



**ORKUSTOFNUN**

**RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri**

# **NESJAVELLIR HOLA NJ-19**

**3.áfangi:**

**Borun vinnsluhluta frá  
793 m í 1700 m dýpi**

**Benedikt Steingrímsson  
Bjarni Richter  
Guðlaugur Hermannsson  
Hjalti Franzson  
Kjartan Birgisson  
Ómar Sigurðsson  
Sigvaldi Thordarson  
Haraldur Sigurðsson**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**1999**

**OS-99088**





**ORKUSTOFNUN**

Rannsóknasvið

Reykjavík - Akureyri

Verknr. 8-630003

**Benedikt Steingrímsson  
Bjarni Richter  
Guðlaugur Hermannsson  
Hjalti Franzson  
Kjartan Birgisson  
Ómar Sigurðsson  
Sigvaldi Thordarson  
Haraldur Sigurðsson**

## **NESJAVELLIR, HOLA NJ-19**

**3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 793 m í 1700 m dýpi**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**OS-99088**

**Nóvember 1999**

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-99088	<b>Dags:</b> Nóvember 1999	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> NESJAVELLIR, HOLA NJ-19 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 793 m í 1700 m dýpi		<b>Upplag:</b> 35
		<b>Fjöldi síðna:</b> 24
<b>Höfundar:</b> Benedikt Steingrímsson, Bjarni Richter, Guðlaugur Hermannsson, Hjalti Franzson, Kjartan Birgisson, Ómar Sigurðsson, Sigvaldi Thordarson, Haraldur Sigurðsson		<b>Verkefnisstjóri:</b> Benedikt Steingrímsson
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Áfangaskýrsla, 3. áfangi borverks		<b>Verknúmer:</b> 8-630003
<b>Unnið fyrir:</b> Orkuveitu Reykjavíkur		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er lýst borun þriðja áfanga holu NJ-19 á Nesjavöllum, þ.e. borun vinnsluhluta með 8 1/2" krónu niður í 1700 m dýpi og fóðrun holunnar með raufuðum leiðara, og gerð grein fyrir þeim gögnum sem safnað var á meðan á boruninni stóð. Holan, sem er boruð með Jötni, er á stallinum sunnan Nesjavalladalsins tæpum 250 m norðvestan holu NJ-13. Þessi áfangi borunar hófst 9. júní á 28. verkdegi og lauk 20. júní á 39. verkdegi. 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 upphitun, holuvídd, jarðlögum og steypingu. Þrepadæling bendir til góðrar vatnsleiðni holunnar. Borverkið er unnið af Jarðborunum hf samkvæmt verksamningi við Orkuveitu Reykjavíkur, en rannsóknarþáttinn annast Rannsóknasvið Orkustofnunar skv. samningi þar um.		
<b>Lykilorð:</b> Nesjavellir, háhitasvæði, borhola, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> <i>23/10 Þær Þ</i>	
	<b>Yfirfarið af:</b> BS	

## EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR .....	3
2	BORSAGA .....	3
2	JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR.....	10
2.1	Jarðlög .....	10
2.1.1	Gosberg.....	10
2.1.2	Innskot .....	10
2.2	Ummyndun .....	10
2.3	Vatnsæðar .....	11
3	BORHOLUMÆLINGAR.....	15
4	ÞREPADÆLING .....	19
5	HEIMILDIR.....	24

## TÖFLUR

Tafla 1.	<i>Gangur borunar vinnsluhluta með 8 1/2" krómu.</i> .....	5
Tafla 2.	<i>Mælingar bormanna.</i> .....	6
Tafla 3.	<i>Hallamælingar.</i> .....	7
Tafla 4.	<i>Fóðrunarskýrsla.</i> .....	8
Tafla 5.	<i>Yfirlit borholumælinga.</i> .....	16

## MYNDIR

Mynd 1.	<i>Gangur borunar.</i> .....	4
Mynd 2.	<i>Mælingar bormanna á dæluþrýstingi.</i> .....	5
Mynd 3.	<i>Lárétt hliðrun holu NJ-19.</i> .....	7
Mynd 4.	<i>Jarðlagasnið og borgögn í 3. áfanga.</i> .....	12
Mynd 5.	<i>Hitamælingar í stöngum.</i> .....	17
Mynd 6.	<i>Jarðlagamælingar.</i> .....	18
Mynd 7.	<i>Þrýstimælingar fyrir og eftir þrepaðælingu.</i> .....	20
Mynd 8.	<i>Hitamælingar fyrir og eftir þrepaðælingu.</i> .....	21
Mynd 9.	<i>Gangur þrepaþrófunar.</i> .....	22
Mynd 10.	<i>Þrepaðæling.</i> .....	23
Mynd 11.	<i>Þrýstingsbreyting við þrepaðælingu.</i> .....	23
Mynd 12.	<i>Breyting einingarþrýstings við þrepaðælingu.</i> .....	24

## 1 INNGANGUR

Hola NJ-19 á Nesjavöllum er uppi á stallinum sunnan Nesjavalladals tæpum 250 m norðvestan við holu NJ-13. Markmiðið með borun holunnar er að afla orku fyrir Nesjavallavirkjun, og er sérstaklega miðað við að afla hávermiorku fyrir virkjunina.

Borun holu NJ-19 hófst 13. maí 1999 með flutningi borsins af holu NJ-20. Yfirlit um gang borverksins og verkáætlun Jarðborana er sýnt á mynd 1. Alls tók borunin 39 verkdaga og var verkið um 10 daga á undan áætlun. Frá fyrstu tveimur boráföngunum, þ.e. borun fyrir öryggisfóðring og borun fyrir vinnslufóðringu, hefur verið greint í skýrslum (OS-99044 og OS-99049). Hér er hins vegar lýst þriðja áfanga verksins borun vinnsluhlutans með 8 1/2" borkrónu frá 793 m niður á 1700 m dýpi og fóðrun holunnar með raufluðum leiðara.

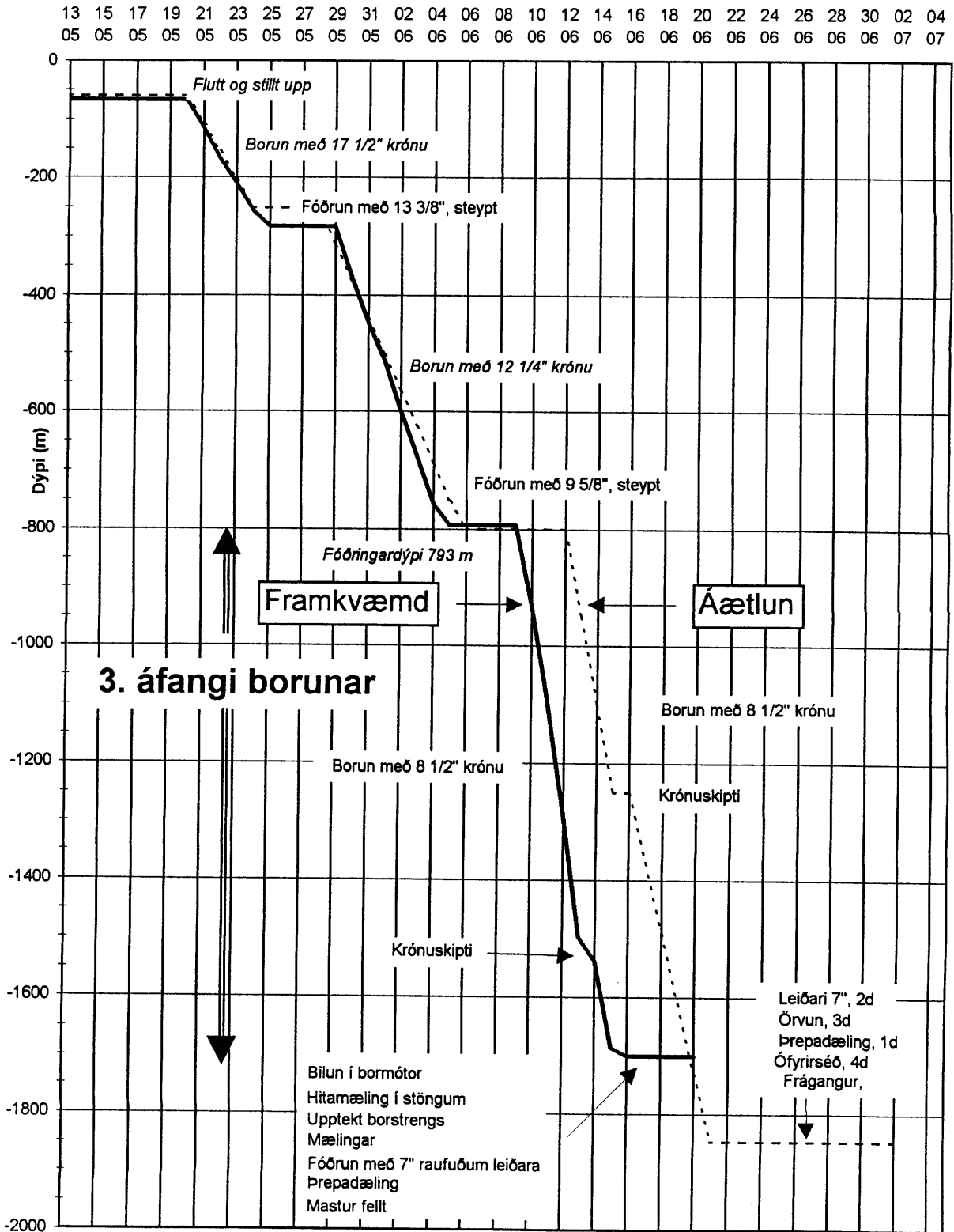
Borverkið við holu NJ-19 er unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verksamningi við Orkuveitu Reykjavíkur frá 25. mars 1999, en rannsóknarhlutinn er unninn af Rannsóknasviði Orkustofnunar samkvæmt samningi frá 28. maí 1999. Forsendum fyrir staðsetningu og hönnun holunnar er lýst í skýrslu Orkustofnunar frá desember 1998 (OS-098073).

## 2 BORSAGA

Þriðji áfangi borunar holu NJ-19 hófst á 28. verkdegi þann 9. júní 1999. Fyrsta verk áfangans var niðursetning borstanga í fóðringuna og kæling með hringdælingu í um 4 klst. Síðan voru stangir teknar úr holu á ný. Þá var settur niður borstrengur með mótör og 8 1/2" krónu. Fyrirstaða, sem líklegast voru steypukleprar, fannst á 732 m dýpi, og síðan kom í samfellda steypu innan fóðringar á 753 m dýpi. Ástæðan fyrir mikilli steypu í holunni var að í lok steypingar vinnslufóðringar náðist ekki að tæma borstangir í eftirdælingu vegna hás dæluþrýstings, og varð að slá í sundur og tæma borstangir af steypu innan fóðringar. Mynd 1 sýnir boráætlun og framkvæmd borunar NJ-19, en í töflu 1 er sýnd heildarborun hvers verk dags í þriðja áfanga og meðalborhraði. Eins og sjá má reyndist meðalborhraði vera rétt rúmum 10 m/klst. Borað var viðstöðulaust niður á 1538 m dýpi, nema að í um 933 m varð vart við lítilsháttar hrun í holunni. Greiðlega gekk að mylja hrúnið og var síðan borun haldið áfram. Í 1538 m var ákveðið að skipta um krónu, þar sem sú gamla var komin á tíma. Hitamælt var í stöngum í öryggisskyni áður en borstrengur var tekinn úr holu. Hitamælingin náði að einstreymisloka í um 1465 m dýpi og sýndi hún að ádæling kældi holana a.m.k. svo djúpt (mynd 5). Skellt var nýrri krónu undir og borun haldið áfram. Í 1700 m dýpi varð bilun í bormótör og var borstrengur hífður upp sem svarar 12 borstöngum. Mælingamenn voru kallaðir til að hitamæla í borstöngum niður á einstreymisloka í 1560 m dýpi, og sýndi sú mæling að ádæling frá holutoppi náði niður fyrir 1560 m dýpi (mynd 5). Algjört skoltap hafði verið í boruninni frá 1290 m dýpi og þar sem hitamælingarnar og önnur tiltæk gögn bentu til að holan væri einnig vel opin neðan 1290 m var ákveðið að hætta borun, enda árangur sýnilega orðinn prýðilegur.

# Nesjavellir, hola NJ-19

## Áætlun og framkvæmd borunar



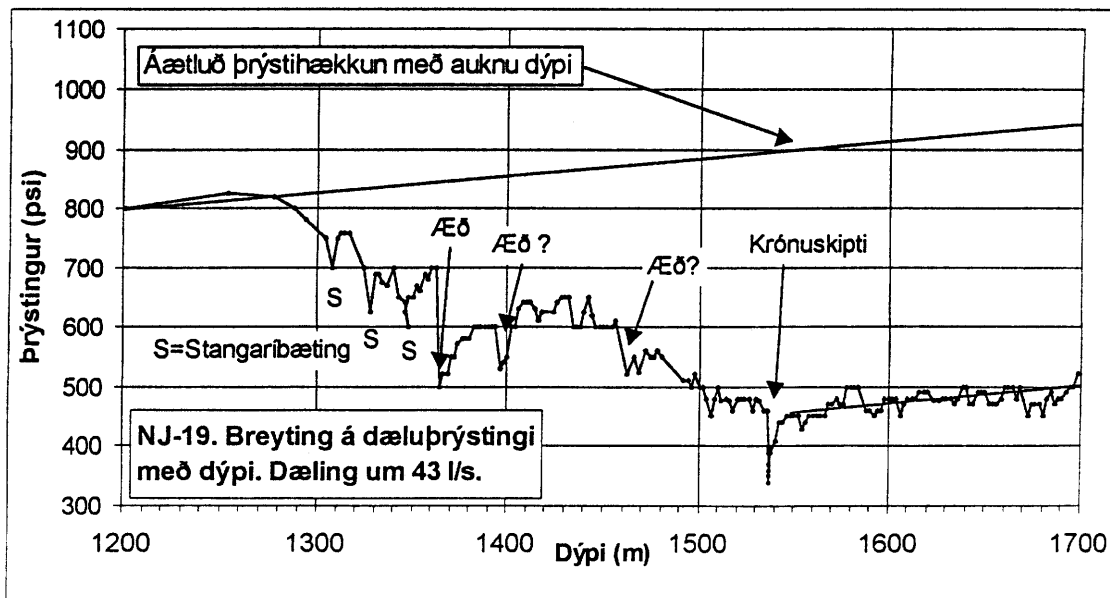
Mynd 1. Gangur borunar.

Bormótor knúinn af skolvökvanum var notaður við borunina. Snúningur krónunnar var um 200 sn./mín. en þar að auki snerist borstrengurinn sjálfur um eina 50 sn./mín. Álag var breytilegt eða 5–10 tonn. Dælingu var haldið í um 40–42 l/s, eins og sýnt er í töflu 2 og mynd 2.

Skoltöp í borun koma fram í töflu 2. Fyrsta ákveðna skoltapið kom á 936–974 m dýpi, og í 1029 m kom algert skoltap í um eina mínútu. Í 1202 m kom svo annað algert skoltap í um 5 mínútur, hið þriðja í 1280 m, og eftir 1290 m dýpi hætti skol endanlega að koma til yfirborðs. Fylgst var með mögulegum "skoltöpum" neðar í holunni með aflestri á dæluþrýstingi, en hann er að hluta til tengdur vatnsborði í holunni. Breytingar á dæluþrýstingnum sem bormenn skráðu á 2 m fresti er sýndur á mynd 2. Þær gefa vísbendingar um nýjar æðar sem holan sker, eða að æðar ofar í holunni hafi opnast frekar.

**Tafla 1. Gangur borunar vinnsluhluta með 8 1/2" krónu.**

Dags.	Verkd. nr.	Borun (m)	Bortími (klst)	Meðalborhraði (m/klst)	Heildardýpi (m)
09-06-99	28	0	0	0,0	793
10-06-99	29	140	10	10,0	933
11-06-99	30	167	19,5	8,6	1100
12-06-99	31	193	19	10,2	1293
13-06-99	32	204	19	10,7	1497
14-06-99	33	41	4	10,3	1538
15-06-99	34	147	17	8,6	1685
16-06-99	35	15	2	7,5	1700
Samtals:		907	90,5	10,02	



**Mynd 2. Mælingar bormanna á dæluþrýstingi.**



Tafla 2. Mælingar bormanna.

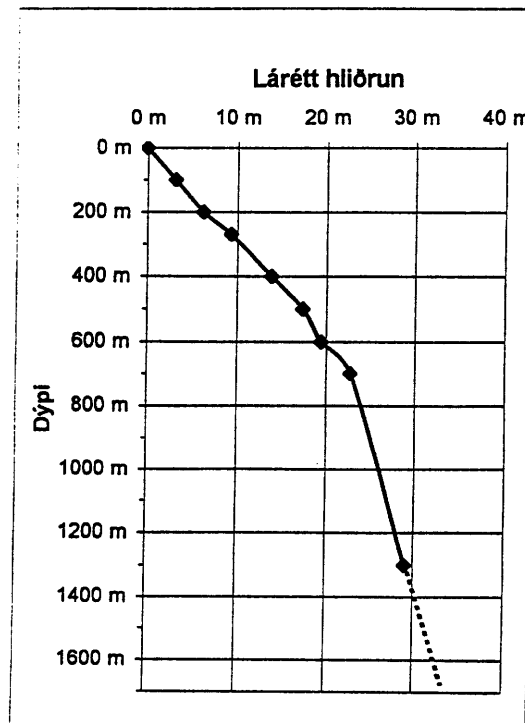
Dagsetning	Klukkan	Dýpi m	Þrýstingur PSI	Dæla 1 slög	Dæla 1 ú/s	Dæla 2 slög	Dæla 2 ú/s	Dæling alls ú/s	Tap cm	Tap ú/s	Skolhraði m/min	Tími frá botni min	Svarf m/min	TFB min	Hiti niður °T	Hiti upp °T	Hiti mism. °T		
10-06-1999	10:00	830	770	112	20,75	112	20,75	41,51	0	0,00	39,34	21,10	34,34	24,17	7,5	16	8,5		
10-06-1999	14:00	870	770	110	20,38	110	20,38	40,77	0	0,00	38,64	22,52	33,64	25,86	7,2	14,9	7,7		
10-06-1999	18:00	906	800	110	20,38	110	20,38	40,77	0	0,00	38,64	23,45	33,64	26,93	7,8	16,4	8,6		
11-06-1999	01:00	936	800	114	21,12	110	20,38	41,51	2	0,59	38,78	24,13	33,78	27,71	8,8	16	7,2		
11-06-1999	06:30	974	800	114	21,12	108	20,01	41,14	22	6,49	32,84	29,66	27,84	34,99	9,5	15,1	5,6		
11-06-1999	10:00	1000	800	110	20,38	110	20,38	40,77	8	2,36	36,40	27,47	31,40	31,84	10	15,9	5,9		
11-06-1999		1028	Öbreytt ástand fram að þessu																
11-06-1999		1029	Algert skollap í 1 minútu																
11-06-1999	14:00	1030	800	110	20,38	110	20,38	40,77	40	11,80	27,46	37,51	22,46	45,87	8	13,3	5,3		
11-06-1999	18:00	1053	820	114	21,12	112	20,75	41,88	36	10,82	29,63	35,54	24,63	42,76	7,4	13,4	6		
11-06-1999	22:15	1088	810	112	20,75	112	20,75	41,51	28	8,26	31,51	34,52	26,51	41,04	8,8	13	4,2		
12-06-1999	02:30	1113	800	113	20,94	108	20,01	40,95	24	7,08	32,11	34,67	27,11	41,06	8,8	13,8	5		
12-06-1999	05:30	1135	800	112	20,75	109	20,20	40,95	40	11,80	27,63	41,08	22,63	50,15	7,8	13,5	5,7		
12-06-1999	10:00	1164	840	112	20,75	112	20,75	41,51	28	8,56	31,23	37,27	26,23	44,37	7,6	12,3	4,7		
12-06-1999	14:00	1201	800	113	20,94	113	20,94	41,88	36	10,82	29,63	40,54	24,63	48,77	7,5	13,5	6		
12-06-1999	14:05	1202	Algert skollap vörð í 5 minútur																
12-06-1999	14:10	1203	800	113	20,94	113	20,94	41,88	36	10,82	29,63	40,60	24,63	48,85					
12-06-1999	19:00	1254	825	108	20,01	108	20,01	40,02	40	11,80	26,75	46,87	21,75	57,65	6,4	9,7	3,3		
12-06-1999	21:45	1277	820	110	20,38	109	20,20	40,58	64	18,88	20,57	62,08	15,57	82,02	6,4	9	2,6		
12-06-1999	21:55	1278	Algert skollap																
12-06-1999		1284	800	110	20,38	110	20,38	40,77	120	35,40	5,09	252,45	0,09	14885,93			0		
12-06-1999		1290	Algert skollap																
13-06-1999	03:00	1312	760	112	20,75	106	19,64	40,40		>42									
13-06-1999	06:00	1334	675	113	20,94	106,00	19,64	40,58		>100%									
13-06-1999	10:00	1367	520	112	20,75	112	20,75	41,51		>100%									
13-06-1999	19:00	1452	600	112	20,75	112	20,75	41,51		>100%									
13-06-1999	23:30	1482	510	113	20,94	112	20,75	41,69		>100%									
14-06-1999	04:40	1530	490	112	20,75	112	20,75	41,51		>100%									
14-06-1999	06:00	1537	390	115	21,31	112	20,75	42,06		>100%									
14-06-1999	12:30	1538	400	114	21,12	110	20,38	41,51		>100%									
15-06-1999	04:00	1562	450	113	20,94	112	20,75	41,69		>100%									
15-06-1999	06:00	1576	470	113	20,94	111	20,57	41,51		>100%									
15-06-1999	09:45	1595	440	113	20,94	112	20,75	41,69		>100%									
15-06-1999	13:30	1618	480	113	20,94	112	20,75	41,69		>100%									
15-06-1999	18:00	1642	470	113	20,94	111	20,57	41,51		>100%									
15-06-1999	22:10	1671	450	113	20,94	110	20,38	41,32		>100%									

Holan var hallamæld í vinnsluhlutanum á 1300 m dýpi og reyndist halla um  $0,6^\circ$  frá lóðréttu (tafla 3). Á mynd 3 er sýnd reiknuð lárétt hliðrun holunnar. Má ætla að lárétt hliðrun hennar sé vart meira en 35 m frá holutoppi.

Í lok borunar var holan fóðruð með 7" leiðara og voru öll rörin raufluð nema 1., 2., 3. og 5. rör, sem voru heil. Upphengjan er í 749,4 m frá flansi og botn leiðarans er í 1673 m frá flansi. Fóðrunarskýrsla er birt í töflu 4. Síðasta verk við holuna var þrepaðæling sem gerð var 18. júní. Að því loknu hófst flutningur borsins af holunni. Mastur Jötuns var fellt 20. júní, sem var þrítugasti og níundi og jafnframt síðasti verkdagurinn við holuna (sjá mynd 1).

**Tafla 3.** *Hallamælingar.*

Dýpi (m)	Halli ( $^\circ$ )	Hliðrun (m)	Hliðrun alls (m)
0	0,0	0	0
100	1,8	3	3
200	1,8	3	6
270	2,5	3	9
400	2,0	5	14
500	2,0	3	17
600	1,2	2	19
700	1,9	3	23
1300	0,6	6	29



**Mynd 3.** *Lárétt hliðrun holu NJ-19.*

Tafla 4. Fóðrunarskýrsla.

	FÓÐRUNARSKÝRSLA	Eyðublað nr. 68-051
---	-----------------	---------------------

Verk nr. 42669	Hola nr. NJ-19	Borstaður Nesjavellir	Bor Jötunn	Verkkaupi Orkuveita Reykjavíkur
Vidd holu 8 1/2!	Dýpt holu mv. drifborð 1700	Fóðring nr. 4	Fóðrun framkv. dags. 17.- 18 / 6 1999	Útfyllt af: Ó G

Holudýpi frá flangsi				1.692,84 m		Fóðringard. frá fl.		1.672,67 m		Röratáling					
Gerð				K-55		Þyngd		26 lbs/ft						LENGD	NR
Utanmál				7"		Innanmál		159,4 mm		Upphengi er í					
Veggþykkt				9,2 mm		Þöntunar nr.				749,40					
FÓÐRING	Tengi				Skrúfuð Buttress				0,85	Heng	istik	750,25			
	Flangs				Í upphengi í 749,40 m.				11,51	1	H	761,76			
	Stungutengi								13,53	2	H	775,29			
	Skór				Stýriskór				13,54	3	H	788,83			
	Miðjustillar				stk	Steyputappar				12,73	4	R	801,56		
									13,58	5	H	815,14			
									13,78	6	R	828,92			
STEYPING	Steypa 1 þurefni				kg	Tafefni				kg	13,59	7	R	842,51	
	Eðlisþyngd				kg/l	Steypingartími				mín	13,64	8	R	856,15	
	Steyputæki								13,15	9	R	869,30			
	Steypa kom upp ?				Eðlisþyngd steypu upp				kg/l	13,39	10	R	882,69		
	Eftirdæling				ltr	Eftirdæling				mín	13,44	11	R	896,13	
	Steypa 2 þurefni				kg					13,60	12	R	909,73		
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra				m	Steypt utan með eftir				klst	13,34	13	R	923,07	
	Steypa þurefni				kg	Skorið ofan af eftir				klst	13,39	14	R	936,46	
	Dýpi á steypu í röri				m	Steypa boruð eftir				klst	13,62	15	R	950,08	
									13,41	16	R	963,49			
									13,31	17	R	976,80			
<b>ATHUGASEMDIR</b>												13,35	18	R	990,15
H=Heilt rör R= Raufað rör												13,53	19	R	1003,68
												13,30	20	R	1016,98
												13,50	21	R	1030,48
												13,34	22	R	1043,82
												13,17	23	R	1056,99
												13,63	24	R	1070,62
												13,35	25	R	1083,97
												12,91	26	R	1096,88
												13,30	27	R	1110,18
												13,29	28	R	1123,47

Tafla 4 – frh.

	<b>FÓÐRUNARSKÝRSLA</b>	Framhaldseyðublað nr. 68-051
---	------------------------	------------------------------

Verk nr. 42669	Hóla nr. NJ-19	Borstaður Nesjavellir	Fóðring nr. 4	Blaðsíða nr. 2
-------------------	-------------------	--------------------------	------------------	-------------------

RÖRATALNING				RÖRATALNING				RÖRATALNING			
LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m
13,54	29	R	1.137,01	13,03	61	R	1.566,37				
13,34	30	R	1.150,35	13,26	62	R	1.579,63				
13,48	31	R	1.163,83	13,20	63	R	1.592,83				
13,34	32	R	1.177,17	13,24	64	R	1.606,07				
13,62	33	R	1.190,79	13,42	65	R	1.619,49				
13,33	34	R	1.204,12	12,93	66	R	1.632,42				
13,35	35	R	1.217,47	13,62	67	R	1.646,04				
13,45	36	R	1.230,92	13,09	68	R	1.659,13				
13,32	37	R	1.244,24	13,19	69	R	1.672,32				
13,35	38	R	1.257,59	0,35	Stýri skó		1.672,67				
13,55	39	R	1.271,14								
13,70	40	R	1.284,84								
13,51	41	R	1.298,35								
13,45	42	R	1.311,80								
13,65	43	R	1.325,45								
13,46	44	R	1.338,91								
13,48	45	R	1.352,39								
13,31	46	R	1.365,70								
13,34	47	R	1.379,04								
13,18	48	R	1.392,22								
13,62	49	R	1.405,84								
13,39	50	R	1.419,23								
13,30	51	R	1.432,53								
13,36	52	R	1.445,89								
13,57	53	R	1.459,46								
12,97	54	R	1.472,43								
13,42	55	R	1.485,85								
13,63	56	R	1.499,48								
13,56	57	R	1.513,04								
13,36	58	R	1.526,40								
13,58	59	R	1.539,98								
13,36	60	R	1.553,34								

## 2 JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Jarðlagasnið út frá svarfgreiningu og helstu borgögn eru sýnd á mynd 4 en niðurstöður jarðlagamælinga eru sýndar á mynd 6.

### 2.1 Jarðlög

Jarðlagagreining er sett fram á grundvelli svarfgreiningar sýna sem tekin eru á 2 m fresti í borun. Svarfsýni bárust til yfirborðs úr berglögum allt niður undir 1290 m dýpi, en ekkert neðan þess þar sem skoltap var orðið algert. Gróflega má skipta jarðlagastaflanum í gosberg og innskot.

#### 2.1.1 Gosberg

1. *Hraunlagamyndun 750–822 m.*
2. *Móbergsmyndun 822–940 m.* Í efri hluta móbergsins skiptast á túff- og breksiulög, en í neðri hlutanum er blanda af kristölluðum basaltlögum og breksiulögum. Svo virðist sem þunnt setkennt túfflag sé nærri botni móbergsins.
3. *Hraunlagamyndun 940–1290 m.*

#### 2.1.2 Innskot

Innskot eru nokkuð áberandi neðan við 950 m dýpi. Þau skiptast í tvær megingerðir:

1. *Basaltinnskot*  
Basaltinnskotin eru, eins og sést á mynd 4, neðan við 1070 m dýpi. Þau eru finmeðalkorna, og mun minna ummynduð en grannbergið. Hluti þeirra telst til þess hóps innskota á Nesjavöllum, sem kallaður hefur verið freskleg basaltinnskot.
2. *Ísúr innskot*  
Ísúr innskot eru algeng í holunni, og sjást mjög greinilega í gammamælingunni sem sýnd er á mynd 6.
  - Það efsta er á 950–958 m dýpi, ljóst og ummyndað.
  - Það næsta greindist á 978–992 m dýpi og er mjög þétt, andesítlegt í smásjá, og samkvæmt gammamælingu gæti það bent til að það sé ekki eins súrt og innskotið fyrir ofan.
  - Frá 1198 niður á um 1218 m er mjög týpískt díorít, ljósleitt og fremur grófkristallað.
  - ~1290–1300 m. Sést aðeins í gammamælingu.
  - ~1390–1425 m. Sést aðeins í gammamælingu.
  - ~1580–1592 m. Sést aðeins í gammamælingu.

### 2.2 Ummyndun

Ummyndun bergsins, sérstaklega gosbergsins, er orðin mikil neðan vinnslufóðringar. Steindir, eins og *kvarz*, *klórít*, *pýrít* og *wairakit* eru algengar, og sumstaðar grillir í *prenit*. *Epidót* birtist fyrst á um 810 m dýpi. Samkvæmt athugunum í næstu holu (NJ-13) er epidótið í holu 19 um 100 m ofar. *Wollastonit* fannst fyrst á um 800 m dýpi og er það um 150–200 m grynna en í holu 13, en á svipuðu dýpi og greindist í holu 6 og 9. Kalsít er algengt niður á rúmlega 800 m dýpi en fer þar neðan við heldur minnkandi. Neðan 1100 m finnst fremar lítið af því í prófunum með saltsýru. Þessi minnkun kalsíts,

ásamt aukningu í wollastoníti og epidóti, bendir til þess að hiti í jarðhitageyminum neðan 1100 m dýpis sé vel yfir 280°C.

### 2.3 Vatnsæðar

Gögn um vatnsæðar fást með ýmsum aðferðum, svo sem skoltapsmælingum og hitamælingum, og verður betur unnið úr slíkum gögnum síðar. Vatnsæðar sáust einna best í hitamælingum sem gerðar voru í borlokum, en þá varð millirensli úr efri æðum holunnar niður í þá vatnsgæfustu nærri botni hennar rétt ofan 1700 m dýpis. Eftirfarandi æðar eru hér nefndar og merktar inn á mynd 4.

1. 790 m Sést í hitamælingu.
2. 870 m Sést í hitamælingu.
3. 920 m. Áberandi hitafrávik í mælingum. Hrun kemur á borstrenginn. Mjög áberandi hækkun verður í viðnáms- og nifteindamælingu, sem bendir mjög sterklega til fersklegs basaltinnskots, og virðist æðin koma við efri skil þess. Misræmi kemur fram á jarðlagasniði, þar sem móberg virðist ráðandi, og verður þetta dýptarbil endurskoðað í frekari úrvinnslu.
4. 955 m. Sést í hitamælingu og skoltapsaukningu. Tengist líklega ísúru innskoti.
5. 1020 m. Sést í hitamælingu, og áberandi skápur kemur fram á svipuðu bili í víddarmælingu.
6. 1030 m. Sést í hitamælingu, og algert skoltap verður í rúma mínútu á þessu dýpi.
7. 1050 m. Sést í hitamælingu. Æðin líklegast tengd basaltinnskoti.
8. 1188 m. Sést í hitamælingu og einnig í skoltapsaukningu. Æðin kemur rétt nokkrum metrum ofan við díorítinnskot.
9. 1200 m Æðin kemur fram í hitamælingu og einnig verður algert skoltap á þessu dýpi. Æðin tengist auðsjáanlega díorítinnskoti.
10. 1235 m. Æðin sést í hitamælingu. Tengist neðri skilum á basaltinnskoti, en getur einnig verið tengd þunnu díorítinnskoti.
11. 1278 m. Æðin sést í hitamælingu og einnig verður á sama dýpi algert skoltap.
12. 1290 m. Æðin sést í hitamælingu, og endurtekning verður á algeru skoltapi á svipuðu dýpi. Æðin kemur samkvæmt gammamælingu við efri jaðar á díorítinnskoti.
13. 1300 m. Æðin kemur fram í hitamælingu og er, samkvæmt viðnáms- og gammamælingu, við neðri skil á ísúru innskoti.
14. 1365 m. Á þessu dýpi varð um 200 psi þrýstilækkun á dæluþrýstingi í borun. Áberandi skápur kemur fram í víddarmælingu.
15. 1460 m. Um 90 psi þrýstifall verður á dælu. Skápur kemur fram í víddarmælingu á svipuðu dýpi. Þegar holan var 1538 m djúp var hitamælt niður að einstreymisloka í 1465 m dýpi. Mælingin sýndi að ádæling kældi holuna svo djúpt sem mælingin náði. Samkvæmt því er vel opin æð einhvers staðar á 1460-1538 m dýpi og er þetta e.t.v einmitt sú æð.
16. ~1685 m. Þessi æð er ráðandi í holunni, þar sem allt vatn, sem dælt var á holuna ásamt því vatni sem streymdi úr öllum öðrum æðum, hvarf í þessa æð. Um 30 psi þrýstifall varð á dælum á þessu dýpi.

Við fyrstu sýn virðast margar vatnsæðanna tengjast ísúrum innskotum og basaltinnskotum, svipað og fundist hefur í öðrum holum á Nesjavöllum



ORKUSTOFNUN  
Rannsóknasvið

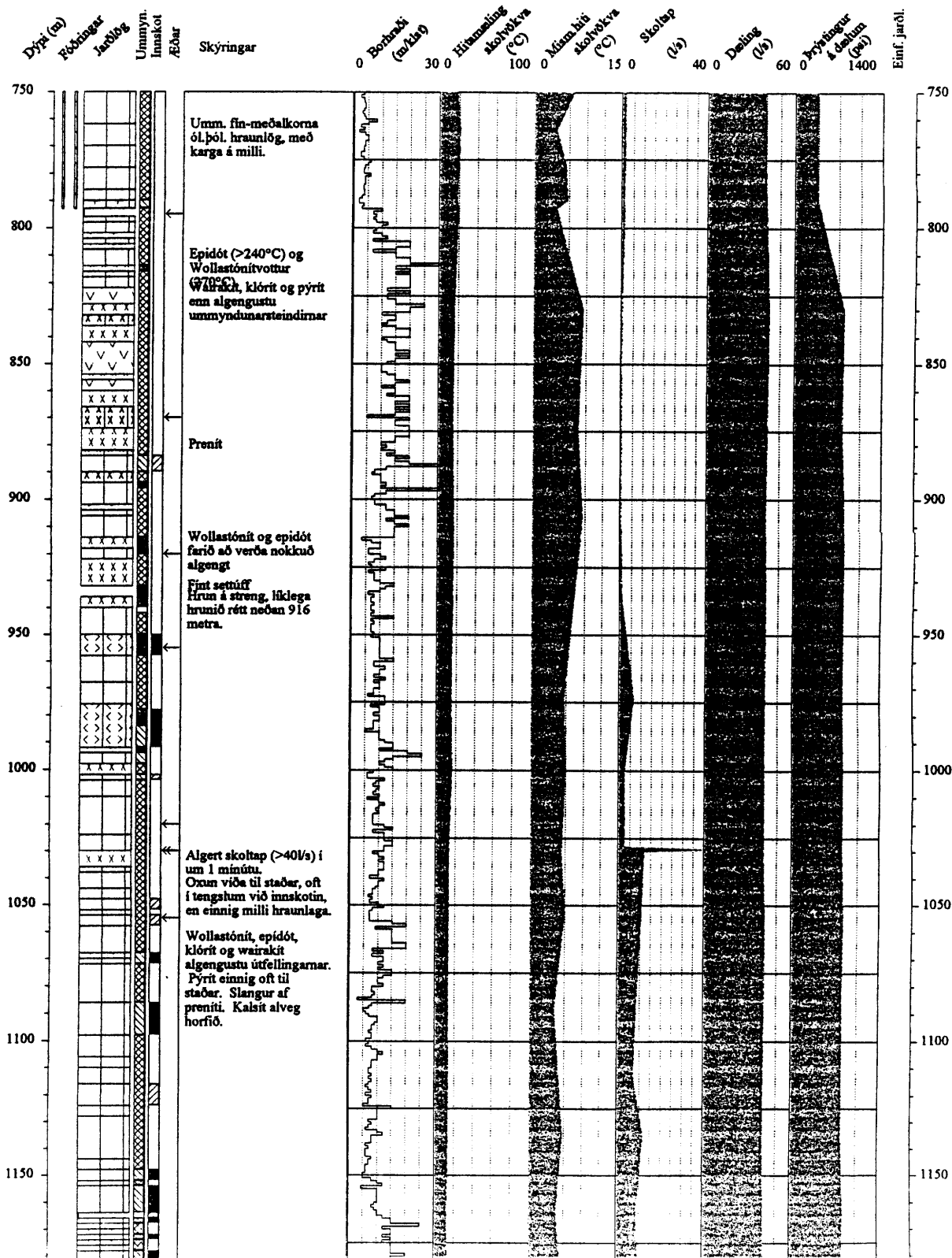
Borgögn NJ-19 Nesjavellir

16.06.99-

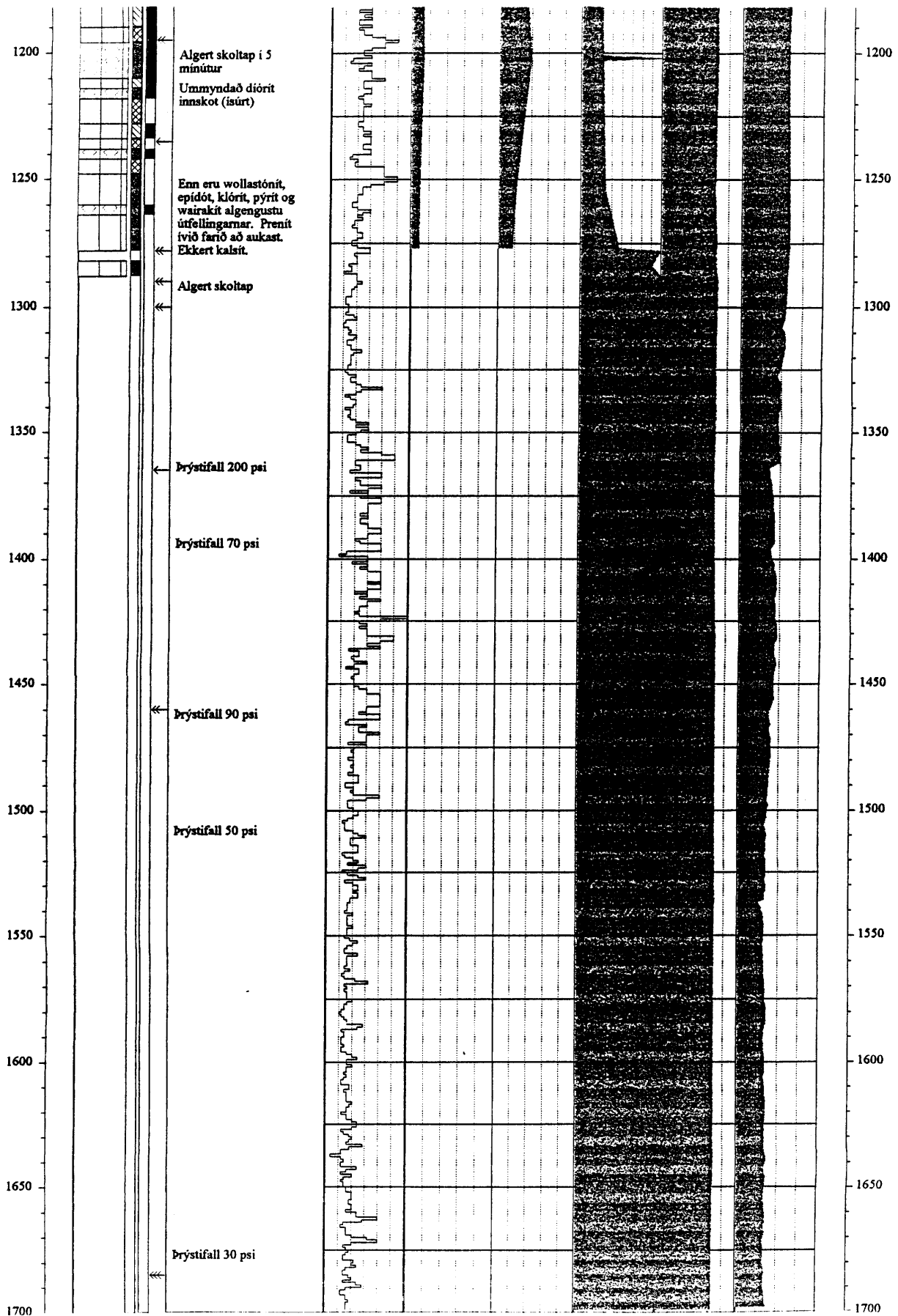
Staður: Nesjavellir  
Holunafn: NJ-19

Bor: Jötunn Skolvökvi: Vatn  
Dýptarbil: 793- 1700 m Verkluti: 3. áfangi

Staðarnúmer:  
Starfsmenn: HF/ÁsG/BR



Mynd 4. Jarðlagasnið og borgögn í 3. áfangi.






















Mynd 4 – frh.





## Skýringar við jarðlagasnið og bergummyndun







### Berggerðir

	Hraunlagakargi
	Basalttúff
	Basaltbreksía
	Glerjað basalt
	Dul-fínkorna basalt
	Meðal-grófkorna basalt
	Grófkorna basalt
	Ísúrt túff
	Ísúr breksía
	Ísúrt dul-meðalkorna berg
	Ísúrt grófkorna berg
	Súrt túff
	Súr breksía
	Súrt dul-meðalkorna berg
	Súrt grófkorna berg
	Silt og leir
	Sandur
	Möl og steinar
	Svarf vantar





### Innskot

	Innskot
	Hugsanlegt innskot




### Ummyndunarbelti

	Ferskt belt
	Sme-zeol belt
	Blandlagsbelt
	Klórít belt
	Kló-epid belt
	Epid-amfib belt







### Ummyndunarstig

	Engin ummyndun
	Lítill ummyndun
	Meðal ummyndun
	Mikil ummyndun

### Vatnsæðar

Sym. nr.	
7	 Lítill æð
8	 Meðal æð
9	 Stór æð

### Greining ummyndunarsteinda

Sym. nr.	
1	 Svarfgreining örugg
2	 Svarfgreining óviss
3	 Þunnsneiðargreining örugg
4	 Þunnsneiðargreining óviss
5	 Röntngreining örugg
6	 Röntngreining óviss

Mynd 4 – frh.

### 3 BORHOLUMÆLINGAR

Yfirlit um borholumælingar í 3. áfanga er sýnt í töflu 5, en fyrstu mælingarnar í þessum áfanga voru gerðar 14. júní 1999, þegar hitamælt var í stöngum fyrir krónuskipti. Mælt var í um 28 l/s ádælingu niður að einstreymisloka sem var á um 1465 m dýpi. Mælingarnar eru sýndar á mynd 5. Næstu mælingar voru einnig hitamælingar í stöngum, gerðar þann 16. júní við lok borunar í 1700 m, áður en borstrengur var tekinn upp. Ádæling var þá 28 l/s og eru þær einnig sýndar á mynd 5. Í fyrri mælingunni, sem mæld var niður, var skekkja í dýptartalningunni sem nam um 7 m í botni, en ekki varð vart við þessa skekkju í mælingunni upp holuna. Á mynd 5 má sjá að bæði í mælingunum 14. júní og sömuleiðis í mælingunum frá 16 júní streymir vatn inn í holuna ofan 1100 m og blandast ádælingunni og streymir niður holuna eins djúpt og mælt er. Ádælingin náði því að halda holunni kaldri niður á lokadýpi mælinganna. Í báðum þessum mælisyrypum var mælirinn látinn biða nokkurn tíma (45–60 mín.) áður en mælt var upp, og í fyrra tilvikinu var hiti lækkandi í "botni" en breyttist óverulega, í því síðara. Þetta bendir til þess að öflugar æðar í þeim hluta holunnar sem ekki var mældur (annars vegar 1465-1538 og hins vegar 1560-1700 m) hafi tekið við drjúgum hluta ádælingarinnar og millirennslisins.

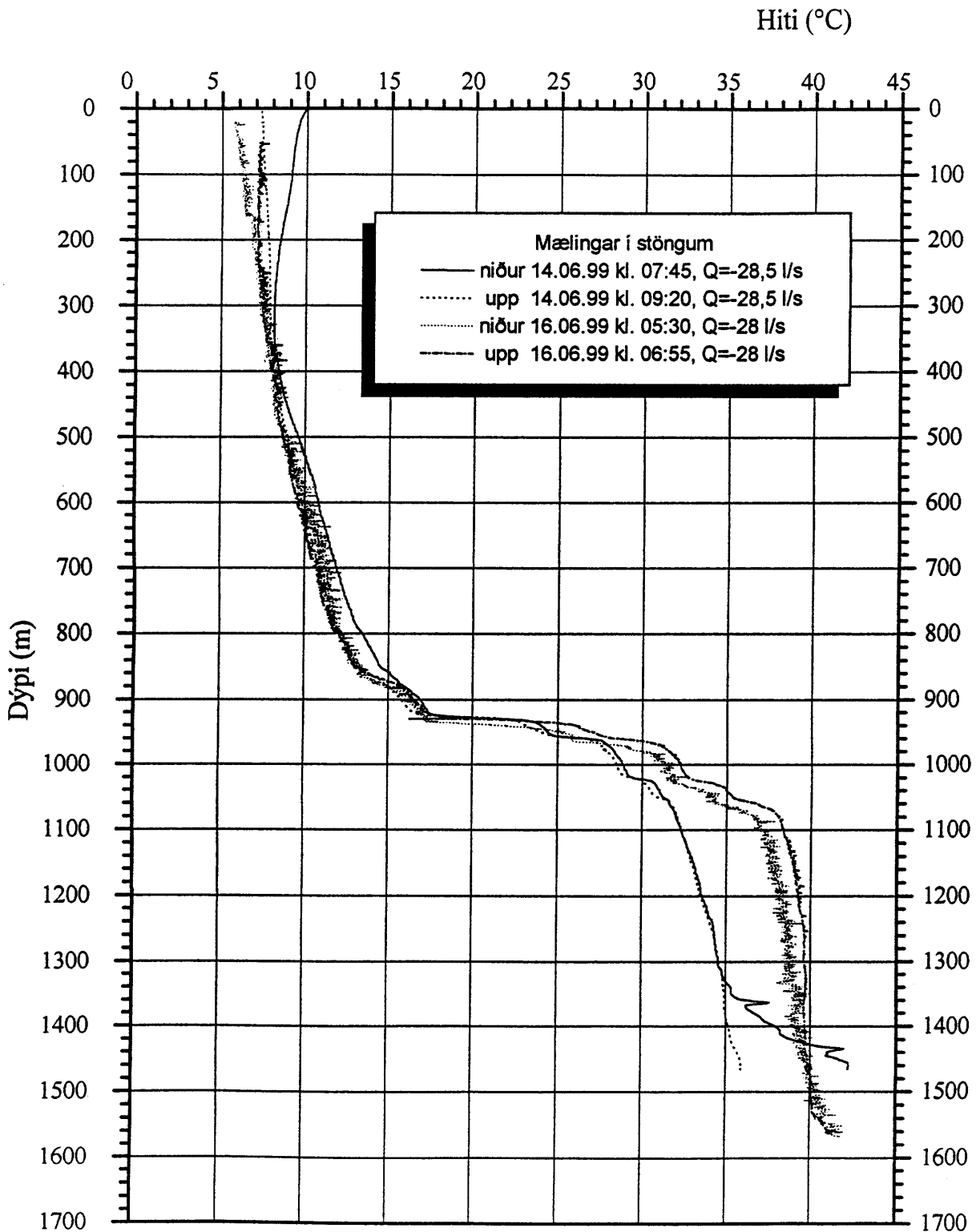
Þessu næst tók við upptekt borstrengs og lauk henni um kl. 20 þann 16. júní. Þá var ádælingin aukin úr 28 l/s í 43 l/s, bæði til að tryggja kælingu niður að holubotni, og einnig til að örva neðstu æðar holunnar. Jarðlagamælingarnar hófust síðan kl. 21 með hitamælingu, síðan tók við mæling á nifteindum og náttúrulegri gammageislun, því næst var holuvídd mæld, og að lokum var viðnámsmælt. Þessar mælingar eru sýndar á mynd 6. Hitamælingin sýnir innstreymi um æðar á sömu dýpum og sjást í hitamælingum í stöngum, og einnig er greinilegt að holan kælir sig niður að botni í þessari ádælingu þ.a. engin hitavandræði voru við að mæla jarðlög niður undir holubotn. Helstu vatnsæðar sem sjást í hitamælingunum á myndum 5 og 6 eru kringum 870, 920, 965, 1030 og 1055 m dýpi. Vegna mikils rennslis í holunni sést ógreinilega hvar vatn streymir út úr henni en drjúgt magn virðist komast alla leið niður undir holubotni á 1687 m dýpi. Bendir þetta til þess að ein af meginæðum holu NJ-19 sé neðan 1680 m dýpis.

Víddarmælingin sýnir að holan hefur eitthvað vaskast út í boruninni og að nokkrir skápar eru í henni, sérstaklega í kringum 1200 m dýpi og milli 1320 og 1380 m dýpis. Jarðlagamælingarnar sýna nokkrar jarðlagasyrpur á þessu dýptarbili, sérstaklega eru áberandi súr jarðlög kringum 1400 m dýpi. Nokkur mismunur sést milli 16" og 64" viðnámsmælinganna, en hann stafar af rangri kvörðun á viðnámsgildi 16" mæliskauts (sýnir u.þ.b. 10 falt of lágt gildi). Þetta verður lagfært síðar, en nánar verður fjallað um jarðlagamælingarnar í lokaskýrslu.

Þegar jarðlagamælingum var lokið að morgni 17. júní fóru bormenn að vinna að niðursetningu leiðara, og mættu mælingamenn næst til þrepaprófana þann 18. júní, og er fjallað um þær mælingar í næsta kafla.

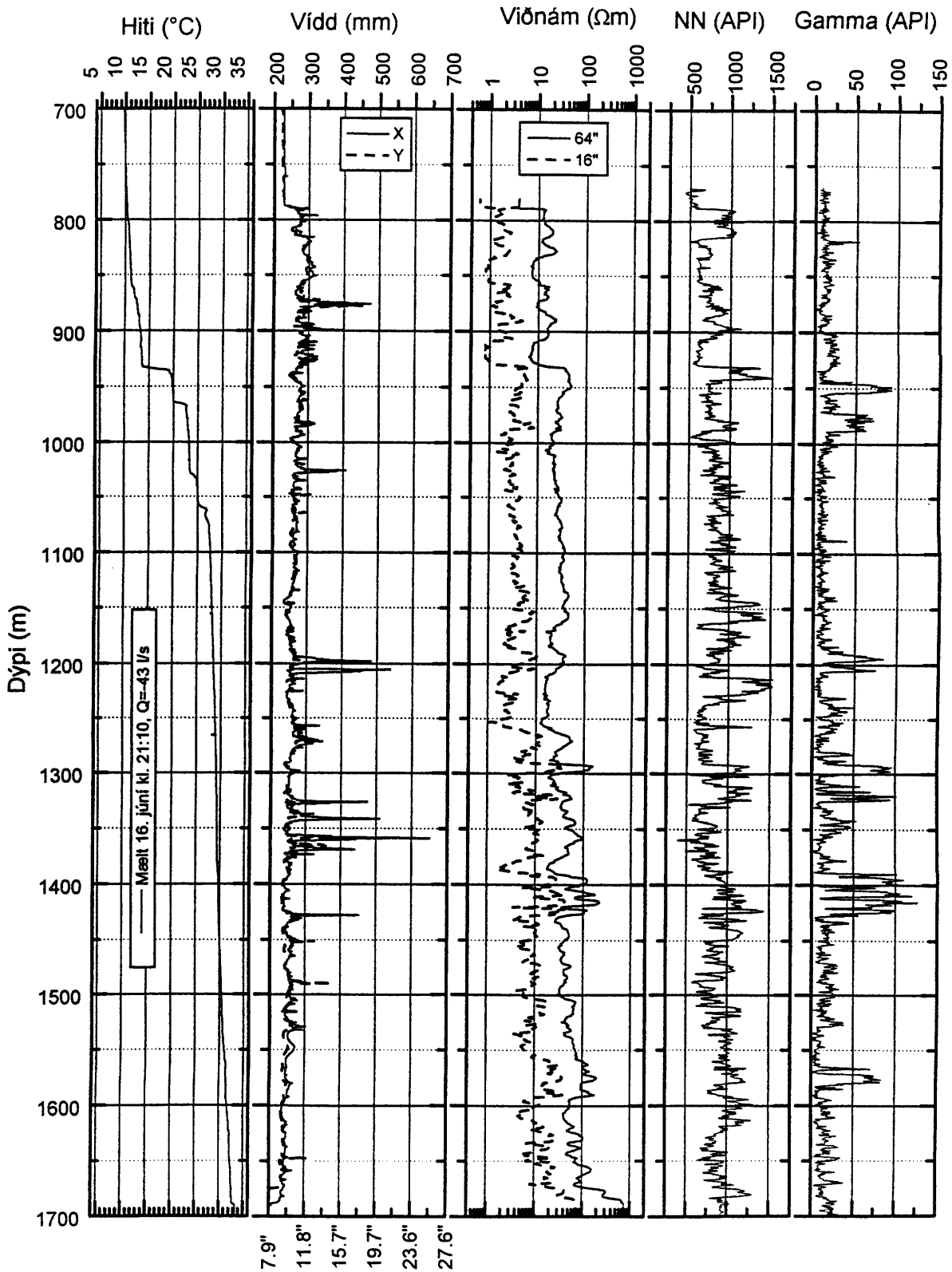
**Tafla 5. Yfirlit borholumælinga.**

Dags.	Tími	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
14-6-1999	07:45-08:22	Hitamæling	0-1465	Upphitun	H0614074	Í stöngum, Q=-28.5 l/s
14-6-1999	09:18-10:00	Hitamæling	1465-0	Upphitun	H0614091	Í stöngum, Q=-28.5 l/s
16-6-1999	05:30-06:10	Hitamæling	20-1560	Upphitun	H0616053	Í stöngum, Q=-28 l/s
16-6-1999	06:55-07:30	Hitamæling	1560-50	Upphitun	H0616065	Í stöngum, Q=-28 l/s
16-6-1999	21:06-21:54	Hitamæling	50-1700	Upphitun	H0616210	Q=-43 l/s
16-6-1999	22:15-22:50	Hitamæling	1700-50	Upphitun	H0616221	Q=-43 l/s
17-6-1999	00:06-01:27	Nifteindir	1699-770	Jarðlög	N0617000	
17-6-1999	00:06-01:27	Nat-Gamma	1699-770	Jarðlög	G0617000	
17-6-1999	03:05-04:28	Vidd X-armur	1690-30	Skápar	X0617030	
17-6-1999	03:05-04:28	Vidd Y-armur	1690-30	Skápar	Y0617030	
17-6-1999	05:25-06:03	Viðnám 16"	1700-780	Jarðlög	S0617052	
17-6-1999	05:25-06:03	Viðnám 64"	1700-780	Jarðlög	L0617052	
18-6-1999	10:18-11:16	Þrýstimæling	15-1300	Þrýstiferill	P06181018	Q=-25 l/s
18-6-1999	11:17-11:30	Hitamæling	1300-1600	Upphitun	H06181117	Q=-25 l/s
18-6-1999	11:30-11:44	Hitamæling	1600-1190	Upphitun	H06181130	Q=-25 l/s
18-6-1999	12:00-14:50	Þrýstimæling	1200	Þrýstibreyting	T06181200	1. þrep, Q breytt í -40 l/s
18-6-1999	14:50-17:55	Þrýstimæling	1200	Þrýstibreyting	T06181452	2. þrep, Q breytt í -50 l/s
18-6-1999	18:00-20:20	Þrýstimæling	1200	Þrýstibreyting	T06181800	3. þrep, Q breytt í -25 l/s
18-6-1999	20:40-21:10	Hitamæling	1400-750	Upphitun	H06182040	Q=-25 l/s
18-6-1999	21:10-21:35	Þrýstimæling	740-240	Þrýstiferill	H06182110	Q=-25 l/s



Mynd 5. Hitamælingar í stöngum.

# Nesjavellir hola NJ-19



Mynd 6. Jarðlagamælingar.

## 4 ÆREPADÆLING

Að morgni 18. júní var búið að setja raufaðan leiðara í holuna, taka upp stangir og losa sleppistykki leiðara af þeim. Undirbúningur að þrepaðælingu var þá hafinn með því að settar voru opnar stangir niður á um 598 m dýpi. Dýpistödur eru hér miðaðar við drifborð Jötuns. Meðan leiðari var settur í holuna var dælt á hana 26,6 l/s, en sú dæling hafði verið minnkuð í 25,1 l/s skömmu áður en komið var að holunni.

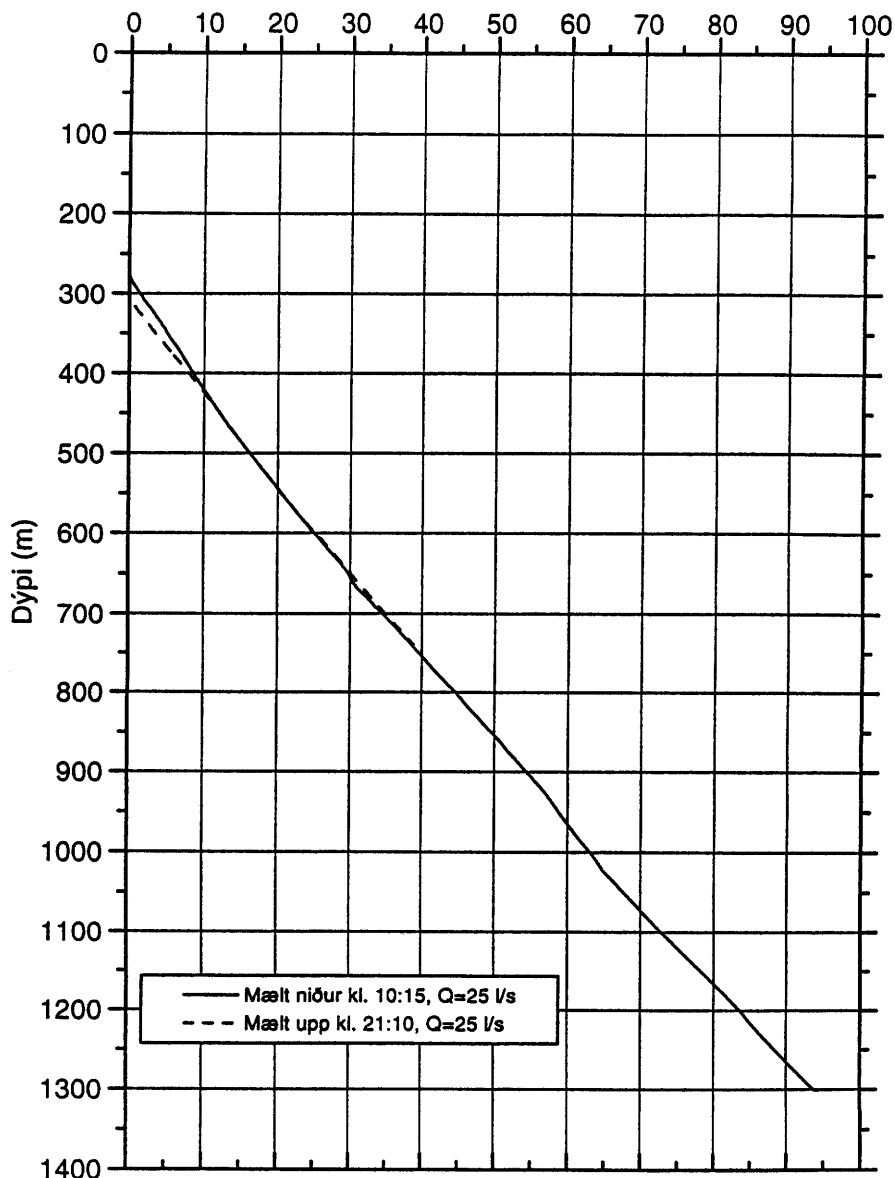
Byrjað var á að mæla þrýstingsstigul niður á 1300 m dýpi upp úr kl. 10 (mynd 7). Vatnsborð fannst á um 278 m dýpi við 25,1 l/s ádælingu. Eins og sést á mynd 7 er loft í vatnssúlunni sem léttir hana niður á allt að 550 m dýpi. Þetta vatnsborð er því of ofarlega miðað við þrýsting í jarðhitakerfinu og ætti að vera á um 340 m dýpi fyrir þessa ádælingu samanber þrýstingsstigullinn í holunni. Eftir að þrepaðælingu lauk var þrýstingsstigullinn mældur upp holuna frá 740 m dýpi við þessa sömu ádælingu. Sú mæling er einnig sýnd á mynd 7. Eitthvað minna loft hefur þá verið í vatnssúlunni því vatnsborð var á 305 m dýpi, en neðan 550 m dýpis, þar sem loftið er farið úr vatnssúlunni, ber mælingunum saman. Öllum mælingum vegna þrepaþrófuninnar var lokið um kl. 21:30 að kvöldi 18. júní.

Í framhaldi af mælingu þrýstingsstigulsins niður holuna var hitamælt frá 1300 m niður á 1600 m dýpi og síðan upp á 1200 m dýpi en þar var ákveðið að láta sambyggða hita- og þrýstimælinn vera meðan þrepaðælingin væri framkvæmd. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 8. Einnig er sýnd á mynd 8 hitamæling, sem gerð var eftir að þrepaðælingunni lauk, frá 1400 m og upp á 750 m dýpi. Ádæling í báðum mælingum var 25,1 l/s. Greina má margar vatnsæðar í holunni sem stalla í hitamælingunum og að greitt rennsli er til botnæðar holunnar á um 1685 m dýpi.

Eins og áður sagði var þrýstinemanum valinn staður á 1200 m dýpi fyrir þrepaðælinguna og var mælirinn á því dýpi um kl. 11:45. Talið var að hiti myndi lítið breytast í holunni þarna í þrepaðælingunni. Meðan beðið var eftir að mælirinn jafnaði sig að rikjandi hita þá gaf bremsa á kapalspílinu sig og féll mælirinn niður um 50 m áður en hann var hífður aftur og bremsubúnaður festur. Upp úr kl. 12 var mælirinn orðinn stöðugur við 25,1 l/s ádælinguna sem hafði þá staðið í um 2,5 klukkustundir. Þrepaðælingin byrjaði kl. 12:08 á því að ádæling var aukin í 39,5 l/s og haldið þannig í rúmar 3 klukkustundir. Aftur var ádæling aukin í öðru dæluprepi upp í 50,2 l/s og haldið þannig í 3 tíma. Í þriðja og síðasta dæluprepinu var ádæling minnkuð úr 50,2 l/s í 25,1 l/s og haldið þannig út prófunina. Gangur þrepaðælingarinnar er sýndur á mynd 9. Nokkrar áberandi truflanir sjást á myndinni sem stafa af því að kannaður var hiti á mælidýpinu á þeim tíma. Á mynd 9 sést að þegar ádæling er aukin þá hækkar þrýstingur í fyrstu en fer svo lækkandi aftur þegar líður á dæluprepið. Það öfuga gerist þegar ádæling er minnkuð. Þetta stafar af millirennslu í holunni, sem breytist við breytta ádælingu. Vitað var að vatnsæðarnar ofan til í vinnsluhlutanum gáfu inn í holuna þ.e. höfðu hærri vatnsstöðuprýsting en vatnsæðarnar nær botni holunnar. Þannig hækkar þrýstingurinn þegar ádæling er aukinn þar til þrýstingurinn verður nógu hár til að snúa rennslinu við í einhverri vatnsæðinni. Vatnsæðin sem áður gaf vatn inn í holuna fer þá að taka við vatni úr ádælingunni, en við það lækkar þrýstingurinn aðeins aftur. Öfugt gerist þegar ádælingin er minnkuð.

### Nesjavellir hola Nv-19

Þrýstingur (bar)

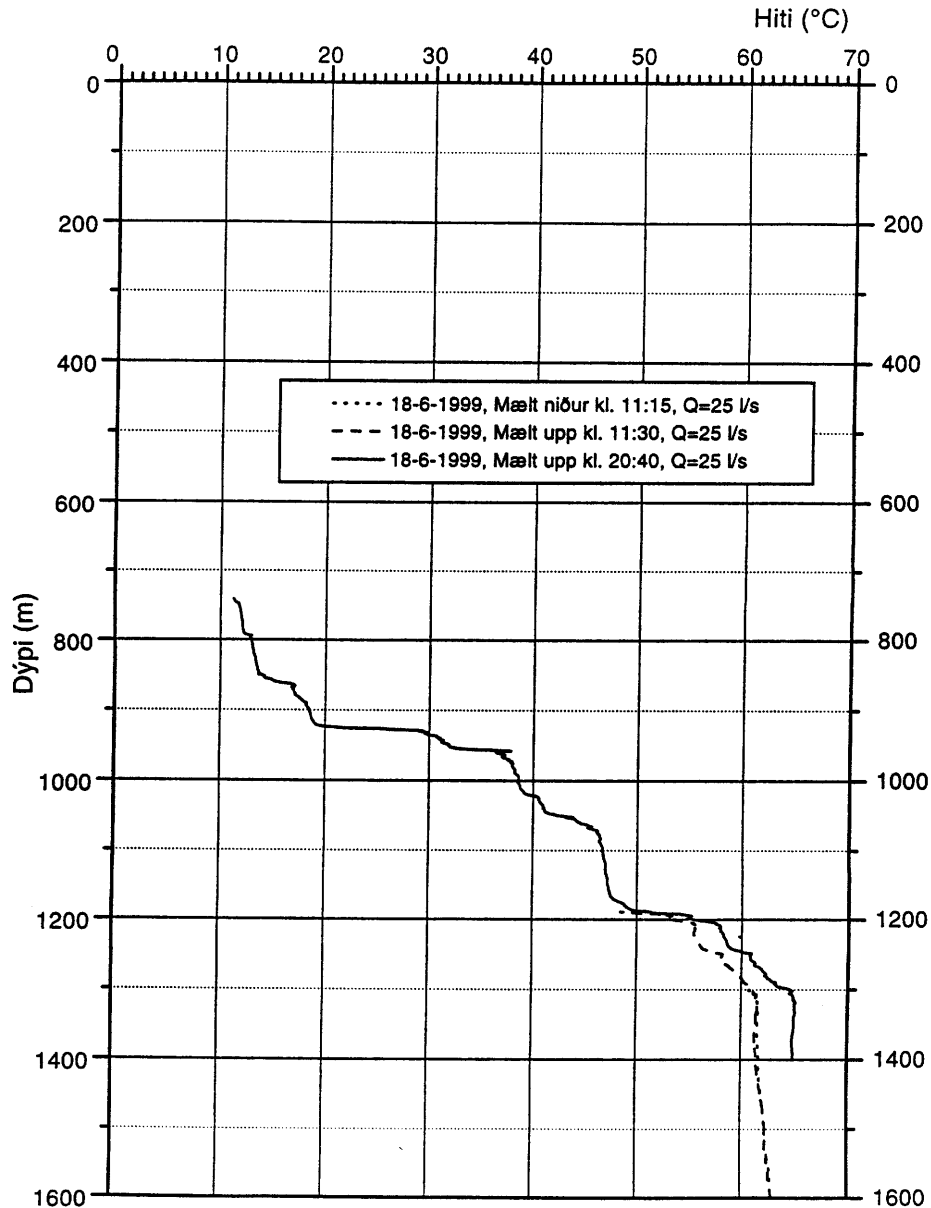


Mynd 7. Þrýstimælingar fyrir og eftir þrepadælingu.

Mynd 10 sýnir þrýstinginn fyrir hvert dæluprep og mynd 11 sýnir þrýstingsbreytinguna í hverju dæluprepi. Af myndum 10 og 11 má sjá að holuáhrifin (þ.e. safnrúmmál holunnar) í hverju þrepi vara aðeins í um 3 mínútur. Fljótlega þar á eftir fer truflana af breyttu millirensli að gæta og eru truflanirnar yfirgnæfandi eftir 10-15 mínútur. Hitabreyting við mælistaðinn var á bilinu 5-25°C og ætti ekki að hafa haft mikil áhrif á þrýstingsmælinguna. Millirensli var enn til staðar við mestu ádælinguna, 50,2 l/s, og

Orkustofnun  
Borholumælingar

### Nesjavellir hola Nv-19



Mynd 8. Hitamælingar fyrir og eftir þrepadælingu.

hefði væntanlega þurft töluvert meiri ádælingu en það til að stöðva millirennslíð. Vegna þeirra truflana sem millirennslíð hafði á þrepaprófunina er ekki hægt að túlka dæluþrepinn með skýrskotun til einfaldra fræðilegra rennslislíkana. Gróft og mjög óöruggt mat á vatnsleiðni við holu NJ-19 út frá hluta úr fallþrepinu bendir til að vatnsleiðnin geti verið um  $T = 9,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$ . Þetta er nokkuð hátt gildi, um tvöfalt hærra en áætlað var fyrir holu NJ-20, og bendir til að vatnsleiðni við holu NJ-19 sé mjög góð. Til samanburðar þá var vatnsleiðni á sínum tíma metin fyrir holu 11 um  $9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$  og fyrir holu 13 um  $7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$ .

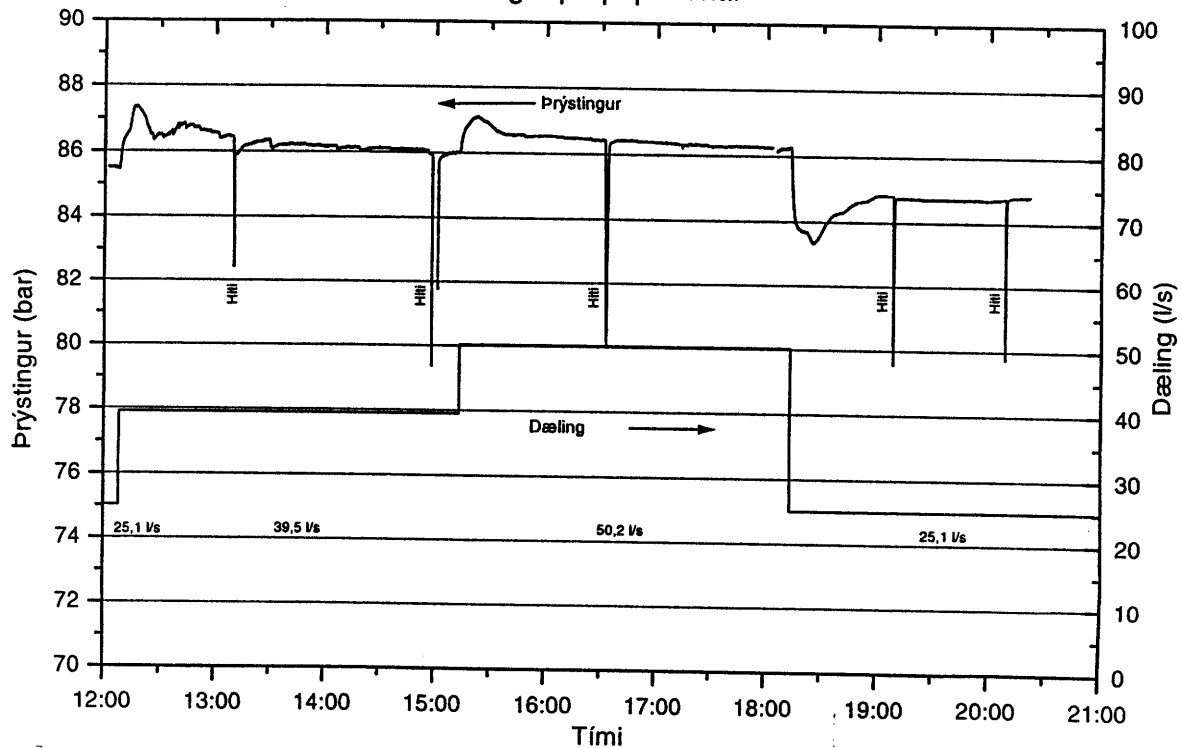


Fleira bendir til góðrar vatnsleiðni við holu NJ-19 og má þar fyrst líta á mynd 11 sem sýnir að þrýstingsbreytingin í hverju dæluprepi er mest 1-3 bar. Á mynd 12 hefur breytingunni í ádælingu verið deilt í þrýstingsbreytinguna sem gefur breytingu einingarþrýstings. Betra er að bera breytingar á einingarþrýstingi saman milli dæluprepa og milli holna. Þetta bendir til að lekt og rennslistregða við holuna hafi ekki breytst meðan á þrepaprófuninni stóð. Truflanirnar stafa því nær eingöngu af breytingum í millirennslí. Einnig sést að mesta breyting einingarþrýstings er aðeins um 0,1 bar/(l/s). Þetta er um tvöfalt minni breyting en fékkst fyrir holu NJ-20, sem bendir til að vatnsleiðni sé því um tvöfalt hærrí við holu NJ-19.

Orkustofnun  
Borholumælingar

### Nesjavellir hola Nv-19 Gangur þrepaprófunar

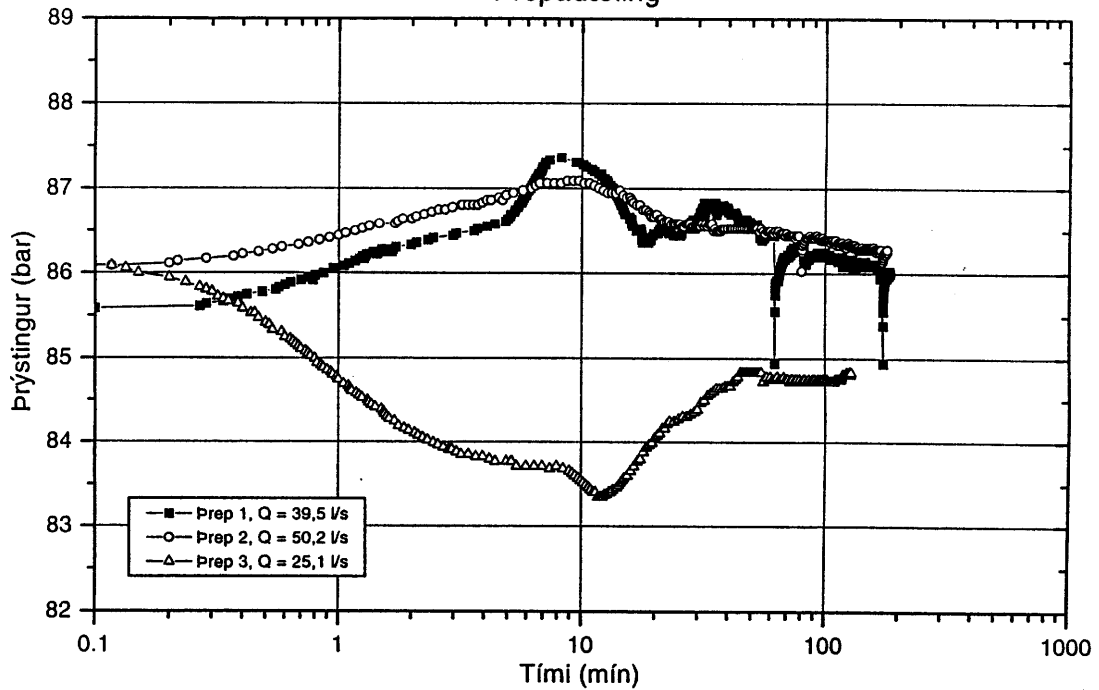
Ómar 2-11-1999



Mynd 9. Gangur þrepaprófunar.

### Nesjavellir hola Nv-19

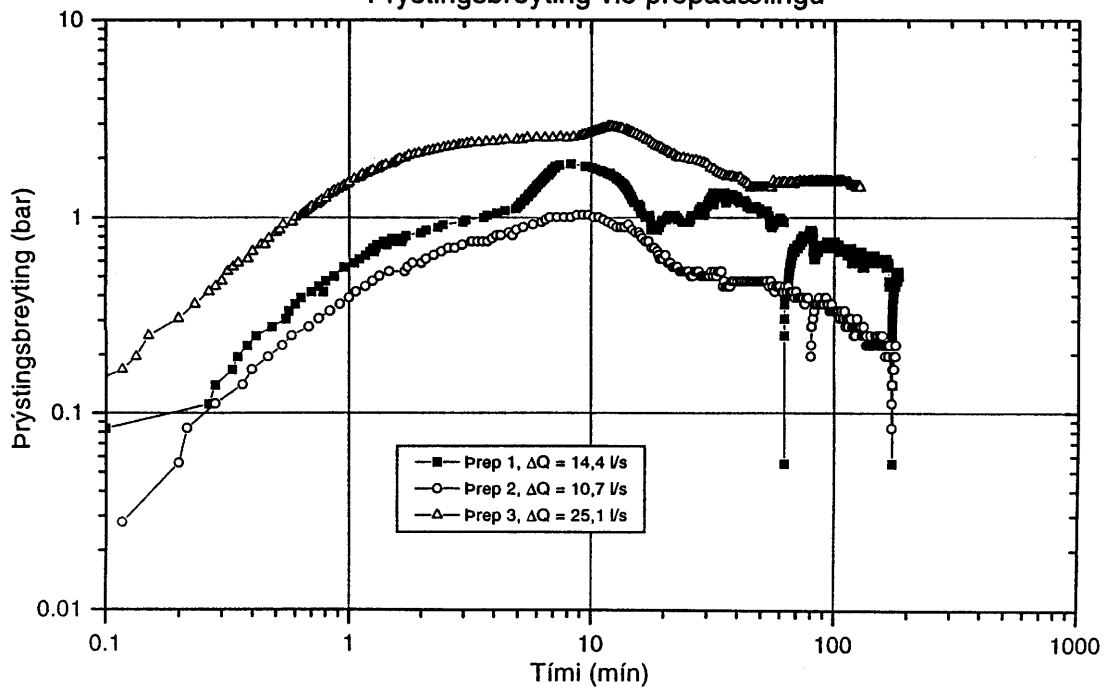
#### Þrepaðæling



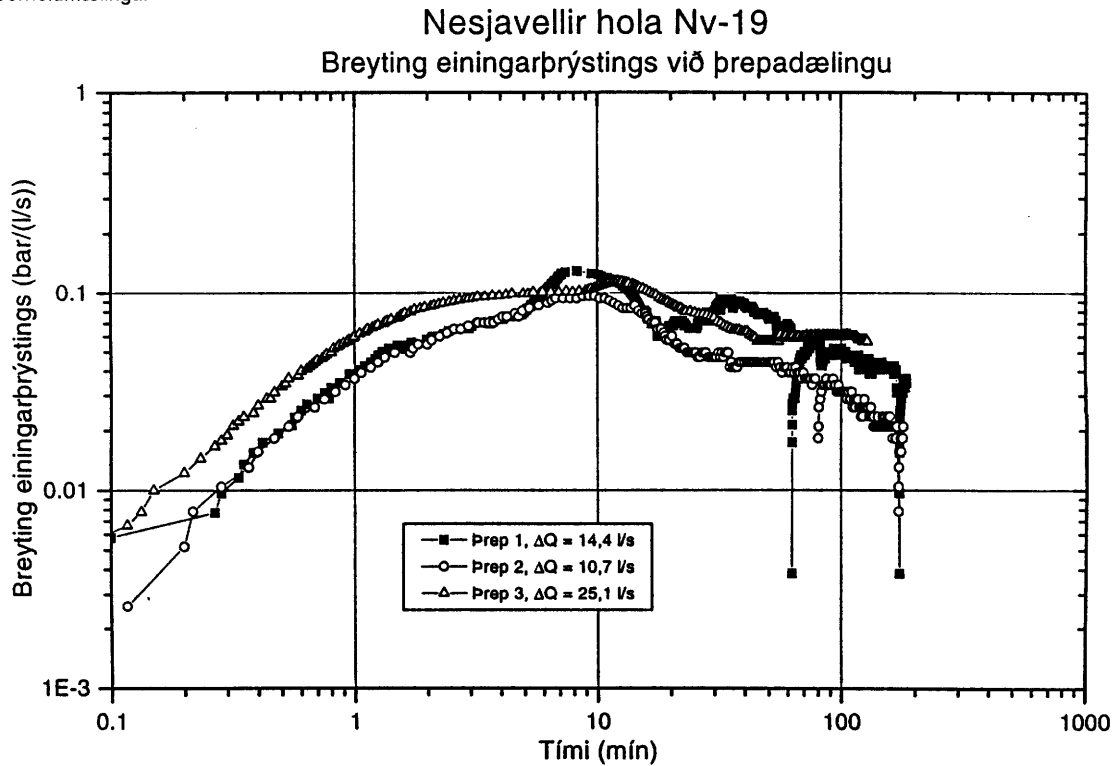
Mynd 10. Þrepaðæling.

### Nesjavellir hola Nv-19

#### Þrýstingsbreyting við þrepaðælingu



Mynd 11. Þrýstingsbreyting við þrepaðælingu.



Mynd 12. Breyting einingarþrýstings við þrepaðælingu.

## 5 HEIMILDIR

Benedikt Steingrímsson, Sverrir Þórhallsson og Hjalti Franzson, 1998. Nesjavellir. Borun hola NJ-19. Forsendur fyrir staðsetningu og hönnun holunnar. Orkustofnun, OS-98073. Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur.

Benedikt Steingrímsson, Bjarni Guðmundsson, Guðlaugur Hermannsson, Hjalti Franzson, Kjartan Birgisson og Sigvaldi Thordarson, 1999. Nesjavellir, hola NJ-19. 1. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 283 m dýpi. Orkustofnun, OS-99044. Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur.

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Bjarni Richter, Haraldur Sigurðsson, Hjalti Franzson, Kjartan Birgisson, Ómar Sigurðsson og Sigvaldi Thordarson, 1999. Nesjavellir, hola NJ-19. 2. áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu í 793 m dýpi. Orkustofnun, OS-99049. Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur.