



**ORKUSTOFNUN**

**RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri**

## **KRAFLA, HOLA KJ-34**

**3. áfangi: Borun vinnsluhluta  
frá 1031 í 2002 m dýpi**



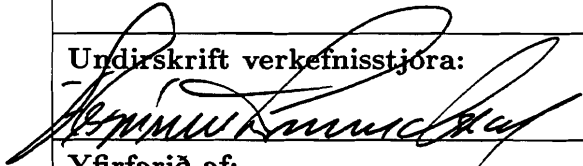
**Ásgrímur Guðmundsson  
Bjarni Gautason  
Bjarni Richter  
Guðlaugur Hermannsson  
Kjartan Birgisson  
Ómar Sigurðsson  
Sigurður Sveinn Jónsson  
Sigvaldi Thordarson**

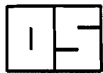
**Unnið fyrir Landsvirkjun**

**1999**

**OS-99101**



<b>Skýrsla nr:</b> OS-99101	<b>Dags:</b> Desember 1999	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opín <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> KRAFLA, HOLA KJ-34 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 1031 í 2002 m dýpi	<b>Upplag:</b> 35	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 28	
<b>Höfundar:</b> Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Gautason, Bjarni Richter, Guðlaugur Hermannsson, Kjartan Birgisson, Ómar Sigurðsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Sigvaldi Thordarson	<b>Verkefnisstjóri:</b> Ásgrímur Guðmundsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Áfangaskýrsla, 3. áfangi borverks	<b>Verknúmer:</b> 8-630669	
<b>Unnið fyrir:</b> Landsvirkjun		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Lýst er borun þriðja áfanga holu KJ-34 í Kröflu, þ.e. borun fyrir vinnsluhluta með 8 1/2" krónu. Framgangur borunar er rakinn og birt öll gögn og upplýsingar sem aflað var í verkáfanganum. Holan er við norðurjaðar Hveragils og austan við Víti og aðliggjandi gíga. KJ-34 var boruð beint niður og varð lokadýpi hennar 2002 m. Auk gufuöflunar fyrir Kröfluvirkjun er markmiðið með borun holunnar að kanna hvort jarðlög á þessum stað séu eins vatnsleiðandi og búast mætti við út frá jarðfræðilegum aðstæðum á yfirborði. Þessi verkáfangi hófst 29. ágúst á 13. verkdegi og honum lauk 10. september á 32. verkdegi. Hefðbundnar mælingar voru gerðar í holunni meðan á borun stóð og eftir að henni lauk. Sýnum af borsvarfi var einnig safnað á tveggja metra fresti samkvæmt venju, og jarðlög og ummyndunarsteindir greind eftir borsvarfi. Borverkið er unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verksamningi, en Rannsóknasvið Orkustofnunar annast rannsóknarhlutann samkvæmt samningi þar um.		
<b>Lykilorð:</b> Krafla, háhitasvæði, borhola, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 	
	<b>Yfirfarið af:</b> ÁsG	



**ORKUSTOFNUN**  
Rannsóknasvið

Verknr. 8-630 669

**Ásgrímur Guðmundsson**  
**Bjarni Gautason**  
**Bjarni Richter**  
**Guðlaugur Hermannsson**  
**Kjartan Birgisson**  
**Ómar Sigurðsson**  
**Siguður Sveinn Jónsson**  
**Sigvaldi Thordarson**

## **Krafla - Hola KJ-34**

**3. áfangi: Borun fyrir vinnsluhluta frá 1031 í 2002 m dýpi**

**Unnið fyrir Landsvirkjun**

**OS-99101**

**Desember 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>

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR .....	3
2. BORSAGA .....	3
3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG MÆLINGAR.....	14
3.1. Jarðlög.....	14
3.2. Ummyndun .....	15
3.3. Vatnsæðar .....	16
4. MÆLINGAR .....	19
5. ÆREPADÆLING .....	20

## TÖFLUR

Tafla 1. Gangur borunar vinnsluhluta með 8 1/2" borkrónu.....	4
Tafla 2. Mælingar á skoli í borun.....	7
Tafla 3. Hallamælingar í borun.....	9
Tafla 4. Fóðrunarskýrsla.....	12
Tafla 5. Mælingar í borun.....	19

## MYNDIR

Mynd 1. Gangur borunar.....	4
Mynd 2. Hitamælingar í borun.....	5
Mynd 3. Jarðlagasnið og mælingar á skoli.....	8
Mynd 4. Þrýstingur á bordælum frá 1850–2002 m.....	9
Mynd 5. Hitamælingar í lok borunar og fyrir niðurstetningu leiðara.....	10
Mynd 6. Jarðlög og ummyndun.....	17
Mynd 7. Þrýstistigull í KJ-34 fyrir þrepaðælingu í 50,5 l/s dælingu.....	21
Mynd 8. Gangur þrepaþrófunar.....	22
Mynd 9. Þrýstihegðun fyrir hvert þrep.....	22
Mynd 10. Holuáhrif mæld sem þrýstingsbreytingu á tímaeiningu.....	23
Mynd 11. Breyting einingarþrýstings fyrir hvert þrep á 1970 m dýpi.....	23

## VIÐAUKI 1

## 1. INNGANGUR

Í þessum áfanga er fjallað um borun vinnsluhluta holu KJ-34. Áður hefur verið fjallað ítarlega um forsendur borunarinnar í skýrslu um 1. áfanga. Þar var lýst borun fyrir öryggisfóðringu og frágangi hennar. Í 2. áfanga var fjallað um borun fyrir vinnslufóðringu og frágangi hennar. Í fyrrgreindum áfangaskýrslum voru skráðar allar þær upplýsingar er féllu til við verkið.

Áætlað er að bora niður á allt að 2.100 m dýpi og hengja raufaðan leiðara neðan í vinnslufóðringu en endi hennar er á um 1028 metra dýpi. Borað er með Sperrydrill leðjumótor. Holan er boruð bein með 5° leyfilegu fráviki frá lóðréttu í vinnsluhlutanum. Í lokin verður holan kæld, hita-, víddar- og jarðlagamæld og leiðari settur niður. Gert er ráð fyrir þrepaþrófun eftir niðurstetningu leiðara.

Fjarlægð frá kjallarabrún að efri brún drifborðs er 6,87 m. Allar dýptartölur í þessari skýrslu eru miðaðar við drifborð Jötuns, eins og venja er, nema annað sé tekið fram.

Atburðarás borunarinnar er rakin og greint er frá eða birt öll gögn og upplýsingar, sem fallið hafa til meðan á borun og frágangi holunnar stóð.

Verkið er unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verksamningi KRA-17. Verklýsingar voru unnar á Orkustofnun (ÁsG-99/02) og Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns.

## 2. BORSAGA

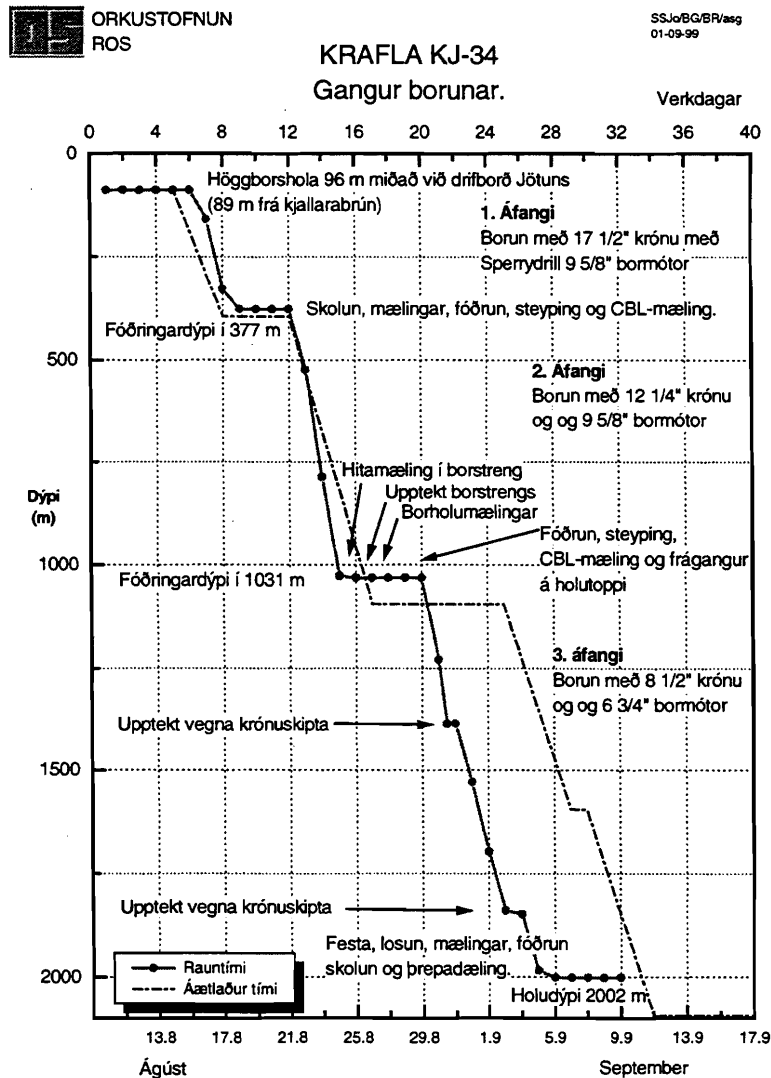
Hitamæling, sem gerð var í lok annars áfanga árla morguns sunnudaginn 29. ágúst, sýndi að holan var orðin um 100°C heit á um 300 m dýpi. Það tók því drjúga stund að setja niður, þar sem brjóta þurfti stengur úr mastri og síðan að mjólka þær niður. Byrjað var að bora steypu á 970 m dýpi aðfaranótt mánudagsins og lauk borun stungustykkis og steypu þar neðan við undir morgun. Borun í berg hófst um klukkan 7. Við borunina var notuð bordæla 2 og díselknúin dæla, nr. 3, sem dælir um 20 l/s (53 slög á mínútu). Notaður var 6  $\frac{3}{4}$  mótor af gerðinni Sperrydrill frá Sperry-Sun. Mótorinn er kallaður “performance-motor” sjö þrepa 4/5 “lobe” og snýst um 260 snúninga við 42 l/s (2600 l/mín) dælingu. Jafnframt var drifborði snúið um 50 snúninga. Borstrengurinn var byggður upp sem hér segir: 8  $\frac{1}{2}$ ” borkróna frá Reed, bormótor, stýring, 3 tengistykki, 6 álagsstangir, tengistykki, 3 álagsstangir, jar (snúningsátaksvélhnykkir), 3 álagsstangir og borstangir. Nánari upplýsingar um borstreng og breytingar sem gerðar voru á honum við borunina má finna í viðauka 1.

Eins og fram kemur í töflu 1 og á mynd 1 um framvindu verksins þá boraðist hratt. Um morguninn og fram til miðnættis á mánudag voru boraðir rétt 198 metrar, sem samsvarar 13,2 m/klst. Vegna hins mikla snúnings á krónu og tiltölulega lítills álags, 5-15 þúsund pund, muldist svarfið smátt og barst vel til yfirborðs. Holan var því hrein mest allan tímann. Borað var með sama hætti aðfaranótt þriðjudagsins 31. ágúst og á vaktaskiptum um morguninn var dýpi um 1300 metrar. Átak á drifborði var að jafnaði um 180 amper (álagsmælir) og þrýstingur á dælum í kringum 900 psi. Þá um morguninn var farið að bera á því að mótorinn hikstaði, sem lýsti sér þannig að þrýstingur byggðist upp á dælum án sýnilegrar ástæðu. Um klukkan 15 var ákveðið að stöðva borun, en þá var dýpið 1385 m, og hafði mótorinn ekki virkað sem skildi í smá

tíma. Ljóst var að eitthvað var að, því lyfta þurfti strengnum frá botni til að létta á þrýstingi á dælum og láta mótórin snúast án álags.

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

Borkróna 8 1/2"	Dagur	Borun (m)	Bortími (klst.)	Meðalborhr. (m/klst.)	Tími á borkrónu (klst.)	Dýpi (m)
EHP 51-HD	30. ágúst	198	15	13,2	15	1229
EHP 51-HD	31. ágúst	156	13	12	28	1385
EHP 51-HD	1. sept.	143	14,5	9,9	14,5	1528
EHP 51-HDL	2. sept.	169	21	8,1	35,5	1697
EHP 51-HDL	3. sept.	142	21	6,8	56,5	1839
EHP 51-HDL	4. sept.	8	1	8	57,5	1847
D5M 2821	5. sept.	138	20	6,9	20	1985
D5M 2821	6. sept	17	2,5	6,8	22,5	2002
Samtals		971	108	9	108	2002



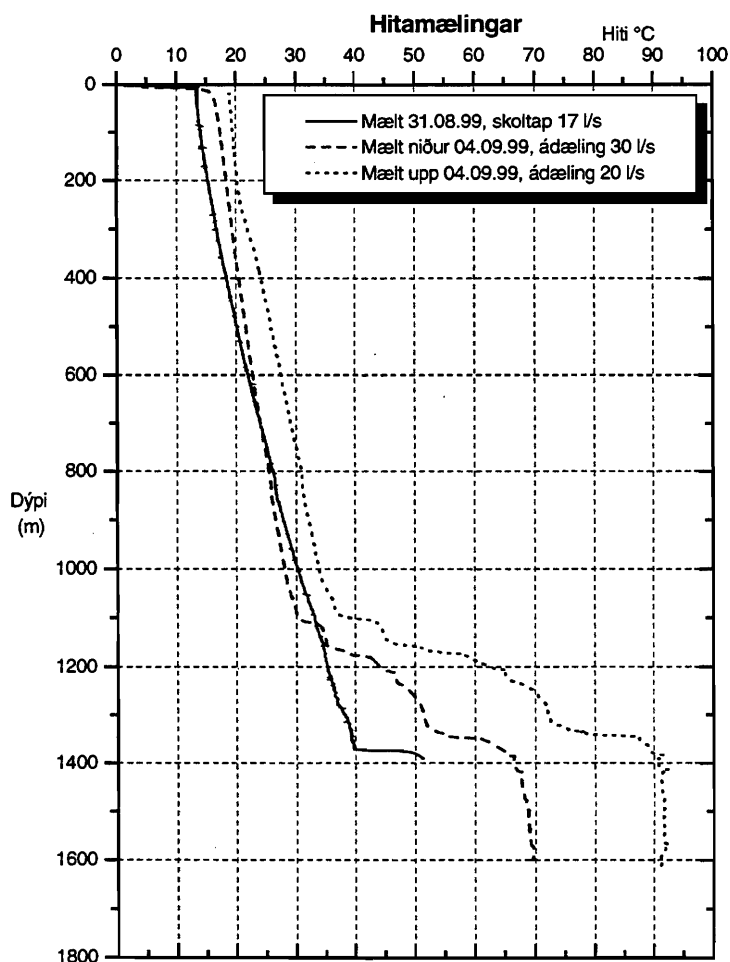
**Mynd 1. Gangur borunar.**

Umsjónarmaður bormótors frá Sperry-Sun reyndi borinn og fann þegar króna var í botni, drifborð í bremsu og dæling sett á mótórin að það byggðist upp þrýstingur og mótórin virtist ekki snúast. Þegar bremsa var tekin af drifborði og dæling sett á þá

snerist strengurinn afturábak og benti það til þess að krónan væri föst eða virkaði ekki eðlilega. Var því ákveðið af þeim sökum að taka upp og kanna hvað væri að. Holan var kæld í um einn og hálfan tíma áður en byrjað var að taka upp. Upptekt hófst klukkan 16:30 og voru álagsstangir komnar upp í drifborð um kvöldið við vaktaskiptin. Krónan var tekin undan og skoðuð. Ástand hennar var ekki gott, ein legan var í lagi, önnur legan var létt og laus en lítið sem ekkert slag í henni og þriðja legan var laus og bit-tannakónninn við það að detta af. Starfsmaður Sperry-Sun taldi eftir á að líkleg skýring á sliti krónunnar væri að álag hefði í raun verið meira en borvikt sagði til um þar sem hún var ekki rétt stillt eða ekki í lagi.

Skipt var um krónu og til öryggis var einnig settur niður nýr mótur. Sá er einnig af gerðinni Sperrydrill, 7/8 lobe þriggja þrepa  $6 \frac{3}{4}$  mótur sem snýst nokkuð hægar en hinn fyrri, eða um 150 snúninga á mínútu við svipaða dælingu og áður eða rúmlega 40 l/s.

Fyrir niðursetninguna var hitamælt og reyndist holan kæla sig í botn og var hiti við holubotn rétt rúmar  $30^{\circ}\text{C}$ . Hitamælingin er sýnd á mynd 2. Eftir skolun, upptekt og niðursetningu var tap mælt á dælum og tók holan við 18-20 l/s. Borun var síðan fram haldið. Króna var í botni um klukkan 7 að morgni miðvikudagsins 1. september og gekk borun vel fram eftir degi. Tap smá þéttist og var orðið rétt um 10 l/s að morgni fimmtudagsins 2. september.



Mynd 2. Hitamælingar í borun.

Að morgni föstudagsins 3. september var borað í tiltölulega hörð basaltinnskot og sást það greinilega í borhraða sem datt úr 10-12 m/klst í um 6 m/klst. Basaltinnskotið

leyndi sér ekki í svarfinu og fengu bormenn vissu fyrir því að krónan var í fínu lagi og vann sitt verk. Borun gekk nokkuð hægar samanborið við undanfarna daga. Álagi var haldið í 20-25 þúsund pundum. Snúningur á krónu var sá sami og áður og engar þvinganir í holunni. Litlar breytingar höfðu verið í skolmælingum framan af meðan á borun stóð eins og fram kemur á mynd 3 og töflu 2.

Um nóttina var tapið tæpir 15 l/s þegar dýpið var 1681 m. Klukkan 18 mældist tapið tæpir 19 l/s er dýpið var 1790 m. Ljóst var að tap var orðið þó nokkuð í holunni því það tók skolvatn 3,5–4 mínútur að koma upp eftir stangaríbætingu þegar dýpið var 1810 m. Um kvöldið þegar dýpið var 1834 m tapaðist allt skolvatn (43 l/s) í um 10 sek. og samtímis féll þrýstingur úr um 900 í rúm 700 psi. Skömmu síðar kom ekkert upp í nokkrar mínútur, en síðar komu upp um 15 l/s af 43 l/s sem dælt var niður. Við tímatöku á skoli við íbætingu á miðnætti, þegar dýpið var 1839 m, tók það skolvatnið 7 mínútur að koma upp. Áður þegar skolað var fyrir stangaríbætingu á miðnætti var krónu lyft frá botni um leið og hætt var að bora með fullri dælingu á og tapaðist allt skol þá umsvifalaust. Greinilegt var að opningar voru neðan við 1800 m dýpi og féll vatnsborð nokkuð hratt að því er virtist við minnsta dælingarstopp og voru bormenn vel meðvitaðir um það. Skömmu eftir miðnætti var ákveðið að taka upp vegna krónuskipta og voru þá komnir 750-800 þúsund snúningar á krónuna sem var niðri. Í upptektinni var hallamælt á 1600 m dýpi og var 2-4°. Hallin er sýndur í töflu 3 ásamt hallamælingum sem gerðar voru við borlok.

Upptekt var lokið kl. 9 laugardagsmorguninn 4. september og var krónan ekki mikið slitin að sjá. Þá var hitamælt og fengið lauslegt mat á leka með því að mæla fall á vatnsborði með því að breyta dælingu. Mælingarnar stóðu yfir frá kl. 10-13:30. Niðurstaða hitamælingar er sýnd á mynd 2 ásamt hitamælingu frá síðustu krónuskiptum, er holan var 1385 m djúp. Mælir stoppaði á um 1600 m dýpi og komst ekki neðar þrátt fyrir nokkrar tilraunir. Ljóst var að vatnsborð hafði fallið all mikið í holunni því við 20 og 30 l/s dælingu þá rann inn í hana úr efri æðum. Þegar hitamælir var á 1600 m dýpi þá var dæling aukin í 40 l/s og lækkaði hitinn þar fljótlega úr 70 í 60°C. Greinilegt var að vatn streymdi fram hjá mælinum neðar í holuna. Eftir þessa athugun var mælirinn hífður upp í 1500 m dýpi og dæling minnkuð úr 40 í 20 l/s og fylgst með hita- og þrýstingsbreytingu í rúma klukkustund. Á þessum tíma hækkaði hitinn úr 57,7 í 87°C og þrýstingurinn lækkaði um tæplega 6 bar. Millirennslí truflaði mælinguna.

Að mælingum loknum voru brotnir út nokkrir standar og síðan sett niður í rúma 1600 m með dælingu á holutopp en síðan var kælt á undan (mjólkað niður) þar til komið var niður á botn. Botnfall reyndist 15 m. Byrjað var að bora kl. 1:20 aðfaranótt sunnudagsins og gekk hægt að byggja upp þrýsting. Fljótlega eftir að svarfblandaður skolvökvinn flæddi að æðunum niðri þá byggðist upp þrýstingur. Til að byrja með fór hann aðeins í 400–500 psi en þegar búið var að bora eina 30 – 40 m þá var þrýstingur kominn upp í 700 psi eða svipað gildi og þrýstingurinn féll í þegar æðin á 1834 m var skorin. Þá féll þrýstingur á bordælum úr 900 í rúmlega 700 psi. Ekkert skolvatn kom upp og virtist vatnsborð vera langt niðri í holu. Lögð var áhersla á að bora þannig að sem minnst svarf væri á sveimi í holunni. Við borun í tæpum 1900 m var drifskafið tekið upp eins og venjulega og rennt niður aftur áður en bætt var í stöng. Þá var komin fyrirstaða, sem þurfti að bora og var það um 6 m langur kafli.



Tafla 2. Mælingar á skoli í borun.

Dagsetning	Klukkan	Dýpi m	Þrýstingur PSI	Dæla 3 slög	Dæla 3 l/s	Dæla 2 slög	Dæla 2 l/s	Dæling alls l/s	Tap cm	Tap l/s	Skolhraði m/mín	Tími frá botni mín	Svarf m/mín	TFB mín	Hiti niður °C	Hiti upp °C	Mism. Hiti °C
30.8.1999	9:00	1052	750	55	20,02	115	21,31	41,33	0	0,00	106,25	9,90	101,25	10,39	19,6	30,6	11,0
30.8.1999	13:00	1103	880	60	21,84	113	20,94	42,78	0	0,00	109,97	10,03	104,97	10,51	21,8	32,2	10,4
30.8.1999	17:00	1154	950	55	20,02	122	22,61	42,63	0	0,00	109,58	10,53	104,58	11,03	23,1	34,5	11,4
30.8.1999	22:00	1214	880	55	20,02	121	22,42	42,44	0	0,00	109,10	11,13	104,10	11,66	24,7	34,2	9,5
31.8.1999	2:50	1256	880	55	20,02	122	22,61	42,63	8,5	2,51	103,13	12,18	98,13	12,80	21,1	30,5	9,4
31.8.1999	6:00	1292	900	55	20,02	122	22,61	42,63	8,5	2,51	103,13	12,53	98,13	13,17	26,0	34,4	8,4
31.8.1999	10:00	1327	900	55	20,02	123	22,79	42,81	0	0,00	110,06	12,06	105,06	12,63	19,2	27,7	8,5
31.8.1999	14:00	1379	920	55	20,02	125	23,16	43,18	0	0,00	111,01	12,42	106,01	13,01	21,8	29,7	7,9
1.9.1999	5:45	1385		0	0,00	90	16,68	16,68	58,5	17,26	-1,49	-928,11	-6,49	-213,33			0,0
1.9.1999	9:40	1407	890	53	19,29	122	22,61	41,90	37,2	10,97	79,50	17,70	74,50	18,89	20,8	27,0	6,2
1.9.1999	13:45	1448	820	55	20,02	123	22,79	42,81	41,2	12,15	78,81	18,37	73,81	19,62	20,0	25,0	5,0
1.9.1999	18:00	1484	830	55	20,02	124	22,98	43,00	47,4	13,98	74,59	19,90	69,59	21,33	19,8	24,5	4,7
1.9.1999	23:00	1522	820	55	20,02	123	22,79	42,81	39,7	11,71	79,95	19,04	74,95	20,31	18,2	22,3	4,1
2.9.1999	3:00	1541	750	55	20,02	120	22,24	42,26	53	15,64	68,43	22,52	63,43	24,29	17,8	21,9	4,1
2.9.1999	7:00	1561	850	55	20,02	123	22,79	42,81	31,8	9,38	85,94	18,16	80,94	19,29	17,2	22,2	5,0
2.9.1999	10:50	1581	890	55	20,02	124	22,98	43,00	55,6	16,40	68,37	23,12	63,37	24,95	15,8	21,5	5,7
2.9.1999	13:52	1607	910	55	20,02	124	22,98	43,00	46,6	13,75	75,19	21,37	70,19	22,89	19,9	24,1	4,2
2.9.1999	17:40	1647	930	55	20,02	124	22,98	43,00	55,6	16,40	68,37	24,09	63,37	25,99	20	25,5	5,5
2.9.1999	22:00	1681	910	55	20,02	121	22,42	42,44	44,4	13,10	75,43	22,28	70,43	23,87	20,2	23,2	3,0
3.9.1999	2:30	1720	960	55	20,02	122	22,61	42,63	50	14,75	71,66	24,00	66,66	25,80	17,2	20,9	3,7
3.9.1999	6:00	1738	900	55	20,02	121	22,42	42,44	59	17,41	64,36	27,00	59,36	29,28	17,3	23,2	5,9
3.9.1999	10:30	1757	940	55	20,02	121	22,42	42,44	59	17,41	64,36	27,30	59,36	29,60	18,4	21,2	2,8
3.9.1999	18:00	1790	900	55	20,02	124	22,98	43,00	64	18,88	62,00	28,87	57,00	31,40	25,5	29,5	4,0
3.9.1999	23:00	1830	850	55	20,02	121	22,42	42,44		43,00							
3.9.1999		1834	700	55	20,02	121	22,42	42,44		43,00							



ORKUSTOFNUN  
Rannsóknasvið

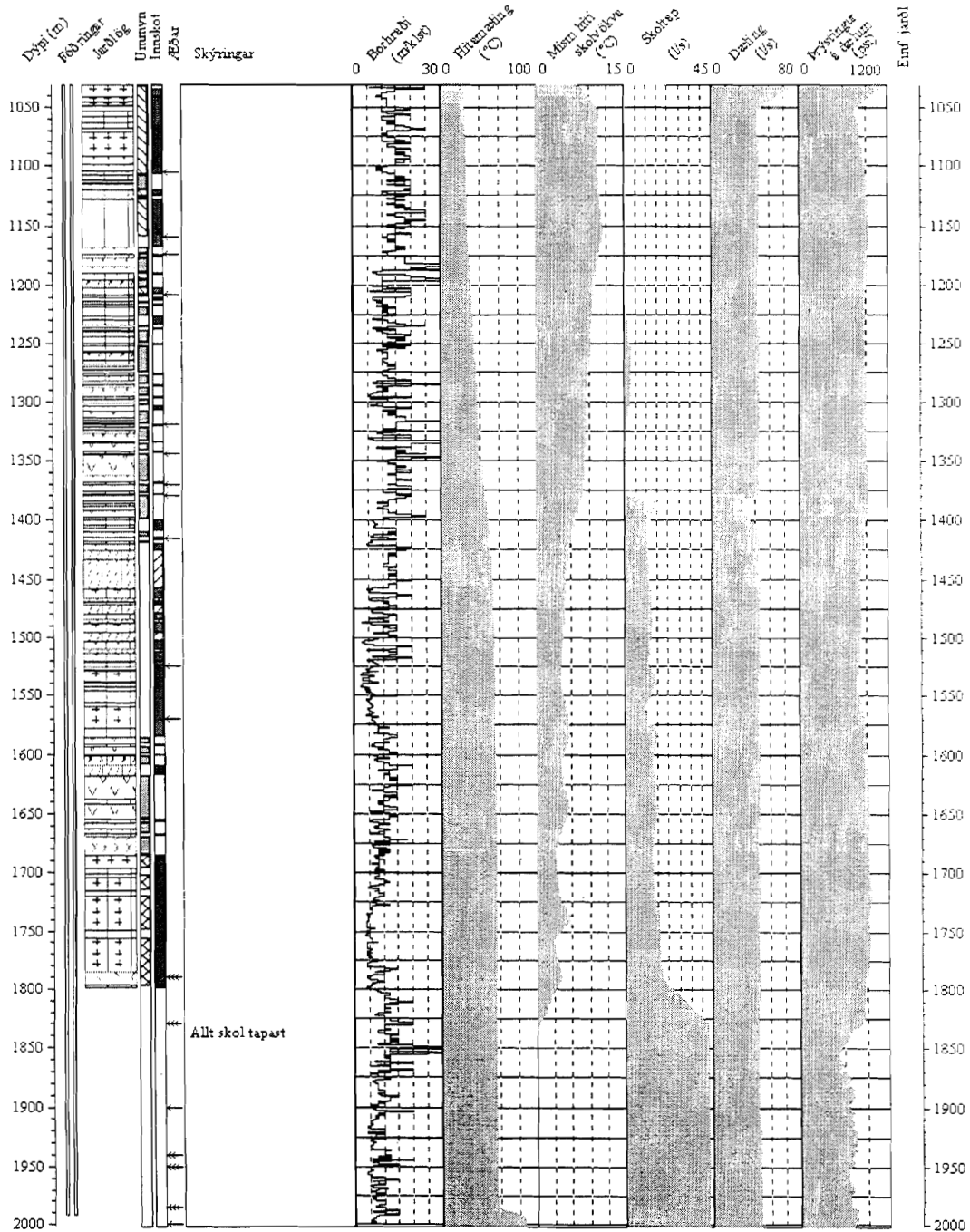
**Borgögn KJ-34 Krafla**

29.08 - 10.09 1999

Staður: Krafla  
Hölu nafn: KJ-34

Bor: Jötunn Skoivokvi Vatn  
Dýptarbíl: 1031 - 2002 m Verkhlut: 3. éfangi

Staðarnúmer: 58034  
Starfsmenn: SSI/AsG/HF



Mynd 3. Jarðlagasnið og mælingar á skoli.

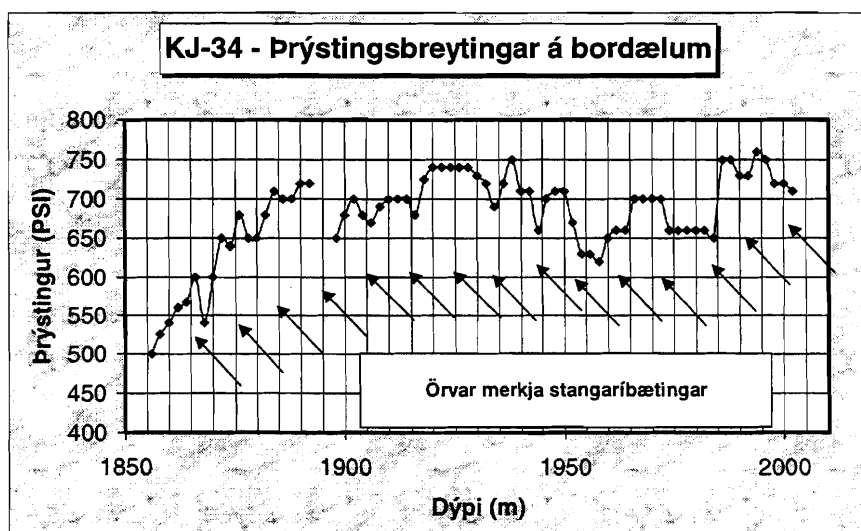
Tafla 3. Hallamælingar í borun.

Bordýpi (m)	Mælt á dýpi (m)	Halli (°)	Hámarks frávik frá lóðr. (m)	Stefna (°)	Aths.
377	300	1,1	5,8		Fyrir öryggisfóðringu
1031	820	1,8	22,2	192	Mælt í opinni holu*
1031	850	1,2	22,8	215	Mælt í opinni holu*
1031	940	2,1	26,1	195	Mælt í opinni holu*
2002	1200	2,4	37		Mælt í leiðara
2002	1400	3,0	47,4		Mælt í leiðara
1848	1600	2-4			Mælt í stöngum**
2002	1800	2,5	64,9		Mælt í leiðara

\*Stefna var mæld með seguláttavita

\*\* Ath. mælir sýndi tvær tölur, önnur nálægt 2° og hin nálægt 4°.

Vegna þess að borað var með algjöru skoltapi þá var þrýstingur á dælum skráður reglulega á tveggja metra fresti og er það sýnt á mynd 4. Miðað var við að skrá við svipað álag og dæling var alltaf sú sama. Greinilega var mikið þrýstifall við stangaribætingar en á einum stað, eða á 1950 m dýpi féll þrýstingur í borun og er nærtækasta skýringin sú að æð hafi verið skorin þar. Ýtti það á að halda borun áfram til að gera góðan sokk þar neðan við. Ef einhverjar þær aðstæður kæmu upp sem þættu varhugaverðar þá var ákveðið að stöðva borun og láta gott heita. Ekki gekk það alveg eftir þar sem borstrengur festist þegar byrja átti borun eftir stangaribætingu þegar dýpið var 2002 m. Líklega hefur fallið ofan á kollalengjuna þar sem jar sló ekki.

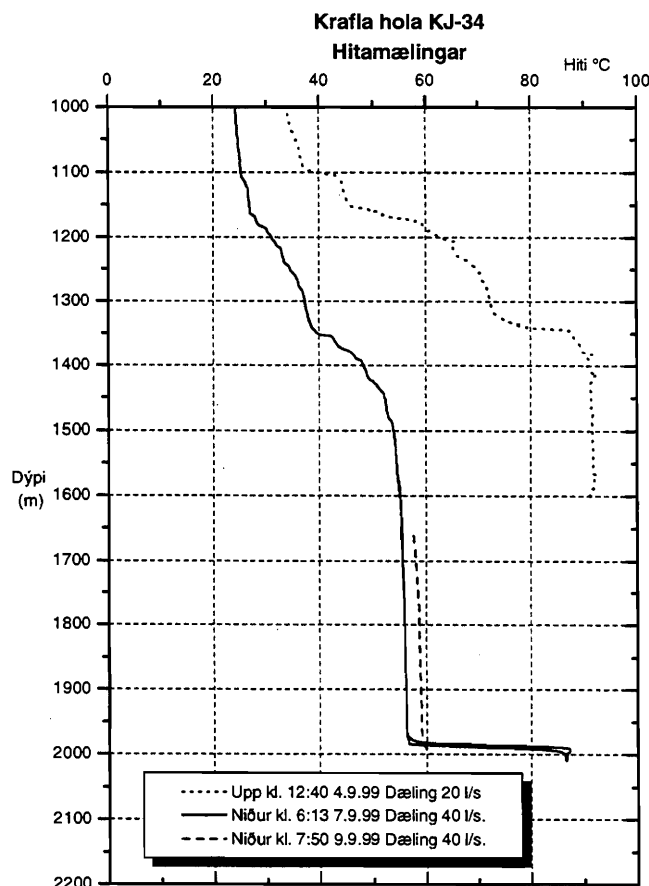


Mynd 4. Þrýstingur á bordælum frá 1850–2002 m.

Dæling var greið gegnum strenginn og bormótor og króna snérust. Togað var upp með 280 þúsund punda togi án þess að strengur hreyfðist. Smá hreyfing komst á við 310-315 þús. punda tog og færðist hann upp um rúmlega 80 cm. Strengur var hafður í 315 þús punda togi og var dæling í gegnum hann um 53 l/s (950 psi) og dæling utan með

um 15 l/s. Fljótlega var dælingin minnkuð í 46 l/s á bordælum og var þrýstingur þá 530 psi. Áður en frekari losunaraðgerðir voru gerðar þá var gert við viktina sem sýnir þunga og álag. Upp úr klukkan 15 sama dag byrjuðu bormenn losunaraðgerðir. Eftir um það bil 20 mínútna erfiði við að toga og slaka sló jarinn niðri og strengur var nokkurn veginn laus. Mikið drag var til að byrja með og var greinilega eitthvað hrun utan á strengnum. Þungi borstrengsins var um 160 þúsund pund, en togið fór um tíma í 200-220 þúsund pund. Tölur sem viktin sýndi fyrir viðgerð voru líklega rangar.

Bormenn tóku strenginn upp og brutu út það sem ekki þurfti að nota til að setja niður leiðarann. Því var lokið kl. 4 aðfaranótt þriðjudagsins 7. júní. Um klukkustund síðar var byrjað að mæla holuna. Hitamælir fór fyrst niður og reyndist kæling ná niður að botni eins og sést á mynd 5. Botnfall virtist vera innan við 5 m, sem verður að teljast harla gott. Ljóst var að opningar þarna niðri voru harla góðar, þar sem þær tóku við öllu svarfi úr neðstu 150 metrunum. Neðsta afgerandi æð sást á 1985 m dýpi og minniháttar leki þar fyrir neðan. Vísbending var um að vatnsborð gæti verið á rúmlega 600 m dýpi með 40 l/s ádælingu. Eftir hitamælingu komu jarðlagamælingarnar og víddarmælingar og er þeirra nánar getið hér á eftir. Mælingum lauk kl. 15:30 og að þeim loknum var hafinn undirbúningur að niðursetningu leiðara. Milli kl. 17 og 18 var hann lagður af stað niður í holu.



**Mynd 5.** Hitamælingar í lok borunar og fyrir niðursetningu leiðara.

Undir morgun miðvikudagsins 8. september var byrjað að slaka leiðaranum niður með borstöngum og var hann kominn niður á botn kl. rúmlega 10. Leiðarinn fann botn á

1994 m dýpi og var hann tekinn 2 m upp og festur. Allar nánari upplýsingar um leiðarann er að finna í fódrunarskýrslu í töflu 4.


Eftir niðursetningu leiðara voru teknar upp stangir og brotnar út nema það sem nota þurfti við þrepaðælingu. Eftir upptekt var sleppistykki tekið af og settir síðan niður 24 1/3 standur, sem jafngildir 693,5 m og var byrjað að dæla á holuna kl. 17:30 miðvikudagin 8. september. Dælt var tæpum 58 l/s í gegnum drifskaftrið án þess að nokkur þrýstingur byggðist upp, þ.e.a.s. aðeins 60 psi sáust á mælinum. Vitlaust veður var um nóttina og var því gott að nýta tækifærið til ádælingar. Undir morgun datt veðrið niður og var þá undirbúin þrepaðæling sem stóð yfir til kl. 18 á föstudeginum. Í upphafi þrepaðælingar var holan hitamæld og sést á ferlinum á mynd 5 að hún tekur við kælivatni niður í botn Nánar er gerð grein fyrir þrepaðælingu í samnefndum kafla. Eftir þrepaðælingu var hallamælt á þremur stöðum í leiðara og eru niðurstöður sýndar í töflu 3. Samkvæmt því er hámarksfrávik milli holutopps og holubotns í lárétu plani um 80 m.

Eins og venja er við boranir á háhitasvæðum þá er fylgst reglulega með skoli og mælingar á því skráðar á fjögurra tíma fresti og oftast ef ástæða þykir til. Niðurstöður skráningarinnar eru sýndar í töflu 2 og á mynd 3. Litlar breytingar voru merkjanlegar þar til komið var að krónuskriptum en þá fyrst mældist umtalsverður leki í holunni eða rúmlega 17 l/s. Fljótlega þéttist holan niður í 10-14 l/s þegar byrjað var að bora. Marktækar breytingar sem gefa til kynna æðar sáust á 1522-1541 m ( $\Delta \sim 4$  l/s), 1561-1581 ( $\Delta \sim 6$  l/s), 1720-1738 m ( $\Delta \sim 3$  l/s) og 1830-1834 m (allt tapast > 43 l/s). Eftir að allt skol tapaðist þá var fylgst reglulega með þrýstingi á dælum og var hann skráður á tveggja metra fresti ásamt álagi sem þá var beitt, en skolmagn var stöðugt allan tímann. Á mynd 4 er þrýstingur sýndur á móti dýpi. Þar má merkja á þremur stöðum marktækt þrýstifall meðan á borun stendur, á 1940 m, 1950 m og svo niður undir botn á 1990-2002 m dýpi.

Vangaveltur hafa verið í nokkurn tíma um það hvort  $\text{Ca}^{++}$  jónir falli út í holunni eða aðliggjandi æðum. Ákveðið var að bregðast við því þegar kæmi að borun vinnsluhlutans. Smá dráttur varð samt þar á, þar sem efni var ekki komið þegar borun hans hófst. Byrjað var að blanda tálmunarefni af gerðinni DEQUEST 2006 saman við skolvatnið um hádegisbilið á föstudeginum 3. september og var íblöndunin viðhöfð þar til hætt var að dæla á holuna að undanskyldum nokkrum klukkustundum. Efnið hefur þá eiginleika að koma í veg fyrir að  $\text{Ca}^{++}$  jónin í skolvatninu byndist öðrum efnum og falli út sem fast efni.

Borverkinu lauk 10. september á 32. verkdegi og var holan þá 2002 m djúp. Alls hafði 3. verkáfangi við borun vinnsluhlutans, mælingar og fódrun tekið 12 verkdaga (mynd 1).

Tafla 4. Fóðrunarskýrsla.

	FÓÐRUNARSKÝRSLA	Eyðublað nr. 68-051
<b>JARÐBORANIR HF</b>		

Verk nr. 42671	Hola nr. KJ-34	Borstaður Krafla	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun
Vidd holu 8 1/2"	Dýpt holu mv. drifborð 2002	Fóðring nr. 4	Fóðrun framkv. dags. 1999.09.8-9.	Útfyllt af: B.G.

Holudýpi frá flangsi				Fóðringard. frá fl.				Röretalning						
1.994,70 m				1.984,78 m				LENGD	NR	MS	ALLS m			
<b>FÓÐRING</b>	Gerð	K-55	Þyngd							991,7				
	Utanmál	7"	Innanmál							26 lbs/ft				
	Veggþykkt	9,2 mm	Pöntunar nr.							159,4 mm				
	Tengi	Skrúfuð Buttress									0,85 Uppheng			
	Flangs	Fóðringin hangir í Burns upphengi í 991,70 m.									10,34 1 H 1002,89			
	Stungutengi										10,47 2 H 1013,36			
	Skór	Stýriskór með 3" gati.									13,65 3 H 1027,01			
	Miðjustillar	stk	Steyputappar	stk							13,32 4 H 1040,33			
<b>STEYPIG</b>	Steypa 1 þurrefni	kg	Tafefni	kg							13,08 5 H 1053,41			
	Eðlisþyngd	kg/l	Steypingartími	mín							13,59 6 H 1067,00			
	Steyputæki										11,74 7 H 1078,74			
	Steypa kom upp ?	Eðlisþyngd steypu upp			kg/l							10,48 8 H 1089,22		
	Eftirdæling	ltr	Eftirdæling	mín							13,53 9 R 1102,75			
	Steypa 2 þurrefni	kg									13,66 10 R 1116,41			
											13,78 11 R 1130,19			
<b>FRÁGANGUR</b>	Dýpi á steypu utan röra	m	Steypt utan með eftir	klst							12,95 12 R 1143,14			
	Steypa þurrefni	kg	Skorið ofan af eftir	klst							13,51 13 R 1156,65			
	Dýpi á steypu í röri	m	Steypa boruð eftir	klst							13,55 14 R 1170,20			
											13,38 15 R 1183,58			
											13,99 16 R 1197,57			
<b>ATHUGASEMDIR</b>											13,57	17	R	1211,14
Efstu 8 rörin eru heil öll önnur raufuð. Sjá röretalningu.											13,86	18	R	1225,00
											13,24	19	R	1238,24
											12,93	20	R	1251,17
											13,63	21	R	1264,80
											13,49	22	R	1278,29
											13,80	23	R	1292,09
											13,71	24	R	1305,80
											13,10	25	R	1318,90
											13,96	26	R	1332,86
											13,42	27	R	1346,28
											13,83	28	R	1360,11

Tafla 4. Framhald

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

Verk nr. 42671	Hola nr. KJ-34	Borstaður Krafla	Fóðring nr. 4	Blaðsíða nr. 2
-------------------	-------------------	---------------------	------------------	-------------------

RÖRATALNING				RÖRATALNING				RÖRATALNING			
LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m
13,55	29	R	1.373,66	11,22	61	R	1.808,23				
13,26	30	R	1.386,92	13,53	62	R	1.821,76				
14,09	31	R	1.401,01	12,64	63	R	1.834,40				
13,52	32	R	1.414,53	14,04	64	R	1.848,44				
14,06	33	R	1.428,59	13,63	65	R	1.862,07				
13,39	34	R	1.441,98	13,61	66	R	1.875,68				
14,03	35	R	1.456,01	13,64	67	R	1.889,32				
13,91	36	R	1.469,92	13,80	68	R	1.903,12				
13,32	37	R	1.483,24	13,49	69	R	1.916,61				
13,36	38	R	1.496,60	13,55	70	R	1.930,16				
13,85	39	R	1.510,45	14,01	71	R	1.944,17				
13,54	40	R	1.523,99	13,90	72	R	1.958,07				
13,46	41	R	1.537,45	13,17	73	R	1.971,24				
13,31	42	R	1.550,76	13,19	74	R	1.984,43				
13,37	43	R	1.564,13	0,35	Skór		1.984,78				
13,98	44	R	1.578,11								
13,46	45	R	1.591,57								
13,52	46	R	1.605,09								
14,06	47	R	1.619,15								
13,99	48	R	1.633,14								
13,31	49	R	1.646,45								
13,38	50	R	1.659,83								
13,57	51	R	1.673,40								
13,97	52	R	1.687,37								
13,98	53	R	1.701,35								
14,08	54	R	1.715,43								
13,19	55	R	1.728,62								
13,37	56	R	1.741,99								
14,09	57	R	1.756,08								
13,98	58	R	1.770,06								
13,52	59	R	1.783,58								
13,43	60	R	1.797,01								

### 3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG MÆLINGAR

#### 3.1. Jarðlög

Eins og venja er þá var safnað svarfsýnum á reglubundinn hátt með tveggja metra bili. Þau voru greind samhliða borun og niðurstöður eru sýndar á jarðlagasniði á mynd 6 ásamt jarðlagamælingum. Einnig var ummyndun skoðuð og metin.

Borhraði var nokkuð hár niður að 1500 m dýpi og bitnar það að einhverju leyti á gæðum jarðlagasniðsins. Ennfremur jókst skoltap verulega neðan 1800 m dýpis og kom mjög fínt svarf næstu 40 m, en ekkert eftir það. Tekið var til þess ráðs þegar lítið skol kom upp að safna svarfi milli stangaríbætinga í svarfkassann við endann á frárennslinu frá holunni. Þannig fengust sýni, þó ekki var hægt að fá þau með venjulegri sýnatöku. Eftir að sýni hafði verið tekið var svarfkassinn tæmdur og hreinsaður fyrir næstu sýnatöku. Jarðlagamælingarnar bæt inn í þá mynd sem óljós er við svarfgreiningu, en greinilegt er að um 8-12 m munur er á jarðlagamælingunum og svarfgreiningunni. Það verður athugað nánar við frekari úrvinnslu gagnanna.

Hér á eftir er lýsing á því sem fyrir augu bar í svarfinu og var greint meðan borunin stóð yfir og sýnt er á mynd 6:

*1031–1108 m dýpi: Basaltinnskot.* Meðal-grófkorna basalt eða dólerít er ráðandi berggerð. Það er af sama meiði og sést frá 950 m dýpi og lýst var í 2. áfanga. Bergið er grágrænt-grásvart á litinn og að jafnaði lítið ummyndað. Ummyndunarsteindir eru að mestu sprungufyllingar, en yfirleitt lítið af þeim. Epidót, kvars, pýrít, prehnít og etv. anhýdrít sást. Athyglisvert að ekkert kalsít sást á þessum kafla.

*1108–1120 m. Basalthraun.* Fín-meðalkorna ummyndað grágrænt basalt. Í neðri hlutanum er ljóst kolummyndað túff og breksjá. Þar sést kalsít aftu en að öðru leyti eru ummyndunarsteindirnar epidót, kvars, pýrít og leir (klórít).

*1120–1168 m dýpi. Basaltinnskot.* Fín-meðalkorna lítið ummyndað basalt er ráðandi á þessum kafla. Pýrít, kvars og epidót eru algengustu ummyndunarsteindir, auk þess er kalsít vottur. Á 1128 m dýpi er þunn mjög ummynduð breksía og sést þar wollastónít.

*1168–1204 m dýpi. Móberg.* Mikið ummynduð basaltbreksía er ráðandi. Í neðri hlutanum virðist vera glerjað basalt en það er ekki augljóst. Bergið er mjög útfellingaríkt og eru þar sömu steindir og fyrir ofan, en meira ber á kalsíti sem getur verið eldri ummyndun.

*1204–1256 m dýpi. Basaltinnskot og hraunlög.* Innskotin eru meðal-grófkorna dökk grágræn og tiltölulega lítið ummynduð. Hraunlögin eru fínkorna grágræn á lit og mikið ummynduð. Á milli glittir í mjög ummyndaðar útfellingaríkar breksíur. Þær ummyndunarsteindir sem sjást eru epidót, kvars, pýrít, prehnít, wollastónít, aktínólít og kalsít. Ef til vill er anhýdrít til staðar.

*1256–1400 m dýpi. Móberg.* Hér ægir saman ljósgrænu mjög ummynduðu túffi og breksíu, sem er lítið eitt dekkri. Meðal-grófkorna basaltinnskot gegnumstinga móbergið. Glerjaða bergið er allt komið yfir í ummyndunarsteindir og þar af leiðandi útfellingaríkt. Túffið er á stundum gult vegna mikils magns epidóts, eða rauðgult þar sem járnoxíð koma sterkt inn. Á þessum kafla sjást epidót, kvars, pýrít, wollastónít, aktínólít, prehnít, klórít, granat og vottur af kalsíti.



1400–1426 m dýpi. *Basaltinnskot*. Bergið er lítið ummyndað meðal-grófkorna basalt. Kaflinn samanstendur af nokkrum innskotum sem eru aðskilin með túffi og fínkorna basalti. Samfélag ummyndunarsteinda er það sama og á undan.

1426–1522 m dýpi. *Súrt berg og basaltinnskot*. Súrt ljóst fínkorna berg er ráðandi framan af og er hugsanlega innskotsberg. Örfínn rauðleitur málmur sést í því. Myndunin er flétta af súra berginu og basaltinnskotum. Basaltið er lítið ummyndað meðal-grófkorna. Basaltinnskotin sjást á tæplega 1460 m dýpi og reglulega þaðan og niður. Helstu ummyndunarsteindir eru epidót, kvars, pýrít, wollastónít, aktínólít, klórít og etv. hematít.

1522–1586 m dýpi. *Basaltinnskot*. Bergið er að mestu meðal-grófkorna dólerít, lítið ummyndað.

1586–1684 m dýpi. *Móberg*. Í efstu 16 metrunum er ljósgrænt mjög ummyndað túff. Þá kemur þunnt basaltinnskot áður en komið er í mjög glerjað basalt eða basaltbreksíu sem er allt ummyndað. Þar neðan við er um 10 m þykkt súrt innskot nánast hvítt á lit með smáum málmkristöllum. Næst er komið tæplega 70 m túff- og breksíukafli, sem er klipptur sundur á nokkrum stöðum af þunnum basaltinnskotum. Túffið og breksían eru ummynduð í gegn og rík af útfellingum. Sama ummyndunarsamfélag er að sjá og fyrir ofan.

1684–1800 m dýpi. *Basaltinnskot*. Mest er af meðalgrófkorna innskotum eða dóleríti og er bergið mismikið ummyndað. Fáein fínkorna innskot sjást og eru þau að jafnaði lítið ummynduð. Frá 1784–1898 m dýpi gæti verið díórítinnskot en það þarf betri skoðunar. Ummyndunarsteindir eru þær sömu og sáust fyrir ofan. Mest af þeim sjást sem sprungufyllingar.

Athuga ber að neðan 1800 m og niður að 1850 m dýpi kom upp mjög fínt svarf nánast eins og ryk, þar sem lítið skol náði til yfirborðs. Ekki er hægt að greina svarfið nákvæmlega á þessum kafla en með samanburði við jarðlagamælingar má fá all góðar upplýsingar.

### 3.2. Ummyndun

Kalsít sést varla í innskotunum neðan við fóðringarenda en kemur síðan inn líttu neðar þegar meira sést af upphleðslubergi eins og móbergi og hraunlögum. Sennilega er um að ræða leifar af eldri ummyndun sem kalsít hefur tilheyrt, en er væntanlega í ójafnvægi við þá yngri. Ekki liggur fyrir nein nákvæm athugun á þessu, en ef borið er saman lítið ummyndað innskotsberg og svo upphleðsluberg þá er greinilegur munur. Í sprungufyllingum innskotsbergsins sést ekkert kalsít.

Að því er virðist er anhýdrít er algengt í efri hluta áfangans, frá 1031 m og niður á a.m.k. 1100 m dýpi en þar fyrir neðan sést það á stangli. Kristallar eru greinanlegir og þekkjast á kristalformi, kleyfni, gljáa og hörku. Þeir stærstu eru tærðir (etched) og bera þess merki að vera að leysast upp. Hugsanlega eru þetta vísbendingar um SO<sub>4</sub> ríkan efrakerfissvökva í jarðhitakerfinu, sem hefur verið að leka niður í neðrakerfið.

Prehnít og wollastónít finnast á stangli neðan við fóðringarenda og epidót er algengt en misjafnlega mikið af því. Frá 1350 m og niður á 1360 m er túfflag sem við fyrstu sýn virðist að lang mestu leyti vera gert úr dökkgulu epidóti. Þarna kemur jafnframt inn í ríkari mæli aktínólít. Þá er komið nokkurn vegin það steindasamfélag sem einkennir hita um og yfir 300°C en það eru: Epidót, kvars, klórít, wollastónít, prehnít og aktínólít. Auk þess er pýrít algengt, en það er meira bundið við lekt en hita.

### 3.3. Vatnsæðar

Vísbendingar um vatnsæðar í holunni fengust með hjálp skoltapsmælinga (tafla 2) bormanna, þrýstímælinga á dælum eftir að allt skol tapaðist, jarðlaga- og ummyndunargreiningu meðan á borun stóð og hitamælingum. Eftirfarandi er æðalisti byggður á ofangreindum atriðum.

*1105 m dýpi.* Smáæð sést í hitamælingum við neðri enda á grófkorna basaltinnskoti, en ekkert skoltap mældist.

*1160 m dýpi.* Smáæð sést í hitamælingum neðarlega í fínkorna basaltinnskoti, en ekkert skoltap mældist.

*1174 m dýpi.* Smáæð sést í hitamælingum við þunnt grófkorna basaltinnskot í basaltbreksíu, en ekkert skoltap mældist.

*1208 m dýpi.* Smáæð sést í hitamælingum á mótum breksíu og basalsinnskots, en ekkert skoltap mældist.

*1320 m dýpi.* Vísbending í hitamælingu við grófkorna basaltinnskot og 2 l/s skoltap mældist..

*1345–1355 m dýpi.* Æðin sést í hitamælingu og er sennilega við þunnt grófkorna basaltinnskot. Engar breytingar sáust í skoli.

*1370–1380 m dýpi.* Æðin í 1370 m sést greinilega í hitamælingu en ekkert skoltap mældist. Aftur á móti kom fyrsta verulega skoltapið í holunni á 1380 m dýpi eða rúmfr 17 l/s, en aðeins veik vísbending í hitamælingu. Báðir staðirnir eru við þunn basaltinnskot.

*1415 m dýpi.* Veik vísbending í hitamælingu á móts við þunnt grófkorna basaltinnskot.

*1525 m dýpi.* Engin vísbending er sjáanleg í hitamælingum, en um 4 l/s skoltap er neðan við súr innskot.

*1570 m dýpi.* Æð sést í hitamælingum á móts við grófkorna basaltinnskot og 9 l/s skoltap mældist.

*1790–1840 m dýpi.* Skoltap jókst verulega á 1790 m dýpi úr rúmum 19 l/s í 43 l/s, síðan varð greinileg breyting á ný á 1830–1840 m, en það var metið út frá þeim tíma sem það tók skolvatnið að koma upp við stangaríbætingar. Það var samt ekki meira en nokkrir dropar sem þá komu upp.

*1900 – 1905 m dýpi.* Æð var staðsett út frá breytingum á þrýstingi á dælum, en hann féll þarna um 20–30 psi.

*1940 m dýpi.* Æð var staðsett út frá breytingum á þrýstingi á dælum, en hann féll um 40 psi.

*1950 – 1960 m dýpi.* Æð var staðsett út frá breytingum á þrýstingi á dælum, en hann féll að minnsta kosti um 50 psi. Líklega er þetta ein af öflugri æðum holunnar.

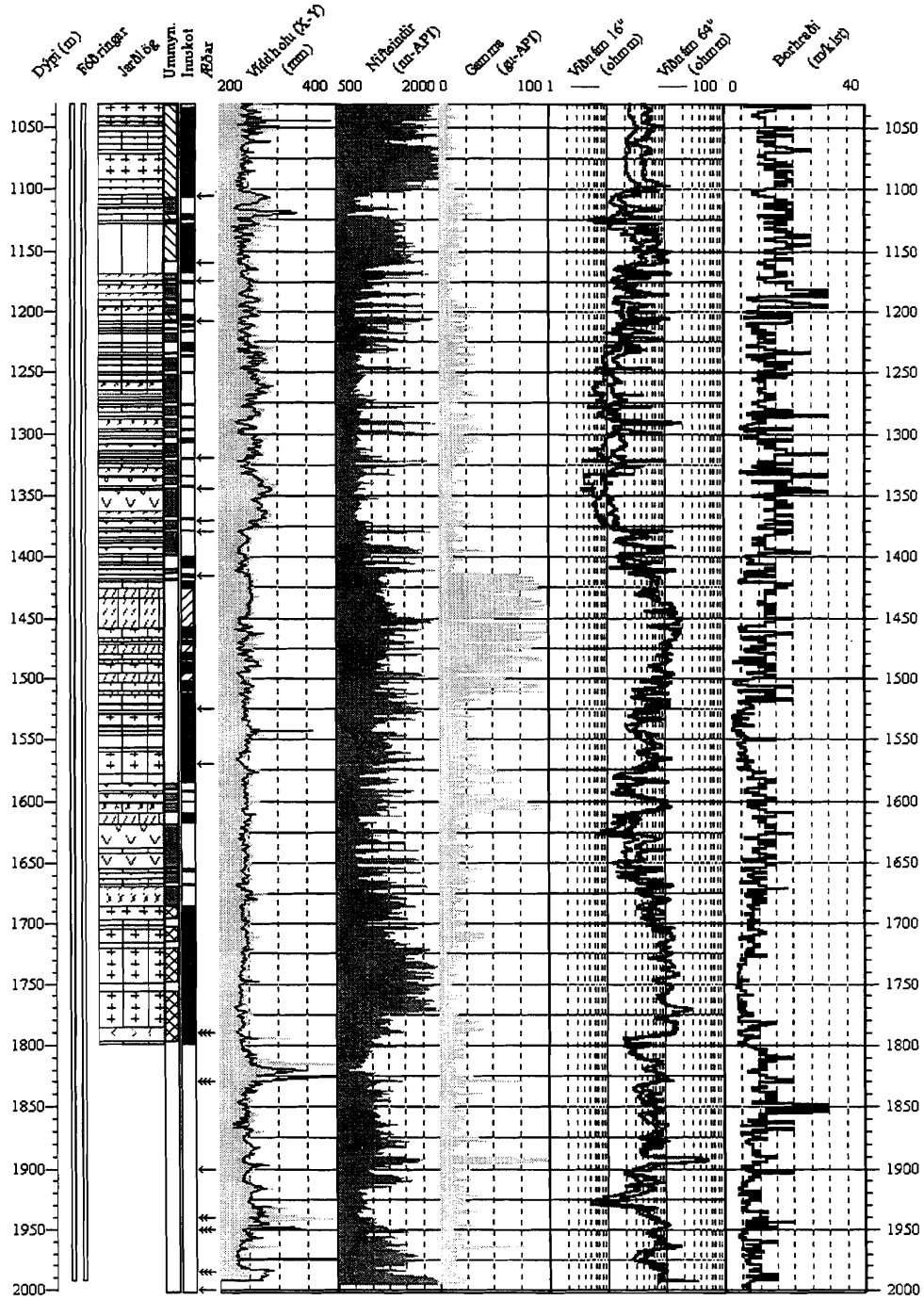
*1970 – 1985 m dýpi.* Ekki tókst að byggja upp þrýsting á dælum þegar þessi kafli var boraður og einnig kemur áberandi fram í hitamælingum að mest allt skolvatn sem dælt var á holuna fór þarna út. Gæti verið öflugasta æð holunnar.

*~2000 m dýpi.* Vísbending um æð í hitamælingum og í aflestri á þrýstingi á bordælum.

Staður: Krafía  
Holunafn: KJ-34

Bor: Jöðunn  
Dýptarbil: 1031 - 202 m  
Verkhúti: 3. áfangi

Staðarnúmer: 58034  
Starfsmenn: SSI o/ÁsG/HF



Mynd 6. Jarðlög og ummyndun.

## Skýringar við jarðlagasnið og bergummyndun

### Berggerðir



Basalttúff



Basaltbreksia



Glerjað basalt



Fin-meðalkorna basalt



Meðal-grófkorna basalt



Grófkorna basalt



Ísúrt grófkorna berg



Súrt dul-meðalkorna berg



Svarf vantar

### Ummyndunarstig



Engin ummyndun



Lítil ummyndun



Meðal ummyndun



Mikil ummyndun

### Vatnsæðar



Lítil æð



Meðal æð



Stór æð

### Innskot



Innskot



Hugsanlegt innskot

#### 4. MÆLINGAR

Fyrstu mælingar vegna borunar 3. áfanga voru gerðar 31. ágúst áður en króna var sett niður eftir krónuskipti, en þá var dýpið 1385 m. Niðurstöður mælinganna eru sýndar á mynd 2. Einnig eru allar mælingarnar í áfanganum sýndar í töflu 5.

Tafla 5. Mælingar í borun.

Dagsetning	Tími	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
31. ágúst 99	21:40-22:30	Hiti	0-1385	Upphitnun	h0831214	Q=-25 l/s
4. sept. 99	10:03-11:23	Hiti	0-1600	Æðar	h9909041003	Q=-30 l/s, v/krónusk.
4. sept. 99	11:24-11:41	Hiti	1600-1500	Upphitnun	t9909041124	Q breytt úr -30 í -43 l/s
4. sept. 99	11:54-12:40	Þrýstingur	1500	Vatnsborð	p9909041154	Q breytt úr -43 í -20 l/s
4. sept. 99	12:41-13:28	Hiti	1600-19	Upphitnun	h9909041241	Q=-20 l/s
7. sept. 99	06:10-07:40	Hiti	0-1995	Æðar	h199909070613	Q=-43 l/s
7. sept. 99	08:15-09:45	XY-vídd	1993-5	Skápar	x/y1999090708	
7. sept. 99	10:35-13:40	Nifteindir	1995-10	Jarðlög	n0825152	Q=-43 l/s, vb ~640 m
7. sept. 99	10:35-13:40	Nat. gamma	1995-10	Jarðlög	g0825152	Q=-43 l/s, vb ~640 m
7. sept. 99	14:35-15:30	Viðnám	1995-1015	Jarðlög	l/s19990907143	
7. sept. 99	14:35-15:30	Sjálfpenna	1995-1015	Jarðlög	a199909071436	Á 16" skauti
9. sept. 99	07:20-07:20	Þrýstingur	336-1630	Vatnsborð	p199909090723	Q=-50,5 l/s, vb á 537-560 m dýpi (loft)
9. sept. 99	07:50-08:05	Hiti	1661-1993	Æðar	h199909090751	Q=-50,5 l/s
9. sept. 99	11:20-17:22	Þrýstingur	1970	Þrepapróf	p199909091120	Þrep 1-3.
9. sept. 99	20:15	Halli	1200	Borstefna		2,4•
9. sept. 99	21:00	Halli	1400	Borstefna		3,0•
9. sept. 99	22:00	Halli	1800	Borstefna		2,5•

Aðfaranótt 4. september þurfti að taka borstreng upp til að athuga borkrónu. Þegar borstrengur var kominn upp var ákveðið að hitamæla í holunni til að kanna æðar, en dýpi holunnar var þá 1846 m. Hitamæling hófst um kl. 10:00 og var farið niður með samsettan hita- og þrýstingsmæli. Á um 1600 m dýpi settist mælirinn og fór ekki dýpra þrátt fyrir nokkrar tilraunir til að koma honum neðar. Ádæling var 30 l/s meðan mælt var niður og var ádæling aukin upp í 43 l/s til að athuga hvort holan kældi sig niður fyrir 1600 m. Stuttu eftir að ádæling var aukin lækkaði hiti við mælinn á 1600 m og því ljóst að dýpri æðar tóku við ádælingunni. Mælir var þá færður upp á 1500 m dýpi og dæling minnkuð í um 20 l/s. Fylgst var með þrýstingsbreytingum í rúmlega 40 mínútur og lækkaði þrýstingur um 5 bar á um 20 mínútum en þá hafði upphitun í holunni áhrif á þrýstingsbreytinguna. Þrýstingur hækkaði aðeins, en var nálægt jafnvægi þegar þrýstingsmælingunni var hætt. Skipt var yfir á hitamælingu og reynt aftur að fara niður fyrir 1600 m en án árangurs. Hitamælt var upp holuna við 20 l/s ádælingu, en ádæling var aukin í um 40 l/s þegar mælir var á 350 m dýpi. Nokkrar vatnsæðar sjást greinilega í hitamælingunum sem sýndar eru á mynd 3 ásamt eldri mælingu úr þessum áfanga. Fyrstu æðar eru skammt neðan fóðringar, eða á um 1105 m dýpi og síðan á tæplega 1160 m dýpi. Nokkrar smáæðar eru síðan niður á 1340 m

dýpi, en æð á um 1345 m virðist stærst af þeim æðum sem fram koma í hitamælingunum. Greina má nokkrar smærri æðar niður á um 1550 m dýpi.

Eftir los úr festu og upptekt borstrengs af 2002 m dýpi aðfaranótt 7. september var næst mælt í holunni. Komið var að holunni um kl. 5 að morgni. Þar sem hitamælir hafði sest á um 1600 m í fyrri mælingum þurfti að lagfæra búr um hitanemann til að halda mælinum lengra frá holuveggnum. Mælingar hófust því um kl. 6 með hitamælingu. Hitamælirinn settist á um 1600 m eins og áður en nú tókst að fara fram hjá þeirri fyrirstöðu eftir smá skark og mæla til botns í holunni. Smávægilegt botnfall virtist í holunni eða um 5 m. Hitamælingin sýndi að holan var vel kæld alveg niður á um 1986 m dýpi (mynd 5). Næst var vídd holunnar mæld og er sú mæling sýnd á mynd 6. Holan er lítið eitt útvöskuð niður á um 1370 m dýpi. Líttill skápur sést á um 1550 m, en ekkert óvenjulegt kemur fram á víddarmælingunni kringum 1600 m dýpi þar sem hitamælur höfðu sest. Stærri skápar eru svo á 1820-1830 m og 1940-1950 m. Þar sem víddarmælingin sýndi enga þrengingu í holunni sem gæti stafað af hrúni var ákveðið að ljúka við jarðlagamælingar.

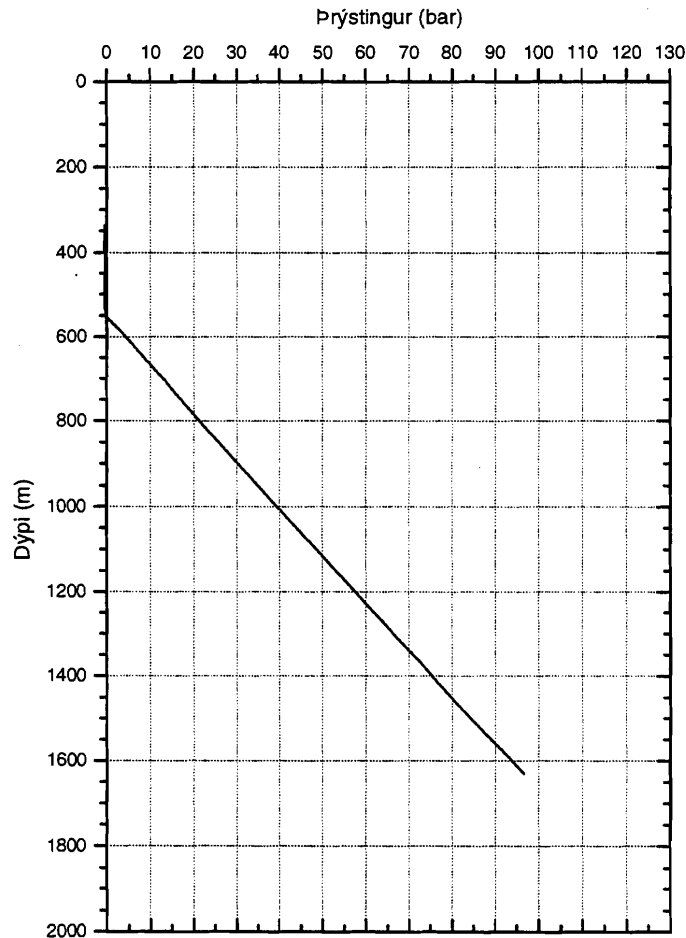
Nokkrir eðliseiginleikar jarðlaganna voru mældir í beinu framhaldi af hita- og víddarmælingunni. Mæld var nifteindadreifing, náttúruleg gammageislun og rafviðnám jarðlaga. Mælingarnar eru sýndar á mynd 6. Nifteindadreifingin gefur upplýsingar um grop jarðlaga, en grop er holrými í jarðlögunum sem oftast er fyllt vatni. Þar sem meira vatn er til staðar í berginu verður dempun á nifteindadreifingunni meiri og mæligildið verður lægra. Hærra mæligildi þýðir því þéttari jarðlög. Náttúruleg gammageislun jarðlaga ræðst af efnasamsetningu þeirra og fæst oft hærri geislun frá súrari jarðlögunum. Einnig fæst stundum hærri geislun við vatnsæðar þar sem vatnið hefur leyst geislandi efni úr berginu og er að flytja það til. Rafviðnámið greinir oft vel skilin milli jarðlaga, en einnig er það háð ummyndun jarðlaganna. Ekki verður mælingunum lýst hér nákvæmlega heldur aðeins minnst á þau atriði sem eru mest áberandi. Í gamma mælingunni er áberandi súr jarðlagasyrpa sem byrjar á um 1415 m dýpi og er um 100 m þykk. Súr jarðlög eru á um 1600-1610 m og 1890-1900 m. Nifteindamælingin sýnir þétt jarðlög neðan fóðringar og niður á 1100 m dýpi. Þar fyrir neðan koma fram grofnari jarðlög kringum vatnsæðina sem þar er. Frá um 1160 m og niður á um 1400 m dýpi eru jarðlög almennt gropin en með þéttum þunnum jarðlögum á milli. Neðan 1400 m þéttast jarðlögin eitthvað og eru þannig niður á um 1770 m að grop í þeim eykst aftur. Á viðnámsmælingunni sjást ákveðin skil í rafviðnáminu á um 1370 m dýpi, en neðan þess hækkar rafviðnám jarðlaganna. Þetta getur bent til þess að ummyndun jarðlaganna breytist kringum 1370 m.

## 5. PREPADÆLING

Síðdegis 8. september var borstrengur kominn upp úr holunni eftir að leiðari hafði verið settur niður. Samkvæmt jarðlagamælingum sem gerðar voru daginn áður var búist við að vatnsborð væri á rúmlega 600 m dýpi í holunni og því ákveðið að setja aftur niður um 700 m af borstöngum áður en byrjað væri á þrepprófuninni. Niðursetningu borstanga á 703 m dýpi lauk um kl. 19:30 og var þá ákveðið að örva og hreinsa holuna með því að dæla öllu því vatnsmagni sem kom að bornum niður í holunna í nokkra klukkutíma. Veður fór hins vegar versnandi er leið á kvöldið með vaxandi roki og rigningu. Undir miðnætti var orðið aftakaveður og þrepprófun því frestað til morguns, en dælingu á holuna haldið óbreyttri þangað til.

Komið var að holu KJ-34 upp úr kl. 6 að morgni 9. septembers og var þá dælt samtals á holuna um 58 l/s gegnum borstrenginn og utan með honum. Dælingu gegnum

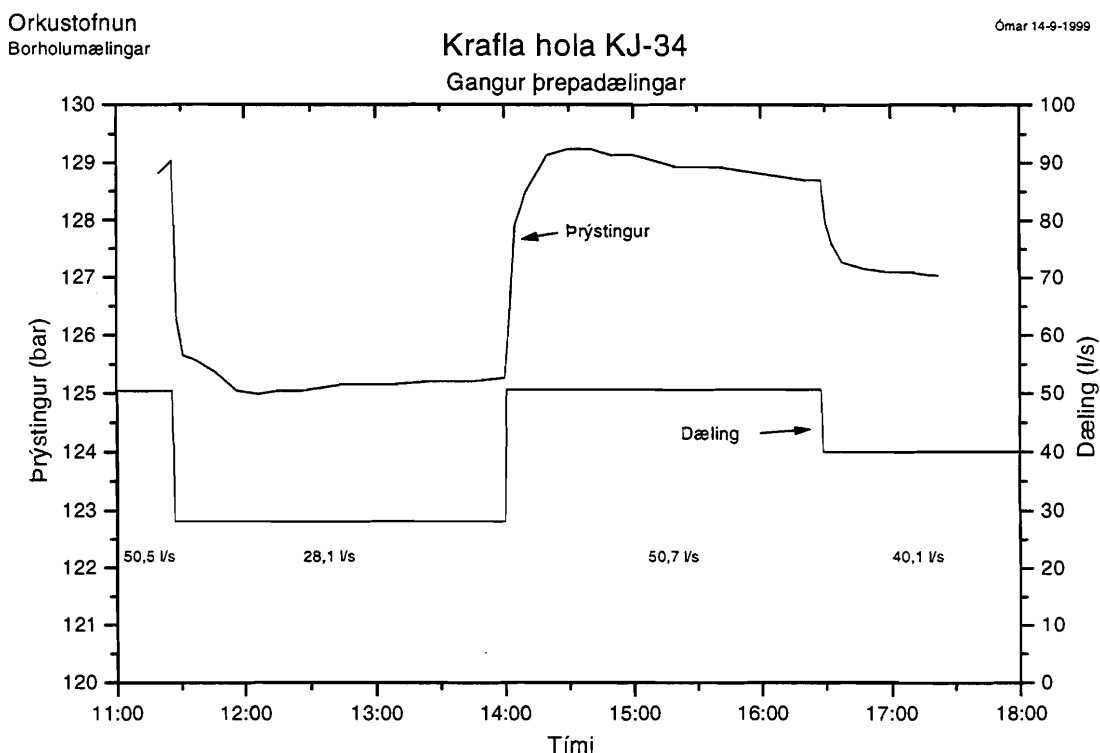
borstrenginn var hætt, en reynt að dæla eins miklu og hægt var utan með strengnum, en ádæling minnkaði við það í 50,5 l/s. Byrjað var á að mæla þrýsting niður holuna og fannst vatnsborð á 537 m dýpi í holunni við þessa ádælingu. Nokkurt loft var í vatnssúlunni í holunni og var þetta því falskt vatnsborð, en það ætti að hafa verið á um 560-565 m fyrir þessa ádælingu samkvæmt þrýstistiglinum í holunni (mynd 7). Skipt var yfir á hitamælingu á 1660 m og hiti mældur niður á enda leiðarans á 1992 m dýpi (sjá mynd 5). Bilun var í þrýstimæli þegar átti að skipta yfir á hann aftur og þurfti því að hífa mæla úr holunni. Skipt var um bíl og settur vélrænn þrýstimælir (Kuster) niður á 1970 m kl. 11:20 og hófst þrepaprófunin stuttu síðar.



**Mynd 7.** Þrýstistigull í KJ-34 fyrir þrepadælingu í 50,5 l/s dælingu.

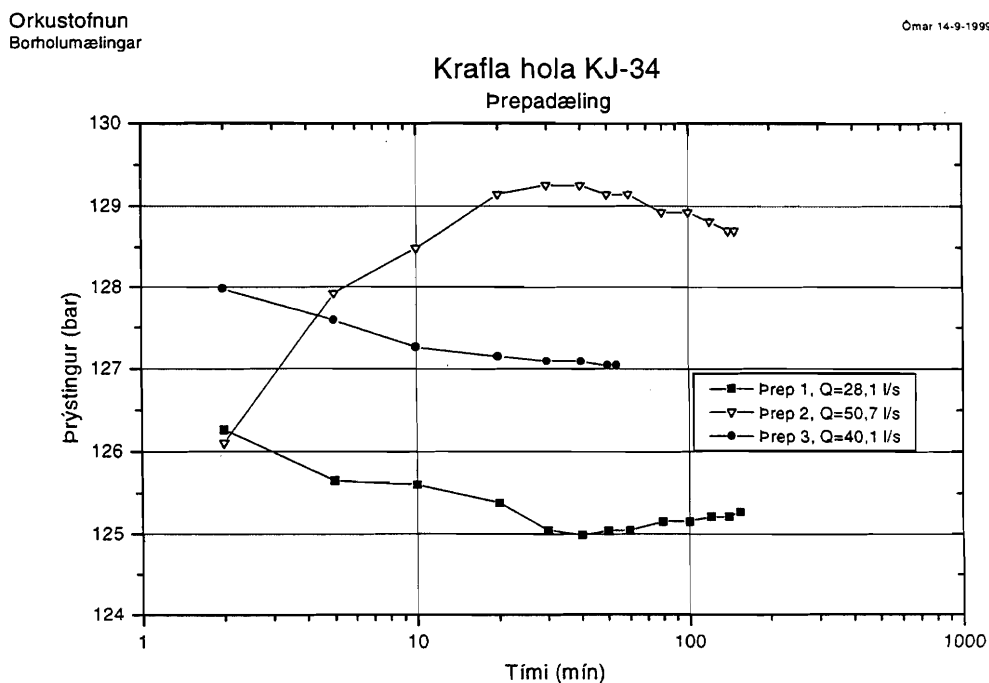
Út frá fyrri mælingum í holunni og viðbrögðum hennar í borun var vitað að millirennslí væri í holunni og að vatnsæðar í neðsta hluta hennar væru vel lekar, en greinileg æð er á um 1986 m dýpi. Aðallega var búist við millirennslí frá vatnsæð á um 1350 m dýpi, en einnig mátti búast við millirennslí frá smærri æðum á dýptarbilinu 1100-1250 m. Þá sýndi hitamælingin í leiðaranum að vatnsrennslíð náði nú niður fyrir æðina á um 1986 m dýpi og var kæling að enda leiðarans. Vegna millirennslisins var búist við truflunum og hitaáhrifum á þrýstingsmælinguna í þrepaprófuninni. Vegna þess og mikils skoltaps, var ákveðið að stytta þrepin aðeins. Þrepaprófunin hófst á því að ádæling var minnkuð í 28,1 l/s úr 50,5 l/s, síðar aukin í 50,7 l/s og loks minnkuð í 40,1 l/s. Fyrsta þrep þrepaprófunarinnar hófst kl. 11:26 og

lauk prófuninni kl. 17:22 þegar byrjað var að hífa mælinn upp úr holunni. Gangur prófunarinnar er sýndur á mynd 8.



Mynd 8. Gangur þrepaþrófunar.

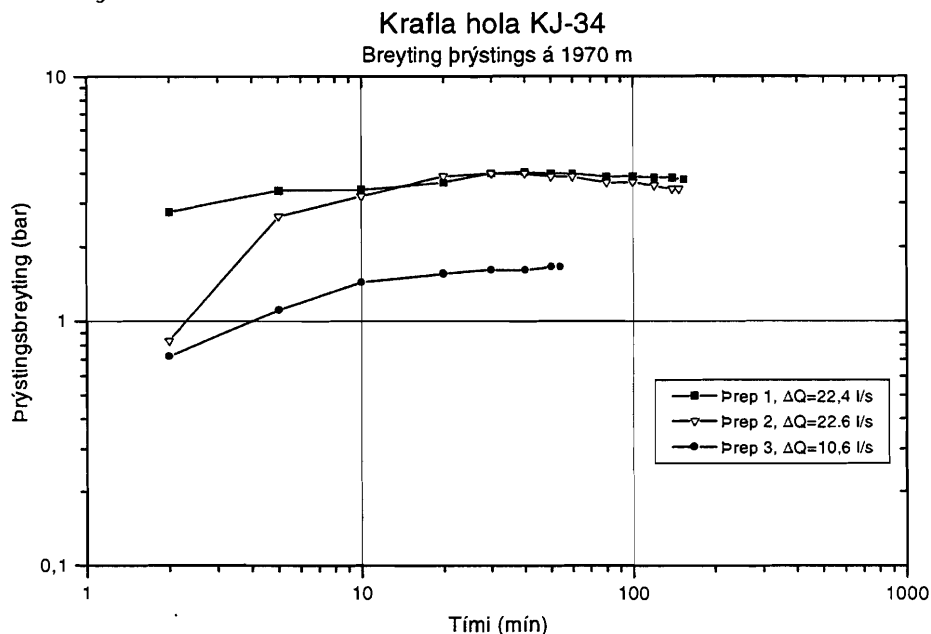
Mynd 9 sýnir síðan betur þrýstingshegðunina fyrir hvert þrep. Þar sést að eftir um 40 mínútur gæti hitaáhrifa í fyrstu tveimur þrepunum (vegna millirennslis).



Mynd 9. Þrýstihegðun fyrir hvert þrep.

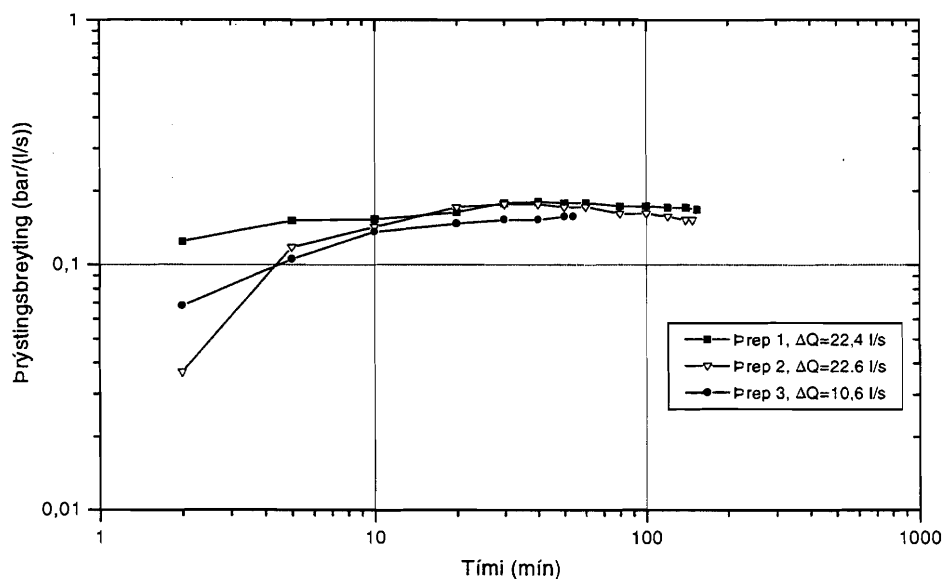
Þá má ráða af mynd 10 að holuáhrifin dvíni hratt og hætti að gæta eftir fyrstu 10 mínúturnar í hverju þrepi.





**Mynd 10.** Holuáhrif mæld sem þrýstingsbreytingu á tímaeiningu.

Það er því mjög lítið tímabil í gögnunum sem sýnir viðbrögð jarðhitakerfisins og því ill mögulegt að nálgja þrýstiviðbrögðin með einhverju fræðilegu líkani til að meta vatnsleiðni, vatnsrýmd og tregðustuðul. Því verður að beita hér öðrum aðferðum. Á mynd 11 hefur dælingarbreytingunni milli þrepa verið deilt í þrýstibreytinguna í viðkomandi þrepi.



**Mynd 11.** Breyting einingarþrýstings fyrir hvert þrep á 1970 m dýpi.

Þannig fæst út breyting á einingarþrýstingi, sem gefur bæði betri samanburð milli einstakra þrepa og milli samskonar mælinga í öðrum borholum. Öll þrepin falla nær saman á mynd 11 sem merkir að vatnsleiðni og rennslistregða hafi ekki breytst meðan á prófuninni stóð. Breyting einingarþrýstings er mjög lítil eða um 0.18 bar/(l/s) (kallað viðnámsstuðull fyrir Svartsengisholur (Grímur Björnsson 1998)) og ef þessu er snúið

við fæst 5,5 (l/s)/bar sem stundum hefur verið kallað gæfni. Bera má gildi fyrir breytingu einingarþrýstings saman við svipuð gildi frá öðrum holum í Kröflu. Fyrir holu KJ-32 var þetta um 0,34 bar/(l/s) og fyrir holu KJ-33 um 0,27 bar/(l/s). Af þessum tölum sést að rennlistregðan er minni við holu KJ-34 en holur KJ-32 og KJ-33 og vatnsleiðnin væntanlega meiri. Með sama samanburði er vatnsleiðnin við holu KJ-34 með því hæsta sem mælst hefur fyrir borholu á Kröflusvæðinu og samsvarar lakari holunum í Svartsengi. Á móti vegur að vatnsborð er mjög djúpt í holu KJ-34, jafnvel um 100 m dýpra en í holu KJ-33. Þrýstingur í jarðhitakerfinu er því lægri þarna og rennslisviðnám í holunni hugsanlega meira en í KJ-33 þar sem dýpra verður á suðuborð í KJ-34.

**VIDAUK 1**

# Sperry-Sun

## DRILLING SERVICES

### BHA Report

Operator : Jardboranir

Well : KJ-34

Field : Krafla

Slot : KJ-34

Rig : Jotunn. Ph/fax (354)854407

Job # : IC-EL-80399

BHA# 3

BHA# 3 : Date In :29.08.99 MD In (m) : 1031 TVD In (m) : 1030 Date Out 31.08.99 MD Out (m): 1385 TVD Out (m): 1384

#### BIT DATA

Bit #	OD (in)	MFR	Style	Serial#	Nozzles (/32's)	TFA (in <sup>2</sup> )	Dull Condition
3	8,500	Reed	EHP51HD	JD16601	3x32	2,356	3-6-BT-1A-F-I-LT-TQ

#### MOTOR DATA

Run #	OD (in)	MFR	Model	Serial#	Bend	Nzl (/32's)	Avg Dif (psi)	Cum Circ Hrs
1	6,750	SSDS	SperryDrill	675131	1,15°	16	89	46,25

#### COMPONENT DATA

Item #	Description	Serial #	OD (in)	ID (in)	Gauge (in)	Weight (kg/m)	Top Con	Length (m)	Bit - Center Blade (m)
1	Tricone	JD16601	8,500				B 4-1/2" Reg	0,25	
2	6-3/4" SperryDrill Lobe 4/5 - 7.0 stg	675131	6,750	4,437	8,250	103,04	B 4-1/2" IF	8,72	
3	Integral Blade Stabilizer	2087			8,375		B 4-1/2" IF	1,60	9,77
4	Cross Over Sub							0,40	
5	Cross Over Sub							0,43	
6	Float Sub						B 5-1/2" H90	0,76	
7	6x Drill collar		6,750	3,250		139,86	B 5-1/2" H90	55,89	
8	Cross Over Sub						B 4-1/2" IF	0,74	
9	3x Drill collar		6,750	3,250		139,86	B 4-1/2" IF	26,08	
10	Drilling Jar						B 4-1/2" IF	9,17	
11	3x Drill collar		6,750	3,250		139,86	B 4-1/2" IF	26,66	
								130,70	

Parameter	Min	Max	Ave	Activity	Hrs	BHA Weight (kg)	Drill String	OD(in)	Len(m)
WOB (klbs) :	15	25	18	Drilling :	32,00		DP(E)-NC50(XH)-19,50#	5,000	1254
RPM (rpm) :	50	50	50	Reaming :	3,00				
Flow (L/min) :	2600	2600	2600	Circ-Other :	11,25				
SPP (psi) :	800	950	919	Total :	46,25				
						in Air (Total) :			
						in Mud (Total) :			
						in Air (Bel Jars) :	0		
						in Mud (Bel Jars) :	0		

#### PERFORMANCE

	In	Out	Distance (m)	ROP (m/hr)	Build (°/30m)	Turn (°/30m)	DLS (°/30m)
Inclination (deg)	2,98	3,24	Oriented : 0,00	0			Oriented
Azimuth (deg)	0,00	0,00	Rotated : 354,00	11			
			Total : 354,00	11	0,02	0,00	0,02

#### COMMENTS

COMMENTS

# Sperry-Sun DRILLING SERVICES

## BHA Report

Operator : Jardboranir

Well : KJ-34

Field : Krafla

Slot : KJ-34

Rig : Jotunn. Ph/fax (354)854407

Job # : IC-EL-80399

BHA# 4

BHA# 4 : Date In :31.08.99 MD In (m) : 1385 TVD In (m) : 1384 Date Out 04.09.99 MD Out (m) : 1848 TVD Out (m) : 1846

### BIT DATA

Bit #	OD (in)	MFR	Style	Serial#	Nozzles (I32's)	TFA (in <sup>2</sup> )	Dull Condition
4	8,500	Reed	EHP51HDL	EX 4761	3x2	2,356	1-2-BT-G2-E-I-NO-HR

### MOTOR DATA

Run #	OD (in)	MFR	Model	Serial#	Bend	Nzl (I32's)	Avg Dif (psi)	Cum Circ Hrs
1	6,750	SSDS	SperryDrill	675131		20	-84	106,83

### COMPONENT DATA

Item #	Description	Serial #	OD (in)	ID (in)	Gauge (in)	Weight (kg/m)	Top Con	Length (m)	Bit - Center Blade (m)
1	Tricone	EX 4761	8,500				B 4-1/2" Reg	0,25	
2	6-3/4" SperryDrill Lobe 7/8 -3.0 stg	675131	6,750	4,469	8,250	101,90	B 4-1/2" IF	6,58	
3	Integral Blade Stabilizer	2087			8,375		B 4-1/2" IF	1,60	7,63
4	Cross Over Sub							0,40	
5	Cross Over Sub							0,43	
6	Float Sub						B 5-1/2" H90	0,76	
7	6x Drill collar		6,750	3,250		139,86	B 5-1/2" H90	55,89	
8	Cross Over Sub						B 4-1/2" IF	0,74	
9	3x Drill collar		6,750	3,250		139,86	B 4-1/2" IF	26,08	
10	Drilling Jar						B 4-1/2" IF	9,17	
11	3x Drill collar		6,750	3,250		139,86	B 4-1/2" IF	26,66	
								128,56	

Parameter	Min	Max	Ave
WOB (kibs) :	20	25	23
RPM (rpm) :	50	50	50
Flow (L/min) :	2600	2600	2600
SPP (psi) :	800	970	919

Activity	Hrs
Drilling :	57,51
Reaming :	0,00
Circ-Other :	3,07
Total :	60,58

BHA Weight	Pa (kg)	Drill String	max	OD (in)	Len (m)
in Air (Total) :	WOB (kibs)	DP(E)-NC50(XH)-19,50#		5,000	1,719
in Mud (Total) :	RPM (rpm)		50		Reaming
in Air (Bel Jars) :	Flow (L/min)		2600		
in Mud (Bel Jars) :	SPP (psi)		970		

### PERFORMANCE

	In	Out
Inclination (deg)	3,24	3,58
Azimuth (deg)	0,00	0,00

Distance (m)	ROP (m/hr)	Build (°/30m)	Turn (°/30m)	DLS (°/30m)
Oriented :	0,00	0	3,24	3,58
Rotated :	463,00	8	0,00	0,00
Total :	463,00	8	0,02	0,02

### COMMENTS

### COMMENTS

# sperry-sun

## DRILLING SERVICES

### BHA Report

Operator : Jarboranir  
 Well : KJ-34  
 Field : Krafla  
 Slot : KJ-34  
 Rig : Jotunn. Ph/fax (354)854407  
 Job # : IC-EL-80399

BHA# 5

BHA# 5 : Date In :04.09.99 MD In (m) : 1848 TVD In (m) : Date Cur:05.09.99 MD Cur (m): 1934 TVD Cur (m):

BIT DATA							
Bit #	OD (In)	MFR	Style	Serial#	Nozzles (/32's)	TFA (In <sup>2</sup> )	Dull Condition
5r1	8,500	Reed	EHP61D	SM 2821	3x32	2,356	

MOTOR DATA								
Run #	OD (In)	MFR	Model	Serial#	Bend	Nzl (/32's)	Avg Dif (psi)	Cum Circ Hrs
2	6,750	SSDS	SperryDrill	675131		20		125,08

COMPONENT DATA									
Item #	Description	Serial #	OD (in)	ID (in)	Gauge (in)	Weight (kg/m)	Top Con	Length (m)	Bit - Center Blade (m)
1	Tricone	SM 2821	8,500				B 4-1/2" Reg	0,25	
2	6-3/4" SperryDrill Lobe 7/8 - 3.0 stg	675131	6,750	4,469	8,250	101,90	B 4-1/2" IF	6,58	
3	Integral Blade Stabilizer	2087			8,375		B 4-1/2" IF	1,60	7,63
4	Cross Over Sub							0,40	
5	Cross Over Sub							0,43	
6	Float Sub						B 5-1/2" H90	0,76	
7	6x Drill collar		6,750	3,250		139,86	B 5-1/2" H90	55,89	
8	Cross Over Sub						B 4-1/2" IF	0,74	
9	3x Drill collar		6,750	3,250		139,86	B 4-1/2" IF	26,08	
10	Drilling Jar						B 4-1/2" IF	9,17	
11	3x Drill collar		6,750	3,250		139,86	B 4-1/2" IF	26,66	
								128,56	

Parameter	Min	Max	Ave
WOB (klbs) :			
RPM (rpm) :			
Flow (L/min) :			
SPP (psi) :			

Activity	Hrs
Drilling :	14,00
Reaming :	0,25
Circ-Other :	4,00
Total :	18,25

BHA Weight	(kg)
in Air (Total) :	
in Mud (Total) :	
in Air (Bel Jars) :	0
in Mud (Bel Jars) :	0

Drill String	OD(in)	Len (m)
DP(E)-NC50(XH)-19,50#	5,000	1805

PERFORMANCE		
	In	Out
Inclination (deg)		
Azimuth (deg)		

	Distance(m)	ROP (m/hr)	Build (°/30m)	Turn (°/30m)	DLS (°/30m)
Oriented :	0,00	0			
Rotated :	86,00	0			
Total :	86,00	6			

**COMMENTS**  
 STILL IN HOLE.