélt sá þrýstingur á holunni, fram undir morgun, en þá hækkaði hann upp í um 12 bör á hádegi. Ljóst þótti að gasrka æðin hafði smíð vörn gegn steypingunni í sókn, og sent frá sér vel yfirbrýst gas inn í fjóringasteypinguna og það síðan búið sér til farveg upp til yfirborðs. Steypumæling (CBL) gerð um miðnætti 16. júní í holunni og sýndi samlega hörðun steypunnar upp í um 120 m dýpi en ofan þess var steypan enn lítt hörðnuð, og ljóst að steypan náði ekki að halda gasflæðinu í skefjum með þeim aftælingum að þrýstingur á steypu hélt há.

Sá möguleiki var talinn líklegur að æðin næði að mynda sér farveg í steypunni upp til yfirborðs, og væri því nauðynlegt að bregðast við því snarlega. Voru ýmsar leiðir til umræðu til að bregðast við þessu, meðal annars að láta æðina hreinsa óharðnaða steypu og steypa síðan á móti henni. Önnur laust var að steypa strax á móti gasstreyminu. Ákveðið var að mæla streymið, og var opnað fyrir kill line klukkan 14:15. Upp kom fyrst steypufroða sem mæld var jafngildi um 0,68 l/s klukkan 14:26, það jókst síðan í um 0,76 l/s klukkan 14:23 en minnkaði síðan í um 0,5 l/s 15 mínúturnar síðar. Breyting varð á streyminu er á leitð, fyrst kom upp sambland af steypu og gasi, en síðan fór uppspreymt að skilja sig í gas- og vatnskennnda pulsa



ORKUSTOFNUN  
Rannsóknasvið

með um 2 mínútna millibili. Eðlisþyngdarmæling ar gerð á því sem upp kom og sýndi hún 1,09, sem er nær vatn. Var vatnið annaðhvort ættað frá steypuni sjálfri eða að um var að ræða þétuvatn úr gassþiandi æðinni.

Er hér var komið sögu var komið að þeirri ákvörðun að þrýsta á holuna til að sjá hvort tengsl væri niður í æðina frá yfirorði. Þá reið yfir Suðurlandskjálft. Í kjölfar hans var þrýst á steypuna, en engin tengsl fundust við æðina niðri því þrýstingur fór upp í yfir 30 bör við nánasta enga dælingu. Þykir líklegasta skýringin á sambandsleysinu su að Fjallkonan hafi skekið jöð svo harkalega að hálfhórðuð steypan hafi "vibrerast", þjappast saman og lokað öllum leiðum gassins til yfirborðs. Þrýstingur og gasstreymi á holutoppum hvarf. Hitamæling, sem gerð var um klukkan 18, sýndi að æðin á 135 m hafði kólnað lítillega. Þótti nú vænlegar horfa í þessu máli og ákveðið að sjá hvort hið þrýstilausa ástandið stæði til morguns. Svo reyndist að stórum hluta, því aðeins var tæplega 1 bar þrýstingur á steypunni í morgun, sem líklegast stafar af hitaækkun í holunni. Þegar þrýstingnum var blætt af kom vatn en ekki gas sem styður áðurmeðna ályktun.

### Borholumælingar

Í síðustu dagskýrslu (#8) var greint stuttlega frá mælingum í holu 21 frá því síðdegis þann 15. júní og svo aftur aðfararmótt föstudagsins 16. júní. Komu þar fram tveir aðalniðurstöður, þ.e. annars vegar að hægt var að kæla öngullega báðar holuæðarnar á ca. 130 og 160 m með því að auka ádælingu úr 2 í 4 l/s, og hins vegar að lokunarþrýstingur strax í lok utanáðælingar er rétt um 12 bör. Var þar með eytt ákveðinni óvissu um hver þessi yfirþrýstingur væri. Því olli að mælinn á holutoppum (kill line) var orðinn hálf stíflaður. Eftirfarandi er því talið þekkt um holutoppþrýstinginn við mismikla ádælingu:

- Lokunarþrýstingur er 12 bör.
- Við 2,2 l/s ádælingu er holutoppþrýstingur 13-13,5 bör
- Við 4,0 l/s ádælingu er holuþrýstingurinn 15 bör

Tafla 1 sýnir síðan hvernig toppþrýstingur (áll þegar 4 l/s ádælingin var tekin af og sett á & ný. Mælt var með stafrænum þrýstismæli mælingabíls Orkustofnunar, NB-765.

Tafla 1: Mælingar á toppþrýstingi NV-21 þegar ádæling hætti að morgni 16. júní 2000.

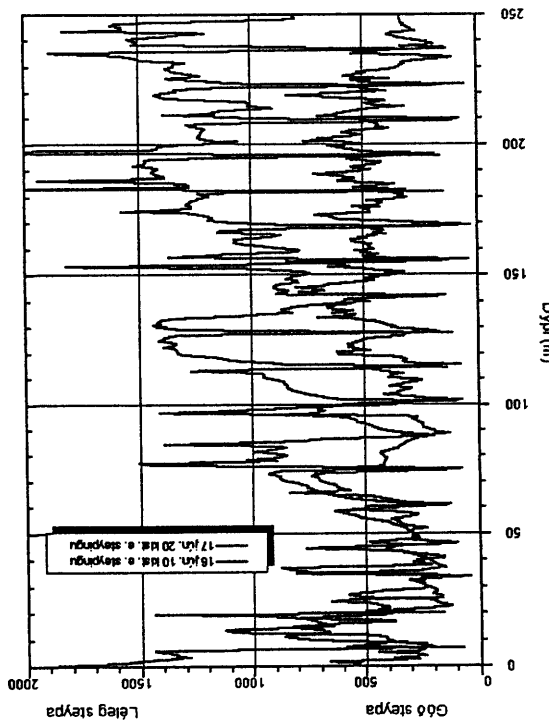
Tími dags	Toppþrýst. (bör)	Ádæling (l/s)	Athugasemdir
02:42	15,2	4,0	Ádæling hættir 02:43
02:43,5	12,9	0,0	
02:44	12,5	0,0	
02:44,5	12,4	0,0	
02:45	12,3	0,0	
02:45,5	12,25	0,0	
02:46	12,19	0,0	
02:47	12,14	0,0	
02:48	12,20	0,0	
02:49	12,08	0,0	
02:50	12,06	0,0	4 l/s ádælingin fer aftur í gang
02:50,1		4,0	
02:52	14,4	4,0	
02:55	14,9	4,0	
02:56	15,0	4,0	

Að fengnum þessum niðurstöðum má nú giska á hita og þrýsting æðanna á 125 og 160 m. Er það gert ráð fyrir að báðar séu sjóðandi og tveggja fasa. Óvissan hér er að ekki er vitað hvor

æðanna stjórni holubrýstingnum. Þó má telja að efri æðin hafi aðeins lægri þrýsting en sú neðri. Er þá aðbrýstingurinn á bilinu 24,5 til 28 bór og hitinn þar með kringum 230°C.

Að lokinn steypingu föðringarinnar á hádegi þann 16. var síðan ákveðið að sækja steypumælingatæki Orkustofnunar (CBL) og mæla steypugæðin meðan steypan væri örugglega ennþá hlaut. Mælingar hófust kringum kvöldmatinn. Var hitamælt og síðan steypumælt í framhaldinu með "nýja" steypumælinum. Hitamælingin er sýnd á mynd 2 og steypumælingin á mynd 1. Að vonum reyndist steypan enn verulega lín og aðalíðurstæða mælingarinnar að föðringunni eru skráfðu saman með málfittum sem síðan koma fram sem þinnar góðrar steypu á ca. 13,5 m fresti. Til að tryggja að álykunin um óharðnaða steypu vzeri rétt, var opnað úrlitit á kæfingarloka holuþoppisins og vall þá út steypa án gasbóluna.

Síðan er aftur mælt að morgni þjóðháttardagsins, 17. júní. Var þá engin launung að hörðnuð steypa er í holunni frá holubotni og upp á 90-100 m dýpi. Þar slappast hartan mjög auk þess sem eðlisfræði steypumælingarinnar fer að eiga erftit vegna lágs þrýstings holuvökvans. Til að tékka betur á þessum lágu steypugæðum var aftur opnað á kæfingarloka og enn vall út honum grautlin steypa. Var því planið að bíða fram að stöðgiskaffi og mæla aftur.

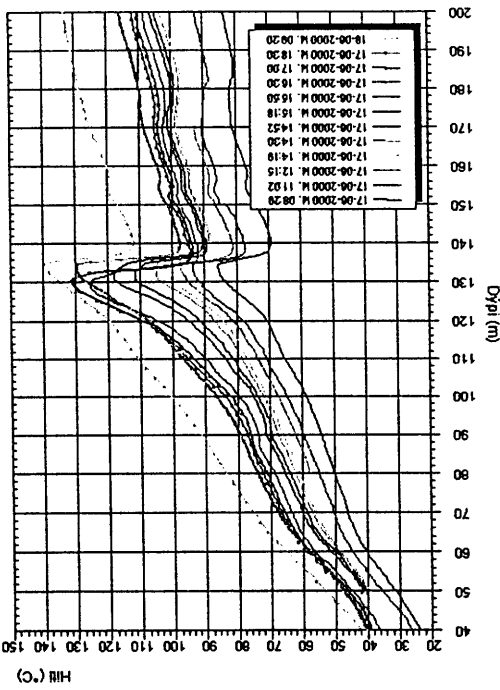


Mynd 1: Mæling á steypugæðum holu NJ-21 frá kvöldi 16. og morgni 17. júní.

Að sjálfsgöðu gekk þetta ekki eftir því um það bil sem mælingamein ætluðu að yfirgefa borinn tók holan að byggja hratt upp þrýsting á kæfingarlokanum. Þar með virtist sem þrýstingur einhverrar æðar niðri í holunni væri að skila sér upp í topp gegnum hálfharðnaða steypuna. Til að kanna þetta var farið í að hitamæla stöðugt holuna milli 50 og 200 m dýpis. Niðurstöður eru á mynd 2. Ekki fundust nein afgerandi merki um þetta uan að e.t.v. væri smáæð á 93-94 m dýpi að gefa inn, en það dýpi samsvarar einmitt kaffla með lágun steypugæðum á mynd 1.

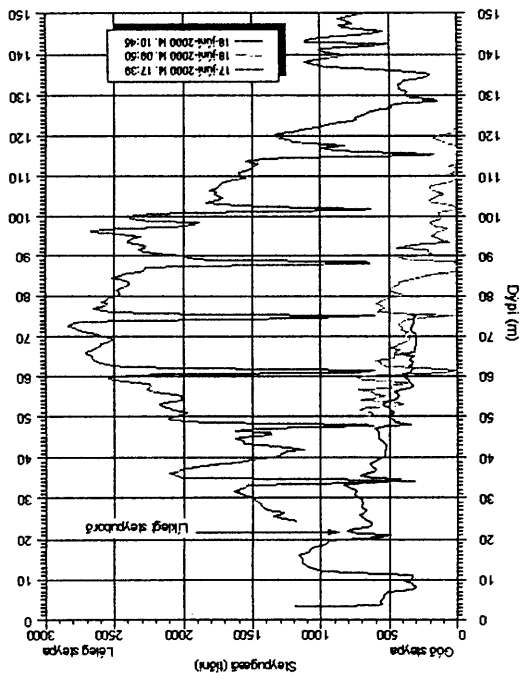
Síðan var ákveðið upp úr hádegi að hleypa út þeim 12 börnum sem voru komin á holuþoppinn og mæla um leið hvernig hitnaði niðri í holunni. Enn geymir mynd 2 niðurstöðuna. Skemmtast er frá því að segja að holan hitnaði hratt upp við æð á 135 m jafnframt því sem holuþoppurinn skilaði af sér semeststfröðu. Síðan rður Suðurlandskjálftinum yfir um kl 15:40 og vibrast þá steypan saman og æðin í 135 m hættir að hitna. Eins byggði toppurinn ekki upp neimn þrýsting. Hælist svo um nóttina og þegar hitamælt er að morgni sunnudags 18. júní er ekki að sjá að hiti við æðina hafi hækkað neitt hraðar en annars staðar í holunni.

Tvísvar er síðan steypumælt eftir afblæðingu steypuflöðunnar og Suðurlandskjálfta. Niðurstöður eru á mynd 3. Þar sést að enn er góð steypa neðan 130 m stöðegis þann 17. júní en mjög slöpp þar fyrir ofan. Þá virtist steypuborð í holunni á 20-30 m dýpi. Í mælingu að morgni 18. júní sést síðan að "efnið" í holtakaflanum milli 130 m og topps hefur tekið sig er er farið að leiða hjóbbylgjur. Þarna virðist því kominn samlega þétur massi milli föðringa frá því sem var í gær. Þessar mælingar voru gerðar með nýrri steypubrú þar sem seljendur fullyrðu að mældi að 160 °C hita. Það reyndist svo alrangt og dofnaði, merki frá mælilinum jafnt og þétt eftir því sem meir var reynt að mæla niðri í rúmlega 100°C hita. Líklega er mælilinnu bilaður að loknu þessu brasi. Hann sýndi þó form hljóðmerkisins mest allan tímann og var það sífellt steypulegt neðan 20-30 m holuðýpis, þar sem talið er að steypuborðið sé í holunni.



Mynd 2: Hitamælingar eftir steypingu 13 3/8\"/>

Fylgst hefur verið með þrýstingi á kæfingarloka frá því á hádegi í gær. Þar má sjá að skömmu eftir að steyping lauk seg topþrýstingurinn hratt að u.þ.b. 4 börum. Stærstur það ágætlega við þann 12 bara yfirþrýsting sem kemur frá vatnsæðunum á 130 og 160 m (viðbótar þrýstihæð 130 m steypusúlu með eðlisþyngd 1,6 er einmitt um 8 bór). Síðan gengur þrýstingurinn upp, að öllum líkindum út af hitnun og eðlisþyngdarbreytingum, en eins þar sem steypan gæti fyrst hafa tekið sig út í æðunum og þar með lokað á að hinandi holusteypan sleppi út í jardihtakerfði.



Mynd 2: Steypumælingar 13 3/8" röðringar NJ-21 eftir afblæðingu steypufroðu og Suðurlandsskjálfta..