



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

KRAFLA, HOLA KJ-29

3. áfangi:

**Borun fyrir vinnsluhluta
1004 - 2103 m dýpi**

**Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Grímur Björnsson
Sigurður Sveinn Jónsson
Sigvaldi Thordarson
Ómar Sigurðsson
Dagbjartur Sigursteinsson**

Unnið fyrir Landsvirkjun

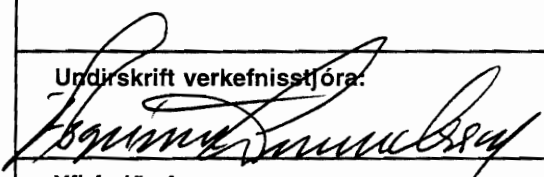
1998

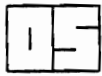
OS-98084

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-98084	Dags.: Desember 1998	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opín <input type="checkbox"/> Lokuð til:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: KRAFLA, HOLA KJ-29 3. áfangi: Borun fyrir vinnsluhluta 1004 - 2103 m dýpi	Upplag: 35	
	Fjöldi síðna: 36	
Höfundar: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Grímur Björnsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Sigvaldi Thordarson, Ómar Sigurðsson, Dagbjartur Sigursteinsson	Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla, 3. verkáfangi	Verknúmer: 8-630665	
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Lýst er borun 3. áfanga holu KJ-29 í Kröflu. Holan er austantil á Leirbotnasléttunni u.þ.b. 100 m vestan við brekkurætur Kröflu. Um er að ræða borun vinnsluhluta frá 1004 m í 2103 m dýpi og fóðrun með 7" raufuðum leiðara. Gerð er grein fyrir undirbúningi og gangi borverksins og birt þau gögn og upplýsingar, sem safnað var meðan á verkinu stóð. Vinna við áfangann hófst 28. maí 1997 og lauk 15. júní á 54. verkdegi. Áætlað var að holan skæri svokallaða Leirbotnasprungu í vinnsluhlutanum og var hún sveigð í átt að sprungunni eftir að 1360 m dýpi var náð. Miðað var við að byggja upp 2,5° halla á hverja 30 bormetra þar til 30° halla væri náð með 15° stefnu, en við 1691 m dýpi var ákveðið breyta stefnu holunnar úr 15° í 30° en halda áfram sama halla. Gerðar voru hefðbundnar mælingar, þ.e. á hita, halla, vídd, steypugæðum, dæluprófun, svo og greiningar jarðlaga og ummyndunar eftir borsvarfi. Helstu vatnsæðar eru á 1390, 1490 og 1610-1620 metra dýpi. Borverkið er unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verksamningi við Landsvirkjun.		
Lykilorð: Háhitasvæði, nýting, vinnsluhola, borun, borholumælingar, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:  Yfirfarið af:	



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 8-630665

**Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Grímur Björnsson
Sigurður Sveinn Jónsson
Sigvaldi Thordarson
Ómar Sigurðsson
Dagbjartur Sigursteinsson**

KRAFLA HOLA KJ-29

3. áfangi: Borun fyrir vinnsluhluta 1004 - 2103 m dýpi

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-98084

Desember 1998

ORKUSTOFNUN: Kennitala 500269-5379 - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

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

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	3
2. BORSAGA.....	3
3. MÆLINGAR.....	11
4. ÞREPADÆLING.....	13
5. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR	14

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1 Gangur borunar vinnsluhluta (með 8 ½" borkrónu).	4
Tafla 2 Mælingar á skoli.	5
Tafla 3. Hallamælingar fyrir stefnuborun.	6
Tafla 4. Halla og stefnumælingar.	7
Tafla 5. Fóðrunarskýrsla 7" leiðara.	9
Tafla 6. Mælingar í 3. áfanga holu KJ-29.	11

MYNDASKRÁ

Mynd 1. Gangur borunar.	18
Mynd 2. Hitamælingar fyrir niðursetningu stefnuborunartækja.	19
Mynd 3. Hitamælingar fyrir seinni niðursetningu stefnuborunartækja.	20
Mynd 4. Afstöðumynd af staðsetningu og stefnu holu KJ-29.	21
Mynd 5. Hitamælingar í borun vinnsluhluta.	22
Mynd 6. Skolmælingar samhliða jarðlagasniði, borhraða, MWD-hitamælingu og æðum.	23
Mynd 7. MWD-hitamælingar og skoltapsmælingar.	24
Mynd 8. Hitamælingar eftir um 8 tíma upphitun.	25
Mynd 9. Þrýstingur eftir dælingu	26
Mynd 10. Hitamælingar eftir 2. örvun.	27
Mynd 11. Hitamælingar fyrir og eftir jarðlagamælingar.	28
Mynd 12. Þrýstimælingar.	29
Mynd 13. Þrepadæling 13. – 14. júní 1997.	30
Mynd 14. Þrepadæling, þrýstibreytingar með tíma.	31
Mynd 15. Þrýstingsbreyting í þrepadælingu.	32
Mynd 16. Nálgun við fallþrep.	33
Mynd 17. Nálgun við risþrep.	34
Mynd 18. Jarðlagamælingar og jarðlög.	35
Mynd 19. Skýringar við jarðlagasnið.	36

1. INNGANGUR

Áður hafa verið gefnar úr skýrslur um borun fyrsta og annars áfanga verksins. Efri hluti jarðhitakerfisins hefur verið fódraður af með um 1000 metra fódningu. Borun þriðja hluta hefst á 1004 metra dýpi.

Í þessari skýrslu er fjallað um 3. áfanga holu KJ-29, sem er borun vinnsluhluta. Borað var niður á 2.103 m dýpi og holan fódruð með 7" raufuðum leiðara samkvæmt áætlun. Notuð var 8 ½" kóna til borunar, nauðsynlegar mælingar gerðar og holan örvuð og þrepaðeld í lokin.

Verklýsing gerði ráð fyrir þeim möguleika að taka upp stefnuborun í vinnsluhlutanum og var það gert samkvæmt ákvörðun ráðgjafa. Jarðboranir gerðu ráðstafanir til þess að sérfræðingar í stefnuborun frá Halliburton væri til staðar þegar á þyrfti að halda.

Atburðarás borunarinnar er rakin og greint er frá eða birt öll gögn og upplýsingar, sem fallið hafa til meðan á borun og fódrun stóð. Framvinda versins er sýnd á mynd 1.

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

Verkið er unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt útboðslýsingu KRA-08 og meðfylgjandi greinargerð um forsendur fyrir hönnun og staðsetningu holu KJ-29 (ÁsG-SÞ-97/02).

2 BORSAGA

Þriðji áfangi hófst með niðursetningu borstrengs miðvikudagin 28. maí á 36. verkdegi og prófun öryggisloka var gerð daginn eftir. Eiginleg borun í berg hófst kl. 5.30 að morgni fimmtudagsins 29. maí. Uppbygging borstrengs var sem hér segir: Borkróna af gerðinni HP61A (frá Read), krónustýring, tengistykki, álagsstöng, strengstýring, tengistykki, 10 álagsstengur, tengistykki (cross-over) lykilholurýmari og borstangir. Áður hafði steypa verið boruð út úr fódningu og hita- og CBL-mælt eins og getið er um í 2. áfanga. Hægt var að setja niður án kælingar í 660 m en eftir það þurfti að kæla krónu alla leið til botns.

Borun gekk vel eins og fram kemur í töflu 1 og á mynd 1. Skoltap jókst lítillega og ekki var um að ræða nein umtalsverð töp framan af eins og fram kemur í töflu 2. Álag var 5-8 tonn og snúningur borkrónu var á bilinu 50-70 snúningar. Stoppað var til hallamælinga og eru niðurstöður sýndar í töflu 3. Þegar komið var í 1360 m dýpi 2. júní á 41. verkdegi var tekin ákvörðun um að breyta um boraðferð og hefja stefnuborun. Stefnuborunartækin voru fengin frá Halliburton og komu með þeim þrír Norðmenn, sem stjórnðu þeirri framkvæmd. Það hafði verið ákveðið allöngu áður að hafa stefnuborunartækin tilbúin til notkunar í vinnsluhlutanum ef ástæða þætti til að nota þau. Markmiðið með staðsetningu holunnar hafði verið að skera svokallaða Leirbotnasprungu í vinnsluhluta holunnar. Til að ná þessu markmiði með öryggi þá var ákveðið að sveigja holuna í átt að sprungunni þegar 1360 m dýpi var náð, ef hún hefði ekki þá þegar verið komin í gegnum hana. Miðað var við að byggja upp 2,5° halla á hverja 30 boraða metra þar til 30° halla væri náð með 15° stefnu (N15A). Síðan var meiningin að bora með læstan streng til að halda halla og stefnu.

Ákvörðun var tekin um að nota stefnuborunartækin þegar holudýpið var 1200 m laugardaginn 31. maí. Þá var haft samband við Norðmennina, sem höfðu beðið í startholunum og voru þeir komnir á staðinn sunnudagskvöldið 1. júní. Stoppað var á 1360 m dýpi, þar sem skoltap hafði mælst áður og líklegt að kæling næði langleiðina þangað niður. Skolað var í eina klukkustund og kannað botnfall. Holan reyndist hrein. Þá var hitamælt og eru mælingarnar sýndar á mynd 2. Eins og fram kemur í skýringartexta myndanna þá var dælt á holuna 6 l/s og var það allt sem hún tók við. Greinilegur leki var á um 1300 m dýpi og því ljóst að vatn rann þangað niður en í litlu magni og á mörkum þess að halda holunni kaldri fyrir niðursetningu borstrengs.

Tafla 1 Gangur borunar vinnsluhluta (með 8 ½" borkrónu).

Dagur	Borun á dag (m)	Bortími (klst)	Meðalborhraði (m/klst)	Dýpi á miðnætti (m)	Tími á krónu (klst)
29-05-1997	68	16,5	4,12	1072	16,5
30-05-1997	84	21,5	3,90	1156	38
31-05-1997	75	22,5	3,33	1231	60,5
1-06-1997	101	22	4,59	1332	82,5
2-06-1997	28	6	4,66	1360	88,5
3-06-1997	7	2	3,5	1367	2
4-06-1997	23	2	11,5	1391	4
5-06-1997	7	0,5	14	1398	4,5
6-6-1997	287	18	15,9	1685	22,5
7-6-1997	172	9	19,1	1857	31,5
8-6-1997	125	9	13,9	1982	9
9-6-1997	121	7,5	16,1	2103	16,5

Þá var hallamælt og er niðurstaða mælingarinnar í töflu 3. Eftir það var tekið upp og tók það daginn. Byrjað var að setja niður um kvöldið. Næsti dagur, þ.e. 3. júní, fór í niðursetningu og stillingu á skáborunartækjum og var byrjað að bora klukkan 22. Stefna og halli eftir að stefnuborunartæki voru sett niður eru sýnd í töflu 4. Uppröðun borstrengsins sem niður fór var sem hér segir: 8½" borkróna, mótör, stýring, tengistykki, MWD-tæki, tengistykki, stýring, tvær ósegulmagnaðar álagsstengur, tengistykki með einstefnuloka í, 9 álagstengur, tengistykki, jar, 3 álgastengur, lykilholurýmari og borstengur. Aðeins var borað í 4 tíma en þá hættu boð að berast frá tækjunum þegar dýpið var 1391 m. Ekki var um annað að ræða en að taka borstrenginn upp og laga tækin eða skipta um. Skoltap var mælt fyrir upptekt og reyndist vera 13–14 l/s. Er tækin voru komin upp var hitamælt og er mælingin sýnd á mynd 2. Þá hafði tapið aukist og var komið í 18 l/s og sjást aukin kælingaráhrif mjög greinilega á myndinni.

Smávægileg töf var meðan beðið var eftir varahlutum í skáborunartækin og var borinn byrjaður að snúast aftur í bergi 5. júní kl. 23. Boraðir voru tæplega 460 m á einum og hálfum sólarhring og var þá komið niður á 1857 m dýpi. Þá var ákveðið að taka upp til að skipta um krónu, en áður en að því kom var hitamælt inni í stöngum. Mælingin náði niður á 1790 m (mynd 3) þar sem einstreymisloki var í borstrengnum. Holan tók við yfir 35 l/s og kældi sig vel í ádælingu niður á rúmlega 1600–1650 m dýpi en þar neðan við fór sáralítið vatn. Tekið var upp og skipt um krónu. Skáborunartækin voru prófuð meðan á niðursetningu stóð og skiluðu merki sér vel frá þeim. Fimm standar höfðu verið brotnir út og var kæling viðhöfð frá 1691 m dýpi. Fimmtán metra botnfall var í holunni. Þegar hér var komið sögu var ákveðið að breyta stefnu holunnar úr 15° í 30°, en halda áfram sama halla. Rökin fyrir því voru, að þáverandi stefna var samhliða ríkjandi sprungustefnu og því talið vænlegra að leita í átt Hveragilssprungunni (mynd 4). Borun byrjaði aftur um kl. 12 sunnudaginn 8. júní. Til að byrja með kom ekkert skol upp en smám saman þéttist holan og þegar komið var í 1900 m þá fór svarf að koma upp en skoltapið var þá um 19 l/s. Í þessu sambandi er rétt að geta þess að ekki var hægt að dæla meira en 36 l/s í gegnum stefnuborunartækin.

Tafla 2 Mælingar á skoli.

Dagsetn.	Tími	Dýpi m	PSI	Dæla 1 slög	Dæla 1 l/s	Dæla 2 slög	Dæla 2 l/s	Dæling all l/s	Tap cm	Tap l/s	Skolhraði m/min	TFBskolva min	Svarf m/min	TFBsvarf min	T niður °C	T upp °C	dT °C
29.5.1997	13:40	1035	520	100	19	95	18,05	37,05	8	2,46	86,95	11,92	81,85	12,65	22	29,4	7,4
29.5.1997	15:50	1051	480	94	17,86	93	17,67	35,53	6	1,84	84,57	12,43	79,57	13,21	22,3	29,6	7,3
29.5.1997	22:00	1067	440	88	16,72	88	16,72	33,44	13	3,99	73,93	14,43	68,93	15,48	19,7	26,7	7
30.5.1997	02:00	1083	450	88	16,72	89	16,91	33,63	7	2,15	79,03	13,70	74,03	14,63	17,9	24,7	6,8
30.5.1997	06:00	1099	477	89	16,91	91	17,29	34,2	8	2,46	79,69	13,79	74,69	14,71	17,2	24,7	7,5
30.5.1997	09:40	1112	530	96	18,24	94	17,86	36,1	10	3,07	82,92	13,41	77,92	14,27	19,5	26,1	6,6
30.5.1997	14:20	1123	530	98	18,62	93	17,67	36,29	8	2,46	84,94	13,22	79,94	14,05	25,7	32,3	6,6
30.5.1997	16:30	1134	520	96	18,24	95	18,05	35,72	8	2,46	83,51	13,58	78,51	14,44	26	32,1	6,1
30.5.1997	22:00	1150	505	93	17,67	93	17,67	35,34	10	3,07	81,01	14,20	76,01	15,13	21,5	30,5	9
31.5.1997	02:00	1163	540	98	18,62	96	18,24	36,86	20	6,14	77,12	15,08	72,12	16,13	19,8	28,2	8,4
31.5.1997	06:00	1175	520	94	17,86	94	17,86	35,72	12	3,68	80,43	14,61	75,43	15,58	20,3	28,1	7,8
31.5.1997	10:00	1185	500	90	17,1	92	17,48	34,58	10	3,07	79,10	14,98	74,10	15,99	24	31,2	7,2
31.5.1997	13:30	1200	560	97	18,43	97	18,43	36,86	11	3,38	84,06	14,28	79,06	15,18	25,1	32	6,9
31.5.1997	22:00	1226	550	97	18,43	97	18,43	36,86	7	2,15	87,14	14,07	82,14	14,93	19	27,5	8,5
1.6.1997	02:30	1240	550	97	18,43	98	18,62	37,05	13	3,99	82,99	14,94	77,99	15,90	16,3	23,6	7,3
1.6.1997	06:30	1259	550	93	17,67	95	18,05	35,72	13	3,99	79,65	15,81	74,65	16,86	16,8	23,8	7
1.6.1997	09:35	1272	580	97	18,43	96	18,24	36,67	10	3,07	84,35	15,08	79,35	16,03	19,9	26,4	6,5
1.6.1997	13:35	1289	550	95	18,05	94	17,86	35,91	19	5,83	75,51	17,07	70,51	18,28	26,8	33	6,2
1.6.1997	17:35	1307	560	95	18,05	93	17,67	35,72	19	5,83	75,03	17,42	70,03	18,66	26,5	31,9	5,4
2.6.1997	02:30	1344	575	94	17,86	94	17,86	36,48	12	3,68	80,43	16,49	75,43	17,58	30	6,2	0
2.6.1997	06:00	1358	575	98	18,62	95	18,05	36,67	25	7,68	72,79	18,66	67,79	20,03			0
6.6.1997	01:00	1403	1000	90	17,1	100	19	36,1	25	15,35	52,09	26,93	47,09	29,79	24,1	26,5	2,4
6.6.1997	06:15	1458	900	90	17,1	100	19	36,1	22	13,51	56,72	25,71	51,72	28,19	22,9	25,7	2,8
6.6.1997	10:00	1508	1200	80	15,2	100	19	34,2	40	24,56	24,20	62,31	19,20	78,54	22,6	24,6	2
6.6.1997	12:00	1530	1200	80	15,2	100	19	34,2	21	12,89	53,49	28,60	48,49	31,55			0
6.6.1997	14:00	1560	1200	95	18,05	100	19	37,05	20	12,28	62,18	25,09	57,18	27,28	20,3	23,3	3
6.6.1997	18:00	1616	1250	96	18,24	98	18,62	36,86	27,5	16,89	50,15	32,23	45,15	35,79	19,5	22,2	2,7
6.6.1997	22:30	1661	1200	90	17,1	98	18,62	35,72	18	11,05	61,93	26,82	56,93	29,18	17,2	19,7	2,5
6.6.1997	01:30	1697	1200	92	17,48	96	18,24	35,72	20,5	12,59	58,07	29,22	53,07	31,97	15,8	18,3	2,5
7.6.1997	05:30	1771	1200	90	17,1	96	18,24	35,34	27,5	16,89	46,33	36,23	41,33	42,85	13,8	15,2	1,4
7.6.1997	10:00	1831	1250	92	17,48	96	18,24	35,72	23,5	14,43	53,45	34,26	48,45	37,79	13,7	15,9	2,2
8.6.1997	23:30	1974	1300	93	17,67	99	18,81	36,48	30	18,42	45,34	43,54	40,34	48,94	23,8	24,4	0,6
9.6.1997	02:45	2026	1300	94	17,86	100	19	36,86	30	18,42	46,29	43,76	41,29	49,06	24,2	25,5	1,3
9.6.1997	05:30	2085	1270	94	17,86	96	18,24	36,1	28	17,19	47,47	43,50	42,47	48,63	25	26,7	1,7

Eins og fram kemur í töflu 1 þá gekk borun hratt fyrir sig og var henni lokið daginn eftir, þ.e. mánudaginn 9. júní, á 2103 m dýpi kl. 8:30. Greinilegt var að þessi bortækni jók verulega borhraða. Fyrsta klukkutímann eftir að borun var stöðvuð kom svarf vel upp en um hádegisbilið fór skol að hverfa öðru hverju og síðan tapaðist allt skol (>35 l/s) um kl. 15. Hitamælt var í stöngum um kl. 17 og eru niðurstöður sýndar á mynd 5. Borun var að því leyti óvenjuleg að skáborað var frá 1360 m dýpi og var borhaðinn mjög mikill eins og sést í töflu 1. Ekki var vitað hvort þetta hafði einhver áhrif á holuna og var þá sérstaklega horft til þess þáttar er varðaði kælingu á holuveggjum. Kæliáhrif voru örugglega minni og þá færri kælisprungur sem mynduðust.

Fylgst var reglulega með skolvökvanum meðan á borun stóð og eru mælingarnar birtar í töflu 2 og mynd 6. Smávægilegur leki mældist rétt neðan fõðringar eða um 2-3 l/s. Á um 1180 m dýpi mældist um 6 l/s leki og síðan þéttist hann og á um 1280 m fór hann upp í tæpa 6 l/s á ný. Skömmu áður en stoppað var vegna breytinga á boraðferð eða á 1360 m dýpi þá var mældist skotap um 7-8 l/s. Þrátt fyrir þennan leka þá kældi holan ekki sig vel niður í ádælingu skv. hitamælingu á mynd 2. Eftir stutta borun eða 31 m dýpkun niður á 1391 m tvöfaldaðist skoltapið og sést það mjög greinilega í hitamælingum á mynd 2. Nálægt 1400 m dýpi jókst síðan tapið í 25 l/s. Eftir það þéttist holan að nokkru leyti, en ein góð visbending um vatnsæð kom til viðbótar í skoltapsmælingum eða á um 1600 m dýpi.

Tafla 3. Hallamælingar fyrir stefnuborun.

Bordýpi (m)	Mælt á dýpi (m)	Halli	Frávik frá lóðr. (m)	Raundýpi (m)
1104*	980	0,5	8,5	980
1118	1080	1	10,3	1080
1234	1200	1,3	13,0	1200
1360	1340	1,2	15,9	1360

*Þessi lína er fengin úr 2. áfanga

Meðan á borun stóð með stefnuborunartækjunum þá mældu skáborarar hita rétt ofan við krónu með reglulegu millibili með svokölluðum MWD-mælingum (= Measure While Drilling). Mælingin er teiknuð upp samhliða skoltapsmælingum á mynd 7 og kemur þar góð fylgni. Auk þess eru sterkar visbendingar í MWD-mælingunni um vatnsæðar sem sjást ekki í skoltapsmælingunum en koma fram í hitamælingum. Ekki þótti rétt að leggja mikið upp úr þessum mælingum í þessari aðgerð, þar sem þetta var í fyrsta skipti sem MWD-mælingar voru gerðar hér á landi í borun.

Borun holu KJ-29 lauk í 2103 m dýpi klukkan níu að morgni 9. júní. Holan var skoluð fram eftir degi með 36 l/s. Skotap var breytilegt. Í lok borunar var það um 17 l/s, en jókst þegar skolun hófst. Skolað var stöðugt með 36 l/s og töpuðust lengstum um 30 l/s, en öðru hvoru tapaðist allt vatnið. Skolun var hætt um klukkan 16:45, króna hífð um 40 metra frá botni, sett á utanádæling og hitamælt. Holan tók þá við 33 l/s. Helstu lekastaðir sem sáust í hitamælingunni voru um eða ofan 1600 m dýpis, enda þótt einhver dreitill kæmist niður í a.m.k. 1900 m dýpi. Full ástæða þótti til að reyna freista þess að örva neðstu fimm hundruð metra holunnar með upphitun og snöggkælingu á víxl. Þar sem skáborunartækin í strengnum þola í hæsta lagi 160°C hita voru þau tekin upp. Því var lokið aðfaranótt 10. júní og var strax sett niður á nýjan leik (borkróna og borstangir). Holan reyndist nánast hrein í botn og fór borkrónan í 2098 m dýpi. Ádæling sýndi að holan tæki við yfir 50 l/s.

Örvun holu KJ-29 hófst með upphitun klukkan 8:30 að morgni 10. júní. Upphitunin stóð í þrettán tíma og ljóst út frá mælingum (mynd 8) að hiti neðan við 1800 m dýpi hefði farið langt yfir 150°C. Holan var þá skoluð með 45-60 l/s í fjóra tíma. Fylgst var nákvæmlega með

rennsli og dæluþrýstingi. Þá var sett á utanádæling og hitamælt í botn til að kanna upphitun og staðsetningu æða (mynd 8). Loks var þrýstimæli komið fyrir á 500 m dýpi og tekin fallmæling þegar dæling var stöðvuð, sem sýnd er á mynd 9. Niðurstaða þessara athugana var sú að holan hefði opnast verulega frá því hún var skoluð eftir borun. Meginbreytingin varð þó trúlega strax í upptekinni á borstrengnum og holan hefði því lítið hafa breyst við örvunina sjálfa. Þær æðar sem opnast höfðu voru fyrst og fremst ofan 1600 m dýpis, en heldur meira rennsli virtist þó vera til dýpstu æða en strax eftir borun. Ákveðið var að endurtaka aðgerðina svo að fullreynt væri hvort hægt væri að örva holuna með upphitun og kælingu. Upphitun stóð í um hálfan sólarhring, en síðan var skolað. Fyrst með um 60 l/s dælingu, en síðan 45 l/s. Stóð skolunin í 4 tíma. Fylgst var með upphituninni með hitamælingu eins og sýnt er á mynd 10 og í skolun var var mældur þrýstingur frá dælum. Eftir skolunina var síðan hitamælt og loks mælt þrýstingfall á 500 m dýpi (mynd 9) eftir að dælur voru stöðvaðar. Samanburður á hitamælingum í fyrri og síðari upphituninn bendir til þess að æðar rétt neðan 1600 m dýpis hefðu opnast í fyrri örvunaraðgerðinni, en allar mælingarnar sýndu að holan hefði ekkert breyst við seinni örvunina. Með þetta á hreinu var ákveðið að hætta örvunaraðgerðum.

Tafla 4. Halla og stefnumælingar.

Mælt dýpi (m)	Halli (°)	Stefna (°)	Raundýpi (m)	Hliðrun (m)	Hnit (m) Norður	Hnit (m) Austur	DLS (°/30m)	Ráp (walk) (°/30m)	Ráp (build) (°/30m)
1344	1,60	356,20	1343,83	17,76	18,72	1,24V	0,04	0,0	0,04
1375	4,70	13,70	1374,78	19,44	20,39	0,97V	3,11	16,94	3,00
1405	8,30	11,60	1404,58	22,83	23,71	0,24V	3,61	-2,10	3,60
1433	11,60	17,70	1432,15	27,67	28,37	1,02	3,71	6,54	3,54
1462	12,60	10,10	1460,51	33,73	34,26	2,46	1,94	-7,86	1,03
1490	14,30	19,70	1487,75	40,22	40,52	4,16	3,00	10,29	1,82
1519	16,10	19,70	1515,73	47,80	47,68	6,72	1,86	0,00	1,86
1547	17,80	18,10	1542,51	55,94	55,41	9,36	1,89	-1,71	1,82
1575	19,80	16,00	1569,02	64,96	64,03	12,00	2,26	-2,25	2,14
1610	22,60	23,00	1601,65	77,55	75,93	16,26	3,23	6,00	2,40
1641	24,20	15,60	1630,11	89,80	87,53	20,30	3,24	-7,16	1,55
1669	26,30	18,80	1655,43	101,73	98,93	23,84	2,68	3,43	2,25
1698	28,10	12,70	1681,23	114,97	111,68	27,42	3,43	-6,31	1,86
1727	28,20	12,40	1706,80	128,64	125,04	30,39	0,18	-0,31	0,10
1765	29,40	11,30	1740,10	146,92	142,95	34,14	1,04	-0,87	0,95
1794	29,90	13,90	1765,30	161,25	156,95	37,28	1,43	2,69	0,52
1832	29,80	15,10	1798,26	180,16	175,26	42,01	0,48	0,95	-0,08
1870	29,50	18,00	1831,29	198,95	193,28	47,36	1,16	2,29	-0,24
1898	30,60	21,80	1855,52	212,91	206,45	52,14	2,35	4,07	1,18
1926	31,80	26,00	1879,48	227,23	219,70	58,02	2,66	4,50	1,29
1954	31,80	32,70	1903,28	241,51	232,54	65,24	3,78	7,18	0,00
1983	31,80	32,60	1927,93	256,07	245,41	73,49	0,05	-0,10	0,00
2021	32,10	29,50	1960,17	275,39	262,64	83,85	1,32	-2,45	0,24
2059	32,40	36,90	1992,32	294,62	279,57	94,94	3,12	5,84	0,24
2088	32,70	38,50	2016,77	309,01	291,91	104,48	0,94	1,66	0,31

Uppteckt borstrengs hófst síðla kvölds þann 11. júní og lauk klukkan 8:30 næsta morgun. Þá hófust borholumælingar þar sem kannaður var hiti, vidd holunnar og eiginleikar jarðlaga. Lauk þeim mælingum rétt fyrir klukkan 19 þann 12. júní. Fyrir og eftir mælingaþrógram var hitamælt og eru mælingarnar sýndar ásamt síðustu mælingum úr örvun á mynd 11. Fóðrun með leiðara gekk vel og tók rúman sólarhring að koma honum fyrir í holunni. Leiðarinn hangir á 967 m dýpi miðað við drifborð Jötuns og er neðri endi hans því 20 m yfir botni. Allar nánari upplýsingar um leiðara er að finna í töflu 5.

Þrepadæling hófst strax eftir að leiðarinn var kominn á sinn stað og upptekt borstanga lauk. Fylgst var við þrýstiviðbrögðum holunnar við þrjú dæluþrep þ.e 15, 30 og 45 l/s dælingu. Fjórdða þrepið fékkst síðan þegar slökkt var á dælunum. Þrepadælingin tók alls 13 tíma og lauk henni um klukkan 11 að morgni laugardagsins 14. júní. Þar með lauk borun holu KJ-29 og hófust bormenn handa við flutning borsins á næstu holu. Mastur var felld sunnudaginn 15. júní og telst það þá vera síðasti verkdagur holu KJ-29. Vinna við holuna hófst miðvikudaginn 23. apríl og tók alls 54 verkdaga (mynd 1).

Tafla 5. Fóðrunarskýrsla 7" leiðara.

Verk nr. 420-657.	Hola nr. KJ-29	Borstaður Krafla	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun
Vídd holu 8 1/2"	Dýpt holu mv. drifborð 2103 m	Fóðring nr. 4	Fóðrun framkv. dags. 12-13.06.1997	Útfyllt af DSig.

Hóludýpt frá flangsi 2095,64 m. Fóðringardýpt f. fl. 2075,57 m		RÖRATALNING							
FÓÐRING	Gerð Ýmiss samtíningur (K-55)				LENGD	NR	MS	ALLS m	
	Þyngd 26 lbs/ft		Pöntun nr.						
	Útanmál 7"	Innanmál 159,4	Veggþykki 9,2	mm		hefst í		957,40	
	Tengi Skrúfuð Buttress				1,56	upphengi		958,96	
	Flangs í upphengi í 957,40 m				11,79	1		970,75	
	Stungutengi				11,79	2		982,54	
	Skór Stýriskór				12,55	3		995,09	
	Miðjustillar		stk.	Steyputappar	stk.				
STEYING	Steypa 1. þurrefni				12,32	4		1007,41	
	Tafelni	kg	Eðlisþ. steypu	Steypingartími	min.				
	Steyputæki				12,17	5		1019,58	
	Steypa kom upp <input type="checkbox"/> Já <input type="checkbox"/> Nei Eðlisþ. steypu upp				12,19	6	R	1031,77	
	Eftirdæling:		magn	lítrar	tími	min.			
	Steypa 2. þurrefni				12,80	7		1044,57	
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra				12,23	8	R	1056,80	
	Steypt utan með eftir		klst.	Skorið ofan af eftir	klst.				
	Steypa, þurrefni				12,52	9		1069,32	
	Dýpi á steypu í röri		m	Steypa bonuð eftir	klst.				
					11,64	10	R	1080,96	
ATHUGASEMDIR				11,20	11		1092,16		
Skórinn er 20,0 m frá botni og efri endi				12,35	12	R	1104,51		
upphengis er 35,25 m uppi í 9 5/8" fóðringunni.				12,83	13		1117,34		
				11,85	14	R	1129,19		
				11,38	15		1140,57		
				12,49	16	R	1153,06		
				12,41	17		1165,47		
				11,09	18	R	1176,56		
				12,80	19	R	1189,36		
				11,19	20	R	1200,55		
				12,81	21		1213,36		
				12,20	22	R	1225,56		

14.0.09.0

Tafla 5. frh.

Verk nr. 420-657	Hola nr. KJ-29	Borstaður Krafla	Fóðring nr.	Blaðsíða 2
---------------------	-------------------	---------------------	-------------	---------------

RÖRATALNING			
LENGD	NR	MS	ALLS m
12,77	23		1238,33
12,38	24	R	1250,71
12,16	25		1262,87
12,04	26	R	1274,91
12,82	27	R	1287,73
12,11	28	R	1299,84
12,79	29		1312,63
11,23	30	R	1323,86
12,80	31		1336,66
11,51	32	R	1348,17
12,85	33		1361,02
12,07	34	R	1373,09
12,77	35		1385,00
12,37	36	R	1398,23
11,97	37		1410,20
11,93	38	R	1422,13
12,61	39		1434,74
11,79	40	R	1446,53
10,42	41		1456,95
11,40	42	R	1468,35
12,78	43		1481,13
12,20	44	R	1493,33
12,83	45		1506,16
12,09	46	R	1518,25
12,69	47		1530,94

RÖRATALNING			
LENGD	NR	MS	ALLS m
11,38	48	R	1542,32
12,76	49		1555,08
12,10	50	R	1567,18
12,59	51		1579,77
12,24	52	R	1592,01
12,35	53		1604,36
12,07	54	R	1616,43
12,81	55		1629,24
12,33	56	R	1641,57
12,80	57		1654,37
11,49	58	R	1665,86
12,64	59		1678,50
11,14	60	R	1689,64
11,89	61		1701,53
11,58	62	R	1713,11
12,45	63		1725,56
12,17	64	R	1737,73
12,70	65		1750,43
12,40	66	R	1762,83
12,27	67		1775,10
11,93	68	R	1787,03
11,79	69		1789,82
11,88	70	R	1810,70
11,73	71		1822,43
11,75	72	E	1834,18

RÖRATALNING			
LENGD	NR	MS	ALLS m
12,33	73		1846,51
11,35	74	R	1857,86
12,27	75		1870,13
11,13	76	R	1881,26
12,82	77		1894,08
10,78	78	R	1904,86
12,83	79		1917,69
11,18	80	R	1928,87
12,82	81		1941,69
11,23	82	R	1952,92
12,55	83		1965,47
12,44	84	R	1977,91
12,81	85		1990,72
11,39	86	R	2002,11
12,82	87		2014,93
11,40	88	R	2026,33
12,62	89		2038,95
11,35	90	R	2050,30
12,76	91		2063,06
12,16	92	R	2075,22
0,35	skór		2075,57

3. MÆLINGAR

Fyrstu mælingar í þriðja áfanga borunar holu KJ-29 voru gerðar að morgni 2. júní. Dýpi holunnar var þá 1360 m og ákveðið að skipta yfir í stefnuborun. Borstrengur var í holunni og borkróna á 1349 m dýpi. Hitamælt var innan í borstrengnum og upphitun mæld í hálf tíma við borkrónuna. Borun var stöðvuð um kl. 6 og skolað til kl. 7:30. Skoltap var 6-7 l/s og holan hrein til botns. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 2 og sést af þeim að holan kælist niður á 1300 m dýpi. Samkvæmt mælingunum virðast mögulegir lekastaðir vera á um 1250 m, 1265 m og 1300 m dýpi. Tafla 6 gefur yfirlit mælinga í þessum áfanga borverks.

Tafla 6. Mælingar í 3. áfanga holu KJ-29.

Dagsetning	Mæling	Skrá	Dýptarbil	Athugasemdir
2. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0602073.dat t	0-1349	Niður í stöngum. Dælt 6-7 l/s
2. júní 1997	Hiti á 1349 m	t0602081.dat	1349	Upphitun á 1349 m í 30 mín. Dælt 6-7 l/s
2. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0602084.dat t	0-1349	Upp í stöngum. Dælt 6-7 l/s
4. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0604211.dat t		Niður í holu. Dælt 18 l/s
7. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0607144.dat t	0-1780	Niður í stöngum. Dælt 25-28 l/s
7. júní 1997	Hiti á 1780 m	t0607153.dat	1780	Upphitun á 1780 m í 13 mín. Dælt 28 l/s
7. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0607154.dat t	0-1780	Upp í stöngum. Dælt 28 l/s
9. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0609164.dat t	30-2019	Niður í stöngum. Dælt 33 l/s
9. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0609175.dat t	30-2019	Upp í stöngum. Dælt 33 l/s
10. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0610163.dat t	30-1790	Niður í stöngum. Eftir 8 tíma upphitun
11. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0611011.dat t	30-2098	Niður í stöngum. Eftir skolon. Dælt 45 l/s
11. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0611015.dat t	500-2098	Upp í stöngum. Eftir skolon. Dælt 45 l/s
11. júní 1997	Þrýstingur m. tíma	p0611023.dat t	500	Þrýstifall eftir 45 l/s dælingu
11. júní 1997	Þrýstingur m dýpi	p0611031.dat t	200-500	Ákvörðun vatnsborð (213 m)
11. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0611131.dat t	30-1761	Niður í stöngum. Eftir 8,5 tíma upphitun
11. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0611184.dat t	0-2098	Niður í stöngum. Eftir skolon. Dælt 45 l/s
11. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0611193.dat t	500-2098	Upp í stöngum. Eftir skolon. Dælt 45 l/s
11. júní 1997	Þrýstingur m. tíma	p0611204.dat t	500	Þrýstifall eftir 45 l/s dælingu
11. júní 1997	Þrýstingur m dýpi	p0611220.dat t	200-500	Ákvörðun vatnsborð (213 m)
12. júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0612084.dat t	50-2101	Eftir upptekt. Dælt 35 l/s
12. júní 1997	Nifteindir	n0612095.dat t	950-2090	Mælt niður. Hraði 35 m/mín
12. júní 1997	Gamma	g0612095.dat	950-2090	Mælt niður. Hraði 35 m/mín
12. júní 1997	Nifteindir	n0612095.dat t	950-2090	Mælt upp. Hraði 10 m/mín
12. júní 1997	Gamma	g0612095.dat	950-2090	Mælt upp. Hraði 10 m/mín
12. júní 1997	X-vidd	x0612143.dat	0-2093	Hraði 25 m/mín

12.júní 1997	Y-vidd	t y0612143.dat	0-2093	Hraði 25 m/min
12.júní 1997	Viðnám 16"	s0612161.dat	950-2101	Mælt niður. Hraði 35 m min
12.júní 1997	Viðnám 64"	10612161.dat	950-2101	Mælt niður. Hraði 35 m min
12.júní 1997	Viðnám SP	a0612161.dat	950-2101	Mælt niður. Hraði 35 m min
12.júní 1997	Viðnám 16"	s0612164.dat	950-2101	Mælt upp. Hraði 35 m min
12.júní 1997	Viðnám 64"	10612164.dat	950-2101	Mælt upp. Hraði 35 m min
12.júní 1997	Viðnám SP	a0612164.dat	950-2101	Mælt upp. Hraði 35 m min
12.júní 1997	Hiti-dT-CCL	h0612173.da	50-2101	Eftir mæliprógramm. Dælt 35 l/s
13.júní 1997	Þrýstingur m. dýpi	t p0613215.da	50-1500	Upphaf þrepadælingar. Dælt 25 l/s
13.júní 1997	Hiti-dT-CCL	t h0613223.da	1500-2076	Eftir mæliprógramm. Dælt 25 l/s
13.júní 1997	Þrýstingur m. dýpi	t p0613224.da	1500-2078	Upphaf þrepadælingar. Dælt 25 l/s
13.júní 1997	Þrýstingur m. tímai	t p0613230.da	1500	Upphaf þrepadælingar. Dælt 25 l/s
13.júní 1997	Þrýstingur m. tímai	t p0613232.da	1500	Þrepadæling. 1. þrep Dælt 15 l/s
14.júní 1997	Þrýstingur m. tímai	t p0614014.da	1500	Þrepadæling. 2. þrep Dælt 30 l/s
14.júní 1997	Þrýstingur m. tímai	t p0614045.da	1500	Þrepadæling. 3. þrep Dælt 45 l/s
14.júní 1997	Þrýstingur m. tímai	t p0614080.da	1500	Þrepadæling. 4. þrep Engin dæling
14.júní 1997	Hiti-dT-CCL	t h0614101.da	600-2076	Eftir þrepadælingu. Engin dæling
14.júní 1997	Þrýstingur m. dýpi	t p0614105.da	100-600	Eftir þrepadælingu. Engin dæling

Í hléi sem varð vegna bilunar í stefnuborunarbúnaði var holan hitamæld 4. júní. Dýpi holunnar var þá 1390 m og er mælingin sýnd á mynd 2. Skoltap var um 18 l/s og bendir mælingin til að skolvatnið hafi tapast aðallega á um 1279 m, eitthvað á um 1350 m og svo niðri við botn holunnar á 1390 m.

Stefnuborun var stöðvuð um hádegi 7. júní til að skipta um borkrónu, en dýpi holunnar var þá 1856 m. Áður en upptekt hófst var holan skoluð með um 35 l/s dælingu. Svarf hætti að koma upp um kl. 12:40 og skol hætti að koma upp um kl. 13:00. Borkróna var tekin upp um 30 m, skipt yfir á utan á dælingu (28 l/s) og hitamælt innan í borstreng. Vatnsborð í stöngum var líklega á 172 m dýpi, þegar hitamælir fór niður (mynd 3), en holan fylltist utan stanga og láku um 2-3 l/s frá henni fyrri part mælingarinnar uns hún opnaðist enn frekar og glepti allt dæluvatnið.

Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 3. Einstreymisloki var í strengnum á 1784 m dýpi og settist hitamælir á honum. Hitamælingarnar sýna að holan kælist vel niður á um 1500 m dýpi, en þar gæti verið smá skoltap og breytist hitastigullinn í hitamælingunum þar. Hitastigullinn helst síðan svipaður niður á 1670 m dýpi. Þar vex hann meira og helst þannig niður á 1745 m dýpi, að hann vex enn. Hitatoppar sjást í mælingunum neðan 1670 m dýpis sem stafa líklega af þéttari jarðlögum og tiltölulega skammri kælingu. Af hitamælingunum ásamt upphitunarmælingu má ráða að holan kælist niður fyrir einstreymislokann og leki því neðar í holunni.

Borun holu KJ-29 lauk í 2103 m dýpi klukkan níu að morgni 9. júní. Holan var skoluð fram eftir degi með 36 l/s. Skotap var breytilegt. Í lok borunar var það um 17 l/s, en jókst þegar skolun hófst. Skolað var stöðugt með 36 l/s og töpuðust lengstum um 30 l/s, en öðru hvoru tapaðist allt vatnið. Skolun var hætt um klukkan 16:45, króna hifð um 40 metra frá botni og sett á utanadæling. Hófust þá hitamælingar í stöngum niður í 2020 m dýpi (einstreymisloki).

Mælingarnar eru sýndar á mynd 5. Skoltap hélst stöðugt um 33 l/s. Ádælingin kældi holuna niður undir níttjándruð metra dýpi og einhver leki var neðar í holunni miðað við hversu hægt neðsti hlutinn hitnaði upp. Mögulegir lekastaðir sem sjást í mælingunum eru á um 1520, 1610, 1680, um 1810, 1850 og 1910 m dýpi. Hæg upphitun neðan 2000 m dýpis bendir til þess að einhver leki sé í holunni nærri botni.

Hitamælingar sem gerðar voru á meðan á örvunaraðgerðum stóð eru sýndar á myndum 8 og 10. Ennfremur eru hitamælingar sem gerðar voru fyrir og eftir fódringarþrógram ásamt síðustu hitamælingum úr örvunaraðgerðum sýndar á mynd 11.

Viddarmæling ásamt jarðlagamælingum voru gerðar eftir örvunaraðgerðir og eru þær sýndar samhliða jarðlagagreiningu og borhraða á mynd 18. Helstu atriða þeirra mælinga koma fram í kaflanum jarðlög. Samt er rétt að geta hér um viddarmælinguna. Þar er sérstaklega eftirtektarvert að hvað holan breytir um einkenni þar sem byrjað var að stefnubora. Hún er lítið sem ekkert vöskuð á þeim kafla með örfáum undartekningum. Nærtækasta skýringin er talin vera verulega aukin borhraði og þar af leiðandi styttri tími sem skolun á sér stað upp með holuveggjum.

4. ÞREPADÆLING

Hola KJ-29 var dæluþrófuð með þrepaðælingu 13.-14. júní 1997 eftir að búið var að setja leiðara í holuna. Byrjað var á að mæla þrýsting niður á 1500 m dýpi, þaðan hita í botn holunnar og svo þrýsting frá botni og upp á 1500 m dýpi, en þar var mælir hafður meðan á prófuninni stóð. Þegar byrjað var að mæla þrýsting niður holuna var dælt á hana um 25,1 l/s og hafði þeirri dælingu verið haldið í nokkurn tíma. Við þessa dælingu fannst vatnsborð í holunni á um 143 m dýpi. Af mynd 12 sést að loft er í vatnssúlunni niður á rúmlega 300 m dýpi og lyftir henni. Vatnsborð við þessa dælingu ætti því að vera á um 185 m dýpi. Eins sést á mynd 12 að við enga ádælingu var vatnsborð á um 236 m dýpi.

Í þrepaðælingunni var þrýstimælirinn látinn vera á 1500 m. Prófunin hófst á að dæling var minnkuð úr 25,1 l/s í 15,0 l/s um kl. 23:26 þann 13. júní, þá aukin í 28,9 l/s og aftur í 43,3 l/s, en síðan var slökkt á dælum og fylgst með jöfnun þrýstings til kl. 10:11 þann 14. júní. Gangur þrepaðælingarinnar er sýndur á mynd 13 og á mynd 14 og 15 eru viðbrögð hvers dæluþreps sýnd betur á lotutímaskala. Á mynd 15 má greina mjög línulega hegðun sem er nokkurn veginn eins í öllum þrepunum. Þessi hegðun bendir til línulegs rennslis í leiðara með töluverða rýmd. Hin tiltölulega stuttu dæluþrep skynja lítið út fyrir þennan leiðara og er hann ráðandi í mældum viðbrögðum yfir tímabil dæluþrepanna. Þetta mætti túlka sem stóra sprungu með takmarkandi lekt, en tengda vatnsgæfum jarðlögum eða sem (þunnt) jarðlag með ákveðna lekt og tengt öðrum jarðlögum sem viðhalda forða þess.

Myndir 16 og 17 sýna reiknaða nálgun við dæluþrepin með líkani sem gerir ráð fyrir sprungulekt. Eins og áður er sagt skynja dæluþrepin illa þann hluta vatnskerfisins sem kemur til með að stjórna gæfni holunnar það er þann hluta þess sem fæðir vökva til sprungunnar. Niðurstöður reikninganna benda til berglektar um $1,0 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa s}$, sem er í lægra lagi fyrir Kröfluholur. Ekki er hægt að greina þætti nóg í sundur til að ákvarða sprungulektina, en hún gæti verið töluvert meiri, hér áætlað 10-30 sinnum meiri en berglektin. Tregðustuðullin er um -1 svo lítil rennlistregða er við holuna. Vatnsrýmdin er hins vegar nokkuð há, en gæti verið í rými sem tengist holunni beint (þ.e. í sprungu) og nýttist hún þá ekki eins vel til vinnslu yfir langan tíma.

Út frá þrepaðælingunni er vinnsluhæfni holu KJ-29 nokkuð óljós. Búast má við að holan verði nokkuð kröftug, alla vega í byrjun, en óvíst er hversu vel holan heldur þeirri vinnslu.

Varðandi örvunaraðgerðir þá var lauslega lítið á viðbrögð holunnar við örvunina sem gerð var 10. og 11. júní. Í stuttu máli má segja að þær aðgerðir hafi engin áhrif haft á gæfni holunnar.

5. 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 gerða jarlaga og ummyndun meðan á borun stóð. Upphleðslumyndanir eru líkar því sem gerist í nálægum holum.

Í nærliggjandi holum er þykk basalt-og innskotamyndun á því dýptarbili sem vinnsluhluti KJ-29 sker. Áætlað er að innskot taki yfir um 70 % af staflanum sem borað var í, en sú tala er líklega lágmarkstala.

Ummyndun er í klórit/epidót- og epidót/aktínólítbelti. Lítið sem ekkert er um kalsít í vinnsluhlutanum og er berghiti út frá ummyndunarsteindum áætlaður um eða yfir 300°C.

Einfölduð mynd af jarðlögum er sýnd á mynd 18, með skýringum á mynd 19, og er í grófum dráttum sem hér segir:

1004 – 1020 m dýpi. Svarf vantar niður á 1008 m dýpi, en þar neðan við niður á 1014 m dýpi er allmikil blöndun af ýmis konar basaltgerðum. Neðan við og í 1020 m dýpi er bergið finkorna basaltinnskot frekar lítið ummyndað. Kalsít vottur sést.

1020 – 1030 m dýpi. Finkorna súrt breksíulegt ummyndað basalt. Kvars og pýrít sjást.

1030 – 1070 m dýpi. Meðal – grófkorna basaltinnskot lítið ummynduð. Lítið sem ekkert um kalsít, en epidót, kvars og pýrít sjást.

1070 – 1080 m dýpi. Basaltrík breksía. Bergið er mikið ummyndað og er algengt að sjá epidót og pýrít.

1080 – 1119 m dýpi. Fin - meðalkorna basaltinnskot lítið ummynduð. Epidót, pýrít og kvars eru áberandi og sennilega sést aktínólít.

1119 – 1128 m dýpi. Ummynduð basaltbreksía. Sömu ummyndunarsteindir og sést hafa hér á undan.

1128 – 1202 m dýpi. Meðal – grófkorna basaltinnskot eru ráðandi. Innskotin eru aðskilin með glerjuðum ummynduðum breksíum þar sem allt gler er ummyndað. Helstu ummyndunarsteindir eru epidót, kvars, pýrít og vottur af kalsíti. Leir er áberandi, aðallega klórit.

1202 – 1208 m dýpi. Basaltbreksía, þar sem allt gler er ummyndað að mestu í leir (klórit). Kalsít vottur en kvars pýrít og epidót áberandi.

1208 – 1222 m dýpi. Finkorna basaltinnskot lítið ummyndað.

1222 – 1231 m dýpi. Basaltbreksía mjög ummynduð. Glerið er allt ummyndað yfir í leir (klórit) og epidót og kvars eru áberandi. Pýrít sést en sprungufyllingar eru nokkuð áberandi.

1231 – 1242 m dýpi. Ísúrt dul – meðalkorna berg. Greinilega kemur fram í gammamælingu að um ísúrt berg er að ræða og er það nokkuð ummyndað.

1242 – 1326 m dýpi. Fin – meðalkorna basalt. Fin til meðalkorna basaltinnskot eru einkennandi fyrir þennan kafla ýmisst samliggjandi eða aðskilin af breksíum eða grófkorna

basaltinnskotum. Ummyndun er eins og á undan klórít, epidót, kvars, pýrít og kalsít. Plötukalsít sést í neðri hlutanum en þar ofan við virðist það aðallega vera bundið við sundursoðna breksíu.

1326 – 1345 m dýpi. Meðal – grófkorna basaltinnskotsberg. Bergið er ummyndað og helstu ummyndunarsteindir eru sömu og fyrir ofan nema hvað lítið semn ekkert er af kalsíti.

1345 – 1355 m dýpi. Glerjað basalt er ráðandi, mjög ummyndað og má m.a. sjá kalsít í því. Fínkorna lítið ummynduð basaltinnskot skera glerjaða basaltið og þar er má sjá wairakit, wollastónít og prenit ásamt epidóti kvarsí og pýrít.

1355 – 1364 m dýpi. Meðal – grófkorna basalt grænsvarnt á lit. Bergið er ummyndað og er epidót áberandi, en auk þess sjást kvars, wollastónít, pýrít og eins og liturinn gefur til kynna klórít.

1364 – 1372 m dýpi. Glerjað basalt grænt á lit, mjög ummyndað með sömu ummyndunarsteindir og fyrir ofan.

1372 – 1382 m dýpi. Súrt dul – meðalkorna berg. Svarfið er ljóst á lit og mjög blandað sýnum úr berginu fyrir ofan og neðan. Gamma mæling gefur afdráttarlaust til kynna að um súrt berg sé að ræða.

1382 – 1422 m dýpi. Fínkorna basaltinnskot eru einkennandi á þessum kafla. Innskotin eru grásvört og grágræn á lit og lítið ummynduð. Víða sést í mjög ummyndað breksíukennt berg og svo kallaða kontaktmola, sem eru dulkornóttir, á milli þeirra.

1422 – 1440 m dýpi. Glerjað basalt grænleitt á lit og kolummyndað. Ummyndunarsteindir sem sjást eru epidót, kvars, pýrít, klórít, wollastónít og líklega aktínólít.

1440 – 1478 m dýpi. Fínkorna basaltinnskot eru hér ráðandi. Helstu ummyndunarsteindir eru epidót, kvars, wairakit, klórít og pýrít.

1478 – 1496 m dýpi. Fínkorna ljósgrænt glerjað blöðrótt basalhraun. Að hluta til er bergið túfflegt. Epidót og klóit algengar ummyndunarsteindir.

1496 – 1532 m dýpi. Fín – meðalkorna basaltinnskot eru hér ráðandi. Bæði mjög ummyndaðar breksíur og grófkorna berg eru til staðar. Helstu ummyndunarsteindir eru epidót, kvars, wairakit, klórít og pýrít.

1532 – 1556 m dýpi. Fínkorna glerjað mjög ummyndað ljósgrænt blöðrótt basalt. Epidót, kvars, klórít og pýrít eru helstu ummyndunarsteindir.

1556 – 1580 m dýpi. Fínkorna lítið ummyndað grásvart innskotsberg er hér ráðandi, en er annars líklega innan um blöðrótt ummyndað basalt. Sama ummyndun og á undan.

1580 – 1588 m dýpi. Ísúrt dul – meðalkorna berg. Bergið er lítt áberandi í svarfinu en var talið vera af samsetningu díórítis. Það er greinilega til staðar samkvæmt gammamælingu.

1588 – 1641 m dýpi. Fínkorna – meðalkorna basalt grásvart á lit og lítið ummyndað er ráðandi. Sennilega er um að ræða innskot sem skera í sundur basalt og basaltbreksíur. Sprungufyllingar með epidóti og kvarsí gefa til kynna að borað hafi verið í gegnum sprungu á um 1610 m dýpi. Á umræddu dýpi virðist sterkasta æð holunnar vera og sennilega er það umrædd Leirbotnasprungu.

1641 – 1668 m dýpi. Meðal – grófkorna basalt. Mest af berginu er með einskonar grænleitum blæ ýmisst dökkt eða ljóst. Einnig er kornastærðin oft yfir í að vera fínkorna. Mest af berginu er talið vera innskot með svokölluðum díórítislegum textúr en er greinilega basalt og breksíur sjást öðu hvoru. Meðal ummyndunarsteinda sem sjást eru epidót, klórít, kvars, wollastónít og pýrít.

1668 – 1676 m dýpi. Basaltbreksía ljósgræn á lit og sundursoðin.

1676 – 1730 m dýpi. Fin – meðalkorna basaltinnskot eru ráðandi og er bergið að jafnaði lítið ummynduð. Sennilega skera innskotin túffbreksíu sem er mikið ummynduð og sést alltaf með innskotsberginu. Sama ummyndun og fyrir ofan. Einnig sést kvars og epidót greinilega sem sprungufyllingar.

1730 – 1745 m dýpi. Ljósgræn túffbreksía er ráðandi mjög ummynduð.

1745 – 1775 m dýpi. Finkorna basaltinnskot grágræn en lítið ummynduð að sjá. Breksía sést alltaf með og er líklegt að innskotin skeri móbergsmýndun.

1775 – 1782 m dýpi. Basaltbreksía ljósgræn á lit og sundursoðin.

1782 – 1799 m dýpi. Meðal – grófkorna basalt með díórítlegum textúr en er samt greinilega basalt. Ummyndun er ekki mikil, en epidót er algengt í sprungum.

1799 – 1805 m dýpi. Túffbreksía ljósgræn á lit og sundursoðin. Meðal ummyndunarsteinda sást epidót, klórít, kvars, wollastónít og pýrít.

1805 – 1844 m dýpi. Meðal – grófkorna basalt með díórítlegum textúr en er samt greinilega basalt.

1844 – 1884 m dýpi. Vantar svarf. Í gamma mælingu sést greinilegt ísúrt – súrt innskot á 1860 m dýpi.

1884 – 1930 m dýpi. Meðal – grófkorna basalt með díórítlegum textúr en er samt greinilega basalt.

1930 – 1965 m dýpi. Súrt dul – meðalkorna basalt. Greinilegt útslag kemur fram í gammamælingu. Eins og virðist vera samkvæmt svarfinu þá samanstendur þessi kafli af díóríti og granódíóríti eða granófýr. Breksíulegt berg sést þar með. Epidót, kvars, wollastónít, klórít og aktínólít sjást greinilega sem sprungufyllingar. Oft sjást vel kristallaðir epidótklasar.

1965 – 1972 m dýpi. Ísúrt dul – meðalkorna berg líklega díórít og sést það vel í gammamælingunni.

1972 – 2014 m dýpi. Meðal – grófkorna basalt þar sem ljósar frumsteindir (plagióklas) eru áberandi í textúr. Algengt er að sjá kontaktmola (kælikápu) frá innkotajöðrum.

2014 – 2075 m dýpi. Fin - meðalkorna lítið ummyndað basaltinnskot. Bergið er grásvart á lit og víða sést kælikápa. Algengustu ummyndunarsteindir eru epidót, aktínólít, wollastónít og klórít.

2075 – 2090 m dýpi. Meðal – grófkorna grængrá basaltinnskot eða dólerít.

2090 – 2103 m dýpi. Vantar svarf.

Vatnsæðar:

1148 m. Minniháttar skoltap við innskot.

1240 m. Ísúrt innskot.

1275-1280 m. Æðin er lítil og sést í lítilsháttar skoltapi og hitamælingu. Hún kemur fram þar sem innskot liggur í gegnum breksíu.

1300 m. Smáæð við basaltinnskot. Vísbindingar um hana eru í smáægilegu skoltapi og í hitamælingu.

1350-1360 m. Æðin er lítil og sést í lítilsháttar skoltapi og hitamælingu. Hún kemur fram þar sem innskot liggur í gegnum breksíu.

1390 m. Fyrsta æðin í holunni sem er áberandi bæði í hitamælingu og skoltapi. Hún sést í finkorna basaltinnskotsbergi rétt neðan við súrt innskot.

1490 m. Æðin sést þar sem finkorna basaltinnskot sker basaltbreksíu. Æðin kemur fram í skoltapi og MWD-hitamælingu.

1610 –1620 m. Líklega er öflugusta æð holunnar og sennilega þar sem meint Leirbotnasprunga er skorin. Æðin sést skýrt í hitamælingum (bæði MWD og GO) og skoltapi.

1680 m. Smávægileg aukning í skoltapi og vísbending í hitamælingu. Hún sést við ofanvert finkorna basaltinnskot.

1740 m. Skoltap eykst og lækun kemur fram í MWD-hitamælingu. Æðin er lítt áberandi í hitamælingum meðan á borun stóð og eftir borun.

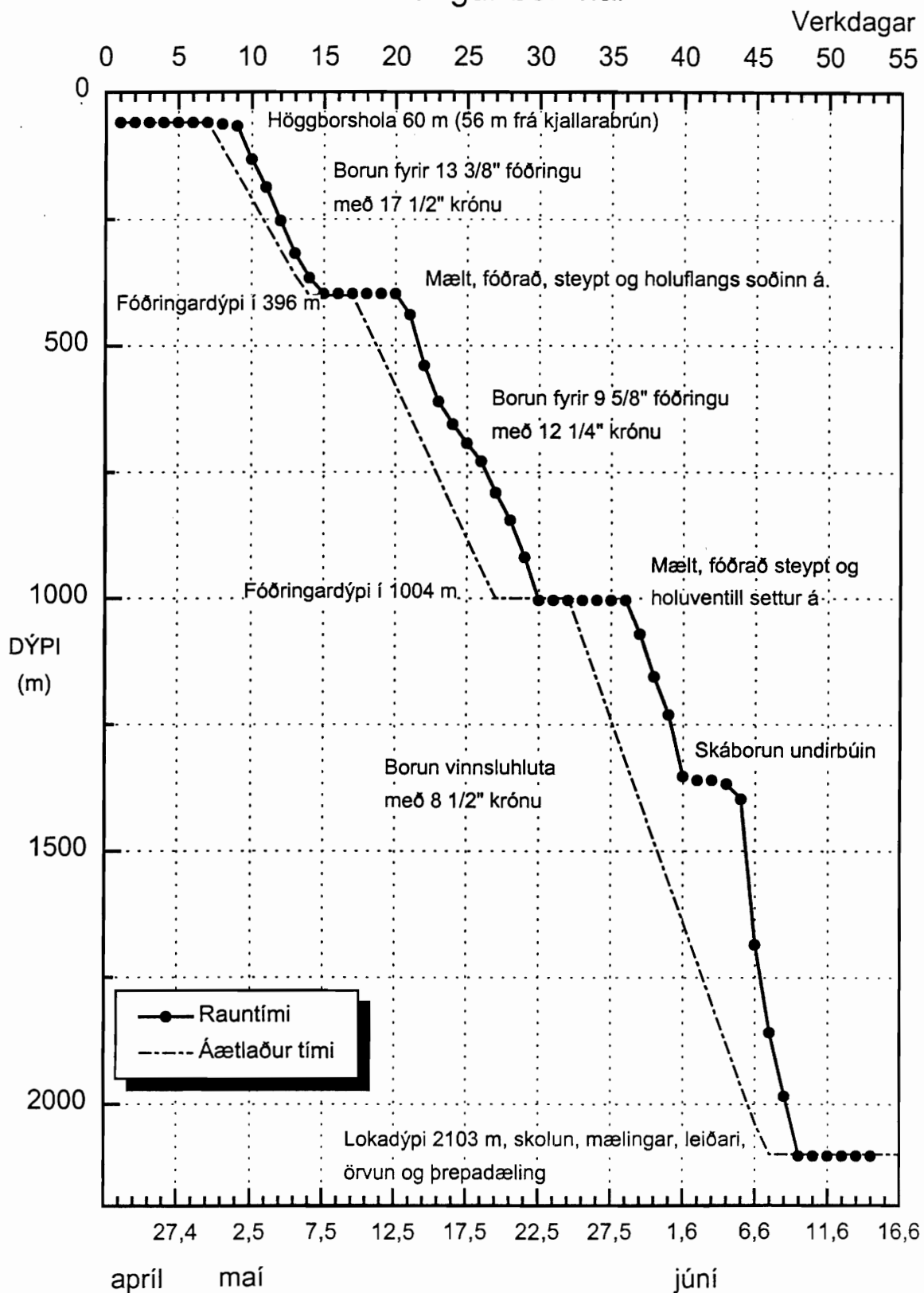
1810 m. Vísbending í hitamælingum í innskotakafla.

1850 m. Vísbending í hitamælingum í innskotakafla.

1910 m. Vísbending í hitamælingum í innskotakafla.

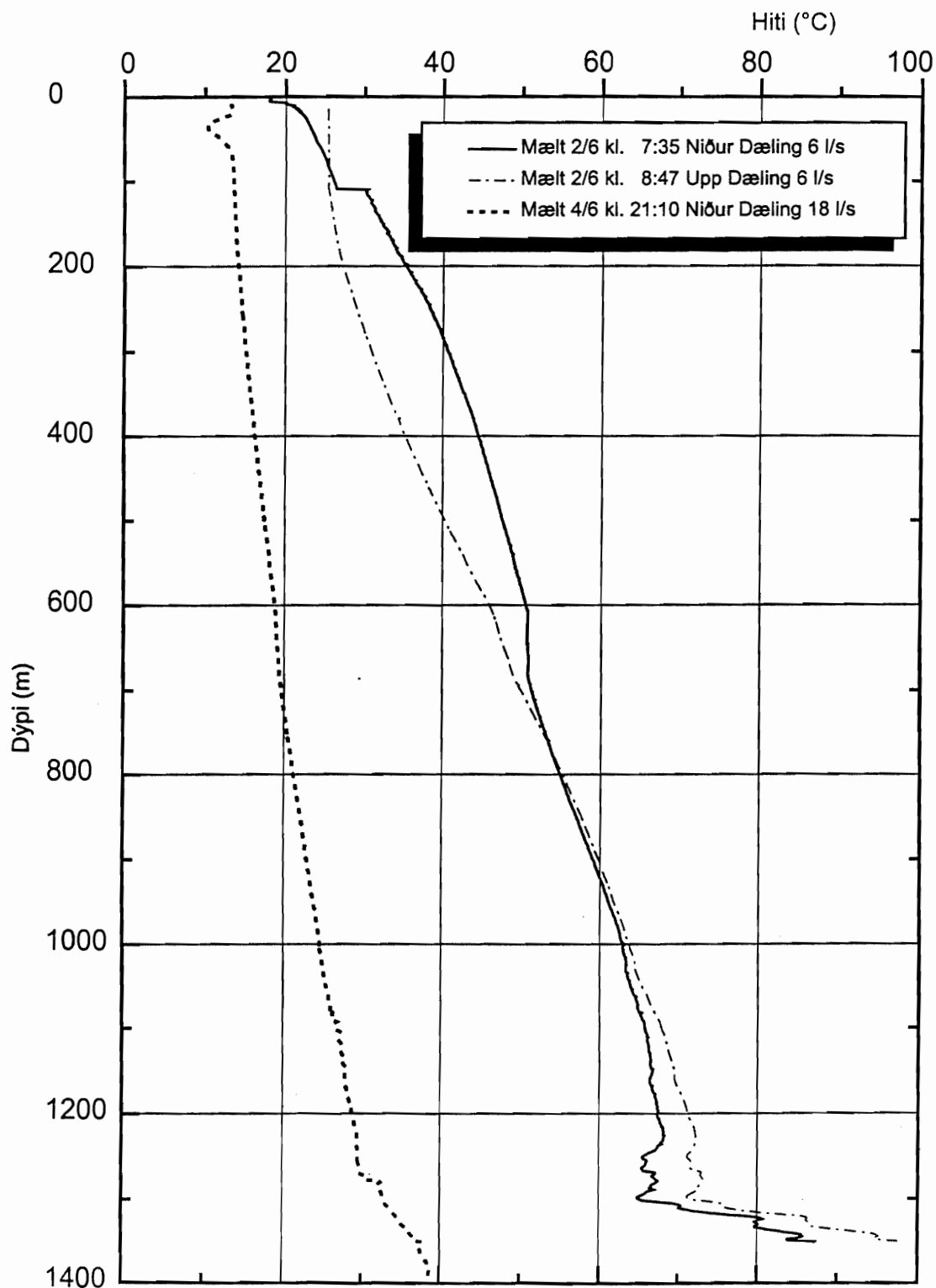


Gangur borunar

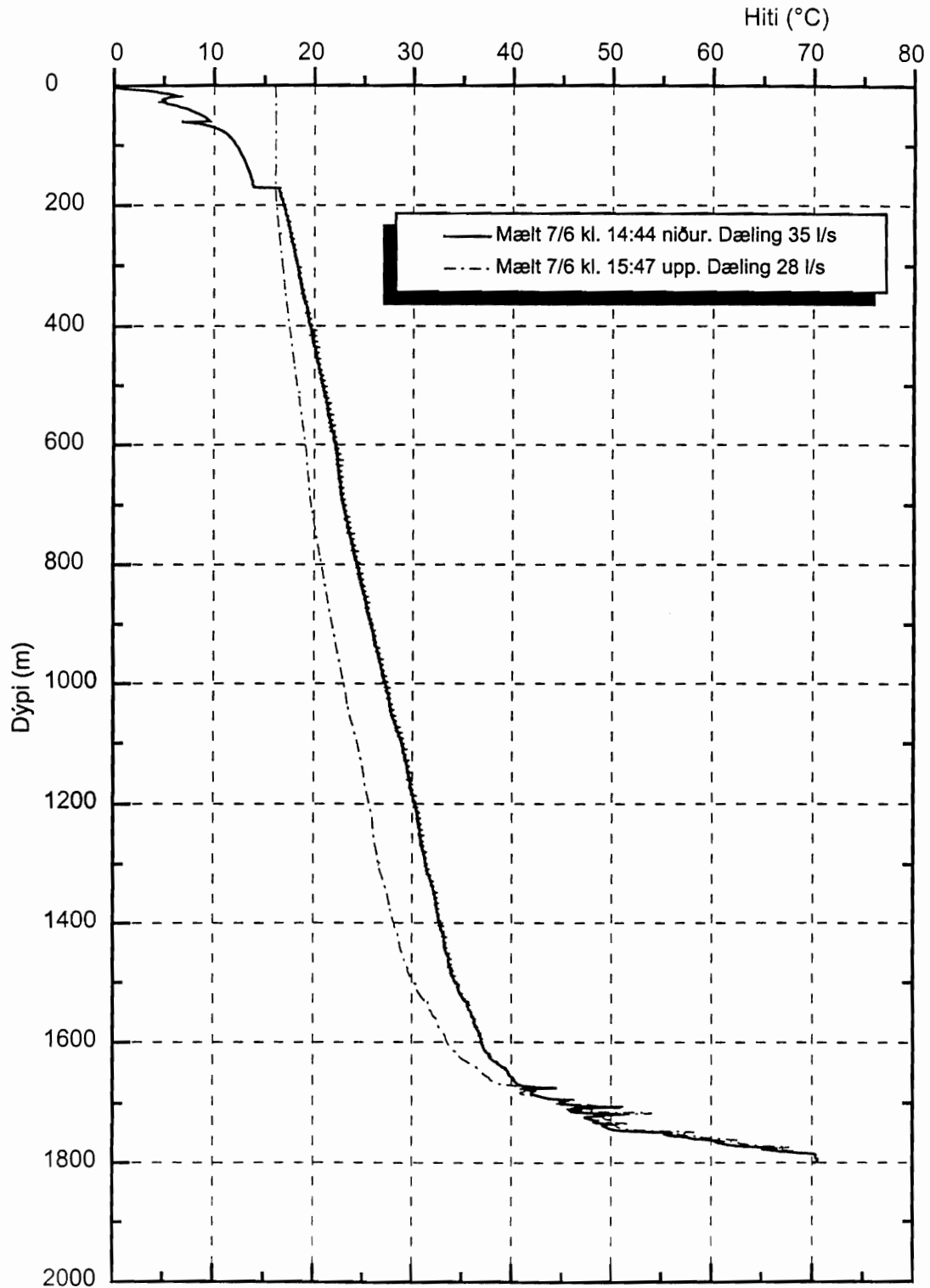


Mynd 1. Gangur borunar.

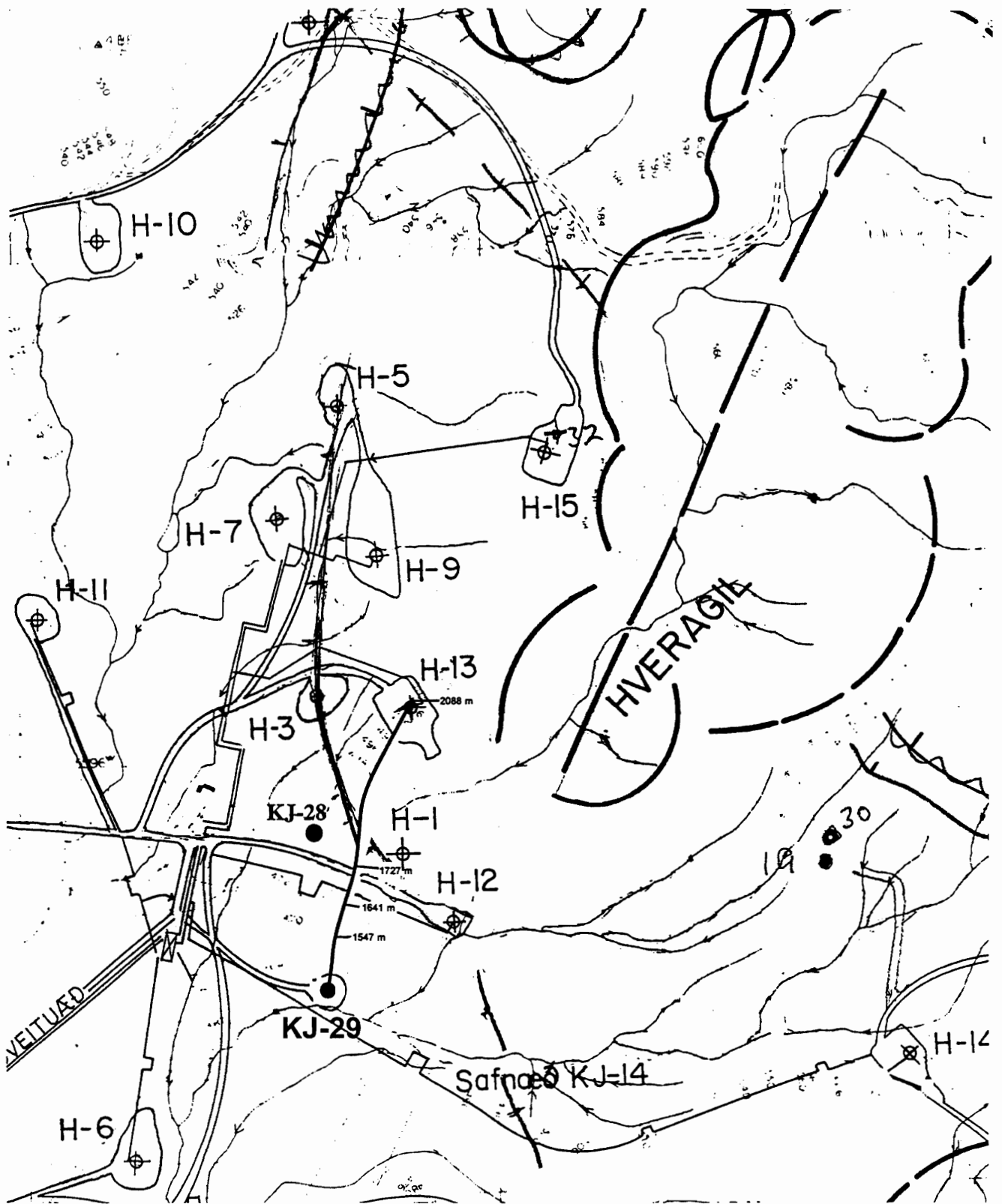
Hitamælingar í 3. áfanga



Mynd 2. Hitamælingar fyrir niðurstetningu stefnuborunartækja.



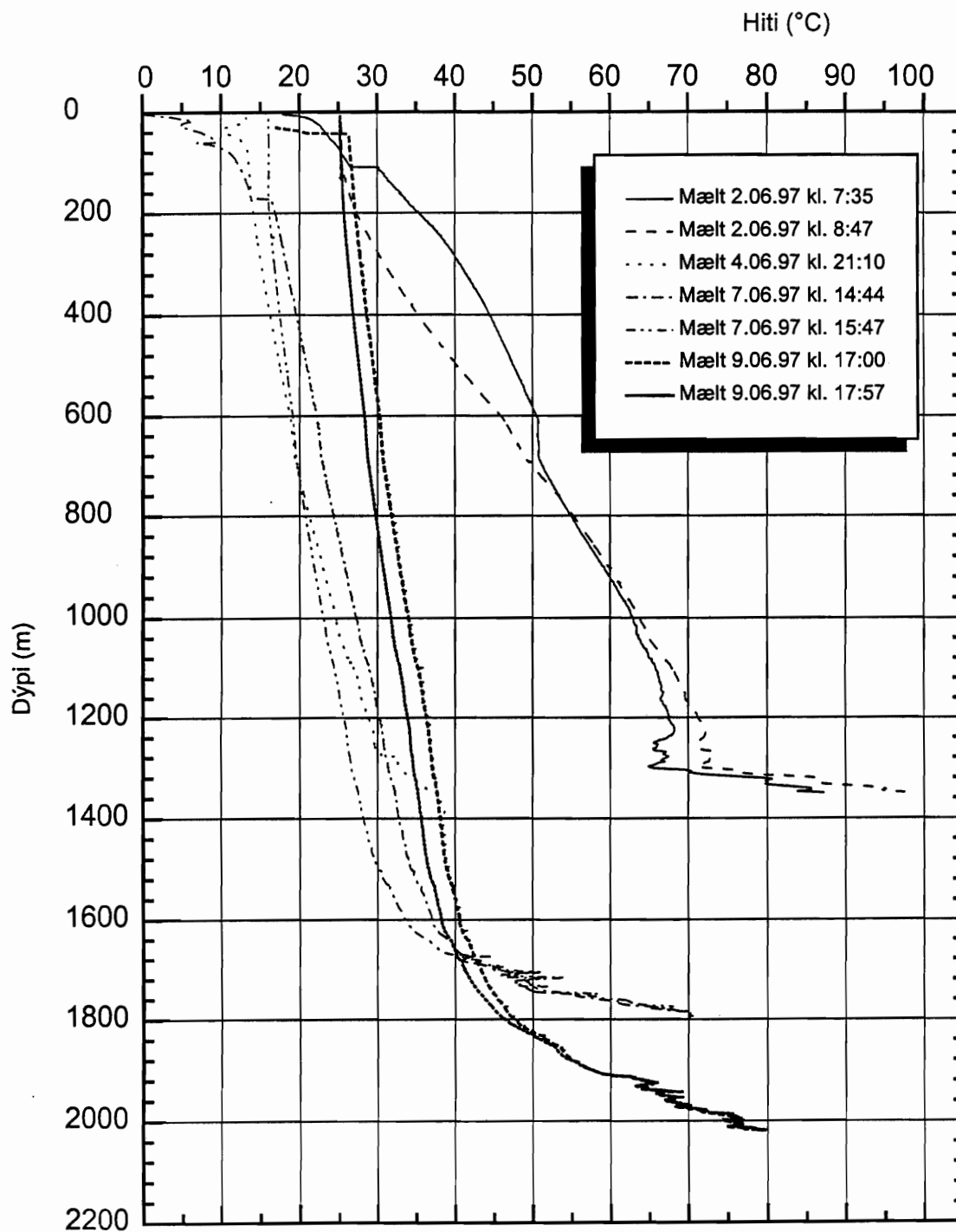
Mynd 3. Hitamælingar fyrir seinni niðurstetningu stefnuborunartækja.



Leirbotnar - Hveragil

Mynd 4. Afstöðumynd af staðsetningu og stefnu holu KJ-29.

Hitamælingar í borun



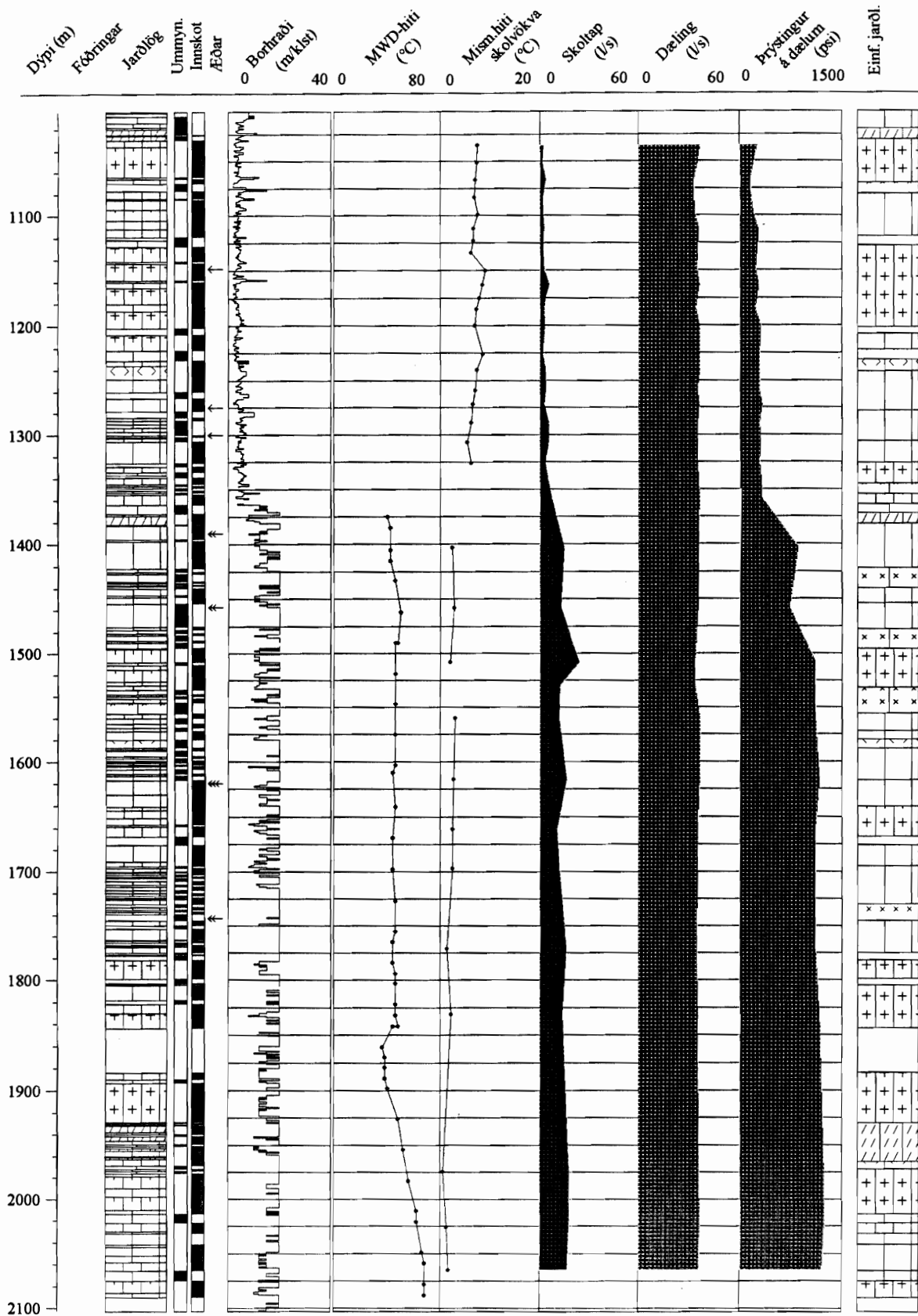
Mynd 5. Hitamælingar í borun vinnsluhluta.



Staður: Krafla
Holunafn: KJ-29

Bor: Jötunn Skolvökvi: Vatn
Dýptarbil: 1004-2103 m Verkhloti: 3. áfangi

Verknúmer: 8-630-665
Starfsmenn: ÁsG,SSJo,Ómar,F

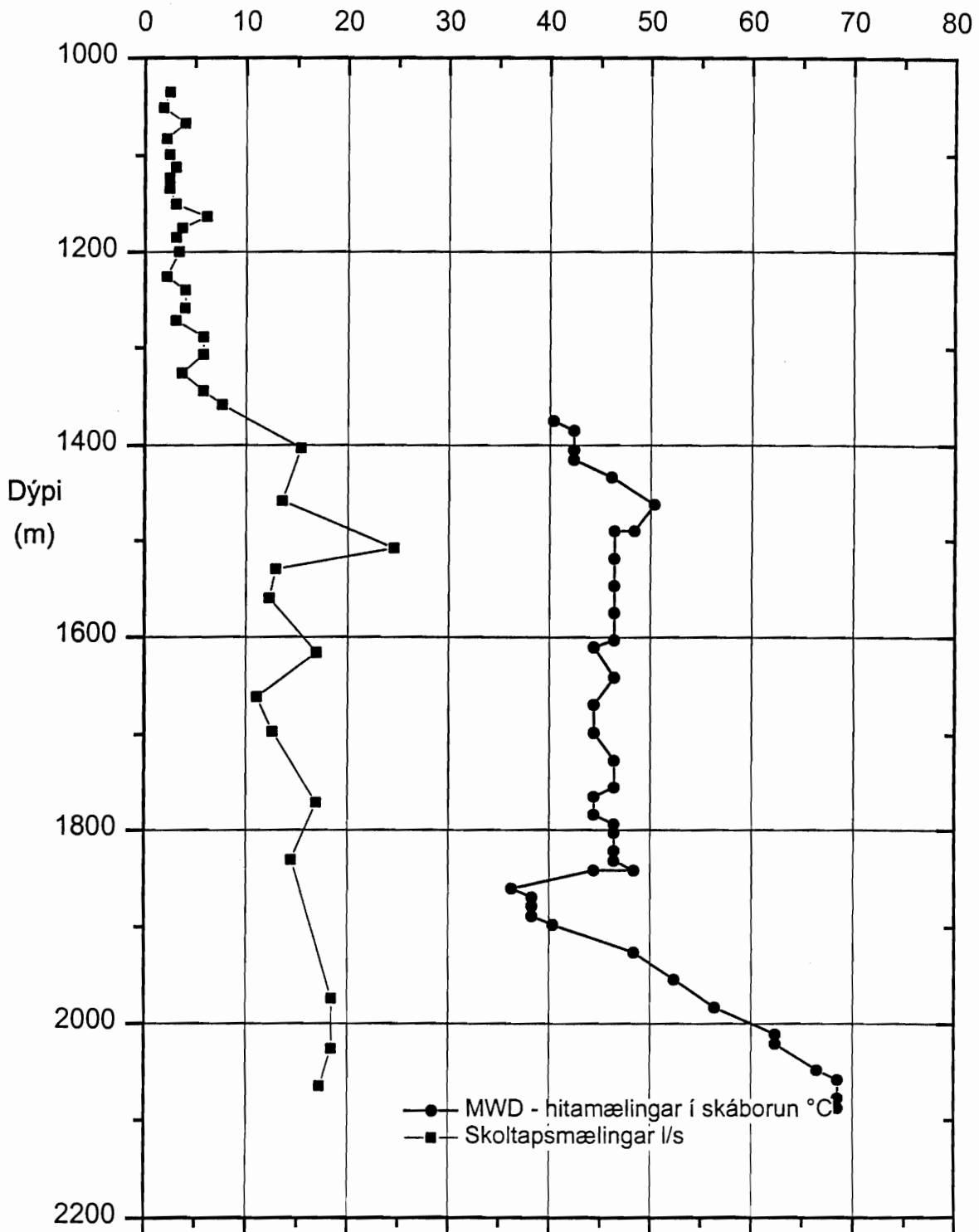


Mynd 6. Skolmælingar samhliða jarðlagasniði, borhraða, MWD-hitamælingu og æðum.



MWD-hitamælingar og skoltapsmælingar

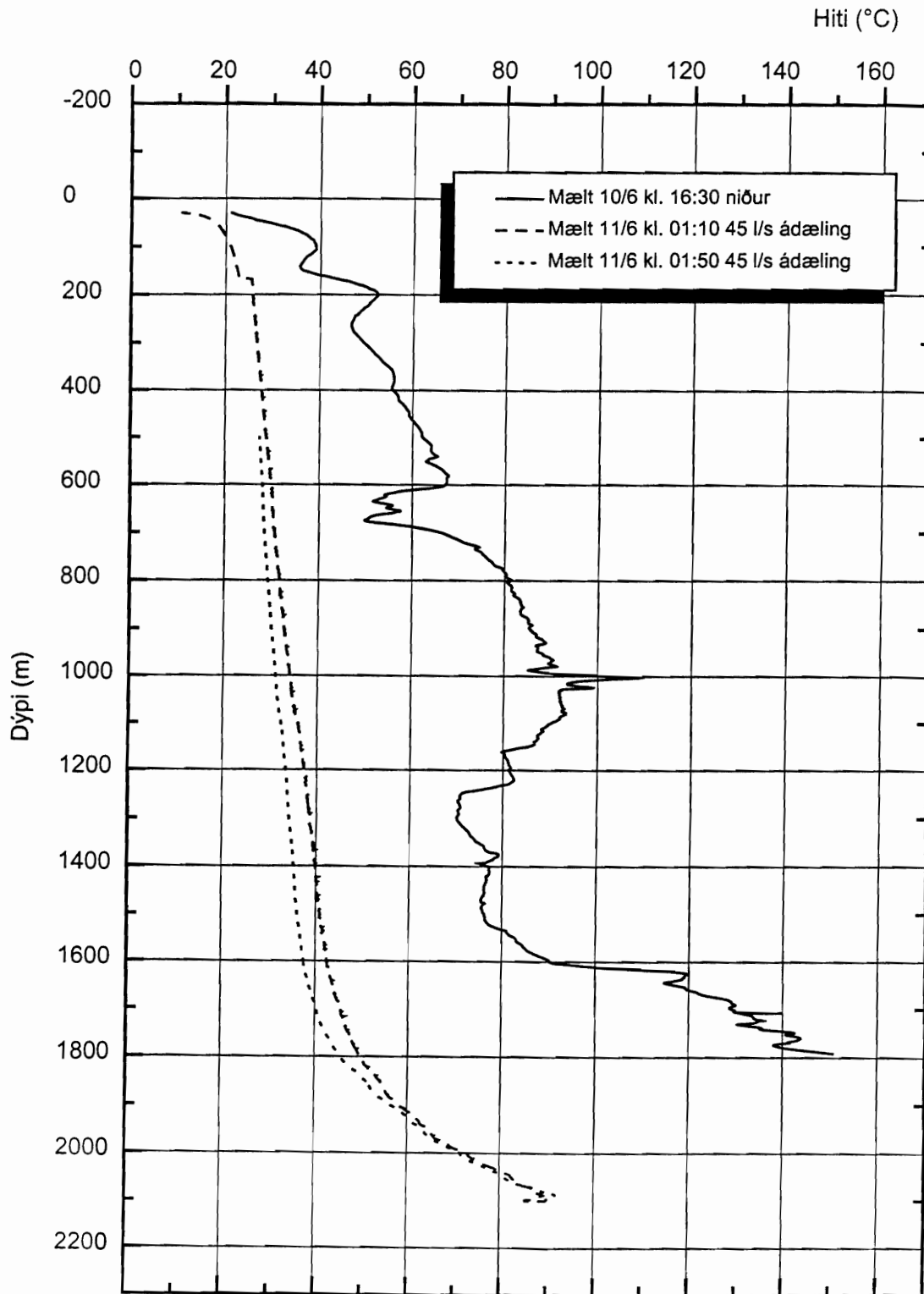
Hiti °C / l/s



Mynd 7. MWD-hitamælingar og skoltapsmælingar.

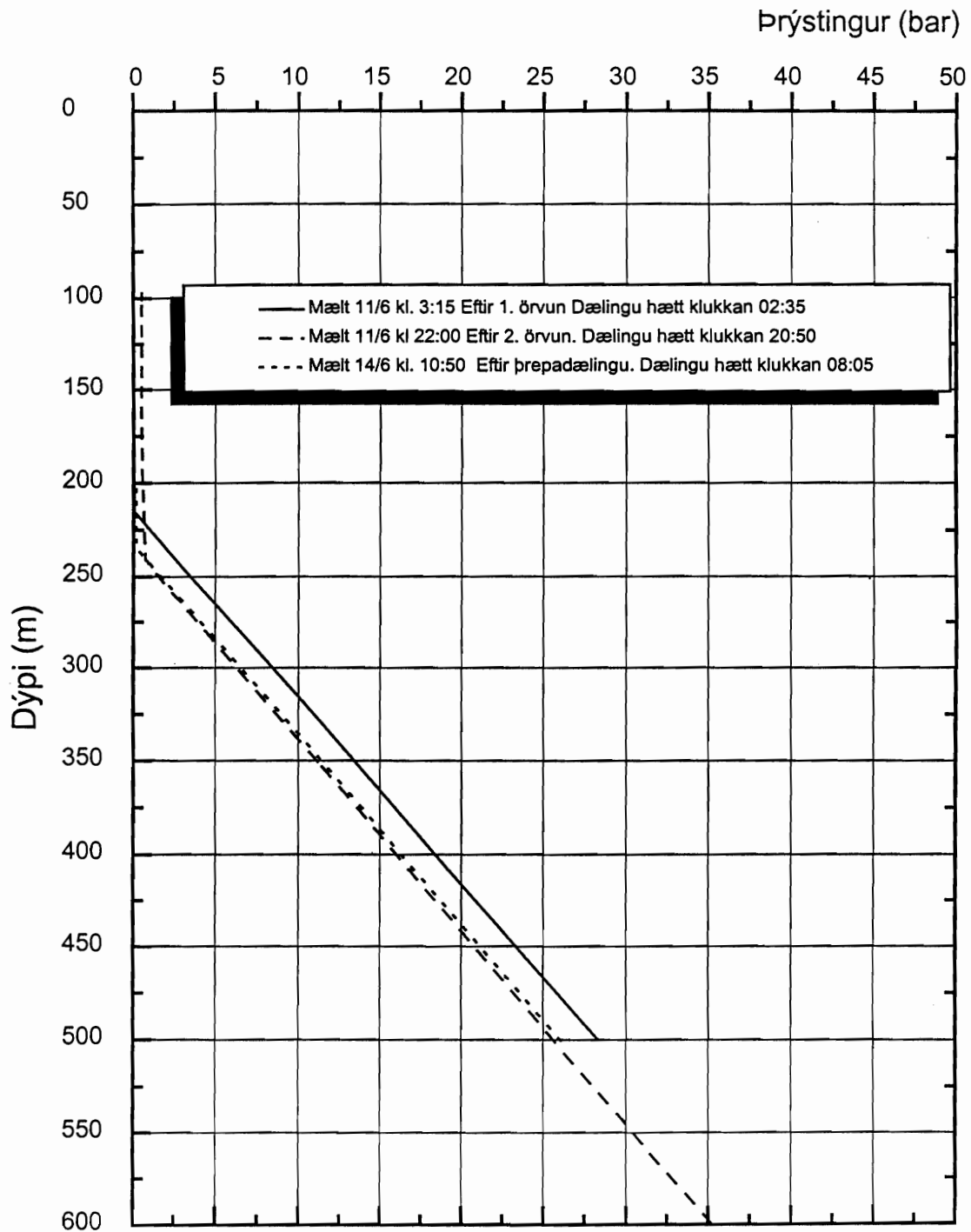
KRAFLA HOLA KJ-29

Hitamælingar eftir um 8 tíma upphitun



Mynd 8. Hitamælingar eftir um 8 tíma upphitun.

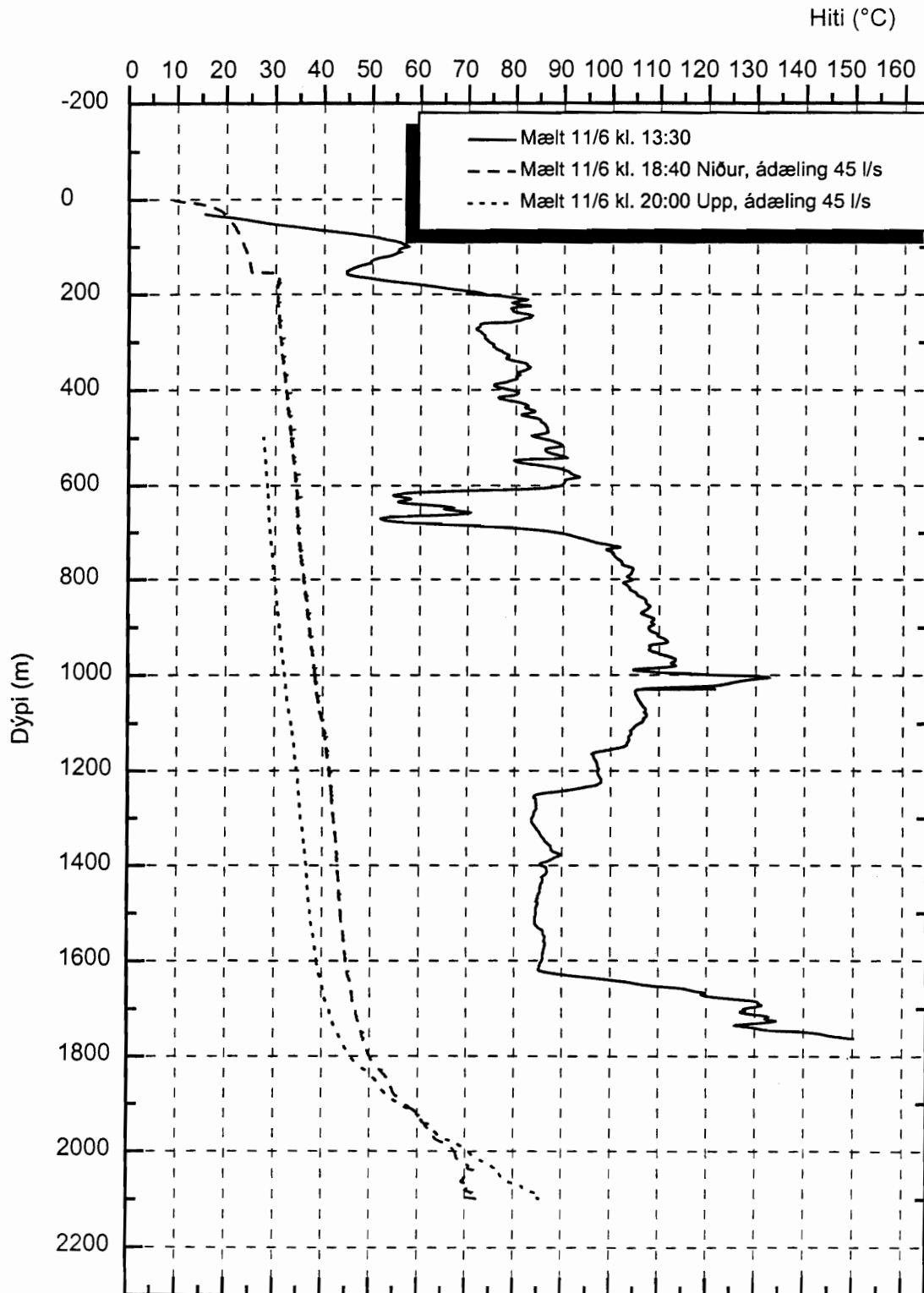
Þrýstingur eftir dælingu



Mynd 9. Þrýstingur eftir dælingu

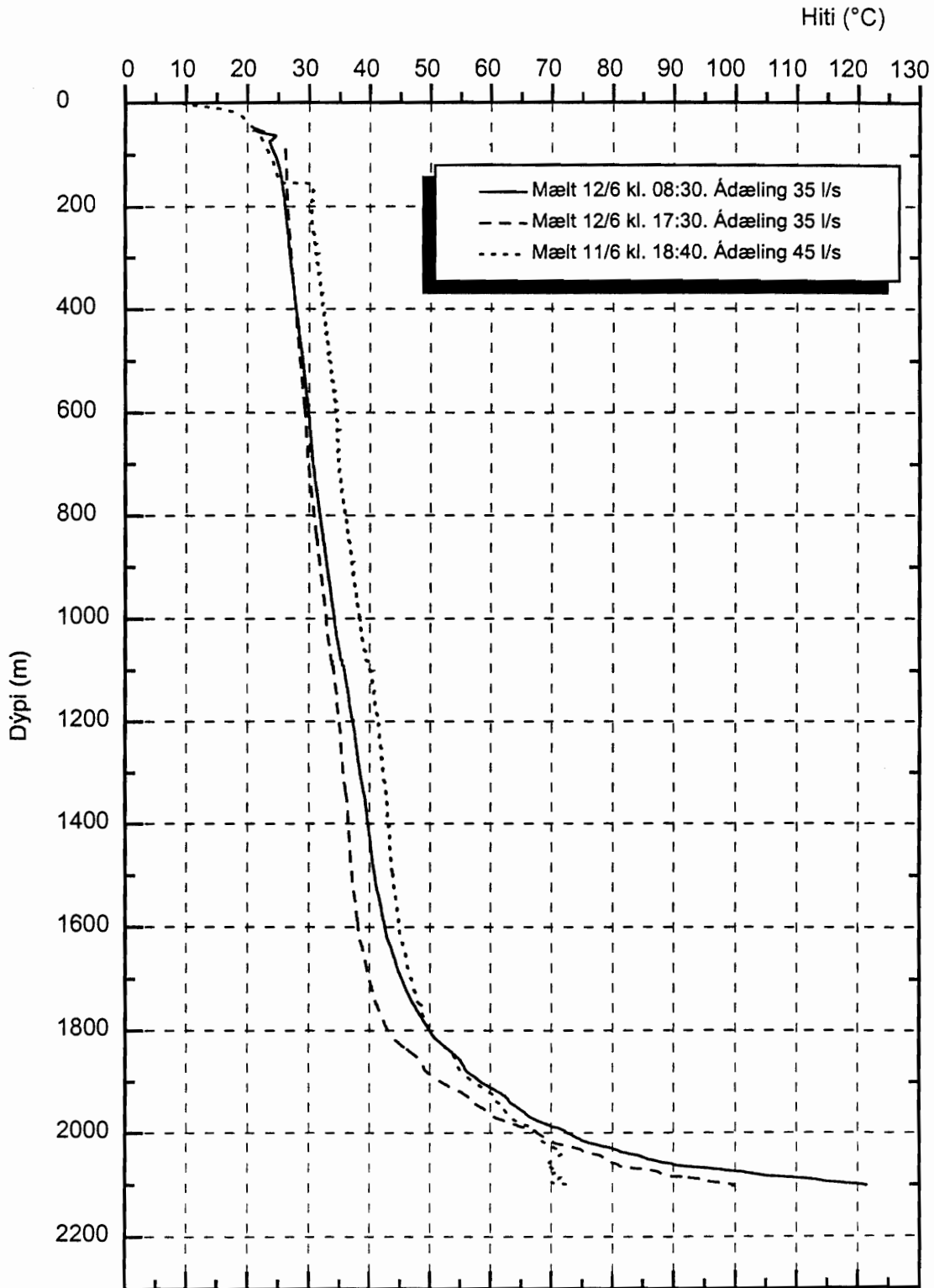
KRAFLA HOLA KJ-29

Hitamælingar eftir 2. örvun

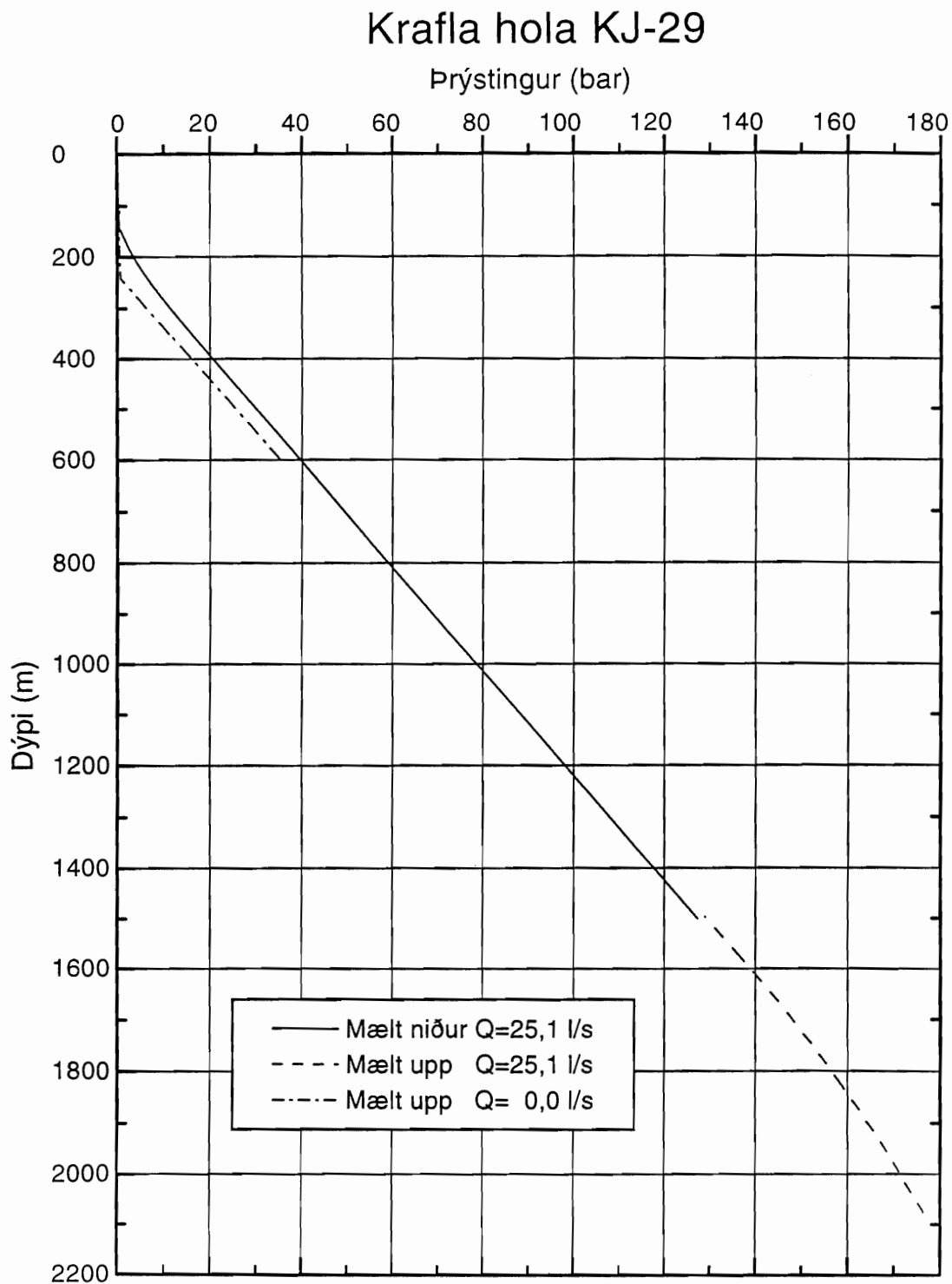


Mynd 10. Hitamælingar eftir 2. örvun.

Hitamælingar fyrir og eftir mæliprógramm

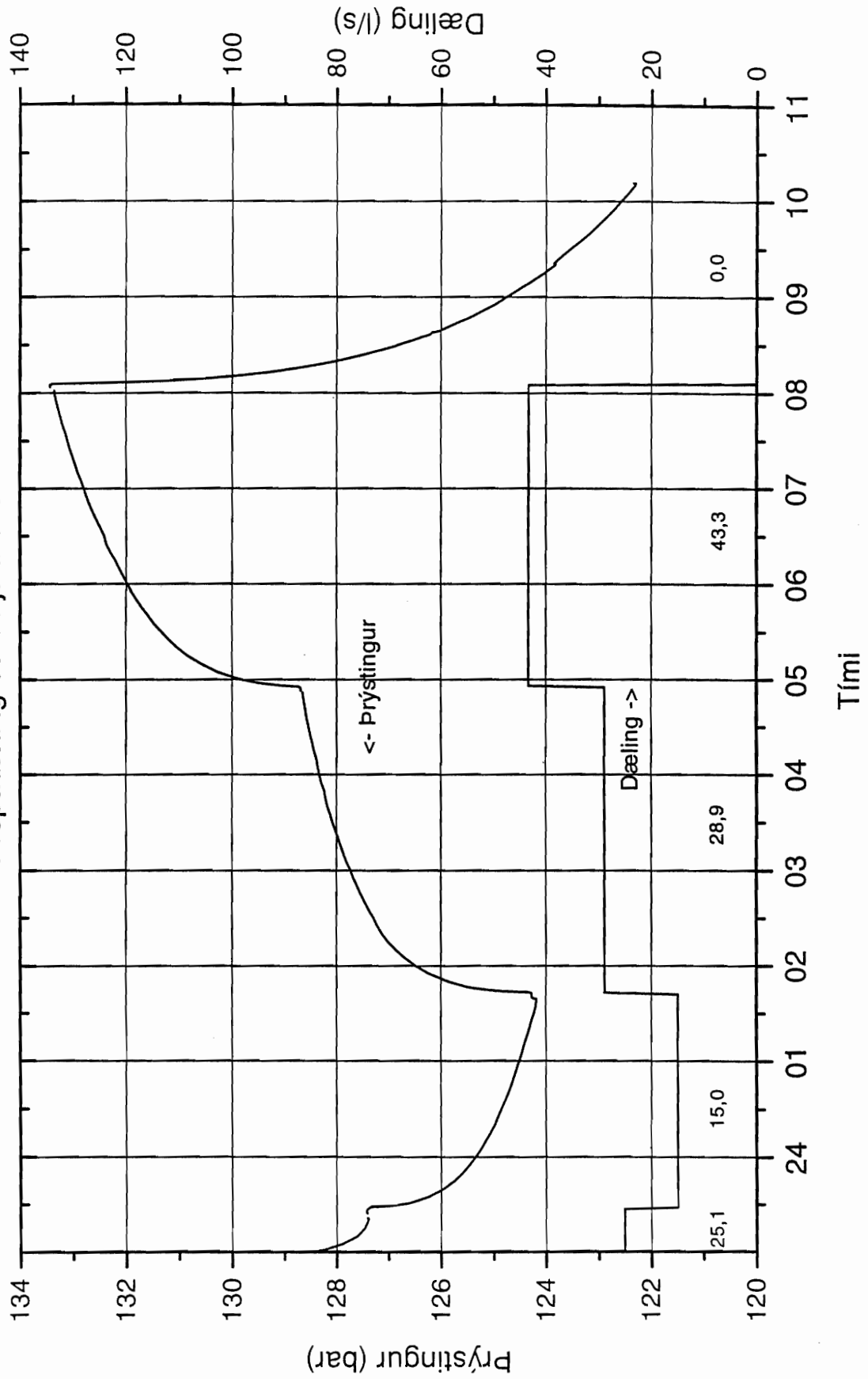


Mynd 11. Hitamælingar fyrir og eftir jarðlagamælingar.

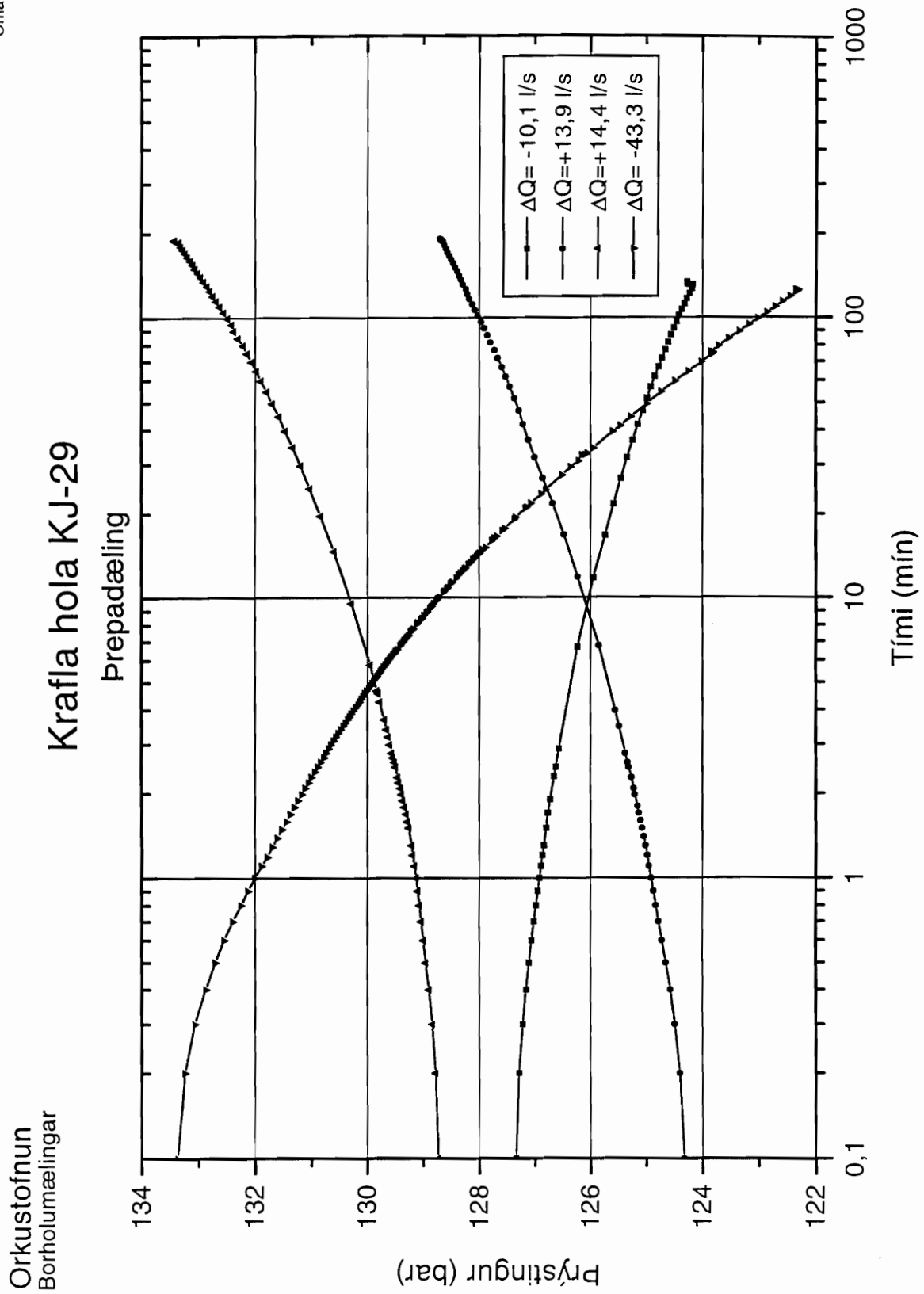


Mynd 12. Þrýstimælingar.

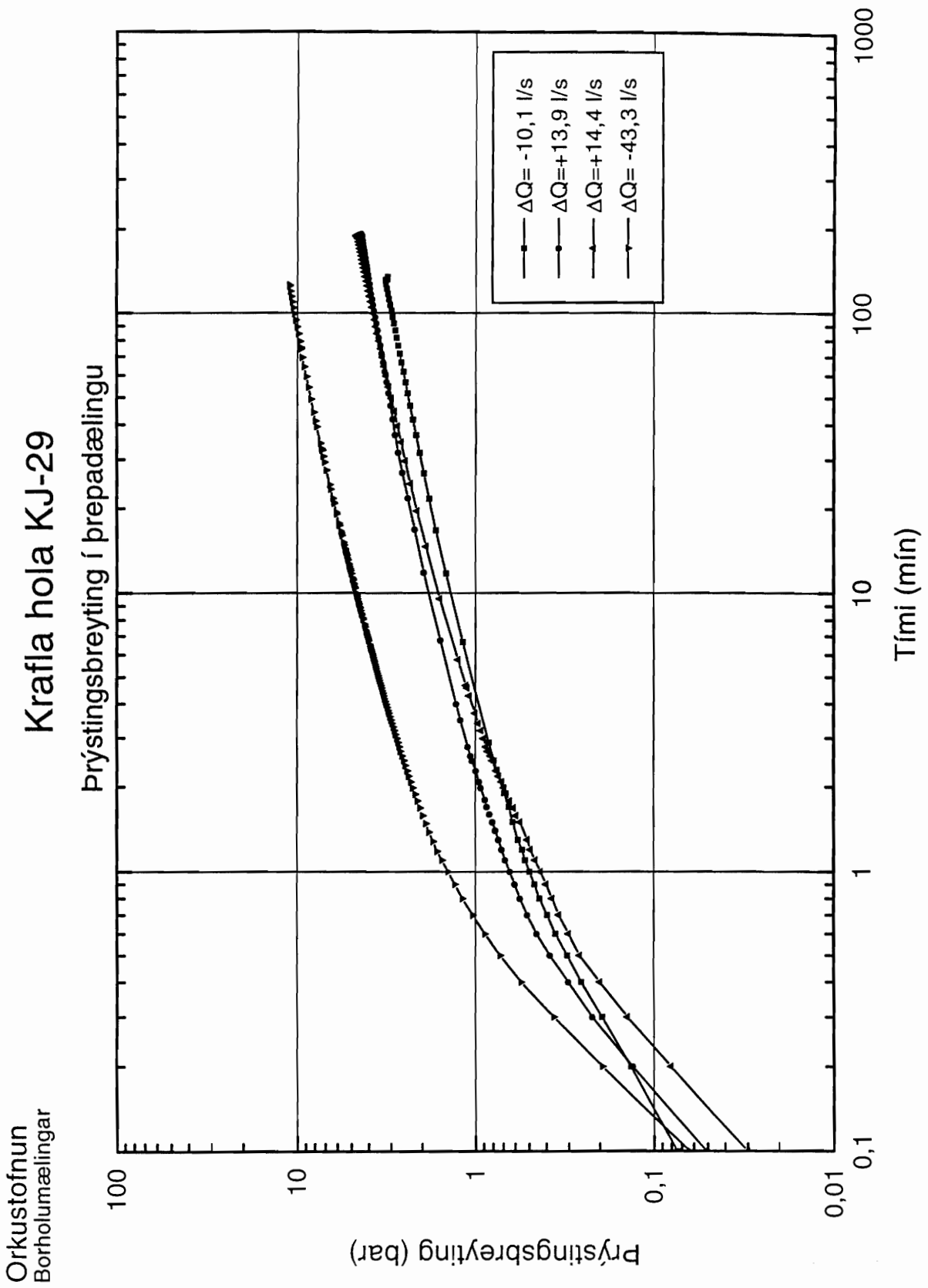
Orkustofnun
 Borholumælingar
Krafla hola KJ-29
 Prepadæling 13-14 júní 1997



Mynd 13. Prepadæling 13. – 14. júní 1997.



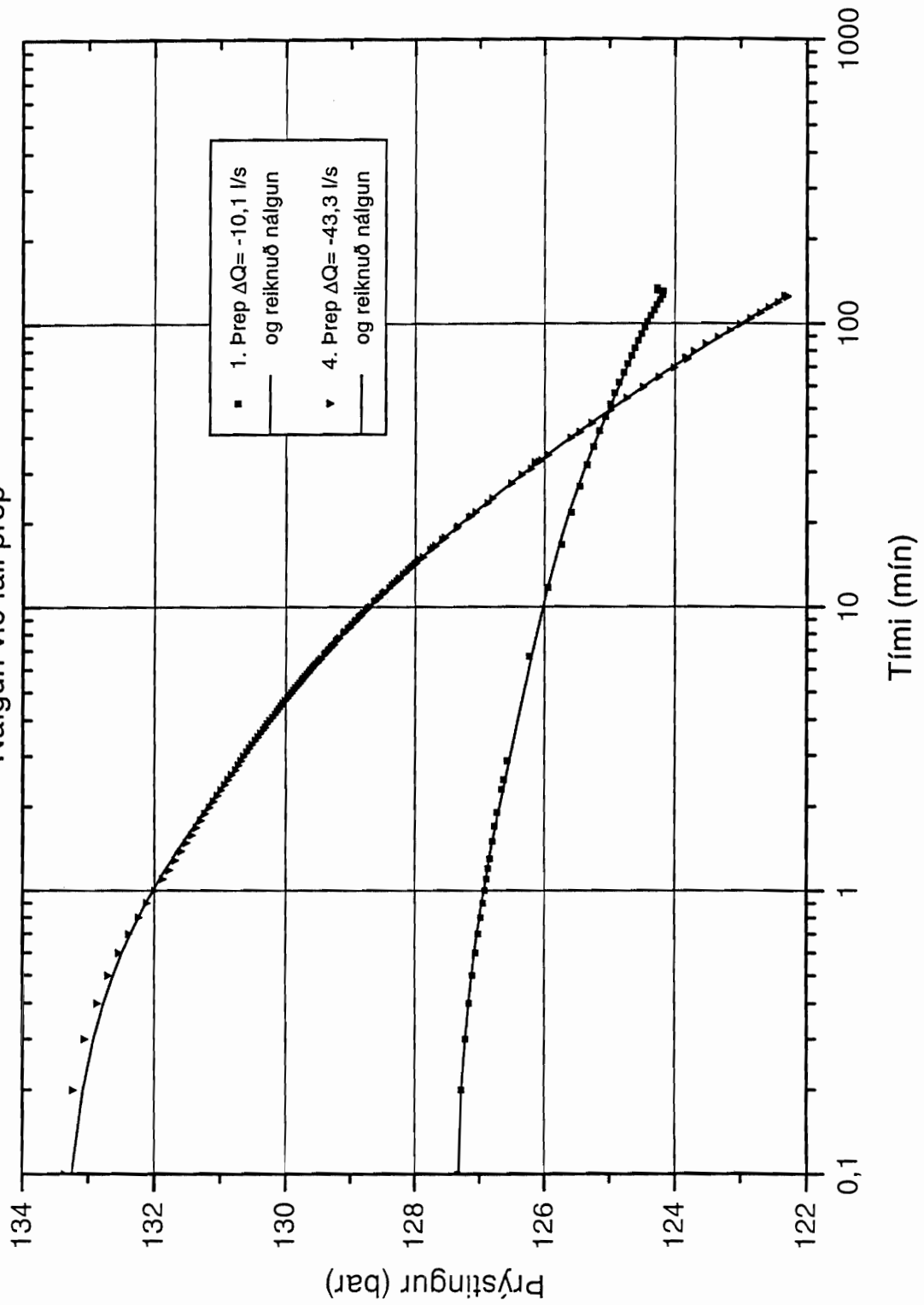
Mynd 14. Prepadæling, þrýstibreytingar með tíma.



Mynd 15. Prýstingsbreyting í prepadælingu.

Orkustofnun
Borholumælingar

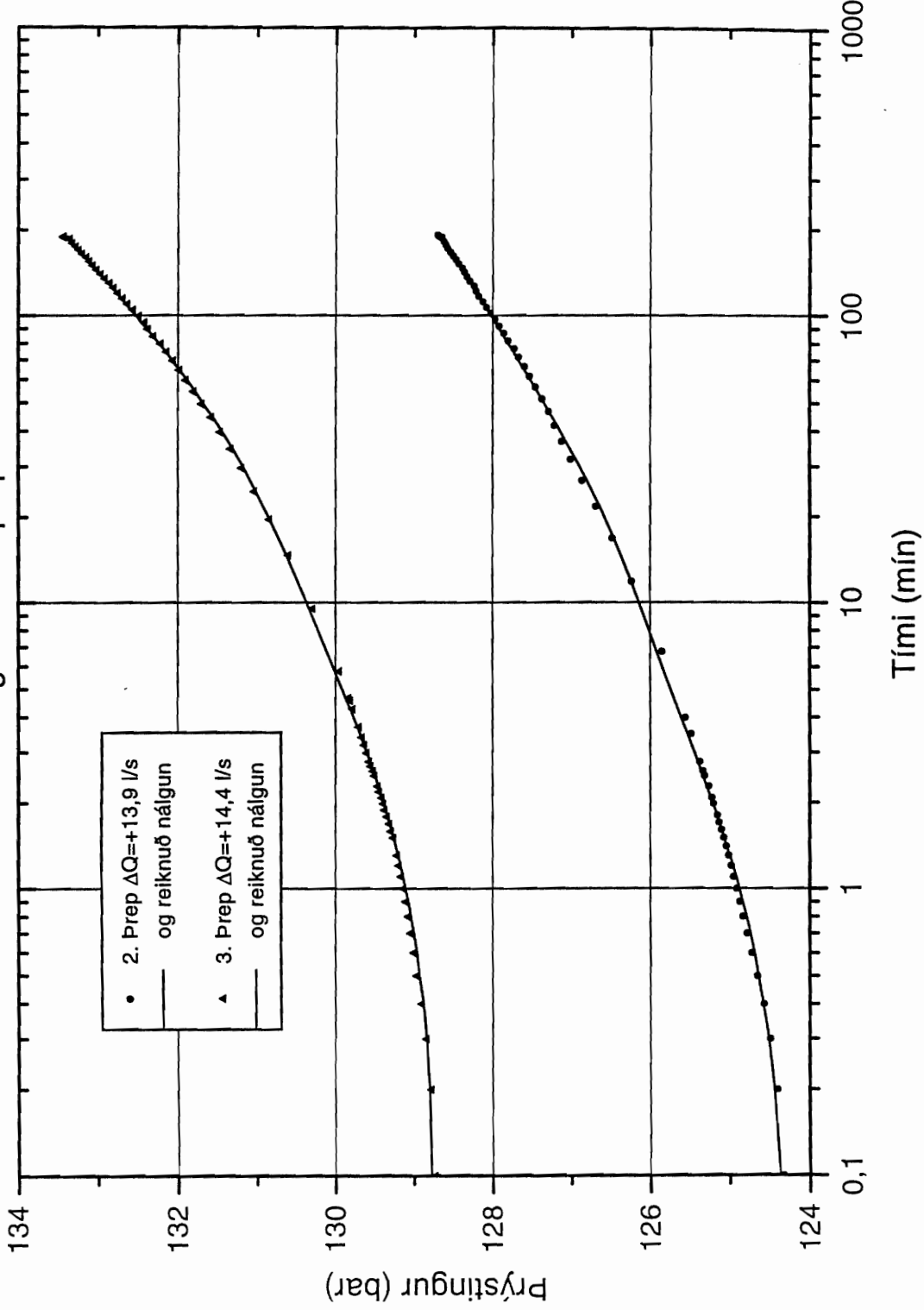
Krafla hola KJ-29 Nálgun við fall þrep



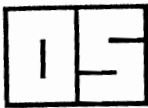
Mynd 16. Nálgun við fallþrep.

Orkustofnun
Borholumælingar

Krafla hola KJ-29 Nálgun við ris prep



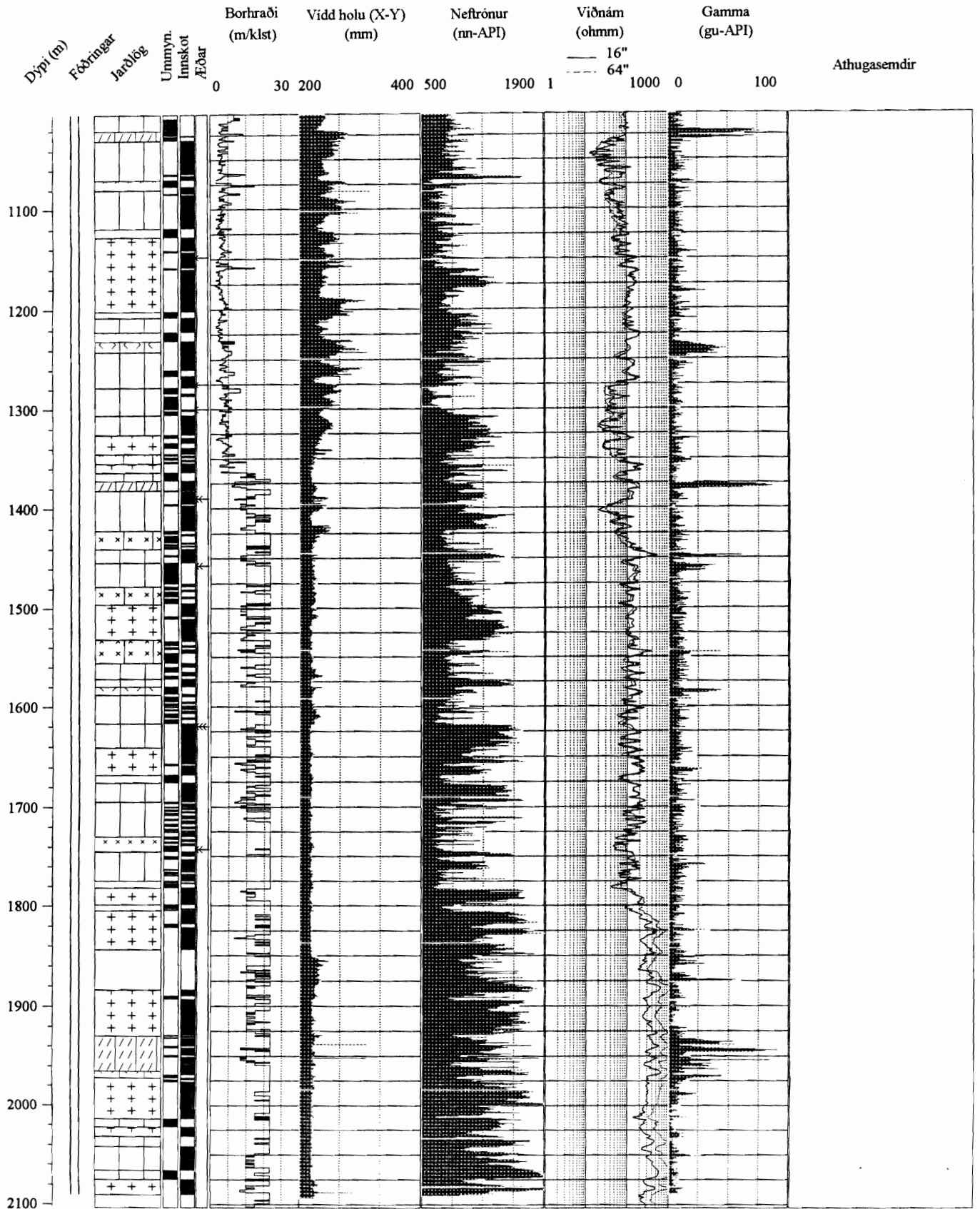
Mynd 17. Nálgun við risprep.



Staður: Krafla
Holunafn: KJ-29

Bor: Jötunn Skolvökvi: Vatn
Dýptarbil: 1004-2103 m Verkhloti: 3. áfangi








Verknúmer: 8-630-665
Starfsmenn: ÁsG, SSJo, Ómar, BS, ST




Mynd 18. Jarðlagamælingar og jarðlög.

Skýringar við jarðlagasnið



Berggerðir

	Basaltbreksía
	Glerjað basalt
	Dul-finkorna basalt
	Meðal-grófkorna basalt
	Ísúrt dul-meðalkorna berg
	Súrt dul-meðalkorna berg
	Svarf vantar




Innskot

	Innskot
---	---------

Ummyndunarstig

	Lítill ummyndun
	Mikil ummyndun

Vatnsæðar

	Lítill æð
	Meðal æð
	Stór æð

Mynd 19. Skýringar við jarðlagasnið.