



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

KRAFLA, HOLA KJ-29

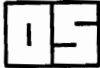
**2. áfangi:
Borun fyrir vinnslufóðringu
frá 308-1004 m dýpi**

**Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Dagbjartur Sigursteinsson
Guðlaugur Hermannsson
Guðrún Sverrisdóttir
Hilmar Sigvaldason
Ómar Sigurðsson
Sigurður Sveinn Jónsson**

Unnið fyrir Landsvirkjun

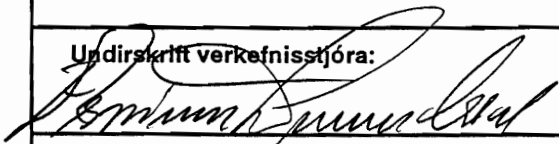
1997

OS-97043

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-97043	Dags.: Júní 1997	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: KRAFLA, HOLA KJ-29 2. áfangi: Borun fyrir vinnslufóðringu frá 308 - 1004 m dýpi	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 23	
Höfundar: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðrún Sverrisdóttir, Hilmar Sigvaldason Ómar Sigurðsson og Sigurður Sveinn Jónsson	Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla, 2. verkáfangi	Verknúmer: 630 665	
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Lýst er borun 2. áfanga holu KJ-29 í Kröflu. Holan er austan til á Leirbotnasléttunni u.þ.b. 100 m vestan við brekkurætur Kröflu. Holunni var ætlað að skera tvær sprungur á 1000-2000 m dýpi, sem taldar eru fæða nokkrar fyrri borholur á svæðinu. Vinna við þennan áfanga hófst 12. maí og lauk 28. maí, og tók því 17 verkdaga. Borað var fyrir vinnslufóðringu frá 308 m niður á 1004 m. Rakin er saga borunarinnar og gerð grein fyrir fóðrun holunnar og hefðbundnum mælingum, þ.e. á hita, halla, vídd, steypugæðum, svo og greiningu jarðlaga og ummyndunar eftir borsvarfi. Helsta vatnsæð áfangans er á um 680 m dýpi og er hún tengd sprungu í þykkum innskotakafli. Borverkið er unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verklýsingu.		
Lykilord: Háhitasvæði, nýting, vinnsluhola, borun, borholumælingar, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af:	



ORKUSTOFNUN
Grensásvegj 9, 108 Reykjavík

Verknúmer 630 665

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðrún Sverrisdóttir, Hilmar Sigvaldason, Ómar Sigurðsson og Sigurður Sveinn Jónsson

KRAFLA, HOLA KJ-29

2. áfangi: Borun fyrir vinnslufóðringu frá 308 - 1004 m dýpi

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS - 97043

Júlí 1997

Efnisyfirlit

1. Inngangur.....	3
2. Borsaga.....	3
3. Mælingar.....	10
4. Jarðlög, ummyndun og vatnsæðar.....	11

Töfluskrá

Tafla 1. Gangur borunar fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu (með 12¼" borkrónu).	4
Tafla 2. Hallamælingar í borun	4
Tafla 3. Mælingar á skolvatni	5
Tafla 4. Fóðrunarskýrsla.....	7
Tafla 5. Mælingar í K-29 við borun í 1004 m fyrir 9 5/8" fóðringu.....	11

Myndaskrá

Mynd 1. Gangur borunar.....	14
Mynd 2. Jarðlagasnið, borhraði og mælingar á skoli.....	15
Mynd 3. Hitamælingar í stöngum, eftir upptekt og eftir jarðlagamælingar.	16
Mynd 4. Rúmmál milli 9 5/8" fóðringar og holu.....	17
Mynd 5. CBL-mælingar á steypugæðum.....	18
Mynd 6. Gangur steypingar 9 5/8" fóðringar.	19
Mynd 7. Hitamæling eftir jarðlagamælingar.	20
Mynd 8. Víddarmæling.....	21
Mynd 9. Jarðlagasnið og jarðlagamælingar.	22
Mynd 10. Hitamælingar í tengslum við CBL-mælingar.....	23

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um 2. áfanga holu KJ-29, sem fólst í borun fyrir vinnslufóðringu niður á allt að 1000 m dýpi, fóðrun og mælingu á steypugæðum. Áður hafði verið gefin út skýrsla um borun fyrsta áfanga. Dýpi vinnslufóðringar ræðst af tvennu. Annars vegar öryggisforsendum sem taka mið af endanlegu dýpi holunnar (hámarksþrýstingi) og hins vegar af því að fóðra af efri hluta jarðhitageymisins (efra kerfið) sem er um 200 °C heitur.

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

Borverkið er unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt útboðslýsingu Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns hf og Orkustofnunar, KRA-08, og greinargerð sem henni fylgdi um forsendur fyrir hönnun og staðsetningu holu KJ-29 (ÁsG-SÞ-97/02).

2. BORSAGA

Fyrsta áfanga verksins lauk þegar holuflangs hafði verið soðinn á öryggisfóðringu skömmu eftir miðnætti mánudaginn 12. maí. Í kjölfarið hófst uppsetning öryggisbúnaðar á holutoppi sem markar upphaf annars áfanga verksins. Um klukkan 19 voru settir niður 7 standar og holan kæld frá kl. 21:45 til 22:00. Öryggislokar voru prófaðir við 30 bar og dælt á holuna í um 45 mínútur. Strengurinn var því næst tekinn upp.

Borun 2. áfanga hófst þriðjudaginn 13. maí með niðursetningu 311 mm (12 ¼”) borkrónu á 20. verkdegi. Borstrengurinn var byggður upp sem hér segir: Borkróna af gerðinni HP-62 (frá Read), krónustýring, tengistykki, álagsstöng, strengstýring, tengistykki, 10 álagsstengur, tengistykki (cross-over) og borstangir.

Komið var niður á stungustykkið kl. 6 um morguninn og það borað út og síðan var komið í steypu um 4 m neðar eða á 368 m dýpi í næst neðsta fóðurröri. Steypa var síðan boruð út ásamt fóðurrörsskó. Á hádegi hófst borun í berg á 396 m dýpi. Borun gekk vel niður á 630 m dýpi, en þá hæðdi verulega á henni vegna þess hve bergið var hart. Þar var komið úr móbergi með þunnum innskotum og hraunlögum í þykk innskot úr grófkorna hörðu bergi. Svo þykkur innskotakafli kom nokkuð á óvart þar sem slíkt sést ekki í nærliggjandi holum á svipuðu dýpi. Á rúmlega 650 m dýpi voru þunn lög af basalti og breksíu milli innskota og innskotsbergið virtist nokkuð sprungið eftir titringi borsins að dæma. Á um 680 m dýpi jókst hraði um stund og svarf bar einkenni þess að sprunga væri skorin.

Litlu neðar kom þó aftur harður kafli, og á 693 m dýpi voru festur vegna hruns. Ekki voru vandkvæði á að losa borinn og virtist vera sem grjót fleygaði hann fastan. Fljótlega var ljóst að hrunið var ættað 10 - 15 m ofar eða þar sem áður nefnd sprunga var skorin. Það tók um 5 tíma að eyða hruninu þannig að eðlileg borun gæti haldið áfram. Grófkornótt og hörð innskot voru fyrir krónunni allt niður á 760 m dýpi og var því samfellt borað í mjög hart berg frá 650 m í 760 m dýpi og meðalborhraði í þeim kafla vel innan við 2 m/klst. Á 760 m mýktist síðan, fyrst í fersklegu basalti, en síðan í ummynduðu móbergi með þunnum innskotum. Varð nú borhraði nær því er búist hafði verið við og gekk vel að bora það sem eftir var eða þar til fóðringardýpi var náð. Í töflu 1 er sýnt hvernig borunin gekk frá degi til dags. Borunin frá 396 m dýpi niður á 1004 m dýpi tók rúma níu daga og dýpkaði holan frá 35 m upp í 100 m á sólarhring.

Tafla 1. Gangur borunar fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu (með 12¼" borkrónu).

Dagur	Borun á dag (m)	Bortími (klst)	Meðalborhraði (m/klst)	Dýpi á miðnætti (m)	Tími á krónu (klst)
13-05-1997	42	10,5	4	438	10,5
14-05-1997	101	22,5	4,5	539	33
15-05-1997	73	22	3,3	612	55
16-05-1997	45	22	2	657	77
17-05-1997	37	19,5	1,9	694	96,5
18-05-1997	35	23,5	1,5	729	120
19-05-1997	61	22	2,8	790	142
20-05-1997	57	22	2,6	847	164
21-05-1997	73	22,5	3,2	917	186,5
22-05-1997	88	22,5	3,9	1004	209

Gangur borunar annars áfanga holunnar er tekinn saman og sýndur á mynd 1. Borun lauk klukkan 23:20 fimmtudaginn 22. maí. Holan var skoluð með 47,5 l/s í lok borunar í um þrjár klukkustundir síðan var halli mældur og sömuleiðis botnfall skömmu síðar. Botnfall reyndist lítið, eða um 1 metri eftir 10 mínútur. Halli var mældur reglulega í borun eða á um það bil 100 m fresti og má segja að holan sé þráðbein, þ.e. frávik frá lóðréttu er það lítið. Yfirlit um hallamælingar er sýnt í töflu 2.

Tafla 2. Hallamælingar í borun.

Bordýpi (m)	Mælingadýpi (m)	Halli °	Hámarks frávik frá lóðréttu (m)	Raundýpi (m)
253	195	0,2°	0,7	195
367	350	0,0°	0,7	350
520	490	0,2°	1,2	490
625	600	0,2°	1,6	600
732	690	0,2°	1,9	690
824	800	1,0°	3,8	690
928	900	1,0°	5,5	900

Bormenn mældu skoltap á 4 klst. fresti og eru niðurstöður mælinga og útreikningar þeim tengdar sýndar í töflu 3 og á mynd 2 samhliða jarðlagasniði. Skoltap var mjög lítið niður á um 620 m, eða innan við 2 l/s, og jókst síðan hægt upp í um 10 l/s á 660 m. Á 665 m mældist skoltapið yfir 14 l/s og tengist það vafalaust sprungunni sem var skorin á 680 m dýpi. Það minnkaði síðan aftur niður fyrir 10 l/s á 720 m og var þaðan og niður í fóðringardýpi á bilinu frá í 11-16 l/s.

Álag á borkrónu var breytilegt eða á bilinu 5 - 30 þúsund pund. Það var hátt meðan borað var í harða kaflann á 630-760 m, en fyrir ofan og neðan var því haldið á þann veg að borhraði færi ekki yfir 5 m/klst. Snúningur var nokkuð jafn allan tímann eða 50 - 60 sn/mín.

Í upphafi borunar var fóðringardýpi áætlað á 950-1000 m dýpi eða þegar ummyndun benti til að komið væri í neðra kerfið og jarðlög væru heppileg fyrir fóðringarendann. Þær aðstæður voru ekki fyrir hendi fyrr en neðan við 990 m dýpi að því best varð séð. Þar var komið í fersklegt basaltinnskot, en allt niður á 990 m var ummyndað basalt og móberg. Þetta innskot sem er a.m.k. 10 m þykkt og þótti því ákjósanlegt fyrir fóðringarenda. Borun var hætt í 1004 m dýpi.

Tafla 3. Mælingar á skolvatni.

Dagsetn.	Tími	Dýpi	PSI	Dæla 1	Dæla 1	Dæla 2	Dæla 2	Dæling alls	Tap	Tap	Skolhræði	TFB skolvatn	Svarf	TFB svarf	T niður	T upp	dT
		m		slög	l/s	slög	l/s	l/s	cm	l/s	m/min	min	m/min	min	°C	°C	°C
13.5.1997	16:45	400	260	74	14,06	102	19,38	33,44	0	0,00	31,70	12,62	26,70	14,98			
13.5.1997	22:00	429	300	63	11,97	135	25,65	37,62	2	1,23	34,49	12,44	29,49	14,55			
14.5.1997	02:00	450	325	73	13,87	130	24,7	38,57	2	1,23	35,39	12,71	30,39	14,81			0
14.5.1997	06:30	467	300	68	12,92	132	25,08	38	2	1,23	34,85	13,40	29,85	15,64			0
14.5.1997	10:00	484	300	66	12,54	127	24,13	36,67	2	1,23	33,59	14,41	28,59	16,93			0
14.5.1997	14:00	503	300	70	13,3	123	23,37	36,67	2	1,23	33,59	14,97	28,59	17,59			0
14.5.1997	17:30	519	290	66	12,54	126	23,94	36,48	3	1,85	32,83	15,81	27,83	18,65			0
15.5.1997	01:40	544	270	61	11,59	126	23,94	35,34	3	1,85	31,75	17,13	26,75	20,34			0
15.5.1997	06:00	557	310	60	11,4	145	27,55	38,95	3	1,85	35,17	15,84	30,17	18,46			0
15.5.1997	10:00	568	340	54	10,26	147	27,93	38,19	3	1,85	34,45	16,49	29,45	19,29			0
15.5.1997	14:00	580	310	54	10,26	139	26,41	36,67	3	1,85	33,01	17,57	28,01	20,71			0
15.5.1997	18:00	593	290	58	11,02	129	24,51	35,53	3	1,85	31,93	18,57	26,93	22,02			0
15.5.1997	22:00	605	275	58	11,02	129	24,51	35,53	3	1,85	31,93	18,95	26,93	22,47			0
16.5.1997	01:35	618	270	58	11,02	129	24,51	35,53	3	1,85	31,93	19,36	26,93	22,95			0
16.5.1997	05:35	627	301	54	10,26	127	24,13	34,39	6	3,69	29,10	21,55	24,10	26,02			0
16.5.1997	10:00	635	310	56	10,64	132	25,08	35,72	10	6,15	28,03	22,66	23,03	27,57	26,0	33	7
16.5.1997	14:00	642	320	56	10,64	129	24,51	35,15	10	6,15	27,49	23,36	22,49	28,55	26,0	33	7
16.5.1997	18:00	647	460	113	21,47	113	21,47	42,94	24	7,44	33,65	19,23	28,65	22,58	28,3	32,8	4,5
16.5.1997	21:30	653	445	113	21,47	108	20,52	41,99	28	8,68	31,57	20,68	26,57	24,57	28,7	31	4,3
17.5.1997	01:30	659	460	114	21,66	114	21,66	43,32	32	9,92	31,66	20,82	26,66	24,72	25,1	29,7	4,6
17.5.1997	05:20	665	420	110	20,9	105	19,95	40,85	46	14,26	25,20	26,38	20,20	32,91	24,3	28,4	4,1
17.5.1997	10:00	674	465	111	21,09	113	21,47	42,56	32	9,92	30,94	21,79	25,94	25,98	26,0	29,7	3,7
17.5.1997	14:00	684	460	114	21,66	108	20,52	42,18	21	6,51	33,81	20,23	28,81	23,74	27,6	32,6	5
17.5.1997	18:00	692	475	114	21,66	114	21,66	43,32	27	8,37	33,13	20,89	28,13	24,60	27,0	32	5
18.5.1997	01:30	696	580	127	24,13	124	23,56	47,69	30	9,30	36,39	19,13	31,39	22,17	21,8	26,5	4,7
18.5.1997	05:35	702	550	124	23,56	119	22,61	46,17	30	9,30	34,95	20,09	29,95	23,44	21,0	25,8	4,8
18.5.1997	10:00	709	550	125	23,75	118	22,42	46,17	30	9,30	34,95	20,29	29,95	23,67	23,7	27,8	4,1
18.5.1997	14:00	716	560	121	22,99	122	23,18	46,17	26	8,06	36,12	19,82	31,12	23,01	27,0	31	4
18.5.1997	18:00	721	540	120	22,8	119	22,61	45,41	40	12,40	31,29	23,04	26,29	27,43	27,8	32	4,2
18.5.1997	21:40	726	530	120	22,8	118	22,42	45,22	41	12,71	30,82	23,56	25,82	28,12	24,7	29,4	4,7
19.5.1997	02:30	733	530	122	23,18	115	21,85	45,03	44	13,64	29,75	24,64	24,75	29,61	21,2	25,3	4,1
19.5.1997	05:50	738	510	115	21,85	115	21,85	43,7	38	11,78	30,26	24,39	25,26	29,22	21,5	25,5	4
19.5.1997	10:00	747	570	123	23,37	120	22,8	46,17	37	11,47	32,89	22,71	27,89	26,78	24,5	28,1	3,6
19.5.1997	14:00	757	552	121	22,99	118	22,42	45,41	40	12,40	31,29	24,19	26,29	28,80	27,5	31,4	3,9

Tafla 3. Mælingar á skolvatni (frh.).

19.5.1997	17:45	768	600	122	23,18	126	23,94	47,12	36,00	11,16	34,09	22,53	29,09	26,41	27,0	32	5
19.5.1997	21:40	782	570	121	22,99	119	22,61	45,6	36	11,16	32,64	23,95	27,84	28,29	24,4	29	4,6
20.5.1997	01:30	796	570	120	22,8	120	22,8	45,6	37,00	11,47	32,35	24,61	27,35	29,10	24,2	28,9	4,7
20.5.1997	05:35	811	600	121	22,99	123	23,37	46,36	38	11,16	33,36	24,31	28,36	28,59	24,0	28,8	4,8
20.5.1997	09:40	824	590	121	22,99	120	22,8	45,79	38	11,78	32,24	25,56	27,24	20,56	23,4	27	3,6
20.5.1997	14:00	830	550	120	22,8	113	21,47	44,27	40	12,40	30,21	27,48	25,21	22,48	29,8	32,6	2,8
20.5.1997	18:00	838	525	112	21,28	116	22,04	43,32	44	13,64	28,13	29,79	23,13	24,79	25,8	30,3	4,5
20.5.1997	21:35	841	570	120	22,8	113	21,47	44,27	50	15,50	27,27	30,84	22,27	25,84	23,4	26,9	3,5
21.5.1997	01:35	850	620	124	23,56	121	22,99	46,55	48	14,88	30,02	28,32	25,02	23,32	21,8	26,6	4,8
21.5.1997	06:35	859	590	120	22,8	121	22,99	45,79	48	14,88	29,30	29,32	24,30	24,32	22,4	26,9	4,5
21.5.1997	10:00	872	550	114	21,66	114	21,66	43,32	40	12,40	29,31	29,75	24,31	24,75	23,8	27,5	3,7
21.5.1997	14:00	882	550	116	22,04	114	21,66	43,7	48	14,88	27,32	32,29	22,32	27,29	25,2	29,3	4,1
21.5.1997	17:45	892	550	114	21,66	114	21,66	43,32	48	14,88	26,96	33,09	21,96	28,09	25,2	29,2	4
21.5.1997	21:30	908	520	108	20,52	111	21,09	41,61	48	14,88	25,34	35,84	20,34	30,84	25,0	26,2	3,2
22.5.1997	01:30	921	515	112	21,28	111	21,09	42,37	44	13,64	27,23	33,82	22,23	28,82	21,3	27	5,7
22.5.1997	05:30	933	560	116	22,04	112	21,28	43,32	48	14,88	26,96	34,61	21,96	29,61	22,0	26,8	4,8
22.5.1997	09:50	951	550	117	22,23	115	21,85	44,08	54	16,74	25,91	36,70	20,91	31,70	25,1	29,5	4,4
22.5.1997	18:00	983	575	111	21,09	115	21,85	42,94	46	14,26	27,18	36,16	22,18	31,16	22,8	28	5,2
22.5.1997	21:30	997	550	109	20,71	110	20,9	41,61	44	13,64	26,51	37,61	21,51	32,61	20,6	26,1	5,5

Eftir að borun lauk var holan skoluð og botnfall mælt, hitamælt í stöngum og hallamælt. Strengurinn var tekinn upp þegar niðurstöður hitamælinga (mynd 3) lágu fyrir og ljóst var að holan héldist köld. Niðurstæning 9 5/8" skrúfaðra fóðurröra hófst að kvöldi þess 23. maí eftir að mælingum fyrir fóðrun var lokið. Fóðringin var komin niður um miðjan dag laugardaginn 23. maí og var þá steyping undirbúin. Rúmmál fóðringarsteypu var reiknað út frá víddarmælingu eins og sýnt er á mynd 4 og var það um 46 m³.

Steyping hófst rétt fyrir klukkan 9 að morgni sunnudagsins 25. maí og stóð hún í um 70 mínútur (8:58-10:08). Eftirdæling varði í 13 mínútur (10:08-10:21). Skoltap í holunni fyrir steypingu var 22,5 l/s. Eðlisþyngd steypunnar var nokkuð jöfn allan tímann er dæling stóð yfir. Lægst fór hún í 1,52 g/sm³ í skamman tíma og hæst í 1,65 g/sm³ einnig í mjög stutta stund en var lengst af um 1,60 g/sm³. Þegar dælt hafði verið um 65-70 rúmmetrum af sementsblöndu var steypingu hætt og vatni dælt niður til hreinsa alla steypu úr strengnum. Þrýstingur í lögnað borstreng var lítill sem enginn í steypingunni en þegar eftirdæling hófst hækkaði þrýstingurinn smám saman. Fyrstu sex mínútur eftirdælingar var þrýstingurinn 25-30 bar, en hækkaði eftir það í allt að 70 bar (eftir um 13 mínútna dælingu) en þá var eftirdælingu hætt þótt hún væri aðeins hálfnuð. Var talið að steypan hafi verið tekin að stirðna utan fóðringar og því hafi dæling ekki borið tilætlaðan árangur. Einnig varð þess vart að þrýstingurinn féll lítillega eftir um þriggja mínútna dælingu en hækkaði síðan aftur. Sú skýring er talin líklegust að steypa hafi stirðnað í sprungu eða öðrum þeim stað er skoltap var áður, en hún hafi síðan brotið sér leið á ný inn í lekastaðinn.

Engin steypa kom upp með fóðringu en vatn kom upp þegar steyppt hafði verið í 36 mínútur. Í upphafi eftirdælingar varð vart við smá vott af perlusteini í frárennslinu frá holunni. Þegar leið á eftirdælinguna hætti vatn að koma upp. Alls var steyppt úr 67-68 tonnum af G-sementi (portland-sementi; blönduðu kísilsalla, perlusteini, bentoníti og tafefni).

Steypuborð reyndist á 265 metra dýpi samkvæmt CBL mælingu sem sýnd er á mynd 5. Um tíu klukkustundum eftir steypingu var sett niður sprengja og skotin göt á fóðringu. Steypulok var soðið á enda 9 5/8" fóðringar rétt ofan drifborðs og steyping undirbúin. Áætlað var að steypa úr 14-15 tonnum af G-sementi. Steyping hófst klukkan 00:06 aðfararnótt mánudagsins 26. maí. Eðlisþyngd steypunnar var frá 1,54 til 1,60. Steyppt var í 15 mínútur og dælt á eftir í aðrar 15 mínútur. Steypa kom upp um kæfingarstút á fóðringu klukkan 00:22. Eðlisþyngd hennar reyndist í fyrstu vera 1,34 g/sm³ en var við lok dælingar 1,48 g/sm³. Sex tímum eftir steypingu rann vatn úr holunni þegar steypuloki á fóðringu var opnaður og reyndist steypan ekki hafa náð nægum styrk. Lokinn var opnaður reglulega, skamma stund í senn, og hörðnunin könnuð. Rétt fyrir hádegi var steypan stirðnuð nægilega og var fóðring þá skorin í sundur og öryggisbúnaður tekinn af holunni. Frekari upplýsingar um fóðringu og steypingu er að finna í töflu 4. Ennfremur er gangur steypingar sýndur á mynd 6.

Um hádegi var unnið við að koma þenslukraga fyrir og setja WKM-loka (10" API 900) á holutoppinn. Venjulega hefur 2. áfangi talist vera búinn þegar WKM-loki er kominn á. Nú var áfanganum ekki lokið fyrr en búíð var að CBL-mæla frá botni fóðringar upp í topp eins og sést á mynd 5. Milli þess er WKM lokinn var settur á og CBL-mælingin var gerð var boruð út steypa úr fóðringunni ásamt stungustykki og botnskó.

Alls tók verkáfanginn 17 verkdays eins og sýnt er á mynd 1. Verkið byrjaði 12. maí og lauk 28. sama mánaðar.

Tafla 4. Fóðrunarskýrsla.



Verk nr. 420-657	Hola nr. KJ-29	Borstaður Krafla	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun
Vidd holu 12 1/2"	Dýpt holu mv. drifborð 1004,6 m	Fóðring nr. 3	Fóðrun framkv. dags. 1997.05.23.-28.	Útfyllt af D.Sig.

Holudýpt frá flangsi 997,22 m. Fóðringardýpt f. fl. 992,65 m		RÖRATALNING			
		LENGD	NR	MS	ALLS m
FÓÐRING	Gerð K-55	12,43	1		12,43
	Þyngd 47 lbs				
	Útanmál 9 5/8" Innanmál 220,5 mm Veggþykkt 12 mm	14,25	2		26,68
	Tengi Skrúfuð Buttress	13,39	3		40,07
	Flang í slíf við holuflangs frá 2. fóðringu	13,32	4	X	53,39
	Stungutengi Float Collar	14,02	5		67,41
	Skór Float Shoe	14,12	6		81,53
	Miðjustillar 25 stk. Steyputappar 0 stk.	14,19	7	X	95,72
STEYPING	Steypa 1, þurrefni 67.000 kg	14,16	8		109,88
	Tafefni 225 kg Eðlisþ. steypu 1.6 Steypingartími 70 mín.	13,77	9		123,65
	Steyputæki Jet mixari	14,24	10	X	137,89
	Steypa kom upp <input type="checkbox"/> Já <input checked="" type="checkbox"/> Nei Eðlisþ. steypu upp	12,50	11		150,39
	Eftirdæling: magn 4500 Íltrar tími 13 mín.	13,42	12		163,81
	Steypa 2, þurrefni kg	13,57	13	X	177,38
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra 265 m	14,10	14		191,48
	Steypt utan með eftir 14 klst. Skorið ofan af eftir 24 klst.	13,49	15		204,97
	Steypa, þurrefni 15.000 kg	14,27	16	X	219,24
	Dýpi á steypu í röri 190 m Steypa boruð eftir 42 klst.	13,59	17		232,83
ATHUGASEMDIR		13,89	18		246,72
Steypa fór að stirðna áður en steypingu lauk og ekki tókst að dæla mena hálfu eftirdælingarmagni.		13,58	19	X	260,30
Skotið var út úr fóðringu í 265 m dýpi og steypt þaðan og upp. Steypa var svo í holunni frá 190 m niður í 265 m mjög góð. Aftur hófst steypa í 730 m fyrst hroði en síðan góð steypa niður að stungustykki.		13,64	20		273,94
Frá stungustykki að skó var glerhörð steypa.		14,20	21		288,14
"Waterloss PSP-322 var notað í sementsblönduna, 4 kg í 1 tn sement.		14,17	22	X	302,31
		13,55	23		315,86
		13,37	24		329,23

3. MÆLINGAR

Hér á eftir er yfirlit um mælingar í holu KJ-29 við borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu niður í 1004 m dýpi. Tafla 5 sýnir mælingarnar ásamt númeri sem er notað innan sviga þegar vísað er til mælingar í texta.

Borun fyrir 9 5/8" fóðringu lauk 22. maí um kl. 23:20. Eftir að búið var að skola holuna var botnfall mælt og slökkt á dælingu um kl. 02:30 þann 23. maí. Byrjað var á að dæla utan með borstreng kl 04:00 og var þá hitamælt. Hitamælingarnar fyrir fóðringu í þessum boráfanga eru sýndar á mynd 3. Dæling á holuna 23. maí meðan á hitamælingum stóð var sem hér segir:

- 02:30 Slökkt á dælingu og botnfall mælt.
- 04:00 Utanáðæling hefst - Tap mælist 24 l/s - Byrjað að hitamæla í stöngum.
- 04:35 Hitamælir í botni - Fylgst með hitastigi á 990 m í eina klst.
- 05:40 Hitamælt upp.

Ádæling var um 24 l/s og fór vatnið að mestu út á 670 - 680 m dýpi, en þar neðan við hitnaði holan um 10 °C á klst. Klukkan 06:50 var ákveðið að kæla holuna í gegnum streng í eina klukkustund áður en hann væri tekinn upp.

Lokið var við að taka upp borstreng kl. 12:45 og var holan þá hitamæld eins og sýnt er á mynd 7. Mælingin sýnir að ádælingin fer niður í um 680 m en þar neðan við hitnar holan og var um 114 °C í botni. Helstu æðar sem sáust í hitamælingunum eru á 600 m, 680 m, 730 m, 800 m og 990 m. Æðar fyrir ofan 680 m sjást ekki, þar sem mestur hluti kælingarinnar fer niður í 680 m æðina og felur því þær æðar sem gætu verið þar ofan við.

Þá tóku við venjubundnar jarðlagamælingar. Fyrst var holan víddarmæld með XY-mæli og eru niðurstöður á mynd 8. Þar sést að holan er nokkuð útslegin og að dýpsti skápurinn er við æðina á 680 m dýpi. Mesta útvöskunin er rétt neðan 13 3/8" fóðringarinnar frá 420 niður í 560 m. Harði kaflinn frá 630 niður í 780 kemur skýrt fram á mælingunni og stendur nokkurn veginn krónumál að undanskyldu svæðinu við lekastaðinn á 680 m.

Niðurstöður nifteindarmælingar eru síðar lítilega svo að hægara sé að sjá helstu drættina í mælingunni og er hún sýnd á mynd 9. Mælingin sýnir þétt berg með lágum poruhluta á 630 - 780 m dýpi en háan poruhluta þar sem holan er útvöskuð á kaflanum 420 - 540 m.

Náttúrulegu-gammamælingin er einnig síuð og er birt á mynd 9. Á mælingunni kemur fram nokkur breytileiki og ekki gott að túlka mælinguna en ástæða er til að bera hana saman við samskonar mælingar úr nærliggjandi holum.

Viðnámsmælingarnar eru sýndar á mynd 9 og sýna fremur lágt viðnám í allri holunni. Viðnámið er nokkru herra í efri hluta harða kaflans en að jafnaði í holunni, en á milli 630 og 680 m er það um 100 Ohmm. Hæst er viðnámið 170 ohmm nálægt 560 og 650 m.

Fyrstu steypingu á 9 5/8" fóðringu lauk upp úr kl. 10 þann 25. maí og upp úr kl. 18 sama dag var farið í að hitamæla og mátti á þeirri hitamælingu (mynd 10) fara nærri um steypuborðið. Næst var CBL-mælt til að finna steypuborð. Steypumælingin er sýnd á mynd 5, en á henni sést að steypuborðið er uppi á milli fóðringa á rúmlega 265 m dýpi. Fóðringin var svo götuð með 8 eggja sprengju á bilinu 260,7 - 264,5 m kl. 21:47 og náðist strax hringstreymi í gegnum götin. Upp úr miðnætti aðfaranótt 26. maí hófst seinni steyping og kom steypa upp.

Settur var holuloki á holuna og gengið frá öðrum búnaði á holutoppi. Síðan voru steyputappar boraðir úr fóðringu og borað niður úr fóðringunni áður en borstrengur var tekinn upp. Að því loknu var holan hitamæld, síðan steypumæld og að lokum hitamæld aftur til að kanna upphitunarhraðann fyrir niðursetningu borstrengsins fyrir 3. áfanga borverksins. Seinni steypumælingin er sýnd með fyrri mælingunni á mynd 5. Í meginatriðum eru mælingarnar eins upp að skotgötunum á um 265 m dýpi. Á tveim dýptarbilum, 570-585 m og 860-890 m, minnka aðeins steypugæðin. Dempun verður í mælingunni, sem hliðrar henni til, þegar mælir kemur upp fyrir dýpi ytri fóðringar á um 386 m. Ekki minnka steypugæði þarna í rauninni, þó ferlarnir á mynd 5 gætu bent til þess. Steypa mælist af misjöfnum gæðum frá skotgötunum og upp í 200 m dýpi. Á bilinu 90-200 m bendir steypumælingin til slæmrar bindingar, en ofan 90 m verður bindingin aftur betri.

Hitamælingarnar eftir CBL-mælingarnar eru sýndar á mynd 10 og svipar ferlinum eftir aðra steypingu að mörgu leyti til hitamælingar sem gerð var eftir fyrstu steypingu. Jarðlög á um 600-680 m dýpi eru enn mjög kæld af skolvatni, en dýpra fer holan hitnandi. Ljóst er af mælingunum að við niðursetningu borstrengs þurfi að kæla holuna neðan 680 m dýpis.

Tafla 5. Mælingar í KJ-29 við borun í 1004 m fyrir 9 5/8" fóðringu.

Nr.	Mæling	Skrá	Svunta	Aths
1	Hiti-dT-CCL	h0523040.dat	18164	Mælt niður í stöngum
2	Hiti á 990 m dýpi	t0523043.dat	18165	Upphitun á 990 m
3	Hiti-dT-CCL	h0523054.dat	18166	Mælt upp í stöngum
4	Hiti-dT-CCL	h0523125.dat	18167	Mælt eftir upptekt
5	XY X-hluti	x0523140.dat	18168	Mæld vídd borholu
6	XY Y-hluti	y0523140.dat	18169	Mæld vídd borholu
7	N-N	n0523152.dat	18170	Jarðlagamæling til að reikna út poruhluta
8	Nat-Gamma	g0523152.dat	18171	Jarðlagamæling til að finna súr jarðlög
9	16" viðnám	s0523171.dat	18172	Jarðlagamæling
10	64" viðnám	l0523171.dat	18173	Jarðlagamæling
11	SP	a0523171.dat	18174	Sjálfsþennumæling
12	Hiti-dT-CCL	h0523175.dat	18175	Mælt til að skoða upphitun í utanádælingu
13	Hiti-dT-CCL	h0525175.dat	18176	Mælt fyrir steypumælingu
14	CBL	b0525200.dat	18177	Steypumæling
15	Götun		18178	Fóðring götuð 260.7 - 264.5 m

4. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Sýnum af borsvarfi var safnað í 125 ml dósir á tveggja metra fresti eins og venja er við sambærileg verk og sáu bormenn um þann þátt. Sýnin voru flutt á rannsóknarstofu í stöðvarhúsi Kröfluvirkjunar og svarfið þvegið og skoðað. Staðarjarðfræðingur fylgdist jafnharðan með gerð jarðlaga og ummyndun meðan á borun stóð. Upphleðslumyndanir eru líkar því sem gerist í nálægum holum.

Einfaldað jarðlagasnið er sýnt á myndum 2 og 9. Á mynd 2 er það sýnt ásamt borhraða og breytingum í skoli, en á mynd 9 er það sýnt samhliða jarðlagamælingum. Hér á eftir er samandregin lýsing á jarðlagaskipaninni.

400 - 470 m dýpi. *Ummynduð basalhraun*. Basaltið er fínkona ljósgrágrænt yfir í grænsvarnt og er liturinn nokkuð háður ummyndunarstiginu. Á lagamótum er bergið glerjað og misþykkur kargi á milli laga. Allt gler er ummyndað yfir í leir og aðrar ummyndunarsteindir eins og kalsít, kvars, wairakít, pýrít og zeólítarnir klínóptíólít og laumontít.

470 - 530 m dýpi. *Basaltbreksía*. Bergið er ljóst á lit og allbreytilegt í samsetningu, þ.e. hluti kristallaður og hluti nánast eins og túff og allt þar á milli. Sennilega er um að ræða bólstraberg. Plagíóklasdílur sjást öðru hvoru. Öðru hvoru er mikið um pýrít sem ber vitni um góða vatnsleiðni. Helstu ummyndunarsteindir eru auk pýríts, kalsít, wairakít, kvars og leir.

530 - 600 m dýpi. *Móbergstúff og basaltinnskot*. Ljósgrænt túff er hér greinilega upphleðslubergið og er mjög ummyndað, að mestu komið yfir í leir. Túffið er gegnum stungið af þunnum fínkorna frekar fersklegum basaltinnskotum, grásvörtum á lit. Pýrít sést öðru hvoru í miklu magni en mest ber á því í efstu innskotunum og eru þar sannkallaðar pýrít námur. Aðrar ummyndunarsteindir eru helstar, kalsít, kvars, kalsedon, wairakít og leir.

600 - 630 m dýpi. *Túff og basaltlög*. Túffið er áfram ljósgrænt og ummyndað. Basaltið er fínkorna og ljósgrænt til grágrænt vegna ummyndunar. Ekki sjást neinar blöðrur og ekki er ljóst hvort um er að ræða hraunlög eða innskot. Ummyndun er sú sama og lýst er hér næst fyrir ofan, en mikið er af pýrítkristöllum við neðri mörkin.

630 - 760 m dýpi. *Basaltinnskot*. Að mestu leyti grófkorna ferskleg basaltinnskot. Á um 660 m dýpi er bergið fínkorna, sem gefur vafalaust til kynna jaðar á innskoti enda kemur þar litlu neðar greinileg sprunga á um 680 m dýpi. Aftur er komið í fínkornótt berg í neðstu 10 metrunum. Minna er um útfellingar og ummyndunarsteindir heldur en á undan, en í og við sprungu á 680 m er veruleg aukning í útfellingum. Þær helstu eru wairakít, kalsít, kvars, pýrít og anhýdrít. Sú síðastnefnda hefur ekki sést ofar. Einnig vottar fyrir epidóti og preníti.

760 - 900 m dýpi. *Móbergstúff og basaltinnskot*. Ljósgrænt til ljósgrátt ummyndað túff er upphleðslubergið á þessu dýptarbili. Túffið er sundurskorið af basaltinnskotum 2 - 10 m þykkum og eru þau grófkorna í efri hluta dýptarbilsins en fínkorna er neðar dregur. Ummyndunarsteindir eru kalsít, kvars, wairakít, pýrít, leir og epidót, en síðastnefnda steindin sést fyrst á 826 m dýpi, eftir að vottað hafði fyrir henni á 680 m, og síðan niður án þess að vera neitt áberandi.

900 - 930 m dýpi. *Basaltinnskot*. Fínkorna og grófkorna basaltinnskot.

930 - 1004 m dýpi. *Basaltlög*. Hér virðist vera um að ræða hraunlagamyndun. Bergið er yfirleitt mjög ummyndað, sums staðar breksíukennt og innskot eru fá og þunn. Á 986 m er þunnt móbergslag, en síðan tekur við innskot á rúmlega 990 m niður í botn. Bergið er þar meðal-fínkornótt og fersklegt. Helstu ummyndunarsteindir eru kvars, kalsít wairakít, pýrít, leir og epidót. Sú breyting verður hér og ágerist að neðri mörkum þessa kafla, að epidót kemur inn í auknum mæli í eins konar stökkum og kalsít minnkar að sama skapi á sambærilegan hátt.

Ummyndunarsteindir sem sjást alla leið gegnum sniðið eru kvars, pýrít wairakít og kalsít. Kalsít verður þó minna áberandi þegar nær dregur botni og finnst einungis slitrótt í neðstu metrum holunnar. Leirmyndun er grænleit í öllu sniðinu, þó meira áberandi græn er neðar dregur. Ekki er unnt að draga mörk milli leirsteinda fyrr en röntgengreining hefur verið gerð, en klórít sést fyrst í greinilegum kristöllum nærri 650 m dýpi. Sums staðar, einkum ofarlega í sniðinu eru mjög pýrítík lög sem gefa til kynna æðar annað hvort virkar eða steingerðar. Wairakít sést á 678 m og síðan öðru hvoru niður holuna. Prenít fannst í einu sýni, raunar í sýni frá 682 m þar sem allar útfellingar voru í miklu magni. Þar fannst einnig steind sem

reyndist vera anhydrít og kom nokkuð á óvart, en tilvist hennar verður túlkuð síðar í tengslum við sprunguna. Þarna sást vottur af epidóti, en það sést ekki aftur fyrr en á 826 m og verður ekki mjög algengt fyrr en neðan 900 m dýpis. Þetta bendir til að ummyndunarbeltin liggi mun neðar en t.d. í holu KJ-28, en þar sést epidót fyrst á 520 m dýpi, og nokkru neðar en í holu KG-12, en þar sést epidót og aðrar háhitasteindir nálægt 630 m dýpi.

Helsta vatnsæð áfangans er á um 680 metra dýpi. Hún kemur ágætlega fram í hitamælingu, auk þess sem útfellingar í svarfi eru mjög miklar á þessum slóðum. Þá jókst skoltap rétt ofan við 680 metra dýpi. Æðin er tengd sprungu í breksíukenndum þunnum lögum sem koma þarna inn í þykkari innskotakafla. Vísbendingar um æðar samkvæmt hitamælingum eru á 600, 730, 800 og 930 metra dýpi. Þær eru sennilega litlar. Ekki sjást merki í ummyndun um æðarnar á 600 og 800 metra dýpi. Á 730 dýpi sést kvarsæð í berginu sem gefur til kynna sprungu í innskotinu og á 930 metra dýpi er skyndileg aukning á borhraða tengd botni fersklegs innskots.

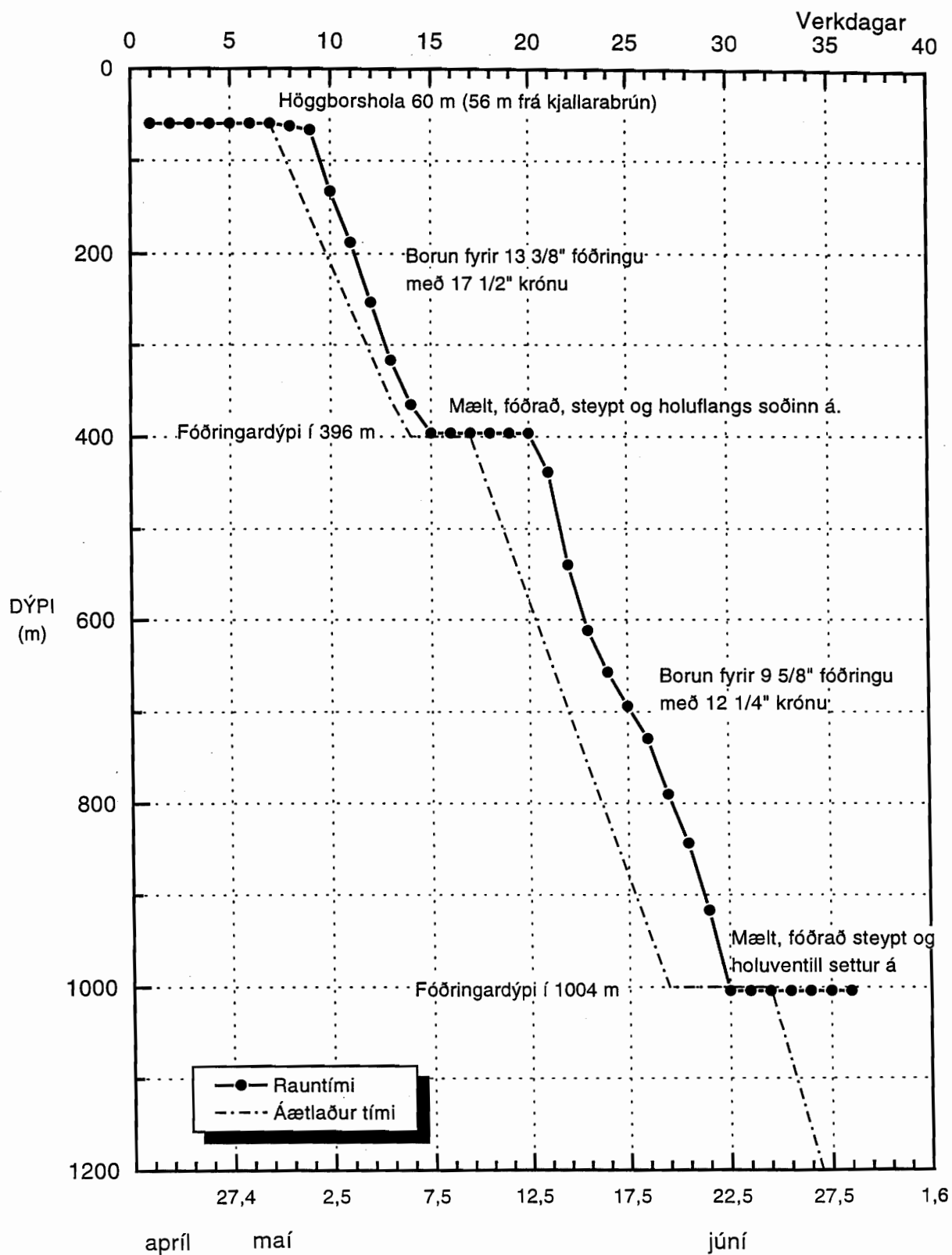


ORKUSTOFNUN
ROS

KRAFLA HOLA KJ-29

Gangur borunar í 2. áfanga

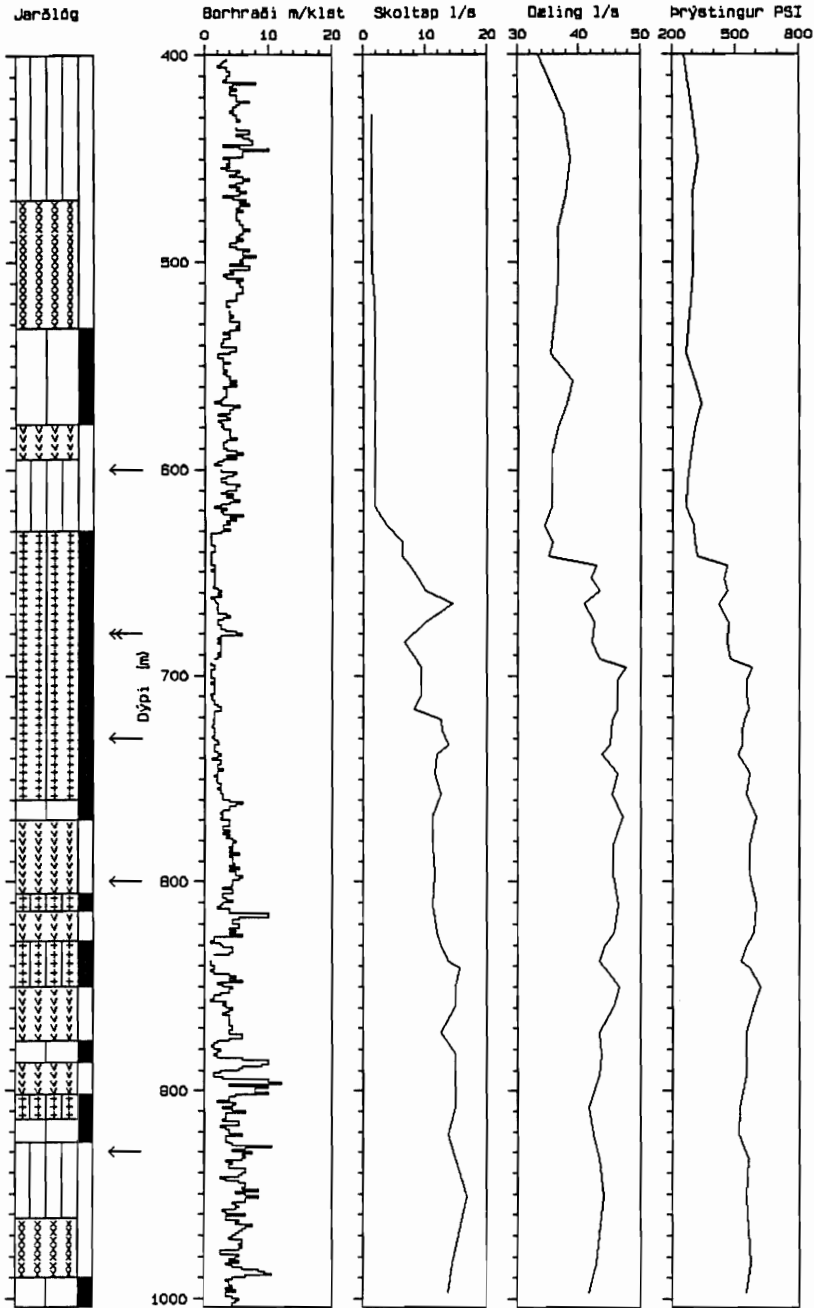
ÁsG
26-05-97



Mynd 1. Gangur borunar.

RGS-JF GSV/ÁsG
Fr: Sep 12 17: 11: 53 1987

KRAFLA - HOLA KJ-29 2. ÁFANGI
Jarðlagasnið, borhraði og mælingar á skoli



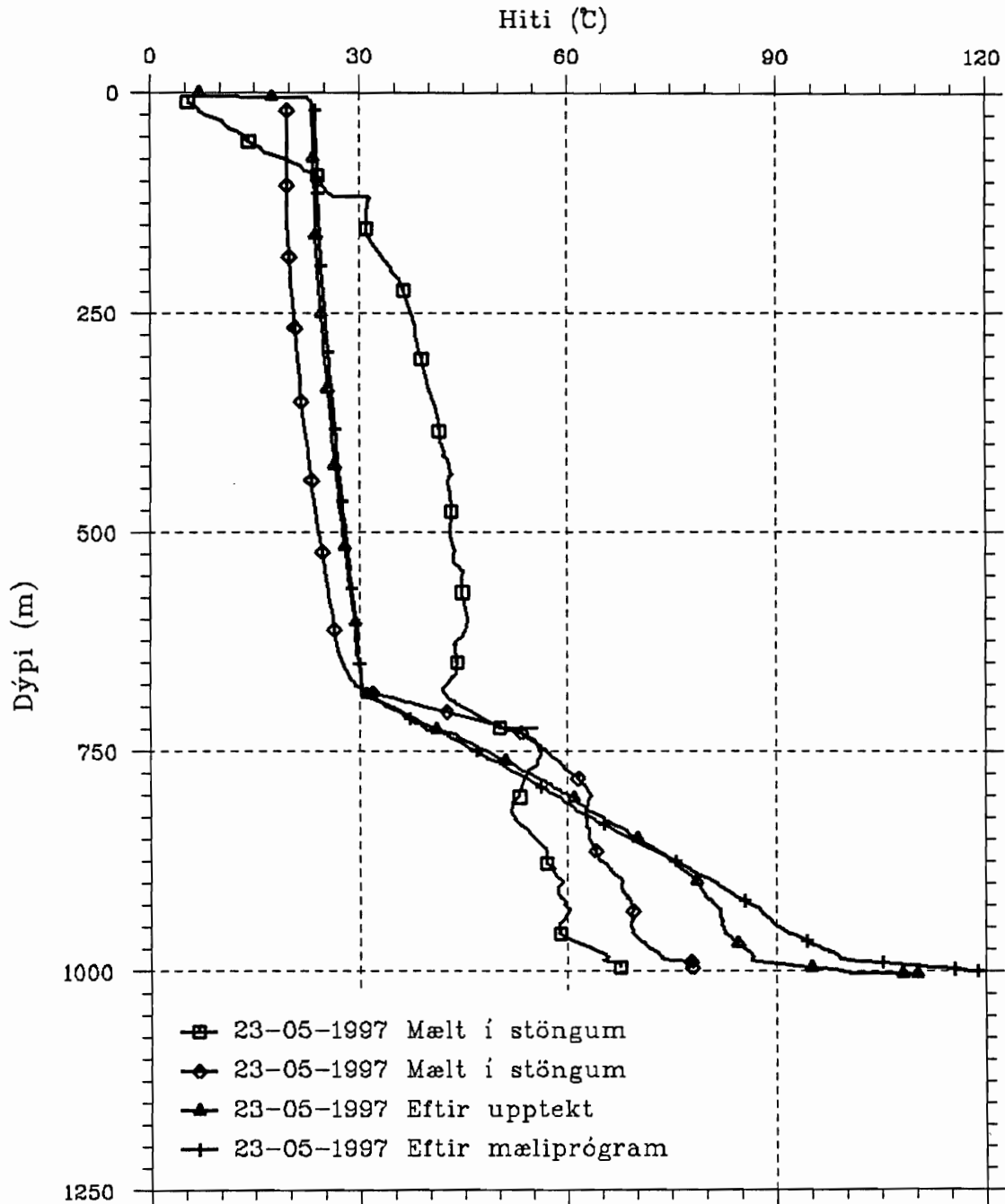
Skýringar við jarðlagasnið

- Fersklegt fín-meðalkorna basalt
- Fersklegt meðal-grófkorna basalt
- Basaltrík breksía
- Ummyndað fín-meðalkorna basalt
- Ummyndað meðal-grófkorna basalt
- Tuff
- ← : Litil vatnsæð
- : Meðal vatnsæð
- Innskot

Mynd 2. Jarðlagasnið, borhraði og mælingar á skoli.

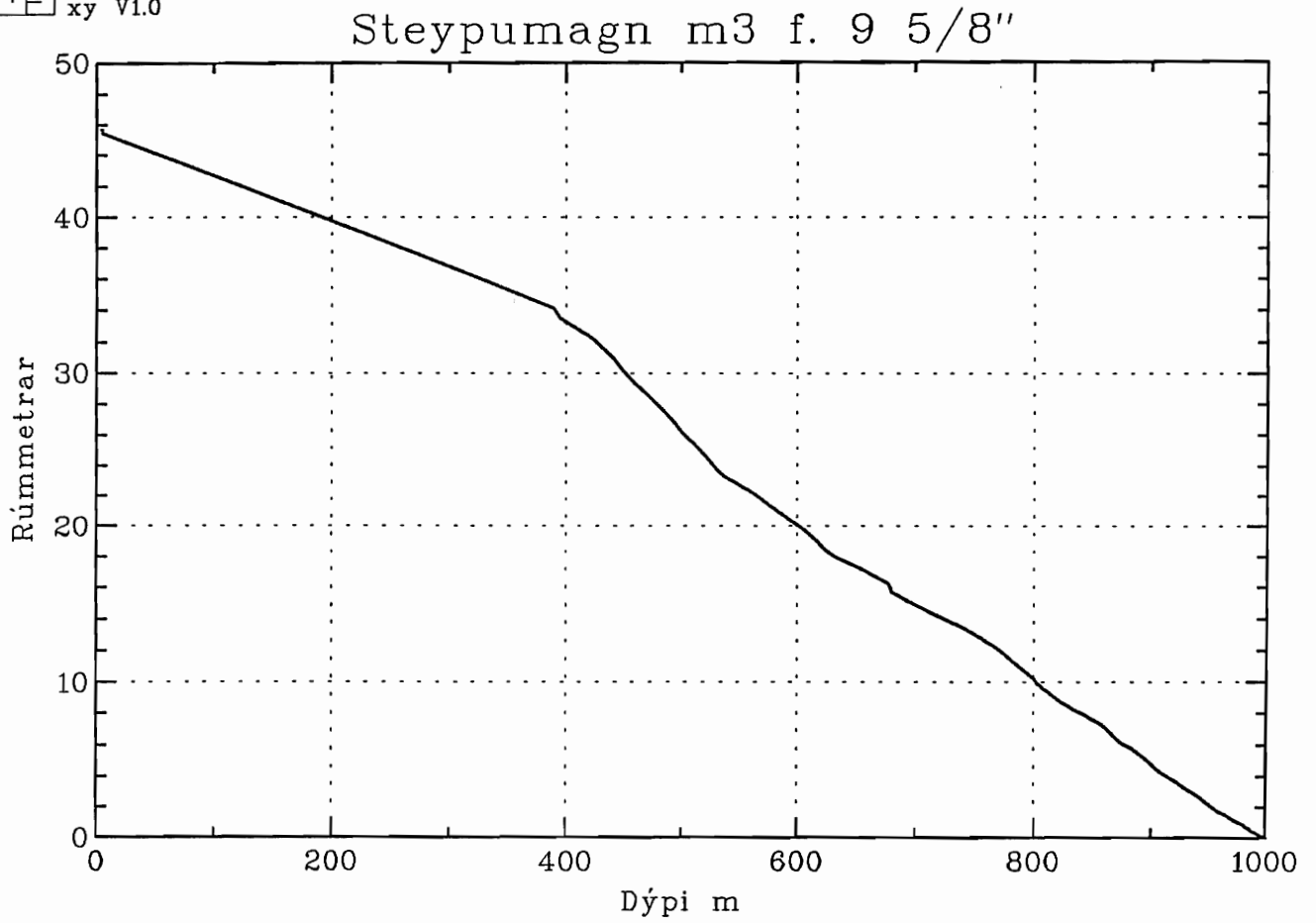
24 Jun 1997 asg
L= 58029 Oracle

Krafla hola KJ-29 Hitamælingar fyrir 9 5/8" fóðringu



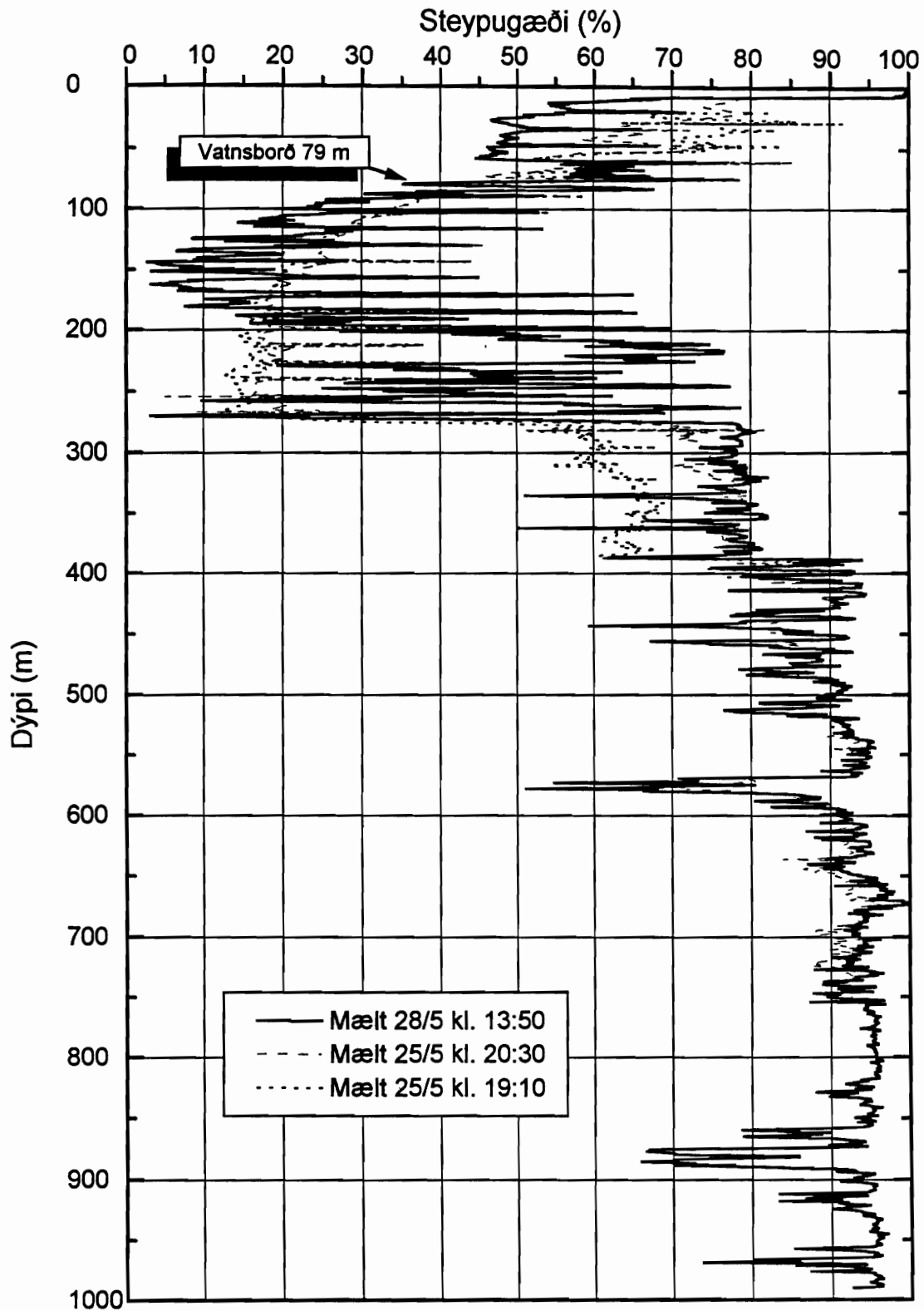
Mynd 3. Hitamælingar í stöngum, eftir upptekt og eftir jarðlagamælingar.

24 Jun 1997 HS
xy V1.0

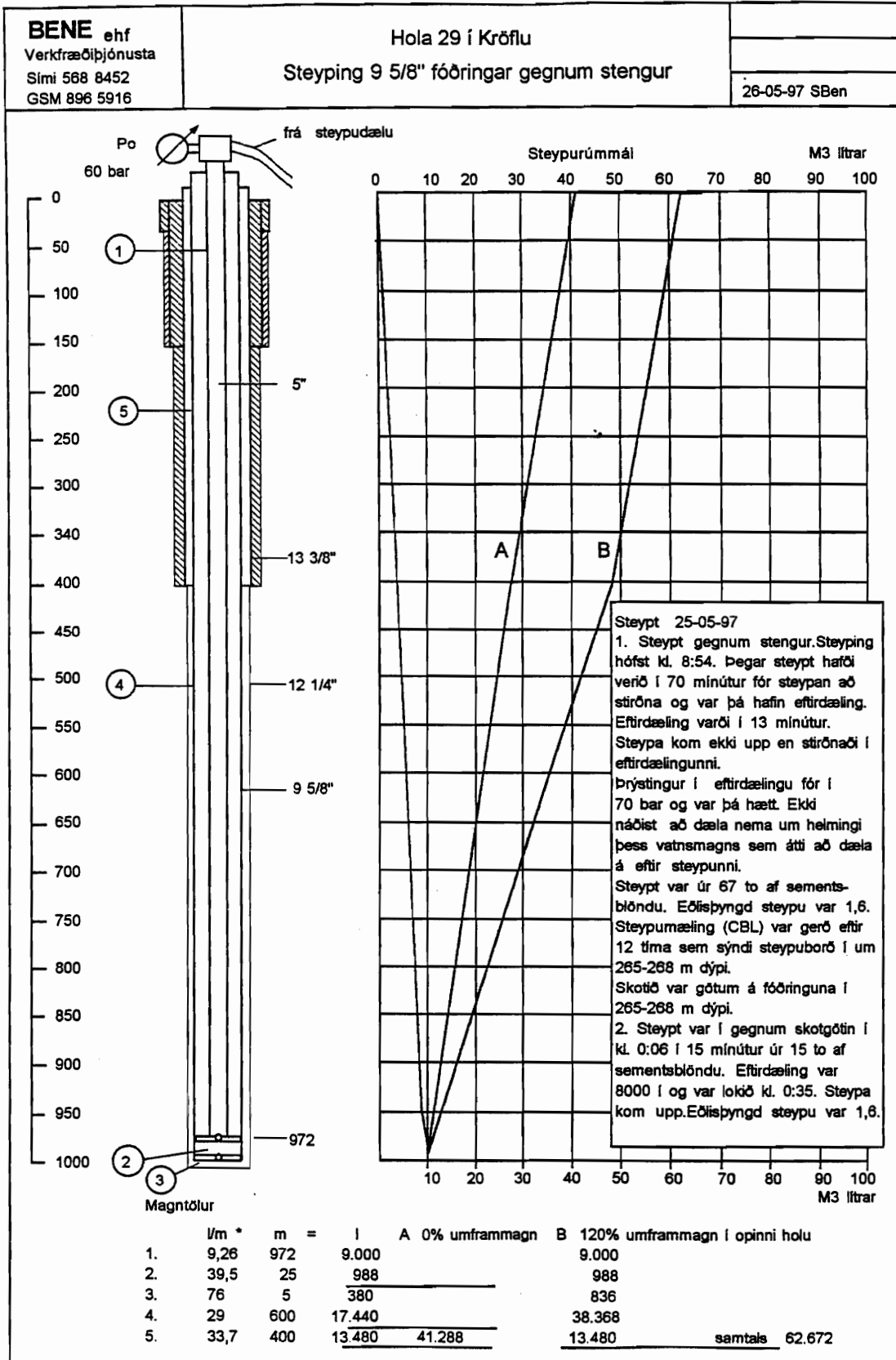


Mynd 4. Rúmmál milli 9 5/8" fõðringar og holu.

Krafla hola KJ-29



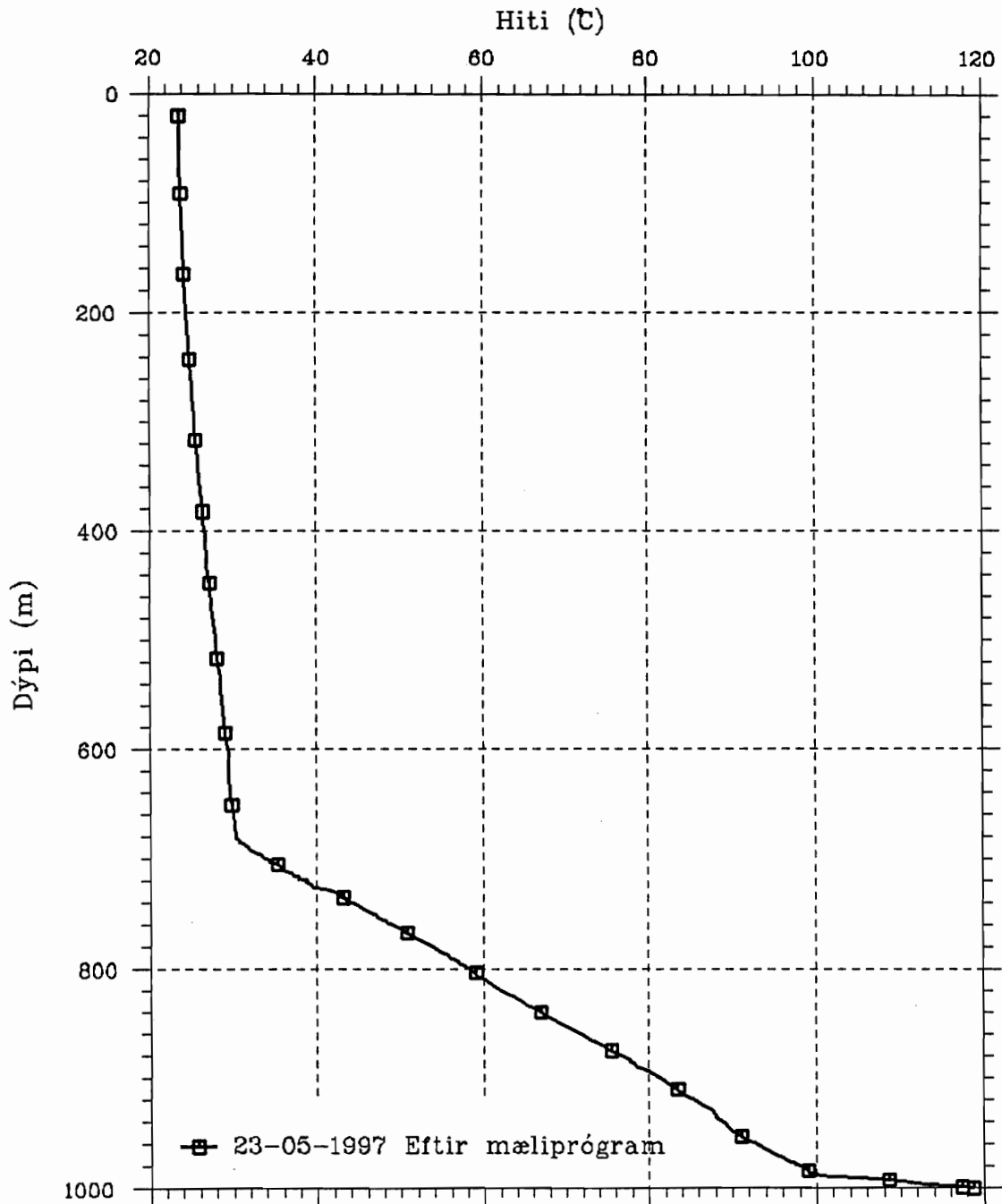
Mynd 5. CBL-mælingar á steypugæðum.



Mynd 6. Gangur steypingar 9 5/8" fódlingar.

24 Jun 1997 asg
L= 58029 Oracle

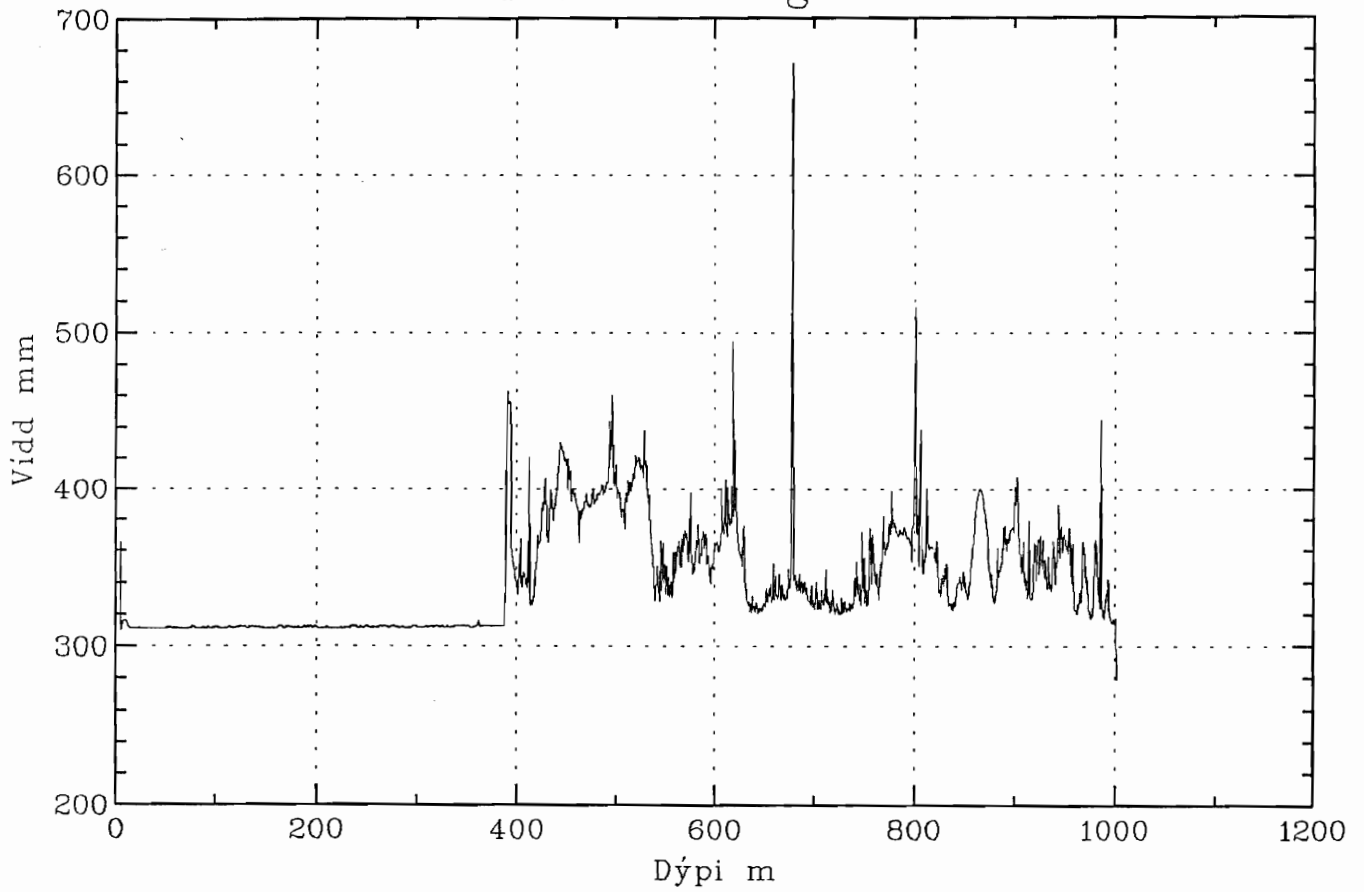
Krafla hola KJ-29 Hitamæling



Mynd 7. Hitamæling eftir jarðlagamælingar.

24 Jun 1997 HS
xy V1.0

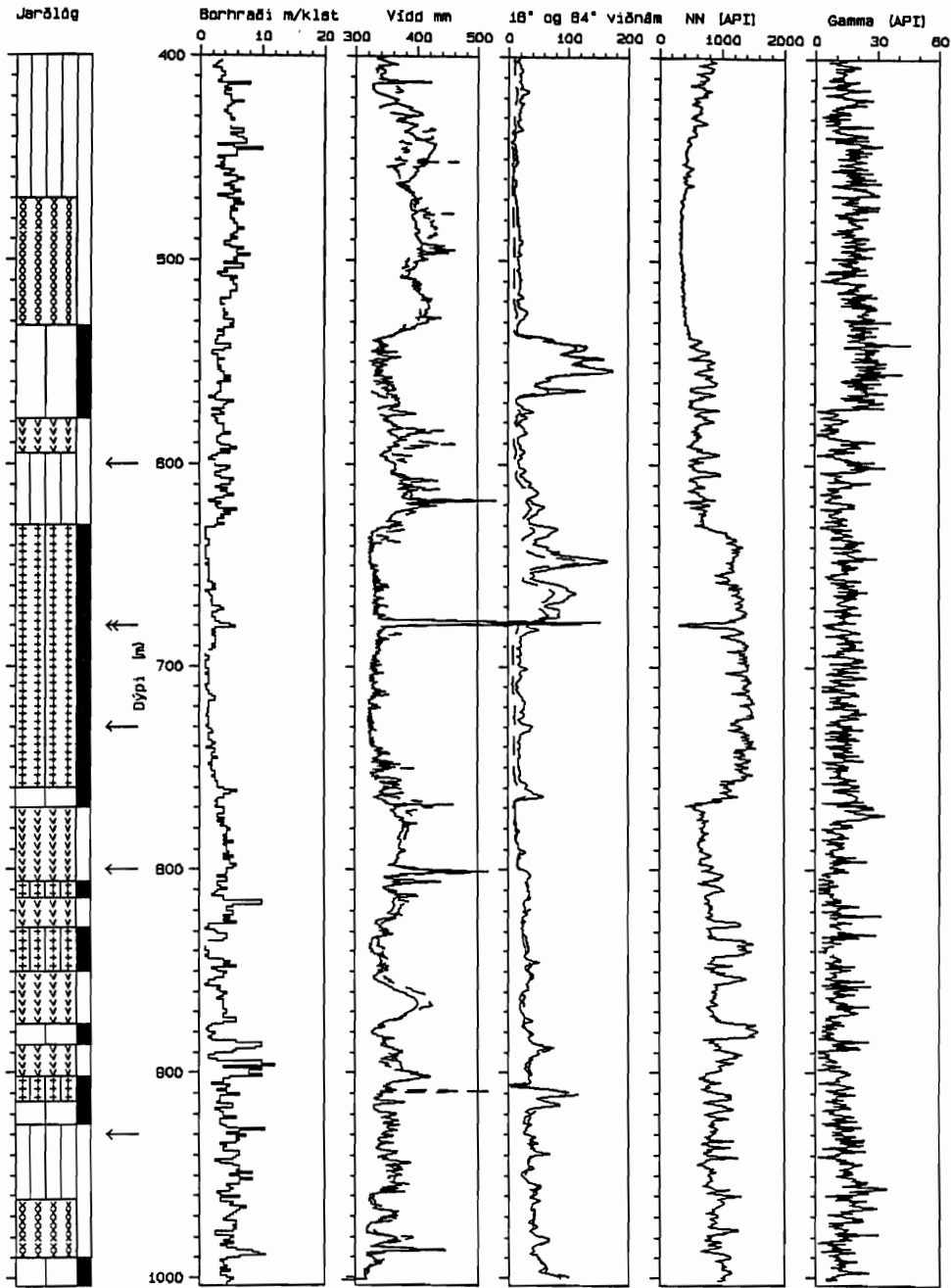
Viddarmæling K-29



Mynd 8. Viddarmæling.

ROS-JF 65v/ÁsG
Fri Sep 12 17:08:58 1987

KRAFLA - HOLA KJ-29 2. ÁFANGI
Jarðlagasnið og jarðlagamælingar



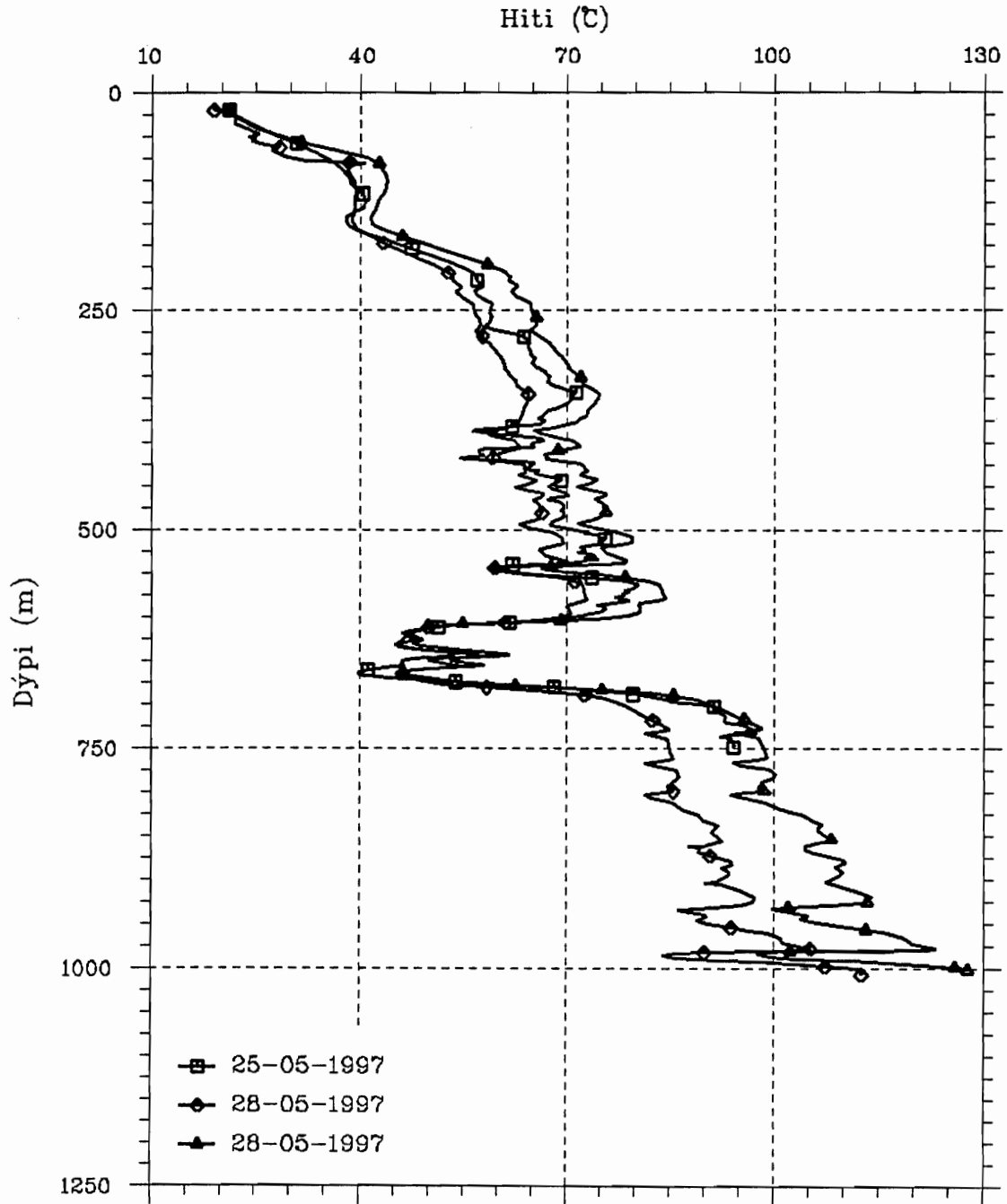
Skýringar við jarðlagasnið

- Fersklegt fín-meðalkorna basalt
 Fersklegt meðal-grófkorna basalt
 Basaltrik breksia
- Ummyndað fín-meðalkorna basalt
 Ummyndað meðal-grófkorna basalt
 Tuff
- ← : Litill vatnsæð
 ← : Meðal vatnsæð
- Innakat

Mynd 9. Jarðlagasnið og jarðlagamælingar.

24 Jun 1997 asg
L= 58029 Oracle

Krafla hola KJ-29 Hitamælingar vegna CBl-mælinga



Mynd 10. Hitamælingar í tengslum við CBl-mælingar.